



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Formaldehydkoncentrationen i nybyggede huse i Danmark

Logadóttir, Ásta; Gunnarsen, Lars

Publication date:
2008

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Logadóttir, Á., & Gunnarsen, L. (2008). *Formaldehydkoncentrationen i nybyggede huse i Danmark*. SBI forlag. SBI Nr. 2008:20

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

SBi 2008:20

Formaldehydkoncentrationen i nybyggede huse i Danmark



Statens Byggeforskningsinstitut
AALBORG UNIVERSITET

Formaldehydkoncentrationen i nybyggede huse i Danmark

Asta Logadóttir
Lars Gunnarsen

Titel Formaldehydkoncentrationen i nybyggede huse i Danmark
Serietitel SBI 2008:20
Udgave 1. udgave
Udgivelsesår 2008
Forfattere Asta Longadóttir og Lars Gunnarsen
Sprog Dansk
Sidetal 23
Emneord Formaldehyd, nybyggeri, afgangninger, luftskifte, ventilation.

ISBN 978-87-563-1358-2

Forsidefoto Lars Gunnarsen

Udgiver Statens Byggeforskningsinstitut,
Dr. Neergaards Vej 15, DK-2970 Hørsholm
E-post sbi@sbi.dk
www.sbi.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *SBI 2008:20: Formaldehydkoncentrationen i nybyggede huse i Danmark. (2008)*

Indhold

| | |
|---|----|
| Abstrakt | 4 |
| Baggrund | 5 |
| Undersøgelsens beskrivelse | 7 |
| Målinger og registreringer | 7 |
| Instrumenter og målemetoder | 7 |
| Resultater | 8 |
| Luftskiftmålinger | 8 |
| Ventilationstyper | 8 |
| Formaldehydkoncentration | 9 |
| Carbon dioxide-målinger | 10 |
| Temperatur | 10 |
| Luftfugtighed | 11 |
| Rygning i boligen og Formaldehydkoncentration | 12 |
| Regressionsanalyse | 13 |
| Diskussion | 14 |
| Konklusioner | 16 |
| Referencer | 17 |
| Bilag 1, Data | 19 |

Abstrakt

Formaldehydkoncentration blev undersøgt i 20 nybyggede huse i Nordsjælland i perioden mellem februar og juni 2007. Der blev lavet målinger af formaldehydkoncentration, temperatur, luftfugtighed, CO₂ og luftskifte samt registrering af opførelsesår, ejendommens areal, boligens areal, indvendigt areal af målerum, ventilationstype, og om der blev røget i boligen. Målingerne blev udført i løbet af et par timer i det mindste rum i boligen med lukkede vinduer og døre.

Luftskiftemålingerne viste en middelværdi på 0,44 h⁻¹ (standard afvigelse 0,26 h⁻¹). Formaldehydmålingerne viste en middelværdi på 0,050 mg/m³ (standardafvigelse 0,026 mg/m³). Resultaterne viste, at de nyeste og de største huse har en tendens til at have de højeste formaldehydkoncentrationer. Der blev ikke fundet sammenhæng mellem formaldehydkoncentration og målerummenes størrelse, ventilation, temperatur, luftfugtighed eller rygning i boligerne. To af målingerne opnået i undersøgelsen overskrider WHO's retningslinjer for den højeste 30 minutters middelkoncentration på 0,10 mg/m³.

Baggrund

Formaldehyd forekommer i luften i form af afgasning fra træbaserede produkter [1, 2], diverse typer af maling eller biocider, som bevarer malingen [3, 4], og fernisering [5, 6]. Formaldehyd findes også i tobaksrøg [7] og røg fra brændte træprodukter [8, 9].

Eksposering for formaldehyd i koncentrationer over 0,1 ppm kan forårsage irritation i luftveje og øjne. Enkelte særligt følsomme personer vil dog mærke irritation også ved lavere koncentrationer [10]. Kronisk eksposering for formaldehyd kan medføre nasopharyngeal kræft (kræft i næsesvælget), og der er indikationer om, at formaldehyd kan være med til at forhøje risikoen for sinonasal kræft (kræft i næsen) [11, 12].

Formaldehydkoncentration på 0,1 ppm er vurderet som et sikkert niveau af Appel et al [13], fordi det er mere end 10 gange lavere end tærskelværdien for celletoksiske skader i næsens slimhinder.

Omregning mellem formaldehydkoncentrationen i atmosfærisk luft ved 1 atmosfære og 25 °C målt i ppm og mg/m³ foregår efter følgende formel:

$$C_{\text{ppm}} = C_{\text{mg/m}^3} * M_l / (m * M_f)$$

hvor:

m : Vægten af 1 m³ luft ved 25 °C (=1,185 kg/m³)

C_{ppm} : Formaldehydkoncentrationen i parts per million

C_{mg/m³} : Formaldehydkoncentrationen i mg/m³

M_f : Formaldehyds molvægt i g/mol (=30,03 g/mol)

M_l : Atmosfærisk lufts molvægt i g/mol (=28,97 g/mol)

Indsættes konstanterne fås at 1 mg/m³ formaldehyd svarer til 0,814 ppm ved 25 °C

Siden 1980 har grænsen for formaldehydafgivelse været reguleret i det Danske Bygningsreglement. Senest i 1989 blev der gennemført målinger for at undersøge, hvilke niveauer der forekommer i nyere huse [14]. Målingerne blev gennemført med passive samplere over en periode på ca. en uge, og formaldehydkoncentrationen viste sig at være 0,01 mg/m³ i gennemsnit. I 1990 blev der lavet en undersøgelse i Danmark om formaldehydkoncentration i en beboet og en ubeboet lejlighed. Formaldehydkoncentrationen viste en middelværdi på 0,21 mg/m³ for den ubeboede lejlighed og 0,14 mg/m³ for den beboede lejlighed [15]. Resultater fra målinger af formaldehydkoncentration i indendørs luft i virksomheder og boliger, som var lavet i perioden mellem 1986 til 1993 i Tyskland, viste, at middelværdi for formaldehydkoncentration var 0,12 mg/m³, men koncentrationen faldt med årene [16]. I Sverige blev der samlet to sæt målinger, henholdsvis i Borås i 1999 og i Göteborg i 2000, hvor middelværdier for indendørs formaldehydkoncentration var 0,023 mg/m³ i 1999 og 0,029 mg/m³ i 2000. De højeste koncentrationer (>0,10 mg/m³) var målt i enfamiliehuse [17].

De gældende danske krav udtrykker, at formaldehydkoncentrationerne i indeklimaet under realistiske vilkår for anvendelse ikke må overskride 0,15 mg/m³ [18]. World Health Organization (WHO) har nu fastsat den lavere grænse på 0,10 mg/m³ som retningslinje for den højeste 30 minutters gennemsnitskoncentration af formaldehyd, der må forekomme [19].

Der er således ikke sikkerhed for, at de gældende danske regler for formaldehydafgasning resulterer i formaldehydkoncentrationer i nye boliger i overensstemmelse med de skrappe krav, som det nu vil være berettiget at opstille.

Det er derfor projektets formål at måle formaldehydkoncentrationen og undersøge, om der findes relationer til de andre umiddelbart tilgængelige parametre i 20 nybyggede huse i Danmark.

Undersøgelsens beskrivelse

På baggrund af kontakter med producenter og leverandører af træplader samt typehusproducenter blev der fundet 20 huse, der er opført og taget i brug inden for de sidste 6 år, 17 fritliggende huse og 3 rækkehuse. Målinger foregik fra februar til og med juni 2007 i huse, der havde opførelsesår mellem 2001 – 2007. Beboerne gav tilladelse til, at målinger blev udført i deres bolig. Husene repræsenterede byggeri med så omfattende brug af træplader med formaldehydafgivelse, som det umiddelbart var muligt at finde. Ingen af husene havde dog maksimal forekomst af spånplader med sådanne plader i vægge og lofter.

En del huse havde etageadskillelse med spånplader og de fleste havde undergulv af spånpladeprodukter. Gulvmaterialer var generelt træbaserede produkter. Målingerne blev udført i det mindste værelse i boligen, som formodedes at være det sted i boligen, som havde særlig høj formaldehydkoncentration. Målingerne foregik i 15 børneværelser, 4 soveværelser og 1 arbejdsværelse. Værelsernes størrelse, var i gennemsnit 27,8 m³ (standardafvigelse 8,3 m³), det største var 52,4 m³ og det mindste 18,5 m³.

Målinger var foretaget med huset i normal brug, døre og vinduer lukket, og øvrige ventilationsåbninger indstillet, som de blev fundet på besøgstidspunktet. Der blev ikke foretaget ændringer i rummenes inventar og indhold af øvrige produkter i anledning af undersøgelsen.

Målinger og registreringer

I boligerne blev der målt formaldehydkoncentration, temperatur, luftfugtighed, CO₂ og luftskifte. Der var registreret opførelsesår, ejendommens areal, boligens areal, indvendigt areal af målerum, ventilationstype, og om der havde været røget eller ej i boligen.

Instrumenter og målemetoder

Temperaturer blev målt med H. Blichfeldt Electronic APS Thermometer T301c No. 840622. Luftskifte, CO₂, H₂O og sporgassen N₂O (lattergas) blev målt med infrarød spektrometri ved brug af INNOVAS gasanalysator type 1312.

Luftskiftet blev målt på baggrund af henfaldet af sporgassen under opblanding med bordventilatorer opstillet i måleværelset

Formaldehyddampe blev opsamlet af SBi i DNPH-rør (C₁₈ polymer, coated med 2,4-dinitrophenylhydrazin) med pumper af typen SKC (flow 1 l/min i ca 30 minutter). Formaldehydanalysen blev lavet af Teknologisk Institut, hvor røret blev analyseret ved HPLC (væske chromatografi) med UV detektion i henhold til: ISO 16000-3 Indoor air – Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds – Active sampling method. Detektionsgrænse: 0,03 µg/rør svarende til ca. 1 µg/m³ og usikkerheden var generelt 15% af måleværdien.

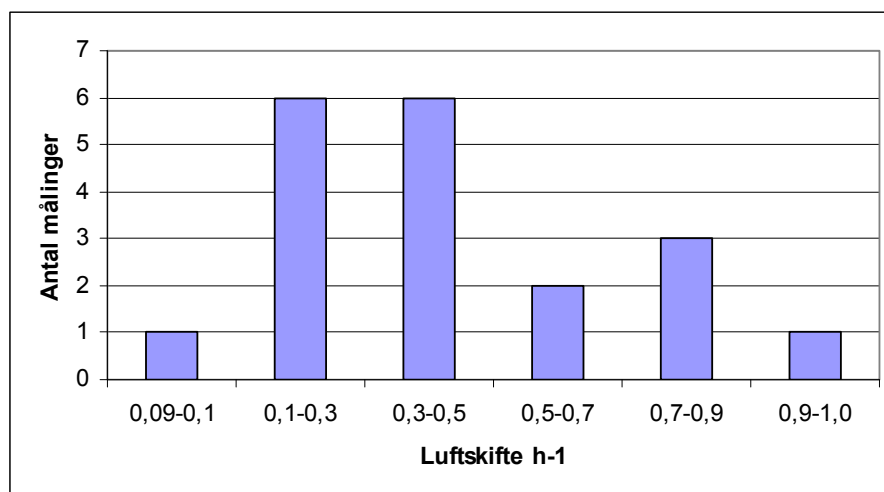
Samtlige registreringer og målinger kan ses i Bilag 1, Data.

Resultater

Af de 20 boliger, som målingerne var udført i, blev resultater fra en bolig taget ud på grund af højt luftskifte i forhold til de 19 andre (luftskifte i bolig som blev taget ud var målt til $2,836 \text{ h}^{-1}$).

Luftskiftemålinger

Luftskiftemålingerne blev foretaget med lukkede døre og vinduer. Figur 0-1 viser et frekvensdiagram for luftskiftemålingerne. Der var 68,4 % værelser med luftskifte mellem $0,09 - 0,5 \text{ h}^{-1}$. Tabel 0-1 forklarer nærmere om værdierne, som blev målt.



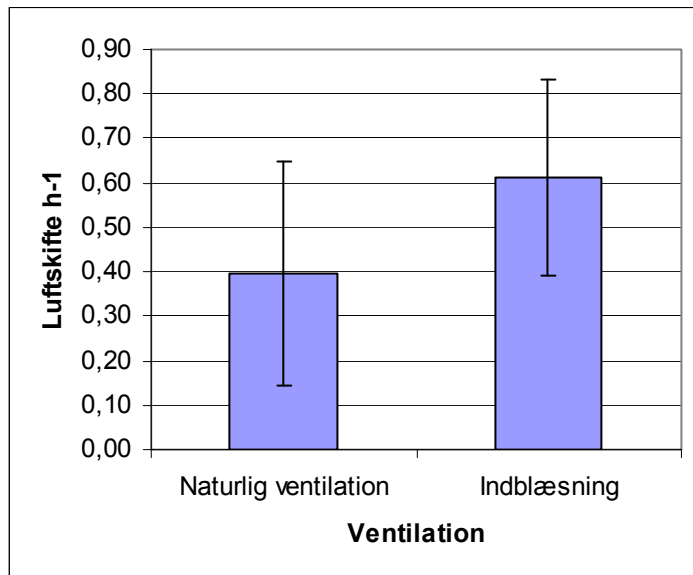
Figur 0-1. Frekvensdiagram for luftskifte h^{-1} målt i boliger

Tabel 0-1 Luftskifte h^{-1} målt i boliger

| | |
|-------------------|---------|
| maksimumværdi | 0,90 /h |
| minimumværdi | 0,10 /h |
| middelværdi | 0,44 /h |
| medianværdi | 0,40 /h |
| standardafvigelse | 0,26 /h |

Ventilationstyper

Der var registreret fire boliger med indblæsningsventilation og femten boliger med naturlig ventilation. Figur 0-2 viser middelværdi og standardafvigelse for de to typer af ventilationer, som blev registreret i boligerne. Tabel 0-2 viser maksimum-, minimum-, median- og middelværdi samt og standardafvigelsen for luftskiftet opdelt i grupper efter naturlig ventilation og indblæsningsventilation i de 19 boliger.



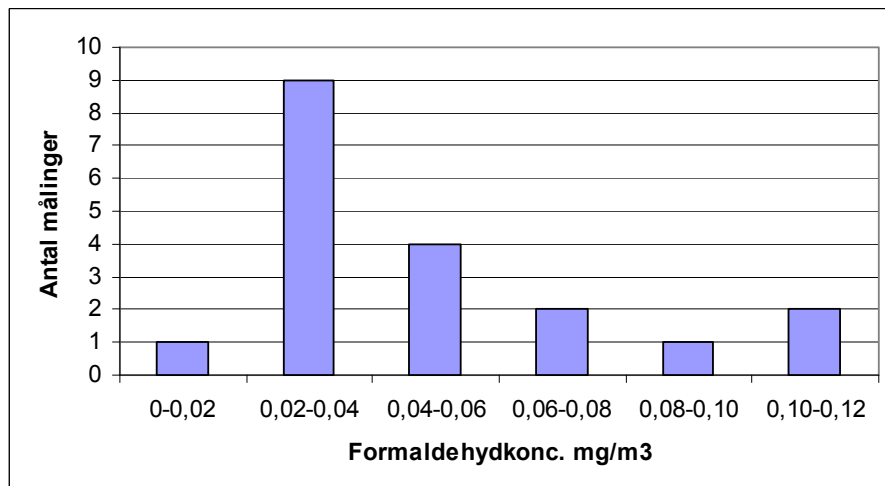
Figur 0-2 Luftskifte fra naturlig ventilation og indblæsningsventilation, middelværdi og standardafvigelsen.

Tabel 0-2 Luftskifte for naturlig ventilation og indblæsningsventilation

| | Naturlig ventilation (N=15) | Indblæsningsventilation (N=4) |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| maksimumværdi | 0,864 h ⁻¹ | 0,903 h ⁻¹ |
| minimumværdi | 0,099 h ⁻¹ | 0,382 h ⁻¹ |
| middelværdi | 0,396 h ⁻¹ | 0,612 h ⁻¹ |
| medianværdi | 0,314 h ⁻¹ | 0,581 h ⁻¹ |
| standardafvigelse | 0,253 h ⁻¹ | 0,221 h ⁻¹ |

Formaldehydkoncentration

Figur 0-3 viser frekvensdiagram for formaldehydkoncentrationen målt i de 19 boliger. Der er 47,4 % af de målte værdier som ligger mellem 0,02 – 0,04 mg/m³. Nærmere oplysninger om formaldehydkoncentrationsværdierne kan ses i Tabel 0-3, som viser maksimum-, minimum-, median- og middelværdi samt standardafvigelsen for formaldehydkoncentrationen.



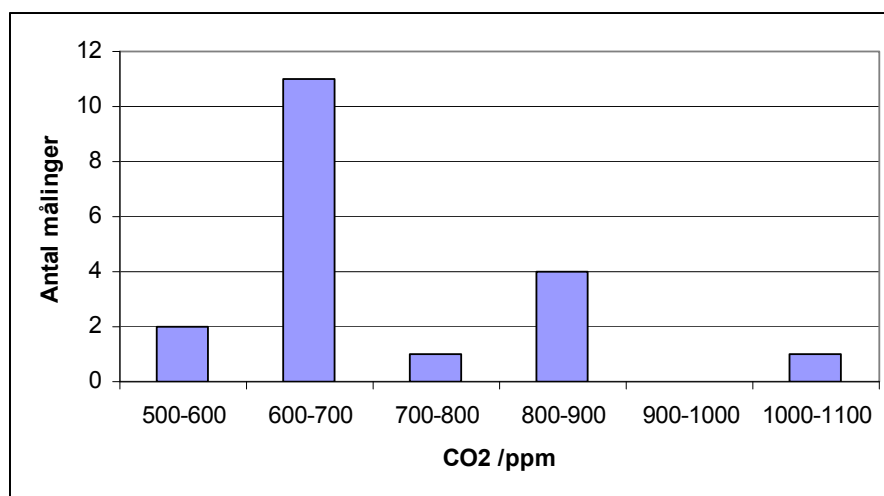
Figur 0-3 Frekvensdiagram for formaldehydkoncentration i boliger

Tabel 0-3 Formaldehydskoncentration i boliger

| | |
|--------------------|-------------------------|
| maksimumværdi | 0,110 mg/m ³ |
| minimumværdi | 0,018 mg/m ³ |
| middelværdi | 0,050 mg/m ³ |
| medianværdi | 0,040 mg/m ³ |
| standard afvigelse | 0,026 mg/m ³ |

Carbon dioxide-målinger

CO₂-målingerne er vist som frekvensdiagram i Figur 0-4. Over halvdelen af boligerne (57,9 %) havde en CO₂-koncentration på 600 -700 /ppm, og 26,3 % af målingerne ligger over 800/ppm. I Tabel 0-4 ses nærmere oplysninger om CO₂-koncentrationsmålingerne.



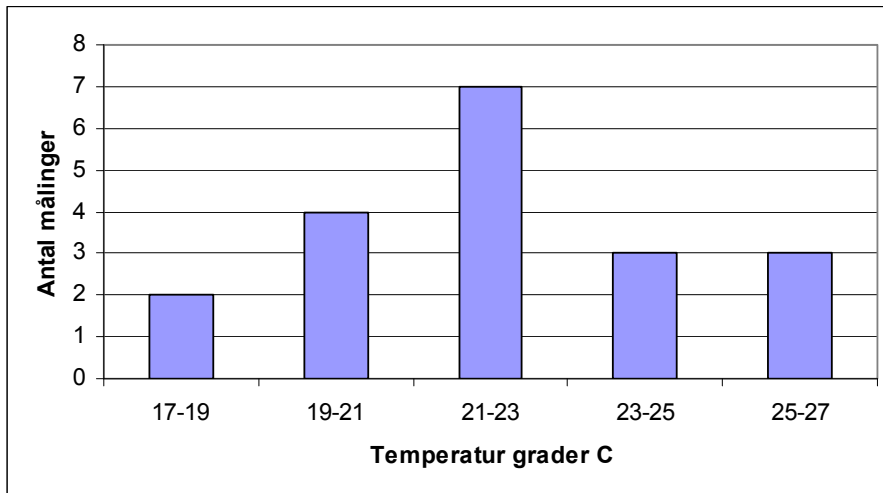
Figur 0-4 Frekvensdiagram for CO₂ /ppm-målinger i boliger

Tabel 0-4 CO₂ /ppm målt i boliger

| | |
|-------------------|------------|
| maksimumværdi | 1095,0 ppm |
| minimumværdi | 556,0 ppm |
| mellemværdi | 701,8 ppm |
| medianværdi | 636,0 ppm |
| standardafvigelse | 137,5 ppm |

Temperatur

Temperaturfordelingen målt i boligerne kan ses på frekvensdiagram Figur 0-5, hvor 57,9 % af de målte værdier ligger mellem 19-23 °C. Nærmere oplysninger om temperaturværdierne kan ses i Tabel 0-5.



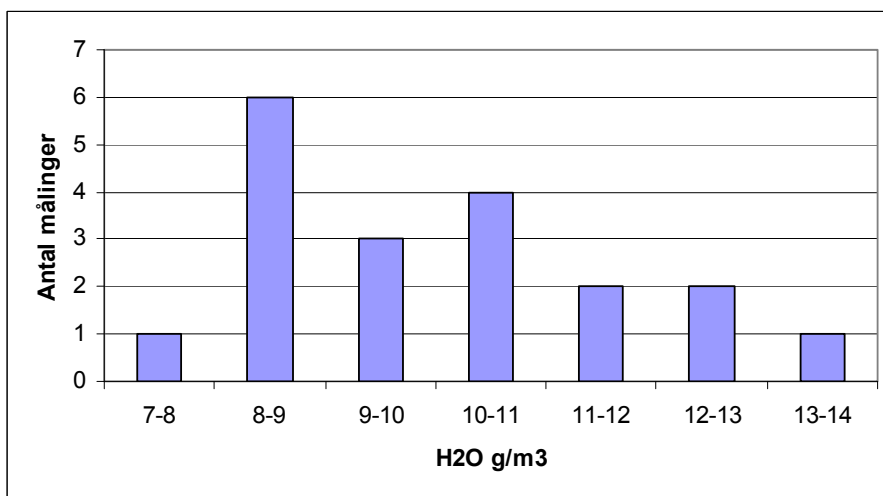
Figur 0-5 Frekvensdiagram for temperatur målt i boliger

Tabel 0-5 Temperatur målt i boliger

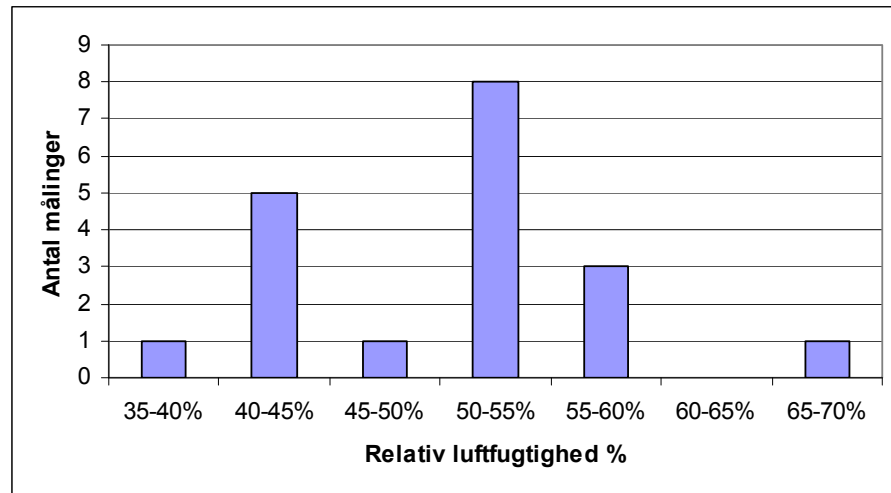
| | |
|--------------------|---------|
| maksimumværdi | 27,0 °C |
| minimumværdi | 17,6 °C |
| middelværdi | 22,3 °C |
| medianværdi | 22,3 °C |
| standard afvigelse | 2,5 °C |

Luffugtighed

I Figur 0-6 ses, at i hovedparten af målingerne (68,4 %) var luffugtigheden mellem 8-11 g/m³. I Figur 0-7 ses et frekvensdiagram for den relative fugtighed (RF), hvor 42,1 % af målingerne lå inden for 50-55 % RF. Nærmere oplysninger om luffugtigheden kan ses i Tabel 0-6, hvor der vises maksimum-, minimum-, middel- og medianværdi samt standardafvigelsen for den relative fugtighed og gram vand per m³.



Figur 0-6 Frekvensdiagram for luffugtighed, H₂O g/m³ målt i boliger



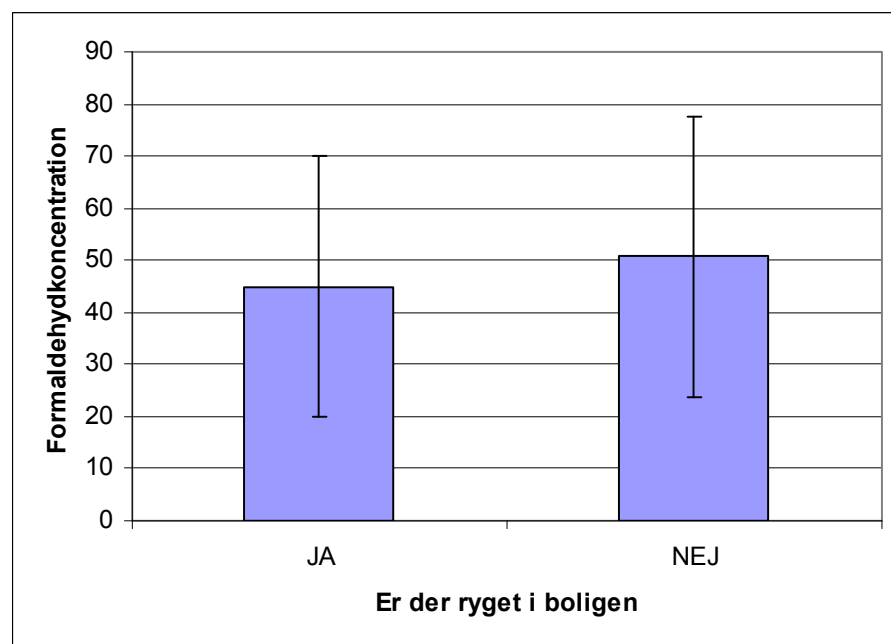
Figur 0-7 Frekvensdiagram for relativ luftfugtighed, RF %, målt i boliger

Tabel 0-6 Luftfugtighed, H₂O g/m³ og % Relativ luftfugtighed målt i boliger

| | | |
|--------------------|-----------------------|------|
| maksimumværdi | 13,2 g/m ³ | 66 % |
| minimumværdi | 7,2 g/m ³ | 37 % |
| middelværdi | 10,0 g/m ³ | 51 % |
| medianværdi | 9,7 g/m ³ | 51 % |
| standard afvigelse | 1,7 g/m ³ | 7 % |

Rygning i boligen og Formaldehydkoncentration

Da beboere blev spurgt, om de ryger eller ej i deres lejlighed, var der 4, som svarede, at de ryger i boligen, og 15, som svarede, at de ikke ryger i deres bolig til daglig. I Figur 0-8 ses fordeling af middelværdier for formaldehydkoncentration for boliger, hvor der henholdsvis er blevet røget og ikke røget. Tabel 0-7 viser så nærmere oplysninger om værdierne for de to grupper.



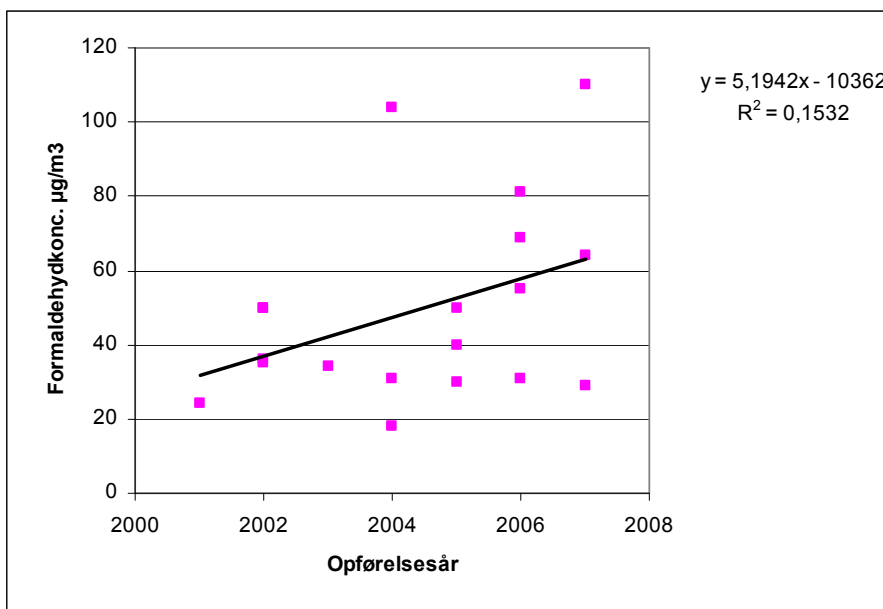
Figur 0-8 Middelværdi og standardafvigelse for boliger, hvor der er blevet røget og boliger, hvor der ikke er blevet røget

Tabel 0-7 Er der blevet røget i boligen?

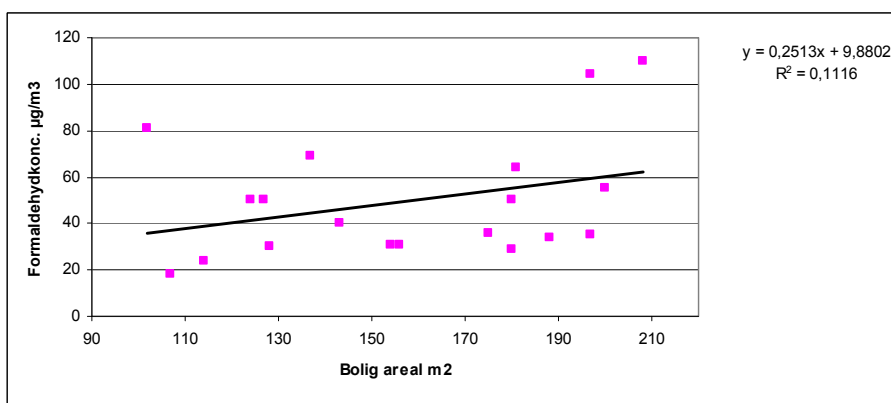
| | JA | NEJ |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| maksimumværdi | 0,081 mg/m ³ | 0,110 mg/m ³ |
| minimumværdi | 0,024 mg/m ³ | 0,018 mg/m ³ |
| middelværdi | 0,045 mg/m ³ | 0,051 mg/m ³ |
| medianværdi | 0,038 mg/m ³ | 0,050 mg/m ³ |
| standardafvigelse | 0,025 mg/m ³ | 0,027 mg/m ³ |

Regressionsanalyse

En simpel lineær regressionsanalyse var lavet til at prøve at finde sammenhæng mellem de målte/registrerede værdier og formaldehydkoncentrationen. For luftskifte, temperatur, målerummets størrelse, fugtighed og CO₂ var der ikke fundet sammenhæng mellem værdierne og formaldehydkoncentrationen. For opførelsesår og boligareal var der fundet signifikant sammenhæng. Deres sammenhæng er vist i Figur 0-9 og Figur 0-10.



Figur 0-9 Formaldehydkoncentration som en funktion af opførelsesår



Figur 0-10 Formaldehydkoncentration som en funktion af boligareal m²

Diskussion

Målingerne af luftskiftet viser, at 68,4 % ligger under de 0,5 gange i timen, som det danske bygningsreglement foreskriver, at luftskiftet minimum skal være i ethvert beboelsesrum og i huset totalt [20]. Dette medfører, at middelværdien på $0,44 \text{ h}^{-1}$ også ligger under bestemmelsen i Bygningsreglement. Der skal dog tages hensyn til at målinger blev udført med konsekvent lukkede døre og vinduer og et let forøget luftskifte på grund af opblandingen.

De boliger, hvor der ikke blev røget, havde marginalt højere formaldehydkoncentration end dem, der blev røget i. I denne rapport kan man derfor ikke argumentere for, at høj formaldehydkoncentration skyldes rygning i boligen.

Regressionsanalysen viste kun sammenhæng mellem formaldehydkoncentration og henholdsvis boligens størrelse og opførelsesår.

Den højeste formaldehydkoncentration målt denne gang var 0,110.

Retningslinjen som WHO har fastsat til $0,10 \text{ mg/m}^3$ [18] overskrides af to målinger taget i denne undersøgelse, en måling på $0,104 \text{ mg/m}^3$ og en på $0,110 \text{ mg/m}^3$. Disse målinger ligger dog indenfor de nuværende danske regler på $0,15 \text{ mg/m}^3$ [17].

I 1989 blev der gennemført en undersøgelse af formaldehydkoncentrationen i 102 Østsjællandske boliger. Boligerne var bygget i årene 1982 – 1989 og alle havde mekanisk udsugning. Formaldehydkoncentrationen viste sig i enfamiliehuse at være i gennemsnit $0,009 \text{ mg/m}^3$, standardafvigelse på $0,003 \text{ mg/m}^3$ og i etageboliger i gennemsnit $0,010 \text{ mg/m}^3$, standardafvigelse på $0,004 \text{ mg/m}^3$. Undersøgelsen viste ingen sammenhæng mellem formaldehydkoncentrationen i boligen og henholdsvis beboernes rygevaner, boligens størrelse, luftskifte og antal beboere pr. m^2 [14].

Den største forskel mellem undersøgelsen fra 1989 og denne undersøgelse fra 2007 er følgende:

1. *Målemetode:* I 1989 blev målingerne udført ved hjælp af passiv langtidsmåling i april og maj måned med ca. en uges eksponering af samleren. I 2007 skete opsamlingen af formaldehyddampe i dertil egnede rør over en periode på ca. 30 minutter i februar til juni måned.
2. *Målested og omstændigheder:* I 1989 blev målingerne foretaget i opholdsstue, mens boligen var i normal brug, dvs. beboere havde mulighed for at åbne vinduer og døre efter behov. I 2007 er målingerne taget i det mindste rum i boligen med lukkede døre og vinduer.
3. *Boligtyper:* I 1989 var husene bygget mellem 1982 og 1989, der var 34 enfamiliehuse og 68 etageboliger, i 2007 var husene bygget mellem 2001 og 2007, der var 16 fritliggende og 3 rækkehuse.
4. *Ventilationsforhold:* I 1989 havde alle boliger mekanisk ventilation, imens 15 af 19 boliger i undersøgelsen fra 2007 havde naturlig ventilation.

Værdierne opnået i denne rapport svarer til de værdier, som blev fundet i de svenske [17] og tyske [16] undersøgelser samt den danske, som skete i en beboet og en ubeboet ejendom [15].

I Tyskland gælder de samme regler for træplader til husbygning som i Danmark med den opstramning, at det helt er forbudt at sælge de træplader, der ikke må bruges til husbygning (E2). I Danmark kan man ved et uheld komme til at bruge E2 plader til husbygning, da de stadigvæk kan købes.

Det er usikkert, hvilke kilder de høje formaldehydkoncentrationer har haft. Der har ikke været markant og omfattende brug af spånplader i de undersøgte huse. Møbler, gulve, maling og overfladebelægninger, vaske og plejemidler samt isoleringsmaterialer kan udgøre alternative kilder.

I dag er oliebehandlede trægulve meget anvendt i Danmark. Olien som er brugt til behandling af trægulvene kan måske indeholde hærdemidler, som resulterer i dannelse af formaldehyd. Hvis dette er årsagen til de høje målte formaldehydkoncentrationer i nybyggede huse, er det ikke kun nybyggede huse, som bliver udsat for den høje formaldehydkoncentration, idet gulvene typisk bliver udsat for behandlingen igen og igen.

På baggrund af usikkerheden om, hvilke kilder de høje formaldehydkoncentrationer har haft, anbefales det at undersøge kildestyrken fra en række byggevarer og andre produkter, der kan mistænkes for at afgive formaldehyd.

Konklusioner

- Der er målt koncentrationer op til 0,11 mg/m³. Dette ligger over WHO's forslag til grænseværdi.
- De nyeste huse og de største huse har en tendens til også at have de højeste formaldehydkoncentrationer.
- De højeste formaldehydkoncentrationer fundet i denne undersøgelse er ikke fundet i boliger, hvor der er røget.
- Der blev ikke fundet sammenhæng mellem formaldehydkoncentration og målerummenes størrelse, ventilation, temperatur og luftfugtighed.
- Der er behov for at identificere de vigtigste kilder til formaldehyd i danske boliger. Både byggevarer og forbrugerprodukter er under mistanke for at kunne afgive formaldehyd.

Referencer

- [1] Brown, S.K., 1999. Chamber assessment of formaldehyde and VOC emissions from wood-based panels. *Indoor Air* 9, 209-215.
- [2] Kelly, T.J., Smith, D.L., Satola, J., 1999. Emission rates of formaldehyde from material and consumer products found in California homes. *Environ. Sci. Technol.* 33, 81-88.
- [3] Chang, J.C.S., Fortmann, R., Roache, N., Lao, H.C., 1999. Evaluation of low-VOC paints. *Indoor Air* 9, 253-258.
- [4] Chang, J.C.S., guo, Z., Fortmann, R., Lao, H.C., 2002. Characterization and reduction of formaldehyde emissions from a low-VOC latex paint. *Indoor Air* 12, 10-16.
- [5] Howard, E.M., McCrillis, R.C., Krebs, K.A., Fortman, R., Lao, H.-C., Guo, Z., 1998. Indoor emissions from convention varnishes. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 48, 924-930.
- [6] McCrillis, R.C., Howard, E.M., Guo, Z., Krebs, K.A., Fortmann, R., Lao, H.-C., 1999. Characterization of curing emissions from conversion varnishes. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 49, 70-75.
- [7] IARC, 1986. Tobacco smoking. IARC Monographs on the Evaluation of the Carinogenic Risk of Chemicals to Humans, vol. 38, pp. 35-394.
- [8] Lipari, F., Dasch, J.M., Scruggs, W.F., 1984. Aldehyde emissions from wood-burning fireplaces. *Environ. Sci. Technol.* 18, 326-330.
- [9] Ramdahl, T., Alfheim, I., Rustad, S., Olsen, T., 1982. Chemical and biological characterization of emissions from small residential stoves burning wood and charcoal. *Chemosphere* 11, 601-611.
- [10] Paustenbavh D., Alarie Y., Kulle T., Schachter N., Smith R., Swenberg J., Hanspeter W., Horowitz S.B., 1997. A Recommended occupational exposure limit for formaldehyde based on irritation, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 50:3, 217-264.
- [11] Hansen, J., Olsen, J.H., 1995. Formaldehyde and cancer morbidity among male employees in Denmark. *Cancer causes and control*, 6:354-360.
- [12] Roush G.C., Walrath J., Stayner L.T., Kaplan S.A., Flannery J.T., Blair A., 1987. Nasopharyngeal cancer, sinonasal cancer, and occupations related to formaldehyde: a case-control study. *J Natl Cancer Inst.*79(6):1221-1224.
- [13] Appel, K.-E., Bernauer, U., Herbst, U., Madle, S., Schulte, A., Richter-Reichhelm, H.-B., Gundert-Remy, U., 2006. Kann für Formaldehyd eine "sichere" Konzentration abgeleitet werden?- Analyse der Daten zur krebserzeugenden Wirkung. *Umweltmed Forsch Prax* 11, 347-361.
- [14] Rapport nr. R17-87, Statens Byggeforskningsinstitut 1990. Undersøgelse af formaldehydkoncentrationen i nyere boliger.

- [15] Wolkoff, P., Clausen, P.A., Nielsen, P.A., Mølhave, L., 1991. The Danish Twin Apartment Study; Part I: Formaldehyde and Long-Term VOC Measurements. *Indoor Air*, 1,478-490.
- [16] T. Salthammer, F. Fuhrmann, S. Kaufhold, B. Meyer, and A. Schwarz. Effects of Climatic Parameters on Formaldehyde Concentrations in Indoor Air. *Indoor Air* 5:120-128, 1995.
- [17] P. Gustafson, L. Barregård, R. Lindahl, and G. Sällsten. Formaldehyde levels in Sweden: personal exposure, indoor, and outdoor concentrations. *J.Exposure Anal.Environ.Epidemiol.* 15:252-260, 2005.
- [18] Bygningsreglement, vejledning (6.4.2). Lokaliseret 20070928 på: http://www.ebst.dk/BRS98_11_ID363/0/54/0
- [19] WHO Regional Publications, European Series, No. 91, Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition. World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen. 88.
- [20] Bygningsreglement, bestemmelse (6.3.1). Lokaliseret 01.10.2007 på: http://www.ebst.dk/BRS98_11_ID360/0/54/0

Bilag 1, Data

Efterfølgende tabeller viser målte og registrerede data.

F10 er data, som ikke var taget med i udregningerne da luftskiftet var vurderet for højt i forhold til de andre målinger.

| Benævnelse | Dato | Kl. | Bygningskategori | Opførelsesår | Bolig areal [m ²] |
|------------|-----------|-------|------------------|--------------|-------------------------------|
| F2 | 8.5.2007 | 10:30 | Fritliggende | 2006 | 137 |
| F1 | 1.2.2007 | 13:00 | Rækkehus | 2005 | 124 |
| F3 | 11.5.2007 | 13:50 | Fritliggende | 2006 | 102 |
| F4 | 11.5.2007 | 16:00 | Fritliggende | 2002 | 197 |
| F5 | 15.5.2007 | 13:20 | Fritliggende | 2007 | 180 |
| F6 | 15.5.2007 | 14:40 | Fritliggende | 2006 | 154 |
| F7 | 16.5.2007 | 13:50 | Fritliggende | 2007 | 208 |
| F8 | 21.5.2007 | 10:45 | Fritliggende | 2003 | 188 |
| F9 | 21.5.2007 | 13:30 | Fritliggende | 2002 | 175 |
| F11 | 22.5.2007 | 13:20 | Fritliggende | 2002 | 180 |
| F12 | 29.5.2007 | 11:20 | Rækkehus | 2001 | 114 |
| F13 | 29.5.2007 | 13:15 | Fritliggende | 2004 | 197 |
| F14 | 30.5.2007 | 09:10 | Rækkehus | 2002 | 127 |
| F15 | 30.5.2007 | 11:10 | Fritliggende | 2006 | 200 |
| F16 | 1.6.2007 | 10:00 | Fritliggende | 2004 | 107 |
| F17 | 1.6.2007 | 13:15 | Fritliggende | 2004 | 156 |
| F18 | 7.6.2007 | 13:40 | Fritliggende | 2005 | 143 |
| F19 | 8.6.2007 | 13:40 | Fritliggende | 2007 | 181 |
| F20 | 14.6.2007 | 10:00 | Fritliggende | 2005 | 128 |
| F10 | 21.5.2007 | 14:40 | Fritliggende | 2001 | 123 |

| Benævnelse | Rum benævnelse | Loftshøjde [m] | Længde [m] | Bredde [m] | Rumfang [m ³] |
|------------|----------------|-------------------|---------------|---------------|------------------------------|
| F2 | Soveværelse | 2,5 | 3,6 | 2,2 | 19,5 |
| F1 | Barneværelse | 3,0 | 3,5 | 2,4 | 25,2 |
| F3 | Soveværelse | 2,4 | 4,3 | 2,2 | 22,3 |
| F4 | Børneværelse | 2,4 | 3,4 | 3,2 | 25,7 |
| F5 | Børneværelse | 2,2 | 4,2 | 2,8 | 25,4 |
| F6 | Børneværelse | 3,0 | 3,5 | 2,8 | 29,4 |
| F7 | Soveværelse | 2,4 | 3,9 | 2,5 | 22,6 |
| F8 | Børneværelse | 2,4 | 4,0 | 3,2 | 30,7 |
| F9 | Arbejdsværelse | 2,6 | 3,1 | 2,3 | 18,5 |
| F11 | Børneværelse | 2,4 | 4,1 | 2,3 | 22,8 |
| F12 | Børneværelse | 2,4 | 3,2 | 2,8 | 21,0 |
| F13 | Børneværelse | 2,3 | 4,0 | 3,0 | 28,1 |
| F14 | Børneværelse | 2,3 | 3,4 | 3,2 | 24,5 |
| F15 | Børneværelse | 2,4 | 4,8 | 3,9 | 43,6 |
| F16 | Børneværelse | 2,3 | 3,6 | 3,3 | 27,3 |
| F17 | Børneværelse | 2,5 | 3,3 | 3,2 | 26,5 |
| F18 | Soveværelse | 2,5 | 3,6 | 3,0 | 27,3 |
| F19 | Børneværelse | 2,4 | 4,1 | 3,7 | 35,9 |
| F20 | Børneværelse | 3,0 | 4,7 | 3,7 | 52,4 |
| F10 | Børneværelse | 2,4 | 4,0 | 2,7 | 25,4 |

| Benævnelse | Ventilations ty- pe | Rør-nr. | Formaldehyd "tid" [min] | luftsifte "tid" [min] | Formaldehyd koncentration [mg/m3] |
|------------|------------------------|---------|----------------------------|-----------------------------|---|
| F2 | Naturlig | 899553 | 28 | 30 | 0,069 |
| F1 | Naturlig | | 30 | | 0,050 |
| F3 | Naturlig | 899554 | 31 | 29 | 0,081 |
| F4 | Balanceret | 899555 | 32 | 28 | 0,035 |
| F5 | Naturlig | 899556 | 38 | 29 | 0,029 |
| F6 | Balanceret | 899557 | 31 | 32 | 0,031 |
| F7 | Naturlig | 899558 | 32 | 31 | 0,110 |
| F8 | Balanceret | 899559 | 32 | 28 | 0,034 |
| F9 | Naturlig | 899560 | 35 | 31 | 0,036 |
| F11 | Naturlig | 797492 | 31 | 28 | 0,050 |
| F12 | Naturlig | 797493 | 30 | 29 | 0,024 |
| F13 | Naturlig | 797494 | 30 | 39 | 0,104 |
| F14 | Naturlig | 797495 | 37 | 33 | 0,050 |
| F15 | Naturlig | 797496 | 30 | 30 | 0,055 |
| F16 | Naturlig | 797497 | 35 | 27 | 0,018 |
| F17 | Naturlig | 797498 | 31 | 28 | 0,031 |
| F18 | Naturlig | 797499 | 30 | 28 | 0,040 |
| F19 | Balanceret | 797450 | 36 | 26 | 0,064 |
| F20 | Naturlig | | 32 | 29 | 0,030 |
| F10 | Naturlig | 797491 | 32 | 30 | 0,042 |

| Benævnelse | Luftskifte | Areal | Areal per ventilation A/(V*N) | CO ₂ | Temp. |
|------------|------------|-------------------|----------------------------------|-----------------|-------|
| | [/h] | [m ²] | [h / m] | [ppm] | °C |
| F2 | 0,4988 | 44,37 | 4,56 | 556 | 17,6 |
| F1 | 0,7300 | 52,20 | 2,84 | 890 | 23,7 |
| F3 | 0,8625 | 49,58 | 2,58 | 831 | 19,6 |
| F4 | 0,3816 | 52,88 | 5,39 | 1095 | 20,6 |
| F5 | 0,8642 | 53,63 | 2,45 | 831 | 18,8 |
| F6 | 0,9030 | 57,40 | 2,16 | 586 | 22,0 |
| F7 | 0,2700 | 49,11 | 8,04 | 634 | 22,0 |
| F8 | 0,5245 | 60,16 | 3,73 | 652 | 20,0 |
| F9 | 0,0990 | 42,34 | 23,07 | 613 | 27,0 |
| F11 | 0,4488 | 49,84 | 4,86 | 609 | 22,4 |
| F12 | 0,2419 | 46,00 | 9,04 | 692 | 22,3 |
| F13 | 0,2342 | 56,76 | 8,63 | 601 | 26,2 |
| F14 | 0,3137 | 51,38 | 6,70 | 850 | 23,4 |
| F15 | 0,4435 | 77,79 | 4,02 | 630 | 22,4 |
| F16 | 0,1091 | 55,50 | 18,62 | 728 | 21,0 |
| F17 | 0,1796 | 53,79 | 11,32 | 622 | 22,8 |
| F18 | 0,4463 | 54,96 | 4,51 | 605 | 24,0 |
| F19 | 0,6370 | 67,29 | 2,94 | 676 | 26,4 |
| F20 | 0,2037 | 85,37 | 8,00 | 636 | 22,0 |
| F10 | 2,8355 | 53,12 | 0,74 | 656 | 24,2 |

| Benævnelse | H ₂ O mg/m ³ | Relativ fug- tighed | Rygning i hjemmet |
|------------|---------------------------------------|------------------------|----------------------|
| F2 | 8360 | 56% | nej |
| F1 | 8680 | 41% | nej |
| F3 | 8600 | 51% | ja |
| F4 | 9685 | 54% | ja, lidt |
| F5 | 8600 | 53% | nej |
| F6 | 7185 | 37% | nej |
| F7 | 8450 | 44% | nej |
| F8 | 10050 | 58% | nej |
| F9 | 13200 | 51% | nej |
| F11 | 10500 | 53% | nej |
| F12 | 12950 | 66% | ja |
| F13 | 10700 | 43% | nej |
| F14 | 12100 | 58% | nej |
| F15 | 10900 | 55% | nej |
| F16 | 9390 | 51% | nej |
| F17 | 8790 | 43% | nej |
| F18 | 11900 | 55% | ja |
| F19 | 11050 | 44% | nej |
| F20 | 9560 | 49% | nej |
| F10 | 13000 | 59% | |

I rapporten beskrives en undersøgelse der viser, at der er en tendens til, at nybyggede, især større huse har høje koncentrationer af formaldehyd i indeluften. I to ud af 20 undersøgte huse er der endda fundet formaldehydkoncentrationer, der ligger over den grænseværdi, som Verdenssundhedsorganisationen WHO har fastsat. I de to huse var luftskiftet kun det halve af, hvad der kræves i bygningsreglementet.

De undersøgte 20 nybyggede typehuse ligger i Nordsjælland og måleperioden var mellem februar og juni 2007.

1. udgave, 2008

ISBN 978-87-563-1358-2