



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Kortlægning og risikovurdering af kemikalier fra gaming udstyr

Kortlægning af kemiske
stoffer i forbruger-pro-
dukter Nr. 191

April 2023

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Helene Bendstrup Klinke,

Morlin Möller,

Marianne Høi Nielsen,

Nadja Lyng Lyng,

Poul Bo Larsen

ISBN: 978-87-7038-504-6

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

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

| | |
|--|-----------|
| Forord | 5 |
| Sammenfatning | 6 |
| Summary | 10 |
| Forkortelser | 14 |
| 1. Indledning | 15 |
| 1.1 Formål | 15 |
| 1.2 Afgrænsning | 15 |
| 2. Kortlægning | 16 |
| 2.1 Lovgivning og regulering af gaming udstyr | 16 |
| 2.2 Mærkning af elektronisk udstyr | 16 |
| 2.3 Kortlægning af gaming udstyr på markedet | 17 |
| 2.4 Kortlægning af kemikalier som potentielt afgives fra gaming udstyr | 18 |
| 2.4.1 Kemikalier målt i luften | 19 |
| 2.4.2 Kemikalier målt i støv | 20 |
| 2.5 Analysemetoder til måling af emissioner fra gaming udstyr | 21 |
| 2.5.1 Metoder til måling af kemiske stoffer i luft og støv | 21 |
| 2.5.2 Metoder til måling af emissioner fra gaming udstyr | 21 |
| 3. Feltundersøgelser | 23 |
| 3.1 Metoder og materialer | 23 |
| 3.1.1 Kemiske analyser af luft- og støvprøver | 25 |
| 3.1.2 Beskrivelse af cases | 27 |
| 3.2 Resultater | 29 |
| 3.2.1 Registrering af temperatur, relativ luftfugtighed, CO ₂ -koncentration og ultrafine partikler | 29 |
| 3.2.2 Resultater af luftkvalitetsundersøgelsen | 35 |
| 3.2.3 Resultater af støvanalysen | 45 |
| 4. Indledende farevurdering og eksponeringsscenario | 47 |
| 4.1 Indledende farescreening af kemikalier | 47 |
| 4.2 Indledende vurdering af eksponering | 47 |
| 4.3 Eksponeringsscenario | 48 |
| 5. Analyse af gaming udstyrs afgasning | 49 |
| 5.1 Udvælgelse af produkter til analyse | 49 |
| 5.2 Analyseprogram | 51 |
| 5.2.1 Testbetingelser ved klimakammertest | 53 |
| 5.3 Resultater emission af flygtige stoffer fra gaming udstyr | 55 |
| 5.4 Diskussion af resultater | 64 |
| 5.4.1 Sammenligning af flygtige stoffer fra kortlægningen og de fundne stoffer fra produkterne | 64 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 6. | Farevurdering | 68 |
| 6.1 | Metode for prioritering af stoffer til videre risikovurdering | 68 |
| 6.2 | Resultatet af prioriteringsprocessen | 68 |
| 6.3 | Farevurdering af de prioriterede stoffer | 70 |
| 7. | Eksponerings- og risikovurdering | 71 |
| 7.1 | Eksponeringsniveauer | 71 |
| 7.2 | Udvælgelse af udstyr til risikovurdering | 71 |
| 7.3 | Risikovurderingsmetode | 72 |
| 7.4 | Risikovurdering af udvalgt gaming udstyr | 73 |
| 7.4.1 | Risikoberegninger for gaming udstyret | 73 |
| 7.4.1.1 | Gamerstole | 73 |
| 7.4.1.2 | PC og skærm | 75 |
| 7.4.1.3 | Gamersæt | 76 |
| 7.4.1.4 | PC og skærm | 77 |
| 7.4.1.5 | Gamersæt | 77 |
| 7.5 | Samlet vurdering | 78 |
| 7.5.1 | Begrænsninger og usikkerheder | 78 |
| 7.5.2 | Konklusion | 79 |
| 8. | Litteraturliste | 81 |
| | Bilag 1. Markedsundersøgelse | 86 |
| | Bilag 2. Kemikalier fundet i litteraturen, som kan stamme fra gaming udstyr | 87 |
| | Bilag 3. Observationer og informationer fra feltundersøgelser | 100 |
| | Bilag 4. Temperatur, relativ luftfugtighed og CO₂-koncentration ved feltundersøgelserne | 103 |
| | Bilag 5. VOC-resultater fra klimakammertest af gaming tilbehør | 111 |
| | Bilag 6. LOQ for SVOC-analyse | 118 |
| | Bilag 7. Prioritering af stoffer til videre risikovurdering | 119 |

Forord

Denne rapport indeholder resultaterne fra kortlægning og risikovurdering af gaming udstyr, udført af Teknologisk Institut og DHI for Miljøstyrelsen i perioden april til december 2022.

Kortlægningen omfatter lovgivning, markedsundersøgelse og identifikation af kemikalier, som er relevante for gaming udstyr. Markedsundersøgelsen fokuserer på computer, skærm, tastatur, mus, headset, musemåtte og stol. I den forbindelse er der udført feltundersøgelser med luft- og støvmålinger af kemikalier og partikler på skoler, gaming caféer og private hjem, hvor der games.

Realistiske eksponeringsscenarier er udarbejdet på baggrund af kortlægningen og feltundersøgelserne, og er anvendt til risikovurdering af gaming udstyr.

Gaming udstyr udvælges til test for emissioner til indeklimaet og 33 artikler er indkøbt i perioden juni-juli 2022. Analyser af gaming udstyr er udført ved test i klimakamre og kemiske analyser af luftprøverne.

Resultaterne danner baggrund for en risikovurdering af udvalgte kemiske stoffer fra gaming udstyr ved realistisk worst-case scenarie af unge menneskers eksponering under gaming.

Projektets deltagere:

Helene Bendstrup Klinke, Teknologisk Institut
Morlin Möller, Teknologisk Institut
Marianne Høi Nielsen, Teknologisk Institut
Nadja Lyng Lyng, Teknologisk Institut
Poul Bo Larsen, DHI

Projektet blev fulgt af Peter Juhl Nielsen (projektansvarlig), Sehbar Khalaf og Julie Elisabeth Faber fra Miljøstyrelsen.

Projektet blev finansieret af Miljøstyrelsen.

Sammenfatning

Gaming udstyrs afgivelse af partikler og flygtige stoffer er undersøgt ved litteraturundersøgelse og kortlægning gennem 7 feltundersøgelser på højskole, netcafé og private hjem, samt ved 25 produkttest i klimakamre af nye computere, skærme, tastaturer, mus, headset, musemåtter og gamerstole.

Litteraturundersøgelsen viser at gaming udstyr kan være kilde til forureninger af kemiske stoffer i indeluften og i støv, og der er rapporteret om i alt 153 flygtige stoffer (VVOC'er og VOC'er) og 90 semiflygtige stoffer (SVOC'er) som fortrinsvist er til stede i støvet. Feltundersøgelserne identificerer flere VOC'er og SVOC'er i støv og luft, som også kan stamme fra andet end gaming udstyr. Der identificeres fosforholdige flammehæmmere og ftalater i støv og luft, men ingen bromerede flammehæmmere eller forhøjede niveauer af flygtige VOC'er. Ved screening af luftprøverne identificeres yderligere 14 nye SVOC'er, hvoraf 7 stoffer sandsynligvis stammer fra personlige plejeprodukter, og 3 stoffer der kan stamme fra plastprodukter; di-n-butyladipat (DnBA), dioctyltereftalat (DOTP) og Irganox 1076. Under gaming i 5 timer blev der målt forhøjede temperaturer pga. varmeafgivelse, og CO₂-stigning som følge af personbelastning, mens niveauet af ultrafine partikler forblev uændret.

Ud fra kortlægningen og feltanalyserne foretages en indledende farescreening af de kemiske stoffer mht. at prioritere de toksikologisk mest problematiske stoffer, der bør analyseres for, ved de efterfølgende test i klimakammer. I det emissioner af flygtige stoffer er afhængige af klimatiske forhold som temperatur og fugt, opstilles et eksponeringsscenario. Følgende stoffer identificeret i kortlægningen og feltundersøgelserne, prioriteres i analyserne af gaming udstyr i klimakammer:

- Aldehyder: Formaldehyd, Acetaldehyd, Butyraldehyd/butanal, hexanal
- VOC: 2-Ethylhexansyre, 2-Ethyl-1-hexanol, dimethylformamid, triethylendiamin, furan, tetramethylbutanedinitril, phenol, cykliske siloxaner (D3, D4, D5, D6)
- Bromerede flammehæmmere: BDE 47, BDE 99, BDE 100
- Øvrige: Acrylamid, formamid

På baggrund af feltundersøgelserne konkluderes et worst-case scenarie for et gamer-referencerum:

| | |
|----------------------------|---------------------|
| Rumfang per gaming udstyr: | 17,4 m ³ |
| Luftskifte: | 0,2 h ⁻¹ |
| Klimaforhold: | 25°C / 50 % RH |

På baggrund af markedsundersøgelsen udvælges nyt gaming udstyr i forskellige materialer og fabrikater, som er identificeret som værende mest populært hos målgruppen ved forhandlerne. Til analyse indkøbes ét komplet gamersæt med PC, skærm, tastatur, mus, headset, musemåtte, og fire forskellige varianter af hver type af udstyr dvs. i alt 33 produkter.

Gaming udstyrets afgivelse af partikler og flygtige stoffer til luften er undersøgt ved 25 analyser i klimakamre af computere, skærme, tastaturer, mus, headsets, musemåtter og gamerstole. Gaming PC og skærm stresstesttes ved gaming i stort klimakammer i 2 tidsperioder, med udtagelse af luftprøver til analyse for flygtige stoffer, og rapportering af koncentrationer i gamer-referencerummet. Der identificeres 67 stoffer, herunder formaldehyd, dimethylformamid, siloxaner, kulbrinter, polyaromatiske kulbrinter (PAH'er), organosfosfor flammehæmmere (OPFR) og ftalater, men ingen bromerede flammehæmmere (BFR). Der er identificeret 34 nye stoffer, som ikke tidligere er rapporteret i litteraturen i emissionerne fra gaming udstyr.

Test af to komplette gamersæt med alle smådele, resulterede i de højeste afganginger, hvor gamerstolene identificeres som udstyret der afgav flest stoffer til indeklimaet. Som følge af varmeudvikling fra computer og skærm, sker en markant temperaturstigning op til 25-30°C, mens antallet af ultrafine luftbårne partikler falder en smule under gaming. Målinger bekræfter observationerne fra feltundersøgelserne; at gaming udstyret ikke afgiver partikler til indeklimaet.

For at opnå en fokuseret tilgang til risikovurdering af gaming udstyret blev måleresultaterne fra klimakammertestene screenet for at identificere de mest problematiske stoffer i afgangingen, under hensyntagen til stoffernes toksikologiske effekter og de målte niveauer.

Ud fra denne screening blev en række stoffer identificeret som betænkelige og ud fra en mere detaljeret vurdering af de toksikologiske data for stofferne, blev der fastsat et tolerabelt eksponeringsniveau for hvert af stofferne til brug for en efterfølgende risikovurdering jf. TABEL I.

TABEL I. Prioriterede stoffer og tolerable eksponeringsniveauer

| Stofnavn | CAS nr. | Tolerabelt eksponeringsniveau (DNEL-værdi): kritisk effekt |
|--|------------------------|---|
| Formaldehyd | 50-00-0 | 50 µg/m ³ : Irritation øjne, luftveje, næseslimhinde |
| Eddikesyre | 64-19-7 | 1200 µg/m ³ : Irritation |
| 2-Ethylhexansyre | 149-57-5 | 880 µg/m ³ : Fosterskader |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 800 µg/m ³ : Irritation |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | 68-12-2 | 170 µg/m ³ : Levereffekter 700 µg/m ³ : Irritation |
| Methylnaphthalen Dimethylnaphthalen Triethylnaphthalen | 1051-00-0 1052-00-0 | 58 µg/m ³ : Irritation gældende på enkeltstofniveau og summen af de tre stoffer |
| Dodecamethylcyclhexasiloxan (D6) | 540-97-6 | 70 µg/m ³ : Levereffekter/lungeeffekter |
| 2,2'-Azobis(2-methylpropane-nitrile) | 78-67-1 | Data ikke tilstrækkelige for udledning af værdi |
| Safrol | 94-59-7 | 0,8 µg/m ³ (sv.t. 10 ⁻⁶ kræftisiko for livslang eksponering) |
| Dibutylftalat DBP | 84-74-2 | 23 µg/m ³ : Hormonforstyrrende effekter |
| Diisobutylftalat DiBP | 84-69-5 | 29 µg/m ³ : Hormonforstyrrende effekter |

Risikovurdering af afgangingen blev foretaget ved at beregne risikokarakteriseringsratioen (RCR) for de enkelte prioriterede stoffer, hvor RCR beregnes som:

$$RCR(\text{stof } x) = \text{Målt eksponering (stof } x) / \text{DNEL værdi (stof } x)$$

I det tilfælde den målte eksponering for et stof overstiger DNEL-værdien, og RCR dermed bliver større end 1, anses eksponeringen at udgøre en uacceptabel risiko.

For at vurdere risikoen ved samtidig eksponering for flere ensvirkende stoffer anvendes summering af de enkelte RCR-værdier dvs. risikobidragene for stoffer med samme effekt adderes. Et eksempel på en risikoberegning af gamerstol ID 33 er angivet i TABEL II.

$$RCR(\text{sum}) = RCR(1) + RCR(2) + \dots RCR(n)$$

TABEL II. Risikovurdering af afgangning fra gamerstol ID-33. RCR-værdier med **fed skrift** indikerer risiko

| ID-33 | Målte værdier | DNEL/kritisk effekt | RCR |
|----------------------------------|-----------------------|---|-------------|
| Formaldehyd | 120 µg/m ³ | 50 µg/m ³ øjen-luftvejsirritation | 2,4* |
| Eddikesyre | 260 µg/m ³ | 1200 µg/m ³ øjen-luftvejsirritation | 0,22* |
| 2-Ethylhexansyre | - | - | - |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 13 µg/m ³ | 800 µg/m ³ øjen-luftvejsirritation | 0,02* |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | 15 µg/m ³ | 170 µg/m ³ levereffekt | 0,09 |
| | | 700 µg/m ³ øjen-luftvejsirritation | 0,02* |
| Methylnaphthalen | - | - | - |
| Dimethylnaphthalen | - | - | - |
| Triethylnaphthalen | - | - | - |
| Methylnaphthalener, sum | - | - | - |
| Dodecamethylcyclhexasiloxan (D6) | - | - | - |
| Safrol | - | - | - |
| *RCRsum irritation | | | 2.7 |

* Stoffer med ens virkningsmekanisme, der adderes til en samlet RCR-værdi.

Samlet vurdering af risikoberegningerne

Afgasningen fra tastatur, mus, headset og musemåtte var begrænset og uden risiko, idet niveauerne for alle de prioriterede stoffer lå under 10 µg/m³, dvs. væsentligt under DNEL-værdierne.

Der forekom meget lav, men lidt højere afgangning fra PC + skærme. Her blev der fundet afgangning af eddikesyre og dodecamethylcyclhexasiloxan (D6), men de beregnede RCR-værdier på 0,03 for eddikesyre og 0,21 for D6 anses ikke for at udgøre nogen risiko.

Langt størst afgangning blev fundet fra gamerstole, hvor der er fundet risiko for øjen- og luftvejsirritation for stolene ID-22 og ID-33, primært som følge af afgangning af formaldehyd, idet RCR-værdierne for dette stof lå på henholdsvis 2,6 (ID-22) og 2,4 (ID-33).

Selvom RCR-værdien for gamerstol ID-27 lå under 1, kan denne stol ikke udelukkes at medføre en risiko for øjen- og luftvejsirritation, idet øget temperatur fra gamerens kropsvarme under brug af stolen vil medføre en noget højere afgangning end den målte afgangning ved 25 °C.

For målingerne af de to gamingsæt vurderes disse for at være forholdsvis tæt på at udgøre en risiko ifm. øjen- og luftvejsirriterende stoffer. De forholdsvis høje RCR-værdier for formaldehyd på 0,7 og 0,62 for sættene vurderes umiddelbart at stamme fra gamerstolene, da den største formaldehydafgangning netop er fundet i de separate målinger af gamerstole. De to sæt kan derfor ikke udelukkes at medføre risiko for øjen- og luftvejsirritation, idet øget temperatur fra gamerens kropsvarme under brug af stolen vil medføre en noget højere afgangning end i klimakammeret hvor sættene blev målt.

Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) er endvidere målt med en RCR-værdi på 0,19 fra et af gamingsættene og her må kilden skønnes at være PC'en eller skærmen, idet D6 også er fundet i de separate målinger for PC + skærm.

Overordnet er det værd at bemærke at betænkelig høj afgasning af øjen-og luftvejsirriterende stoffer finder sted fra gamingstole, mens det elektroniske gaming udstyr ikke i dette projekt har vist sig at medføre afgasning, der udgør nogen risiko.

Det må bemærkes, at selvom de meget lave luftkoncentrationer af SVOC målt fra de elektroniske udstyr ikke vurderes at medføre risiko ved indånding, så vurderes eksponeringen af disse stoffer dog at kunne være væsentligt højere. SVOC'er har en tendens til hurtigt at binde sig til overflader og støv, således at dampe i luften kun udgør en mindre del af den samlede SVOC-mængde i rummet. Derfor vil en persons SVOC-udsættelse hovedsageligt komme fra kontakt med overflader og kontakt med tekstiler, fx. sengetøj og møbler, som er til stede i rummet.

Summary

The emission of particles and volatile substances from gaming equipment has been investigated by market survey and literature research, by 7 field studies at colleges, internet cafes and private homes, as well as by 25 product tests in climate chambers of new computers, monitors, keyboards, mice, headsets, mouse pads and gaming chairs.

The literature survey shows that gaming equipment can be a pollution source of chemical substances in the indoor air and in dust. A total of 153 volatile substances (VVOCs and VOCs) have been reported as well as 90 semi-volatile substances (SVOCs) that are mainly found in the dust. The field studies identify several VOCs and SVOCs in dust and air, which may also originate from other sources than gaming equipment. Phosphorous flame retardants and phthalates are identified in dust and air, but not brominated flame retardants or elevated levels of volatile VOCs. When screening the air samples, a further 14 new SVOCs are identified, of which 7 substances probably originate from personal care products, and 3 substances may originate from plastic products: Di-n-butyl adipate (DnBA), dioctyl terephthalate (DOTP) and Irganox 1076. During gaming for 5 hours, increased temperatures due to heat release and CO₂ increases due to human metabolism were measured, while the level of ultrafine particles remained unchanged.

Based on the survey and the field analyses, an initial hazard screening of the chemical substances was carried out in terms of prioritizing the toxicologically most problematic substances that should be analysed for further testing of gaming equipment. As emissions of volatile substances are dependent on climatic conditions such as temperature and humidity, an exposure scenario is drawn up. The following substances identified in the survey and field studies are prioritized in the analysis of gaming equipment emissions in climate chambers:

- Aldehydes: Formaldehyde, acetaldehyde, butyraldehyde/butanal, hexanal
- VOC: 2-ethylhexanoic acid, 2-ethyl-1-hexanol, dimethylformamide, triethylenediamine, furan, tetramethylbutanedinitrile, 12, cyclic siloxanes (D3, D4, D5, D6)
- Brominated flame retardants: BDE 47, BDE 99, BDE 100
- Other: Acrylamide, formamide

Based on the field studies, a worst-case scenario for a gamer reference room was concluded to be:

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| Room volume per gaming device: | 17.4 m ³ |
| Air change: | 0.2 h ⁻¹ |
| Climate conditions: | 25°C / 50 % RH |

Based on the market research, new gaming equipment in different materials and makes was selected, which were identified as being the most popular with the target group by the retailers. For analysis, a complete gaming set was purchased with PC, screen, keyboard, mouse, headset, mouse pad, also four different variants of each type of equipment, i.e., a total of 33 products.

The gaming equipment's emission of particles and volatile substances into the air has been investigated by 25 analyses in climate chambers of computers, monitors, keyboards, mice, headsets, mouse pads and gaming chairs. Gaming PCs and screens were stress tested by gaming in a large climate chamber for 2 time periods with air samples taken for analysis for volatile substances. Hence, 67 substances were identified, including formaldehyde, dimethylformamide, siloxanes, hydrocarbons, polyaromatic hydrocarbons (PAHs), organophosphorus

flame retardants (OPFR) and phthalates, but no brominated flame retardants (BFR). Thirty-four (34) new substances have been identified, and not previously reported in the literature for chemical emissions from gaming equipment. Two complete sets of gaming equipment with all small parts resulted in the highest emissions, with the gaming chairs being identified as the equipment that released the most substances into the indoor air. As a result of heat generation from the computers and monitors, a significant temperature increase, up to 25-30°C occurs, while the number of ultrafine airborne particles decreased slightly during gaming. The measurements confirm the observations from the field studies, that the electronic equipment does not emit particles into the indoor air.

To achieve a focused approach to the risk assessment of the gaming equipment, the measurement results from the climate chamber tests were screened to identify the most problematic substances in the emissions, considering the toxicological effects of the substances and the measured levels.

Based on this screening, several substances of concern in relation to health were identified, and based on a more detailed assessment of the toxicological data for the substances, a tolerable exposure level was determined for each of the substances for use in a subsequent risk assessment, see TABLE I.

TABLE I. Priority substances and tolerable exposure levels

| Chemical Name | CAS RN | Tolerable exposure level (DNEL value): critical effect |
|---|-----------------------------|---|
| Formaldehyde | 50-00-0 | 50 µg/m ³ : Irritation of the eyes, airway, and nasal mucosa |
| Acetic acid | 64-19-7 | 1200 µg/m ³ : Irritation |
| 2-Ethylhexanoic acid | 149-57-5 | 880 µg/m ³ : Developmental effects |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 800 µg/m ³ : Irritation |
| N,N-Dimethylformamide (DMF) | 68-12-2 | 170 µg/m ³ : Liver effects 700 µg/m ³ : Irritation |
| Methylnaphthalene Dimethylnaphthalene Triethylnaphthalene | - 1051-00-0 1052-00-0 | 58 µg/m ³ : Irritation Applicable at individual substance level and the sum of the three substances |
| Dodecamethylcyclhexasiloxane (D6) | 540-97-6 | 70 µg/m ³ : Liver effects / lung effects |
| 2,2'-Azobis(2-methylpropanenitrile) | 78-67-1 | Data not sufficient for reporting a value |
| Safrole | 94-59-7 | 0.8 µg/m ³ (relevant to 10 ⁻⁶ cancer risk for lifetime exposure) |
| Dibutylphthalate DBP | 84-74-2 | 23 µg/m ³ : Endocrine disrupting effects |
| Diisobutylphthalate DiBP | 84-69-5 | 29 µg/m ³ : Endocrine disrupting effects |

Risk assessment of the emission was carried out by calculating the risk characterization ratio (RCR) for the individual priority substances, where the RCR is calculated as:

$$(\text{chemical } x) = \text{Measured exposure (chemical } x) / \text{DNEL value (chemical } x)$$

If the measured exposure to a substance exceeds the DNEL value, and the RCR thus becomes greater than 1, the exposure is considered to constitute an unacceptable risk. To assess the risk of simultaneous exposure to several substances with the same type of effect, summation of the individual RCR-values was done (i.e., the risk contributions for substances

with the same effect are added): An example of a risk calculation for gaming chair ID 33 is given in TABLE II.

$$(sum) = R(1) + RCR(2) + \dots RCR(n)$$

TABLE II. Risk assessment of emissions from gaming chair ID-33. RCR-values in bold indicate risk

| ID-33 | Measured value | DNEL/critical effect | RCR |
|------------------------------------|-----------------------|---|-------------|
| Formaldehyde | 120 µg/m ³ | 50 µg/m ³ eye-airway irritation | 2.4* |
| Acetic acid | 260 µg/m ³ | 1200 µg/m ³ eye-airway irritation | 0.22* |
| 2-Ethylhexansyre | - | - | - |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 13 µg/m ³ | 800 µg/m ³ eye-airway irritation | 0.02* |
| N,N-Dimethylformamide (DMF) | 15 µg/m ³ | 170 µg/m ³ liver effects | 0.09 |
| | | 700 µg/m ³ eye-airway irritation | 0.02* |
| Methylnaphthalene | - | - | - |
| Dimethylnaphthalene | - | - | - |
| Triethylnaphthalene | - | - | - |
| Methylnaphthalenes, sum | - | - | - |
| Dodecamethylcyclohexasiloxane (D6) | - | - | - |
| Safrole | - | - | - |
| *RCR(sum) irritation | | | 2.7 |

* Substances with the same mechanism of action that are added to a total RCR-value.

Overall assessment of the risk calculations

The emissions from the keyboard, mouse, headset, and mouse pad were extremely low and without risk, as the levels for all the priority substances were below 10 µg/m³, i.e., significantly below the DNEL values.

Very low, but slightly higher emissions were found from PC + monitors. Here, emissions of acetic acid and dodecamethylcyclohexasiloxane (D6) was found, but the calculated RCR-values of 0.03 for acetic acid and 0.21 for D6 are not considered to pose a risk.

By far the highest emissions were found from gaming chairs, where a risk of eye and respiratory irritation was found for the chairs ID-22 and ID-33, primarily because of emission of formaldehyde, as the RCR-values for this substance were respectively 2.6 (ID-22) and 2.4 (ID-33).

Although the RCR-value for gamer's chair ID-27 was below 1, this chair cannot be ruled out as causing a risk of eye and respiratory irritation, as increased temperature from the gamer's body heat during use of the chair will cause somewhat higher emissions than the measured levels at 25 °C.

For the measurements of the two gaming sets, it was assessed that the chemical emissions are close to posing a risk as eye and respiratory irritants. The relatively high RCR-values for

formaldehyde of 0.7 and 0.62 for the sets were assessed as originating from the gaming chairs, as the largest formaldehyde emissions were found in the separate measurements of gaming chairs. The two sets cannot therefore be ruled out as causing a risk of eye and respiratory irritation, as increased temperatures from body heat during use of the chair will cause somewhat higher emissions than in the climate chamber where the sets were measured.

Dodecamethylcyclhexasiloxane (D6) was also measured with an RCR-value of 0.19 from one of the gaming sets, and here the source may be the PC or the screen, as D6 was also found in the separate measurements for PC + screen.

Overall, it is worth noting that high emissions of eye and respiratory irritant substances of concern takes place from gaming chairs, while the electronic gaming equipment covered by this project was not found to cause emission that poses any risk.

It must be noted that although the very low air concentrations of SVOC measured from the electronic equipment are not considered to pose a risk by inhalation, the exposure to these substances may be significantly higher as SVOCs tend to adhere quickly to surfaces and dust, so the vapours in the air only make up a small part of the total amount of SVOCs in the room. Therefore, a person's SVOC exposure will mainly come from contact with surfaces and contact with textiles, e.g., bedding and furniture that are present in the room.

Forkortelser

| | |
|-----------|---|
| BFR | Brominated flame retardant (bromeret flammehæmmer) |
| CAS RN | Chemical Abstracts Service Registry Number (stofidentifikationsnummer) |
| CLP | Classification, Labelling and Packaging of substances |
| CMR | Carcinogene, mutagene og reproduktionstoksiske stoffer |
| DNEL | Derived no effect level |
| DP | Dechlorane Plus, isomer syn- og anti-DP |
| ECHA | European Chemicals Agency (Europæisk kemikalieagentur) |
| ECMA | European Computer Manufacturers Association |
| FR | Fire retardant (flammehæmmer) |
| GC/MS | Gaskromatografi koblet med massespektrometri |
| HPLC | Højtryksvæskekromatografi |
| LCM | Liquid crystal monomer |
| LOQ | Limit of quantification (kvantifikationsgrænse) |
| LCD | Liquid Crystal Display |
| LED | Light Emitting Diode |
| NIST | National Institute of Standards and Technology |
| NOAL/LOAL | No observed adverse effect level/lowest observed adverse effect level |
| MST | Miljøstyrelsen |
| OPFR | Organophosphorous flame retardants (organofosfor flammehæmmer) |
| PAH | Polyaromatic hydrocarbon |
| PBDE | Polybrominated diphenyl ether |
| PC | Personal computer (Computer) |
| PCB | Polychlorinated biphenyl |
| POP | Persistent organic pollutant |
| PTFE | Polytetrafluoroethylen |
| PU | Polyurethan |
| PVC | Polyvinylchlorid |
| RCR | Risk characterisation ratio (risikokarakteriseringsratio) |
| REACH | Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances |
| RoHS | Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment |
| RH | Relative humidity (relativ luftfugtighed) |
| RSD | Relative standard deviation (relativ standardafvigelse) |
| SCCP | Short-chained chlorinated paraffins (kortkædede klorparaffiner) |
| STOT RE | Specific Target Organ Toxicity Repeated Exposure |
| STOT SE | Specific Target Organ Toxicity Single Exposure |
| SVHC | Substances of Very High Concern |
| SVOC | Semi-volatile organic compound (semiflygtig), $k_p > 287^\circ\text{C}$ (n-hexadecan C16) |
| TDS | Thermal desorption system (termisk desorptionssystem) |
| TVOC | Sum af flygtige organiske stoffer (C6-C16) som toluen ækvivalenter |
| VOC | Volatile organic compound (flygtigt organisk stof), k_p ca. $68\text{--}287^\circ\text{C}$ (C6-C16) |
| VVOC | Very volatile organic compound (meget flygtig), $k_p < 68^\circ\text{C}$ (n-hexan C6) |

1. Indledning

Esport og gaming er blevet en stor del af mange unges hverdag (Christensen et al., 2017), hvor der spilles computerspil i private hjem, skoler og på konkurrenceplan. Salg af gaming udstyr i Danmark forventes at stige (Vækstfonden, 2019), hvor computere og tilbehør løbende bliver opgraderet for at følge med kravene til ydeevne fra nye spil, der lanceres. Gaming udstyr består af mange materialer og elektronik, der kan indeholde problematisk kemi. Da elektronik afgiver varme, kan gaming udstyr afgive flygtige og semi-flygtige kemikalier til luften, der kan være skadelige for menneskers sundhed, som for eksempel bromerede flammehæmmere og ftalater.

1.1 Formål

Nærværende projekt har til formål at:

- Kortlægge udbud og salg af gaming udstyr og anvendelse hos unge mennesker
- Gennem feltundersøgelser at afklare indeklimaforhold på steder hvor der games; i private hjem, gaming caféer og institutioner
- Måle gaming udstyrs varmeafgivelse ved test i klimakamre
- Analysere afgangninger af flygtige stoffer fra gaming udstyr, fx computer, skærm, tastatur, mus, musemåtte, gamerstol og headset
- Evaluere potentiel sundhedsrisiko for målgruppen

Det forventes, at undersøgelsen kan føre til anbefalinger til at mindske eksponeringen fra kemikalierne, der potentielt kan frigives fra gaming udstyr.

1.2 Afgrænsning

Kortlægningen og analyserne omfatter en screening af hvilke flygtige og semiflygtige stoffer, der kan frigives fra gaming udstyr og forefindes i luften på dampform eller meget fine partikler, som kan sætte sig i støv eller på overflader. Der fokuseres på flammehæmmere og blødgørere, og der udvælges 32 SVOC (ftalater, bromerede og organophosphor flammehæmmere). Øvrige SVOC såsom flourstoffer, PCB'er og bisphenol-A er ikke omfattet af analyserne. Analyser af luft er udført ved både feltundersøgelser og test af udstyr, mens støv er kun blevet analyseret ved feltundersøgelserne.

Markedsundersøgelsen er begrænset til PC-udstyr og omfatter ikke spillekonsoller.

Dette studie omhandler eksponering af kemiske stoffer fra gaming udstyr ved indånding af luft, og dermed ikke andre eksponeringsveje som oral (gennem munden) eller dermal (gennem huden). Der fokuseres på unge menneskers eksponering for gaming udstyr, idet denne gruppe typisk bruger mest tid på gaming.

2. Kortlægning

Formålet med kortlægningen er at samle viden fra eksisterende litteratur vedrørende emissioner af partikler og kemiske stoffer fra gaming udstyr, og via en markedsundersøgelse i Danmark at fastslå hvilket gaming udstyr, der er populært for målgruppen. Parallelt med feltundersøgelserne udarbejdes en liste over gaming produkter på markedet ved søgning i danske netbutikker. Dette danner grundlag for en plan for henholdsvis feltundersøgelser, indkøb og analyser af gaming udstyr.

Dette afsnit omhandler resultaterne af kortlægning af gaming udstyr i perioden maj – juni 2022. Kortlægningen består af følgende aktiviteter:

- Undersøgelse af lovgivning for kemikalier relevant for gaming udstyr
- Mærkninger og teststandarder for kemikaliesikkerhed af elektronisk udstyr
- Kortlægning af kemikalier som kan afgives fra gaming udstyr
- Markedsundersøgelse af gaming udstyr med kontakt til forhandlere og organisationer

2.1 Lovgivning og regulering af gaming udstyr

Gaming udstyr som indeholder elektronik, herunder PC, skærm, mus, tastatur, headset og stol, er omfattet af RoHS-bekendtgørelsen, BEK nr. 338 af 17. marts 2022, der implementerer EU's RoHS-direktiv (nr. 65/2011). RoHS-bekendtgørelsen begrænser anvendelsen af farlige stoffer i elektrisk og elektronisk udstyr: Bly, kviksølv, cadmium, hexavalent krom (krom VI), polybromerede biphenyler (PBB), polybromerede diphenylethere (PBDE), di(2-ethylhexyl) phthalat (DEHP), butylbenzylphthalat (BBP), dibutylphthalat og diisobutylphthalat (DIBP).

Alle typer af gaming udstyr omfattet af denne kortlægning er defineret som artikler, og er underlagt begrænsninger for indhold af stoffer i henhold til EU's REACH-forordning (nr. 1907/2006), bilag XVII. Der er desuden oplysningspligt for indhold af særligt problematiske kemikalier (SVHC) på kandidatlisten på over 0,1 vægtprocent, jf. artikel 33, stk. 1.

Begrænsningerne i REACH-forordningen og RoHS-bekendtgørelsen omfatter grænseværdier for kemikalieindholdet i produkter, og ikke grænseværdier for emission/afgasning. EU's forslag til revision af REACH Annex XVII (G/TBT/N/EU/888 (2022), omhandlende begrænsning af formaldehydafgivelse fra artikler, der anvendes indendørs, med grænseværdier i luft på ikke-træbaserede artikler på 0.080 mg/m³, er accepteret ved høring i World Trade Organisation (WTO 2022)¹.

2.2 Mærkning af elektronisk udstyr

Gaming udstyr og andet elektronisk udstyr blev undersøgt for mærkninger, som dækker kemisk sikkerhed. Der blev identificeret tre mærker som har krav til begrænsning af kemikalier i elektronisk udstyr.

TCO Certified er den mest udbredte bæredygtigheds certificering af IT-produkter. Den seneste generation af TCO-certificering, TCO edge, omfatter krav til materialesikkerhed og bæredygtighed. TCO indeholder krav til halogenfri skærme, brug af genbrugsplast i elektroniske komponenter og en liste over godkendte flammehæmmere og blødgørere (TCO certified, 2022).

¹ <https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/SS/directdoc.aspx?filename=q:/G/TBTN22/EU888.pdf&Open=True>

CE-mærket fastslår, at et produkt overholder visse EU-krav til sikkerhed, sundhed og miljøbeskyttelse. CE-mærkning er obligatorisk for produkter inden for hvilke der findes EU-specifikationer, som kræver CE-mærkning. CE-mærkning kræves bl.a. i henhold til RoHS-direktivet. Siden 2003 har EU begrænset brugen af farlige kemikalier i elektronisk udstyr og direktivet bliver løbende opdateret.

Elektronisk udstyr produceres og importeres primært fra Kina, hvor den kinesiske regering kræver en elektrisk sikkerhedsmærkning, CCC, som er i overensstemmelse med EU-Kommissionens regler. Denne forordning blev senest opdateret i 2020 og forbyder alle tungmetaller, organiske tinforbindelser, formaldehyd, samt specifikke VOC'er: BPA, halogenerede opløsningsmidler, anilin, alkylphenoler og alkylphenoethoxylater, perfluorerede og polyfluorerede kemikalier (PFOS/PFAS). Derudover forbydes enkelte flammehæmmere, nogle polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH'er), dimethylfumarat (DMFu) og N-nitrosamin.

2.3 Kortlægning af gaming udstyr på markedet

Markedsundersøgelsen har til formål at finde ud af hvilket udstyr, der er populært til gaming, så udstyr, der er udbredt, kan udvælges til analyser. I de nordiske lande er gaming på computer mest populært og kortlægningen omfatter derfor ikke spillekonsoller eller telefoner.

Ifølge Baltic Game Industry², som er en EU-støttet interesseorganisation til fremme af gaming industrien i de Baltiske lande, er der 162 selskaber i Danmark med omkring 800 ansatte, der beskæftiger sig med gaming udstyr (Sünner & Rische, 2018). Disse virksomheder er både leverandører af gaming udstyr, softwareudviklere af videospil samt gamer café-lokationer. Ifølge en grossist af gaming udstyr, som dækker hele Norden, blev der i 2020 solgt 1 million headsets, tastaturer, musemåtter, gamerstole (personlig kommunikation 2022).

Der blev gennemført en markedsundersøgelse i Danmark. Leverandører af gaming udstyr blev primært fundet ved hjælp af søgemaskiner på internettet. Der blev søgt efter leverandører af gaming udstyr generelt og mere specifikt efter gaming udstyr som PC, skærm og yderligere tilbehør såsom tastatur, mus, musemåtte, headset og stol. Denne søgning resulterede i 15 store forhandlere af gaming udstyr. Produkter til salg fra disse leverandører importeres enten som færdigvarer eller som komponenter, der samles i Danmark. Nogle virksomheder sælger deres eget mærke af samlede gaming udstyr.

Gamere og forhandler blev spurgt ind til hvilke PC setup med skærme som er populære og følgende blev svaret:

- Stationær PC med enkeltskærm som er enten flad eller det nye buede format (curved).
- Stationær PC med to skærme, her foretrækkes flade skærme
- Bærbare gamer PC anvendes ofte med en ekstra skærm, enten curved eller flad

Curved skærme har et bredere format, som er godt til blandt andet adventurespil, mens flade skærme foretrækkes til skydespil.

De mest populære produkter for hver kategori (PC, skærm, tastatur, mus, musemåtte, headset og stol) blev identificeret på de forskellige leverandørers hjemmesider. Hjemmesiderne sorterer efter populariteten af produkterne baseret både på antallet af klik, samt antal salg af pågældende produkt og varierer fra dag til dag.

² <https://baltic-games.eu/171/>

Potentielt gamer set-up til køb for kammertest blev udvalgt baseret på hver leverandørs popularitetsliste inden for produktkategorierne samt på variation af produkter og materialer. Der kunne ikke findes oplysninger om materialerne i gaming udstyr ved søgning på produkterne. Udvælgelsen af gaming udstyr skete ligeledes under hensyn til udstyrets pris, således at det undersøgte udstyr ligger i en prisklasse, som kan købes af den brede målgruppe.

Der sælges færdige pakker med gaming udstyr, der indeholder PC, skærm, tastatur, mus, musemåtte, headset og stol. Disse er populære og inkluderes i indkøbslisten. Yderligere blev forskellige forhandlere kontaktet for at få kendskab til deres metode til analyse af deres mest populære produkter. Forhandlerne kunne ikke give informationer om, hvilket specifikt gaming udstyr som var bedst sælgende i en given periode.

2.4 Kortlægning af kemikalier som potentielt afgives fra gaming udstyr

Kortlægningen indledes med søgning efter publikationer, der omhandler kemikalier i gaming udstyr, samt emissioner af partikler og kemikalier til luft og støv. Vidensdatabaser og citationsdatabaser som Elsevier- Science direct, SpringerLink, SciVerse Scopus, Google Scholar og Det Kongelige Bibliotek er anvendt. Relevante referencer fra den identificerede litteratur er yderligere udforsket. Relevante kortlægninger fra Miljøstyrelsen er også omfattet af kortlægningen.

Gaming udstyr er sammensat af flere materialer og elektronik. Forskellige typer af hård plast, metal, printkort mm. anvendes i elektronisk udstyr som computere (stik, opladere, transformere), skærme, tastaturer, mus, headsets, samt gamerstole. Blødt plast og metal anvendes i ledninger, der forbinder udstyret. Skum anvendes i musemåtter, headsets og gamerstole, herunder polyurethanskum (PU-skum). Tekstiler anvendes i ledninger, headsets og gamerstole. Batterier, enten udskiftelige eller genopladelige, forefindes i bærbare PC, trådløse headset, tastaturer, gamerstole og mus.

Elektroniske produkter og ledninger udvikler varme under brug, og for at undgå brand, er plast, skum og tekstile materialer tilsat brandhæmmende kemikalier, flammehæmmere. Hårde plasttyper der typisk anvendes i kabinetter til elektronisk udstyr, ABS (acrylonitril butadien styren) og PS (polystyren), kan indeholde høje mængder af bromerede flammehæmmere (Pivnenko 2017, Harju 2009).

PU-skum i gamerstole, headsets og musemåtter, kan desuden indeholde bromerede flammehæmmere (Harju 2009) samt formamid (EU 2015/2115), dimethylamino-ethanol (DMAE) (Klinke et al., 2018), dimethylformamid (DMF), cyclosiloxaner, formaldehyd og VOC'er (Poulsen, 2020).

Ledningers plastisolering er ofte PVC (polyvinylchlorid) tilsat blødgørende kemikalier som ftalater, for at bevare bøjeligheden ved brug. En nylig undersøgelse af PVC-holddige forbrugerprodukter viste indhold af ftalater i en telefonlader (Kastberg et al., 2020) og flere ftalater er nævnt i forbindelse med PVC og elektronik (Mikkelsen et al., 2014).

Mængden af tilgængelig litteratur om emissioner af kemiske stoffer fra gaming computere og gaming udstyr er begrænset. Derfor er der taget udgangspunkt i publikationer vedrørende undersøgelse af emissioner fra elektronisk udstyr såsom computere og skærme (både PC og TV-skærme) og undersøgelser fra gaming lignende miljøer, såsom kontorområder med PC og skærme, og andre lokaler med mange computere, fx computerværksteder og skoler. Der er i alt fundet 17 relevante publikationer, der rapporterer resultater fra kemikalieanalyser i luft og støv ved feltundersøgelser og kammertest. Der fokuseres i dette projekt på SVOC som organofosfater og bromerede flammehæmmere, ftalater og PCB, samt VOC'er.

På baggrund af litteratursøgningen er der fundet over 240 forskellige kemikalier i luft og støj, relevante for gaming udstyr. Yderligere information om kemikaliernes navngivning og fysiske parametre, fx kogepunkt og smeltepunkt er indhentet i PubChem databasen. Den komplette liste med identificerede kemikalier og anvendt forkortelse fremgår af Bilag 2. I følgende afsnit vil kemikaliernes forkortelse blive anvendt.

2.4.1 Kemikalier målt i luften

Der er 12 publikationer, der har undersøgt emissioner fra computere og lignende udstyr til luft med opsamling af VOC på Tenax TA eller SVOC på PUF (polyurethanskum). Syv studier har fundet VOC'er, og 7 andre har fundet SVOC'er.

VOC'er

VOC'er som aldehyder, alkoholer, alifatiske kulbrinter og nogle få keton-stoffer, estere, syrer og terpener er fundet i litteraturen. Review artiklen Cacho et al. (2013) har undersøgt emissioner i kontormiljøer i Europa. De fem VOC'er med højest koncentration (EU-gennemsnit) var diklormetan ($50,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), toluen ($48,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), xylen ($18,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), acetone ($18,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og formaldehyd ($16,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Miljøstyrelsen (2005) har målt emissioner fra elektroniske produkter, blandt andet computer og TV-sæt. De fem VOC'er med højest emissionsrate er phenol, butanal, xylen, ethylbenzen og formaldehyd. I 2020 har Miljøstyrelsen yderligere undersøgt emissioner fra PU-skum, som også kan være til stede i gamerstole, musemåtter og headsets. Der er analyseret for VOC'er, og især DMF er fundet i høj koncentration på $1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Derudover blev der fundet cykliske siloxaner i koncentrationsområdet $7-190 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Målinger fra Davis et al. (2021) af emissioner fra polstrede stole, rapporterer de top ti VOC'er fundet. De 5 VOC'er med den højeste koncentration nævnes her: hexanal, propansyre, 1-butanol, propylen carbonat og pentanal.

Destallats et al. (2008) har skrevet et review om emissioner fra kontorudstyr og refererer til 3 undersøgelser, som har fundet, at computer og laptop både afgasser VOC'er og SVOC'er. De højeste koncentrationer er afgasset fra en laptop og er følgende VOC'er: Methylcarbonat ($223 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 2-Butoxyethanol ($217 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ethylcarbonate ($112 \mu\text{g}/\text{m}^3$), cyclohexyl benzene ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og 2-Ethyl-1-hexanol ($34 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sidstnævnte er registreret under REACH forordningen og er et skadeligt kemikalie (ECHA).

Liu and Abbat (2021) har undersøgt afgangning fra LCD-skærme (computerskærme, laptop-skærme og TV-skærme) ved luftanalyse og fundet nogle af de samme kemikalier som Cacho et al. (2013). Stoffet furan er fundet i afgangningen. Furan er af toksikologisk interesse, da det klassificeres som et kræftfremkaldende, mutagent og reproduktionstoksisk (CMR) stof. Derudover er der detekteret nogle liquid crystal monomers (LCM), som klassificeres som persistent organic pollutants (POP) (Su et al., 2019).

SVOC'er

Review-artiklen fra Destallats et al. (2008) har fundet følgende SVOC'er fra computere og laptops i koncentrationsområde $1-446 \text{ ng}/\text{m}^3$: HBBZ, RDP, BDP, TPP, BDE-47, BDE-100, BD-99, TBBPA. HBBZ er også fundet i studiet fra Sun et al. (2018), der yderligere fandt HBCD i computerkabiner og printkort. Kemmlin et al. (2003) har udført en kammertest af et samlet sæt af computer, skærm, mus, tastatur og printer for emissioner af SVOC'er og har fundet HBBZ, RDP og BDP i koncentrationsområdet $1-20 \text{ ng}/\text{m}^3$. Alle de ovennævnte SVOC'er, der er fundet i luften, er hyppigt anvendte bromerede flammehæmmere.

Udover bromerede flammehæmmere er også organofosfat flammehæmmere (OPFR) anvendt i flere typer af produkter. Davis et al. (2021) og Kemmlin et al. (2003) har målt emissioner af TPP/TPHP på hhv. $0,9 \text{ ng}/\text{m}^3$ og $85 \text{ ng}/\text{m}^3$. Sakhi et al. (2019) har fundet OPFR i luftmålinger i norske hjem (gennemsnit af alle OPFR $56 \text{ ng}/\text{m}^3$).

Reche et al. (2019) har derudover fundet polyklorerede flammehæmmere såsom Syn-DP, anti-DP, DP (0,2-14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i luften målt i kontorrum.

Seo et al. (2022) fandt 2-25 gange højere koncentrationer af 16 PAH'er (sum PAH: 29-46 ng/m^3) i indeklimaer med mange computere på kontor, computerrum og serverrum. Naphtalen (10-25 ng/m^3) og phenanthren (7-13 ng/m^3) blev målt i højeste koncentrationer. Computere blev verificeret som kilde til PAH'er ved måling indvendigt i computerkabinetter samt fra komponenterne: Printkort, PVC-kabel og transistor. PAH-koncentrationerne var højest i nye computere og aftog med alderen. I luft var PAH'er med lav molekylvægt i størst koncentration i gasfasen og PAH'er med høj molekylvægt var i højest koncentration i partikelfasen. Kammer-tests af computere under belastning (Maddalena et al., 2006) afgassede lave koncentrationer af PAH naphtalen (3 ng/m^3) og acenaphtylen (1 ng/m^3).

Wei et al. (2021) har udført luftmålinger i skoler og har fundet SVOC'er som PCB'er og ftalater. Ftalater er fundet i højere koncentrationer i området 48-3800 ng/m^3 , hvor DiBP er fundet med den højeste koncentration (3800 ng/m^3). PCB'er er fundet koncentrationerne 0,1-1,1 ng/m^3 , hvor PCB 105 og PCB 138 er fundet med den laveste koncentration. Ftalater (DMP, DEP, DiBP, DBP) er fundet i luften i norske hjem i koncentrationerne 42-459 ng/m^3 (Sakhi et al., 2019).

2.4.2 Kemikalier målt i støv

SVOC'er er tungtflygtige stoffer med et lavt damptryk, som er i ligevægt med gasfasen og partikler i luften, og akkumuleres i støv og øvrige overflader i indeklimaet (Wei et al., 2016). Der ved kan højere koncentrationer måles i støv i forhold til luften. Flere studier har fundet SVOC som OPFR, PCB, ftalater og især BFR i støvet i kontorområder, computerværksteder, skoler og hjem.

Genisoglu et al. (2019) har undersøgt bromerede flammehæmmere i støv (settled dust) i computerværksteder og har fundet 19 BFR'er, hvoraf BDE-209 (1802 ng/g) og BEH-TEBP (993 ng/g) er fundet med de højeste koncentrationer. De andre BFR er fundet i koncentrationer under 100 ng/g , på nær EH-TBB som er fundet til 136 ng/g . Reche et al. (2019) har fundet PBDE'er i en samlet koncentration på 978 ng/g i støv opsamlet i kontorrum. Derudover er 4 forskellige BDE'er fundet i støvmålinger i skoler (18-96 ng/g) (Wei et al., 2021). Yderligere er følgende BFR'er fundet i opsamlet støv i kinesiske hjem i koncentrationsområdet 0,45 ng/g -419,4 ng/g : PBT, PBEB, HBB, EHTBB, BTBPE, BEHTEBP, DBDPE (Niu et al., 2019).

Ftalater er fundet i høje koncentrationer i støv i skoler undersøgt af Wei et al. (2021). Det er ftalater som BBP, DBP, DEHP, DEP, DiBP, DiNP i koncentrationer fra 21.700 ng/g til 9.690.000 ng/g . Samme studie har undersøgt PCB og fundet 10 PCB'er i koncentrationsområdet 19-119 ng/g . De samme ftalater, inklusive DMP, er fundet i støvet opsamlet i kontorrum og hjem i koncentrationer fra 202 ng/g til 557000 ng/g (He et al., 2016).

Udover BFR'er og ftalater har Su et al. (2019) fundet liquid crystal monomers (LCM) i støv opsamlet i laboratorier, hoteller, elektronikværksteder og skoler. Både Genisoglu et al. (2019) og Reche et al. (2019) har fundet dechlorane plus (DP) i støvmålinger i hhv. 15-22 ng/g og 169-1060 ng/g . Organofosfat flammehæmmere (TCEP, TCPP, TDCPP, TPP/TPHP) er fundet i støvet opsamlet i kontorrum og hjem i koncentrationer 630-2850 ng/g (He et al., 2016). Organofosfat flammehæmmere tilsættes i PU produkter (Lu et al., 2021).

Kortlægningens litteraturstudie konkluderer, at computere og computerudstyr og tilhørende anvendelsessteder, afgiver flygtige kemikalier til indeklimaet, hvoraf følgende af de fundne kemikalier har en fareklassificering, som angiver en potentiel sundhedsrisiko ved indånding:

- VVOC'er: Aldehyder (formaldehyd)

- VOC'er: 2-Ethyl-1-hexanol, dimethylformamid (DMF), furan og cykliske siloxaner
- SVOC'er: Flammehæmmere (BFR, OPFR, PAH, PCB) og ftalater

2.5 Analysemetoder til måling af emissioner fra gaming udstyr

Ved kortlægningen er der identificeret flere forskellige metoder, som kan anvendes til målinger af emissioner fra gaming udstyr ved feltundersøgelser og kammeranalyser. I det følgende opsummeres metoderne.

2.5.1 Metoder til måling af kemiske stoffer i luft og støv

Analyseprincip for måling af flygtige stoffer i luft, består af en aktiv opsamling af et volumen luft ved kontrolleret flow med en pumpe. Ved opsamlingen absorberes stofferne på et prøverør (medie) der afleveres til laboratorieanalyse. Prøverør ekstraheres enten med solvent eller ved termisk desorption (TDS), analyseres ved væskechromatografi (HPLC) eller gaskromatografi (GC), og stofferne detekteres med spektroskopi (UV, MS eller MS/MS).

Aldehyder og ketoner (VVOC/VOC carbonyler) bestemmes ved opsamling af ca. 10-100 L luft på DNPH-rør og analyse ved HPLC-UV (ISO 16000-3). Flygtige organiske stoffer (VOC) opsamles på Tenax TA (ca. 1-6 L luft) og analyseres på TDS-GC/MS (ISO 16000-6). Detektionsgrænsen er ca. 1 µg/m³. ISO 16000-6 kan anvendes til screening for SVOC'er med kogepunkt op til docosan (C22) ca. 369°C, men er ikke optimal.

Til analyse af semiflygtige SVOC kræves specielle metoder, som er egnet til at måle lave koncentrationer under 0,1 ng/m³ (0,0001 µg/m³) i luft eller 0,1 ng/g i støv (Lucattini et al. 2018, Raffy et al. 2016). Der opsamles en større luftmængde, typisk 0,5 – 10 m³, på højkapacitetsmedier som PU-skum eller OVS/XAD, der ekstraheres med solvent. Der er publiceret mange forskellige SVOC-analysemetoder i litteraturen jf. kortlægningen i afsnit 2.4. SVOC'er kvantificeres som stof-specifikke target-analyser med interne standarder og kromatografisk analyse koblet med tandem-MS detektion, enten GC/MS-MS eller LC/MS-MS, eller andre specialiserede instrumenter, som er optimale for detektion af de forskellige stofgrupper. SVOC'er med polære grupper (alkoholer, phenoler, syrer) kan derivatiseres inden analyse ved GC/MS.

2.5.2 Metoder til måling af emissioner fra gaming udstyr

Der er ikke identificeret metoder som er målrettet analyser af emissioner fra gaming udstyr. Emissioner af kemiske stoffer fra gaming tilhører kan måles ved standardiserede metoder i klimakamre afledt af ISO 16000-9. Emissioner af partikler og flygtige stoffer fra kontorudstyr såsom skærme, computere og bærbare computere (laptops) kan testes efter standarderne ECMA-328-2 (2017) og ISO/IEC 28360-2 (2018). Standarderne specificerer betingelserne for bestemmelse af emissionsrater fra elektronisk udstyr under påtænkt drift. Nyt computerudstyrs emballage skal fjernes og kammertest startes senest 24 timer efter. Udstyret må ikke have været tændt i mere end 3 dage før start af test. Standarden beskriver et typisk brugsscenarie for computerudstyret: At det tændt 8 timer ad gangen i 3 dage i "idle mode", svarende til 24 timer. Testbetingelser i klimakammer er 23 ± 2 °C og 50 ± 5 % relativ luftfugtighed (RH), med ventilationsrate (luftsifte) på 0,5–2 h⁻¹. Ozon monitoreres og luftprøver (Tenax og DNPH) udtages mellem 3 til 4 luftsifter efter udstyret er placeret og tændt i klimakammeret. Analyser af VOC jf. ISO 16000-6 og carbonyler jf. ISO 16000-3.

Test af computerudstyr i klimakamre (Maddalena et al., 2006) viste at der ikke afgasser ozon eller ultrafine partikler (UFP), mens printere og kopimaskiner afgasser ozon og partikler. Derfor måles der ikke ozon ved test af gaming udstyr.

Den horisontale referencemetode EN 16516 med titlen "Byggevarer: Vurdering af afgivelse af farlige stoffer – Bestemmelse af emissioner i indendørs luft", specificerer et referencerum, emissionstest i klimakamre, opsamling af luftprøver og kemisk analyse af flygtige stoffer ved

henvisning til ISO 16000-9/6/3 metoderne nævnt i afsnit 2.5.1. I henhold til EN16516 rapporteres VOC og aldehyder kun i koncentrationer over 5 µg/m³ med undtagelse af kræftfremkaldende stoffer Cat. 1A og 1B, som rapporteres helt ned til 1 µg/m³.

3. Feltundersøgelser

Formålet med feltundersøgelserne er at indsamle viden om de indeklimaforhold, der games under i boliger, på netcaféer og i skoler, samt at undersøge de unges eksponering for kemiske stoffer under realistiske worst case forhold. Derudover er formålet at registrere gaming udstyr og en lang række øvrige parametre, som er relevante for luftkvaliteten i lokalet, som fx temperatur, anvendte byggematerialer, øvrige møbler og inventar samt antal af personer og PC'er. Resultaterne af feltundersøgelserne indgår i kortlægningen og anvendes til fastlæggelse af måleprogram og udvælgelse af produkter til kammertest.

Dette afsnit omhandler metoden og resultaterne af feltundersøgelserne, som har fundet sted i juni 2022. Analyse af data og opsamlede prøver er foregået i juni og juli 2022.

Feltundersøgelserne består af følgende aktiviteter:

- Registrering af udstyret som anvendes
- Registrering af generelle forhold som rumkarakteristika, antal personer og alder, spillefrekvens og spil mm.
- Registrering af de klimatiske forhold, der games under; temperatur, relativ luftfugtighed, CO₂-koncentrationer og ultrafine partikler
- Opsamling og analyse af luftkvaliteten for et bredt spektrum af kemiske stoffer
- Indsamling og analyse af støv for tungt flygtige stoffer (SVOC)

3.1 Metoder og materialer

Til feltundersøgelsen blev der udvalgt i alt 7 cases, hvor unge mennesker gamer enten alene eller flere personer i samme rum. Der indgår i undersøgelsen 4 cases i private hjem, 1 case på en netcafé og 2 cases på en højskole, der har esports som linjefag. Alle cases er beliggende på Sjælland. De private hjem er rekrutteret gennem netværk, mens de øvrige cases er kontaktet direkte og adspurgt om deltagelse i projektet.

Feltmålingerne blev udført over en periode på 14 dage i juni 2022. Ved feltundersøgelserne blev der udført en række forskellige målinger og registreringer. I TABEL 1 fremgår, hvilke parametre som er undersøgt, samt de anvendte målemetoder.

TABEL 1. Oversigt over målte og registrerede parametre, samt metoder

| Type | Parameter | Måling | Metode og udstyr |
|------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Luft | VOC'er | Screening af flygtige stoffer (VOC, SVOC) i luft, herunder flammehæmmere | ISO 16000-6: VOC (Tenax) |
| Luft | Aldehyder | Formaldehyd, acetaldehyd, propanal, butanal, acrolein | ISO 16000-3: C1-C4 aldehyder (DNPH) |
| Luft | SVOC'er | Tungtflygtige bromerede flammehæmmere, ftalater, organophosphor | GC/MS-MS Specialanalyse (PUF) |
| Luft | Ultrafine partikler | Partikeldiameter 0,02 µm til 1 µm | TSI P-Trak 8525 Partikelmåler |
| Luft | Temperatur/Relativ luftfugtighed (RH) | Luftkvalitet | IC-meter (Indeklima måleudstyr) |

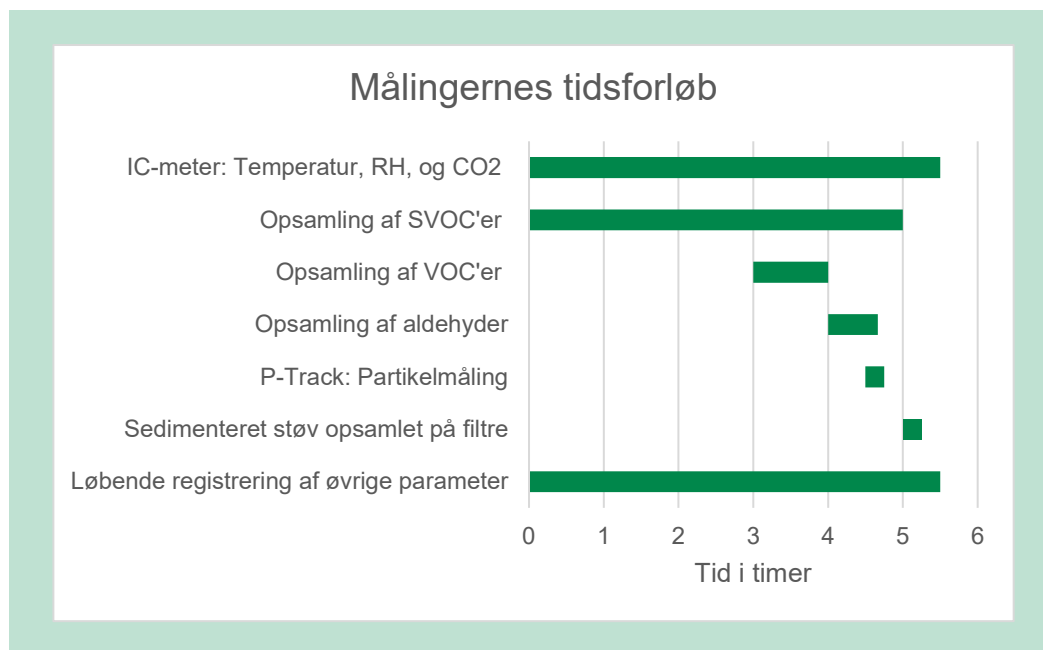
| Type | Parameter | Måling | Metode og udstyr |
|---------------|-------------------------------|---|--|
| Luft | Kuldioxid (CO ₂) | Mål for personbelastning. Indikator for luftskifte/personer/lokalestørrelse | IC-meter (Indeklima måleudstyr) |
| Luft | Luftkvalitet | Lugt og acceptabilitet | Subjektiv opfattelse luftkvalitet |
| Støv | SVOC'er i sedimenteret støv | Støv diameter > 0,7 µm udvalgte SVOC'er: tungflygtige bromerede flammehæmmere, ftalater, organophosphor | Opsamling på filter ved støvsugning. Ekstraktion med efterfølgende GC/MS-MS Specialanalyse |
| Gaming udstyr | Temperatur | Temperatur på gaming udstyr: PC, skærm under belastning | IR Infrarødt termometer Testo 830-T1, målt i en afstand på 15-20 cm fra emnet |
| Registreres | Personbelastning | Antal personer + alder | Spørg: Antal personer og alder |
| Registreres | Eksponeringsstid | Daglig/ugentlig eksposering/gaming | Spørg: Antal timer dagligt spil |
| Registreres | Målebetingelser | Fysiske data: gamer rum ift. luftkvalitet og støvmængder | Bygningsdata, vinduer, udluftning, ventilationsforhold, mekanisk ventilation, gamer rumbeskrivelse, herunder hyppighed af rengøring, synligt støv. |
| Registreres | Rumbelastning (loadingfaktor) | Udstyrmængde og type | Antal spilstationer, tilbehør, rumstørrelse. Stationær/bærbare PC, skærmstørrelse, 1 eller 2 skærme per PC? |
| Registreres | Udstyrsdokumentation | Gamerprodukter: Fabrikat og alder til kortlægning | Fotografering af gamer sæt og stole (OBS Label/fabrikat) |
| Registreres | Computerspil | OBS: Spil der belaster PC og kan give ekstra varmeudvikling til kortlægning | De 3 hyppigste spil der spilles |

Der blev udført måling af kemiske stoffer og ultrafine partikler i luften og opsamling af sedimenteret støv på overflader til analyse. Målepunkterne blev foretaget så repræsentativt som muligt i forhold til den luft, som indåndes af personen/erne, som anvender gaming udstyret og uden at være placeret i personens udåndingszone. Da perioden for luftopsamlingen til analyse af de tungt flygtige kemiske stoffer var på 5 timer, blev lokalet typisk ikke anvendt til gaming forud for målingerne, når dette foregik i hjemmet.

Der blev ligeledes luftet ud forud for målingen i de cases, hvor der ikke var mekanisk ventilation. Dette blev gjort for at minimere påvirkning af afgangningen fra byggematerialer og inventar. Udluftning forud for målingerne blev udført i seks ud af de syv cases. Der blev inden målingerne henstillet til, at der ikke blev foretaget rengøring i de berørte lokaler minimum en uge forud for målingerne. Dette blev gjort både for at undgå unødige kemi som følge af brug af rengøringsmidler, men primært for at sikre tilstrækkeligt aflejret støv på overflader. Vinduerne i lokalerne blev holdt lukket under hele målingen. På netcaféen og højskolen blev der sigtet mod samme konditionering inden målingerne, samt en høj belægning ift. antallet af gamere.

Luftopsamlingen til analyse for flygtige organiske forbindelser blev udført så sent som muligt i måleperioden i håb om at kunne detektere flest mulige stoffer. For ikke at påvirke målingerne af VOC'er blev måling af aldehyder og ultrafine partikler udført efter VOC-opsamlingen, da

DNPH-rør kan frigive acetonitril, og da der afgives ethanol fra den anvendte partikeltæller. Rækkefølgen af målingerne kan ses af FIGUR 1. Opsamlingen af støv blev udført efter endt luftprøvetagning og partikelmåling, for ikke at påvirke luftkvaliteten ved frigivelse af kemi, partikler og varme fra støvsugeren.



FIGUR 1. Rækkefølgen og tidsforløbet af de udførte målinger

Rumkarakteristika blev registreret og fremgår af tabellen i Bilag 3. Materialer, inventar og løsgenstande i lokalet har en påvirkning på luftkvaliteten, og blev derfor registreret ved alle feltmålinger. Bygningsrelaterede data relevante for målingerne blev registreret, samt forhold som lokalestørrelse, ventilation, rengøringsfrekvens samt rengøringsprodukter. Computertypen, mærke, model, samt øvrigt gaming udstyr og alderen på udstyret blev, hvis det var muligt, registreret. Viden fra registreringerne af udstyret blev anvendt under indkøb af gaming udstyr til klimakammertest. Udstyret og lokalerne blev visuelt besigtiget ift. rengøringsstand og lokalerens rengøringsvenlighed.

Under hele prøvetagningen blev der udført registrering af temperatur og relativ luftfugtighed samt koncentrationen af CO₂, som indikerer brugernes påvirkning på luftkvaliteten samt personbelastning. Der blev foretaget registreringer hvert 5. minut.

3.1.1 Kemiske analyser af luft- og støvprøver

Luftprøver af flygtige kemiske stoffer blev opsamlet på dertil egnede medier hhv. VOC på Tenax, VVOC C1-C4 aldehyder på DNPH og SVOC på PUF. Analysestrategien er fastlagt i samråd med Miljøstyrelsen.

Bestemmelse af flygtige organiske stoffer (VOC) i luft ved TDS-GC/MS

Der er opsamlet 6 L med et flow på 100 ml/min. De opsamlede VOC på Tenax blev desorberet termisk, adskilt ved gaskromatografi (GC) og detekteret ved massespektrometri (MS) i henhold til ISO 16000-6. VOC blev kvantificeret ved kalibrering med rene referencestoffer, og ellers som toluenækvivalenter, hvor koncentrationer over 5 µg/m³ rapporteres i henhold til EN 16516. Måleusikkerheden er ikke bestemt for alle rapporterede stoffer, idet analysen er en bred screening. Den validerede metodes ekspanderede analytiske måleusikkerhed er 30 %. Formamid opsamlet på Tenax blev analyseret på en polær GC-kolonne. Luftprøverne er analyseret på Materials Analysis & Indoor Chemistry, Fraunhofer WKI.

Bestemmelse af carbonyler i luft (VVOC C1-C4 aldehyder) ved HPLC-UV

Aldehyderne blev opsamlet som et volumen på 40 L med et flow på 1000 ml/min på 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH) filter ved derivatisering. Opsamlingsrør er sendt til analyselaboratoriet afkølet. De opsamlede carbonyler elueres med acetonitril og analyseres ved HPLC i henhold til ISO 16000-3. Identificeres ved retentionstid og UV-spektrum, og kvantificeres vha. kalibrerede referencestoffer: Formaldehyd, acetaldehyd, propanal, butanal og akrolein. Resultaterne rapporteres med 1 decimal ned til 1,0 µg/m³ som er lavere end EN 16516 rapporteringsgrænse på 5 µg/m³. Ekspanderet analytisk måleusikkerhed er 15 %. Prøverne er analyseret ved Teknologisk Institut.

Bestemmelse af tungt flygtige organiske stoffer (SVOC) i luft ved GC/MS/MS

De luftbårne forbindelser blev opsamlet ved kontinuerligt at pumpe luft med et flow på 2000 ml/min gennem en URG prøveudtager lavet af to dele: et 76 mm polyurethanskum (PUF) til prøvetagning af gasfasen og et 25 mm kvartsfiberfilter (QFF) monteret foran PUF'en for at opsamle partikelfasen. Der er opsamlet et volumen på 600 L. Opsamlingsrør er sendt til analyselaboratoriet afkølet. Flere detaljer om prøveforberedelse og opbevaring af prøvetagningsmedier er tilgængelige i Raffy et al. (2017). Til analysen blev de udvalgte forbindelser ekstraheret fra PUF og QFF sammen ved at tilsætte dichlormethan og ved at anvende ekstraktion med væske under tryk (PLE) ASE (Accelerated Solvent Extractor) 350. Ekstrakter fra luftprøverne blev derefter koncentreret til 0,5 ml ved 30°C under et flow af nitrogen og herefter opbevaret ved -18°C indtil selve analysen. Analysen med GC/MS/MS blev udført på en Agilent Technologies 7890B GC System-gaskromatograf koblet til et 7010B Triple Quad-massespektrometer, der opererede i elektroniseringstilstand (EI) (70 eV). Prøverne er analyseret ved Ecole des hautes études en santé publique (EHESP) jf. publiceret metode (Mercier et al., 2014; Raffy et al., 2017). Liste over analyserede de SVOC'er og LOQ er angivet i Bilag 6.

Bestemmelse af tungt flygtige organiske stoffer (SVOC) i støv ved GC/MS/MS

Støvprøverne blev udtaget fra vertikale overflader dvs. møbler, paneler, bagside/ventilatorer af PC'er og skærme. I nogle af casene var det nødvendigt at støvsuge gulvet for at få tilstrækkeligt med støv. Støvopsamlingen foregik ved støvsugning med specielt udformet mundstykke med filterholder. Støvet opsamles på et filter, med en porediameter på 0,7 µm. Det løse støv, som kan rystes og bankes af filtret, blev overført til en dichlormethan-rensed glasvial og vejlet. I laboratoriet blev prøverne sigtet ved < 100 µm. Støv (50 mg) blev ekstraheret med dichlormethan ved hjælp af ASE 350, som for luftprøverne. Ekstrakterne blev oprenset på en Chromabond® NH₂-glassøjle. Ekstrakter fra støvprøverne blev derefter koncentreret til 0,5 ml ved 30°C under et flow af nitrogen og herefter opbevaret ved -18°C indtil selve analysen. Analysen med GC/MS/MS blev udført på en Agilent Technologies 7890B GC System-gaskromatograf koblet til et 7010B Triple Quad-massespektrometer, der opererede i elektroniseringstilstand (EI) (70 eV). Prøverne er analyseret ved Ecole des hautes études en santé publique (EHESP) jf. publiceret metode (Mercier et al., 2014; Raffy et al., 2017). Liste over analyserede SVOC'er og LOQ er angivet i Bilag 6.

Screening af SVOC i luft ved GC/MS

Screening for ukendte SVOC'er udføres ved fuld-scan GC/MS af luft opsamlet på Tenax (6 L) og PUF (600 L) på Teknologisk Institut. PUF-ekstrakterne fra luftprøver analyseres ved pulsed splitless væskeinjektion (2 µL) ved GC/MS på GC-kolonne HP5 (30 m x 250 µm x 0.25 µm). Dataanalyse udføres i begge tilfælde vha. Mass Hunter Unknown analysis software (Agilent), spectral deconvolution og søgning i MS-bibliotekerne Wiley W9N11 og NIST20.

3.1.2 Beskrivelse af cases

Case 1 – Privat hjem #1

Et teenageværelse på 1. salen i en muremestervilla fra 1946, med skråvægge. Værelset er nyligt istandsat og med et vindue i gavlen i malet træ med en spalteventil, som var åben under målingen. Vinduet er orienteret mod syd. Værelset er sparsomt indrettet, med seng (boxmadras med metalben), skrivebord med melaminbordplade og stålben, kontorstol med stoleunderlag i PET- og uretanplast, samt mindre reol i træ. Værelset er rengøringsvenligt, dog med ledninger på gulvet under bordet. Værelset fremstår rent trods værelset ikke var rengjort i 14 dage. PC'en er ca. 8 måneder gammel og fremstår forholdsvis ren for støv. Der blev udluftet kort forinden målingen. Under målingen steg temperaturen, og luftkvaliteten blev forringet over tid. Der blev på et tidspunkt under målingen indtaget aftensmad på værelset.

Case 2 - Privat hjem #2

Et teenageværelse på 1. salen i en muremester villa fra 1946, med skråvægge. Værelset er nyligt istandsat og med en fransk altan i gavlen med en dobbelt altandør i malet træ. Vinduet er orienteret mod nord. Der er ingen ventilationsåbninger i værelset. Værelset har i skunken et indbygget skab med skydelåger, dette rumfang/areal er ikke medregnet i lokalets størrelse. Værelset er indrettet med en seng (boxmadras med træben), skrivebord med plastbeklædt spånplade og pulverlakerede stålben, polstret kontorstol med net i ryggen samt mindre fladskærms-TV af ældre dato, og et lille gulvtæppe i bomuld. Værelset er indrettet med en del planter og løsgenstande. Værelset er relativt rengøringsvenligt og fremstår med en smule støv på gulvet under sengen og på fodlister. Denne case er den eneste af de private hjem, hvor gaming udstyret bestod af en bærbar gaming PC. Værelset var forud for målingen ikke rengjort i 10 dage. Der blev udluftet op til målingen. Under målingen steg temperaturen kraftigt, og luftkvaliteten forringet. PC'en er ca. 2 år gammel og fremstår ren for støv. Der blev under målingen indtaget aftensmad på værelset. Teenager udtrykker under målingen lyst til at åbne altandøren for at lufte ud.

Case 3 - Privat hjem #3

Et børneværelse i et etplans parcelhus fra 1979. Værelset er istandsat tidligere i år. Værelsets vindue i malet træ har spalteventil. Vinduet er orienteret mod vest. Værelset er indrettet med en seng i malet træ, skrivebord med melaminbordplade og pulverlakerede stålben, gamerstol samt ældre fladskærms-TV. Derudover er værelset indrettet med en reol med bøger, pokaler og der er løsgenstande herunder en elguitar, tastatur m.m. Værelset er relativt rengøringsvenligt og fremstår med støv på gulvet under sengen og på fodlister, da der grundet målingen ikke var gjort rent i 2 uger. Der blev luftet ud forud for målingen. Under målingen steg temperaturen kraftigt, og luftkvaliteten forringes. PC'en er ca. 2 år gammel, mens det øvrige udstyr (skærm, tastatur, mus, musemåtte og gamerstol) er ca. 6 måneder gammelt.

Case 4 - Privat hjem #4

Et kælderrum i en gasbetonvilla med 1. sal og kælder fra 1959 er indrettet til gaming. Rummet anvendes ikke til overnatning. Der er et nyere umalet trævindue uden spalteventil. Vinduet er orienteret mod øst. Der er udveksling af luft med de øvrige kælderrum gennem døråbninger. Bord med stålben og massiv træbordplade, som er behandlet med bejdse og voks. Der findes en reol i stål og samme træ som skrivebordet med bøger og alkoholfasker. Derudover er der plastkasser til opbevaring af diverse ting og sager herunder elektronik. Til gamer setup'et er der en gamerstol, to skærme, tastatur, mus og musemåtte. Gamer PC'en er fra 2022. Rummet er desuden indrettet med to ældre læder lænestole og en lænestol i stof. Derudover er der en gæst på besøg med sit komplette gaming udstyr. Lokalet rengøres efter behov, dog ikke rengjort 3 uger forud for målingen. Der er en hund til stede i lokalet under målingen. I boligen bor desuden to katte. Luftkvaliteten og temperaturen blev ikke forringet under målingen. Det var dog fugtigt i vejret og regnvejr, og luftfugtigheden under målingen var høj.

Case 5 - Netcafé

Caféen er placeret på 1. sal i et sportshals-kompleks i beton med fladt tag fra 1979. Der er flere vinduer som er orienteret mod nordøst og sydvest. Caféen er blevet istandsat for få år tilbage, og indrettet med 24 ens komplette Gamer-PC setups. Udstyret er fra 2019 eller nyere. Under målingerne var der 23 PC'er i lokalet. Derudover var der fire PlayStation 5 med tilhørende fladskærme. Der var desuden to virtual reality briller, som ikke var i brug. Alle PC'er er udstyret med gamer bord, gamerstol, headset, tastatur, mus og stor musemåtte. Derudover er der tre borde, to lædersofaer og nogle lænestole. PC-kabinetter er enten placeret på borde eller hylder og står ikke på gulvet, som i de øvrige cases. Lokalet er mekanisk ventileret med balanceret ventilation. Der var på måledagen meget få besøgende, trods at det var fredag aften. Dette skyldes sandsynligvis godt vejr på dagen. De få besøgende spillede enten PlayStation eller på PC'er i kortere perioder. Alt udstyret var tændt, og nogle PC'er blev løbende sat i gang med at opdatere udstyret eller spil. Caféen rengøres dagligt, og det var ikke muligt at sætte rengøringen i bero i dagene op til målingen. Støvprøven måtte derfor opsamles ved længere tids støvsugning og bag sofaer m.m. PC'erne fremstod kun med lidt støv. Luftkvalitet blev grundet den mekaniske ventilation ikke forringet i løbet af måleperioden.

Case 6 - Højskole Esportsrum

Esportsrummet som anvendes til undervisning er placeret på 1. sal i en undervisningsbygning, som oprindeligt har været anvendt til hospital. Bygningen er fra 1907. Vinduer er orienteret mod syd. Lokalet er indrettet med 21 ens komplette Gamer PC setups. Udstyret er sandsynligvis fra 2016 eller nyere. Til alle PC'er hører gamerstol, headset, tastatur, mus og stor musemåtte. PC-kabinetter er placeret under bordene. Borde er bygget op i malet krydsfiner med et laminatgulv som overflade. Derudover var der et almindeligt hæve-/sænkebord til læreren. Lokalet har spalteventiler i de ældre malede trævinduer med forsatsruder. Vinduerne stod åbne forud for målingerne. Der var på måledagen ikke undervisning, og derfor kun middel personbelastning. Kun PC'er, som var i brug, var tændt. Lokalet rengøres flere gange ugentligt, og det var ikke muligt at sætte rengøringen i bero i dagene op til målingen. Under PC-kabinetterne, som var placeret på gulvet, var der støv, og det var muligt at afmontere støvnettet fra kabinettet, som kunne støvsuges. Der blev varmt og med forringet luftkvalitet over tid, men primært var det varmen, der forringede komforten for de spillende elever. En rutineret elev, der spiller på højt niveau, udtalte, at han ikke normalvis ville spille under de forhold, da man ikke kan præstere godt, når temperaturen er høj.

Case 7 - Højskole gamerrum

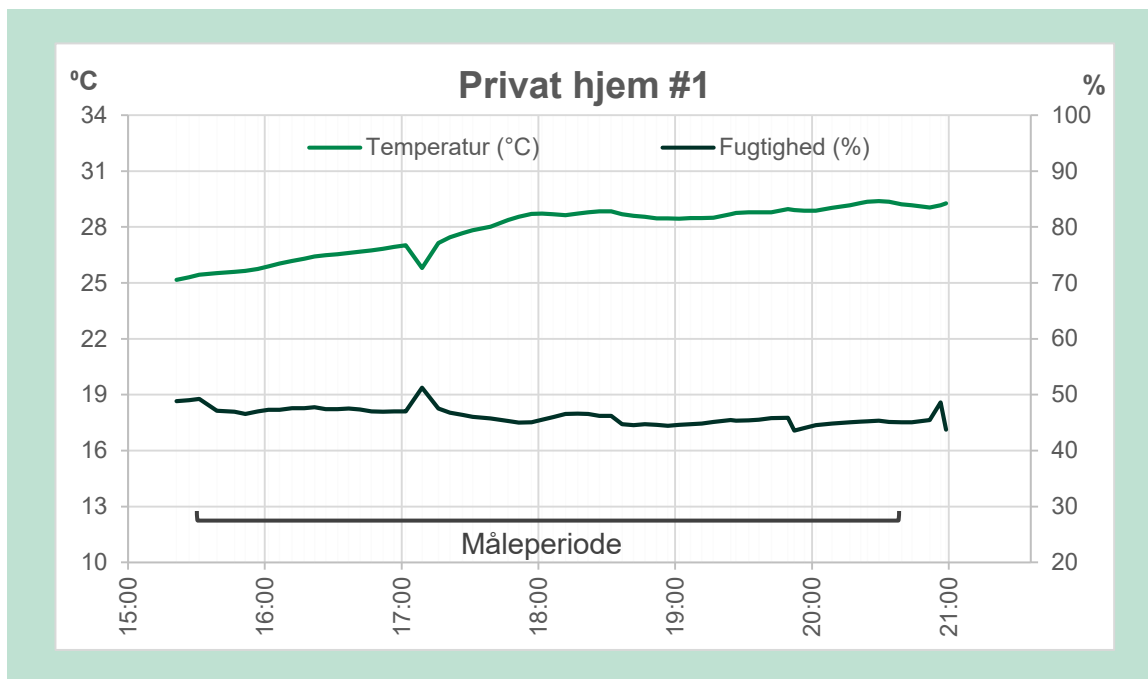
Gamerrummet, der anvendes af højskoleeleverne til gaming i fritiden, er placeret i stueetagen i en undervisningsbygning fra 1907. Vinduer er orienteret mod syd. Lokalet er indrettet med elevernes egne og dermed forskellige PC'er. Nogle har flere skærme koblet til deres PC'er, og enkelte PC'er er bærbare. Der er forskellige stole, både gamerstole og kontorstole, men ligeledes almindelige stole. Alle headsets, tastaturer, mus og musemætter er forskellige. Nogle PC-kabinetter er placeret under bordene og andre på bordet. Eleverne står selv for rengøringen af lokalet, som fremstår beskidt og med fyldte skraldespande. Rummet fremstår ikke rengøringsvenligt, grundet trang plads og 'ledningsspaghetti' på gulvet. Der er spalteventiler i de ældre, malede trævinduer med forsatsruder. Kun PC'er i brug var tændt. Vinduerne stod åbne forud for målingerne. Der blev på måledagen så varmt, at mange forlod lokalet, men en del elever holdt ud for målingens skyld, trods varmen. Luftkvaliteten blev ligeledes forringet over tid.

3.2 Resultater

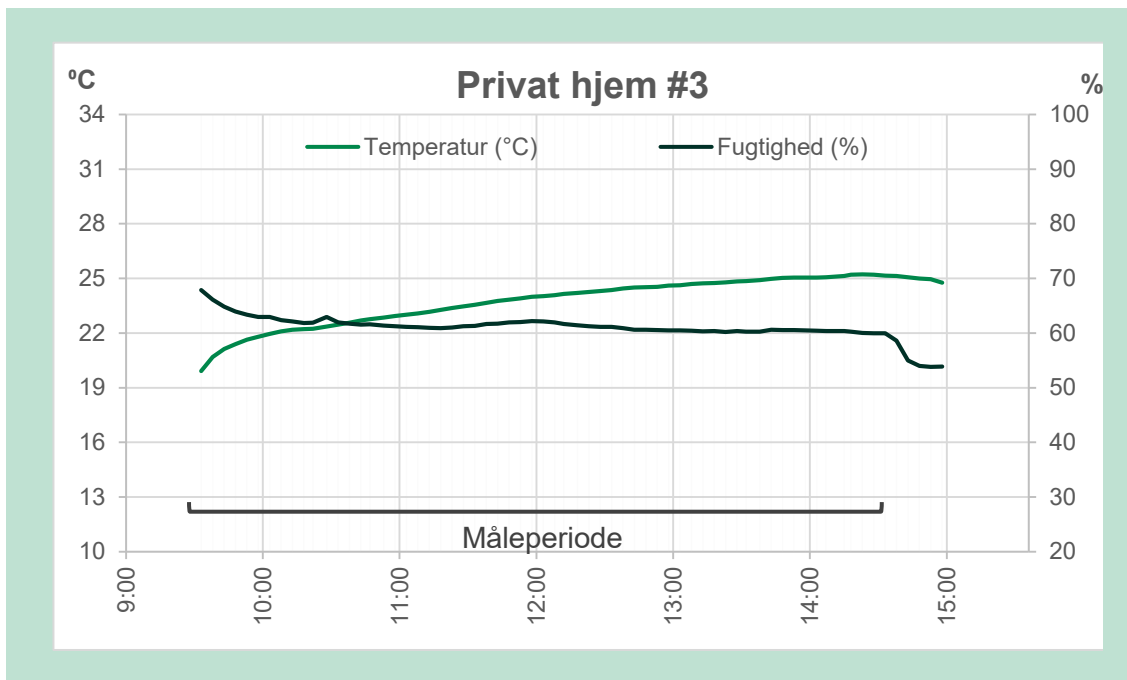
I det følgende gennemgås resultaterne af feltundersøgelserne foretaget ved gaming.

3.2.1 Registrering af temperatur, relativ luftfugtighed, CO₂-koncentration og ultrafine partikler

På FIGUR 2 og FIGUR 3 ses grafer over lufttemperaturen og den relative luftfugtighed under målingerne i case 1 og 3. På figurene ses det, at temperaturen stiger flere grader hen over målingen, mens den relative luftfugtighed forbliver konstant eller falder en smule på grund af den stigende temperatur.



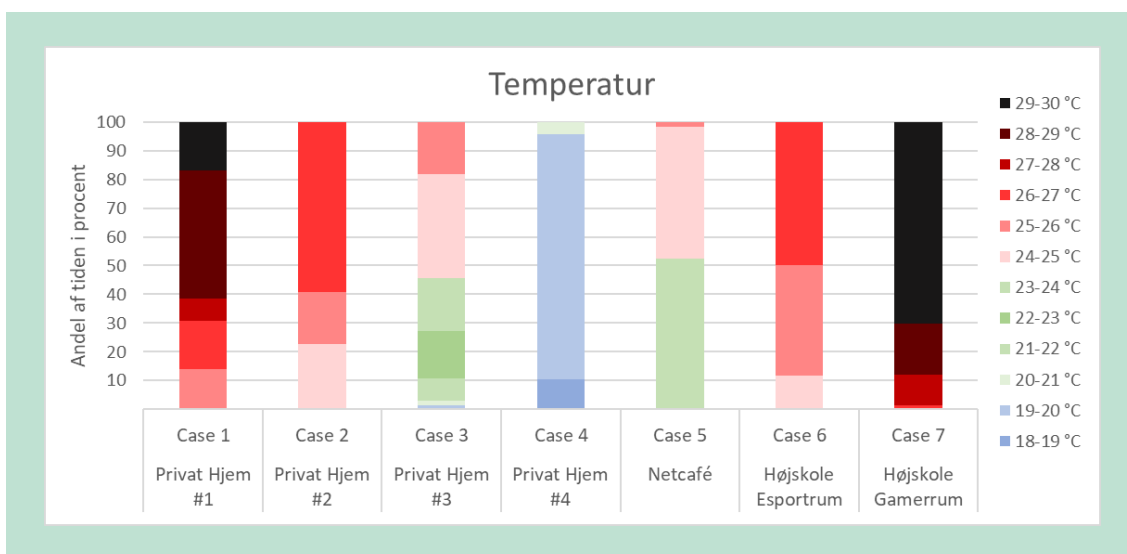
FIGUR 2. Temperatur og relativ luftfugtighed i Case 1



FIGUR 3. Temperatur og relativ luftfugtighed i Case 3

I Bilag 4 kan samtlige grafer over de 7 cases ses i FIGUR 1til FIGUR 22. Tendensen med stigende temperatur gør sig gældende i 5 af de 7 cases. Kun i case 4 og 5 var temperaturen ikke så høj og ikke nær så stigende under målingen. I case 4 foregik målingerne i en kælder på en dag med regnvej, mens case 5 var en netcafé med mekanisk ventilation og køling. De stigende temperaturer i de øvrige cases vurderes at skyldes, at det var varmt ved målingens start, temperaturen udendørs var relativt høj, og med sol indstråling ved flere cases, samt personens/ernes og udstyrets varmeafgivelse. Desuden blev vinduer og døre holdt lukket under målingerne. I flere cases var temperaturen tæt på eller over 25 grader ved målingens start.

På figuren herunder (FIGUR 4) ses en oversigt over, hvor stor en procentdel af tiden i løbet af målingen, temperaturen ligger i forskellige intervaller.



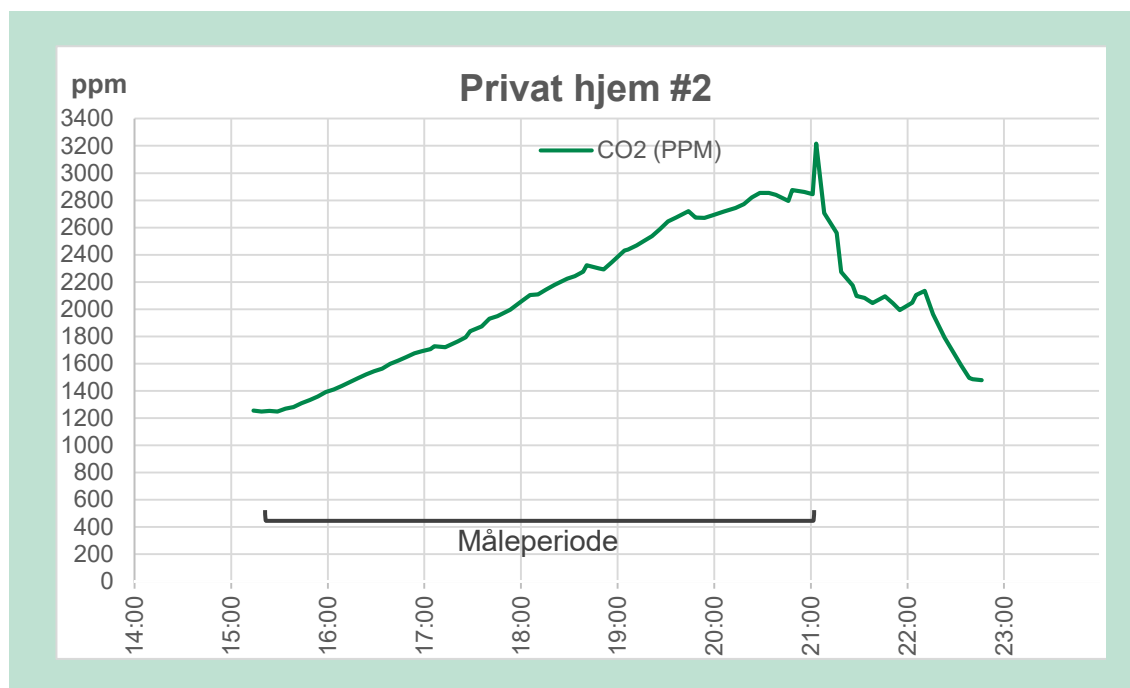
FIGUR 4. Overblik over procentandel af tiden i forskellige temperaturintervaller

Som det ses af FIGUR 4, skiller Case 4 sig ud fra de øvrige cases, ved at der var lave temperaturer i hele måleperioden. Dette skyldes, at målingen blev foretaget i en uopvarmet kælder. I case 5 var der som tidligere beskrevet mekanisk ventilation og køling, og temperaturen var relativt stabil i måleperioden. I case 3 er temperaturen lavere end de øvrige cases, trods det at temperaturen steg i måleperioden. Dette skyldes, at målingen startede ved en lavere temperatur.

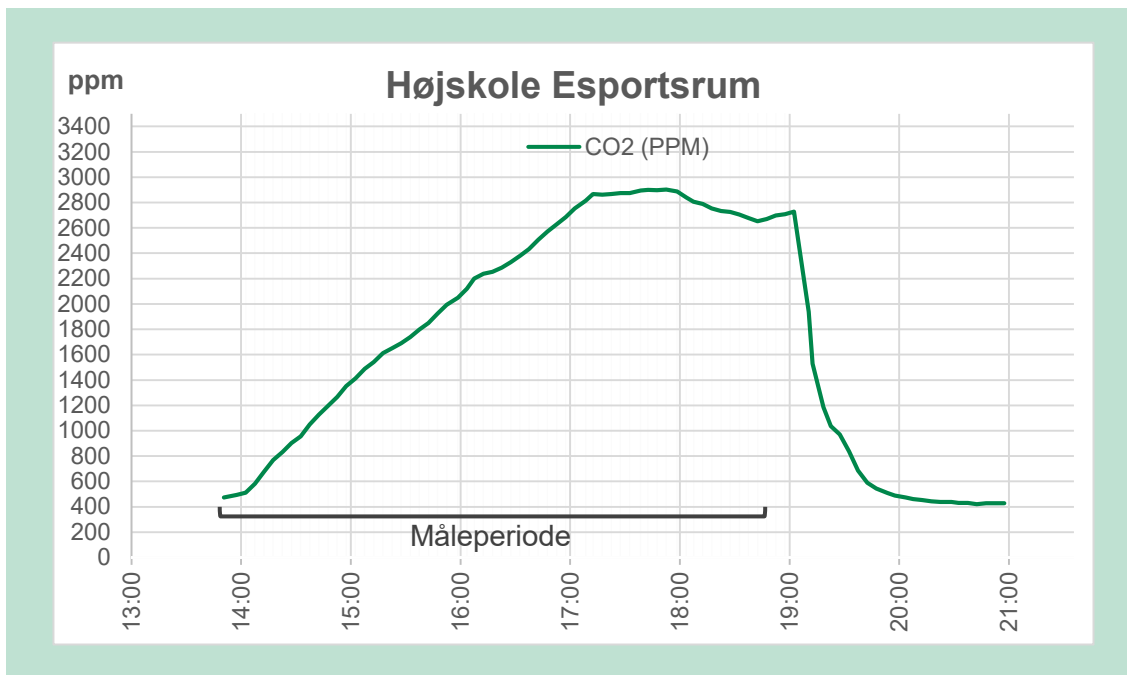
I de cases, hvor temperaturen kom op på 25-30 grader (Case 1, 2, 3, 6 og 7) var der flere af de unge mennesker, der spillede computerspil, som udtrykte ønske om at lufte ud. Dette var ikke muligt grundet den igangværende luftkvalitetsundersøgelse. Af den årsag vurderes de målte temperaturer på over 25 grader urealistisk høje, da temperaturen ved udluftning ville være faldet betydeligt. Efter endt måling blev der luftet ud i disse cases med et temperaturfald til følge.

Til sammenligning kan det oplyses, at ifølge standarden DS 474 "Norm for specifikation af termisk indeklima" (2017) er den optimale temperatur i vinterperioden 20-24 °C og i sommerperioden 23-26 °C. Arbejdstilsynet anbefaler, at temperaturen holdes på 20-22 °C, og at den ikke overstiger 25 °C i lokaler med stillesiddende arbejde (AT-vejledning A.1.2. 2018). På baggrund af forskning af menneskers produktivitet og komfort ved forskellige temperaturer anbefaler Teknologisk Institut typisk, at temperaturen i lokaler med stillesiddende arbejde holdes på 21-22 °C (Seppänen et al. 2006).

Under feltundersøgelserne blev CO₂-koncentrationen registreret over hele måleperioden. I Bilag 4 kan samtlige grafer over CO₂-koncentrationen i de 7 cases ses. På FIGUR 5 og FIGUR 6 ses grafer over CO₂-koncentrationen under målingerne i case 2 og 6. Her ses, at CO₂-koncentrationen stiger hen over målingen. Ved de fleste af målingerne blev vinduerne åbnet i slutningen af måleperioden efter at luft- og støvprøver var opsamlet, hvilket resulterede i et fald i CO₂-koncentrationen samt temperaturen.



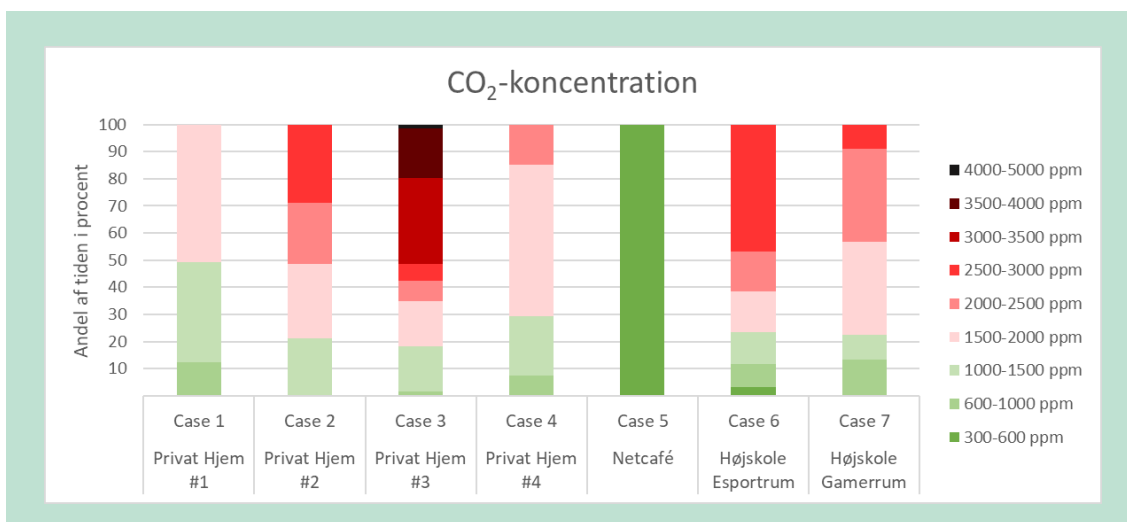
FIGUR 5. CO₂-koncentration i Case 2



FIGUR 6. CO₂-koncentration i Case 6

Tendensen med stigende CO₂-koncentrationen gør sig gældende i 6 ud af de 7 cases. Kun i en enkelt case, case 5 netcaféen med mekanisk ventilation, var CO₂-koncentrationen konstant under målingen. Netcaféen havde desuden lav personbelastning på måledagen.

På FIGUR 7 ses en oversigt over, hvor stor en procentdel af tiden i løbet af målingen, CO₂-koncentrationen ligger i forskellige intervaller.



FIGUR 7. Overblik over procentandel af tiden i forskellige CO₂-intervaller

Som det ses af grafen, skiller case 5 sig ud fra de andre cases ved lave CO₂-koncentrationer i hele måleperioden. I case 5 var der mekanisk ventilation, og CO₂-koncentrationen var relativt stabil i måleperioden. I de øvrige cases er CO₂-koncentrationen i over halvdelen af tiden over 1500 ppm. Dette er udtryk for en utilstrækkelig udskiftning af luften i forhold til personbelastningen. Det må forventes, at i de 6 cases med relativt høje eller decideret høje CO₂-koncentrationer har personerne en betydelig påvirkning på luftkvaliteten, idet CO₂ er et produkt af humant stofskifte og indikerer VOC-emissionen fra menneskers metabolisme.

Til sammenligning vurderes det af Statens byggeforskningsinstitution (SBI) i SBI-anvisning 196 'Indeklimahåndbogen', 2. udgave (2000), at CO₂-koncentrationer under 700 ppm er 'lav' belastning. Koncentrationer mellem 700 og 1.000 ppm vurderes som 'middel', over 1.000 ppm vurderes som 'høj' belastning. Arbejdstilsynet anbefaler i At-vejledning A.1.2-1 (2018), at CO₂-koncentrationen ikke overstiger 0,1 % i længere perioder, hvilket i denne sammenhæng svarer til, at koncentrationen ikke må overskride ca. 1.000 ppm. På grund af afrunding, kan koncentrationen gå op til ca. 1.500 ppm, uden at Arbejdstilsynets anbefaling overskrides. Resultaterne understøtter en tidligere undersøgelse af luftkvalitet i private hjem, som fandt CO₂-koncentrationer over 1000 ppm på børne- og teenageværelser (Heide et al., 2021).

I TABEL 2 er der samlet en oversigt over måleresultaterne. Heraf fremgår de målte overfladetemperaturer, som er målt på det elektroniske gaming udstyr. Der var en tendens til, at udstyret blev varmere, når det blev anvendt i højere lufttemperaturer, end når temperaturen i lokalet var lavere. Desuden var der en tendens til at skærme og dele af PC'en blev varmere, når der blev gamet med grafiktunge spil. Af de målte overfladetemperaturer kan det vurderes, at udstyret bidrager væsentligt til opvarmningen af lokalet.

TABEL 2. Oversigt over feltundersøgelser måleresultater: Temperatur, relativ luftfugtighed (RH), CO₂-koncentration og partikler

| Parameter | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé #5 | Højskole Esport- rum #6 | Højskole Gamerrum #7 |
|---|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|
| Temperatur Snit (min-maks) [°C] | 27,9 (25,1-29,9) | 25,8 (24,3-26,7) | 23,8 (19,9 – 25,2) | 19,3 (18,9 – 20,2) | 24 (23,8-25,8) | 25,5 (23,3 – 26,5) | 29,1 (27 – 29,9) |
| Relativ luftfugtighed (RH) Snit (min-maks) [%] | 46,1 (43,6-51,2) | 49,7 (47,8-53,8) | 61 (53,8 – 67,9) | 70,9 (64,9 – 72) | 41,3 (40 – 41,9) | 46,9 (37,9 – 54,7) | 42 (32,3 – 45,9) |
| CO ₂ -koncentration Snit (min-maks) [PPM] | 1450 (750 – 1900) | 2050 (1250 -2900) | 2650 (1000 – 4000) | 1650 (900 – 2200) | 500 (500-550) | 1700 (400 – 2900) | 1850 (700 – 2800) |
| PC-temperatur udenpå ka- binet [°C] | 36,5 | - | 34 | 26-28 | 30-31 | 28-32 | 26-32 |
| PC-temperatur indeni ved gennemsigtigt kabinet [°C] | 34-41 | - | 35-45 | 29-33 | 33-34 | - | 28-35 Nogle PC'er havde ekstra køling |
| Skærm temperatur foran [°C] | 36 | 37 (på bærbar PC) | 36 | 27-28 | 29-31 | 31-36 | 31-40 |
| Skærm temperatur bag [°C] | 32 | 35 (på bærbar PC) | 31 | 24-26 | 28-30 | 28-30 | 28-35 |
| Tastatur temperatur [°C] | 30,5 | 33 (på bærbar PC) | 28 | 25-26 | 24-25 | 27-29 | 40 (På en bærbar PC) |
| Ultra fine Partikler (UFP)Indendørs pr. cm ³ [pt/cm ³] | I lokalet 2975 I bygningen 3230 | I lokalet 3200 I bygningen 3230 | I lokalet 7450 Stuen 10.200 | Kælder 5170 Stuen 8500 | I Cafeen 2030 I bygningen 4090 | I lokalet 2460 På gangen 4360 | I lokalet 2690 På gangen 4360 |
| UFP Udendørs [pt/cm ³] | 3500 | 3500 | 8090 | 2340 | 8620 | 3570 | 3570 |

I TABEL 2 fremgår ligeledes resultater af målingerne af ultrafine partikler. I to af de private hjem (case 3 og 4) blev der lavet mad sidst i måleperioden, og det afspejles i de målte antal ultrafine partikler. Der var i disse cases en klar tendens til, at partikelniveauet i lokalerne, hvor der blev gamet, var lavere end omgivelserne. En forklaring kan være, at luftkølingen af PC'erne er med til at filtrere luften, ved at støv sætter sig i maskinen. Der er dog for få og upræcise målinger til at kunne konkludere dette med sikkerhed. Til sammenligning har en undersøgelse foretaget af Teknologisk Institut (Heebøll og Lyng, 2020) målt indendørskoncentrationer i boliger uden særlig partikelgenererende aktivitet på 3.700 ultrafine partikler pr. cm^3 (pt/cm^3) i gennemsnit baseret på 65 målinger. Tilsvarende var gennemsnit af koncentrationen ved aktivitet 29.600 pt/cm^3 i 38 boliger. Koncentrationen udendørs var 7.200 pt/cm^3 . Målingerne i disse feltundersøgelser varierer ikke markant fra værdier fundet i den tidligere undersøgelse (Heebøll og Lyng, 2020).

3.2.2 Resultater af luftkvalitetsundersøgelsen

I alt er der detekteret 75 forskellige stoffer i VVOC- og VOC-området, som fremgår af TABEL 3. To af de fundne stoffer er ikke identificeret med CAS nummer. De er kategoriseret som en keton og en carboxylsyreester, og er fundet i lave koncentrationer, under $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De 75 detekterede stoffer fordeler sig på 9 stofgrupper. Stofferne er i TABEL 3 listet i disse grupper. Inden for hver gruppe er de listet efter retentionstid. Koncentrationer fundet på blindrør er fratrukket i resultaterne. Stoffer, som kun er fundet i koncentrationer på 1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i samtlige cases, er ikke gengivet (10 stoffer).

I det følgende gives et overblik over de fundne stoffer. Til vurdering af om de fundne stoffer stammer fra udstyret eller andre kilder er interne databaser over tidligere målte koncentrationer i indeklimaet eller i afgangningen fra byggematerialer anvendt. Disse databaser er baseret på over 1000 målinger udført af Teknologisk Institut.

En stor del af de detekterede stoffer i feltundersøgelserne kan tilskrives afgangningen fra byggematerialer og inventar og er set i studier af afgangningen fra mennesket. Afgasningen fra mennesker sker enten som direkte følge af menneskes metabolisme gennem udånding, fx ved indtagelse af mad eller drikke, samt frigivelse fra huden eller som følge af pleje- og skønhedsprodukter anvendt på kroppen eller afgives fra beklædningen.

Generelt er koncentrationer af VVOC'er og VOC'er lavere i case 5, end i de øvrige cases. Dette var forventet, da case 5 er den eneste case med mekanisk ventilation. I case 4, som er kælderens i det private hjem, er koncentrationerne ligeledes lavere end i de resterende cases. Dette skyldes sandsynligvis at vægge, gulv og loft er beton og at der sker luftudvekling med de øvrige rum i kælderen. Det eneste nævneværdige fundne stof er toluen, som er fundet i en koncentration på $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Stoffet vurderes at stamme fra et tidligere oliefyr og eventuel olietank i kælderen. Koncentrationen overskrider ikke de tyske sundhedsmyndigheders anbefalede indeklima guidelineværdi på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. ("Guide values for the concentration of specific substances in indoor air" fra 02.10.2022).

I gruppen af aldehyder er der i tre af hjemmene (case 1-3) fundet formaldehyd i koncentrationer på mellem 44 og $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvilket er en anelse over hvad Teknologisk Institut normalt finder i naturligt ventilerede boliger. Dog har temperaturen, som i alle tre tilfælde var høj under prøvetagningen, formentlig påvirket afgangningen af formaldehyd. Afgasningen af formaldehyd stiger med stigende temperatur. Formaldehyd er kendt i afgangningen fra byggematerialer som spånplader og krydsfiner, og hvor der ellers anvendes urealim. Desuden er formaldehyd fundet i afgangningen fra bl.a. mineraluld, overfladebehandlingsmidler, skum og møbler. Der vurderes at være en del mulige kilder i de tre traditionelle børneværelser (Case 1, 2 og 3). Koncentrationen af formaldehyd er i alle tilfælde under WHO's anbefalede grænseværdi på $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Acetaldehyd er fundet i koncentrationer på mellem 20 og 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på børneværelser (case 1-3) og på 11-21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på højskolen (case 6-7). Stoffet er både kendt for at afgasse fra byggematerialer som maling, gasbeton, træmøbler og træbaserede plader som spån-, krydsfiner- og OSB-plader. Desuden er acetaldehyd endogent og stoffet i udåndingen fra mennesker. Acetaldehyd dannes når ethanol nedbrydes i kroppen eller ved ketose. Ethanol kan findes i små mængder i gærede madvarer som brød, frugt, juice og yoghurt, samt alkoholiske drikke. Hvorvidt de fundne koncentrationer skyldes tilstedeværelsen af byggematerialer og inventar eller tilstedeværelsen af mennesker er ikke muligt at konkludere. Niveauerne er ikke forhøjet i forhold til hvad Teknologisk Institut typisk finder i lokaler uden mekanisk ventilation.

Generelt er antallet af aldehyder og koncentrationerne i case 1-3 og 6-7 let forhøjet i forhold til hvad Teknologisk Institut typisk finder i ikke-mekanisk ventilerede rum. Det kan skyldes et bidrag fra gaming udstyret, men det kan ikke udelukkes at det alene skyldes de forhøjede temperaturer og for nogle af de fundne aldehyders vedkommende, tilstedeværelsen af personer.

Der er fundet 1,2-Propandiol i case 1-3 og 6-7 i koncentrationer på mellem 27 og 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Desuden er der enten fundet TXIB eller texanol i koncentrationer på 43-143 i case 1-3. Stofferne tilhører gruppen glycoler og vurderes at stamme fra maling. Fælles for de tre børneværelser (case 1-3) er at de inden for det sidste halve år har været igennem istandsættelse og i den forbindelse er værelserne blevet malet.

Udover acetaldehyd er der fundet følgende stoffer, som ses i afgangningen fra mennesker; isopren og acetone, i case 2, 3, 4, 6 og 7. Dette stemmer overens med de relativt høje CO_2 -niveauer i disse cases. Isopren ses ikke i afgangning fra byggematerialer og inventar. Stoffet er fundet i koncentrationer på 3-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Acetone er i de 5 cases fundet i koncentrationer på 28-49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Emissionsrater fra menneskers udånding er ca. 3 gange højere for acetone end for isopren (Wang et al. 2022). Desuden ses acetone også i afgangningen fra byggematerialer og inventar.

Der er desuden fundet decamethylcyclpentasiloxan (D5) i let forhøjet koncentration i forhold til hvad Teknologisk Institut typisk ser i indeklimaet. I case 2, 3, 6 og 7 er stoffet fundet i koncentrationer på mellem 76 og 117 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mens koncentrationen i case 1 var på 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I gennemsnit viser data i databasen over målinger foretaget i 315 boliger og kontorer et gennemsnit af stoffet på 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Stoffet er fundet i afgangningen fra møbler særligt fra polstrede møbler. Det er dog begrænsede mængder af stoffet der er set i afgangningen herfra. I studier af afgangningen fra mennesker er stoffet også fundet, og vurderet til at stamme fra personlige pleje- og skønhedsprodukter. Det kan ikke afvises at der ligeledes kommer et bidrag fra gaming udstyret.

Der er fundet menthol i lave koncentrationer (3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i case 3, 6 og 7. Stoffet findes normalt ikke i indeklimaet. Det vurderes at fundet af stoffet i disse cases, kan skyldes brug af tygegummi. I case 2 er der fundet tetrachloroethen i en koncentration på 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, stoffet vurderes at stamme fra tøj der har været til rens på et renseri.

Luftprøver opsamlet på to typer af prøvemedier hhv. Tenax og PUF, blev screenet for SVOC'er og resultaterne fremgår af TABEL 4. Der identificeres flere SVOC'er i PUF ekstraktet end på Tenax, som skyldes at der er opsamlet mere luft og at SVOC'er ikke analyseres effektivt ved termisk desorption fra Tenax ved ISO 16000-6 metoden (Uhde et al. 2019). De fundne stoffer; galaxolid, octisalat, isopropyl myristat, dioctyl disulphid, N-butylbenzensulfonamid, samt lineære alkaner og alkanoler kan stamme fra personlige plejeprodukter som creme og parfume. Di-n-butyl-adipat (DnBA) og dioctyltereftalat (DOTP) er anvendt som substitution for ftalater som blødgørere i plast og kan stamme fra gaming udstyret. Irganox 1076 anvendes som antioxidant i plastik, og kilderne til flere af de identificerede SVOC er beskrevet i Saltham-

mer (2020). Udover diethylftalat (DEP) blev der også identificeret flere ftalater ved screeningen, men der henvises til mere valide resultater ved kvantitativ targetanalyse i TABEL 5. I alle PUF-ekstrakter identificeres fluorholdige VOC og SVOC, men CAS-numre og stofidentitet ikke kan verificeres. PAH'erne anthracen og phenanthren kan stamme fra flere kilder, herunder røg, tjære eller olie. Seo et al. (2022) påviste emission af PAH'er fra computere, og i gasfasen var naphthalen (VOC) tilstede i højeste koncentration og i mindre grad phenanthren og anthracen. Der er ikke identificeret naphthalen i VOC eller SVOC-analyserne, og derfor vurderes det usandsynligt at computere er kilden.

I analysen for 32 udvalgte SVOC'er i luft er der detekteret 12 forskellige stoffer (TABEL 5). Stofferne tilhører stofgrupperne ftalater, bromphenoler og organofosfater. Ftalaterne er den stofgruppe som er fundet i de højeste koncentrationer. De fire fundne ftalater er dibutylftalat (DBP), diethylftalat (DEP), diisobutylftalat (DiBP), dimethylftalat (DMP). DBP og DiBP er fundet samtlige cases og er fundet i de højeste koncentrationer af ftalaterne. DBP er fundet i koncentrationer på mellem 94 og 587 ng/m³. Mens DiBP er fundet i koncentrationer på mellem 40 og 402 ng/m³. Ifølge Kocbach Bolling et. al. (2013) ligger mediankoncentrationer indeluften rapporteret i forskellige lande for DBP på mellem 200 og 2700 ng/m³ samt for DiBP på mellem 50 og 800 ng/m³ og her ligger de målte koncentrationer i denne undersøgelse i den lave til middel ende af intervallet. DEP er fundet i 5 ud af de 7 cases i koncentrationer på mellem 87 og 221 ng/m³. Ifølge Kocbach Bolling et. al. (2013) ligger mediankoncentrationer af DEP på mellem 50 og 2700 ng/m³. Dermed ligger DEP ligeledes i den lave ende af de rapporterede niveauer. Til sammenligning fandt et fransk studie af 537 klasselokaler mediankoncentrationer af DBP, DiBP og DEP på hhv 170, 772 og 283 ng/m³. DMP er kun fundet i en enkelt case (Privat hjem #3) i en koncentration (77 ng/m³) som er tæt på detektionsgrænsen for dette stof (67 ng/m³). Denne case er det eneste sted med vinylgulv, hvilket kan være årsag til at stoffet er fundet her.

En bromeret phenol, 2,4,6-tribromophenol (2,4,6-TBP) er fundet i to cases (Privat hjem #1 og #3) i koncentrationer på 2,1 ng/m³, hvilket er tæt på detektionsgrænsen (1,7 ng/m³). Stoffet anvendes som flammehæmmer og fungicid. Der er ikke fundet andre bromerede flammehæmmere i luften.

Der er fundet syv stoffer i gruppen af undersøgte organofosfater. Tri(1-chloro-2-propyl)fosfat (TCPP) er det stof som er fundet i de højeste koncentrationer af de syv fundne organofosfater. Stoffet er fundet i samtlige cases i koncentrationer på mellem 15 og 67 ng/m³. Stoffet er rapporteret i afgangningen fra både polstringsmaterialer og elektronik (Kemmllein et al. 2003) og Triethylfosfat (TEP) er fundet i de næsthøjeste koncentrationer på mellem 5,5 og 65 ng/m³ i samtlige cases. Tributylfosfat (TBP) og Triphenylfosfat (TPP) som også er fundet i samtlige cases er dog fundet i væsentligt lavere koncentrationer på mellem 0,3 og 5,6 ng/m³ og i gennemsnitskoncentrationer på henholdsvis 3,8 og 0,8 ng/m³. Mediankoncentration af TBP fundet i 583 franske klasselokaler er på 3,8 ng/m³, hvilket stemmer overens med fundet af TBP i denne undersøgelse. TPP er tidligere fundet i afgangningen computere og laptops (Destailats et al. 2008) samt elektronisk udstyr (Kemmllein et al. 2003). De resterende 3 fundne organofosfater; 2-ethylhexyldifenylfosfat (EHDPP), Tri(2-chloroethyl)fosfat (TCEP) og Trimethylfosfat (TMP) er fundet i henholdsvis 3, 2 og 1 case(s). Alle målte koncentrationer er fundet i lave koncentrationer på op til 2,7 ng/m³. Trimethylfosfat er kun fundet i en enkelt case i en koncentration på 1 ng/m³ hvilket er tæt på detektionsgrænsen på 0,8 ng/m³.

TABEL 3. Resultater af VOC-screeningen og målingen af aldehyder i µg/m³ for luftprøver

| Stofnavn | CAS RN | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé | Højskole Esportrum | Højskole Gamerrum |
|----------------------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-----------------------|----------------------|
| Aldehyder | | | | | | | | |
| Formaldehyd (VVOC) | 50-00-0 | 44 | 60 | 67 | 4 | 6 | 25 | 21 |
| Acetaldehyd (VVOC) | 75-07-0 | 20 | 32 | 47 | 3 | 3 | 11 | 21 |
| Propanal (VVOC) | 123-38-6 | 6 | 9 | 14 | i.d. | 1 | 3 | 6 |
| Butanal (VVOC) | 123-72-8 | 4 | 5 | 8 | i.d. | 1 | 3 | 3 |
| Pentanal | 110-62-3 | 8 | 9 | 17 | i.d. | i.d. | 6 | 3 |
| Hexanal | 66-25-1 | 18 | 27 | 42 | 5 | 2 | 16 | 11 |
| 2-Furaldehyd | 98-01-1 | i.d. | 3 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Heptanal | 111-71-7 | 4 | 6 | 9 | i.d. | i.d. | 4 | 3 |
| Benzaldehyd (aromatisk) | 100-52-7 | 7 | 9 | 17 | i.d. | 2 | 6 | 3 |
| Octanal | 124-13-0 | 11 | 14 | 18 | i.d. | 2 | 11 | 12 |
| Nonanal | 124-19-6 | 29 | 31 | 36 | 1 | 7 | 25 | 30 |
| Decanal | 112-31-2 | 16 | 17 | 22 | i.d. | 4 | 18 | 25 |
| Ketoner | | | | | | | | |
| Acetone (VVOC) | 67-64-1 | i.d. | 49 | 28 | 14 | 2 | 35 | 31 |
| 2,3-Butandion (VVOC) | 431-03-8 | i.d. | i.d. | 3 | i.d. | i.d. | 6 | 5 |
| 2-Butanon (MEK) | 78-93-3 | i.d. | i.d. | 3 | 3 | i.d. | 1 | i.d. |
| Methylisobutylketon (MIBK) | 108-10-1 | i.d. | i.d. | i.d. | 8 | i.d. | i.d. | i.d. |
| 3-Hydroxy-2-butanon | 513-86-0 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 9 | 4 |
| 2-Methyl-2-hepten-6-on | 110-93-0 | 9 | 13 | 14 | i.d. | i.d. | 11 | 14 |

| Stofnavn | CAS RN | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé | Højskole Esportrum | Højskole Gamerrum |
|---------------------------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-----------------------|----------------------|
| Keton | | i.d. | i.d. | 5 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Alkoholer | | | | | | | | |
| Ethanol (VVOC) | 64-17-5 | i.d. | 28 | 46 | i.d. | 7 | 33 | 17 |
| 2-Propanol (VVOC) | 67-63-0 | i.d. | 8 | 9 | 43 | 1 | 7 | 21 |
| iso-Butanol | 78-83-1 | i.d. | i.d. | i.d. | 3 | i.d. | i.d. | i.d. |
| n-Butanol | 71-36-3 | i.d. | 18 | 13 | 12 | i.d. | 21 | 9 |
| Pentanol | 71-41-0 | 5 | 6 | 9 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | i.d. | 9 | 15 | i.d. | i.d. | 2 | 1 |
| Benzylalkohol | 100-51-6 | i.d. | 2 | 3 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Linalool | 78-70-6 | i.d. | i.d. | 4 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Dodecanol | 112-53-8 | 3 | 4 | 5 | 2 | i.d. | 1 | 1 |
| Glycol, Etere, Estre | | | | | | | | |
| Ethylacetat (VVOC) | 141-78-6 | 9 | 37 | 4 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| 1,2-Propandiol (propylenglycol) | 57-55-6 | 69 | 53 | 59 | i.d. | i.d. | 60 | 27 |
| Carboxylsyrester | | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 3 | 1 |
| Butylacetat | 123-86-4 | i.d. | 27 | 48 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Butylglycol | 111-76-2 | 3 | 5 | 15 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Hexylenglycol | 107-41-5 | i.d. | 16 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| 1-Butoxy-2-propanol | 5131-66-8 | i.d. | 4 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Ethyldiglycol | 111-90-0 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 3 | i.d. | i.d. |
| DPGMME (mix af isomere) | 34590-94-8 | i.d. | i.d. | 15 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Dimethylglutarat | 1119-40-0 | i.d. | 5 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |

| Stofnavn | CAS RN | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé | Højskole Esportrum | Højskole Gamerrum |
|------------------------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-----------------------|----------------------|
| Butyldiglycol | 112-34-5 | i.d. | i.d. | 19 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| 2-Phenoxyethanol | 122-99-6 | i.d. | 2 | 6 | i.d. | 1 | 2 | 2 |
| Dipropylenglycol butylether | 29911-28-2 | 5 | 2 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Texanol | 25265-77-4 | 4 | 3 | 43 | 3 | i.d. | 3 | i.d. |
| TXIB | 6846-50-0 | 143 | 76 | 4 | 2 | i.d. | i.d. | i.d. |
| Alifatiske kulbrinter | | | | | | | | |
| Isopren (VVOC) | 78-79-5 | i.d. | 3 | 6 | 5 | i.d. | 10 | 7 |
| 3-Methylhexan | 589-34-4 | i.d. | 13 | i.d. | 4 | i.d. | i.d. | i.d. |
| Heptan (C7) | 142-82-5 | 1 | 2 | i.d. | 7 | i.d. | i.d. | i.d. |
| 2,2,4,6,6-Pentamethylheptan | 13475-82-6 | 3 | 3 | 17 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Undecan (C11) | 1120-21-4 | i.d. | 2 | i.d. | i.d. | i.d. | 2 | 6 |
| Dodecan (C12) | 112-40-3 | i.d. | 2 | i.d. | i.d. | i.d. | 2 | 3 |
| Cykloalkaner | | | | | | | | |
| Methylcyclohexan | 108-87-2 | i.d. | i.d. | i.d. | 4 | i.d. | i.d. | i.d. |
| Cyclohexanon | 108-94-1 | 3 | 6 | 17 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Aromatiske kulbrinter | | | | | | | | |
| Toluen | 108-88-3 | 4 | 3 | 3 | 101 | i.d. | i.d. | i.d. |
| m,p-Xylen | 1330-20-7 | 3 | 2 | 2 | 1 | i.d. | i.d. | i.d. |
| Styren | 100-42-5 | i.d. | i.d. | 2 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Terpener | | | | | | | | |
| α-Pinen | 80-56-8 | 10 | 11 | 48 | 64 | 2 | 5 | 3 |
| Camphene | 79-92-5 | i.d. | i.d. | i.d. | 3 | i.d. | i.d. | i.d. |

| Stofnavn | CAS RN | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé | Højskole Esportrum | Højskole Gamerrum |
|-----------------------------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-----------------------|----------------------|
| (-)-β-Pinen | 18172-67-3 | i.d. | i.d. | 2 | 4 | i.d. | i.d. | i.d. |
| Myrcen (β-myrcen) | 123-35-3 | i.d. | i.d. | 1 | 1 | i.d. | i.d. | i.d. |
| 3-Caren | 498-15-7 | 5 | 5 | 26 | 25 | i.d. | 2 | 1 |
| Limonen | 5989-27-5 | 7 | 8 | 12 | 13 | i.d. | 29 | 16 |
| Menthol | 89-78-1 | i.d. | i.d. | 4 | i.d. | i.d. | 5 | 3 |
| Organiske syrer | | | | | | | | |
| Eddikesyre | 64-19-7 | 96 | 144 | 115 | i.d. | 19 | 104 | 49 |
| Propansyre | 79-09-4 | 11 | 13 | i.d. | i.d. | i.d. | 15 | 8 |
| Butansyre (smørsyre) | 107-92-6 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 4 | 2 |
| Pentansyre | 109-52-4 | 2 | 2 | 5 | i.d. | i.d. | 3 | 2 |
| Hexansyre | 142-62-1 | i.d. | 11 | 29 | i.d. | i.d. | 12 | 7 |
| Benzoesyre | 65-85-0 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 4 | 2 | 2 |
| Octansyre | 124-07-2 | 3 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Nonansyre | 112-05-0 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 1 | 4 | 4 |
| Siloxaner | | | | | | | | |
| Hexamethylcyclotrisiloxan (D3) | 541-05-9 | i.d. | 3 | 3 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Octamethylcyclotetrasiloxan (D4) | 556-67-2 | 5 | 61 | 6 | 4 | i.d. | 2 | i.d. |
| Decamethylcyclopentasiloxan (D5) | 541-02-6 | 19 | 76 | 85 | 5 | 1 | 117 | 84 |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | 2 | 13 | 5 | 2 | i.d. | 61 | 12 |
| Klorerede forbindelser | | | | | | | | |
| Tetrachloroethen | 127-18-4 | i.d. | 3 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |

| Stofnavn | CAS RN | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé | Højskole Esportrum | Højskole Gamerrum |
|---------------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-----------------------|----------------------|
| Sum af andre iso-alkoholer: | (108-88-3) | i.d. | i.d. | 3 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Sum af andre iso/cyclo-alkaner: | (13475-82-6) | 1 | 2 | 29 | 14 | i.d. | 4 | 5 |
| <i>Sum af VVOC'er</i> | | 83 | 231 | 232 | 69 | 21 | 133 | 132 |
| <i>Sum af VOC'er</i> | | 510 | 746 | 855 | 293 | 48 | 572 | 353 |
| <i>Sum af SVOC'er</i> | | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |

i.d.: Ikke detekteret

TABEL 4. Resultater af SVOC-screening af luftprøver opsamlet på hhv. Tenax og PUF medier

| Stofnavn | CAS RN | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé | Højskole Esportrum | Højskole Gamerrum |
|---|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-----------------------|----------------------|
| 1,2-Benzenedicarboxylic acid, diethyl ester (DEP) | 84-66-2 | b | b | ab | a | i.d. | b | b |
| Diocetyl disulphid | 822-27-5 | ab | ab | i.d. | i.d. | b | ab | b |
| 1-Hexadecanol (lineær alkan C16) | 36653-82-4 | b | i.d. | ab | i.d. | b | i.d. | i.d. |
| 2-Ethylhexyl salicylat (octisalát) | 118-60-5 | b | b | ab | i.d. | i.d. | b | b |
| Isopropyl myristat | 110-27-0 | b | ab | ab | i.d. | b | b | b |
| Galaxolid | 1222-05-5 | i.d. | i.d. | ab | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Homosalat | 118-56-9 | i.d. | i.d. | ab | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| N-butyl-benzenesulfonamid | 3622-84-2 | i.d. | i.d. | i.d. | a | i.d. | i.d. | i.d. |
| Lineære alkaner (C17-C22) | (flere) | ab | ab | b | ab | b | ab | b |
| Lineær alkanoler (C16-C18) | (flere) | ab | b | ab | b | b | b | b |
| Anthracen | 120-12-7 | b | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | b | i.d. |
| Phenanthren | 85-01-8 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | b | i.d. |
| di-n-Butyl-adipat | 105-99-7 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | b |
| Diocetyl terephthalat (DOTP) | 6422-86-2 | b | b | b | i.d. | b | i.d. | i.d. |
| Irganox 1076 | 2082-79-3 | i.d. | i.d. | b | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |

Påvist i luftprøver opsamlet på Tenax (a), PUF (b), samt Tenax og PUF (ab). Påvist med matchfaktor > 85 % i MS-bibliotekerne: Wiley og NIST.

i.d.: Ikke detekteret.

TABEL 5. Resultater af SVOC-analysen i ng/m³ for luft opsamlet på PUF medie¹

| Stofnavn | Forkortelse | Cas-nr. | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé | Højskole Esportrum | Højskole Gamerrum |
|------------------------------|-------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-----------------------|----------------------|
| Dibutylftalat | DBP | 84-74-2 | 182 | 151 | 243 | 145 | 94 | 299 | 587 |
| Diethylftalat | DEP | 84-66-2 | 144 | 221 | 207 | <67 | <67 | 87 | 141 |
| Diisobutylftalat | DiBP | 84-69-5 | 312 | 241 | 231 | 402 | 122 | 153 | 230 |
| Dimethylftalat | DMP | 131-11-3 | <67 | <67 | 76,7 | <67 | <67 | <67 | <67 |
| 2.4.6-tribromophenol | 2.4.6-TBP | 118-79-6 | 2,1 | <1,7 | 2,1 | <1,7 | <1,7 | 2,1 | 2,1 |
| 2-ethylhexyldifenyfosfat | EHDPP | 1241-94-7 | 1,9 | 1,1 | <0,83 | <0,83 | <0,83 | <0,83 | 1,2 |
| Tributhylfosfat | TBP | 126-73-8 | 5,6 | 3,7 | 5,0 | 1,9 | 1,3 | 4,0 | 5,2 |
| Tri(2-chloroethyl)fosfat | TCEP | 115-96-8 | <0,83 | <0,83 | <0,83 | <0,83 | 2,7 | <0,83 | 1,4 |
| Tri(1-chloro-2-propyl)fosfat | TCPP | 13674-84-5 | 67,0 | 46,8 | 39,8 | 15,1 | 48,9 | 25,5 | 54,5 |
| Triethylfosfat | TEP | 78-40-0 | 12,6 | 20,6 | 65,7 | 11,5 | 5,5 | 9,9 | 13,8 |
| Trimethylfosfat | TMP | 512-56-1 | <0,08 | <0,08 | <0,08 | 0,1 | <0,08 | <0,08 | <0,08 |
| Triphenylfosfat | TPP | 115-86-6 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 1,9 | 0,9 | 1,5 |

¹ Tabellen angiver de identificerede SVOC'er i luft, hvor detektionsgrænser og stofliste fremgår af Bilag 6. Koncentrationer angivet med < tegn, betyder at koncentrationen er under den angivne detektionsgrænse (LOD) ved den analyserede luftmængde.

3.2.3 Resultater af støvanalysen

I hver af de syv cases blev der udtaget en støvprøve, som blev analyseret for de samme 32 udvalgte SVOC'er, der blev analyseret for i luftkvalitetsundersøgelsen. Se TABEL 6. Det skal bemærkes at støvmængden (vægt i g) varierer mellem 0,11 og 0,50 g, hvorfor detektionsgrænsen er forskellig for hver af prøverne. Derfor er der i nogle støvprøver detekteret stoffer i koncentrationer, som ligger under detektionsgrænsen for andre støvprøver med lavere vægt. Årsagen til forskellen i støvprøvernes vægt skyldes lokalernes rengøringsstand.

Samlet set er der detekteret i alt 17 stoffer fordelt på grupperne ftalater, bromerede flammehæmmere og organofosfater. I de fire cases med støvprøver på over 0,5 g er der detekteret det højeste antal af stoffer (15-16 stoffer) sandsynligvis grundet de deraf lavere detektionsgrænser. Mens der i de tre resterende støvprøver er detekteret mellem 4 og 10 stoffer.

Blandt ftalaterne er der fundet de højeste koncentrationer på mellem 888 og 446.821 ng/g. DEHP er fundet i koncentrationer på mellem 44.047 og 273.751 ng/g og DiNP er fundet i koncentrationer på 45.332 og 446.821 ng/g. Begge stoffer er fundet i samtlige støvprøver, mens ingen af de to stoffer er fundet i luftprøverne. Det samme gør sig gældende for BBP som dog kun er fundet i tre cases i koncentrationer på mellem 888 og 10.340 ng/g. DBP og DiBP som begge blev fundet i luften i samtlige cases er fundet i hhv. fem og fire af støvprøverne i koncentrationer på mellem 1.241 og 14.394 ng/g. Fundet af de nævnte ftalater i støvprøverne understøttes af fund i andre lande og i koncentrationer på op mod mange hundredtusinder ng/g (Wei et al. 2021, He et al., 2016).

Kun i to cases (Esportsrum #6 og Gamingrum #7) er der fundet bromerede flammehæmmere. Det er BDE-47 og -99 som er fundet i koncentrationer på mellem 10 og 39 ng/g. Wei et al. (2021) har ligeledes fundet BDE-47 og -99 i klasselokaler i Frankrig på op til 10 ng/g (95. percentil). Der er ikke fundet bromophenoler i nogen af støvprøverne.

Der er detekteret 10 organofosfater. Blandt dem er EHDPP, TBEP og TPP de mest dominante ved at findes i 6-7 af casene samt i de højeste koncentrationer på op til 11.648 ng/g. Derudover er der fundet TBP, TCEP, TCPP, TDCPP, TEHP, TEP og TMCP i koncentrationer på op til 3783 ng/m³. De målte niveauerne af TBP, TCEP, TCPP, TDCPP samt TBEP og TPP adskiller sig ikke fra målte niveauer (median) i andre lande (New Zealand, Belgien, USA, Japan, Sverige) i hjem og offentlige steder, butikker, børneinstitutioner og arbejdspladser (N. Ali et al. 2012).

Årsagen til at det i nogen grad er andre af stoffer, som er dominerende i støvprøverne i forhold til luftprøverne, tilskrives stoffernes fysiske-kemiske egenskaber. De afgør i hvilken grad de tungt flygtige stoffer binder sig til støvet eller findes i luften på gasform. En nem måde at afgøre om stoffet binder sig til støvet, er ved at se på stoffets kogepunkt. Ved et højere kogepunkt, har stoffet større tendens til at binde sig til aflejret støv eller partikler i luften i forhold til at forekomme på gasform (Eichler et al., 2021).

TABEL 6. Resultater af SVOC-analysen i ng/g for støvprøver¹

| Stofnavn | Forkortelse | CAS RN | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé | Højskole Esportrum | Højskole Gamingrum |
|-------------------------------------|-------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Støvprøvens vægt [g] | | | 0.02402 | 0.01064 | 0.05010 | 0.05048 | 0.01524 | 0.05030 | 0.05004 |
| Benzylbutylftalat | BBP | 85-68-7 | <1665 | <3759 | <798 | 888 | <2625 | 6775 | 10340 |
| Dibutylftalat | DBP | 84-74-2 | 3769 | <3759 | 8499 | 5816 | <2625 | 8049 | 14294 |
| Diethylhexylftalat | DEHP | 117-81-7 | 44047 | 93589 | 102329 | 77345 | 50490 | 133321 | 273751 |
| Diisobutylftalat | DiBP | 84-69-5 | <1665 | <3759 | 1859 | 1840 | <2625 | 1241 | 1862 |
| Disonynylftalat | DiNP | 28553-12-0 | 45332 | 61529 | 141332 | 35569 | 152441 | 235059 | 446821 |
| 2,2',4,4',5-Pentabromodiphenylether | BDE-99 | 60348-60-9 | <20.8 | <47 | <10 | <9.9 | <32.8 | 39.0 | 10.4 |
| 2-Ethylhexyldifenylfosfat | EHDPP | 1241-94-7 | 4630 | 3691 | 453 | 157 | 890 | 5010 | 11648 |
| Tri(2-butoxyethyl)fosfat | TBEP | 78-51-3 | 4140 | <235 | 1280 | 132 | 11124 | 1273 | 837 |
| Tributhylfosfat | TBP | 126-73-8 | <20.8 | <47 | 25.8 | 24.7 | <32.8 | 38.4 | 35.2 |
| Tri(2-chloroethyl)fosfat | TCEP | 115-96-8 | <20.8 | <47 | 20.4 | 25.4 | 365 | 86.9 | 144 |
| Tri(1-chloro-2-propyl)fosfat | TCPP | 13674-84-5 | 2127 | <470 | 3713 | 2468 | <328 | 888 | 1923 |
| Tri(1,3-dichloro-2-propyl)fosfat | TDCPP | 13674-87-8 | 310 | <94 | 96.6 | 3783 | 1189 | 287 | 1280 |
| Tri(2-ethylhexyl)fosfat | TEHP | 78-42-2 | 667 | <235 | 2397 | 188 | <164 | 225 | 149 |
| Triethylfosfat | TEP | 78-40-0 | <10.4 | <23.5 | 5.6 | 6.4 | <16.4 | <5 | <5 |
| Tri-m-cresylfosfat | TMCP | 563-04-2 | 22.9 | <9.4 | 57.2 | 21.4 | 24.8 | 108 | 47.0 |
| Triphenylfosfat | TPP | 115-86-6 | 230 | 277 | 217 | 337 | 2443 | 5965 | 2800 |

¹ Tabellen angiver kun de identificerede SVOC'er, hvor detektionsgrænser og stoffliste fremgår af Bilag 6. Koncentrationer angivet med < tegn, betyder at koncentrationen er under den angivne detektionsgrænse (LOD) ved den analyserede støvmængde.

4. Indledende farevurdering og eksponeringsscenario

Ud fra kortlægningen og feltanalyserne foretages en indledende farescreening af de kemiske stoffer mht. at prioritere de toksikologisk mest problematiske stoffer, der bør analyseres for, ved yderligere test af gaming udstyr. Idet emissioner af flygtige stoffer er afhængige af klimatiske forhold som temperatur og fugt, opstilles et eksponeringsscenario.

4.1 Indledende farescreening af kemikalier

Screeningen er foretaget på baggrund af:

- Stoffernes fareklassificering og generel viden om stofferne fra fx tidligere Miljøstyrelsesprojekter
- Kvantitative data (fx ses bort fra meget lave målte niveauer)

Overordnet er der ved screeningen for udpegning af de potentielt mest kritiske stoffer for videre prioritering lagt vægt på kritiske systemiske effekter, såsom CMR-effekter og STOT RE klassificeringer, samt på luftvejsallergi og stærkt lokalt virkende og luftvejsirriterende stoffer.

Følgende stoffer identificeret i kortlægningen og feltundersøgelserne prioriteres i analyserne af gaming udstyr:

- Aldehyder: Formaldehyd, Acetaldehyd, Butyraldehyd/butanal, hexanal
- VOC: 2-Ethylhexansyre, 2-Ethyl-1-hexanol, dimethylformamid, triethylendiamin, furan, tetramethylbutanedinitril, phenol, cykliske siloxaner (D3, D4, D5, D6)
- Bromerede flammehæmmere: BDE 47, BDE 99, BDE 100
- Øvrige: Acrylamid, formamid

Det skal bemærkes, at der i feltundersøgelserne blev fundet meget lave niveauer af ftalater i luften, idet summen af de syv målte ftalater, var under $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvorimod der blev fundet forholdsvist høje koncentrationer i støv. En mulig eksponering ved indånding kan derfor ikke udelukkes, og det vurderes relevant fortsat at prioritere måling af ftalater i luften. Tilsvarende vurderes bromerede flammehæmmere relevante at bibeholde i prioriteringen, da fund af disse er angivet i litteraturen, og de er kendte problemstoffer m.h.t. sundhedsskadelige effekter.

4.2 Indledende vurdering af eksponering

Baseret på de oplysninger, der er frembragt igennem kortlægningen, om den forventede anvendelse af gaming udstyr, beskrives der i det følgende afsnit, eksponeringsscenerier for unges eksponering for stoffer, der frigives under gaming.

Gaming i eget værelse, som også anvendes til soveværelse, giver mange timers daglig eksponering. Der games i kortere eller længere perioder afhængigt af fritid, hverdage og weekender. Målgruppen gamer typisk 2-6 timer på hverdage. Ved events som LAN-party³, games der typisk 9-24 timer natten over eller over 2 dage hvis det foregår i weekender.

³ LAN-party: Begivenhed der varer hele natten over flere dage i forbindelse med weekend og helligdage, hvor flere personer medbringer deres egen computer og spiller konkurrencer i multiplayer spil. Kan foregå i private hjem eller på større steder, som skoler og idrætshaller.

4.3 Eksponeringsscenario

Gamerværelset i de 3 private hjem, hvor der blev foretaget feltundersøgelser, var 17 – 24 m³, og tæller man rumfang per gamer sæt, så er gennemsnittet 18 m³ rum per gaming sæt. I en skoles gaming rum, var der kun 8-9 m³ rum per gaming sæt og dårlig ventilation. På gamercafeen var der 18 m³ rum per gamer sæt.

Det europæiske standardrum er 30 m³ ved standard klima på 23°C og 50 % RH, med et luftskifte per time (h) på 0,5 h⁻¹ (EN 16516, 2017). I den internationale standard for klimakammer test (ISO 16000-9, 2006) er standardrummet defineret som 17,4 m³ med luftskifte på 0,5 h⁻¹. Rum størrelsen varierer efter funktion i boliger, skoler og offentlige steder. Børne- og ungdomsværelser er mindre end fælles opholdsrum, og børneværelser er angivet til gennemsnitligt at være 17,4 m³ med luftskifte på 0,35 h⁻¹ i enfamiliehuse (SCHEER 2016, Bornehag 2005).

Den gennemsnitlige ventilationsrate (luftskifte) i dårligt ventilerede rum er for nylig målt i Danmark til at være 0,2 h⁻¹ (Hansen et al. 2020), og især børne- og teenageværelser er dårligt ventileret (Heide et al., 2021).

Ved feltundersøgelserne er der observeret en gennemsnitlig temperatur på 25°C og relativ luftfugtighed på 51 % RH. Ved gaming vil udstyret blive varmt pga. varmeafgivelse fra elektronik og fra personer, så temperaturen i et værelse vil typisk være et par grader højere end i et standardrum.

På baggrund af feltundersøgelserne konkluderes et worst-case scenarie for et gamer-referencerum:

| | |
|----------------------------|---------------------|
| Rumfang per gaming udstyr: | 17,4 m ³ |
| Luftskifte: | 0,2 h ⁻¹ |
| Klimaforhold: | 25°C / 50 % RH |

Disse klimabetingelser og ventilationsforhold vil blive anvendt ved analyserne af gaming udstyr. Hvis analyser udføres ved andet luftskifte eller materialebelastning, vil resultaterne blive korrigeret med en faktor, så kemikalierne koncentrationer i luft svarer til et realistisk worst-case scenarie for eksponering.

5. Analyse af gaming udstyrs afgangning

Formålet med denne del af undersøgelsen er at bestemme afgangningen af flygtige kemiske stoffer fra udvalgte gaming produkter, som skal ligge til grund for de efterfølgende sundheds- og risikovurderinger. Test er udført i perioden juli-august 2022.

5.1 Udvalgelse af produkter til analyse

På baggrund af produkter identificeret under kortlægningen vælges 33 produkter til klimakammeret baseret på følgende kriterier:

- Tilgængelighed og prisniveau på det danske marked
- Indkøb fra forskellige danske hjemmesider
- Variation i mærker, producent og materialer
- Mest solgte (populære) i juni og juli 2022

Der udvælges 33 nye produkter indenfor følgende kategorier: Computer, skærm, tastatur, mus, musemåtte, headset og gamerstol. I TABEL 7. Oversigt over gaming udstyr udvalgt til analyser findes en oversigt over produkter udvalgt og indkøbt til analyser. Til alle elektriske produkter medfølger bløde ledninger og i nogle tilfælde en strømforsyning. Musemåtter (ID 5, 12, 21, 31), trådløse mus (ID 24) og tre gamerstole (ID 7, 14, 22) har ikke elkabler.

TABEL 7. Oversigt over gaming udstyr udvalgt til analyser

| ID | Produkttype | Specifikationer og materialer |
|----|-------------|---|
| 1 | PC | Kabinet: Plast, stål, hærdet glas, RGB-lys Grafikkort: GTX 1660Ti, 6GB DDR6 RAM CPU: IntelCore i5 10400F, 2,90GHz (4,3GHz Turbo Boost) RAM: 16GB DDR4 RGB Harddisk: 500 GB M.2 NVMe SSD |
| 2 | Skærm | 24" Full HD (1080p) 1920 x 1080 Opdateringshastighed: 144 Hz Responstid: 1 ms (MPRT) LED-baggrundsbelyst LCD-skærm |
| 3 | Tastatur | Plast, RGB-belysning |
| 4 | Mus | Plast, RGB-belysning |
| 5 | Musemåtte | Tekstil, gummi, 900x500x3mm, vand resistent |
| 6 | Headset | Plast, aluminium, PU-læder, skum |
| 7 | Gamerstol | Plast, skum, PU-læder, træramme, plastben, pude-hovedstøtte, armlæn be- trækket med læder (13 kg) |
| 8 | PC/laptop | Skærm: Full HD 144Hz IPS-skærm 15,6" Grafikkort: GTX 3060, 16GB DDR5 RAM CPU: Intel Core i7-12650H, 2,30 GHz |

| | | |
|----|------------|---|
| | | RAM: 2x8 GB DDR5 Harddisk: 1000 GB M.2 NVMe SSD |
| 9 | Skærm | 24" Full HD (1080p) 1920 x 1080 Opdateringshastighed: 144 Hz Responstid: 1 ms (MPRT) LED skærm |
| 10 | Tastatur | Plast, RGB-belysning, ledning, håndledsstøtte |
| 11 | Mus | Plast, ledning, RGB-belysning |
| 12 | Musemåtte | Tekstil, gummi, skridsikker, 350x300 mm |
| 13 | Headset | Plast, rustfri stål, PU-læder, skum |
| 14 | Gamerstol | Plast, metal, træramme, PU-skum, tekstil, plastben, armlæn betrukket med læder (18,5 kg) |
| 15 | PC | Kabinet: Plast, metal, glas, RGB Grafikkort: GTX 1650 D6, 2x4 GB DDR4 CPU: Intel Core i5-11400, 260 GHz RAM: 2x4 GB DDR4 Harddisk: 1000 GB M.2 NVMe SSD |
| 16 | Skærm | 34" curved WQHD (1440 p) Opdateringshastighed: 144 Hz Responstid: 1 ms (MPRT) LED-baggrundsbelyst LCD-skærm |
| 17 | PC | Kabinet: Plast, metal, glas, RGB Grafikkort: RTX 3070, 8GB LHR CPU: AMD Ryzen 7 5800X, 3,8 GHz RAM: 16 GB DDR4 Harddisk: 1024 GB M.2 NVMe SSD |
| 18 | Skærm (2x) | 27" QHD (1440 p) Opdateringshastighed: 165 Hz Responstid: 1 ms (MPRT) LED-baggrundsbelyst LCD-skærm |
| 19 | Tastatur | Plast, RGB-belysning, ledning |
| 20 | Mus | Plast, ledning, RGB-belysning |
| 21 | Musemåtte | Tekstil, gummi, 450x400mm |
| 22 | Gamerstol | PU læderpolstring, metalramme, puder-til hovedstøtte og rygstøtte, plast-armlæn med læder, plastben (16 kg) |
| 23 | Tastatur | Trådløs, plast, RGB-belysning |
| 24 | Mus | Trådløs, plast, RGB-belysning, PTFE |
| 25 | Musemåtte | Polypropylen, polystyren, gummi base 340 mm x 280 mm |
| 26 | Headset | Trådløs, aluminium, kunstlæder, memory-skum, stål |
| 27 | Gamerstol | PU-læder, nylon, RGB-belysning, plastarmlæn, plastben, puder-til hovedstøtte og rygstøtte (20 kg) |
| 28 | Headset | Trådløs, plast, aluminium og stål, skum, tekstil |

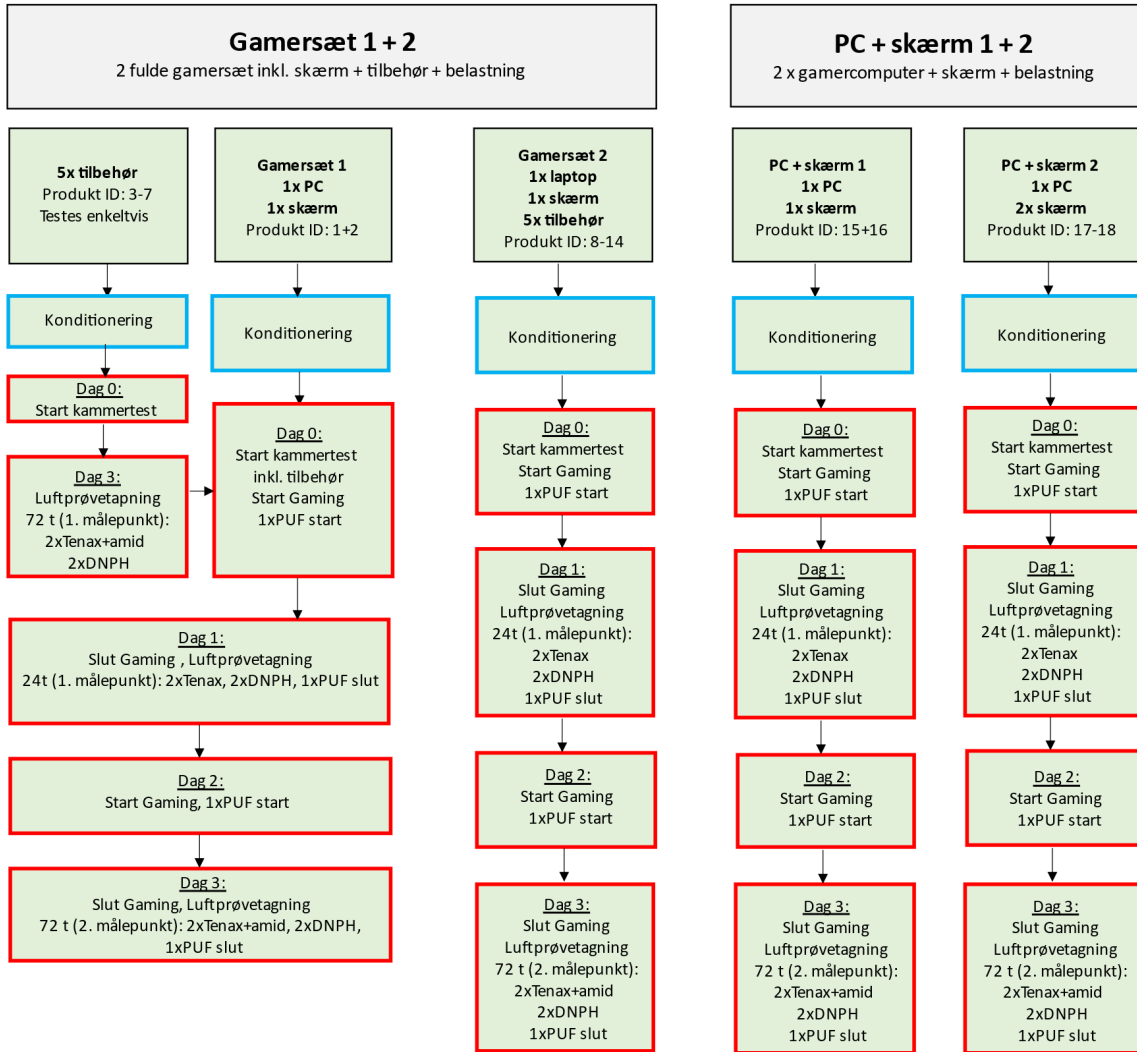
| | | |
|----|-----------|---|
| 29 | Tastatur | Plast, ledning, håndledsstøtte |
| 30 | Mus | Plast, ledning, RGB-belysning |
| 31 | Musemåtte | Gummi, tekstil |
| 32 | Headset | Plast, aluminium, kunstlæder, skum |
| 33 | Gamerstol | Plast, aluminium, tekstil, stål, formstøbt skum, plastarm-læn, plastben, puder-til hovedstøtte og rygstøtte. Kraftig stol (28 kg) |

5.2 Analyseprogram

Ved test af elektronisk udstyr er der taget udgangspunkt i den europæiske standard ECMA-328-2 (2017) som refererer til ISO 16000-3/-6/-9 i forhold til kammertest og analyse af carbonyler og VOC'er. For at opnå koncentrationsmålinger, der kan anvendes til realistiske eksponeringsscenarier, bliver udstyret udpakket og konditioneret i 3-4 døgn for at undgå initiale høje afgasninger. Der opsamles luftprøver til bestemmelse af VOC'er og aldehyder i slutningen af en gaming perioden. Idet der skal opsamles et stort volumen af luft til SVOC-analyse, så opsamles der luft på PUF-samplers i hele gaming perioden på 24 timer.

Produkterne opdeles i 3 test set-ups: 2 gamersæt testes hver for sig. Hvert sæt indeholder computer, skærm og tilbehør som testes under gaming belastning. Test af det ene af de to sæt er opdelt i to faser; tilbehøret testes først hver for sig og bagefter samlet i et klimakammer med PC og skærm. Derved kan det vurderes om emissionerne udledes fra enten tilbehøret eller PC og skærmen. De næste 2 sæt består hver af en computer og hhv. en og to skærme med gaming belastning. En oversigt over testplanen ses i FIGUR 8 Oversigt over analyseplan for .

Yderligere testes 20 x gamertilbehør indenfor følgende kategorier: tastatur, mus, musemåtte, headset og gamerstole.



FIGUR 8 Oversigt over analyseplan for test af gamersæt 1+2, samt PC og skærm-1+2

5.2.1 Testbetingelser ved klimakammertest

Testbetingelserne er valgt på baggrund af eksponeringsscenarierne for gaming udstyr, se afsnit 4.3, hvor realistisk worst case betingelser under gaming er 25 °C og 50 % RH i et rum på 17,4 m³ og luftskifte 0,2 h⁻¹. Inden det nyindkøbte udstyr sættes i testkammer, pakkes det ud og sættes til konditionering i 3 døgn ved 20-25 °C og 50 % RH, så stoffer fra emballage og produktion afgasser inden test begyndes. En oversigt med klimabetingelserne fremgår af TABEL 8. Klimakammerbetingelser under konditionering og test af gamer udstyr.

Gaming udstyret er testet i klimakamre i størrelserne 0,25 m³, 6 m³ og 24 m³. Kammerstørrelse anvendt afhænger af størrelsen af gaming udstyret. Luftskiftet er sat indenfor de mulige grænser ved de valgte klimabetingelser i de respektive kammer. Alt tilbehør, undtagen stole, er testet i 0,25 m³ kamre. Gamerstole er testet i store 24 m³ eller 6 m³ kamre. De fire gaming sæt med PC'er er testet i 6 m³ kammer. Kamrene er egnet til test af elektronisk udstyr, og hvor det var muligt, blev produkterne tilsluttet strøm og tændt. De små gaming produkter placeres på et metalstativ i midten af klimakammeret. Gamersæt placeres på et glasbord i stålramme. Der var to store musemåtter, som blev neddelt så de passede til størrelsen af klimakammer.

TABEL 8. Klimakammerbetingelser under konditionering og test af gamer udstyr

| | Temperatur | Luftfugtighed | Luftskifte | Varighed |
|------------------------|---------------|---------------|---|----------|
| Konditionering | 20-25°C | 50 % | 1.0 h ⁻¹ | 3-4 dage |
| Tilbehør test | 25 °C (24-26) | 50 % | 0.25 h ⁻¹ /1.0 h ⁻¹ | 3 dage |
| Gamersæt/PC+skærm test | 25-35 °C | 50 % | 0.38 h ⁻¹ | 3 dage |

Temperatur og luftfugtighed

Der tages udgangspunkt i standard indeklimabetingelser for test i klimakamre: 23°C, 50 % relativ luftfugtighed og 0,5 luftskifte jf. ISO 16000-9 og EN 16516. Disse betingelser anvendes ved 3-4 dages konditionering af udstyret. Ved feltundersøgelserne på 7 gaming steder, er der observeret en gennemsnitstemperatur på 25°C. Der holdes fast i 50 % relativ luftfugtighed, da der i feltundersøgelserne er målt et gennemsnit på 51 %. Der er ikke taget højde for, at gaming tilbehør (fx gamerstol) vil opvarmes under brug af personer via kropsvarme.

Måleenheder

Målinger angives i koncentrationenheden µg/m³, idet koncentrationen i referencerummet for gamere dermed direkte kan benyttes til eksponerings- og risikovurdering. For gaming udstyret analyseret i de små 0,25 m³ klimakamre og 24 m³ klimakammer, omregnes de målte koncentrationer til koncentrationen i gamer-referencerummet med en faktor, der tager højde for forskelle i ventilationsrate (luftskifte) og klimakammerets størrelse.

TABEL 9 angiver omregningsfaktorer. Der ganges yderligere en faktor på de målte koncentrationer for de to neddelte store musemåtter ID 4 og ID 31, som er neddelt hhv. i 4 dele og i 3 dele. Koncentrationsmålingerne af gamersæt, der foretages i 6 m³, bruges direkte, da luftskiftet er tilpasset betingelserne i gamer-referencerummet.

TABEL 9. Faktor til omregning af målt koncentration i klimakammer til eksponering i gamer-referencerummet på 17,4 m³

| Type produkt til test | Kammer | Faktor |
|-----------------------|---------------------|---------|
| Gamersæt | 6 m ³ | 1 |
| Gaming tilbehør | 0,25 m ³ | 0,07184 |
| Gamerstol | 24 m ³ | 1,724 |

Måletidspunkter

Gaming udstyr tilbehør sættes til konditionering i 3 dage, hvorefter testperioden yderligere varer 3 dage, med opsamling af luftprøver herefter. Der opsamles luft på Tenax og DNPH opsamlingsmedier. De 4 gamersæt sættes til konditionering i 3 dage, og koncentrationen af afgasningen måles efter 24 og 72 timer. Der opsamles luft på Tenax, DNPH og PUF opsamlingsmedier.

Luftskifte

Luftskiftet for test af gaming tilbehør i 0,25 m³ kammer sættes til 1 gang i timen (1 h⁻¹), da det ikke er muligt at indstille luftskifte svarende til referencerummet. Gamerstolene testes i 24 m³ og 6 m³ klimakamre og luftskiftet indstilles til hhv. 0,25 og 1 gang i timen.

Gamersæt testes i 6 m³ klimakammer, hvor luftskifte indstilles til 3,48 m³ i timen, så betingelserne svarer til referencerummet.

Gaming

Gamersæt er testet under gaming belastning i to perioder. Første periode er fra 0-24 timer og anden periode er fra 48-72 timer. Imellem de to perioder ligger 24 timer hvor der ikke games, som giver udtryk for en hvileperiode af gamerpersonen. Det er simuleret ved en demoversion af videospillet Final Fantast XIV. Videospillet er et populært multiplayer online rollespil. Spillet vælges da det, ud over at være et populært spil med 25 millioner registrerede spillere (SQUARE ENIX, 2022), har en demoversion tilgængelig på markedet og kræver høj kapacitet af grafikortet og dermed giver en høj belastning af udstyret. Programmet indstilles til at køre i sløjfe i 24 timer, som simulerer worst case scenarie ift. et LAN-party.

Under kammertest kan kammeret ikke åbnes og gaming udstyret fjernstyres med programmet Team Viewer som anvendes til at få fjernadgang til computersoftware. Der opsamles temperaturdata for processoren og grafikortet med systemmonitoreringsprogrammet SpeedFan for Microsoft Windows. Tekniske udfordringer med Team Viewer og videospillet har reduceret den ønskede spilletid på 24 timer, se TABEL 10. Disse udfordringer bestod af at videospillet af og til stopper, samtidig med at Team Viewer mister forbindelsen, så spillet ikke kan genstartes ved fjernadgang til computeren. Spil og computer fryser under gaming perioden efter flere timers spil, og kan være forårsaget af stigende temperaturer pga. varmeudvikling i udstyret.

TABEL 10. Spilletid i timer under første og anden gaming periode

| | Gamersæt 1 | Gamersæt 2 | PC+skærm 1 | PC+skærm 2 |
|--------------------------|--------------------------|------------|------------|------------|
| | Spilletid (timer) | | | |
| Gaming 1. periode | 21 | 22 | 24.5 | 11.5 |
| Gaming 2. periode | 21.5 | 10 | 13 | 9.5 |

Andre målinger

Ultra-fine partikler (UFP) med partikeldiameter 0,02 µm til 1 µm, måles inden gaming og umiddelbart efter gaming med en TSI P-Trak 8525 Partikeltæller. Der måles strømforbrug for gamersæt under standby modus og under gaming belastning. For alle klimakamre monitoreres temperatur og relativ luftfugtighed.

Luftprøvetagning

Kemiske analyser af luftprøver er beskrevet i TABEL 11, hvor afvigelser fra de i afsnit 3.1.1 beskrevne metoder fremgår. Volumen af luftprøvetagning for Tenax og DNPH-medier følger standard for kammertest (EN16516). Der opsamles luftmængder på 2800-3100 liter på PUF-medie i gaming perioderne på 24 timer.

TABEL 11. Parametre for luftprøvetagning og kvalitativ/kvantitativ analysemetode

| Komponenter | Medie | Volumen | Flow | Analysemetode |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Formamid | Tenax | 4 L | 100 mL/min | TDS-GC/MS Polær FFAP GC-kolonne |
| VOC | Tenax | 2-5 L | 100 mL/min | TDS-GC/MS |
| Formaldehyd og carbonyler | DNPH belagt Silicagel | 60 L | 1000 mL/min | HPLC-DAD |
| SVOC | 76 mm polyurethan- skum (PUF) | 2800-3100 L (ca. 24 timer) | 2000 mL/min | GC/MS/MS |

5.3 Resultater emission af flygtige stoffer fra gaming udstyr

I dette afsnit sammenfattes resultaterne af kammertest udført i perioden juli og august 2022. Koncentrationerne af flygtige stoffer i gamer-referencerummet fremgår af TABEL 13-17, for de forskellige typer af gaming udstyr. VOC'erne er opdelt i stofgrupper med en rapporteringsgrænse på 5 µg/m³, og koncentrationer mellem 1 µg/m³ og 4 µg/m³, er angivet med < 5 µg/m³ med undtagelse af CMR-stoffer.

I Bilag 5 er alle detekterede flygtige stoffer for gaming tilbehør angivet ned til 1 µg/m³. De målte koncentrationer fra gaming tilbehøret er omregnet til referencerummet med faktorerne angivet i TABEL 9, hvilket betyder ca. 14 gange lavere koncentrationer for målinger udført i 0,25 m³ kamre. Flere stoffer har koncentrationer lavere end 1 µg/m³ i referencerummet og fremgår ikke af TABEL 13, 14 og 15, idet de vil komme under detektionsgrænsen i referencerummet.

For kammertest af gamersæt, samt PC og skærm er gennemsnitstemperatur af klimakammer, grafikkort og processor angivet i TABEL 12. Temperaturen fremgår både under standby modus, hvor udstyret er tændt, og under gaming. Yderligere information om strømforbrug og UFP-målinger fremgår af samme tabel. Der ses en tydelig stigning af temperatur for alle tre parameter under gaming i forhold til standby modus. Strømforbruget er også højere under gaming. Målinger af UFP viser et fald i antallet af partikler efter gaming for alle sæt, undtagen PC og skærm 2. Faldet kan skyldes det indbyggede filter i computeren, som fjerner partikler. En undtagelse er PC og skærm 2, der viser stigende antal af UFP, som havde en kortere spilleperiode pga. problemer med afspilning af spil. Derfor er målingen af UFP taget ca. 14 timer efter gaming i spilleperiode 2, og ikke direkte efter 24 timers gaming. Dette kan betyde at filter effekten af gaming er stoppet.

TABEL 12. Gennemsnitstemperatur (°C) af klimakammer, grafikkortet og processor og strømforbrug (watt) i standby modus og under gaming. UFP efter 24 timer og 72 timer i kammertest perioden (kun under gaming). Gamersæt 1 består af produkterne ID 1-7, Gamersæt 2 består af produkterne ID 8-14, PC og skærm 1 består af produkterne ID 15-16, PC og skærm 2 består af produkterne ID 17-18

| | Gamersæt 1 | Gamersæt 2 | PC+skærm 1 | PC+skærm 2 |
|---|--------------------------|-----------------|---------------|-------------------------|
| | (standby modus / gaming) | | | |
| Kammertemperatur (°C) | 25 / 29 | 25 / 27 | 25 / 29 | 25 / 35 |
| Grafikkort, GPU (°C) | 33 / 78-84 | 39-51 / 78-83 | 27-39 / 67-69 | 41-57 / 63-75 |
| Processor, CPU (°C) | 14 / 49-67 | 21-35 / 59-69 | 34-50 / 42-62 | Ingen data ¹ |
| Strømforbrug (watt) | 51-56 / 200-220 | 45-50 / 140-160 | 60 / 200 | 88 / 390 |
| UFP, tomt kammer (pt/cm³) | 240-280 | 100-110 | 50-70 | 66-78 |
| UFP, 24h/72h (pt/cm³) | 120-130 / 110-130 | 15-30 / 65-85 | 27-35 / 39-55 | 35-42 / 180-220 |

¹ Ikke muligt at logge med Speedfan på dette udstyr

Resultaterne fra test af gaming tilbehør fremgår af TABEL 13 og TABEL 14, hvor de målte koncentrationer er omregnet til gamer-referencerummet.

Emissioner for gamer tilbehør som tastatur, mus, musemåtte og headset er karakteriseret ved, at få kemikalier afgasser ved lave koncentrationer. Af de i den indledende farevurdering nævnte kemikalier er der fundet cykliske siloxaner (D5 og D6) og formaldehyd i koncentrationer mellem 5-10 µg/m³.

TABEL 13. Resultater af VOC- og aldehydmålinger for tastatur og mus i µg/m³. Koncentrationer svarer til referencerummet

| Komponenter | CAS RN | Tastatur | | | | Mus | | | |
|------------------------------------|----------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | ID 3 ¹ | ID 19 | ID 23 | ID 29 | ID 4 ¹ | ID 20 | ID 24 | ID 30 |
| Alkoholer | | | | | | | | | |
| 2-Phenyl-2-propanol | 617-94-7 | i.d. | i.d. | i.d. | 5 | i.d. | i.d. | i.d. | < 5 |
| Organiske syrer | | | | | | | | | |
| Eddikesyre | 64-19-7 | i.d. | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | 5 | < 5 | < 5 |
| Siloxaner | | | | | | | | | |
| Dodeca-methylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | < 5 | < 5 | < 5 | 7 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 |

¹ Produkter er både testet som enkelttest og som samlet test i gamersæt 1

i.d.: Ikke detekteret

TABEL 14. Resultater af VOC- og aldehydmålinger for headset og musemåtte i µg/m³. Koncentrationer svarer til referencerummet

| Komponenter | CAS RN | Headset | | | | Musemåtte | | | |
|------------------------------------|--------------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | ID 6 ¹ | ID 26 | ID 28 | ID 32 | ID 5 ¹ | ID 21 | ID 25 | ID 31 |
| Aldehyder | | | | | | | | | |
| Formaldehyd (VVOC) * | 50-00-0 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | 5 | < 5 | < 5 | < 5 |
| Organiske syrer | | | | | | | | | |
| Eddikesyre | 64-19-7 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | 6 |
| Siloxaner | | | | | | | | | |
| Decamethylcyclopentasiloxan (D5) | 541-02-6 | < 5 | < 5 | 8 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 |
| Dodecammethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | < 5 | < 5 | 9 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 |
| Thiazoler | | | | | | | | | |
| Benzothiazol | 95-16-9 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | 5 |
| Sum af andre iso/cyclo-alkaner: | (13475-82-6) | 11 | < 5 | < 5 | 20 | 53 | 21 | < 5 | 51 |
| Sum af andre kulbrinter: | (108-88-3) | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | 40 | < 5 | < 5 | < 5 |

* Klassificeret som CMR-stof kategori 1A eller 1B jf. bilag VI til forordning (EC) No 1272/2008

¹ Produkter er både testet som enkelttest og som samlet test i gamersæt 1

Analysen af emissioner fra gamerstole viser flere kemikalier i højere koncentrationer, se TABEL 15. Formaldehyd afgasser i høje koncentrationer fra produkterne ID 22 og ID 33 på hhv. 130 µg/m³ og 120 µg/m³. Koncentrationen overskrider WHO's anbefalede grænseværdi på 0,1 mg/m³, som også er beskrevet i bygningsreglementet (Bygningsreglementet BR18, 2018). Derudover overstiger de målte koncentrationer kommende REACH-grænseværdi for formaldehyd i artikler på 0,08 mg/m³.

Af de i den indledende farevurdering nævnte kemikalier er der fundet cykliske siloxaner (D3 og D4), phenol, 2-Ethyl-1-hexanol og 2-Ethylhexansyre. Sidstnævnte afgasser i koncentrationen 36 µg/m³ fra produkt ID 27. Eddikesyre afgasser også fra alle produkter i høje koncentrationer fra 78-260 µg/m³.

Yderligere afgasser der kemikalier med CMR-effekter; safrol og N,N-Dimethylformamid (DMF). Især DMF er fundet i høje koncentrationer for ID 7 og ID 27 på hhv. 38 µg/m³ og 98 µg/m³. Stofferne DMF, eddikesyre, cykliske siloxaner og 2-ethyl-1-hexanol kan formodes at stamme fra PU skum, da disse tidligere er fundet i afgangningen fra PU-skum (Poulsen, 2020).

TABEL 15. Resultater af VOC- og aldehydmålinger for gamerstole i µg/m³. Koncentrationer svarer til referencerummet

| Komponenter | CAS RN | Gamerstol | | | |
|----------------------|---------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | ID 7 ¹ | ID 22 | ID 27 | ID 33 |
| Aldehyder | | | | | |
| Formaldehyd (VVOC) * | 50-00-0 | 16 | 130 | 9 | 120 |

| Komponenter | CAS RN | Gamerstol | | | |
|--|------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | ID 7 ¹ | ID 22 | ID 27 | ID 33 |
| Hexanal | 066-25-1 | < 5 | 5 | < 5 | < 5 |
| Benzaldehyd | 100-52-7 | < 5 | < 5 | < 5 | 5 |
| Nonanal | 124-19-6 | I.d. | I.d. | I.d. | 5 |
| Alkoholer | | | | | |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | < 5 | < 5 | < 5 | 13 |
| 1-Methoxy-2-propanol | 107-98-2 | 5 | I.d. | I.d. | I.d. |
| Glycol, Etere, Estre | | | | | |
| Carboxylsyreester | | < 5 | 5 | < 5 | I.d. |
| Safrole <small>(Toluen) *</small> | 94-59-7 | I.d. | 12 | I.d. | I.d. |
| Triacetin | 102-76-1 | I.d. | 5 | I.d. | 10 |
| Butyldiglycol acetate | 124-17-4 | I.d. | I.d. | I.d. | 9 |
| Ether <small>(Toluen)</small> | | I.d. | I.d. | 5 | I.d. |
| Benzoic acid, 4-ethoxy-, ethyl ester <small>(Toluen)</small> | 23676-09-7 | 9 | I.d. | 16 | I.d. |
| 1,2-Propylene carbonat | 108-32-7 | 6 | I.d. | 9 | 16 |
| Aminer/Amider | | | | | |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) * | 68-12-2 | 38 | I.d. | 98 | 15 |
| Nitriler | | | | | |
| 2,2'-Azobis(2-methylpropanenitrile) (AIBN) | 78-67-1 | I.d. | 5 | I.d. | I.d. |
| Alifatiske kulbrinter | | | | | |
| C12 (Dodecan) | 112-40-3 | I.d. | 5 | I.d. | I.d. |
| C13 (Tridecae) | 629-50-5 | I.d. | 9 | 17 | I.d. |
| C14 (Tetradecan) | 629-59-4 | I.d. | < 5 | 5 | < 5 |
| Aromatiske kulbrinter | | | | | |
| Toluen | 108-88-3 | 10 | I.d. | 5 | < 5 |
| 4-Metyldiphenylmethan | 620-83-7 | I.d. | 5 | I.d. | I.d. |
| Methylnaphthalen <small>(1-Methylnaphthalen)</small> | | I.d. | 15 | I.d. | I.d. |
| Dimethylphthalat (DMP) | 131-11-3 | < 5 | 5 | I.d. | I.d. |
| Dimethylnaphthalen <small>(2,6-Dimethylnaphthalen)</small> | 1051-00-0 | I.d. | 30 | I.d. | I.d. |
| Methylbiphenyl <small>(Toluen)</small> | | I.d. | 15 | I.d. | I.d. |
| Trimethylnaphthalen <small>(2,3,5-Trimethylnaphthalen)</small> | 1052-00-0 | I.d. | 16 | I.d. | I.d. |
| 2,2,5,5-Tetramethylbiphenyl | 3075-84-1 | I.d. | 5 | I.d. | I.d. |
| Terpener | | | | | |
| α-Terpineol | 7785-53-7 | 5 | I.d. | I.d. | I.d. |
| Longifolene | 475-20-7 | I.d. | 29 | I.d. | I.d. |
| Organiske syrer | | | | | |
| Edikkesyre | 64-19-7 | 110 | 81 | 78 | 260 |
| 2-Ethylhexansyre | 149-57-5 | 5 | 5 | 36 | I.d. |
| Palmitinsyre | 57-10-3 | 17 | I.d. | I.d. | 22 |
| Siloxaner | | | | | |

| Komponenter | CAS RN | Gamerstol | | | |
|---|--------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | ID 7 ¹ | ID 22 | ID 27 | ID 33 |
| Hexamethylcyclotrisiloxan (D3) | 541-05-9 | 9 | < 5 | 7 | 5 |
| Hexadecamethylheptasiloxan (Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)) | 541-01-5 | I.d. | I.d. | I.d. | 5 |
| Phenoler | | | | | |
| Phenol | 108-95-2 | I.d. | I.d. | < 5 | 5 |
| 4-Nonylphenol (Toluen) | 104-40-5 | I.d. | I.d. | 7 | I.d. |
| | | | | | |
| Sum af andre iso/cyclo-alkaner: | (13475-82-6) | I.d. | 24 | 240 | 21 |
| Sum af andre siloxaner: | (556-67-2) | I.d. | 19 | I.d. | < 5 |
| Sum af andre sesquiterpener: | (475-20-7) | I.d. | 10 | I.d. | I.d. |
| Sum af andre terpenener: | (80-56-8) | < 5 | 37 | I.d. | < 5 |
| Sum af andre kulbrinter: | (108-88-3) | I.d. | 150 | I.d. | I.d. |

Stoffer angivet i nedsænket parentes, er anvendt til kalibrering på grund af manglende referencestof.

* Klassificeret som CMR-stof kategori 1A eller 1B jf. bilag VI til forordning (EC) No 1272/2008

¹ Produkter er både testet som enkelttest og som samlet test i gamersæt 1

i.d.: Ikke detekteret

Gamersæt 1 og 2

VOC-emissioner fra gamersæt 1 og 2 fremgår af TABEL 16. Fra den indledende farevurdering af relevante kemikalier findes der i målingerne for gamersæt 1 (ID 1-7) følgende stoffer: formaldehyd, cykliske siloxaner (D5, D6 og D7), phenol, 2-ethyl-1-hexanol, 2-ethylhexansyre og kemikalier med CMR-effekt: DMF og N,N-dimethylacetamid. Alle stoffer, undtagen phenol og N,N-dimethylacetamid, er også fundet i enkelttest af tilbehør (ID 3-7), mest af alt i gamerstolen (ID7). Formaldehyd og DMF er fundet i de højeste koncentrationer på hhv. 35 µg/m³ (3d) og 44 µg/m³ (3d). Der ses ikke betydelig forskel i koncentrationerne målt efter 1 døgn og 3 døgn. I gamersæt 2 (ID 8-14) findes formaldehyd, cykliske siloxaner (D3, D5, D6 og D7) og 2-Ethyl-1-hexanol. Koncentrationerne er let aftagende for målingerne efter 3 døgn i forhold til 1 døgn.

TABEL 16. Resultater af VOC og aldehyd målinger for Gamersæt 1 og 2 i µg/m³. Koncentrationer svarer til referencerummet

| Stofnavn | CAS RN | Gamersæt 1 ID 1-7 | | Gamersæt 2 ID 8-14 | |
|------------------------------|----------|----------------------|-----------------|-----------------------|------|
| | | 1 d | 3 d | 1 d | 3 d |
| Aldehyder | | | | | |
| Formaldehyd (VVOC) * | 50-00-0 | 34 ¹ | 35 ¹ | 31 | 24 |
| Ketoner | | | | | |
| Cyclohexanon | 108-94-1 | < 5 | < 5 | 10 | 7 |
| Keton (toluen) | | 11 | 11 | i.d. | i.d. |
| Alkoholer | | | | | |
| Butanol | 71-36-3 | 5 | < 5 | 8 | 6 |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 10 ¹ | 9 ¹ | 5 | < 5 |
| Dodecanol | 112-53-8 | 6 | 6 | i.d. | i.d. |
| Glycol, Ethere, Estre | | | | | |

| Stofnavn | CAS RN | Gamersæt 1 ID 1-7 | | Gamersæt 2 ID 8-14 | |
|--|-----------|----------------------|------------------|-----------------------|------|
| | | 1 d | 3 d | 1 d | 3 d |
| 1,2-Propylene carbonat | 108-32-7 | 7 ¹ | 8 ¹ | i.d. | i.d. |
| Ethylhexyl acrylat | 103-11-7 | 10 | 9 | < 5 | < 5 |
| Isobornyl acrylat | 5888-33-5 | 7 | 6 | 10 | 7 |
| Diethylene glycol dibutyl ether | 112-73-2 | i.d. | i.d. | 10 | 6 |
| Alifatiske kulbrinter | | | | | |
| C14 (Tetradecane) | 629-59-4 | 10 | 10 | < 5 | < 5 |
| C15 (Pentadecane) | 629-62-9 | 11 | 10 | 7 | 7 |
| C16 (Hexadecane) | 544-76-3 | 11 | 12 | 6 | 7 |
| C17 (Heptadecane) | 629-78-7 | < 5 | < 5 | 6 | 7 |
| Aromatiske kulbrinter | | | | | |
| Toluen | 108-88-3 | 9 ¹ | 9 ¹ | 6 | 5 |
| m,p-Xylen | 1330-20-7 | < 5 | < 5 | 6 | 5 |
| Phenoler | | | | | |
| Phenol | 108-95-2 | 5 | < 5 | < 5 | < 5 |
| Aminer | | | | | |
| N,N-Diethylmethylamine | 616-39-7 | 6 | < 5 | < 5 | < 5 |
| Caprolactam | 105-60-2 | i.d. | i.d. | 6 | 5 |
| Amider | | | | | |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) * | 68-12-2 | 46 ¹ | 44 ¹ | i.d. | i.d. |
| N,N-Dimethylacetamid * | 127-19-5 | 2 | 2 | i.d. | i.d. |
| Terpener | | | | | |
| α-Terpineol | 7785-53-7 | 6 ¹ | 7 ¹ | < 5 | < 5 |
| Organiske syrer | | | | | |
| Eddikesyre | 64-19-7 | 74 ¹ | 83 ¹ | 210 | 160 |
| Palmitinsyre | 57-10-3 | i.d. | i.d. | 8 | 11 |
| 2-Ethylhexansyre | 149-57-5 | 20 ¹ | 22 ¹ | i.d. | i.d. |
| Siloxaner | | | | | |
| Hexamethylcyclotrisiloxan (D3) | 541-05-9 | i.d. | i.d. | 7 | 5 |
| Decamethylcyclopentasiloxan (D5) | 541-02-6 | < 5 ¹ | < 5 ¹ | 5 | < 5 |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | < 5 ¹ | < 5 ¹ | 13 | 8 |
| Tetradecamethylcycloheptasiloxan (D7) | 107-50-6 | 6 | < 5 | 6 | 5 |
| Sum af andre iso/cyclo-alkaner: | | | | | |
| (13475-82-6) | | 140 ¹ | 130 ¹ | 670 | 580 |
| Sum af andre siloxanes: | | | | | |
| (556-67-2) | | 11 | 11 | i.d. | i.d. |
| Sum af andre sesquiterpener: | | | | | |
| (475-20-7) | | 5 | 5 | i.d. | i.d. |
| Sum af VOC'er (TVOC) | | | | | |
| | | 400 | 380 | 980 | 810 |

Stoffer angivet i nedsænket parentes, er anvendt til kalibrering på grund af manglende referencestof.

* Klassificeret som CMR-stof kategori 1A eller 1B jf. bilag VI til forordning (EC) No 1272/2008

¹ Fundet i gamer udstyr tilbehør (ID 3-7) jf. TABEL 13, TABEL 14 ,TABEL 15.

i.d.: Ikke detekteret

PC og skærm, sæt 1 og 2

Resultater for PC og skærm sæt 1 og 2 fremgår af TABEL 17. I test af PC og skærm 1 (ID 15-16) er der fundet følgende kemikalier, der er relevante ud fra den indledende farevurdering: cykliske siloxaner (D5, D6 og D7), 2-Ethyl-1-hexanol og styren med CMR-effekt. Udover de nævnte kemikalier er der fra PC og skærm 2 (ID 17-18) fundet phenol i en koncentration på 5 µg/m³. Styren er fundet i samme koncentration. Siloxaner er fundet i koncentrationer mellem 6 og 22 µg/m³.

TABEL 17. Resultater af VOC og aldehyd målinger for PC og skærm 1 og 2 i µg/m³. Koncentrationer svarer til referencerummet

| Stofnavn | CAS RN | PC + skærm 1 ID 15 + 16 | | PC + skærm 2 ID 17 + 18 | |
|---------------------------------|-----------|----------------------------|------|----------------------------|-----|
| | | 1 d | 3 d | 1 d | 3 d |
| Ketoner | | | | | |
| Cyclohexanone | 108-94-1 | 8 | 6 | < 5 | < 5 |
| Keton 1 (toluen) | | i.d. | i.d. | 24 | 9 |
| Keton 2 (toluen) | | 21 | 16 | 23 | 10 |
| Alkoholer | | | | | |
| Butanol | 71-36-3 | i.d. | i.d. | 6 | 5 |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 9 | 6 | 9 | < 5 |
| Dodecanol | 112-53-8 | i.d. | i.d. | 6 | < 5 |
| Glycol, Ethere, Estre | | | | | |
| 1,4-Dioxane | 123-91-1 | i.d. | i.d. | 6 | < 5 |
| Ethylhexyl acrylat | 103-11-7 | 16 | 11 | < 5 | < 5 |
| Isobornyl acrylat | 5888-33-5 | < 5 | < 5 | 11 | < 5 |
| Diethylene glycol dibutyl ether | 112-73-2 | i.d. | i.d. | 10 | < 5 |
| Alifatiske kulbrinter | | | | | |
| C14 (Tetradecan) | 629-59-4 | 5 | < 5 | 9 | < 5 |
| C15 (Pentadecan) | 629-62-9 | < 5 | < 5 | 34 | 9 |
| C16 (Hexadecan) | 544-76-3 | 5 | < 5 | 40 | 8 |
| C17 (Heptadecan) | 629-78-7 | < 5 | < 5 | 17 | < 5 |
| C18 (Octadecan) | 593-45-3 | i.d. | i.d. | 5 | < 5 |
| Aromatiske kulbrinter | | | | | |
| Toluen | 108-88-3 | 12 | 7 | < 5 | < 5 |
| m,p-Xylen | 1330-20-7 | 7 | < 5 | 11 | 6 |
| Styren * | 100-42-5 | 5 | < 5 | 5 | < 5 |
| Phenoler | | | | | |
| Phenol | 108-95-2 | i.d. | i.d. | 5 | < 5 |
| Aminer | | | | | |
| 4-Acrylmorpholin | 5117-12-4 | i.d. | i.d. | 7 | < 5 |
| Organiske syrer | | | | | |
| Eddikesyre | 64-19-7 | 34 | 41 | 37 | 25 |

| Stofnavn | CAS RN | PC + skærm 1 ID 15 + 16 | | PC + skærm 2 ID 17 + 18 | |
|--|--------------|----------------------------|------|----------------------------|-----|
| | | 1 d | 3 d | 1 d | 3 d |
| Palmitinsyre | 57-10-3 | i.d. | i.d. | 5 | 10 |
| Siloxaner | | | | | |
| Hexamethylcyclotrisiloxan (D3) | 541-05-9 | < 5 | < 5 | 6 | < 5 |
| Decamethylcyclopentasiloxan (D5) | 541-02-6 | 7 | < 5 | < 5 | < 5 |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | 15 | 8 | 10 | < 5 |
| Tetradecamethylcycloheptasiloxane (D7) | 107-50-6 | 19 | 10 | 22 | < 5 |
| Sum af andre iso/cyclo-alkaner: | (13475-82-6) | 24 | 17 | 140 | 51 |
| Sum af andre siloxaner: | (556-67-2) | 16 | 11 | 43 | 5 |
| Sum af VOC'er (TVOC) | | 180 | 120 | 420 | 120 |

Stoffer angivet i nedsænket parentes, er anvendt til kalibrering på grund af manglende referencestof

* Klassificeret som CMR-stof kategori 1A eller 1B jf. bilag VI til forordning (EC) No 1272/2008

i.d.: Ikke detekteret

SVOC-resultater

Resultatet for SVOC-målinger udført i de 4 kammertest af gamersæt og sæt med PC og skærm ses i TABEL 18. Resultater af SVOC-analysen i ng/m³ for luftprøver taget fra kammer-test. Stofgruppen med de højeste målte koncentrationer er ftalater (DBP, DEP, DiBP og DMP), som især er fundet fra gamersæt 1 (ID 1-7) og PC og skærm 2 (ID 17-18). I gamersæt 1 er der fundet flest SVOC'er i de højeste koncentrationer. Fire SVOC'er er fundet over 100 ng/m³ (3d): DBP (589 ng/m³), DiBP (202 ng/m³), DMP (5434 ng/m³) og TEP (101 ng/m³). Koncentrationen stiger fra dag 1 til dag 3, som kan skyldes effekten af gaming der opvarmer gaming udstyret og klimakammeret, og dermed SVOC-emissioner. Gamersæt 2 (ID 8-14) afgasser lave koncentrationer af SVOC efter 3 dage; DBP (48 ng/m³), DiBP (28 ng/m³), og TEP (40 ng/m³), er fremhævet. De højeste SVOC emissioner efter 3 dage fra PC og skærm 1 (ID 15-16) er DBP (30 ng/m³), TBP (78 ng/m³), 2,4,6-TBP (37 ng/m³) og TEP (326 ng/m³). I PC og skærm 2 (ID 17-18) er følgende SVOC'er fundet i de højeste koncentrationer: DBP (215 ng/m³), DiBP (45 ng/m³) og 2,4,6-TBP (73 ng/m³). Koncentrationerne for gamersæt 2 (ID 8-14) og PC og skærm 1 (ID15-16) og 2 (ID 17-18) er overordnet aftagende fra 1 døgn til 3 døgn's målinger.

Lignende resultater ses for SVOC fra feltundersøgelserne. De samme SVOC'er er fundet, hvor ftalater og TEP er målt med de højeste koncentrationer. I feltundersøgelserne er der yderligere fundet TMP, hvorimod der i en kammertest (gamersæt 2, ID 8-14) yderligere er fundet TDCPP og DEEP i lave koncentrationer på hhv. 0,6 ng/m³ (3 d) og 2,9 ng/m³ (3 d).

TABEL 18. Resultater af SVOC-analysen i ng/m³ for luftprøver taget fra kammertest¹

| Stofnavn | Forkortelse | CAS RN | Gamersæt 1 ID 1-7 | | Gamersæt 2 ID 8-14 | | PC + skærm 1 ID 15 + 16 | | PC + skærm 2 ID 17 + 18 | |
|----------------------------------|-------------|------------|----------------------|-------|-----------------------|-------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|
| | | | 1 d | 3 d | 1 d | 3 d | 1 d | 3 d | 1 d | 3 d |
| Dibutylftalat | DBP | 84-74-2 | 157 | 589 | 55 | 48 | 33 | 30 | 220 | 215 |
| Diethylftalat | DEP | 84-66-2 | 27 | 76 | <14.5 | <13.9 | <14.5 | <14.5 | 26 | 22 |
| Diisobutylftalat | DiBP | 84-69-5 | 59 | 202 | 25 | 28 | <15.4 | <15.4 | 59 | 45 |
| Dimethylftalat | DMP | 131-11-3 | 1209 | 5434 | <15.4 | <15.4 | <15.4 | <15.4 | 25 | 26 |
| 2.4.6-tribromophenol | 2.4.6-TBP | 118-79-6 | 5 | 25 | 1.0 | 1.1 | 37 | 37 | 86 | 73 |
| Diethylethylfosfonat | DEEP | 78-38-6 | 3.4 | 4.5 | 3.5 | 2.9 | <0.07 | <0.07 | 3.0 | 2.3 |
| 2-ethylhexyldifenylfosfat | EHDPP | 1241-94-7 | <0.18 | <0.17 | <0.18 | 0.18 | <0.18 | <0.18 | <0.18 | <0.18 |
| Tributylfosfat | TBP | 126-73-8 | 0.4 | 1.1 | 8.1 | 8.1 | 68 | 78 | 6.4 | 4.5 |
| Tri(2-chloroethyl)fosfat | TCEP | 115-96-8 | 0.8 | 7.1 | <0.19 | <0.19 | <0.18 | <0.18 | <0.18 | <0.18 |
| Tri(1-chloro-2-propyl)fosfat | TCPP | 13674-84-5 | 9.5 | 32 | 16 | 8.4 | 27 | 25 | 37 | 20 |
| Tri(1.3-dichloro-2-propyl)fosfat | TDCPP | 13674-87-8 | <0.35 | <0.34 | 0.5 | 0.6 | <0.36 | <0.36 | <0.36 | <0.37 |
| Triethylfosfat | TEP | 78-40-0 | 106 | 101 | 48 | 40 | 392 | 326 | 8.7 | 6.9 |
| Triphenylfosfat | TPP | 115-86-6 | 0.6 | 2.3 | 2.2 | 3.5 | 0.5 | 0.2 | 1.6 | 2.3 |

¹ Tabellen angiver de identificerede SVOC'er i luft, hvor detektionsgrænser og stofliste fremgår af Bilag 6. Koncentrationer angivet med < tegn, betyder at stoffet er ikke detekteret over dets detektionsgrænse (LOD) ved den analyserede luftmængde.

5.4 Diskussion af resultater

Resultaterne beskrevet i forrige afsnit tyder på at tastatur, mus, musemåtte og headset kun har lave emissioner af VOC'er. Selvom udstyret har været tilsluttet strøm og været tændt, så har det ikke udviklet varme. Til gengæld afgasser gamerstolene flere stoffer med fareklassificering, som formaldehyd, dimethylformamid, dimethylnaphthalen, edikesyre og 2-ethylhexansyre i høje koncentrationer sammenlignet med de andre resultater målt fra gaming tilbehør.

Kemikalierne, der afgasser fra gamersæt eller PC og skærm, varierer i type og koncentration. Test af gamersæt hvor stol og tilbehør er inkluderet, har emission af flere kemikalier i højere koncentrationer end PC og skærm. Kombinationen mellem enkelttest og samlet test for gamersæt 1 indikerer, at flere stoffer fra gamersæt 2 kan stamme fra gamerstolen.

Antal timer med høj temperatur i klimakammeret har varieret betydeligt mellem de forskellige gamingsæt på grund af afbrydelser i remote gaming. Det skyldes sandsynligvis at PC'en selv har lukket spillet, idet temperaturlogging af CPU/GPU viser meget høje temperaturer, som kan være en overskridelse af grænsen for maksimal temperatur. Især PC + skærm 2, har haft under 12 timer i begge gaming perioder. Emissioner fra PC-udstyret vil derfor være nedsat, da der kræves længere tid med høje temperaturer for frigivelse af VOC'er og SVOC'er fra elektronikken samt fra andre dele, som ikke er overvåget (kabinet, kabler eller andet).

5.4.1 Sammenligning af flygtige stoffer fra kortlægningen og de fundne stoffer fra produkterne

Emissioner af flygtige kemikalier fra alle gaming produkter, både gaming tilbehør og gamersæt, fundet i nærværende feltundersøgelser og klimakammertest er samlet i TABEL 19. I tabellen er de 67 stoffer sammenholdt med tidligere studier, der har testet computere og lignende produkter i klimakammertest (luftprøver). Der er ikke fundet VOC'er i støv, men mange af de målte kemikalier i luftprøverne fra klimakammertest er også fundet i luftprøverne taget fra feltundersøgelserne og i litteraturen.

VOC'er

Analysen af gamerudstyr i klimakamre for VOC'er viser, at mange af stofferne er fundet i feltundersøgelserne og i litteraturen. I feltundersøgelserne er der fundet de samme aldehyder, nogle alkoholer og aromatiske kulbrinte og cykliske siloxaner. Gaming udstyret afgasser stofgrupperne: Aldehyder, alifatiske og aromatiske kulbrinter, siloxaner og phenoler. Fem aminer/amider afgasser fra gamerstolene, men findes ikke i forbindelse med afgasninger fra computere i litteraturen og er heller ikke fundet ved feltundersøgelserne. Amiderne dimethylformamid (DMF) og formamid anvendes i fremstilling af polymerskum jf. litteraturundersøgelsen (2.4). Intet af gaming udstyret afgassede formamid, men DMF blev fundet i afgasningerne fra gamerstolene (ID-7, ID 27, ID 33), og er et særligt problematisk kemikalie (SVHC).

Formaldehyd (VVOC) som er kræftfremkaldende (Carc. 1B) afgassede fra alle gamerstolene, og i bemærkelsesværdige høje koncentrationer fra gamerstolene ID 22 og ID 33, men kunne ikke korreleres med tilgængelig information om materialerne jf. TABEL 7. Formaldehyd blev også identificeret i alle feltundersøgelserne, men kunne ikke tilskrives gamerstole, pga. det forekommer i mange produkter til indendørs brug.

I feltundersøgelser er der fundet siloxaner (D3, D4, D5, D6), hvoraf D5 er hyppigst fundet i de højeste koncentrationer. Siloxaner er også fundet i afgasningen fra gamer udstyr. Her måles D3, D5 og D6, derudover findes D7. For gaming tilbehør afgasser siloxaner fra ID 28 (headset) og ID 29 (tastatur) og fra ID 7, ID 27 og ID 33 (gamerstole). Det er mest D3 der afgasser. Fra gamersæt afgasser mest D6 og D7. Derved kan der argumenteres for at gamer udstyr er en kilde til siloxaner fundet i feltanalyserne.

SVOC'er

Bromerede flammehæmmere som tidligere er rapporteret i litteraturen er ikke identificeret i afgasingerne fra gamerudstyret eller i feltundersøgelserne, hvilket kan skyldes de udfases og erstattes med organofosforflammehæmmere mfl. Fire af de identificerede organofosfor flammehæmmere (TBP, TCPP, TEP og TPP) afgasser fra alle computersæt i niveauer fra < 1 ng/m³ (TBP og TPP) op til 392 ng/m³ (TEP). TEP anvendes som brandhæmmer og blødgører i PU-skum.

Ftalaterne dibutylftalat (DBP) og diisobutylftalat (DiBP), samt organofosfor-flammehæmmerne tri(1-chloro-2-propyl)fosfat (TCPP), triethylfosfat (TEP) og triphenylfosfat (TPP) er fundet i afgasningerne fra alle gaming sæt og i luften ved de 7 feltundersøgelser i meget lave koncentrationer, hvilket tyder på at en bred anvendelse af disse stoffer i gaming udstyr.

TABEL 19. Oversigt over alle kemikalier fundet i klimakammertest for gaming udstyr (luft) og i feltundersøgelserne i dette projekt (luft og støv), samt i litteraturen fra gaming udstyr (luft)

| Stofnavn | CAS RN | Feltundersøgelser | | Litteratur |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|-------------|--------------------------|
| | | Luft (µ/m ³) | Støv (ng/g) | Luft (µ/m ³) |
| Aldehyder | | | | |
| Formaldehyd (VVOC) | 50-00-0 | Ja | Nej | Ja |
| Hexanal | 66-25-1 | Ja | Nej | Ja |
| Benzaldehyd | 100-52-7 | Ja | Nej | Ja |
| Nonanal | 124-19-6 | Ja | Nej | Ja |
| Ketoner | | | | |
| Cyclohexanone | 108-94-1 | Nej | Nej | Ja |
| Alkoholer | | | | |
| n-Butanol | 71-36-3 | Ja | Nej | Ja |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | Ja | Nej | Ja |
| Dodecanol | 112-53-8 | Ja | Nej | Nej |
| 1-Methoxy-2-propanol | 107-98-2 | Nej | Nej | Nej |
| 2-Phenyl-2-propanol | 617-94-7 | Nej | Nej | Ja |
| Glycol, Ethere, Estre | | | | |
| Safrol * | 94-59-7 | Nej | Nej | Nej |
| Triacetin | 102-76-1 | Nej | Nej | Nej |
| Butyldiglycol acetate | 124-17-4 | Nej | Nej | Nej |
| Benzoic acid, 4-ethoxy-, ethyl ester | 23676-09-7 | Nej | Nej | Nej |
| 1,2-Propylene carbonat | 108-32-7 | Nej | Nej | Ja |
| 1,4-Dioxane | 123-91-1 | Nej | Nej | Nej |
| Ethylhexyl acrylat | 103-11-7 | Nej | Nej | Ja |
| Isobornyl acrylat | 5888-33-5 | Nej | Nej | Ja |
| Diethylene glycol dibutyl ether | 112-73-2 | Nej | Nej | Nej |
| Alifatiske kulbrinter | | | | |
| C12-16 (Dodecan) | 112-40-3 | Ja | Nej | Ja |
| C13 (Tridecane) | 629-50-5 | Nej | Nej | Ja |
| C14 (Tetradecane) | 629-59-4 | Nej | Nej | Ja |
| C15 (Pentadecane) | 629-62-9 | Nej | Nej | Ja |
| C16 (Hexadecane) | 544-76-3 | Nej | Nej | Ja |
| C17 (Heptadecane) | 629-78-7 | Nej | Nej | Nej |

| Stofnavn | CAS RN | Feltundersøgelser | | Litteratur |
|--|-----------|--------------------------|-------------|--------------------------|
| | | Luft (µ/m ³) | Støv (ng/g) | Luft (µ/m ³) |
| C18 (Octadecane) | 593-45-3 | Nej | Nej | Ja |
| Aromatiske kulbrinter | | | | |
| Toluen | 108-88-3 | Ja | Nej | Ja |
| m,p-Xylen | 1330-20-7 | Ja | Nej | Ja |
| Styren * | 100-42-5 | Ja | Nej | Ja |
| 4-Metyldiphenylmethan | 620-83-7 | Nej | Nej | Nej |
| Methylnaphthalen | - | Nej | Nej | Ja |
| Dimethylnaphthalen | 1051-00-0 | Nej | Nej | Nej |
| Methylbiphenyl | - | Nej | Nej | Nej |
| Trimethylnaphthalen | 1052-00-0 | Nej | Nej | Nej |
| 2,2,5,5-Tetramethylbiphenyl | 3075-84-1 | Nej | Nej | Nej |
| Terpener | | | | |
| α-Terpineol | 7785-53-7 | Nej | Nej | Nej |
| Longifolen | 475-20-7 | Nej | Nej | Ja |
| Organiske syrer | | | | |
| Eddikesyre | 64-19-7 | Ja | Nej | Ja |
| 2-Ethylhexansyre | 149-57-5 | Nej | Nej | Ja |
| Palmitinsyre | 57-10-3 | Nej | Nej | Nej |
| Siloxaner | | | | |
| Hexamethylcyclotrisiloxan (D3) | 541-05-9 | Ja | Nej | Ja |
| Octamethylcyclotetrasiloxan (D4) | 556-67-2 | Ja | Nej | Ja |
| Decamethylcyclopentasiloxan (D5) | 541-02-6 | Ja | Nej | Ja |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | Ja | Nej | Ja |
| Tetradecamethylcycloheptasiloxan (D7) | 107-50-6 | Nej | Nej | Ja |
| Thiazoler | | | | |
| Benzothiazole | 95-16-9 | Nej | Nej | Nej |
| Aminer/Amider | | | | |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) * | 68-12-2 | Nej | Nej | Ja |
| N,N-Dimethylacetamid * | 127-19-5 | Nej | Nej | Nej |
| N,N-Diethylmethylamin | 616-39-7 | Nej | Nej | Nej |
| Caprolactam | 105-60-2 | Nej | Nej | Nej |
| 4-Acrylmorpholin | 5117-12-4 | Nej | Nej | Nej |
| Nitriler | | | | |
| 2,2'-Azobis(2-methylpropanenitrile) (AIBN) | 78-67-1 | Nej | Nej | Nej |
| Phenoler | | | | |
| Phenol | 108-95-2 | Nej | Nej | Nej |
| 4-Nonylphenol (Toluene) | 104-40-5 | Nej | Nej | Nej |
| SVOC'er | | | | |
| Dibutylftalat (DBP) | 84-74-2 | Ja | Ja | Nej |
| Diethylftalat (DEP) | 84-66-2 | Ja | Nej | Ja |
| Diisobutylftalat (DiBP) | 84-69-5 | Ja | Ja | Nej |
| Dimethylftalat (DMP) | 131-11-3 | Ja | Nej | Nej |
| 2,4,6-tribromophenol | 118-79-6 | Ja | Nej | Nej |

| Stofnavn | CAS RN | Feltundersøgelser | | Litteratur |
|--|------------|--------------------------|-------------|--------------------------|
| | | Luft (μm^3) | Støv (ng/g) | Luft (μm^3) |
| Diethylethylfosfonat (DEEP) | 78-38-6 | Nej | Nej | Nej |
| 2-ethylhexyldifenylfosfat (EHDPP) | 1241-94-7 | Ja | Ja | Nej |
| Tributhylfosfat (TBP) | 126-73-8 | Ja | Ja | Nej |
| Tri(2-chloroethyl)fosfat (TCEP) | 115-96-8 | Ja | Ja | Nej |
| Tri(1-chloro-2-propyl)fosfat (TCPP) | 13674-84-5 | Ja | Ja | Nej |
| Tri(1,3-dichloro-2-propyl)fosfat (TDCPP) | 13674-87-8 | Nej | Ja | Nej |
| Triethylfosfat (TEP) | 78-40-0 | Ja | Ja | Ja |
| Triphenylfosfat (TPP) | 115-86-6 | Ja | Ja | Ja |

* Klassificeret som CMR-stof kategori 1A eller 1B jf. bilag VI til forordning (EC) No 1272/2008

6. Farevurdering

6.1 Metode for prioritering af stoffer til videre risikovurdering

I forbindelse med en risikovurdering af afgasning af ovenstående stoffer er det vigtigt at fokusere på de stoffer, der besidder betænkelige sundhedsfarlige egenskaber samt de stoffer der forekommer i koncentrationer, der vurderes at ligge tæt på betænkelige niveauer.

I forbindelse med prioriteringen er det vigtigt at bemærke at alle målinger er angivet som de stofniveauer en gamer vil blive udsat for i et standardrum på 17,4 m³ med et luftskifte på 0,2 gang i timen. Dvs. de målte værdier kan direkte anvendes som eksponeringsværdier og vurderes i forhold til kendte tolerable eksponeringsværdier for stofferne.

Nedenfor refereres kort prioriterings-/screeningsproceduren, for at udpege de mest kritiske stoffer blandt de mange målte stoffer (detaljer i processen og gennemgang af tabellernes måleresultater er beskrevet i Bilag 7).

Trin 1: VOC'er i TABEL 13, 14, 15, 16 og 17, som har målte værdier lavere end en screeningsværdi på 10 µg/m³ prioriteres ikke videre, medmindre stoffernes struktur eller baggrundsviden om stofferne giver anledning til betænkeligheder. For SVOC'er i TABEL 18 prioriteres målingerne over en screeningsværdi på 10 ng/m³ (se forklaring på de valgte screeningsværdier i Bilag 7).

Trin 2: For stoffer der er prioriteret efter trin 1 søges der oplysninger om stoffernes fareklassificering, og der indsamles data på tolerable eksponeringsniveauer, som derpå anvendes som screeningsværdier til at vurdere, om de målte værdier er tæt på og dermed kan have betydning i risikovurderingen. Stofferne udgår af prioriteringen hvis de målte eksponeringsniveauer udgør mindre end 1/10 eller for nogle stoffers vedkommende mindre end 1/100 af de fundne screeningsværdier. Dette sikrer en meget forsigtig tilgang, da det ikke forventes at en efterfølgende detaljeret vurdering af de anvendte screeningsværdier for stofferne vil medføre 10-100 gange lavere tolerable eksponeringsværdier end screeningsværdierne.

Trin 3: For stofferne der er passeret trin 1 og trin 2 foretages en grundigere litteratursøgning for at opnå viden om stoffernes kritiske effekter (dvs. de effekter som kan optræde ved de laveste niveauer af stofferne) og dosis-respons for disse. Det vurderes i hvilket omfang de screeningsværdier, der er blevet anvendt, er pålidelige, og om de er beregnet efter retningslinjerne for DNEL-udledning i REACH-reguleringen (ECHA 2012). Det vurderes således om vurderingerne bag screeningsværdierne kan anvendes videre i risikovurderingen eller om de skal justeres ud fra nye oplysninger fremkommet ved søgningen eller ved genberegning af værdierne iflg. ECHA (2012). Der lægges i vurderingen af stofferne vægt på at anvende de senest opdaterede ekspert- eller myndighedsvurderinger af stofferne. Hvis sådanne ikke foreligger, anvendes data for stofferne fx indhentet fra REACH-registreringsdata på stofferne.

6.2 Resultatet af prioriteringsprocessen

Efter ovenstående prioriteringsmetode er resterende stoffer nedenfor i TABEL 20 blevet udvalgt til videre farevurdering og risikovurdering i projektet:

TABEL 20. Prioriterede stoffer for videre fare-og risikovurdering

| Prioritering af VOC-stoffer (fra TABEL 13, 14, 15, 16 og 17) | | | | | |
|--|-----------|--|---|--|--|
| Stofnavn | CAS RN | Højst målte koncentration $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Klassificering | Tolerabelt eksponeringsniveau/ screeningsværdi $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Prioritering |
| Formaldehyd | 50-00-0 | 130 | AcuteTox 3 H301, H311, H331 Skin Corr. 1B H314 Eye Damage 1 H318 Skin Sens 1 H317 Muta 2 H341 Carc 1B H350 | 100 øjen- og luftvejsirritation EU-LCI 2016b WHO 2010 | Ja* |
| Eddikesyre | 64-19-7 | 260 | Skin Corr. 1A H314 | 1200 luftvejsirritation EU-LCI 2016a | Ja* |
| 2-Ethylhexansyre | 149-57-5 | 36 | Repr. 2 H361 Fremtidig harmoniseret klassificering: Repr. 1B H360D (ECHA-RAC 2020a) | 150 fosterskader EU LCI 2014 | Ja* |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 13 | Acute Tox. 4 H332 Skin Irrit. 2 H315: Eye Irrit. 2 H319 | 300 luftvejsirritation, EU-LCI 2014b | Ja (NB: kan omsættes til 2-ethylhexansyre i organismen) |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | 68-12-2 | 98 | Acute Tox. 4 H312 Eye Irrit. 2 H319 Acute Tox. 4 H332 Repr. 1B H360d | 700 (øjen- og luftvejsirritation) 170 (levertoksicitet) SCHEER 2021 | Ja* |
| methylnaphthalen | | 15 | Acute Tox. 4 H302 Carc. 2 H351 Klassificernig for naphthalen | 10 (betændelse i luftvejene) værdi for naphthalen EU-LCI 2015 | Ja* |
| dimethylnaphthalen | 1051-00-0 | 30 | | | |
| triethylnaphthalen | 1052-00-0 | 16 | | | |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | 15 | Ikke klassificeret | 130 (Lungeeffekter/ levereffekter) MST 2021 | Ja* |
| 2,2'-Azobis(2-methylpropanenitrile) | 78-67-1 | 5 | Acute Tox. 4 H302, H332 | 70 DNEL (REACH-reg.) | Ja** |
| Safrol | 94-59-7 | 12 | Acute Tox. 4 H302 Muta. 2 H341 Carc. 1B H350 | Ingen REACH registrering | Ja genotoksisk carcinogen |
| Prioritering af SVOC-stoffer (fra TABEL 18) | | | | | |
| Dibutylftalat DBP | 84-74-2 | 0,589 | Repr. 1B H360Df | 6,7 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{dag}$ eller 23,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hormonforstyrrende RAC 2018 | Ja*** |
| Diisobutylftalat DiBP | 84-69-5 | 0,202 | Repr. 1B H360Df | 8,3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{dag}$ eller 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hormonforstyrrende RAC 2018 | Ja*** |

Ja*: den målte eksponeringsværdi er mere end 1/10 af den tolerable eksponeringsværdi, fundet i ekspertvurdering

Ja**: den målte eksponeringsværdi er mere end 1/50-100 af den tolerable eksponeringsværdi baseret på DNEL-værdi fra REACH-registrering.

Ja***: den målte eksponeringsværdi er tæt på eller mere end 1/100 af den tolerable eksponeringsværdi fundet i ekspertvurdering

6.3 Farevurdering af de prioriterede stoffer

Efter yderligere litteratursøgning og kritisk gennemgang af data for de prioriterede stoffer er nedenstående tolerable eksponeringsniveauer (TABEL 21) beregnet efter REACH-regulerings principper for DNEL/ DMEL-beregning (ECHA 2012).

TABEL 21. Prioriterede stoffer og tolerable eksponeringsniveauer

| Stofnavn | CAS RN | Tolerabelt eksponeringsniveau og kritisk effekt | Kommentar |
|--|-----------------------------|---|---|
| Formaldehyd | 50-00-0 | 50 µg/m ³ irritation/påvirkning af næseslimhinden samt øjen- og luftvejsirritation | Genvurderet i.f.t. den anvendte screeningsværdi |
| Eddikesyre | 64-19-7 | 1200 µg/m ³ irritation | Screeningsværdi bibeholdes til risikovurderingen |
| 2-Ethylhexansyre | 149-57-5 | 880 µg/m ³ fosterskader | Genvurderet i.f.t. den anvendte screeningsværdi |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 800 µg/m ³ irritation | Genvurderet i.f.t. den anvendte screeningsværdi |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | 68-12-2 | 170 µg/m ³ levereffekter 700 µg/m ³ irritation | Screeningsværdi bibeholdes til risikovurderingen |
| Methylnaphthalen Dimethylnaphthalen Triethylnaphthalen | - 1051-00-0 1052-00-0 | 58 µg/m ³ irritation gældende på enkeltstofniveau og summen af de tre stoffer | Genvurderet i.f.t. den anvendte screeningsværdi |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | 70 µg/m ³ levereffekter/lungeeffekter | Genvurderet i.f.t. den anvendte screeningsværdi |
| 2,2'-Azobis(2-methylpropanenitrile) | 78-67-1 | Data ikke tilstrækkelige for udledning af værdi | Udgår fra risikovurdering |
| Safrol | 94-59-7 | 0,8 µg/m ³ (sv.t. 10 ⁻⁶ kræftisiko for livslang eksponering) | Beregnet kræftisiko, men data til beregningen ikke fuldt transparent. |
| Dibutylftalat DBP | 84-74-2 | 23 µg/m ³ hormonforstyrrende effekter | Screeningsværdi bibeholdes til risikovurderingen |
| Diisobutylftalat DiBP | 84-69-5 | 29 µg/m ³ hormonforstyrrende effekter | Screeningsværdi bibeholdes til risikovurderingen |

Der ses at screeningsværdierne er bibeholdt for fire stoffer (eddikesyre, N,N-dimethylformamid, dibutylftalat og fisiobutylftalat), mens der er fastsat en anden værdi for de øvrige stoffer. Således er værdierne reduceret med en faktor 2 for formaldehyd og dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) i forhold til screeningsværdierne, mens værdierne for 2-ethylhexansyre, 2-ethylhexanol og methylnaphthalen, dimethylnaphthalen triethylnaphthalen er øget med en faktor 5-6 i forhold til screeningsværdierne. Se vurderingerne af de enkelte stoffer i Bilag 7.

Ved samtidig udsættelse for flere stoffer på én gang, vurderes det relevant at addere risikobidragene (RCR-værdierne) for stoffer med samme kritiske effekt, dvs. at RCR-værdierne for stofferne med irritative egenskaber adderes til en sum RCR-værdi for irritation. Tilsvarende gør sig gældende for stoffer med hormonforstyrrende effekter eller levereffekter.

7. Eksponerings- og risikovurdering

7.1 Eksponeringsniveauer

Som angivet i afsnit 4.3 er målingerne i klimakamrene baseret på et worst-case scenarie for et gamer-referencerum:

| | |
|----------------------------|---------------------|
| Rumfang per gaming udstyr: | 17,4 m ³ |
| Luftskifte: | 0,2 h ⁻¹ |
| Klimaforhold: | 25°C / 50 % RH |

Disse parametre er således indgået i bearbejdning af måleresultaterne, som er korrigeret med en faktor, så kemikalierne koncentrationer i luften angivet i TABEL 13 til 18 svarer til de realistiske worst-case koncentrationer for eksponering. Dvs. de angivne værdier kan direkte anvendes som eksponeringsværdier.

Da unge i visse tilfælde kan game hen over en hel weekend, vurderes det realistisk at vurdere udsættelse for stofferne i forhold til tilladte koncentrationniveauer (DNEL-værdier) gældende for 24 timers eksponering. Det betyder at de fundne DNEL-værdier for stofferne kan anvendes direkte over for de målte stofniveauer, idet DNEL-værdierne i overensstemmelse med REACH retningslinjerne er beregnet som 24 timers gennemsnitlige eksponeringsniveauer.

7.2 Udvalgelse af udstyr til risikovurdering

Med udgangspunkt i de prioriterede stoffer foretages der en prioritering af det udstyr, hvorfra de højeste niveauer af stofferne er fundet. Desuden udpeges også det udstyr hvor de næsthøjeste niveauer er fundet idet risikovurderingen af dette udstyr kan blive relevant hvis der er fundet risiko fra udstyret med de højeste niveauer.

For VOC'er er der ved prioriteringen ikke fundet grundlag for videre vurdering af nogle af stofferne fra TABEL 13 "tastatur og mus" eller fra TABEL 14 "headset og musemåtte" som følge af de meget lave målte niveauer (under 10 µg/m³ for de prioriterede stoffer, se 119Bilag 7).

For det øvrige udstyr giver måleresultaterne for de prioriterede stoffer i TABEL 15, 16 og 17 anledning til udvælgelse af udstyret med størst afgasning af VOC'er, som angivet nedenfor i TABEL 22. Det samme princip er gældende for de prioriterede SVOC'er i TABEL 18, hvor udstyret med størst afgasning er udvalgt i TABEL 23.

TABEL 22. Gaming udstyr udvalgt til risikovurdering baseret på højeste niveauer af prioriterede VOC'er

| Stofnavn | Gamerstole | PC og skærm | Gamersæt |
|-------------------|--|-------------|--|
| Formaldehyd (VOC) | ID22: 130 µg/m ³ ID33: 120 µg/m ³ | - | ID 1-7: 35 µg/m ³ ID 8-14: 31 µg/m ³ |
| Eddikesyre | ID33: 260 µg/m ³ ID7: 110 µg/m ³ | - | ID 8-14: 210 µg/m ³ ID 1-7: 83 µg/m ³ |

| | | | |
|-------------------------------------|---|--|--|
| 2-Ethylhexansyre | ID27: 36 µg/m ³ ID22: 5 µg/m ³ | - | ID 1-7: 22 µg/m ³ |
| 2-Ethyl-1-hexanol | ID33: 13 µg/m ³ | ID15+16: 9 µg/m ³ | ID 1-7: 10 µg/m ³ ID 8-14: 5 µg/m ³ |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | ID27: 98 µg/m ³ ID7: 38 µg/m ³ | - | ID 1-7: 46 µg/m ³ |
| Methylnaphthalen | ID22: 15 µg/m ³ | - | - |
| Dimethylnaphthalen | ID22: 30 µg/m ³ | - | - |
| Triethylnaphthalen | ID22: 16 µg/m ³ | - | - |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | - | ID15+16: 15 µg/m ³ ID17+18: 10 µg/m ³ | ID 8-14: 13 µg/m ³ |
| Safrol | ID22: 12 µg/m ³ | - | - |
| Udstyr med højeste målinger* | ID22, ID33, ID27 | ID15+16 | ID 1-7, ID 8-14 |
| Øvrigt udstyr | ID7 | ID17+18 | - |

TABEL 23. Gaming udstyr udvalgt til risikovurdering baseret på højeste niveauer af prioriterede SVOC'er

| Stofnavn | PC + skærm | Gamersæt |
|------------------------------------|---|--|
| Dibutylftalat | ID17+18: 220 ng/m ³ ID15+16: 33 ng/m ³ | ID1-7: 589 ng/m ³ ID8-14: 55 ng/m ³ |
| Diisobutylftalat | ID17+18: 59 ng/m ³ | ID1-7: 202 ng/m ³ ID8-14: 28 ng/m ³ |
| Udstyr med højeste målinger | ID17+18 | ID1-7 |
| Øvrigt udstyr | ID15+16 | ID8-14 |

For udstyret med de højeste målte niveauer (angivet med **fed** skrift) af de prioriterede stoffer foretages risikovurdering. Hvis der beregnes risiko ved dette udstyr, udføres der desuden risikovurdering for udstyr med lavere målinger (angivet med almindelig skrifttype), i første omgang for udstyret angivet som "øvrigt udstyr", hvor de næsthøjeste værdier er fundet.

7.3 Risikovurderingsmetode

Vurdering af risiko ved eksponering for et eller flere af de prioriterede stoffer foretages ud fra de retningslinjer, der anvendes i forbindelse med REACH kemikalireguleringen (ECHA 2012b). Risikovurdering foretages ved at beregne risikokarakteriseringsratioen (RCR) for de enkelte prioriterede stoffer, hvor RCR beregnes som:

$$RCR(\text{stof } x) = \text{Målt eksponering (stof } x) / \text{DNEL værdi (stof } x)$$

Hvis den målte eksponering for et stof overstiger DNEL-værdien, og RCR dermed bliver større end 1, anses eksponeringen at udgøre en uacceptabel risiko.

For at vurdere risikoen ved samtidig eksponering for flere stoffer anvendes summering af de enkelte RCR-værdier:

$$RCR(\text{sum}) = RCR(1) + RCR(2) + \dots RCR(n)$$

Denne fremgangsmåde kan anvendes, når de stoffer der indgår i den samlede eksponering hver især har ens effekter (fx irritation af slimhinder i øjne og luftveje, levereffekter eller samme hormonforstyrrende egenskaber), og hvor man derfor kan formode en additiv effekt og risikobidragene, dvs. RCR-værdierne for de enkelte ens virkende stoffer adderes derfor. Hvis RCR (sum) overskrider 1, anses den samlede eksponering for stofferne inden for en stofgruppe at udgøre en uacceptabel risiko.

7.4 Risikovurdering af udvalgt gaming udstyr

7.4.1 Risikoberegninger for gaming udstyret

Ved risikoberegning for det udvalgte gaming udstyr foretages der risikoberegning for afgangning af alle de prioriterede stoffer, og ikke kun det/de prioriterede stoffer som det enkelte gaming udstyr blev udvalgt på baggrund af. Dette vurderes relevant, idet risikobidragene for de øvrige prioriterede stoffer kan have betydning for den samlede risiko.

7.4.1.1 Gamerstole

Af TABEL 24 ses at ved risikoberegning for gamerstol ID 22 fås en RCR-værdi på 2,6 for formaldehyd alene, som dermed udgør en risiko for irritation/påvirkning af næseslimhinden. Summen af methylnaphthalener udgør tilsvarende en risiko for irritationseffekt på luftvejene med en RCR-værdi på 1,05. Samlet set fås en RCR-værdi på 3,7 for eksponering med luftvejsirriterende stoffer, når også eddikesyres RCR-bidrag medregnes.

TABEL 24. Risikovurdering af VOC-afgasning fra gamerstol ID 22

| Stofnavn | Målte værdier | DNEL (kritisk effekt) | RCR |
|----------------------------------|-----------------------|---|--------------|
| Formaldehyd | 130 µg/m ³ | 50 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 2,6* |
| Eddikesyre | 81 µg/m ³ | 1200 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,07* |
| 2-Ethylhexansyre | 5 µg/m ³ | 880 µg/m ³ (fosterskader) | 0,006 |
| 2-Ethyl-1-hexanol | i.d. | - | - |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | i.d. | - | - |
| Methylnaphthalen | 15 µg/m ³ | 58 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,26* |
| Dimethylnaphthalen | 30 µg/m ³ | 58 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,52* |
| Triethylnaphthalen | 16 µg/m ³ | 58 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,28* |
| Methylnaphthalener, sum | 61 µg/m ³ | 58 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 1,05* |
| Dodecamethylcyclhexasiloxan (D6) | - | -- | - |
| Safrol | 12 µg/m ³ | 0,8 µg/m ³ (DMEL 10 ⁻⁶ kræftisiko) | 15 |
| *RCRsum (irritation) | | | 3,7 |

RCR-værdier med **fed skrift** indikerer risiko

* markerede RCR-værdier indikerer at risikobidragene kan adderes pga. af ens effekter.

Derudover opnås en RCR-værdi på 15 for safrol for øget kræftisiko. Den øgede kræftisiko er dog beregnet ud fra vedvarende eksponering med 12 µg/m³ gennem hele livet, hvorfor en korterevarende overskridelse over nogle dage ikke anses for problematisk. Ved indånding af 12 µg/m³ gennem et døgn vil man ved indånding af 20 m³ luft således indånde ca. 240 µg safrol, hvilket svarer til ca. den samme mængde af safrol, som man hver dag gennem hele livet indtager igennem fødevarer.

Af TABEL 25 ses at ved risikoberegning for gamerstol ID 33 fås en RCR-værdi på 2,4 for formaldehyd alene, som dermed udgør en risiko for irritation/påvirkning af næseslimhinden. Medregnet bidragene fra de øvrige luftvejsirriterende stoffer opnås en samlet RCR-værdi for irritation på 2,7.

Formaldehyd er et kræftfremkaldende stof i mennesker mht. til udvikling af kræft i næse/svælg. Man anser, at der er en tærskelværdi for denne effekt, som først optræder efter længere tids eksponering ved niveauer, hvor vedvarende irritation af slimhinderne medfører forandringer i overfladecellerne. Beskyttelse mod irritation vil således også medføre beskyttelse over for den kræftfremkaldende effekt. Der foreligger imidlertid ikke data, hvorfra man kan fastsætte et konkret NOAEL for den kræftfremkaldende effekt, men det anses ikke for sandsynligt at kortere tids udsættelse for niveauer, der overskrider den irritative grænse, vil medføre nogen øget kræftisiko.

TABEL 25. Risikovurdering af VOC-afgasning fra gamerstol ID 33

| Stofnavn | Målte værdier | DNEL (kritisk effekt) | RCR |
|-----------------------------------|-----------------------|---|-------|
| Formaldehyd | 120 µg/m ³ | 50 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 2,4* |
| Eddikesyre | 260 µg/m ³ | 1200 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,22* |
| 2-Ethylhexansyre | - | - | - |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 13 µg/m ³ | 800 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,02* |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | 15 µg/m ³ | 170 µg/m ³ (levereffekt) | 0,09 |
| | | 700 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,02* |
| Methylnaphthalen | - | - | - |
| Dimethylnaphthalen | - | - | - |
| Triethylnaphthalen | - | - | - |
| Methylnaphthalener, sum | - | - | - |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | - | - | - |
| Safrol | - | - | - |
| *RCR-sum (irritation) | | | 2,7 |

RCR-værdier med **fed skrift** indikerer risiko.

* markerede RCR-værdier indikerer at risikobidragene kan adderes pga. af ens effekter.

Af TABEL 26 ses ved risikoberegning for gamerstol ID 27 opnås den højeste RCR-værdi på 0,58 for N,N-dimethylformamid ifm. med risiko for levereffekter, mens summen af luftvejsirriterende stoffer medfører en RCR-værdi på 0,49. Dette giver ikke umiddelbart anledning til risiko, men da målingerne er udført ved 25 °C, tages der ikke højde for yderligere lokal opvarmning til 35 °C ved kontakt med kroppen, som for eksempel når gameren sidder i en stol. Ved en temperaturstigning på 10 °C stiger damptrykket til det dobbelte, og dermed luftkoncentrationerne

af flygtige stoffer. Dette kan bevirke at eksponeringer med risikofaktorer med RCR 0,5 – 1,0 bliver større end 1.

TABEL 26. Risikovurdering af VOC-afgasning fra gamerstol ID 27

| Stofnavn | Målte værdier | DNEL (kritisk effekt) | RCR |
|-----------------------------------|----------------------|---|-------|
| Formaldehyd | 9 µg/m ³ | 50 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,18* |
| Eddikesyre | 78 µg/m ³ | 1200 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,07* |
| 2-Ethylhexansyre | 36 µg/m ³ | 880 µg/m ³ (fosterskader) | 0,04 |
| 2-Ethyl-1-hexanol | - | - | - |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | 98 µg/m ³ | 170 µg/m ³ (levereffekt) | 0,58 |
| | | 700 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,14* |
| Methylnaphthalen | - | - | - |
| Dimethylnaphthalen | - | - | - |
| Triethylnaphthalen | - | - | - |
| Methylnaphthalener, sum | - | - | - |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | - | - | - |
| Safrol | - | - | - |
| *RCR-sum (irritation) | | | 0,49 |

* markerede RCR-værdier indikerer at risikobidragene kan adderes pga. af ens effekter.

7.4.1.2 PC og skærm

Af TABEL 27 ses, at der ved risikoberegning for PC+skærm, ID15+16 opnås RCR værdier væsentligt under 1, og der kan ikke påvises risiko for afgasningen fra produkterne.

TABEL 27. Risikovurdering af VOC-afgasning fra PC+ skærm, ID15+16

| Stofnavn | Målte værdier | DNEL (kritisk effekt) | RCR |
|-----------------------------------|----------------------|---|-------|
| Formaldehyd | - | - | - |
| Eddikesyre | 41 µg/m ³ | 1200 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,03* |
| 2-Ethylhexansyre | - | - | - |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 9 µg/m ³ | 800 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,01* |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | - | - | - |
| | | - | - |
| Methylnaphthalen | - | - | - |
| Dimethylnaphthalen | - | - | - |
| Triethylnaphthalen | - | - | - |
| Methylnaphthalener, sum | - | - | - |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 15 µg/m ³ | 70 µg/m ³ (effekter på lever og lunger) | 0,21 |
| Safrol | - | - | - |

| Stofnavn | Målte værdier | DNEL (kritisk effekt) | RCR |
|-----------------------|---------------|-----------------------|------|
| *RCR-sum (irritation) | | | 0,04 |

* markerede RCR-værdier indikerer at risikobidragene kan adderes pga. af ens effekter.

7.4.1.3 Gamersæt

Af TABEL 28 ses, at der ved risikoberegning for gamersæt 1 (ID 1-7) fås RCR-værdier under 1 for alle stoffer og også for RCR sumværdierne på 0,85 m.h.t. irritation. Det er især formaldehyd med en RCR-værdi på 0,7 der bidrager til afgangningen fra gamersættet. Det må anses for mest sandsynligt at formaldehyd afgangningen stammer fra gamerstolen, så tilsvarende for gamerstol ID 27 må opvarmning af gamerstolen fra gamerens kropsvarme formodes at kunne medføre til en øget afgangning og dermed en potentiel risiko for irritation, herunder påvirkning af næseslimhinden.

TABEL 28. Risikovurdering af VOC-afgasning fra gamersæt, ID1-7

| Stofnavn | Målte værdier | DNEL (kritisk effekt) | RCR |
|-----------------------------------|----------------------|---|-------|
| Formaldehyd | 35 µg/m ³ | 50 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,7* |
| Eddikesyre | 83 µg/m ³ | 1200 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,07* |
| 2-Ethylhexansyre | 22 µg/m ³ | 880 µg/m ³ (fosterskader) | 0,03 |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 10 µg/m ³ | 800 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,01* |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | 46 µg/m ³ | 170 µg/m ³ (levereffekt) | 0,27 |
| | | 700 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,07* |
| Methylnaphthalen | - | - | - |
| Dimethylnaphthalen | - | - | - |
| Triethylnaphthalen | - | - | - |
| Methylnaphthalener, sum | - | - | - |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | - | - | - |
| Safrol | - | - | - |
| *RCR-sum (irritation) | | | 0,85 |

* markerede RCR-værdier indikerer at risikobidragene kan adderes pga. af ens effekter.

Af TABEL 29 ses, at der ved risikoberegning for gamersæt 2 (ID 8-14) fås RCR-værdier under 1 for alle stoffer og også for RCR sumværdierne på 0,81 m.h.t. irritation. Det er især formaldehyd med en RCR-værdi på 0,62 og eddikesyre med en RCR-værdi på 0,18 der bidrager til afgangningen fra gamersættet. Det må anses for mest sandsynligt at formaldehyd og eddikesyre afgangningen stammer fra gamerstolen, så tilsvarende som for gamerstol ID 27 må opvarmning af gamerstolen fra gamerens kropsvarme formodes at kunne medføre til en øget afgangning og dermed en potentiel risiko for irritation, herunder påvirkning af næseslimhinden.

TABEL 29. Risikovurdering af VOC-afgasning fra gamersæt 2, ID 8-14

| Stofnavn | Målte værdier | DNEL (kritisk effekt) | RCR |
|----------------------------------|-----------------------|---|--------|
| Formaldehyd | 31 µg/m ³ | 50 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,62* |
| Eddikesyre | 210 µg/m ³ | 1200 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,18* |
| 2-Ethylhexansyre | - | - | - |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 5 µg/m ³ | 800 µg/m ³ (øjen-luftvejsirritation) | 0,006* |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | - | - | - |
| Methylnaphthalen | - | - | - |
| Dimethylnaphthalen | - | - | - |
| Triethylnaphthalen | - | - | - |
| Methylnaphthalener, sum | - | - | - |
| Dodecamethylcyclhexasiloxan (D6) | 13 µg/m ³ | 70 µg/m ³ (lever og lungeeffekter) | 0,19 |
| Safrol | - | - | - |
| *RCR-sum (irritation) | | | 0,81 |

* markerede RCR-værdier indikerer at risikobidragene kan adderes pga. af ens effekter.

7.4.1.4 PC og skærm

De meget lave RCR-værdier i TABEL 30 indikerer at indånding af SVOC'erne fra gaming udstyret ikke udgør risiko for gameren.

TABEL 30. Risikovurdering af SVOC-afgasning fra PC og skærm, ID 17+18

| Stofnavn | Målte værdier | DNEL (kritisk effekt) | RCR |
|-------------------------------|-----------------------|---|--------|
| Dibutylftalat | 220 ng/m ³ | 23 000 ng/m ³ (hormonforstyrrende effekter) | 0,01* |
| Diisobutylftalat | 59 ng/m ³ | 29 000 ng/m ³ (hormonforstyrrende effekter) | 0,002* |
| *RCR-sum (hormonforstyrrende) | - | - | 0,012 |

* markerede RCR-værdier indikerer at risikobidragene kan adderes pga. af ens effekter.

7.4.1.5 Gamersæt

De meget lave RCR-værdier i TABEL 31 indikerer at indånding af SVOC'erne fra gaming udstyret ikke udgør risiko for gameren.

TABEL 31. Risikovurdering af SVOC-afgasning fra gamersæt 1, ID 1-7

| Stofnavn | Målte værdier | DNEL (kritisk effekt) | RCR |
|-------------------------------|-----------------------|---|--------|
| Dibutylftalat | 589 ng/m ³ | 23 000 ng/m ³ (hormonforstyrrende effekter) | 0,026* |
| Diisobutylftalat | 202 ng/m ³ | 29 000 ng/m ³ (hormonforstyrrende effekter) | 0,007* |
| *RCR-sum (hormonforstyrrende) | - | - | 0,033 |

* markerede RCR-værdier indikerer at risikobidragene kan adderes pga. af ens effekter.

7.5 Samlet vurdering

Når måleresultaterne og risikovurderingerne betragtes under ét, ses at afgangningen fra "tastatur og mus" og "headset og musemåtte" er uhyre begrænset og uden risiko, idet niveauerne for alle de prioriterede stoffer lå under $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der forekommer lidt højere, men stadig lav afgangning fra PC + skærme. Her blev der fundet afgangning af eddikesyre og dodecamethylcyclohexasiloxan (D6), men hvor de beregnede RCR-værdier på 0,03 for eddikesyre og 0,21 for D6 ikke anses at udgøre nogen risiko.

Langt størst afgangning blev fundet fra gamerstole, hvor der er risiko for øjen- og luftvejsirritation for stolene ID-22 og ID 33, primært som følge af afgangning af formaldehyd, idet RCR-værdierne for dette stof lå på henholdsvis 2,6 (ID-22) og 2,4 (ID 33).

Selvom RCR-værdien for gamerstol ID 27 lå under 1 kan denne stol ikke udelukkes at medføre en risiko for øjen- og luftvejsirritation, idet øget temperatur fra gamerens kropsvarme under brug af stolen vil medføre en noget højere afgangning end den målte afgangning ved 25°C .

For de målte niveauer fra de to gamingsæt vurderes disse for at være forholdsvis tæt på at udgøre en risiko ifm. øjen- og luftvejsirriterende stoffer. De forholdsvis høje RCR-værdier for formaldehyd på 0,7 og 0,62 for sættene vurderes umiddelbart at stamme fra gamerstolene, da størst formaldehyd afgangning netop er fundet i de separate målinger af gamerstole. De to sæt kan derfor ikke udelukkes at medføre risiko for øjen- og luftvejsirritation, idet øget temperatur fra gamerens kropsvarme under brug af stolen vil medføre en noget højere afgangning end i klimarummet hvor sættene blev målt.

Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) er desuden målt med en RCR-værdi på 0,19 fra et af gamingsættene og her må kilden skønnes at være PC-en eller skærmen, idet D6 også er fundet i de separate målinger for PC + skærm.

Overordnet er det værd at bemærke at betænkelig høj afgangning af øjen- og luftvejsirriterende stoffer finder sted fra gamerstole, mens det elektroniske gaming udstyr ikke i dette projekt har vist sig at medføre afgangning, der udgør nogen risiko.

Det må dog bemærkes, at selvom de meget lave luftkoncentrationer af SVOC målt fra de elektroniske udstyr ikke vurderes at medføre risiko ved indånding, så vurderes eksponeringen af disse stoffer dog at kunne være væsentligt højere. SVOC'er vil nemlig have en tendens til hurtigt at hæfte sig på overflader og støv, således at dampe i luften kun udgør en mindre del af den samlede SVOC-mængde i rummet. Derfor vil en persons eksponering for SVOC udover indånding af dampe, hovedsageligt komme fra kontakt med overflader og kontakt med tekstiler fx. sengetøj og møbler, som er til stede i rummet (Eichler et al, 2021).

7.5.1 Begrænsninger og usikkerheder

Som formelen for RCR-beregningen angiver ($\text{RCR} = \text{eksponering} / \text{DNEL}$) vil usikkerhederne i risikovurderingen komme fra henholdsvis vurderingen (målingerne) af afgangningen samt fra vurderingen af de toksikologiske data og fastsættelse af DNEL-værdien. Derudover vil der forekomme usikkerheder/begrænsninger ved selve screeningsprocessen, hvor en række stoffer i afgangningen vælges fra ved risikovurderingen.

Usikkerheder ved eksponeringen

I projektet er det tilstræbt at foretage målingerne af gaming udstyret på en måde der bedst muligt repræsenterer en brugersituation, og målingerne er udført på en måde, så resultaterne direkte kan omregnes til den luftkoncentration af stoffet som brugeren vil være udsat for. Der vurderes derfor kun at være forholdsvis begrænsede usikkerheder ifm. målingerne i projektet.

Den største usikkerhed ved målingerne må anses at være tilknyttet målingerne fra gamerstolene, idet målingerne er udført ved 25 °C, og således ikke tager højde for yderligere lokal opvarmning til 35 °C ved kontakt med kroppen, som for eksempel når gameren sidder i en stol. Ved en temperaturstigning på 10 °C stiger damptrykket til det dobbelte, og dermed luftkoncentrationerne af flygtige stoffer. Dette kan bevirke at eksponeringer med risikofaktorer med RCR 0,5 – 1,0 bliver større end 1, hvilket vil udløse en uacceptabel risiko.

De anvendte eksponeringsværdier er beregnet på baggrund af et antaget standardscenarie, der anses som et worst-case scenarie. Det kan ikke udelukkes, at der i enkelte tilfælde (mindre rum og ingen udluftning overhovedet) vil kunne forekomme højere værdier, der dermed kan medføre øget risiko.

Derudover, er det også vanskeligt at vurdere, hvorvidt det forholdsvis begrænsede antal af gaming udstyr, der er blevet indkøbt og analyseret, er repræsentativt for markedet generelt. Der kan sandsynligvis findes udstyr på markedet med større afgangning, end de målte niveauer i dette projekt.

Usikkerheder ved DNEL-fastsættelse

Her ligger usikkerhederne i udvælgelse af de mest relevante toksikologiske data for et stof og vurderingen og beregningen af DNEL-værdierne, herunder vurdering af størrelsen af de enkelte usikkerhedsfaktorer anvendt i beregningen. For at begrænse usikkerhederne er der primært indsamlet data på stofferne baseret på publicerede ekspertvurderinger eller myndighedsvurderinger, så usikkerheder ved udpegning af de mest kritiske effekter og udvælgelse af relevante NOAEL/LOAEL-værdier til beregning af DNEL-værdierne mindskes. Dernæst er retningslinjerne i forhold til REACH anvendt til fastsættelse af værdier for de anvendte usikkerhedsfaktorer, hvilket også medvirker til at opnå "standardiserede" værdier.

Kvaliteten af en DNEL-fastsættelse er dog ikke bedre end de toksikologiske data, der udgør udgangspunktet for beregningen. Jo ringere/færre data jo større vil usikkerhedsfaktorerne være. Dette vurderes i høj grad berettiget, da erfaring ofte har vist, at i de tilfælde, hvor der skaffes mere præcise toksikologiske data, opnås der også væsentlig lavere NOAEL/LOAEL-værdier for et stof.

Begrænsninger ved prioriteringsprocessen

For at indkredse de mest problematiske stoffer m.h.t. at fokusere på disse i risikovurderingen, har det været nødvendigt gennem en screeningsproces at fravælge en række stoffer indeholdt i afgangningen, dels på baggrund af meget lave målte værdier, eller som følge af fravær af særligt kritiske effekter i stoffernes klassificering eller evt. fund af relative høje tolerable screeningsværdier for stofferne. Her kan det især på baggrund af de fravalgte stoffers høje antal forventes, at der i et vist omfang er sket en undervurdering af den samlede afgangnings toksicitet. Endelig kan det ikke helt udelukkes at enkelte stoffer/stofgrupper uretmæssigt er sorteret fra.

7.5.2 Konklusion

Når måleresultaterne og risikovurderingerne betragtes under ét, ses at afgangningen fra "tastatur og mus" og "headset og musemåtte" var uhyre begrænset og uden risiko, idet niveauerne for alle de prioriterede stoffer lå under 10 µg/m³.

Dernæst forekom meget lav, men lidt højere afgangning fra PC + skærme. Her blev der fundet afgangning af eddikesyre og dodecamethylcyclohexasiloxan (D6), men de beregnede RCR-værdier på 0,03 for eddikesyre og 0,21 for dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) anses ikke at indikere nogen risiko.

Langt størst afgasning blev fundet ifm. afgasning fra gamerstole, hvor der blev fundet risiko for øjen- og luftvejsirritation for to ud af fire stole, primært som følge af afgasning af formaldehyd, idet RCR-værdierne for dette stof lå på henholdsvis 2,6 og 2,4.

Selvom RCR-værdien for en tredje gamerstol lå under 1 kan denne stol ikke udelukkes at medføre en risiko for øjen- og luftvejsirritation, idet øget temperatur fra gamerens kropsvarme under brug af stolen vil medføre en noget højere afgasning end den målte afgasning ved 25 °C. Samlet set kan kun en ud af fire stole konkluderes at være uden risiko.

For målingerne af de to gamingsæt vurderes disse for at være forholdsvis tæt på at udgøre en risiko ifm. øjen- og luftvejsirriterende stoffer. De forholdsvis høje RCR-værdier for formaldehyd på 0,7 og 0,62 for sættene vurderes umiddelbart at stamme fra gamerstolene, men dette vil umiddelbart kræve yderligere delmålinger for at afgøre dette. De to sæt kan derfor ikke udelukkes at medføre risiko for øjen- og luftvejsirritation, idet øget temperatur fra gamerens kropsvarme under brug af stolene vil medføre en noget højere afgasning end i klimarummet hvor sættene blev målt.

Der blev ikke påvist risiko ved indånding af SVOC'er fra de elektroniske dele af gaming udstyret (PC+skærm), idet de målte niveauer af hormonforstyrrende ftalater, medførte RCR-værdier på 0,033 og derunder.

8. Litteraturliste

Arbejdstilsynet. AT-vejledninger Indeklima - A.1.2 Arbejdstilsynets AT-vejledning om de hyppigste årsager til indeklimagener samt mulige løsninger. Version At-vejledning A.1.2-1 Udgivelsesdato 1. januar 2008. Opdateret marts 2018

Ali, N., Dirtu, A. C., Van den Eede, N., Goosey, E., Harrad, S., Neels, H., 't Mannetje, A., Coakley, J., Douwes, J., & Covaci, A. (2012). Occurrence of alternative flame retardants in indoor dust from New Zealand: indoor sources and human exposure assessment. *Chemosphere*, 88(11), 1276–1282. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.03.100>

Cacho, C., Silva, G., Martins, A., De Oliveira Fernandes, E., Saraga, D., Dimitroulopoulou, C., Bartzis, J. G., Rembges, D., Barrero-Moreno, J., & Kotzias, D., Dimitrios. (2013). Air pollutants in office environments and emissions from electronic equipment: A Review. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22, 2488.

Bygningsreglementet BR18. Bolig- og Planstyrelsen (2018)

Davis, A., Ryan, P., Cohen, J., Harris, D., & Black, M. (2021). Chemical exposures from upholstered furniture with various flame-retardant technologies. *Indoor Air*, 31. <https://doi.org/10.1111/ina.12805>

Destallats, H., Maddalena, R. L., Singer, B. C., Hodgson, A. T., & McKone, T. E. (2007). Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs. *Atmospheric Environment*, 42(7). <https://escholarship.org/uc/item/25f089mw>

DS 474:1993 (rettet 2017-udgave). Norm for specifikation af termisk indeklima

ECHA (2012). Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health. Version 2.1. ECMA International. (2017). Determination of Chemical Emission Rates from Electronic Equipment—Part 2. European Computer Manufacturers Association. https://www.ecma-international.org/wp-content/uploads/ECMA-328_part_2_8th_edition_june_2017.pdf

EN 16516: 2017+A1:2020. Construction products: Assessment of release of dangerous substances — Determination of emissions into indoor air

Eichler et al. (2021). Assessing Human Exposure to SVOCs in Materials, Products, and Articles: A Modular Mechanistic Framework. *Environmental Science & Technology* 2021 55 (1), 25-43. DOI: 10.1021/acs.est.0c02329

EU 2015/2115. Commission Directive (EU) 2015/2115 of 23 November 2015 amending, for the purpose of adopting specific limit values for chemicals used in toys, Appendix C to Annex II to Directive 2009/48/EC of the European Parliament and of the Council on the safety of toys, as regards formamide. 2012-11-24, 306, 17–19.

Genisoglu, M., Sofuoglu, A., Kurt-Karakus, P. B., Birgul, A., & Sofuoglu, S. C. (2019). Brominated flame retardants in a computer technical service: Indoor air gas phase, submicron (PM1) and coarse (PM10) particles, associated inhalation exposure, and settled dust. *Chemosphere*, 231, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.077>

Hansen, T. K., & Peuhkuri, R. H. (2020). Luftudveksling mellem bolig og tagrum: PFT-målinger i 30 huse. Polyteknisk Boghandel og Forlag. <https://vbn.aau.dk/da/publications/luftudveksling-mellem-bolig-og-tagrum-pft-m%C3%A5linger-i-30-huse>

Harju, M., Heimstad, E. S., Herzke, D., Sandanger, T., Posner, S., & Wania, F. (2008). Emerging "new" brominated flame retardants in flame retarded products and the environment. Norsk Statens Forurensningstilsyn, TA-2462. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/2462/ta2462.pdf>

He, R., Li, Y., Xiang, P., Li, C., Zhou, C., Zhang, S., Cui, X., & Ma, L. Q. (2016). Organophosphorus flame retardants and phthalate esters in indoor dust from different microenvironments: Bioaccessibility and risk assessment. *Chemosphere*, 150, 528–535. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.10.087>

Heebøll, A., & Lyng, R. J. (2020). Ultrafine partikler Kortlægning af partikelniveauer i boliger. Teknologisk Institut. http://cms.teknologisk.dk/getmedia.asp?media_id=78750

Heide, V., Skyttern, S., & Georges, L. (2021). Indoor air quality in natural-ventilated bedrooms in renovated Norwegian houses. *E3S Web Conf.*, 246. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124601001>

ISO 16000-3:2011. Indoor air – Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air - Active sampling method

ISO 16000-6:2011. Indoor air – Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID

ISO 16000-9:2006. Indoor air – Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing – Emission test chamber method

Kastbjerg, S., Rosborg, P., Johannesen, S. A., Jacobsen, E., & Kristensen, G. T. (2020) a. Survey of unwanted additives in PVC products imported over the internet: Environmental Project No. 2149. Miljøstyrelsen. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2020/10/978-87-7038-237-3.pdf>

Kemmlin, S., Hahn, O., & Jann, O. (2003). Emissions of organophosphate and brominated flame retardants from selected consumer products and building materials. *Atmospheric Environment*, 37, 5485–5493. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2003.09.025>

Kocbach Bolling, A., Holme, J.A., Bornehag, C.G., Nygaard, U.C., Bertelsen, R.J., Nanberg, E., Bodin, J., Sakhi, A.K., Thomsen, C., Becher, R. (2013). Pulmonary phthalate exposure and asthma - is PPAR a plausible mechanistic link? *EXCLI J.* 12, 733–759.

Liu, Q., & Abbatt, J. P. D. (2021). Liquid crystal display screens as a source for indoor volatile organic compounds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(23). <https://doi.org/10.1073/pnas.2105067118>

Lu, S., Feng, Y., Zhang, P., Hong, W., Chen, Y., Fan, H., Yu, D., & Chen, X. (2021). Preparation of Flame-Retardant Polyurethane and Its Applications in the Leather Industry. *Polymers*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/polym13111730>

Maddalena, R. L., Destailats, H., Hodgson, A. T., McKone, T. E., & Perino, C. (2006). Quantifying Pollutant Emissions from Office Equipment Phase I Report (LBNL-63207-(I)). Lawrence Berkeley National Lab. (LBNL), Berkeley, CA (United States). <https://doi.org/10.2172/918677>

Mercier, F., Gilles, E., Saramito, G., Glorennec, P., & Le Bot, B. (2014). A multi-residue method for the simultaneous analysis in indoor dust of several classes of semi-volatile organic compounds by pressurized liquid extraction and gas chromatography/tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1336, 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.02.004>

Mikkelsen, S. H., Maag, J., Kjølholt, J., Lassen, C., Jeppsen, C. N., & Clausen, A. J. (2014). Survey of selected phthalates—Part of the LOUS-review: Environmental Project No. 1541, 2014. Miljøstyrelsen. <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2014/01/978-87-93026-95-7.pdf>

Mortensen, P. B. (2006). Emission and evaluation of chemical substances from selected electrical and electronic products—Part 2: Survey of chemical substances in consumer products no. 66, 2005. Miljøstyrelsen. <https://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2005/dec/emission-and-evaluation-of-chemical-substances-from-selected-electrical-and-electronic-products-part-2/>

Niu, D., Qiu, Y., Du, X., Li, L., Zhou, Y., Yin, D., Lin, Z., Chen, L., Zhu, Z., Zhao, J., & Bergman, Å. (2019). Novel brominated flame retardants in house dust from Shanghai, China: Levels, temporal variation, and human exposure. *Environmental Sciences Europe*, 31(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0189-x>

Pivnenko, K., Granby, K., Eriksson, E., & Astrup, T. F. (2017). Recycling of plastic waste: Screening for brominated flame retardants (BFRs). *Waste Management*, 69, 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.038>

Poulsen, P. B. (2020) b. Survey and risk assessment of VOCs in PU foam products—Survey of chemical substances in consumer products No. 182. Miljøstyrelsen. <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2020/09/978-87-7038-230-4.pdf>

Raffy, G., Mercier, F., Blanchard, O., Derbez, M., Dassonville, C., Bonvallot, N., Glorennec, P., & Le Bot, B. (2017). Semi-volatile organic compounds in the air and dust of 30 French schools: A pilot study. *Indoor Air*, 27(1), 114–127. <https://doi.org/10.1111/ina.12288>

Reche, C., Viana, M., Querol, X., Corcellas, C., Barceló, D., & Eljarrat, E. (2019). Particle-phase concentrations and sources of legacy and novel flame retardants in outdoor and indoor environments across Spain. *Science of The Total Environment*, 649, 1541–1552. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.408>

Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC

RoHS (2011) Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2011/65/EU af 8. juni 2011 om begrænsning af anvendelsen af visse farlige stoffer i elektrisk og elektronisk udstyr

Salthammer, T. (2020). Emerging indoor pollutants. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 224, 113423. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113423>

Sakhi, A. K., Cequier, E., Becher, R., Bølling, A. K., Borgen, A. R., Schlabach, M., Schmidbauer, N., Becher, G., Schwarze, P., & Thomsen, C. (2019). Concentrations of selected chemicals in indoor air from Norwegian homes and schools. *Science of The Total Environment*, 674, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.086>

SBi-anvisning 196 'Indeklimahåndbogen', Statens Byggeforskningsinstitut. 2. udgave (2000), Christensen, D., Gregor Knudsen, H., Green, K., Niegel, P., Høgenhaven Byrresen, S., Skov Gretlund, T., Høy Svenningsen, U., Birk, M., Thaarup, R., Lyngsie Nilausen, A., Vikær Hansen, J., Scheutz, S., & Oxfeldt, M. (2017). *Medieudvikling 2017*.

Seo, S.-H., Jung, K.-S., Park, M.-K., Kwon, H.-O., & Choi, S.-D. (2022). Indoor air pollution of polycyclic aromatic hydrocarbons emitted by computers. *Building and Environment*, 218, 109107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109107>

Seppanen, O. Fisk, W.J. Lei, Q.H. (2006), Room temperature and productivity in office work, in: eScholarship Repository, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, <http://repositories.cdlib.org/lbnl/LBNL-60952>

Stöner, C., Edtbauer, A., & Williams, J. (2018). Real-world volatile organic compound emission rates from seated adults and children for use in indoor air studies. *Indoor Air*, 28(1), 164–172. <https://doi.org/10.1111/ina.12405>

Su, H., Shi, S., Zhu, M., Crump, D., Letcher, R. J., Giesy, J. P., & Su, G. (2019). Persistent, bioaccumulative, and toxic properties of liquid crystal monomers and their detection in indoor residential dust. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(52), 26450–26458. <https://doi.org/10.1073/pnas.1915322116>

Sun, J., Chen, Q., Han, Y., Zhou, H., & Zhang, A. (2018). Emissions of selected brominated flame retardants from consumer materials: The effects of content, temperature, and timescale. *Environmental Science and Pollution Research International*, 25(24), 24201–24209. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2494-0>

Sünner, I., & Rische, M.C. (2018). The Baltic Sea Region as a Hotspot for the Game Industry, European Regional Development Fund. BGZ Berliner Gesellschaft.

SQUARE ENIX. (2022). Final Fantasy XIV online. Retrieved on September 30, 2022, from https://freetrial.finalfantasyxiv.com/gb/?utm_source=google&utm_medium=cpa_text&utm_campaign=ffxiv_evergreen_acquisition_nord_havas&utm_term=text1&gclid=EAlaIqobChMIhvS8ovy2-gIVpxoGAB2NuA1SE-AAYASAAEgJSHvD_BwE&gclid=aw.ds

TCO certified (2022) Retrieved on September 30, 2022, from <https://tcocertified.com/tco-certified/>

Uhde, E., Varol, D., Mull, B., & Salthammer, T. (2019). Distribution of five SVOCs in a model room: effect of vacuuming and air cleaning measures. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 21(8), 1353-1363.

Umweltbundesamt (2022) Indoor air guide values (I and II) for the concentration of specific substances in indoor air. Retrieved on Oktober 3, 2022 from https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/bilder/dateien/0_ausschuss_fur-innen-raumrichtwerte_empfehlungen_und_richtwerte_mikro_20220107_en.pdf

Guide values for the concentration of specific substances in indoor air fra 07.07.2015
(<http://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health>).

Vækstfonden. (2019). Markedsanalyse: eSport.

Wang, N., Ernle, L., Bekö, G., Wargocki, P., & Williams, J. (2022). Emission Rates of Volatile Organic Compounds from Humans. *Environmental Science & Technology*, 56(8), 4838–4848. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c08764>

Wei, W., Dassonville, C., Sivanantham, S., Gregoire, A., Mercier, F., Le Bot, B., Malingre, L., Ramalho, O., Derbez, M., & Mandin, C. (2021). Semivolatile organic compounds in French schools: Partitioning between the gas phase, airborne particles and settled dust. *Indoor Air*, 31(1), 156–169. <https://doi.org/10.1111/ina.12724>

Wei, W., Mandin, C., Blanchard, O., Mercier, F., Pelletier, M., le Bot, B., Glorennec, P., & Ramalho, O. (2016). Distributions of the particle/gas and dust/gas partition coefficients for seventy-two semi-volatile organic compounds in indoor environment. *Chemosphere*, 153, 212–219. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.03.007>

World Trade Organization. (2022). Draft Commission Regulation amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council as regards formaldehyde and formaldehyde releasers.

Bilag 1. Markedsundersøgelse

Mail tekst til forhandlere:

Jeg henvender mig til jer, da Teknologisk Institut arbejder på et projekt med undersøgelse af populært gamerudstyr.

På jeres hjemmeside kan sorteres efter "POPULARITET" og jeg har et par spørgsmål:

1. Kan man udlede fra sortering efter popularitet, hvad er det bedst sælgende produkter i en given kategori?
2. Er popularitet baseret på salg over en periode og hvilken periode, er det fex. 3 måneder?

Se webside: <https://www.xxxx>

Vi vil være rigtig glade for jeres svar.

Mange tak hjælpen.

Bilag 2. Kemikalier fundet i litteraturen, som kan stamme fra gaming udstyr

TABEL 32. Kortlægning af kemikalier i litteraturen: VOC og VVOC. Feltundersøgelser fundet i litteraturen er foretaget i kontorrum, skoler, private hjem og PC-værksteder. Det testede udstyr (litteratur) indebærer computer, computerskærme, TV-set, PU-skum og polstrede stole. *Luft felt: Fundet i luftmålinger i feltundersøgelser. Luft udstyr: Fundet i luftmålinger i udstyr test. Støv felt: Fundet i støvanalyse opsamlet under feltundersøgelser. Støv udstyr: Fundet i støvanalyse opsamlet inde i computere. * dekomponerer*

| Stofstype Forkortelse | Stofnavn (på engelsk) | CAS RN | BP (°C) | MP (°C) | Luft felt | Luft udstyr | Støv felt | Støv udstyr |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------|---------|---------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| Acids | | | | | | | | |
| | Acetic acid | 64-19-7 | 118 | 16.6 | YES | YES | - | - |
| | Hexanoic acid | 142-62-1 | 205.2 | -3 | YES | - | - | - |
| | 2-ethylhexanoic acid | 149-57-5 | 228 | -59 | - | YES | - | - |
| | Octanoic acid | 124-07-2 | 239 | 16.3 | - | YES | - | - |
| | Nonanoic acid | 112-05-0 | 254.5 | 12.3 | - | YES | - | - |
| | Decanoic acid | 334-48-5 | 268.7 | 31.9 | - | YES | - | - |
| | Cyclohexanepropionic acid | 701-97-3 | 276.5 | 16 | - | YES | - | - |
| | 4-phenylcyclohexane-1-carboxylic acid | 7494-76-0 | - | - | - | YES | - | - |
| | Phthalic acid anhydride | 85-44-9 | 295 | 130.8 | - | YES | - | - |
| Alcohols | | | | | | | | |
| | Butanol | 110-82-7 | 80.7 | 6.6 | - | YES | - | - |

| | | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|------------|-------|-------|-----|-----|---|---|
| | 1-Butanol | 71-36-3 | 117.7 | -89 | YES | YES | - | - |
| | 2-Butoxyethanol | 111-76-2 | 168.4 | -74.8 | - | YES | - | - |
| | 1-Butoxy-2-propanol | 5131-66-8 | 171 | - | YES | YES | - | - |
| | Eucalyptol | 470-82-6 | 176.4 | 1.5 | - | YES | - | - |
| | 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 184 | -70 | YES | YES | - | - |
| | 2-Phenyl-2-propanol | 617-94-7 | 202 | 36 | - | YES | - | - |
| | Menthol | 89-78-1 | 212 | 39 | - | YES | - | - |
| | Texanol | 25265-77-4 | 243.8 | -50 | - | YES | - | - |
| | 2-phenoxyethanol | 122-99-6 | 245 | 14 | YES | - | - | - |
| | Octanol | 111-87-5 | 195 | -15.5 | YES | - | - | - |
| | 2-methyl-1-propanol | 78-83-1 | 107.8 | -108 | - | YES | - | - |
| Aldehydes | | | | | | | | |
| | Formaldehyde | 50-00-0 | -19 | -92 | YES | YES | - | - |
| | Acetaldehyde | 75-07-0 | 20.2 | -123 | YES | YES | - | - |
| | Propionaldehyde | 123-38-6 | 48 | -80 | YES | YES | - | - |
| | Butyraldehyde | 123-72-8 | 74.8 | -99 | - | YES | - | - |
| | Pentanal | 110-62-3 | 103 | -91.5 | - | YES | - | - |
| | Hexanal | 66-25-1 | 131 | -56 | YES | YES | - | - |
| | Octanal | 124-13-0 | 171 | -23 | - | YES | - | - |
| | Benzaldehyde | 100-52-7 | 179 | -26 | YES | YES | - | - |
| | Nonanal | 124-19-6 | 191 | -19.3 | YES | YES | - | - |
| Amides/Amines | | | | | | | | |
| DMF | Dimethylformamid | 68-12-2 | 153 | -60.4 | - | YES | - | - |

| | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------------|------------|-------|-------|-----|-----|-----|---|
| | Acrylamide | 79-06-1 | 192.6 | 84.5 | - | YES | - | - |
| | Propylamide | 79-05-0 | 213 | 81.3 | - | YES | - | - |
| | Butanamide | 541-35-5 | 216 | 114.8 | - | YES | - | - |
| | Pentanamide | 626-97-1 | 225 | 106 | - | YES | - | - |
| | Triethylenediamine | 280-57-9 | 174 | 159 | - | YES | - | - |
| PC | Propylene carbonate | 108-32-7 | 242 | -48.8 | - | YES | - | - |
| Chlorinated | | | | | | | | |
| DCM | Dichloromethane | 75-09-2 | 40 | -95 | YES | - | - | - |
| EDC | Ethylene dichloride | 107-06-2 | 83.5 | -35.5 | - | YES | - | - |
| PERC | Tetrachloroethylene | 127-18-4 | 121.3 | -22.3 | - | YES | - | - |
| CPS | Chlorpyrifos-ethyl | 2921-88-2 | 160 | 42 | YES | - | YES | - |
| 1,4-DCB | 1,4-Dichlorobenzene | 106-46-7 | 174 | 52.1 | - | YES | - | - |
| 1,2-DCB | 1,2,-Dichlorobenzene | 95-50-1 | 180 | -16.7 | - | YES | - | - |
| DDVP | Dichlorvos | 62-73-7 | 234.1 | -60 | YES | - | YES | - |
| Brominated | | | | | | | | |
| BDE99 | 2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl ether | 60348-60-9 | 200 | -5 | - | YES | - | - |
| Esters | | | | | | | | |
| | Ethylacetate | 141-78-6 | 77 | -83.6 | YES | YES | - | - |
| | Methylcarbonate | - | 119 | - | - | YES | - | - |
| | Diazinon (pestanal) | 333-41-5 | 125 | 25 | YES | - | YES | - |
| | Butyl acetate | 123-86-4 | 126.1 | -78 | - | YES | - | - |
| | Butylacrylate | 141-32-2 | 145 | -64.6 | - | YES | - | - |
| | Hydroxyethylmethacrylate | 868-77-9 | 213 | -99 | - | YES | - | - |

| | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-----------|-------|-----|---|-----|-----|---|
| | 2-Ethylhexyl acrylate | 103-11-7 | 213.5 | -90 | - | YES | - | - |
| | Ethylcarbonate | - | - | - | - | YES | - | - |
| | Kodaflex (TXIB) | 6846-50-0 | - | - | - | YES | - | - |
| | Methylmethacrylate | 80-62-6 | 100.5 | -48 | - | YES | - | - |
| | Isobornyl acrylate | 5888-33-5 | - | 97 | - | YES | - | - |
| | Carbonic acid, dimethyl ester | 616-38-6 | 90.5 | 3 | - | - | YES | - |

Glycols and Ethers

| | | | | | | | | |
|-----|--|------------|-------|--------|-----|-----|---|---|
| | Furan | 110-00-9 | 31.5 | -85.6 | - | YES | - | - |
| THF | Tetrahydrofuran | 109-99-9 | 65 | -108.3 | - | YES | - | - |
| | Dimethyldioxane | 15176-21-3 | 121.5 | -4.5 | - | YES | - | - |
| | Dipropylene glycol mono-n-butylether | 29911-82-2 | - | - | - | YES | - | - |
| | Butyldiglycol | 112-34-5 | 231 | -68 | - | YES | - | - |
| | Dipropylene glycol methyl ether | 34590-94-8 | - | - | - | YES | - | - |
| | Propylene glycol (1,2-Propanediol) | 57-55-6 | 187 | -60 | YES | YES | - | - |
| | Ethyl diglycol (2-(2-ethoxyethoxyethanol)) | 111-90-0 | 196 | -76 | - | YES | - | - |
| | Hexylene glycol (2-methyl-2,4-pentanediol) | 107-41-5 | 198 | -50 | - | YES | - | - |
| | 2-Propanol, 1-(2-propenyloxy) | 21460-36-6 | - | - | - | YES | - | - |
| | 1,9-Nonanediol | 3937-56-2 | - | 45.8 | - | YES | - | - |
| | 1,8-Octanediol | 629-41-4 | - | 63 | - | YES | - | - |

Hydrocarbons

| | | | | | | | | |
|--|-----------------|----------|------|--------|---|-----|---|---|
| | Cyclopentadiene | 542-92-7 | 41 | -85 | - | YES | - | - |
| | Hexene | 592-41-6 | 63.4 | -139.7 | - | YES | - | - |

| | | | | | | | |
|-------------------------|-----------|-------|--------|-----|-----|---|---|
| Hexane | 110-54-3 | 68.7 | -95 | YES | - | - | - |
| Benzene | 71-43-2 | 80 | 5.5 | YES | - | - | - |
| Cyclohexadiene | 592-57-4 | 80.5 | -89 | - | YES | - | - |
| Cyclohexene | 110-83-8 | 82.9 | -103.5 | - | YES | - | - |
| Norbornene | 498-66-8 | 96 | 45 | - | YES | - | - |
| n-Heptane | 142-82-5 | 98.5 | -90.7 | YES | YES | - | - |
| Methylcyclohexane | 108-87-2 | 101 | -126.6 | YES | - | - | - |
| Methylcyclohexene | 591-49-1 | 106 | - | - | YES | - | - |
| Toluene | 108-88-3 | 111 | -94.9 | YES | YES | - | - |
| Octene | 111-66-0 | 121.2 | -101.7 | - | YES | - | - |
| 3,4-Dimethylcyclohexene | 2808-72-2 | 122.5 | - | - | YES | - | - |
| Octane | 111-65-9 | 126 | -56 | YES | - | - | - |
| 4-Vinylcyclohexene | 100-40-3 | 128 | -109 | - | YES | - | - |
| Allylcyclohexane | 2114-42-3 | 132 | - | - | YES | - | - |
| Ethylbenzene | 100-41-4 | 136 | -95 | YES | YES | - | - |
| Xylene | 106-42-3 | 138 | 13.3 | YES | YES | - | - |
| o-xylene | 95-47-6 | 144 | -25 | YES | - | - | - |
| Styrene | 100-42-5 | 145 | -31 | - | YES | - | - |
| Nonene | 124-11-8 | 146.9 | -81.3 | - | YES | - | - |
| Nonane | 111-84-2 | 150.4 | -53 | YES | - | - | - |
| n-Propylbenzene | 103-65-1 | 159.2 | -99.5 | YES | YES | - | - |
| α -Methylstyrene | 98-83-9 | 165.4 | -23.2 | - | YES | - | - |
| Trimethylbenzene | 95-63-6 | 169 | -44 | YES | YES | - | - |

| | | | | | | | |
|---|-------------|-------|-------|-----|-----|---|---|
| Decene | 872-05-9 | 170.5 | -66.3 | - | YES | - | - |
| n-Decane | 124-18-5 | 174 | -29 | YES | YES | - | - |
| Propenylbenzene | 873-66-5 | 176.9 | -28.2 | - | YES | - | - |
| 2,2,4,6,6-Pentamethylheptane | 13475-82-6 | 177.8 | -67 | - | YES | - | - |
| Decahydronaphtalene | 493-02-7 | 179.5 | -38.7 | - | YES | - | - |
| Butylcyclohexane | 1678-93-9 | 180.9 | -74.7 | - | YES | - | - |
| 1-Ethenyl-4-ethyl benzene | 3454-07-7 | 192.3 | -49.7 | - | YES | - | - |
| n-Undecane | 1120-21-4 | 195.9 | -25.6 | YES | YES | - | - |
| 2,3-Dihydro-4-methyl-1H-Inden* | 824-22-6 | 205.3 | - | - | YES | - | - |
| n-Dodecane | 112-40-3 | 216 | -9.6 | YES | YES | - | - |
| n-Tridecane | 629-50-5 | 235.4 | -5.3 | - | YES | - | - |
| Cyclohexyl benzene | 827-52-1 | 240.1 | 7.3 | - | YES | - | - |
| n-Tetradecane | 629-59-4 | 253.5 | 5.8 | - | YES | - | - |
| n-Pentadecane | 629-62-9 | 270.6 | 9.9 | - | YES | - | - |
| n-Hexadecane | 544-76-3 | 286.8 | 18.1 | - | YES | - | - |
| n-Octadecane | 593-45-3 | 316.3 | 28.2 | - | YES | - | - |
| 2,2,4,4-Tetramethyloctane | 62183-79-3 | - | - | - | YES | - | - |
| m,p-Xylene | 179601-23-1 | - | - | YES | YES | - | - |
| 2-methyl-1-propylbenzene | 768-49-0 | - | - | - | YES | - | - |
| 4'-(prop-1-en-1-yl)-[1,1'-bi(cyclohexan)]-3-ene | - | - | - | - | YES | - | - |
| 4-(prop-1-en-1-yl)-1,1'-bi(cyclohexane) | - | - | - | - | YES | - | - |
| 4-(prop-1-en-1-yl)cyclohexyl)benzene | - | - | - | - | YES | - | - |
| 4'-butyl-[1,1'-bi(cyclohexan)]-3-ene | - | - | - | - | YES | - | - |

| | | | | | | | |
|--|--------------|-------|-------|-----|-----|---|-----|
| cis-3-Methyl-endo-tricyclo[5,2,1,0(2,6)]decane | 1000215-29-0 | - | - | - | YES | - | - |
| Longicyclene | 1137-12-8 | - | - | - | YES | - | - |
| 4'-methyl-[1,1'-bi(cyclohexan)]-3-ene | 168191-95-5 | - | - | - | YES | - | - |
| 4-propylcyclohexyl benzene | 173837-35-9 | - | - | - | YES | - | - |
| 1,1'-bi(cyclohexan)]-3-ene | 500002-53-9 | - | - | - | YES | - | - |
| 4'-ethyl-[1,1'-bi(cyclohexan)]-3-ene | 615257-52-8 | - | - | - | YES | - | - |
| PAH's | | | | | | | |
| Naphtalene | 91-20-3 | 217.9 | 80.2 | - | YES | - | YES |
| Methylnapthalene | 90-12-0 | 244.7 | -30.4 | - | YES | - | - |
| Ketones | | | | | | | |
| Acetone | 67-64-1 | 56 | -95 | YES | YES | - | - |
| Butanone (Methylethylketone) | 78-93-3 | 79.5 | -86.6 | - | YES | - | - |
| 2-Methylcyclopentanone | 1120-72-5 | 139 | - | - | YES | - | - |
| Cyclohexanone | 108-94-1 | 155.4 | -31 | - | YES | - | - |
| Cyclohexyl methyl ketone | 823-76-7 | 180.5 | - | - | YES | - | - |
| Trimethylcyclohexenone | 873-94-9 | 189 | - | - | YES | - | - |
| Cyclohexyl acetone | 103-78-6 | 198 | - | - | YES | - | - |
| Acetophenone | 98-86-2 | 202 | 20 | - | YES | - | - |
| Menthone | 14073-97-3 | 210 | -6 | - | YES | - | - |
| Phenols | | | | | | | |
| Phenol | 108-95-2 | 181.8 | 40.9 | - | YES | - | - |
| p-Cresol | 106-44-5 | 201.9 | 35.5 | - | YES | - | - |

| | | | | | | | | |
|------------------|--|------------|-------|--------|-----|-----|---|---|
| | Butylated hydroxytoluene | 128-37-0 | 265 | 71 | - | YES | - | - |
| Siloxanes | | | | | | | | |
| D3 | Hexamethylcyclotrisiloxane (D3) | 541-05-9 | 134 | 64.5 | - | YES | - | - |
| D4 | Octamethylcyclotetrasiloxane (D4) | 556-67-2 | 175.8 | 17.5 | - | YES | - | - |
| | Decamethyltetrasiloxane | 141-62-8 | 194 | -76 | - | YES | - | - |
| D5 | Decamethylcyclopentasiloxane (D5) | 541-02-6 | 210 | -38 | - | YES | - | - |
| | Dodecamethylpentasiloxane | 141-63-9 | 232 | -80 | - | YES | - | - |
| D6 | Dodecamethylcyclohexasiloxane (D6) | 540-97-6 | 245 | -3 | - | YES | - | - |
| | Hexatetradecamethylsiloxane | 107-52-8 | 245.5 | -59 | - | YES | - | - |
| D7 | Tetradecamethylcycloheptasiloxane (D7) | 107-50-6 | - | -26 | - | YES | - | - |
| Terpenes | | | | | | | | |
| | Isoprene | 78-79-5 | 34 | -145.9 | YES | YES | - | - |
| | alpha-pinene | 80-56-8 | 156 | -62.5 | YES | YES | - | - |
| | beta-pinene | 127-91-3 | 166 | -61.3 | - | YES | - | - |
| | 3-carene | 13466-78-9 | 175 | 25 | YES | YES | - | - |
| | Limonene | 138-86-3 | 176 | -95 | YES | YES | - | - |
| | Longifolene | 475-20-7 | 258 | - | - | YES | - | - |
| | Isolongifolene | 1135-66-6 | - | - | - | YES | - | - |

TABEL 33. Kortlægning af kemikalier i litteraturen: SVOC. Feltundersøgelser fundet i litteraturen er foretaget i kontorrum, skoler, private hjem og PC-værksteder. Det testede udstyr (litteratur) indebærer computer, computerskærme, TV-set, PU-skum og polstrede stole. *Luft felt: Fundet i luftmålinger i feltundersøgelser. Luft udstyr: Fundet i luftmålinger i udstyr test. Støv felt: Fundet i støvanalyse opsamlet under feltundersøgelser. Støv udstyr: Fundet i støvanalyse opsamlet inde i computere. * dekomponerer*

| Stofstype Forkortelse | Stofnavn (på engelsk) | CAS RN | BP (°C) | MP (°C) | Luft felt | Luft udstyr | Støv felt | Støv udstyr |
|---------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| BFR | | | | | | | | |
| TBB | 2-Ethylhexyl 2,3,4,5-tetrabromobenzoate | 183658-27-7 | - | - | - | - | YES | - |
| HBCD | Hexabromocyclododecane | 3194-55-6 | - | - | - | YES | YES | - |
| TBCO | 1,2,5,6-Tetrabromocyclooctane | 3194-57-8 | - | - | - | - | YES | - |
| TBECH | 1,2-Dibromo-4-(1,2-dibromoethyl)cyclohexane | 3322-93-8 | - | - | - | - | YES | - |
| DPTE | 2,3-Dibromopropyl-2,4,6-tribromophenyl ether | 35109-60-5 | - | - | - | - | YES | - |
| BTBPE | 1,2-bis(2,4,6 tribromophenoxy) ethane | 37853-59-1 | - | 222 | - | - | YES | - |
| PBEB | Pentabromoethylbenzene | 85-22-3 | - | - | - | - | YES | - |
| HBBZ | hexabromobenzene | 87-82-1 | - | - | - | YES | YES | - |
| PBDE | Pentabromotoluene | 87-83-2 | - | 288 | - | - | YES | - |
| TBBPA | tetrabromo bisphenol A | 79-94-7 | 316 | 181 | - | YES | - | - |
| BDE 209 | BDE-209 | 1163-19-5 | 530 | 305 | YES | - | YES | - |
| | HexaBDE (Sum of BDE 153 and 154) | - | - | - | YES | - | - | - |
| | PentaBDE (Sum of BDE 85, 99 and 100) | - | - | - | YES | - | - | - |
| BDE 100 | 1,3,5-tribromo-2-(2,4-dibromophenoxy)benzene | 189084-64-8 | - | 97 | YES | YES | YES | - |
| BDE 154 | 1,2,4-tribromo-5-(2,4,6-tribromophenoxy)benzene | 207122-15-4 | - | 142 | YES | - | YES | - |
| BDE 183 | 1,2,3,5-tetrabromo-4-(2,4,5-tribromophenoxy)benzene | 207122-16-5 | - | - | YES | - | YES | - |
| BDE 28 | 2,4-dibromo-1-(4-bromophenoxy)benzene | 41318-75-6 | - | - | YES | - | YES | - |
| BDE 47 | 2,2',4,4'-tetrabromodiphenyl ether | 5436-43-1 | - | 82 | YES | YES | YES | - |
| BDE 153 | 1,2,4-tribromo-5-(2,4,5-tribromophenoxy)benzene | 68631-49-2 | - | 157.6 | YES | - | YES | - |
| BDE 99 | 2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl ether | 60348-60-9 | 200 | -5 | YES | YES | YES | - |
| DBDPE | Decabromodiphenyl ethane | 84852-53-9 | - | 345 | YES | - | YES | - |
| PFR | | | | | | | | |

| Stofstype Forkortelse | Stofnavn (på engelsk) | CAS RN | BP (°C) | MP (°C) | Luft felt | Luft udstyr | Støv felt | Støv udstyr |
|---------------------------------|--|---------------|----------------|----------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| TDCPP | 2-propanol, 1,3-dichloro-, phosphate (3:1) | 13674-87-8 | 236 | 27 | - | - | YES | - |
| TCPP | 2-propanol, 1-chloro-, phosphate (3:1) | 13674-84-5 | 241 | -40 | - | - | YES | - |
| TEP | Triethylphosphate | 78-40-0 | 215.5 | -56.4 | - | YES | - | - |
| TPP | Triphenyl phosphate | 115-86-6 | 370 | 50 | - | YES | YES | - |
| TCEP | Tris(2-carboxyethyl)phosphine | 5961-85-3 | - | - | - | - | YES | - |
| TBP | Tributyl phosphate | 126-73-8 | 289 | -80 | YES | - | YES | - |
| RDP | Resorcinol-bis-biphenylphosphate | 57583-54-7 | - | - | - | YES | - | - |
| BDP | BisphenolA-bis-biphenylphosphate | 5945-33-5 | - | - | - | YES | - | - |
| CFR | | | | | | | | |
| syn-DP | syn Dechlorane Plus | 135821-03-3 | - | - | - | - | YES | - |
| anti-DP | anti Dechlorane Plus | 135821-74-8 | - | - | - | - | YES | - |
| DP | Dechlorane Plus | 13560-89-9 | - | - | YES | - | YES | - |
| Dec 603 | Dechlorane 603 | 13560-92-4 | - | - | YES | - | - | - |
| Dec 602 | Dechlorane 602 | 31107-44-5 | - | - | YES | - | - | - |
| Chlorinated | | | | | | | | |
| Alpha-HCH | Alpha-hexachlorocyclohexane | 58-89-9 | 323 | 113 | YES | - | YES | - |
| 4,4'-DDE | 4,4'-Dichlorodiphenyldichloroethylene | 72-55-9 | 336 | 89 | YES | - | YES | - |
| 4,4'-DDT | Clofenotane | 50-29-3 | 260 * | 108.5 | YES | - | YES | - |
| | Dieldrin | 60-57-1 | 330 * | 175 | YES | - | YES | - |
| | Aldrin | 309-00-2 | * | 104 | YES | - | YES | - |
| | 1,6-dichlorocyclooctadien | 29480-42-0 | - | - | - | YES | - | - |
| | Alpha-endosulfan | 959-98-8 | - | - | YES | - | YES | - |
| Ketones | | | | | | | | |

| Stofstype Forkortelse | Stofnavn (på engelsk) | CAS RN | BP (°C) | MP (°C) | Luft felt | Luft udstyr | Støv felt | Støv udstyr |
|---------------------------------|--|---------------|----------------|----------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| | 2,5-di-tert-Butyl-1,4-benzoquinone | 2460-77-7 | 285.4 | 152.5 | - | YES | - | - |
| | Galaxolide | 1222-05-5 | 325 | -5 | YES | - | YES | - |
| | Tonalide | 21145-77-7 | 326 | 54.5 | YES | - | YES | - |
| Liquid Crystal Monomers | | | | | | | | |
| LCM-18 | 1-ethoxy-2,3-difluoro-4-(4-(4-propylcyclohexyl)cyclohexyl)benzene | 123560-48-5 | - | - | - | - | YES | - |
| LCM-10 | 1-methyl-4-(4-(4-vinylcyclohexyl)cyclohexyl) benzene | 155041-85-3 | - | - | - | - | YES | - |
| LCM-5 | 1-ethoxy-2,3-difluoro-4-(4-propylcyclohexyl)benzene | 174350-05-1 | - | - | - | - | YES | - |
| LCM-12 | 4-[difluoro(3,4,5-trifluorophenoxy)methyl]- 3,5-difluoro-4'-propylbiphenyl | 303186-20-1 | - | - | - | - | YES | - |
| LCM-15 | 2,3-difluoro-1-methoxy-4-(4-(4-propylcyclohexyl)cyclohexyl)benzene | 431947-34-1 | - | - | - | - | YES | - |
| LCM-23 | 1-(4-(4-butylcyclohexyl)cyclohexyl)-4-ethoxy-2,3-difluorobenzene | 473257-15-7 | - | - | - | - | YES | - |
| LCM-13 | 1-methyl-4-(4-(4-propylcyclohexyl)cyclohexyl)benzene | 84656-75-7 | - | - | - | - | YES | - |
| LCM-3 | 1-methoxy-4-(4-propylcyclohexyl)cyclohexane | 97398-80-6 | - | - | - | - | YES | - |
| LCM-20 | 1-ethoxy-2,3-difluoro-4-(4-(4-(prop-1-enyl)cyclohexyl)cyclohexyl) benzene | - | - | - | - | - | YES | - |
| Nitriles | | | | | | | | |
| | Tetramethylbutanedinitrile | 3333-52-6 | sublimes | 170.5 | - | YES | - | - |
| PAHs | | | | | | | | |
| | Acenaphthene | 83-32-9 | 279 | 93 | YES | - | YES | YES |
| | Acenaphthylene | 208-96-8 | 280 | 89 | - | - | - | YES |
| | Fluorene | 86-73-7 | 294 | 114.8 | YES | - | YES | YES |

| Stofstype Forkortelse | Stofnavn (på engelsk) | CAS RN | BP (°C) | MP (°C) | Luft felt | Luft udstyr | Støv felt | Støv udstyr |
|--------------------------|---|------------|---------|---------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| | Phenanthrene | 85-01-8 | 338 | 99 | YES | - | YES | YES |
| | Anthracene | 120-12-7 | 342 | 218 | YES | - | YES | YES |
| | Fluoranthene | 206-44-0 | 384 | 110 | YES | - | YES | YES |
| | Pyrene | 129-00-0 | 404 | 151 | YES | - | YES | YES |
| | Benzo[a]anthracene | 56-55-3 | 437 | 162 | - | - | - | YES |
| | Chrysene | 218-01-9 | 448 | 255 | - | - | - | YES |
| | Benzo[k]fluoranthene | 207-08-9 | 480 | 217 | - | - | - | YES |
| | Benzo[b]fluoranthene | 205-99-2 | 481 | 168 | - | - | - | YES |
| | Benzo(a)pyrene | 50-32-8 | 495 | 178.1 | YES | - | YES | YES |
| | Dibenz[a,h]anthracene | 53-70-3 | 524 | 269 | - | - | - | YES |
| | Indeno[1,2,3-cd]pyrene | 193-39-5 | 536 | 164 | - | - | - | YES |
| | Benzo[g,h,i]perylene | 191-24-2 | 550 | 278 | - | - | - | YES |
| PCBs | | | | | | | | |
| | HeptaCB (sum of CB170, 180, 183, 187 and 189) | - | - | - | YES | - | - | - |
| | HexaCB (sum of CB128, 138, 141, 149, 153, 156, 157 and 167) | - | - | - | YES | - | - | - |
| | PentaCB (sum of CB 99, 101, 105, 114, 118, 122 and 123) | - | - | - | YES | - | - | - |
| | TetraCB (sum of CB 47, 52, 66 and 74), | - | - | - | YES | - | - | - |
| | TriCB (sum of PCBs 18, 28, 31, 33 and 37) | - | - | - | YES | - | - | - |
| PCB 28 | 2,4-dichloro-1-(4-chlorophenyl)benzene | 7012-37-5 | - | - | YES | - | YES | - |
| PCB 31 | 1,4-dichloro-2-(4-chlorophenyl)benzene | 16606-02-3 | - | - | YES | - | YES | - |
| PCB 118 | 1,2,4-trichloro-5-(3,4-dichlorophenyl)benzene | 31508-00-6 | - | - | YES | - | YES | - |
| PCB 105 | 1,2,3-trichloro-4-(3,4-dichlorophenyl)benzene | 32598-14-4 | - | - | YES | - | YES | - |

| Stofstype | Stofnavn (på engelsk) | CAS RN | BP (°C) | MP (°C) | Luft felt | Luft udstyr | Støv felt | Støv udstyr |
|--------------------|--|---------------|----------------|----------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Forkortelse | | | | | | | | |
| PCB 153 | 1,2,4-trichloro-5-(2,4,5-trichlorophenyl)benzene | 35065-27-1 | - | - | YES | - | YES | - |
| PCB 138 | 1,2,3-trichloro-4-(2,4,5-trichlorophenyl)benzene | 35065-28-2 | - | - | YES | - | YES | - |
| PCB 52 | 1,4-dichloro-2-(2,5-dichlorophenyl)benzene | 35693-99-3 | - | - | YES | - | YES | - |
| PCB101 | 1,2,4-trichloro-5-(2,5-dichlorophenyl)benzen | 37680-73-2 | - | - | YES | - | YES | - |
| Phenols | | | | | | | | |
| BPA | Bisphenol A | 80-05-7 | 360.5 | 153 | - | YES | - | - |
| Phthalates | | | | | | | | |
| DMP | Dimethyl phthalate | 131-11-3 | 233 | 2 | YES | - | YES | - |
| DEP | Diethylphthalate | 84-66-2 | 295 | -41 | YES | YES | YES | - |
| DiBP | di-isobutyl phthalate | 84-69-5 | 296 | -37 | YES | - | YES | - |
| DBP | Dibutyl phthalate | 84-74-2 | 340 | -35 | YES | - | YES | - |
| DEHP | Diethylhexyl phthalate | 117-81-7 | 384 | -55 | - | - | YES | - |
| DiNP | Bis(7-methyloctyl) benzene-1,2-dicarboxylate | 28553-12-0 | 420 | -43 | YES | - | YES | - |
| BBP | Benzyl butyl phthalate | 85-68-7 | 698 | -35 | YES | - | YES | - |
| TBPH | Bis(2-ethylhexyl) tetrabromophthalate | 26040-51-7 | - | - | - | - | YES | - |

Bilag 3. Observationer og informationer fra feltundersøgelser

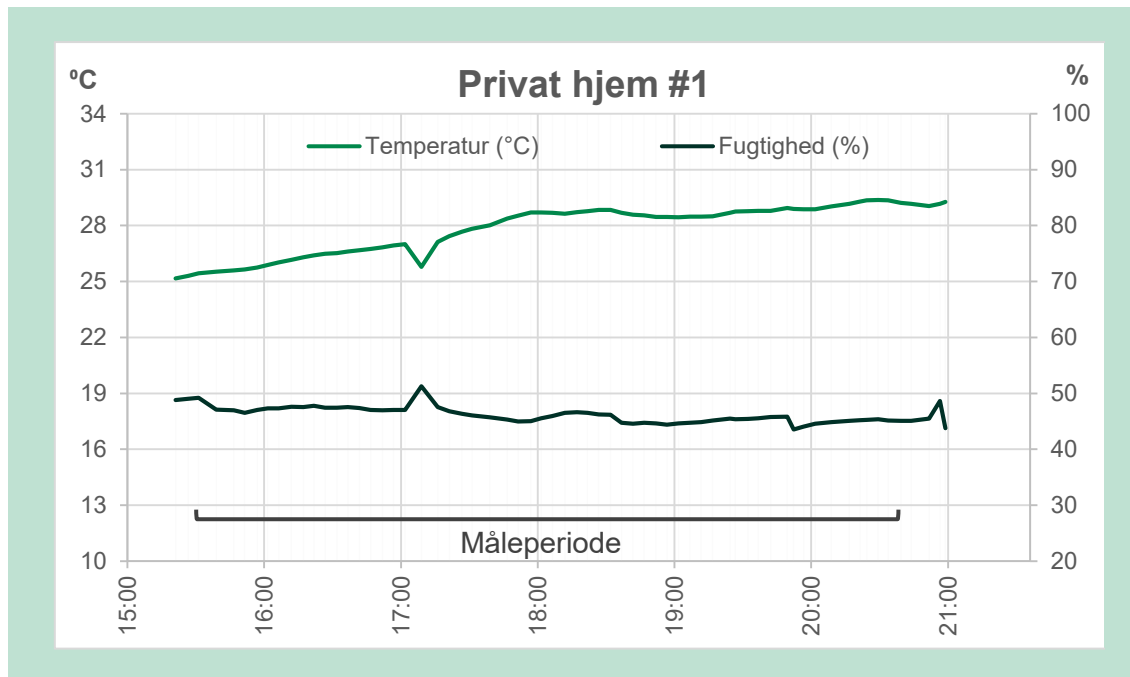
TABEL 34. Feltundersøgelser – Observationer og informationer

| | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé | Højskole Esportrum | Højskole Gamerrum |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|----------------|--------------------------------|--------------------|----------------------------|-------------------------|
| Dato | 6. juni 2022 | 6. juni 2022 | 12. juni 2022 | 20. juni 2022 | 10. juni 2022 | 13. juni 2022 | 13. juni 2022 |
| Tidspunkt | 15.00-21.00 | 15.30-21.30 | 9.30-15.30 | 16.30-22.30 | 16.30-22.30 | 15.30-21.30 | 14.00-19.00 |
| Type | Børneværelse | Børneværelse | Børneværelse | Kælderrum indrettet til gaming | Lokale i sportshal | Computerrum (Klasselokale) | Klasselokale |
| Antal personer | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | Mellem 4 og 9 i snit 6 | Mellem 2 og 10 i snit 9 |
| Alder | 14 | 16 | 12 | 13 | 10+ | 18+ | 18+ |
| Lokale areal [m ²] | 9,0 | 12,2 | 9,2 | 11,2 | 153,1 | 59,8 | 46,7 |
| Lokale højde [m] | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,0 | 2,6 | 3,2 | 3,3 |
| Lokale rumfang [m ³] | 17,0 | 24,3 | 21,3 | 22,5 | 398,1 | 192,1 | 155,2 |
| Rumfang pr PC [m ³] | 17,0 | 24,3 | 21,3 | 11,2 | 17,3 | 9,1 | 6,5 |
| Gulvmateriale | Lakeret lamelparket | Lakeret lamelparket | Vinyl | Beton | Linoleums | Ældre Linoleum | Ældre Linoleum |
| Vægmaterialer | Malet filt | Malet filt | Malet glasvæv | Beton | Malet glasvæv | Spartlet og malet | Spartlet og malet |

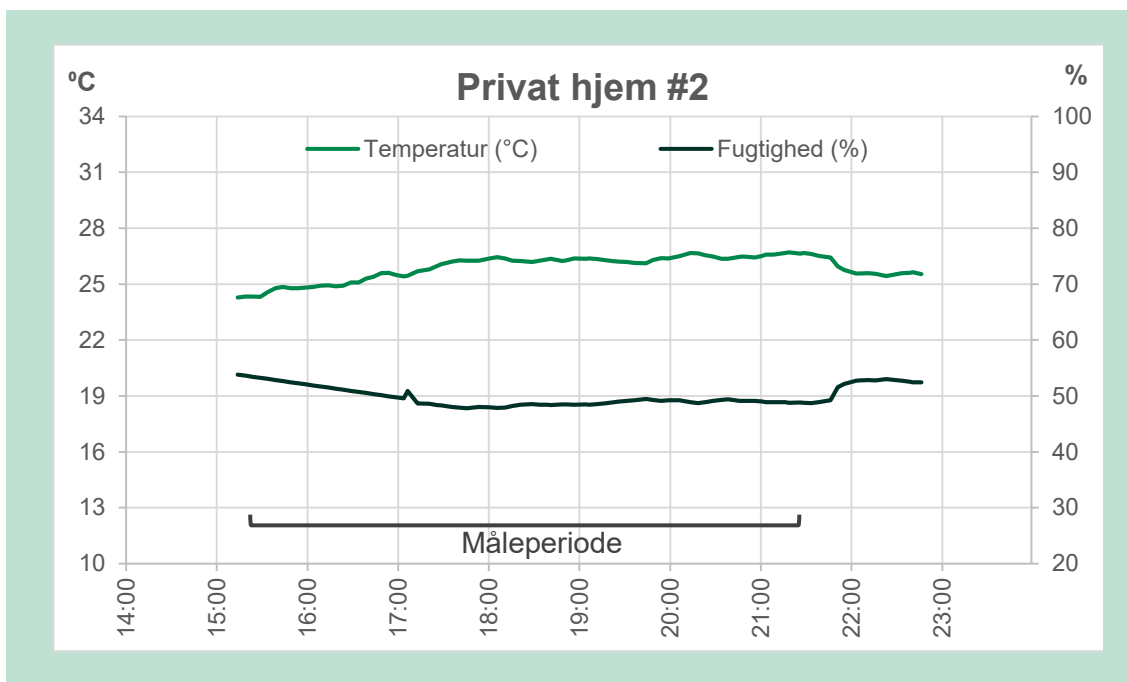
| | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé | Højskole Esportrum | Højskole Gamerrum |
|-------------------------------------|---|---|---|---|--|---|---|
| Loftmateriale | Malet filt | Malet filt | Malet gips | Malet beton | Træbetonlofter samt malede betonsøjler | Nedsænket Akustik-loft: malet rockwool og metalskinner | Nedsænket Akustik-loft: malet rockwool og metalskinner |
| Rengøringsvaner | Rengøring hver 14. dag. Støvsugning, aftørring af støv med mikrofiberklud og støvkost. Gulvvask med Ajax. | Rengøring hver 14. dag. Støvsugning, aftørring af støv med mikrofiberklud. Gulvvask med Ajax. | Ugentlig støvsugning og aftørring med våd klud eller mikrofiberklud. Gulvvask med minirisk. | Rengøring efter behov med støvsugning og aftørring af bord. Ingen brug af rengøringsmidler. | Daglig rengøring, med støvsugning og aftørring af støv. Gulvvask med maskine et par gange om ugen. Rengøringsmiddelinfo ikke tilgængelig | Rengøring flere gange om ugen. Støvsugning og aftørring af borde med universalrengøringsmiddel. Gulvvask en gang om ugen med "Gulvpleje". | Eleverne står selv for rengøringen, som er sparsom. Frekvensen er ukendt. |
| Ventilation | Udeluftventil i vinduet | Ingen udeluftventiler | Lukkede udeluftventiler i vinduer | Lukkede udeluftventiler i vinduer, dog luftudveksling med de øvrige rum | Balanceret mekanisk ventilation | Lukkede udeluftventiler i vinduer | Lukkede udeluftventiler i vinduer |
| Vinduesorientering | Syd | Nord | Vest | Øst | Nordøst og Sydvest | Syd | Syd |
| Subjektiv oplevelse af luftkvalitet | Luftkvaliteten forværrer over tid, opleves mest som varmt og fortættet. | Luftkvaliteten forværrer over tid, madlugt under måltid, varmt og fortættet senere hen. | Luftkvaliteten opleves mere og mere indelukket. | Luftkvaliteten opleves fugtig og lettere fortættet over tid. Lugt fra popcorn sidst i målingen. | Luftkvaliteten virker frisk og komfortabel. | Luftkvaliteten opleves varmere over tid og mere fortættet. Lugt billedet tilskrives fyldte skraldespande og madindtag | Luftkvaliteten opleves varmere over tid. |
| Vejrforhold under målingerne | Solskin og enkelte byer, 16-18 grader | Solskin og enkelte byer, 16-18 grader | Blandet solskin og skyer, 14 til 18 grader | Regnvej og fugtigt i vejret, lidt spredt solskin, 12 til 14 grader | Solskin, 19-20 grader | Solskin og enkelte byer, 15 til 17 grader | Solskin og enkelte byer, 15 til 17 grader |
| Spillede spil | Minecraft (spillet under måling) ARC Skyrim | Minecraft, (spillet under måling) Valorant Among Us | Paladins (spillet under måling) League of Legends (spillet under måling) | Minecraft (spillet under måling) Among Us (spillet under måling) | Fortnite Counter Strike GO Minecraft PlayStation Fifa | League of Legends Counter Strike GO | League of Legends Counter Strike GO |

| | Privat hjem #1 | Privat hjem #2 | Privat hjem #3 | Privat hjem #4 | Netcafé | Højskole Esporum | Højskole Gamerrum |
|---------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------|--|---|--|--|
| | | Phasmophobia | Fortnite | Ark, Skyrim Gæst spiller Minecraft og senere Among Us | | | |
| Antal timer der spilles om dagen/ugen | 30 timer/uge | 2-3 timer/dag | 15-20 timer/uge | 3 timer/dagen | Åbningstider: 15-18 på hverdage 15-22 i weekender | 2-6 timer/dagen | 2-6 timer/dagen |
| Stationær PC (#) | 1 | 0 | 1 | 2 | 23 | 21 | 19 (ikke alle brugt) |
| Bærbar PC (#) | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| Skærm (#) | 2 | 0 | 1 | 3 | 24 | 21 | 23 |
| Dobbelt skærm | Ja | 0 | 0 | Ja | 0 | 0 | Ja, 2 |
| Tastatur (#) | 1 | 0 | 1 | 2 | 24 | 21 | 17 |
| Mus (#) | 1 | 1 | 1 | 2 | 24 | 21 | 21 |
| Musemåtte (#) | 1 | 1 | 1 | 2 | 24 | 21 | 21 |
| Headset (#) | 1 | 1 | 1 | 2 | 24 | 21 | 21 |
| Mikrofon (#) | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Stol (#) | 1 | 1 | 1 | 3 | 24 | 2 | 29 |
| Gamerstol (#) | 0 | 0 | 0 | 1 | 24 | 21 | 0 |
| Gamerstol materiale | Polstret sæde med stofbetræk og ryg i mesh | Polstret sæde og ryg med stofbetræk | Kunslæder og mesh | En stol som er polstret med PU-Læder betræk samt en med polstret sæde med stofbetræk og ryg i mesh | Polstret sæde og ryg med stofbetræk | Polstret sæde og ryg med tekstilbetræk | Blandet – dog ingen gamerstole |
| Alder på udstyr | PC: 2 år | PC: 2 år | PC: 2 år, Tilbehør: 6 måneder | PC: < 5 måneder | PC'er og tilbehør 4 år eller nyere | PC'er og tilbehør 6 år eller nyere | PC'er og tilbehør med varierende alder |

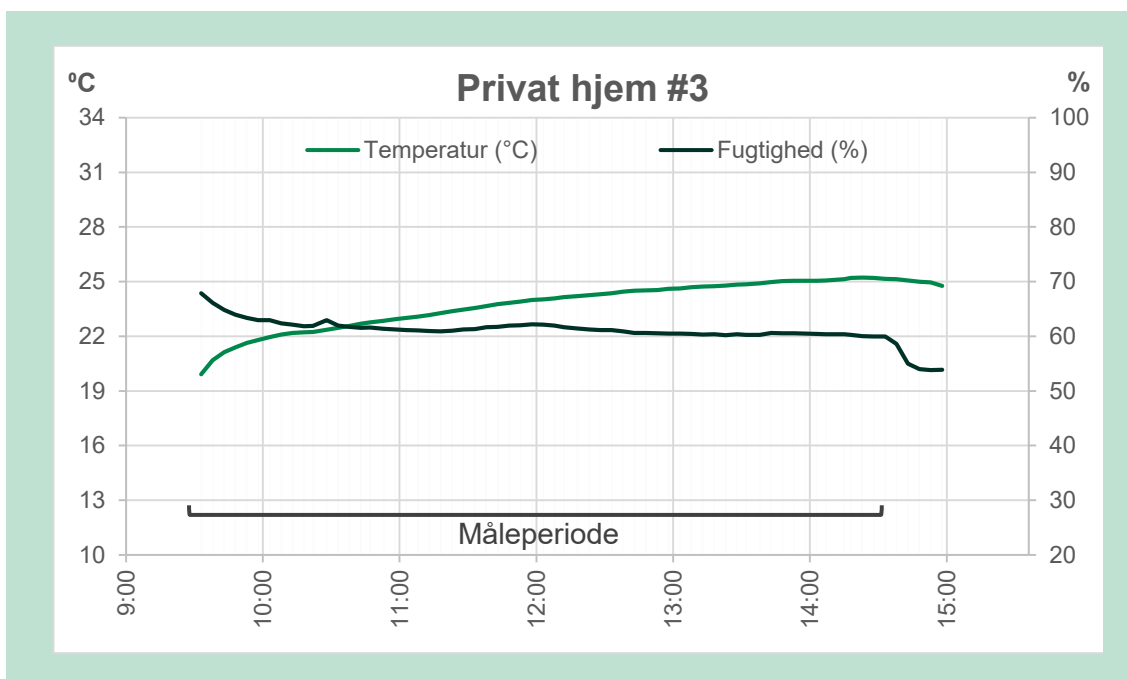
Bilag 4. Temperatur, relativ luftfugtighed og CO₂-koncentration ved feltundersøgelserne



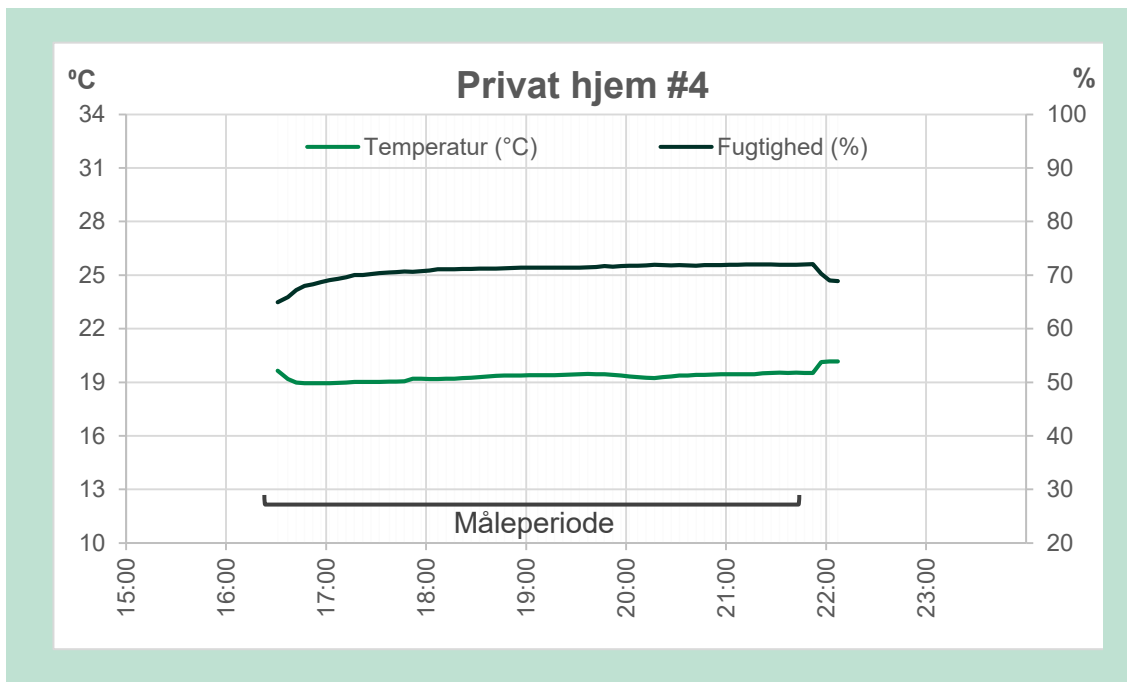
FIGUR 9. Privat hjem #1, temperatur og relativ luftfugtighed (% RH)



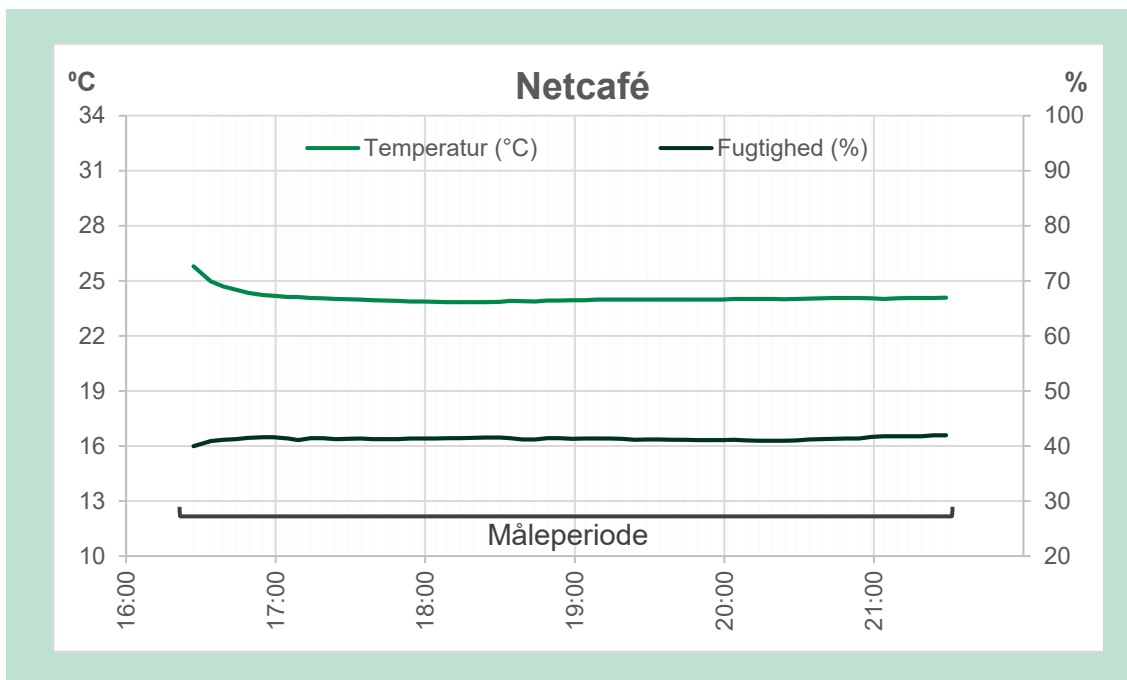
FIGUR 10. Privat hjem #2, temperatur og relativ luftfugtighed (% RH)



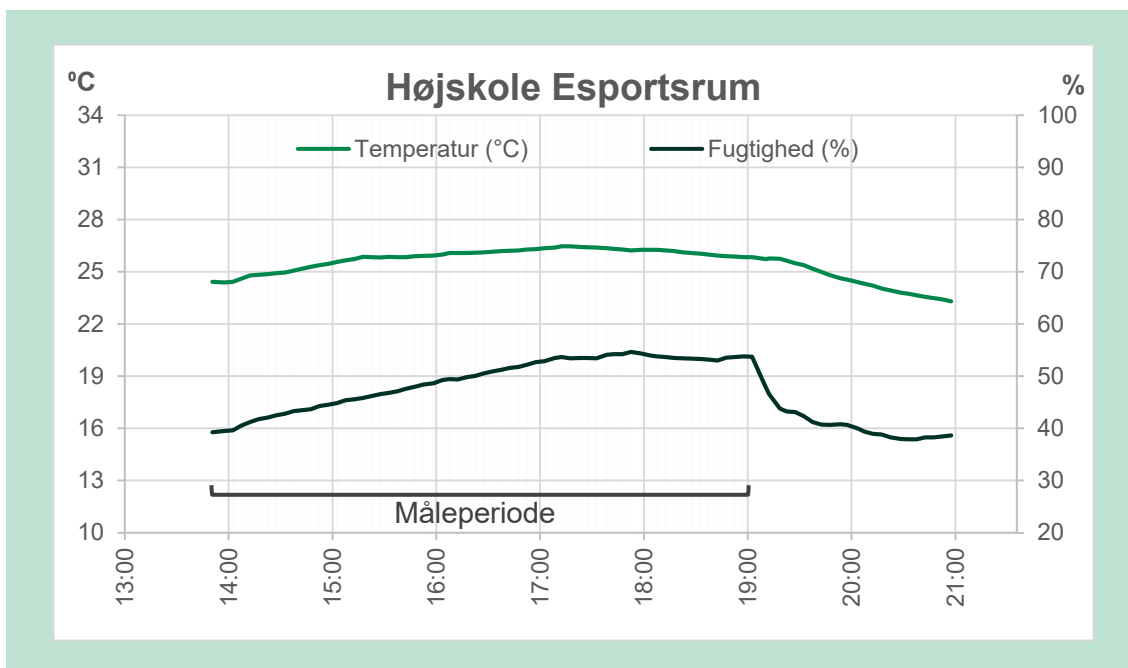
FIGUR 11. Privat hjem #3, temperatur og relativ luftfugtighed (% RH)



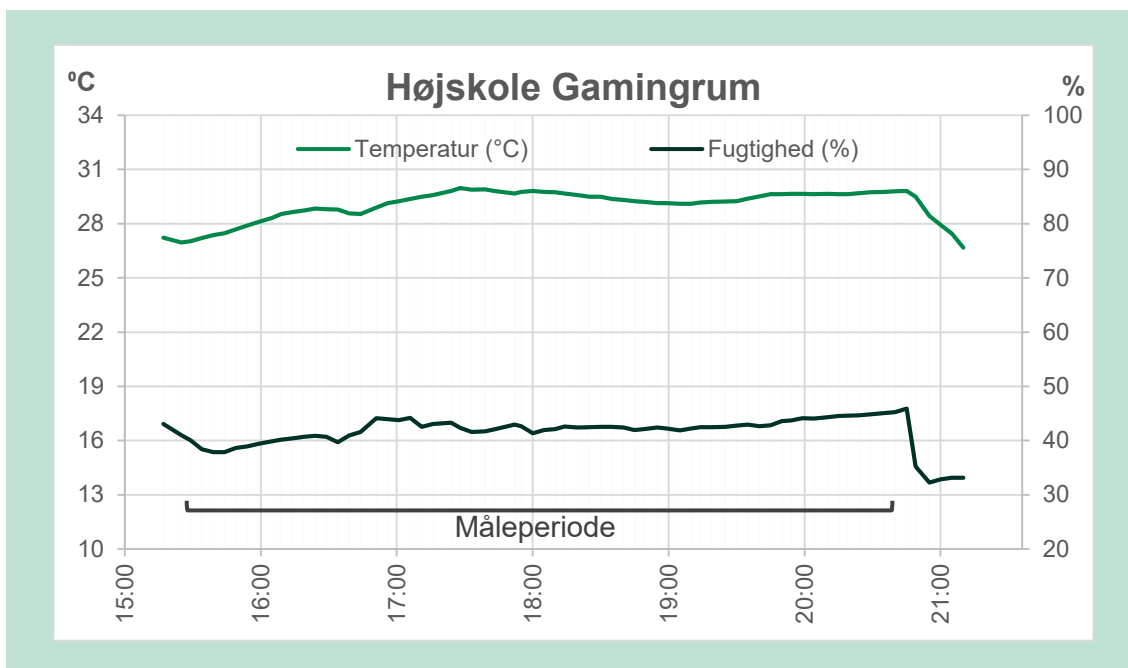
FIGUR 12. Privat hjem #4, temperatur og relativ luftfugtighed (% RH)



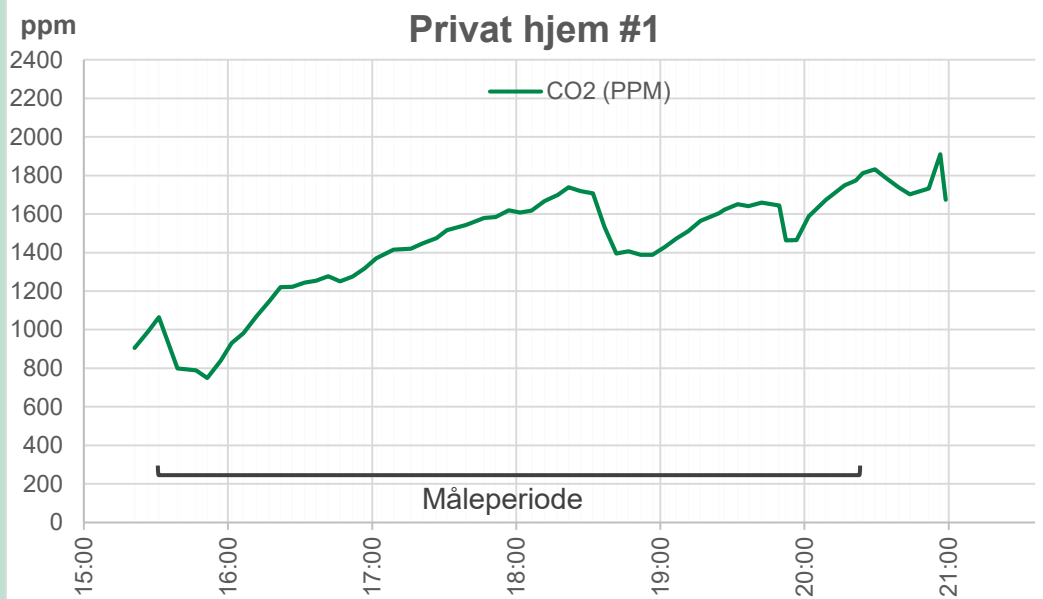
FIGUR 13. Netcafé, temperatur og relativ luftfugtighed (% RH)



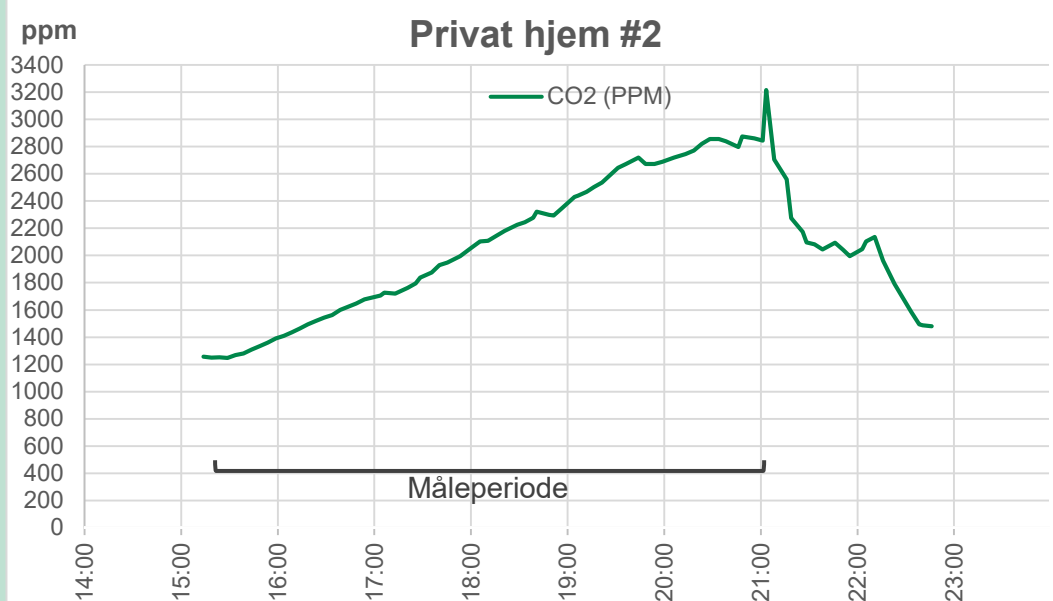
FIGUR 14. Højskole Esportsrum, temperatur og relativ luftfugtighed (% RH)



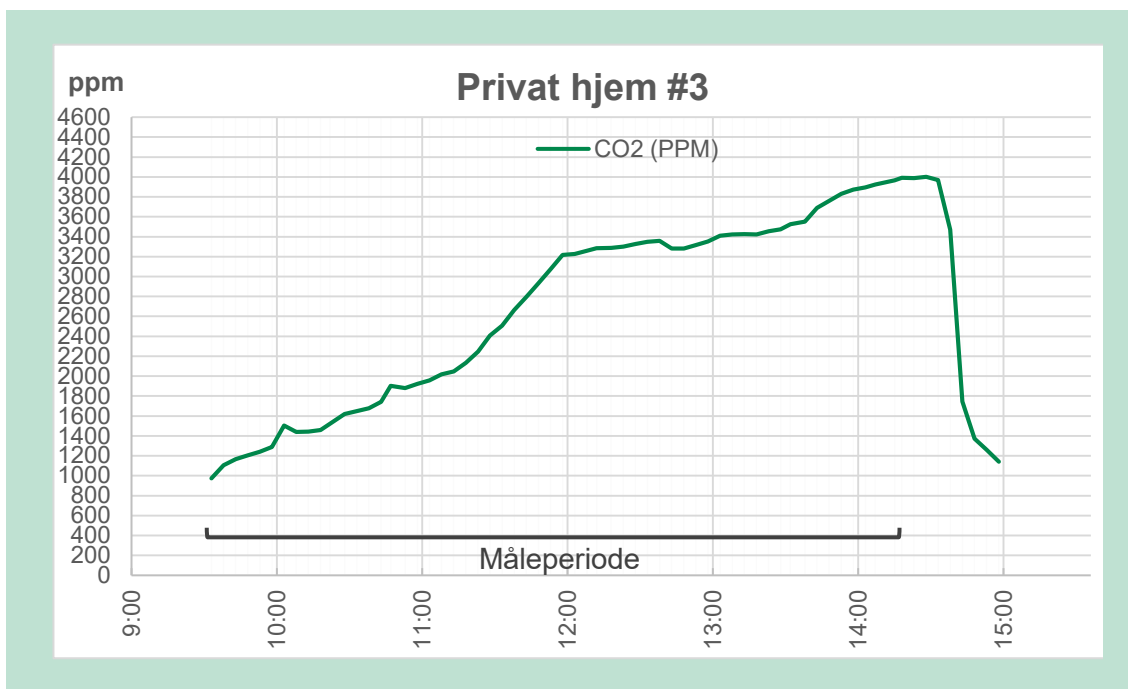
FIGUR 15. Højskole Gamingrum, temperatur og relativ luftfugtighed (% RH)



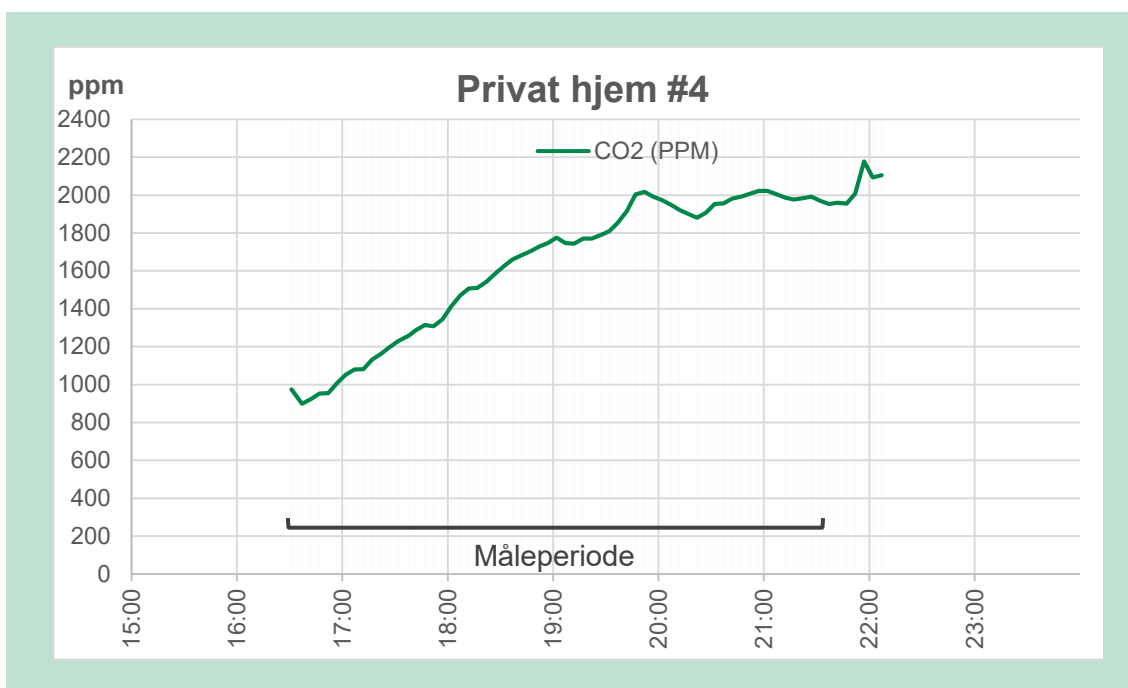
FIGUR 16. Privat hjem #1, måling af kuldioxid (CO₂)



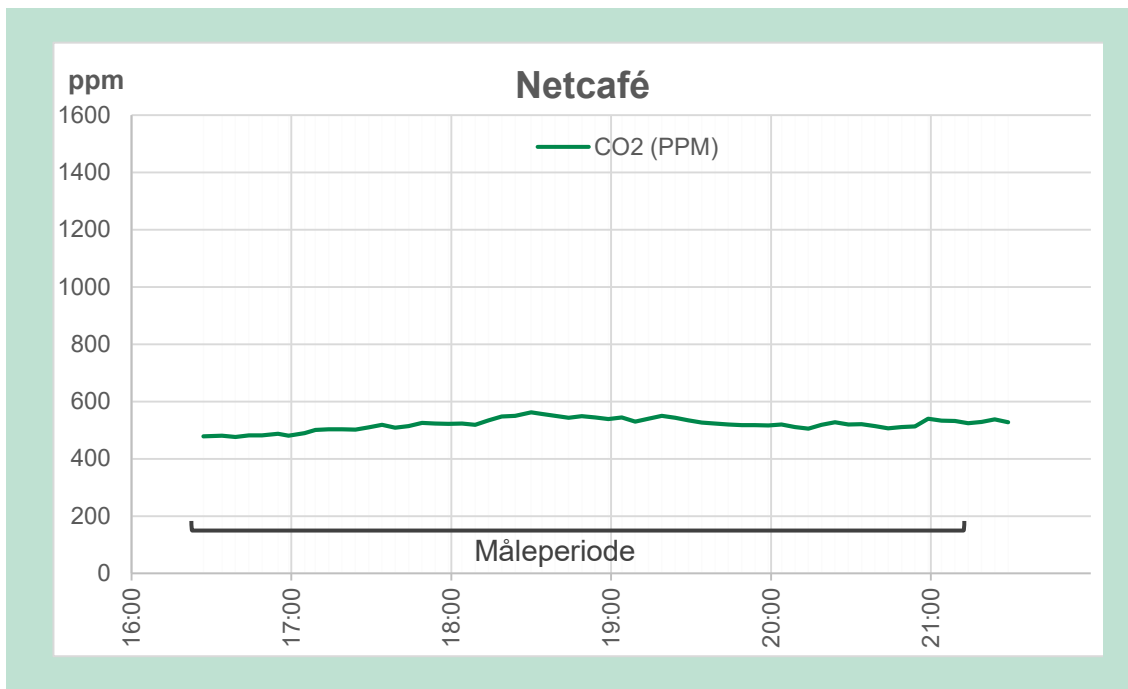
FIGUR 17. Privat hjem #2, måling af kuldioxid (CO₂)



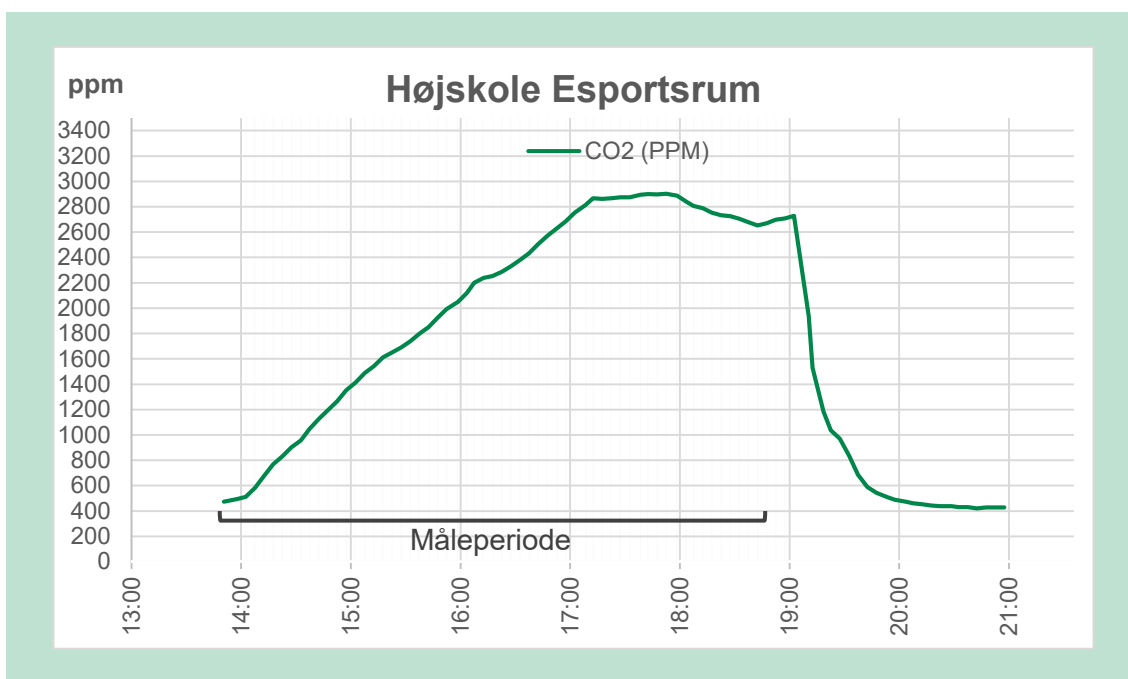
FIGUR 18. Privat hjem #3, måling af kuldioxid (CO₂)



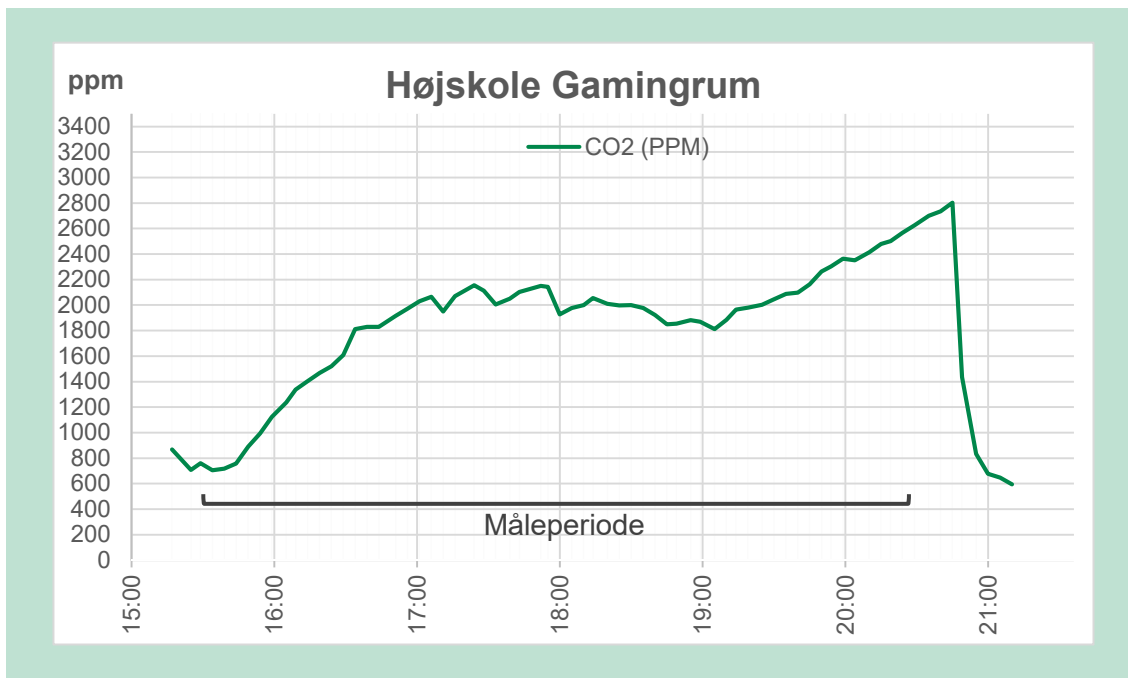
FIGUR 19. Privat hjem #4, måling af kuldioxid (CO₂)



FIGUR 20. Netcafé, måling af kuldioxid (CO₂)



FIGUR 21. Højskole Esportsrum, måling af kuldioxid (CO₂)



FIGUR 22. Højskole Gamingrum, måling af kuldioxid (CO₂)

Bilag 5. VOC-resultater fra klimakammertest af gaming tilbehør

TABEL 35. Resultater af VOC og aldehyd målinger for tastatur og mus produkter i µg/m³. Koncentrationer svarer til referencerummet

| Stofnavn | CAS RN | Tastatur | | | | Mus | | | |
|--|------------|----------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | | ID 3 | ID 19 | ID 23 | ID 29 | ID 4 | ID 20 | ID 24 | ID 30 |
| Aldehyder | | | | | | | | | |
| Formaldehyd (VVOC) | 50-00-0 | i.d. | < 1 | < 1 | < 1 | i.d. | i.d. | i.d. | < 1 |
| Acetaldehyd (VVOC) | 75-07-0 | i.d. | < 1 | i.d. | < 1 | i.d. | < 1 | i.d. | < 1 |
| Aminer | | | | | | | | | |
| Caprolactam | 105-60-2 | i.d. | 1 | 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Ketoner | | | | | | | | | |
| Acetophenone | 98-86-2 | i.d. | < 1 | i.d. | 4 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Keton (toluen) | | i.d. | i.d. | i.d. | 2 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Alkoholer | | | | | | | | | |
| n-Butanol | 71-36-3 | i.d. | i.d. | < 1 | 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | i.d. | < 1 | < 1 | 2 | i.d. | < 1 | i.d. | < 1 |
| 2-Phenyl-2-propanol | 617-94-7 | i.d. | i.d. | i.d. | 5 | i.d. | i.d. | i.d. | < 1 |
| Glycol, Ethere, Estre | | | | | | | | | |
| Carboxylsyreester | | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 1 | i.d. | i.d. |
| Ethylhexyl acrylate | 103-11-7 | i.d. | i.d. | 1 | 1 | i.d. | i.d. | < 1 | i.d. |
| Benzoic acid, 4-ethoxy-, ethyl ester (toluene) | 23676-09-7 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 1 | i.d. | i.d. |
| Alifatiske kulbrinter | | | | | | | | | |
| C15 (Pentadecane) | 629-62-9 | < 1 | < 1 | i.d. | 1 | < 1 | < 1 | i.d. | < 1 |
| C16 (Hexadecane) | 544-76-3 | < 1 | i.d. | i.d. | 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Aromatiske kulbrinter | | | | | | | | | |
| Toluen | 108-88-3 | < 1 | < 1 | 2 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Ukendt aromatisk forbindelse | | i.d. | i.d. | i.d. | 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Organiske syrer | | | | | | | | | |
| Eddikesyre | 64-19-7 | i.d. | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | 2 | 1 |
| Palmitinsyre | 57-10-3 | i.d. | < 1 | i.d. | 1 | i.d. | < 1 | i.d. | 1 |
| Phenoler | | | | | | | | | |
| Phenol | 108-95-2 | i.d. | 1 | i.d. | i.d. | i.d. | < 1 | i.d. | < 1 |
| Siloxaner | | | | | | | | | |
| Decamethylcyclopentasiloxan (D5) | 541-02-6 | i.d. | i.d. | 4 | 3 | i.d. | i.d. | < 1 | < 1 |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | < 1 | < 1 | 4 | 7 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |

| Stofnavn | CAS RN | Tastatur | | | | Mus | | | |
|--|--------------|----------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | | ID 3 | ID 19 | ID 23 | ID 29 | ID 4 | ID 20 | ID 24 | ID 30 |
| Tetradecamethylcycloheptasiloxane (D7) | 107-50-6 | < 1 | < 1 | i.d. | 2 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Sum other iso/cyclo-alkaner: | (13475-82-6) | 2 | i.d. | 2 | 1 | 1 | i.d. | i.d. | i.d. |
| Sum other siloxaner: | (556-67-2) | i.d. | i.d. | 1 | 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| Sum other sesquiterpenes: | (475-20-7) | i.d. | i.d. | 1 | < 1 | i.d. | < 1 | < 1 | i.d. |
| Sum other hydrocarbons: | (108-88-3) | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 4 | i.d. | i.d. |

Stoffer angivet i nedsænket parentes, er anvendt til kalibrering på grund af manglende referencestof

* Klassificeret som CMR-stof kategori 1A eller 1B jf. bilag VI til forordning (EC) No 1272/2008

i.d.: Ikke detekteret

TABEL 36. Resultater af VOC og aldehyd målinger for Headset og musemåtte produkter i µg/m³. Koncentrationer svarer til referencerummet

| Stofnavn | CAS RN | Headset | | | | Musemåtte | | | |
|--|-------------|---------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | | ID 6 | ID 26 | ID 28 | ID 32 | ID 5 | ID 21 | ID 25 | ID 31 |
| Aldehyder | | | | | | | | | |
| Formaldehyd (VVOC) | 50-00-0 | < 1 | i.d. | < 1 | < 1 | 5 | 4 | i.d. | 3 |
| Acetaldehyd (VVOC) | 75-07-0 | i.d. | i.d. | < 1 | < 1 | i.d. | < 1 | i.d. | < 1 |
| Propanal (VVOC) | 123-38-6 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | < 1 | i.d. |
| Aminer | | | | | | | | | |
| Nitrogen forbindelse | | i.d. | 1 | i.d. | < 1 | i.d. | < 1 | i.d. | i.d. |
| Amider | | | | | | | | | |
| N,N-Dimethylformamid (DMF)* | 68-12-2 | i.d. | 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| N,N-Dimethylacetamid* | 127-19-5 | i.d. | < 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Ketoner | | | | | | | | | |
| Benzophenone | 000119-61-9 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 1 | i.d. |
| Alkoholer | | | | | | | | | |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | < 1 | < 1 | 1 | 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Glycol, Ethere, Estre | | | | | | | | | |
| Ethyl acetate | 141-78-6 | i.d. | 2 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Butylglycol | 111-76-2 | i.d. | i.d. | i.d. | 2 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| n-Butyl acetate | 123-86-4 | i.d. | 2 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (TXIB) | 6846-50-0 | i.d. | < 1 | i.d. | < 1 | 1 | < 1 | 1 | 1 |
| Benzoic acid, 4-ethoxy-, ethyl ester (toluene) | 23676-09-7 | i.d. | < 1 | 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Alifatiske kulbrinter | | | | | | | | | |
| Cyclopentane | 287-92-3 | i.d. | i.d. | i.d. | < 1 | i.d. | i.d. | i.d. | 1 |
| Methylcyclohexane | 108-87-2 | i.d. | 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| C14 (Tetradecane) | 629-59-4 | i.d. | i.d. | < 1 | < 1 | 1 | < 1 | i.d. | < 1 |
| C15 (Pentadecane) | 629-62-9 | < 1 | i.d. | i.d. | 1 | 1 | < 1 | i.d. | 1 |
| C16 (Hexadecane) | 544-76-3 | < 1 | i.d. | i.d. | < 1 | 1 | < 1 | i.d. | < 1 |
| Aromatiske kulbrinter | | | | | | | | | |
| Toluen | 108-88-3 | 3 | < 1 | < 1 | < 1 | 1 | < 1 | < 1 | i.d. |
| Naphthalene derivat (toluene) | | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 3 | i.d. | i.d. | i.d. |
| Organiske syrer | | | | | | | | | |
| Eddikesyre | 64-19-7 | < 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 6 |
| Palmitinsyre | 57-10-3 | i.d. | i.d. | 1 | 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Phenoler | | | | | | | | | |
| 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT) | 128-37-0 | i.d. | < 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 1 |
| BHT-derivat | | i.d. | < 1 | i.d. | i.d. | 1 | i.d. | < 1 | 4 |
| Phenol, 2-(1-phenylethyl)- (Toluene) | 4237-44-9 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 3 | i.d. | i.d. | i.d. |

| Stofnavn | CAS RN | Headset | | | | Musemåtte | | | |
|--|---------------|---------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | | ID 6 | ID 26 | ID 28 | ID 32 | ID 5 | ID 21 | ID 25 | ID 31 |
| Fosfater | | | | | | | | | |
| Triethylphosphate | 78-40-0 | i.d. | i.d. | i.d. | 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Siloxaner | | | | | | | | | |
| Hexamethylcyclotrisiloxane (D3) | 541-05-9 | i.d. | < 1 | < 1 | < 1 | i.d. | < 1 | i.d. | 1 |
| Octamethylcyclotetrasiloxane (D4) | 556-67-2 | < 1 | < 1 | 1 | < 1 | i.d. | < 1 | < 1 | i.d. |
| Decamethylcyclopentasiloxan (D5) | 541-02-6 | i.d. | < 1 | 8 | < 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | i.d. | i.d. | 9 | < 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Tetradecamethylcycloheptasiloxane (D7) | 107-50-6 | i.d. | i.d. | 2 | < 1 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. |
| Thiazoler | | | | | | | | | |
| Benzothiazole | 000095-16-9 | i.d. | i.d. | i.d. | i.d. | 2 | 1 | i.d. | 5 |
| Sum other iso/cyclo-alkanes: | (13475-82-6) | 11 | < 1 | < 1 | 20 | 53 | 21 | 1 | 51 |
| Sum other siloxanes: | (000556-67-2) | i.d. | < 1 | 1 | 1 | i.d. | i.d. | i.d. | 3 |
| Sum other hydrocarbons: | (000108-88-3) | i.d. | i.d. | i.d. | 1 | 40 | i.d. | i.d. | i.d. |
| Sum other sesquiterpenes: | (000475-20-7) | i.d. | i.d. | < 1 | i.d. | 1 | < 1 | i.d. | 1 |

Stoffer angivet i nedsænket parentes, er anvendt til kalibrering på grund af manglende referencestof

* Klassificeret som CMR-stof kategori 1A eller 1B jf. bilag VI til forordning (EC) No 1272/2008

i.d.: Ikke detekteret

TABEL 37. Resultater af VOC og aldehyd målinger for gamerstol produkter i µg/m³. Koncentrationer svarer til referencerummet

| Stofnavn | CAS RN | Gamerstol | | | |
|--|------------|-----------|-------|-------|-------|
| | | ID 7 | ID 22 | ID 27 | ID 33 |
| Aldehyder | | | | | |
| Formaldehyd (VVOC) | 50-00-0 | 16 | 130 | 9 | 120 |
| Propanal (VVOC) | 123-38-6 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| Butanal (VVOC) | 123-72-8 | 1 | i.d. | 1 | 2 |
| n-Hexanal | 066-25-1 | 2 | 5 | 2 | 2 |
| Benzaldehyde | 100-52-7 | 2 | 2 | 2 | 5 |
| n-Nonanal | 124-19-6 | i.d. | i.d. | i.d. | 5 |
| Ketoner | | | | | |
| Methyldecalin (Toluen) | | 2 | i.d. | 2 | i.d. |
| 2-Butanone (MEK) | 78-93-3 | 2 | i.d. | 2 | 2 |
| Alkoholer | | | | | |
| tert-Butanol | 75-65-0 | 3 | i.d. | i.d. | 2 |
| n-Butanol | 71-36-3 | 2 | i.d. | 2 | 3 |
| Pentanol | 71-41-0 | i.d. | i.d. | 2 | i.d. |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 3 | 2 | 3 | 13 |
| 1-Methoxy-2-propanol | 107-98-2 | 5 | i.d. | i.d. | i.d. |
| 1,2-Propanediol | 57-55-6 | i.d. | i.d. | 2 | i.d. |
| Benzyl alcohol | 100-51-6 | i.d. | i.d. | 2 | i.d. |
| Glycol, Ethere, Estre | | | | | |
| Methyl benzoate | 93-58-3 | i.d. | 2 | i.d. | i.d. |
| Carboxylsyreester | | 2 | 5 | 3 | i.d. |
| Safrole (Toluen)* | 94-59-7 | i.d. | 12 | i.d. | i.d. |
| Triacetin | 102-76-1 | i.d. | 5 | i.d. | 10 |
| Butyldiglycol acetate | 124-17-4 | i.d. | i.d. | i.d. | 9 |
| Ether (Toluene) | | i.d. | i.d. | 5 | i.d. |
| Benzoic acid, 4-ethoxy-, ethyl ester (Toluene) | 23676-09-7 | 9 | i.d. | 16 | i.d. |
| DPGMME (mix af isomere) | 34590-94-8 | 3 | i.d. | i.d. | i.d. |
| Dimethylglutarat | 1119-40-0 | i.d. | i.d. | 2 | i.d. |
| 1,2-Propylene carbonate | 108-32-7 | 6 | i.d. | 9 | 16 |
| Aminer/Amider | | | | | |
| N,N-Dimethylformamid (DMF)* | 68-12-2 | 38 | i.d. | 98 | 15 |
| Nitrogen forbindelse (toluen) | | i.d. | 3 | i.d. | 3 |
| Nitriler | | | | | |
| 2,2'-Azobis(2-methylpropanenitrile) (AIBN) | 78-67-1 | i.d. | 5 | i.d. | i.d. |
| Alifatiske kulbrinter | | | | | |
| C7 (Heptane) | 142-82-5 | 2 | i.d. | i.d. | 2 |
| Cyclohexane | 110-82-7 | i.d. | 3 | i.d. | i.d. |
| C10 (Decane) | 124-18-5 | 2 | i.d. | 2 | i.d. |
| C12 (Dodecane) | 112-40-3 | i.d. | 5 | i.d. | i.d. |

| Stofnavn | CAS RN | Gamerstol | | | |
|---|-----------|-----------|-------|-------|-------|
| | | ID 7 | ID 22 | ID 27 | ID 33 |
| C13 (Tridecane) | 629-50-5 | i.d. | 9 | 17 | i.d. |
| C14 (Tetradecane) | 629-59-4 | i.d. | 3 | 5 | 2 |
| C15 (Pentadecane) | 629-62-9 | 2 | 2 | i.d. | 2 |
| Aromatiske kulbrinter | | | | | |
| Toluene | 108-88-3 | 10 | i.d. | 5 | 2 |
| Ethylbenzene | 100-41-4 | 2 | i.d. | i.d. | i.d. |
| m,p-Xylene (m-Xylene) | 1330-20-7 | 3 | i.d. | 2 | i.d. |
| Styrene | 100-42-5 | i.d. | 2 | 3 | 2 |
| o-Xylene (m-Xylene) | 95-47-6 | 2 | 2 | 2 | i.d. |
| Pentamethylbenzene | 700-12-9 | i.d. | 3 | i.d. | i.d. |
| 4-Methyldiphenylmethan | 620-83-7 | i.d. | 5 | i.d. | i.d. |
| Methylnaphthalene (1-Methylnaphthalene) | | i.d. | 15 | i.d. | i.d. |
| Dimethylphthalate | 131-11-3 | 3 | 5 | i.d. | i.d. |
| Dimethylnaphthalene (2,6-Dimethylnaphthalene) | 1051-00-0 | i.d. | 30 | i.d. | i.d. |
| Methylbiphenyl (Toluene) | | i.d. | 15 | i.d. | i.d. |
| Trimethylnaphthalene (2,3,5-Tri-methylnaphthalene) | 1052-00-0 | i.d. | 16 | i.d. | i.d. |
| 2,2,5,5-Tetramethylbiphenyl | 3075-84-1 | i.d. | 5 | i.d. | i.d. |
| Terpener | | | | | |
| α-Pinen | 80-56-8 | i.d. | i.d. | 3 | i.d. |
| 3-Carene | 498-15-7 | i.d. | i.d. | 2 | i.d. |
| Limonene | 138-86-3 | 2 | 2 | i.d. | i.d. |
| α-Terpineol | 7785-53-7 | 5 | i.d. | i.d. | i.d. |
| Longifolene | 475-20-7 | i.d. | 29 | i.d. | i.d. |
| Organiske syrer | | | | | |
| Edikkesyre | 64-19-7 | 110 | 81 | 78 | 260 |
| Hexansyre | 142-62-1 | i.d. | i.d. | 3 | i.d. |
| 2-Ethylhexansyre | 149-57-5 | 5 | 5 | 36 | i.d. |
| Palmitinsyre | 57-10-3 | 17 | i.d. | i.d. | 22 |
| Siloxaner | | | | | |
| Hexamethylcyclotrisiloxan (D3) | 541-05-9 | 9 | 3 | 7 | 5 |
| Octamethylcyclotetrasiloxan (D4) | 556-67-2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Decamethylcyclopentasiloxan (D5) | 541-02-6 | 2 | 2 | 2 | i.d. |
| Tetradecamethylhexasiloxane | 107-52-8 | i.d. | i.d. | i.d. | 3 |
| Hexadecamethylheptasiloxane (Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)) | 541-01-5 | i.d. | i.d. | i.d. | 5 |
| Phenoler | | | | | |
| Phenol | 108-95-2 | i.d. | i.d. | 2 | 5 |
| BHT-derivat | | 2 | i.d. | i.d. | 2 |
| 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT) | 128-37-0 | i.d. | i.d. | i.d. | 3 |
| 4-Nonylphenol (Toluene) | 104-40-5 | i.d. | i.d. | 7 | i.d. |

| | | Gamerstol | | | |
|------------------------------|---------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| Stofnavn | CAS RN | ID 7 | ID 22 | ID 27 | ID 33 |
| Sum other iso/cyclo-alkanes: | (13475-82-6) | i.d. | 24 | 240 | 21 |
| Sum other siloxanes: | (556-67-2) | i.d. | 19 | i.d. | 2 |
| Sum other sesquiterpenes: | (475-20-7) | i.d. | 10 | i.d. | i.d. |
| Sum other terpenes: | (80-56-8) | 2 | 37 | i.d. | 3 |
| Sum other hydrocarbons: | (108-88-3) | i.d. | 150 | i.d. | i.d. |
| Sum other C3-benzenes: | (108-67-8) | 2 | i.d. | i.d. | i.d. |

Stoffer angivet i nedsænket parentes, er anvendt til kalibrering på grund af manglende referencestof

* Klassificeret som CMR-stof kategori 1A eller 1B jf. bilag VI til forordning (EC) No 1272/2008

i.d.: Ikke detekteret

Bilag 6. LOQ for SVOC-analyse

TABEL 38. Kvantifikationsgrænser (LOQ) for SVOC analyser i feltundersøgelser (støv og luft) og kammertest (luft).
 PHTAL: Ftalat, PBDE: Polybromeret diphenyl ether, OPFR: Organofosfat flammehæmmer

| Type | CAS RN | Stofnavn | Navn | Felt LOQ 0,05 g støv (ng/g) | Felt LOQ 0,6 m ³ luft (ng/m ³) | Kammer LOQ 2,6 m ³ luft (ng/m ³) |
|-------|-------------|-----------|---|-----------------------------------|---|---|
| PHTAL | 85-68-7 | BBP | 2-O-benzyl 1-O-butyl benzene-1,2-dicarboxylate | 800 | 67 | 15.4 |
| PHTAL | 84-74-2 | DBP | dibutyl benzene-1,2-dicarboxylate | 800 | 67 | 15.4 |
| PHTAL | 117-81-7 | DEHP | bis(2-ethylhexyl) benzene-1,2-dicarboxylate | 800 | 67 | 15.4 |
| PHTAL | 84-66-2 | DEP | diethyl benzene-1,2-dicarboxylate | 800 | 67 | 15.4 |
| PHTAL | 84-69-5 | DiBP | bis(2-methylpropyl) benzene-1,2-dicarboxylate | 800 | 67 | 15.4 |
| PHTAL | 28553-12-0 | DiNP | bis(7-methyloctyl) benzene-1,2-dicarboxylate | 800 | 67 | 15.4 |
| PHTAL | 131-11-3 | DMP | dimethyl benzene-1,2-dicarboxylate | 800 | 67 | 15.4 |
| PBDE | 189084-64-8 | BDE 100 | 1,3,5-tribromo-2-(2,4-dibromophenoxy)benzene | 10 | 0,83 | 0.19 |
| PBDE | 189084-66-0 | BDE 119 | 1,3,5-tribromo-2-(3,4-dibromophenoxy)benzene | 20 | 1,7 | 0.38 |
| PBDE | 68631-49-2 | BDE 153 | 1,2,4-tribromo-5-(2,4,5-tribromophenoxy)benzene | 100 | 8,3 | 1.9 |
| PBDE | 207122-15-4 | BDE 154 | 1,2,4-tribromo-5-(2,4,6-tribromophenoxy)benzene | 40 | 3,3 | 0.77 |
| PBDE | 41318-75-6 | BDE 28 | 2,4-dibromo-1-(4-bromophenoxy)benzene | 2 | 0,17 | 0.04 |
| PBDE | 5436-43-1 | BDE 47 | 2,2',4,4'-tetrabromodiphenyl ether | 4 | 0,33 | 0.08 |
| PBDE | 182346-21-0 | BDE 85 | 1,2,3-tribromo-4-(2,4-dibromophenoxy)benzene | 40 | 3,3 | 0.77 |
| PBDE | 60348-60-9 | BDE 99 | 2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl ether | 10 | 0,83 | 0.19 |
| OPFR | 118-79-6 | 2,4,6-TBP | 2,4,6-tribromophenol | 20 | 1,7 | 0.38 |
| OPFR | 3278-89-5 | ATE | 1,3,5-tribromo-2-prop-2-enoxybenzene | 200 | 17 | 3.8 |
| OPFR | 78-38-6 | DEEP | diethyl ethyl phosphonate | 4 | 0,33 | 0.08 |
| OPFR | 1241-94-7 | EHDPP | 2-ethylhexyl diphenyl phosphate | 10 | 0,83 | 0.19 |
| OPFR | 78-51-3 | TBEP | tri(2-butoxyethyl) phosphate | 50 | 4,2 | 0.96 |
| OPFR | 126-73-8 | TBP | tributyl phosphate | 10 | 0,83 | 0.19 |
| OPFR | 115-96-8 | TCEP | tris(2-chloroethyl) phosphate | 10 | 0,83 | 0.19 |
| OPFR | 13674-84-5 | TCPP | 2-propanol, 1-chloro-, phosphate (3:1) | 100 | 8,3 | 1.9 |
| OPFR | 13674-87-8 | TDCPP | 2-propanol, 1,3-dichloro-, phosphate (3:1) | 20 | 1,7 | 0.38 |
| OPFR | 78-42-2 | TEHP | tri(2-ethylhexyl) phosphate | 50 | 4,2 | 0.96 |
| OPFR | 78-40-0 | TEP | triethyl phosphate | 5 | 0,42 | 0.1 |
| OPFR | 513-02-0 | TIPP | triisopropyl phosphate | 1 | 0,08 | 0.02 |
| OPFR | 563-04-2 | TMCP | tri-m-cresyl phosphate | 2 | 0,17 | 0.04 |
| OPFR | 512-56-1 | TMP | trimethyl phosphate | 1 | 0,08 | 0.02 |
| OPFR | 78-30-8 | TOCP | tri-o-cresyl phosphate (Tri-o-tolyl phosphate) | 3 | 0,25 | 0.06 |
| OPFR | 115-86-6 | TPP | triphenyl phosphate | 2 | 0,17 | 0.04 |
| OPFR | 25653-16-1 | TXP | tris(3,5-xylene)l)phosphate | 100 | 8,3 | 1.9 |

Bilag 7. Prioritering af stoffer til videre risikovurdering

I denne screeningsfase tages der udgangspunkt i tabellerne 13-18 med måleresultaterne for afgangningen fra det forskellige Gaming udstyr. I forbindelse med prioriteringen er det vigtigt at bemærke at alle målinger er angivet som de niveauer en bruger vil blive udsat for stofferne i et standardrum på 17,4 m³ med et luftskifte på 0,2 gang i timen.

Da værdierne således kan anvendes direkte som eksponeringsværdier vil det i prioriteringen være muligt at holde denne eksponering op over for stoffernes sundhedsskadelige egenskaber. Et vigtigt led i prioriteringen er derfor at indhente viden om stoffernes fareklassificering samt indhente viden om tolerable eksponeringsniveauer, da man herved kan se hvor tæt de målte værdier er på de tolerable eksponeringsniveauer.

- 1) Som første trin i prioriteringen vurderes imidlertid de målte eksponeringsniveauer, idet stoffer med meget lave målte værdier vil blive sorteret fra da eksponeringen ud fra en overordnet vurdering regnes for ubetydelig. I den forbindelse vil et eksponeringsniveau på under 10 µg/m³ blive anset for ubetydeligt for alle de flygtige stoffer. Denne værdi anses relevant som skæringspunkt da kun meget potentvirkende toksiske stoffer vil opnå et tolerabelt eksponeringsniveau under dette niveau. Således er der blandt de i alt 176 EU-LCI-værdier kun 13 stoffer med værdier i intervallet 1-10 µg/m³, hvoraf ti er aldehyder, en isothiazol-forbindelse, en diakrylat-forbindelse og en aromatisk kulbrinte (naftalen).
- 2) I næste trin ses fareklassificeringen af stofferne, hvor oplysningerne indhentes på ECHA's hjemmeside, idet klassificeringen angivet i REACH-registreringen af stofferne vil gengive dels den EU-harmoniserede klassificering (dvs. klassificeringen angivet i Bilag VI i Forordning (EF) nr. 1272/2008 om klassificering, mærkning og emballering (CLP)) + klassificeringen for øvrige sundhedsskadelige effekter der evt. ikke er omfattet af den harmoniserede klassificering, men som registranten har angivet som følge af de data der foreligger på stoffet. Det vurderes for usikkert at angive evt. notificeret klassificering til ECHA, da der ikke foreligger nogen form for dokumentation på disse, og da de i mange tilfælde har vist sig misvisende.
Hvor data på klassificering ikke findes, vurderes stoffet ud fra en (Q)SAR-udskrift fra den danske DTU/MST (Q)SAR-database (<https://qsar.food.dtu.dk/>), hvor stoffet medtages i prioriteringen hvis der er positive prædiktio-
ner for mutagenicitet / carcinogenicitet.
- 3) Dernæst ses på oplysninger om stoffernes tolerable eksponeringsniveauer, der så vidt muligt indhentes fra uafhængige ekspertvurderinger fx fra ekspertgrupperne i EU-regi (bl.a. ECHA's Risikovurderingskomite RAC, EU-Kommissionens videnskabelige ekspertgruppe SCHEER, eller andre ekspertgrupper der udarbejder toksikologiske vurderinger.
Et væsentligt bidrag til dette er ekspertvurderingerne der danner udgangspunkt for EU's LCI-værdier for afgangning til indeklimaet. LCI, der er en forkortelse for Lowest Concentration of Interest, er en koncentration, der er fastsat for at begrænse bygningsmaterialers afgangning af kemiske stoffer.
Ud fra ekspertvurderingen kan det ses at LCI-værdierne beregnes ud fra de metoder, man under REACH anvender, når der udledes tolerable eksponeringsniveauer, DNEL-værdier (Derived No Effect Level), hvorfor en evt. LCI-værdi vil udgøre et godt redskab i prioriteringen. En liste over de vedtagne LCI-værdier samt ekspertvurderingerne der ligger bag disse kan findes på linket: [Agreed EU-LCI values \(December 2021\)](#).
En yderligere kilde er Miljøstyrelsens tidligere publikationer, når der i disse er foretaget toksikologiske vurderinger og udledning af tolerable eksponeringsniveauer.
Værdier fra ovenstående kilder anses for pålidelige og hvis det højst målte eksponeringsniveau for et kemisk stof ligger under 1/10 af et tolerabelt eksponeringsniveau vil stoffet ikke blive prioriteret til videre risikovurdering.

Endelig kan der anvendes DNEL-værdier for stoffernes REACH-registreringer, i de tilfælde ovenstående ikke foreligger. Disse værdier anført af registranten kan dog være forbundet med op til temmelig stor usikkerhed m.h.t. vurderingsmetoden og beregningen af værdierne, hvorfor der skal tages hensyn til dette i prioriteringsprocessen.

DNEL-værdier udledt af registranten anses som mindre pålidelige og hvis det højst målte eksponeringsniveau for et kemisk stof ligger en faktor 50-100 under DNEL-værdien vil stoffet ikke blive prioriteret til videre risikovurdering.

Det vurderes derfor at være relevant at anvende et eksponeringsniveau på under 10 µg/m³ som fravælgelseskræterier i det første trin i prioriteringen, da dette trin allerede vil frasortere en del af de målte stoffer, så den efterfølgende fokus er på stoffer med et højere eksponeringsniveau.

Neden for er tabellerne 13-18 gengivet, idet stoffer med målte værdier under 10 µg/m³ nu er fjernet, og idet eksponeringsværdierne er samlet til en enkelt kolonne, idet den højst målte værdi er udgangspunkt for prioriteringen. Enkelte stoffer med målte værdier 10 µg/m³ vil dog blive bibeholdt i tabellerne, i de tilfælde hvor stoffernes kemiske struktur vurderes betydelig i toksikologisk henseende ud fra erfaring/ forhåndsviden om stofferne samt deres kemiske strukturs reaktivitet.

For stofferne der således bibeholdes i tabellerne, er fareklassificeringen angivet samt de tolerable eksponeringsniveauer angivet i separate kolonner. Dernæst er tilføjet en ekstra kolonne, der angiver hvorvidt stoffet forsat prioriteres til videre fare- og risikovurdering.

Følgende resultater opnås ved anvendelse af ovenstående prioriteringsmetode (kun stoffer med målte værdier over 10 µg/m³ resterer i tabellerne for de flygtige stoffer:

Prioritering fra **TABEL 13** Resultater af VOC- og aldehydmålinger for tastatur og mus i µg/m³

| Stofnavne | CAS RN | Tastatur | | | | Mus | | | | Videre prioritering |
|--|--------|----------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|---|
| | | ID 3 | ID 19 | ID 23 | ID 29 | ID 4 | ID 20 | ID 24 | ID 30 | |
| Ingen af de fundne komponenter overstiger 10 µg/m ³ | | | | | | | | | | Ingen stoffer herfra indgår i den videre prioritering |

Prioritering fra **TABEL 14** Resultater af VOC- og aldehydmålinger for headset og musemåtte i µg/m³

| Stofnavne | CAS RN | Højst målte niveauer | Klassificering | Tolerabelt eksponeringsniveau i µg/m ³ (Effekt) Reference | Videre prioritering |
|-----------------------------------|--------------|----------------------|---|--|---------------------|
| Decamethylcyclopentasiloxan (D5) | 541-02-6 | 8 | Ikke klassificeret | 4300 (tumorer i livmoderen, lunge- og levereffekter) MST 2021 | Nej |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | 9 | Ikke klassificeret | 130 (lungeeffekter/ levereffekter) MST 2021 | Nej |
| Sum af andre iso/cyclo-alkaner: | (13475-82-6) | 53 | Asp. Tox 1 STOT RE1 H372 | 5700 (neurotoksicitet for mineralisk terpentin) | Nej |
| Sum af andre kulbrinter: | (108-88-3) | 40 | Klassificering for mineralisk terpentin | MST 2016 | |

Prioritering fra **TABEL 15** Resultater af VOC- og aldehydmålinger for gamerstole i $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| Stofnavne | CAS RN | Højeste målte niveauer fra gamerstolene | Klassificering | Tolerabelt eksponeringsniveau i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Effekt) Reference | Videre prioritering |
|--|------------|---|--|--|---------------------------------|
| Aldehyder | | | | | |
| Formaldehyd (VVOC) * | 50-00-0 | 130 | Acute Tox.3 H301; H311, H331 Skin Corr. 1B H314 Eye Damage 1 H318 Skin Sens 1 H317 Muta 2 H341 Carc 1B H350 | 100 (øjen- og luftvejsirritation) EU-LCI 2016b WHO 2010 | Ja* |
| Alkoholer | | | | | |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 13 | Acute Tox. 4 H332 Skin Irrit. 2 H315: Eye Irrit. 2 H319 | 300 (luftvejsirritation) EU-LCI 2014b NB: kan omsættes til 2-ethylhexansyre i organismen | (Ja) |
| Safrol | 94-59-7 | 12 | Acute Tox. 4 H302 Muta. 2 H341 Carc. 1B H350 | Ingen REACH registrering | Ja genotoksisk carcinogen |
| Triacetin (glycerol triacetat) | 102-76-1 | 10 | Ikke klassificeret | Ingen DNEL-værdi pga. stoffets lave toksicitet | Nej |
| Benzoic acid, 4-ethoxy-, ethyl ester | 23676-09-7 | 16 | Ikke klassificeret | Ikke REACH registreret | Nej (QSAR) |
| 1,2-Propylene carbonat | 108-32-7 | 16 | Eye Irrit. 2 H319 | 1800 (øjenirritation) EU-LCIa 2021 | Nej |
| Aminer/Amider | | | | | |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | 68-12-2 | 98 | Acute Tox. 4, H312 Eye Irrit. 2, H319 Acute Tox. 4, H332 Repr. 1B H360d | 700 (øjen- og luftvejsirritation) 170 (levertoksicitet) SCHEER 2021 | Ja* |
| Nitriler | | | | | |
| 2,2'-Azobis(2-methylpropanenitrile) (AIBN) | 78-67-1 | 5 | Acute Tox. 4 H302, H332 | 70 DNEL (REACH-reg.) | Ja** |
| Alifatiske kulbrinter | | | | | |
| Sum C12; C13; C14 alkanes | | 22 | Asp. Tox 1 STOT RE1 H372 Klassificering for mineralisk terpentin | 5700 (neurotoksicitet) værdi for mineralisk terpentin MST 2016 | Nej |
| Aromatiske kulbrinter | | | | | |
| Toluen | 108-88-3 | 10 | Skin Irrit. 2 H315 Skin Irrit. 2 H315 Asp. Tox 1 H304 STOT SE 3 H336 STOT RE2 H373 Repr. 2 H316d | 2900 MST 2016 | Nej |

| | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-----|--|---|-------------|
| Methylbiphenyl | | 15 | Ikke klassificeret | Ikke REACH-registreret | Nej QSAR |
| Methylnaphthalen | | 15 | Acute Tox. 4 H302 Carc. 2 H351 Klassificernig for naphthalen | 10 (betændelse i luftvejene) værdi for naphthalen EU-LCI 2015 | Ja* |
| Dimethylnaphthalen | 1051-00-0 | 30 | | | |
| Trimethylnaphthalen | 1052-00-0 | 16 | | | |
| Sum alkyl-naphthalener | | 66 | | | |
| Terpener | | | | | |
| Longifolen | 475-20-7 | 29 | Skin Irrit. 2 H315: Skin Sens. 1B H317: | Ingen DNEL 1400 værdi for "øvrige terpener" (ingen effekt angivet) EU-LCI 2013e | Nej |
| Organiske syrer | | | | | |
| Eddikesyre | 64-19-7 | 260 | Skin Corr. 1A H314 | 1200 (luftvejsirritation) EU-LCI 2016a | Ja* |
| 2-Ethylhexansyre | 149-57-5 | 36 | Repr. 2 H361 Fremtidig harmoniseret klassificering: Repr. 1B H360D (ECHA-RAC 2020a) | 150 (fosterskader) EU LCI 2014 | Ja* |
| Palmitinsyre | 57-10-3 | 22 | Ikke klassificeret | 4348 DNEL (REACH-reg.) | Nej |
| Siloxaner | | | | | |
| Hexamethylcyclotrisiloxan (D3) | 541-05-9 | 9 | Ikke klassificeret | 320 (levereffekter) MST 2021 | Nej |
| Sum af andre iso/cyclo-alkaner: | (13475-82-6) | 240 | Asp. Tox 1 STOT RE1 H372 Klassificering for mineralsk terpentin | 5700 (neurotoksicitet) værdi for mineralsk terpentin MST 2016 | Nej |
| Sum af andre siloxaner: | Ingen specifik ID | 19 | - | | Nej |
| Sum af andre sesquiterpener: | | 10 | | 1400, værdi for "øvrige terpener" ingen effekt angivet EU-LCI 2013e | Nej |
| Sum af andre terpener: | | 37 | - | 1400, værdi for "øvrige terpener" (ingen effekt angivet) EU-LCI 2013e | Nej |
| Sum af andre kulbrinter: | | 150 | Asp. Tox 1 STOT RE1 H372 | 5700 (neurotoksicitet) MST 2016 | Nej |

Ja*: den målte eksponeringsværdi er mere end 1/10 af den tolerable eksponeringsværdi baseret på ekspertvurdering

Ja**: den målte eksponeringsværdi er mere end 1/50-100 af den tolerable eksponeringsværdi baseret på DNEL-værdi fra REACH-registrering.

Prioritering fra **TABEL 16** Resultater af VOC og aldehyd målinger for gamersæt 1 og 2 i µg/m³

| Stofnavne | CAS RN | Højeste målte værdier for PC + skærmsættene | | Klassificering | Tolerabelt eksponeringsniveau i µg/m ³ (Effekt) Reference | Videre prioritering |
|---------------------------------|-----------|---|-----|--|--|---------------------|
| | | 1 d | 3 d | | | |
| Aldehyder | | | | | | |
| Formaldehyd (VVOC) * | 50-00-0 | 34 | 35 | Acute Tox 3 H301; H311, H331 Skin Corr. 1B H314 Eye Damage 1 H318 Skin Sens 1 H317 Muta 2 H341 Carc 1B H350 | 100 (øjen- og luftvejsirritation) EU-LCI 2016b WHO 2010 | Ja* |
| Ketoner | | | | | | |
| Cyclohexanon | 108-94-1 | 10 | 7 | Acute Tox.4 H332 | 716 (levertoksicitet) SCHEER 2021 | Nej |
| Alkoholer | | | | | | |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 10 | 9 | Acute Tox. 4 H332 Skin Irrit. 2 H315 Eye Irrit. 2 H319 | 300 (luftvejsirritation) EU-LCI 2014b NB: kan omsættes til 2-ethylhexansyre i organismen | (Ja) |
| Glycol, Ethere, Estre | | | | | | |
| Ethylhexyl acrylat | 103-11-7 | 10 | 9 | Skin Irrit. 2 H315 Skin Sens.1 H317 STOT SE 3 H335 | 380 effekt ikke anført EU-LCI 2013a | Nej |
| Isobornyl acrylat | 5888-33-5 | 10 | 7 | Skin Irrit. 2 H315 Eye Irrit. 2 H319 Skin Sens.1 H317 STOT SE 3 H335 | 110 værdi for "øvrige akrylsyreestre", (effekt ikke anført) EU-LCI 2013b | Nej |
| Diethylene glycol dibutyl ether | 112-73-2 | 10 | 6 | Ikke klassificeret | 70 000 DNEL-værdi i REACH-reg. for arbejdere | Nej |
| Alifatiske kulbrinter | | | | | | |
| C14 (Tetradecane) | 629-59-4 | 10 | 10 | Ikke klassificeret | 6000 for summen af C9-C16 mættede kulbrinter (effekt ikke anført) EU-LCI 2013d (OECD 2011 angiver lungetoksicitet ifm. indånding af aerosoler) | Nej |
| C15 (Pentadecane) | 629-62-9 | 11 | 10 | | | |
| C16 (Hexadecane) | 544-76-3 | 11 | 12 | | | |
| Amider | | | | | | |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | 68-12-2 | 46 | 44 | Acute Tox.4, H312 Eye Irrit. 2, H319 Acute Tox.4, H332 Repr. 1B H360d | 700 (øjen- og luftvejsirritation) 170 (levertoksicitet) SCHEER 2021 | Ja* |
| Organiske syrer | | | | | | |
| Eddikesyre | 64-19-7 | 210 | 160 | Skin Corr. 1A H314 | 1200 (luftvejsirritation) EU-LCI 2016a | Ja* |

| | | Højeste målte værdier for PC + skærmsættene | | Klassificering | Tolerabelt eksponeringsniveau i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Effekt) Reference | Videre prioritering |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|-----|---|---|---------------------|
| | | 8 | 11 | | | |
| Palmitinsyre | 57-10-3 | 8 | 11 | Ikke klassificeret | 4348 DNEL, REACH-reg. | Nej |
| 2-Ethylhexansyre | 149-57-5 | 20 | 22 | Repr. 2 H361 Fremtidig harmoniseret klassificering Repr. 1B H360D (ECHA-RAC 2020a) | 150 (fosterskader) EU LCI 2014a | Ja* |
| Siloxaner | | | | | | |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | 13 | 8 | Ikke klassificeret | 130 (lungeeffekter/ levereffekter) MST 2021 | Ja* |
| Sum af andre iso/cyclo-alkaner: | (13475-82-6) | 670 | 580 | Asp. Tox 1 STOT RE1 H372 Klassificering for mineralisk terpentin | 5700 (neurotoksicitet) værdi for mineralisk terpentin MST 2016 | Nej |
| Sum af andre siloxaner | Ingen specifik ID på stofferne | 11 | 11 | | | Nej |
| Sum af VOC'er (TVOC) | | 980 | 810 | | | |

Ja*: den målte eksponeringsværdi er mere end 1/10 af den tolerable eksponeringsværdi baseret på ekspertvurdering

Prioritering fra **TABEL 17** Resultater af VOC- og aldehydmålinger for PC og skærm 1 og 2 i $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| Komponenter | CAS RN | Højeste målte værdier for PC + skærmsættene | | Klassificering | Tolerabelt eksponeringsniveau i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Effekt) Reference | Videre prioritering |
|--|--------------------------------|---|-----|---|---|---------------------|
| | | 1 d | 3 d | | | |
| Ethylhexyl acrylat | 103-11-7 | 16 | 11 | Skin Irrit. 2 H315 Skin Sens 1 H317 STOT SE 3 H335 | 380 (effekt ikke anført) EU-LCI 2013a | Nej |
| Isobornyl acrylat | 5888-33-5 | 11 | < 5 | Skin Irrit. 2 H315 Skin Sens 1 H317 Eye Irrit 2 H319 STOT SE 3 H335 | 110 værdi for "øvrigt akrylsyreester", (effekt ikke anført) EU-LCI 2013b | Nej |
| Diethylene glycol dibutyl ether | 112-73-2 | 10 | < 5 | Ikke klassificeret | 70 000 DNEL-værdi for arbejdere | Nej |
| Alifatiske kulbrinter | | | | | | |
| C14 (Tetradecan) | 629-59-4 | 9 | < 5 | | 6000 EU-LCI 2013d for summen af stofferne (effekter ikke anført) | Nej |
| C15 (Pentadecan) | 629-62-9 | 34 | 9 | | | |
| C16 (Hexadecan) | 544-76-3 | 40 | 8 | | | |
| C17 (Heptadecan) | 629-78-7 | 17 | < 5 | | | |
| C18 (Octadecan) | 593-45-3 | 5 | < 5 | | | |
| Sum af andre iso/cyclo-alkaner: | (13475-82-6) | 140 | 51 | Asp. Tox 1 H304 STOT RE1 H372 | 5700 (neurotoksicitet) MST 2016 | Nej |
| Aromatiske kulbrinter | | | | | | |
| Toluen | 108-88-3 | 12 | 7 | Skin Irrit. 2 H315 Skin Irrit. 2 H315 Asp. Tox 1 H304 STOT SE 3 H336 STOT RE2 H373 Repr. 2 H316d | 2900 (neurotoksicitet) EU-LCI 2013c | Nej |
| m,p-Xylen | 1330-20-7 | 11 | 6 | Acute Tox. 4 H312, H332 Skin Irrit. 2 H315 | 500 (neurotoksicitet) EU-LCI 2013d 130 (neurotoksicitet) SCHEER 2021 | Nej |
| Organiske syrer | | | | | | |
| Eddikesyre | 64-19-7 | 37 | 41 | Skin Corr. 1A H314 | 1200 (luftvejsirritation) EU-LCI 2016a | Nej |
| Palmitinsyre | 57-10-3 | 5 | 10 | Ikke klassificeret | 4348 DNEL, REACH-reg. | Nej |
| Siloxaner | | | | | | |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | 15 | 8 | Ikke klassificeret | 130 (lungeeffekter, levereffekter) MST 2021 | Ja* |
| Tetradecamethylcycloheptasiloxane (D7) | 107-50-6 | 22 | 10 | Ikke klassificeret | Ikke REACH-registreret | Nej |
| Sum af andre siloxaner | Ingen specifik ID på stofferne | 43 | 11 | - | - | Nej |
| Sum af VOC'er (TVOC) | | 420 | 120 | - | - | Nej |

| | | Højeste målte værdier for PC + skærmsættene | | Klassificering | Tolerabelt eksponeringsniveau i µg/m ³ (Effekt) Reference | Videre prioritering |
|----------------------|--|---|-----|----------------|--|---------------------|
| | | 980 | 810 | | | |
| Sum af VOC'er (TVOC) | | 980 | 810 | - | - | Nej |

Ja*: den målte eksponeringsværdi er mere end 1/10 af den tolerable eksponeringsværdi baseret på ekspertvurdering

Baseret på ovenstående udvælges følgende flygtige stoffer til videre fare- og risikovurdering:

formaldehyd
 eddikesyre
 2-ethylhexansyre
 2-ethyl-1-hexanol
 N,N-dimethylformamid (DMF)
 methylnaphthalen
 dimethylnaphthalen
 triethylnaphthalen
 dodecamethylcyclohexasiloxan (D6)
 2,2'-Azobis(2-methylpropanenitril)
 safrol

Ved prioritering af de semi-flygtige stoffer anvendes en mere forsigtig strategi, idet selv forholdsvis lave niveauer i luften nødvendigvis afspejler den samlede eksponering for stofferne. Semiflygtige stoffer vil nemlig have en tendens til hurtigt at hæfte sig på overflader og støv således at dampe i luften kun udgør en mindre del af den samlede SVOC -mængde i rummet. Således vil en persons udsættelse udover indånding af dampe komme fra kontakt med overflader samt fx kontakt med tøj og tekstiler fx. sengetøj som er til stede i rummet (Dette aspekt er detaljeret beskrevet i et review om eksponering for SVOC'er af Eichler et al. 2021). For SVOC'er går eksponeringsniveauer højere end 1/100 af det tolerable eksponeringsniveau derfor videre til fare-og risikovurdering.

Prioritering fra **TABEL 18**. Resultater af SVOC-analysen i ng/m³ for luftprøver taget fra kammeret

| Komponent | Cas-nr. | Højest målte værdier for gamersættene | | Klassificering | Tolerabelt eksponeringsniveau (Effekt) Reference | Videre prioritering |
|-----------------------------------|----------|---------------------------------------|------|---|--|---------------------|
| | | 1 d | 3 d | | | |
| Dibutylftalat DBP | 84-74-2 | 157 | 589 | Repr. 1B H360Df | 6700 ng/kg/dag eller 23450 ng/m ³ (hormonforstyrrende) RAC 2018 | Ja*** |
| Diethylftalat DEP | 84-66-2 | 27 | 76 | Ikke klassificeret | 2600 000 DNEL | Nej |
| Diisobutylftalat DiBP | 84-69-5 | 59 | 202 | Repr. 1B H360Df | 8300 ng/kg/dag eller 29050 ng/m ³ (hormonforstyrrende) RAC 2018 | Ja*** |
| Dimethylftalat DMP | 131-11-3 | 1209 | 5434 | Ikke klassificeret | 16300 000 DNEL | Nej |
| 2.4.6-tribromophenol 2.4.6-TBP | 118-79-6 | 37 | 37 | Acute Tox. 4 H302 Eye Irrit. 2 H319 Skin Sens. 1 H317 | 580 000 (lever- og nyreeffekter) DNEL | Nej |
| Tributhylfosfat TBP | 126-73-8 | 68 | 78 | Acute Tox. 4 H302 Skin Irrit. 2 H315 Carc. 2 H351 | 300 000 (urinblæreeffekter) EU-LCI 2016a | Nej |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|-----|-----|---|--|-----|
| Tri(1-chloro-2-propyl)fosfat TCPP | 13674-84-5 | 27 | 32 | Acute Tox. 4 H302 | 840 000 ng/kg/dag eller 2940 000 ng/m ³ (effekter på skjoldbrusk- kirtlen) EU-RAR 2008 | Nej |
| Triethylfosfat TEP | 78-40-0 | 392 | 326 | Acute Tox. 4 H302 Eye Irrit. 2 H319 | 1700 000 (levertoksicitet) EU-LCI 2021b | Nej |

Ja***: den målte eksponeringsværdi er mere end 1/100 af den tolerable eksponeringsværdi

Baseret på ovenstående udvælges følgende semi-flygtige stoffer til videre fare- og risikovurdering:

dibutylftalat
diisobutylftalat

Kortfattet farevurdering af de prioriterede stoffer

For de prioriterede stoffer foretages der nedenfor en kortfattet beskrivelse m.h.t. stoffernes sundhedsskadelige effekter og udledning af stoffernes tolerable eksponeringsniveauer. I den forbindelse vurderes hvorvidt de anvendte tolerable eksponeringsværdier (DNEL) er udregnet efter retningslinjerne angivet i REACH vejledningen R8 (ECHA 2012).

Formaldehyd

Kilder: WHO (2010). EU-LCI (2016b). ECHA-RAC (2020b)

Formaldehyd er et ætsende, hudsensibiliserende, kræftfremkaldende og mutagent stof.

EU-LCI-værdien for formaldehyd på 100 µg/m³ er baseret på WHO (2010) som i deres vurdering udleder et luftkvalitetskriterie for indeklimaluft på 100 µg/m³.

Hos mennesker kan formaldehyd medføre kræft i de øvre luftveje ved eksponeringsniveauer ned til omkring 1,25 mg/m³ som middeleksponering med spids koncentrationer omkring 5 mg/m³. Højere niveauer kan medføre leukæmi. I muse- og rotte forsøg ses kræft i de øvre luftveje som den mest følsomme kræftform. Den kræftfremkaldende effekt, der anses at være en følge af stoffets irriterende og mutagene egenskaber, vurderes at have en nedre tærskelværdi og forekommer ved kroniske eksponeringsniveauer på 7,5 mg/m³ og derover. Irritative forandringer af næseslimhinden ses ved lavere niveauer ned til et NOAEL på 1,25 mg/m³.

WHO (2010) vurderer at eksponeringsniveauer under 2,5 mg/m³ hos mennesker kun har marginal betydning for formaldehydniveauet i blodet, som dannes naturligt ved organismens almindelige stofomsætning. Man vurderer endvidere at beskyttelse mod de irriterende effekter der kan forekomme ved lavere eksponeringsniveauer, også vil beskytte mod den kræftfremkaldende effekt.

Ud fra adskillige humane undersøgelser er det vist at øjen- og luftvejsirritation kan forekomme ned til niveauer på 0,63 mg/m³ og henholdsvis 0,38 mg/m³. Et NOAEL på 0,6 mg/m³ for påvirkning af øjebliknings-refleks blev vurderet som det bedste objektive grundlag for beregning af en grænseværdi og under anvendelse af en faktor 5 for at tage højde for usikkerheder ved tærskelværdien for luftvejsirritation, blev der fastsat et tolerabelt eksponeringsniveau på 0,12 mg/m³, som derpå blev afrundet til 100 µg/m³.

Da værdien er for akut irritation angiver WHO (2010) at værdien er gældende som et gennemsnit over ½ time og ikke over 24 timer, hvilket begrænser tidsperioden og evt. størrelsesorden for evt. overskridelse af værdien.

ECHA-RAC (2020) revurderede data og vurderede i forbindelse med et begrænsningsforslag for anvendelse af formaldehyd og formaldehyd-releasere i artikler, at værdien på 100 µg/m³ ikke ydede tilstrækkelig beskyttelse for forbrugere.

For akutte irritationseffekter anvendte RAC et NOAEC på 0,6 mg/m³ hos frivillige forsøgspersoner og under anvendelse af en faktor på 10 for at tage hensyn til forskellige i følsomhed i befolkningen opnåede man en DNEL-værdi på 0,06 mg/m³.

For vedvarende eksponering fastsatte RAC en langtids DNEL på 0,05 mg/m³ ud fra et 26 ugers inhalationsforsøg med aber eksponeret 22 timer/daglig, 7 dage om ugen, og hvor der kunne fastsættes et LOAEC-niveau på 1.25 mg/m³ for påvirkning af vævet i næseslimhinderne. Ved at anvende en faktor på 2.5 for at omregne fra aber til mennesker og en faktor på 3.16 for at tage hensyn til særligt følsomme personer samt en faktor på 3 for at ekstrapolere til et nuleffektniveau opnåede RAC en DNEL-værdi på 0.05 mg/m³.

Kommentar og fastsættelse af DNEL-værdi jf. ECHA/RAC (2012):

I dette projekt vil der til den videre risikovurdering blive taget udgangspunkt i RAC seneste vurdering, hvor DNEL-værdien er beregnet i overensstemmelse med principperne angivet i ECHA (2012).

Til dette projekt anses en DNEL på 0,05 mg/m³ for længere tids eksponering for den mest relevante at anvende i risikovurderingen, idet måleresultaterne mere afspejler en gennemsnitlig 24 timers værdi end kortvarige spidsbelastninger, hvor en DNEL-værdi på 0,06 mg/m³ for akutte irritations effekter ville være mere relevant.

Eddikesyre

Kilde: EU-LCI (2016a).

Eddikesyre er i koncentreret form klassificeret som et ætsende stof der har fået tildelt en LCI-værdi på 1200 µg/m³ som følge af øjen- og luftvejsirriterende egenskaber i dampform. I forbindelse med udarbejdelse af LCI-værdien blev akut irritation af øjnene og luftveje anset for den mest kritiske effekt af stoffet.

Udgangspunktet for den beregnede værdi var to forsøg med frivillige forsøgspersoner, der blev udsat for 0; 5 og 10 ppm eddikesyredampe (10 ppm sv.t. 24.7 mg/m³) af en varighed på henholdsvis to og fire timer. I disse forsøg observeredes der af forsøgspersonerne lettere tegn på irritation ved 10 ppm.

Med et LOAEL på 24,7 mg/m³ som udgangspunkt blev der beregnet en LCI-værdi på 1,235 mg/m³ idet der blev anvendt en usikkerhedsfaktor på 2 for at ekstrapolere fra meget lette effekter til et ikke-effektniveau, samt en usikkerhedsfaktor på 10 for at beskytte særlige følsomme individer i befolkningen. Af praktiske grunde blev denne værdi derpå afrundet til 1200 µg/m³.

Kommentar og fastsættelse af DNEL-værdi jf. ECHA (2012):

Beregningen af vurderingen anses at stemme overens med principperne for beregning af DNEL-værdier i REACH-vejledningen for DNEL-beregning, hvorfor DNEL i forbindelse med denne rapport fastsættes til 1200 µg/m³.

2-Ethylhexansyre

Kilder: EU-LCI (2014a); ECHA-RAC (2020a)

2-ethylhexansyre og salte heraf er for nylig blevet vurderet af ECHA's Risikovurderingskomité, hvor man vedtog at stoffet fremover bør klassificeres som reproduktionstoksisk i kategori 1B som følge af fosterskader på skelet, hjerte og hjerne observeret i rotteforsøg (ECHA_RAC 2021).

LCI-værdien, der blev fastsat til 150 µg/m³, blev tilsvarende fastsat på baggrund af et af rotteforsøgene hvor 100 mg/kg IgV/dag blev anset for et NOAEL i et teratogen forsøg hvor de gravide hunrotter blev udsat for 0, 100, 250 og 500 mg/kg IgV/dag oralt på 6.-15. dag i drægtighedsperioden.

Over for den orale dosis på 100 mg/kg IgV/dag blev der derpå anvendt en usikkerhedsfaktor på 10 for at ekstrapolere fra rotter til mennesker og en usikkerhedsfaktor på 10 for at tage hensyn til særligt følsomme grupper i befolkningen. Herudover blev der anvendt en usikkerhedsfaktor på 6 for at ekstrapolere fra subakut eksponering til kronisk eksponering, samt en usikkerhedsfaktor på 2 pga. af alvorligheden af effekterne samt en usikkerhedsfaktor på 2 som følge af mangel på inhalations data. Endelig blev der anvendt en faktor på yderligere 3,5 for at omregne fra oral dosis til indåndingskoncentration (70 kg/20m³/dag) da en voksen person på 70 kg indånder ca. 20 m³ luft om dagen dvs. 100 mg/kg IgV/dag x 70 kg/20 m³.

$LCI = 100 \text{ mg/kg IgV/dag} \times 3,5 / (10 \times 10 \times 6 \times 2 \times 2) = 0,146 \text{ mg/m}^3$ (afrundet til 150 µg/m³).

Kommentar og fastsættelse af DNEL-værdi jf. ECHA (2012):

Beregningen vurderes at afvige på visse punkter fra REACH-vejledningen for DNEL-beregningen, idet man iflg. denne vejledning tilsvarende kan beregne følgende DNEL-værdi:

$DNEL = LCI = 100 \text{ mg/kg IgV/dag} \times 3,5 / (10 \times 10 \times 2 \times 2) = 0,88 \text{ mg/m}^3$ eller 880 µg/m³

Idet der ved denne beregning ikke anvendes en usikkerhedsfaktor på 6 for at ekstrapolere fra subakut til kronisk eksponering, da man ikke vil være ekstra følsom under graviditet ved udsættelse over længere tid, idet det netop er selve eksponeringen i den følsomme periode der er afgørende. Desuden kan det i REACH-registreringen af stoffet ses at der opnås et NOAEL på 200 mg/kg IgV/dag i et 90 dages forsøg med rotter, hvilket indikerer at fostrene er mere følsomme end de voksne dyr. Endelig bibeholdes en faktor 2 for alvorligheden af effekterne og en faktor 2 for usikkerhed m.h.t. absorptionsgraden ved indånding og omregning fra oral dosis.

DNEL i forbindelse med denne rapport fastsættes til 880 µg/m³.

2-Ethyl-1-hexanol

Kilder: EU-LCI (2014b)

EU-LCI (2014b) angiver akutte irritationseffekter som den mest kritiske effekt af 2-Ethyl-1-hexanol. En LCI-værdi på 300 µg/m³ blev beregnet ud fra et forsøg hvor frivillige forsøgspersoner blev udsat for 2-Ethyl-1-hexanol dampe i koncentrationer på 1,5; 5 og 10 ppm i fire timer.

M.h.t. til øjen- og luftvejsirritation sås tydelig dosis-repons med et NOAEL på 1,5 ppm sv.t. 8 mg/m³.

LCI på 300 µg/m³ blev derpå beregnet ved at anvende en faktor på 6 for at ekstrapolere til længerevarende eksponering og en faktor på 5 for at ekstrapolere fra frivillige forsøgspersoner til den generelle befolkning.

Kommentar og fastsættelse af DNEL-værdi jf. ECHA (2012):

Idet stoffets kritiske effekt vurderes at være et akut irritationsrespons, vurderes det ikke at være relevant at anvende en faktor 6 for ekstrapolering til kronisk eksponering. Dette svarer til tilgangen der er angivet for eddikesyre, hvor den kritiske effekt også var akut irritation.

Derimod bør der anvendes en usikkerhedsfaktor på 10 for at beskytte særligt følsomme grupper i befolkningen og ikke en faktor 5 som angivet ovenfor.

DNEL i forbindelse med denne rapport fastsættes derfor til $8 \text{ mg/m}^3 / 10 = 0,8 \text{ mg/m}^3$ eller 800 µg/m^3 .

Det skal bemærkes at 2-Ethyl-1-hexanol i kroppen kan blive omsat til 2-ethylhexansyre, som anses for værende fosterskadende. DNEL på 800 µg/m^3 for irritation vil imidlertid også beskytte mod evt. fosterskadende effekt da DNEL-værdien for 2-Ethylhexansyre ligger på ca. 880 µg/m^3 .

N,N-Dimethylformamid (DMF)

Kilde: SCHEER (2021)

Selvom stoffet er klassificeret som reproduktionstoksisk (fosterskadende) og af den grund er på REACH-kandidatlisten over SVHC-stoffer, anses de mest kritiske effekter ved lave eksponeringsniveauer for stoffet at være øjen- og luftvejsirritation og leverskader, da disse effekter optræder ved lavere eksponeringsniveauer end de fosterskadende effekter.

På baggrund af et LOAEC på 22 mg/m^3 for øjen- og luftvejsirritation fra en undersøgelse i arbejdsmiljøet beregnede SCHEER (2021) en DNEL-værdi for disse effekter på $0,7 \text{ mg/m}^3$, idet man anvendte en usikkerhedsfaktor på 3 for at ekstrapolere til et nuleffektniveau og yderligere en faktor 10 for at tage hensyn til særlige følsomme individer i befolkningen.

I samme undersøgelse kunne der også fastsættes et LOAEC på 22 mg/m^3 for levereffekter, og SCHEER (2021) beregnede ud fra dette en DNEL på $0,17 \text{ mg/m}^3$. Udover usikkerhedsfaktorerne som angivet ovenfor blev der korrigeret til kontinuerlig eksponering over 24 timer ved at gange med faktorerne $8t/24t$ og $5d/7d$, idet arbejderne kun blev udsat 8 timer dagligt, 5 dage om ugen.

(Denne omregning til ét 24 timers niveau, blev ikke anvendt for at beskytte mod irritation, idet effekterne her er i relation til koncentrationen i luften og ikke i forhold til den indåndede mængde af stoffet som anses at være af betydning for levereffekterne.)

Kommentar og fastsættelse af DNEL-værdi jf. ECHA (2012):

Udledningen af DNEL-værdien på $0,17 \text{ mg/m}^3$ er i overensstemmelse med ECHA's retningslinier og værdien anvendes efterfølgende i risikovurderingen i projektet.

Methylnaphthalen, dimethylnaphthalen, triethylnaphthalen

Kilder: EU-LCI (2015); WHO (2010); Kim et al. (2020), Lin et al. (2009)

Ved en PubMed søgning er der kun fundet toksikologiske relevante data for methylnaphthalen, mens der ikke kunne findes data på dimethylnaphthalen og trimethylnaphthalen. Der findes imidlertid flere ekspertvurderinger for naphthalen, hvor EU-LCI 2015 vurderingen er den bedst opdaterede. Ud fra et senere 90 dages inhalationsforsøg med rotter (et forsøg fra 2012, der ikke indgår i de tidligere ekspertvurderinger) blev der fundet et NOAEC på 0.1 ppm, idet der blev observeret effekter på slimhinderne i luftvejene ved højere niveauer. Ud fra dette NOAEC blev der beregnet en LCI-værdi på 10 µg/m³. Dette er den samme værdi som WHO (2010) kom frem til ud fra et andet, tidligere udført rottestudie.

I en publikation af Lin et al (2009) sammenlignes toksiciteten af naphthalen med methylnaphthalen. Ud fra orale cancerforsøg med 1-methylnaphthalen og 2-methylnaphthalen konkluderes at disse ikke besidder de samme kræftfremkaldende egenskaber som set for naphthalen i lignende undersøgelser. M.h.t. inhalationsforsøg ses dog nogenlunde tilsvarende effekter som for naphthalen, idet der også for methylnaphthalen ses forandringerne i luftvejenes slimhinder.

Frem for at basere sig på data for naphthalen kan den konkrete DNEL-beregning for methylnaphthalen foretages ud fra et 90 dages inhalationsforsøg, hvor rotter blev udsat for 0, 0,5, 4 og 30 ppm 1-methylnaphthalen i luften 6t/dag, 5 dage/uge (Kim et al 2020). Her fandt man effekter (hyperplasi) på slimhinden i de øvre luftveje hos dyrene. Effekterne blev betegnet som "minimale" effekter ved laveste eksponeringsniveau og steg gradvist over "lette" til "moderate" effekter ved højeste dosisniveau. Da effekterne ved de to laveste dosisniveauer blev vurderet at være "minimale" eller "lette" konkluderede forfatterne 4 ppm (sv.t. 23 mg/m³) til at være et NOAEC-niveau.

Kommentar og fastsættelse af DNEL-værdi jf. ECHA (2012):

Ved beregning af en DNEL-værdi vurderes det at være mere forsigtigt at tage udgangspunkt i et NOAEC på 0,5 ppm (sv.t. 2,9 mg/m³), idet 15 ud af 20 dyr ved 4 ppm havde udviklet hyperplasi i lettere grad, hvorfor det vanskeligt kan betegnes som et NOAEC. Med udgangspunkt i et NOAEC på 2,9 mg/m³ beregnes DNEL-værdien:

$$\text{DNEL} = 2,9 \text{ mg/m}^3 \cdot 2,5 \times 10 \times 2 = 0,058 \text{ mg/m}^3 \text{ eller } 58 \text{ }\mu\text{g/m}^3$$

*Da irriterende effekter anses at være en koncentrationsrelateret effekt foretages der ikke omregning til et 24 timers gennemsnitsniveau før DNEL-beregningen.

Derpå anvendes en faktor på 2,5 for at ekstrapolere fra rotter til mennesker (udgangsværdi for lokale irritationseffekter), en faktor på 10 for at beskytte særligt følsomme i befolkningen og en faktor på 2 for at ekstrapolere fra subkronisk til kronisk eksponering.

Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6)

Kilde: MST (2021)

I vurderingen af stoffet foretaget i MST (2021) er der anvendt data fra REACH-registreringen af stoffet. REACH-registreringen er siden blevet opdateret, men ikke med data så det får indflydelse på beregning af en DNEL-værdi for indånding.

MST (2021) vurderede et 90 dages inhalationsforsøg med rotter som det bedst egnede data-grundlag for udledning af en DNEL-værdi for indånding. I dette forsøg blev rotter eksponeret for 18,2, 182 og 546 mg/m³ D6 i 6 timer dagligt, 5 dage om ugen i 13 uger (90 dage). NOAEC blev fastsat til 18,2 mg/m³, som følge af skadelig påvirkning af næseslimhinden og lettere grad af påvirkning af lunger og lever ved de højere eksponeringsniveauer.

Kommentar og fastsættelse af DNEL-værdi jf. ECHA (2012):

I forbindelse med indånding og lokale skadelige effekter i lungerne tages der udgangspunkt i et NOAEC på 18,2 mg/m³ ved en eksponering på 6 timer dagligt i 5 dage. Denne værdi kan omregnes til 24 timers kontinuerlig eksponering da de systemiske effekter (levereffekter) må anses at være en følge af den samlede daglige eksponering fremfor selve koncentrationen af stoffet:

$$\text{NOAEC (kontinuerlig)} = 18,2 \text{ mg/m}^3 \times (6\text{t}/24 \text{ t})^* \times 5 \text{ dage}/7 \text{ dage} = 3,3 \text{ mg/m}^3$$

Ud fra denne værdi kan et tolerabelt eksponeringsniveau (DNEL) beregnes:

$$\text{DNEL} = 3,3 \text{ mg/m}^3 / 2,5 \times 10 \times 2^* = 0,07 \text{ mg/m}^3 \text{ eller } 70 \text{ }\mu\text{g/m}^3$$

Idet der anvendes en usikkerhedsfaktor på 2,5 for at ekstrapolere fra rotter til mennesker ifm. inhalationseksponering og yderligere en faktor 10 for at tage hensyn til forskelle i menneskers følsomhed og en usikkerhedsfaktor på 2 for at ekstrapolere fra subkronisk eksponering til kronisk eksponering.

*I MST (2021) beregnes tolerabelt eksponeringsniveau for stoffets forekomst i kosmetik. Ifm. kosmetik anvendes denne faktor på 2, når udgangspunktet er et 90 dages forsøg.

2,2'-Azobis(2-methylpropanenitrile), CAS 78-67-1

Der er ved litteratursøgning (PubMed, PubChem, Google, ECHA-databasen) fundet meget få validerede data på dette stof.

Et toksikologisk datablad for stoffet angiver at stoffet anvendes som katalysator ved dannelse af polyvinylpolymerer og i forbindelse med produktion af harpiks, plastik og fumigeringsmidler. Stoffet er meget reaktivt og indånding af stoffet medfører irritation af luftvejene. Endvidere angives at stoffet kan skade lever og nyrer (HSFS 1998).

Azo- og nitrilforbindelser er meget reaktive og der er optaget en række af disse forbindelser på Arbejdstilsynets liste over grænseværdier (BEK nr 1054 af 28/06/2022) ofte med meget lave værdier på omkring 1 mg/m³ i arbejdsmiljøet, hvilket indikerer at disse stoffer kan være potente sundhedsskadelige stoffer.

Da der imidlertid ikke er fundet oplysninger om hvilket eksponeringsniveau der medfører de skadelige effekter, kan der ikke foretages yderligere fare- og risikovurdering for stoffet.

Safrol

Kilder: EFSA (2002); Cal EPA (1992)

Der er fundet flere ekspertvurderinger af safrol, hvor den seneste og mest omfattende vurdering er foretaget af EFSA (2002).

Som naturligt aromastof forekommer safrol i krydderier som muskatnød, kanel, peber og basilikum og angives at forekomme i fødevarer generelt i et gennemsnitligt niveau på ca. 0,5 mg/kg (et niveau på 2 mg/kg angives for varer med kanel og 20 mg/kg for fisk på dåse (EFSA (2002)). Da safrol er et aromastof i fødevarer er de toksikologiske undersøgelser primært foretaget med oral (i nogle tilfælde subkutan) dosering, og der er derfor ikke fundet inhalationsdata med stoffet.

Den harmoniserede EU-klassificering iht. CLP (Reg. No. 1272/2008) angiver at stoffet er kræftfremkaldende og mutagen og EFSA (2002) anser safrol som et kræftfremkaldende stof uden nogen nedre tærskelværdi som følge af dets direkte mutagene egenskaber.

I forbindelse med en række forskelligartede orale cancerforsøg i mus er der fundet øget forekomst af leverkræft ved dosisniveauer fra 150 – 300 mg/kg lgv/dag og højere. Hos rotter doseret med safrol i foderet på indhold mellem 0,01% og 0,5% safrol, er der set begyndende levereffekter ved laveste dosering og signifikant øget forekomst af leverkræft ved højere doseringsniveauer.

Hverken EFSA (2002) eller øvrige ekspertvurderinger vurderer at der kan fastsættes et tolerabelt og sikkert eksponeringsniveau for safrol som følge af dets kræftfremkaldende og mutagene egenskaber. EFSA (2002) angiver ingen beregninger m.h.t. kræftisiko for forbrugere, men angiver at den kræftfremkaldende potens for safrol anses for forholdsvis lav, dvs. stoffet anses som et svagt carcinogen. Samtidig angives at befolkningen i EU gennemsnitligt udsættes for en daglig dosis på ca. 0,3 mg safrol ifm. daglig indtagelse af fødevarer og krydderier.

Den Californiske Miljøstyrelse har ud fra en analyse af de mange cancerforsøg beregnet at en livslang gennemsnitlig dosis på 3 µg/dag medfører en øget cancer livstidsrisiko på 10^{-5} (sv.t. til et ekstra cancertilfælde blandt 100.000 personer eksponeret for 3 µg safrol/dag gennem hele livet) (*Cal EPA 1992*).

Den amerikanske Carcinogenic Potency Database (CPDB), der løbende opdateres, indsamler data fra cancerforsøg og ud fra data estimeres en TD50 eksponeringsværdi svarende til den dosis af et stof, der i dyreforsøgene vil medføre tumorer i halvdelen af forsøgsdyrene ved daglig, livslang dosering af dyrene. Ved fastsættelse af TD50-værdien tages udgangspunkt i den type tumorer der forekommer ved lavest dosis, og der omregnes til livslang dosis i det tilfælde forsøget har været af kortere varighed. I tilfælde af flere forsøg i samme dyreart beregnes gennemsnittet af TD50 værdien. For safrol angives en TD50 værdi for rotter på 441 mg/kg lgv/dag, mens der for mus angives en TD50 værdi på 51,3 mg/kg lgv/dag. I begge tilfælde er værdierne beregnet ud fra forekomst af levetumorer. Der anføres at værdien for rotter er beregnet ud fra flere forsøg, mens værdien beregnet for mus kun er ud fra et forsøg og der angives en større usikkerhed for dette forsøg.

Kommentar og fastsættelse af DNEL-værdi jf. ECHA (2012):

Det er dog ikke muligt at vurdere om metoden anvendt af de californiske myndigheder svarer til metoden angivet af ECHA (2012) for beregning af DMEL-værdier. Men det californiske risikoniveau på 10^{-5} ved en daglig livslang eksponering på 3 µg/dag ville betyde at befolkningen i EU med en gennemsnitseksposering på 0,3 mg/dag er udsat for en 10^{-3} risiko for udvikling af

leverkræft som følge af denne eksponering – hvilket virker urealistisk højt for et svagt carcino-gen.

I Danmark anvender Miljøstyrelsen ofte en 10^{-6} livstidsrisiko som et tolerabelt risikoniveau ved udsættelse for genotoksiske kræftfremkaldende stoffer. Dette vil i givet fald så svare til en daglig eksponering på 0,3 µg/dag, hvis den californiske værdi tages som udgangspunkt.

TD50 værdien på 441 mg/kg IgV/dag fra CPDB vurderes mere pålidelig til beregning af risikoniveauer for safrol.

Værdien kan iflg ECHA (2012) omregnes til en inhalationsdosis for rotten, idet en rotte indånder 1.15 m³ luft/kg IgV/dag. Dvs. en oral eksponering på 441 mg/kg IgV/dag sv.t. en koncentration i luften på 441 mg/kg IgV/dag / 1.15 m³/dag = 383 mg/m³

Da TD50 udtrykker en livstidsrisiko på 0,5 kan man ved lineær ekstrapolation ned til 10^{-6} livstidsrisiko beregne følgende koncentration:

Koncentration sv. t. 10^{-6} livstidsrisiko = $383 \text{ mg/m}^3 / 0,5 \times 10^{-6} = 0,0008 \text{ mg/m}^3$ eller $0,8 \text{ µg/m}^3$

Denne værdi anvendes efterfølgende til risikovurdering i denne rapport.

Dibutylftalat og Diisobutylftalat

Kilde: ECHA-RAC (2017)

Dibutylftalat (DBP) og Diisobutylftalat (DIBP) der er reproduktionstoksiske og hormonforstyrrende stoffer er vurderet af ECHA's Risikovurderingskomité. I en undersøgelse med rotter hvor moderdyrene blev eksponeret for DBP fra dag 15 i drægtighedsperioden og i den efterfølgende laktationsperiode fandt man påvirkning af afkommet i form af påvirkning af udvikling af mælkekirtlerne hos hunrotterne og påvirkning af testes hos hanrotterne med et LOAEL på 2 mg/kg IgV/dag.

Herudfra blev der derpå beregnet en DNEL-værdi på 0.0067 mg/kg IgV/dag, idet der blev anvendt en usikkerhedsfaktor på 3 for at ekstrapolere til et nuleffektniveau og en faktor på 10 for at ekstrapolere fra rotter til mennesker og endelig en faktor 10 for at tage hensyn til særlige følsomme i befolkningen.

Da tilsvarende data ikke var til stede for DIBP men andre data pegede på sammenlignelige effekter som DBP, fastsatte man en DNEL-værdi på 0.0083 mg/kg IgV/dag for dette stof, se FIGUR 23.

| | NOAEL (mg/ kg bw/day) | LOAEL (mg/ kg bw/day) | Endpoint and study reference | AFs # | Correction for absorption § | DNEL internal dose (mg/ kg bw/day) |
|------|--------------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------------------|---|
| DBP | - | 2 | Reduced spermatocyte development at postnatal day 21, and mammary gland changes (vacuolar degeneration and alveolar atrophy) in adult male offspring in Lee et al. (2004) | $4 \times 2.5 \times 10^3$ = 300 | 1 | 0.0067 |
| DIBP | - | 2.5 | Read-across from DBP | $4 \times 2.5 \times 10^3$ = 300 | 1 | 0.0083 |

FIGUR 23. Beskrivelse for NOAEL/LOAEL for DBP og DIBP fra ECHA-RAC 2017

Kommentar og fastsættelse af DNEL-værdi jf. ECHA (2012)

De anførte DNEL-værdier kan direkte omregnes til en indåndingskoncentration idet det antages, at en voksen person (70 kg Igv) indånder 20 m³ luft per dag. ECHA-RAC (2017) anser at absorption fra oral eksponering er 100% og at tilsvarende gør sig gældende for inhalation, hvorfor der ikke skal korrigeres for forskellig absorption mellem de to eksponeringsveje. Dvs.:

DNEL-inhalation (DBP) = 0.0067 mg/kg Igv/dag x 70 kg Igv/ 20 m³

DNEL-inhalation (DBP) = 0.023 mg/m³ eller 23 µg/m³

DNEL-inhalation (DIBP) = 0.0083 mg/kg Igv/dag x 70 kg Igv/ 20 m³

DNEL-inhalation (DIBP) = 0.029 mg/m³ eller 29 µg/m³

Sammenfatning

For følgende stoffer er der blevet foretaget vurdering af de toksikologiske effekter og udledning af tolerable eksponeringsniveauer for videre brug i projektet og dels til risikovurderinger, se TABEL 39.

TABEL 39. Konklusion på prioriteringen af stoffer til risikovurdering

| Stofnavn | CAS RN | Tolerabelt eksponeringsniveau og kritisk effekt |
|--|-----------------------------|---|
| Formaldehyd | 50-00-0 | 50 µg/m ³ øjen- og luftvejsirritation |
| Eddikesyre | 64-19-7 | 1200 µg/m ³ irritation |
| 2-Ethylhexansyre | 149-57-5 | 880 µg/m ³ fosterskader |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 104-76-7 | 800 µg/m ³ irritation |
| N,N-Dimethylformamid (DMF) | 68-12-2 | 170 µg/m ³ levereffekter 700 µg/m ³ irritation |
| methylnaphthalen dimethylnaphthalen triethylnaphthalen | - 1051-00-0 1052-00-0 | 58 µg/m ³ irritation gældende på enkeltstofniveau og summen af de tre stoffer |
| Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) | 540-97-6 | 70 µg/m ³ levereffekter/ lungeeffekter |
| 2,2'-Azobis(2-methylpropanenitrile) | 78-67-1 | Data ikke tilstrækkelige for udledning |
| Safrol | 94-59-7 | 0,8 µg/m ³ (sv.t. 10 ⁻⁶ kræftisiko for livslang eksponering) |
| Dibutylftalat DBP | 84-74-2 | 23 µg/m ³ hormonforstyrrende effekter |
| Diisobutylftalat DiBP | 84-69-5 | 29 µg/m ³ hormonforstyrrende effekter |

Ved samtidig udsættelse for flere stoffer på én gang, vurderes det relevant at addere RCR-værdierne for stoffer med samme kritiske effekt, dvs. at RCR-værdierne for stofferne med irriterende egenskaber adderes til en sum-RCR-værdi for irritation. Tilsvarende gør sig gældende for stoffer med hormonforstyrrende effekter eller levereffekter.

Referencer til bilag 7

BEK nr 1054 af 28/06/2022. Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 1054 af 28. juni 2022 om grænseværdier for stoffer og materialer (kemiske agenser) i arbejdsmiljøet. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2022/1054>

Cal EPA (1992). Expedited cancer potency values and proposed regulatory levels for certain Proposition 65 carcinogens. California Environmental Protection Agency. Link: Safrole - OEHHA (ca.gov)

CPDB. The Carcinogenic Potency Database (CPDB). The Carcinogenic Potency Project. Link: The Carcinogenic Potency Project (CPDB) (toxplanet.com). Safrol TD50-værdi i databasen november 2022.

ECHA (2012). Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health. Version 2.1.

ECHA-RAC (2017). Committee for Risk Assessment (RAC) Committee for Socio-economic Analysis (SEAC) Opinion on an Annex XV dossier proposing restrictions on FOUR PHTHALATES (DEHP, BBP, DBP, DIBP)

ECHA-RAC (2020a). Opinion proposing harmonised classification and labelling at EU level of 2-Ethylhexanoic acid and its salts. Adopted 11 June 2020.

ECHA-RAC (2020b). Opinion on an Annex XV dossier proposing restrictions on Formaldehyde and formaldehyde releasers. Committee for Risk Assessment (RAC) Committee for Socio-economic Analysis (SEAC). Link: Revised restriction opinion template version 11/2015 v4 comments from ENV GROW RL SD SK SG (europa.eu).

EFSA (2002). Opinion of the Scientific Committee on Food on the safety of the presence of safrole (1-allyl-3,4-methylene dioxy benzene) in flavourings and other food ingredients with flavouring properties. Scientific Committee on Food. SCF/CS/FLAV/FLAVOUR/6 ADD3 Final 9 January 2002.

Eichler et al. (2021). Assessing Human Exposure to SVOCs in Materials, Products, and Articles: A Modular Mechanistic Framework. Environmental Science & Technology 2021 55 (1), 25-43. DOI: 10.1021/acs.est.0c02329

EU-LCI (2013a). Ethylhexyl acrylate. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-LCI (2013b). Other acrylates (acrylic acid esters). Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

ECHA/RAC/RES-O-0000006740-76-01/F RAC opinion, adopted 13 March 2020.

EU-LCI (2013c). Other saturated aliphatic hydrocarbons C9-C16. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-LCI (2013d). Xylene (o-, m-, p-) and mix of o-, m- and p-xylene isomers. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-LCI (2013e). Other terpene hydrocarbons. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-LCI (2014a). 2-Ethylhexanoic acid. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-LCI (2014b). Ethyl-1-hexanol. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-LCI (2015). Naphthalene. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-LCI (2016a). Acetic acid. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-LCI (2016b). Formaldehyde. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-LCI (2016c). Tolueme. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-LCI (2021a). Propylene carbonat. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-LCI (2021b). Triethyl phosphate. Listeværdi: Agreed EU-LCI values (December 2021).

EU-RAR (2008). European Union Risk Assessment Report TRIS(2-CHLORO-1-METHYLETHYL) PHOSPHATE (TCPP).

HSFS (1998). Azodiisobutyronitrile. Hazardous Substance Fact Sheet. New Jersey Department of Health and Senior Services. Revision November 1998.

Kim et al. (2020). Thirteen week inhalation toxicity study of 1 methylnaphthalene in F344 rats. *Toxicol Res.* (2020) 36:13–20. <https://doi.org/10.1007/s43188-019-00009-1>

Lin et al. (2009). Toxicity and metabolism of methylnaphthalenes: Comparison with naphthalene and 1-nitronaphthalene. *Toxicology.* 2009 June 16; 260(1-3): 16–27.
doi:10.1016/j.tox.2009.03.002

MST (2016). Kortlægning og risikovurdering af toluen og andre neurotoksiske stoffer i børneværelset. Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter nr. 145.

MST (2021). Kortlægning og risikovurdering af siloxaner i kosmetiske produkter. kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter nr. 185.

OECD-SIDS (2011). C14-C20 Aliphatic [$\leq 2\%$ aromatic] Hydrocarbon Solvents Category. SIDS INITIAL ASSESSMENT PROFILE.

SCHEER (2021). Toxicological reference values for certain organic chemicals emitted from squishy toys with regard to adopting limit values under the Toy Safety Directive 2009/48/EC 'Chemicals in squishy toys'. Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks

WHO (2010). Selected Pollutants, WHO Guidelines for indoor air Quality. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

Kortlægning og risikovurdering af kemikalier fra gaming udstyr

Gaming hvor der spilles computerspil i private hjem, institutioner og på konkurrenceplan, er blevet en stor del af mange unges hverdag. Gaming udstyr kan afgive flygtige og semi-flygtige kemikalier til luften, som kan være skadelige for menneskers sundhed. Miljøstyrelsen har i en kortlægning af litteratur fundet frem til 153 flygtige stoffer (VVOC'er og VOC'er) og 90 semiflygtige stoffer (SVOC'er). Ved 7 feltanalyser blev 14 nye SVOC'er identificeret. Med baggrund i kortlægningen og feltanalyserne, blev der udarbejdet en indledende farescreening for at prioritere toksikologisk problematiske stoffer som skulle analyseres i efterfølgende test af gaming udstyr i klimakammer.

Ved analyser af 33 produkter i klimakammer blev der identificeret 67 stoffer, herunder formaldehyd, dimethylformamid, siloxaner, kulbrinter, polyaromatiske kulbrinter (PAH'er), organosfosfor flammehæmmere (OPFR) og ftalater. 34 af disse stoffer er ikke tidligere identificeret i forbindelse med emissioner fra gaming udstyr. 11 af de 67 stoffer blev prioriteret til farevurdering, hvoraf 10 blev udvalgt til risikovurdering. Ud fra et realistisk worst case scenarie, udgjorde to af de 33 produkter en risiko ved anvendelse. Risikoen er forbundet til gaming stole med en høj afgang af formaldehyd, som kan føre til øjen- og luftvejsirritation.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk