

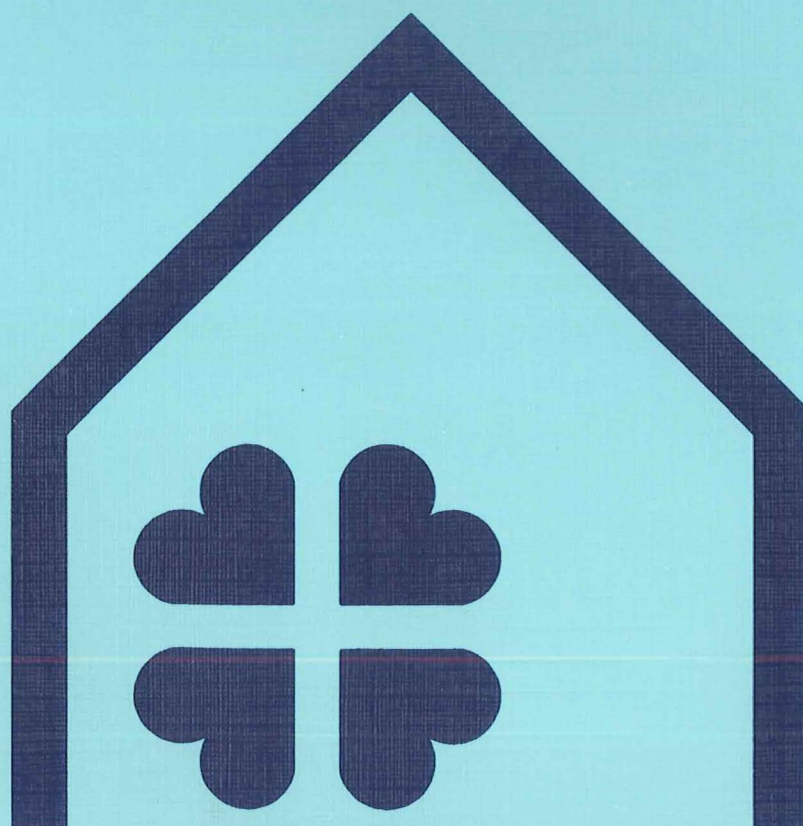
SBI - pite.

Indeklimamærkning af byggevarer

Del 1: Beskrivelse af en prototypeordning



UDARBEJDET I ET SAMARBEJDE MELLEM ARBEJDSMILJØINSTITUTTET
OG STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1993 · SBI-RAPPORT 232



Indeklimamærkning af byggevarer

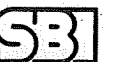
Del 1: Beskrivelse af en prototypeordning

Peter A. Nielsen, Statens Byggeforskningsinstitut
Peder Wolkoff, Arbejds miljøinstituttet

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

00456 P

26 OKT. 1993



SBI-rapporter er beretninger om afsluttede forskningsprojekter.

SBI-publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning og Beton. Publikationerne fås gennem boghandelen eller ved at tegne et SBI-abonnement. Institutets årsberetning og publikationskatalog er gratis og kan rekvireres fra SBI.

SBI-abonnement er en rabatordning med mange fordele for dem, der vil sikre sig løbende orientering om væsentlige udgivelser inden for byggeforskningsområdet. Ring til SBI og hør nærmere.

ISBN 87-563-0850-7.
ISSN 0573-9985.
Pris: Kr. 120,00 inkl. 25 pct. moms.
Oplag: 800.
Tekstbehandling: Yelva Jensen.
Omslag: Henning Holmsted.
Tryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.

Statens Byggeforskningsinstitut,
Postboks 119, 2970 Hørsholm.
Telefon 42 86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:
SBI-rapport 232: Indeklimamærkning af byggevarer.
Del 1: Beskrivelse af en prototypeordning. 1993.

Indhold

Forord	5
Baggrund	7
Indeklimamærkningsordningen	9
Formål	9
Beskrivelse af indeklimamærkningsordningen	9
Andre ordninger	15
Generelle miljømærkningsordninger	15
Miljømærkningsordninger for specielle produktgrupper	16
Materialernes betydning for luftkvaliteten	19
Fri (ubundne) forureninger fra materialer	19
Bundne forureninger fra materialer	20
Materialer, der kan deponere/opsamle/akkumulere forureninger fra rumluften	21
Protokol for mærkningsordningen	23
Protokol for afprøvning af byggevarer	23
Konditionering af prøveemner	25
Prøvning af afgangning til kemisk bestemmelse	25
Sensorisk prøvning	27
Modelberegning	27
Sundhedsmæssig vurdering og sensoriske acceptkriterier	28
Rangordning og forslag til klassifikation	29
Faglige og tekniske krav	31
Bilag 1: Eksempel på prøvningsrapport	33
Bilag 2: Eksempel på information	41
Litteratur	43

Forord

På Boligministeriets foranledning blev der i efteråret 1992 igangsat et arbejde med at udforme grundlaget for en indeklimateknologisk ordning for byggevarer. Det er hensigten, at ordningen skal give de projekterende og brugerne af byggevarer en overskuelig og let forståelig information, som grundlag for vurdering og valg af de mindst indeklimateknologiske produkter i en varegruppe. Der er lagt vægt på at gøre ordningen fleksibel, så den kan udbygges til at omfatte flere sundhedsmæssige forhold. Dette skal ses på baggrund af ønsket om at få ordningen igangsat hurtigt og på baggrund af den relativ begrænsede viden, der endnu er om materialernes betydning for indeklimaet.

Arbejdet med ordningen er udført i et samarbejde mellem Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), Arbejdsmiljøinstituttet (AMI) og Dansk Teknologisk Institut (DTI), Byggeteknisk Institut.

SBI og AMI har udarbejdet det faglige og det tekniske grundlag for ordningen og angivet, hvordan ordningen kan etableres på prototype-niveau. Arbejdet er udført af "Forskningsgruppen for udvikling af sunde byggematerialer", der er etableret med forskere fra de to institutter som led i et projekt finansieret af Industri- og Handelsstyrelsen. Sidstnævnte projekt udgør en væsentlig del af arbejdet med grundlaget for ordningen. DTI har udarbejdet forslag til, hvordan ordningen kan organiseres og finansieres.

Resultatet af arbejdet med det faglige og tekniske grundlag præsenteres i to del-rapporter, som kan læses uafhængigt af hinanden. Nærværende rapport, som er første del-rapport, præsenterer resultaterne på en let tilgængelig måde, så stoffet også kan forstås af personer uden forhåndskendskab til de faglige discipliner, der indgår i emnet. Den anden del-rapport: "Indeklimamærkning af byggevarer. Del 2. Faglig og teknisk dokumentation af en prototypeordning", dokumenterer i detaljer ordningens faglige og tekniske grundlag samt gennemgår resultaterne af afprøvningerne af ni byggevarer. Endvidere undersøges og vurderes mulighederne for, ved en kemisk og sensorisk analyse af udvalgte byggematerialers afgangsprøve af organiske gasser og dampe, kombineret med en sundhedsmæssig vurdering, at kunne karakterisere og rangfølge byggematerialers mulige indvirkning på indeklimaet. Princippet skulle være en bestemmelse af tidsværdien, $t(C_m)$, til at nå en acceptabel indeklimateknologisk værdi baseret på indeklimateknologiske luft- og slimhindeirritationstærskler, C_m , i et standardrum. Tidsværdierne kan anvendes til rangfølgeordning af byggevarerne.

Ordningen er afprøvet på tre byggevaregrupper: fugemasser, indvendige vægmaling og tekstile gulvbelægninger.

Resultatet af arbejdet vedrørende organisering og økonomi er samlet i rapporten "Indeklimamærkning af byggevarer. Beskrivelse af en prototype af Dansk Indeklima Mærkning", udgivet hos DTI.

Til at følge projektet har der været nedsat en følgegruppe bestående af:

Ove Nielsen, Bygge- og Boligstyrelsen
Torben Bruun Hansen, COWIconsult
Lasse Herrguth, Boligselskabet Lejerbo
Ove Neumann, Arkitektfirmaet Krohn & Hartvig Rasmussen
Niels Strange, Byggeriets Arbejdsgivere
Poul Bastholm, Flügger A/S
Ulrik Harder, Casco Nobel A/S
R. Rokkjær, EGE-tæpper
Erik Christophersen, Statens Byggeforskningsinstitut

Virksomhederne EGE-tæpper, Flügger A/S og Casco Nobel A/S har beredvilligt stillet materialer til rådighed for afprøvningen. SBI og AMI ønsker at takke såvel følgegruppen som virksomhederne for den store bistand, de har ydet ved gennemførelsen af projektet. Projektet har modtaget finansiel støtte fra Bygge- og Boligstyrelsen.

Ordningen er den første mærkningsordning, der alene dækker indeklimaet. Det har således været begrænset, hvad der har kunnet hentes og overføres af viden fra andre ordninger i Danmark og i udlandet. Modellen for ordningen forventes at være interessant også for andre lande; den har således været til høring hos to internationalt anerkendte eksperter på området: Hal Levin, USA, og Bernd Seifert, Tyskland, som takkes for det arbejde, de har haft i forbindelse hermed.

Miljøtekniker Birthe Kvam, AMI, har udført GC analyserne, laboratoriefuldsmægtig Kjeld Larsen, AMI, har udført GC/MS analyserne, og cand. scient. Per A. Clausen, AMI, har været behjælpelig med modelberegningerne. Civilingeniør Katharina Thøgersen, Hjellnes COWI AS, har, som gæsteforsker ved SBI, stået for de sensoriske analyser.

Indeklimamærkningsordningen træder i kraft 1. januar 1994.

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Afdelingen for Energi og Indeklima, september 1993

Erik Christophersen, forskningschef

Baggrund

Vi opholder os mere end 90 pct. af vores tid inden døre. For nogle grupper i samfundet, fx små børn, ældre og syge mennesker, er andelen endnu større. Det er derfor af stor betydning, at luften i bygningerne har en kvalitet, der er så god, at vort helbred og velbefindende ikke belastes unødigt heraf.

Byggevarer, hvorved der her forstås byggematerialer og byggekomponenter, kan afgive kemiske stoffer, især organiske gasser og dampe til indeklimaet. Der kan også afgives partikler, herunder fibre, uorganiske gasser og dampe samt ioniserende stråling.

Personer, der opholder sig i indeklimaet, klager ofte over slimhindeirritation og lugtgener forårsaget af luftkvaliteten. Klagerne er ofte uspecifikke, og går under betegnelsen indeklimasyndromet (Wolkoff og Kjærgaard, 1992).

Rådgivere, bygherrer, bygningsbrugere og bygningsforvaltere er i stigende grad blevet interesseret i at sikre en god luftkvalitet i bygningerne. Det er derfor af stor betydning, at der foreligger information om byggevarernes indflydelse på luftkvaliteten, så der skabes et grundlag for at vælge, anvende og behandle materialerne korrekt.

Materialeproducenterne er også interesserede i at udvikle og producere sundhedsrigtige materialer og oplyse herom. Men hidtil har der ikke været fornøden viden om materialernes betydning for indeklimaet til at udviklingen, produktionen og informationen kunne hvile på et solidt fagligt og relevant grundlag.

Bygningsmyndighederne er ligeledes interesserede i, at indeklimaet i bygningerne er godt. De har i de senere år støttet forskningen inden for materiale- og indeklimaområdet. Denne forskning har blandt andet resulteret i at Statens Byggeforskningsinstitut, Arbejdsmiljøinstituttet og Statens Provningsanstalt i Sverige har udviklet et enkelt udstyr til måling af afgangningen af gasser og dampe fra materialer. Udstyret, der nu er sat i produktion af et dansk firma, kaldes FLEC (Field and Laboratory Emission Cell) findes allerede i drift hos nogle byggematerialeproducenter, som benytter det dels som led i produktudviklingen, dels til produktionskontrol.

Der er igangsat en række aktiviteter, der har indgået i arbejdet med indeklimamærkningsordningen.

Dansk Ingeniørforenings normorganisation (nu Normkomiteen under Dansk Standard) har igangsat et udvalgsarbejde med henblik på at kunne foretage en teknisk og sundhedsmæssig vurdering af byggevarers afgangning på basis af publicerede sundhedsmæssige og toksikologiske data.

I et af Industri- og Handelsstyrelsen, Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd (SNVF) og Statens Teknisk Videnskabelige Forskningsråd (STVF) finansieret projekt er Arbejdsmiljøinstituttet og Statens Byggeforskningsinstitut ved at udvikle metoder, der gør det muligt at give en bedre karakteristik af byggematerialernes sundhedsmæssige egenskaber.

Der er således skabt, eller ved at blive skabt, en del af grundlaget for en indeklimateknisk ordning for byggevarer. Etableringen af en sådan ordning vil ud over at medvirke til at opfylde ovennævnte ønsker også virke fremmende for samarbejdet mellem byggevareindustrien og forskningen.

Internationalt set er Danmark kommet langt inden for indeklimateknisk forskning. Det skønnes, at den danske byggevareindustri vil kunne udnytte det forspring, den danske indeklimateknisk forskning har, ved at der etableres en indeklimateknisk ordning nu. En ordning, hvor krav og omfang succesivt udbygges, vil givet fremme producenternes produktudvikling og konkurrenceevne.

Indeklimateknisk ordningen

Som indledning til etablering af en frivillig indeklimateknisk ordning for producenter af byggevarer er der udviklet en prototype af ordningen.

Selv om langt de fleste byggevarer, der er på markedet i dag, opfylder de ønsker og krav, der stilles til dem med hensyn til indeklimaet, så er der lagt vægt på at skabe en ordning, der dels fremmer udviklingen af mere sundhedsrigtige byggevarer, dels fjerner de byggevarer, der ville kunne give indeklimatekniske problemer af en uacceptabel størrelse. Hidtil er der sket en løbende udvikling - og dermed forbedring - af byggevarerne. Dette gælder formentlig inden for alle varegrupper, men ofte er det først sket efter, at der har været indeklimatekniske problemer ledsaget af store økonomiske omkostninger til afhjælpningsforanstaltninger.

Eksempler på dette er afgivelsen af formaldehyd fra spånplader og mineraluldsfibre fra ikke-vandfastlimede loftplader. På begge disse områder er der senere foregået en produktudvikling, således at indeklimatekniske problemer på grund af disse materialer nu stort set er elimineret.

Der er også eksempler på, at byggevarer er udgået af markedet, fordi de har givet problemer med indeklimaet, det gælder fx UF-skumisolering (ureaformaldehydskum, karbamidskum) og asbestholdige produkter.

Formål

Det primære formål med at udarbejde en prototype for en frivillig indeklimateknisk ordning har været at vise, hvordan en sådan ordning kunne se ud i praksis.

Målet for indeklimateknisk ordningen er at medvirke til:

- at luftkvaliteten i bygninger forbedres,
- at indeklimateknisk og materialeforskning omsættes og anvendes i byggeriet,
- at producenter af byggevarer bliver støttet i udviklingen af mere indeklimatekniske produkter,
- at dansk byggeindustri kan markere sig stærkt internationalt.

Luftkvaliteten forbedres ved at nedbringe afgivelsen af organiske gasser og dampe, fibre og ioniserende stråling fra byggematerialerne. For at opnå denne forbedring indbygges der i indeklimateknisk ordningen en overskuelig og let forståelig information til brugeren om forhold, der har indflydelse på luftkvaliteten i forbindelse med valg og brug af byggematerialer.

Beskrivelse af indeklimateknisk ordningen

Indeklimateknisk ordningens idé er at medvirke til at forbedre indeklimaet ved at kontrollere afgasningen fra de byggevarer, der er omfattet af ordningen. Ordningen er baseret på materialernes primære

afgivelse af ubundne organiske gasser og dampe. Ordningen vil dog kunne udvides til også at omfatte uorganiske gasser og dampe samt partikler og ioniserende stråling.

Princippet i indeklimamærkningsordningen er, ud fra laboratoriemålinger på byggevarer, at bestemme afgangningen som funktion af tiden (afgasningsprofilen). Ved modelberegning bestemmes dernæst den koncentrationsprofil, afgangningen vil have i et standardrum. Ud fra toksikologiske data foretages en sundhedsmæssig vurdering af de afgassede stoffer, og der fastlægges en indeklimatisk tærskelværdi for de afgassede stoffer, hvis sådanne ikke allerede findes. Tærskelværdierne sammenholdes med de beregnede koncentrationer og den indeklima-relevante tidsværdi, dvs. den tid et materiales afgangning er om at komme under de fastlagte tærskelværdier, bestemmes. Den indeklimarelevante tidsværdi er et mål for, hvor lang tid det kan forventes, at et givent materiale vil give indeklimaproblemer, medmindre der træffes specielle forholdsregler mod dette.

Betingelsen for at en byggevare kan få indeklimamærket er, at den indeklimarelevante tidsværdi opfylder de krav, der fastsættes af indeklimamærkningsordningens styregruppe, som vil bestå af repræsentanter for myndigheder, forskningsinstitutter, producenter og brugere.

Indeklimamærkningsordningen

- er i øvrigt udviklet, så den er et rationelt instrument, der kan stimulere produktudviklingen i en indeklimarigtig retning.

Ved at afgangningen fra byggematerialerne bestemmes både sensorisk og på enkeltstofniveau får producenten at vide, hvilke stoffer der er de mest betænkelige for indeklimaet i de fremstillede produkter, samtidig med at producenten får en metode til at kontrollere, om en ændring i råvaresammensætningen eller i produktionsforholdene bevirker en forbedring af byggevaren. Desuden kan denne viden udnyttes i den daglige produktionskontrol, idet kendskabet til, hvilke stoffer der er styringsparametre, bliver større. Ud fra kendskab til produktionen kan dette eventuelt udnyttes til at udvælge en eller flere vikarierende egenskaber, der løbende kan kontrolleres.

Producenten kan eventuelt selv stå for afgangningsmålingerne, idet det udstyr, der skal benyttes i forbindelse hermed, er relativt billigt og enkelt at betjene. De kemiske analyser kan eventuelt udføres på et fremmed laboratorium. Alt efter hvilke stoffer der skal kontrolleres, kan dette eventuelt gøres med et direkte visende instrument. Kontrollen kan overvåges af et uvildigt laboratorium.

- er et dynamisk instrument, der kan stimulere produktudviklingen i en indeklimarigtig retning.

Ordningen er baseret på måling og vurdering af den primære afgangning fra byggematerialer ud fra den viden, der eksisterer i dag. Efterhånden som denne viden udbygges - især hvad angår de sundhedsmæssige forhold - kan denne viden uden videre inddrages i ordningen, fx ved at ændre acceptkriterierne.

- kan omfatte alle relevante byggevarer.

Ved udviklingen af ordningen er der lagt vægt på, at den kan omfatte alle relevante byggevarer, der har betydning for indeklimaet. Dette betyder, at fx både vægmaling og indvendige trapper - såfremt de opfylder de fastlagte acceptkriterier - får et indeklimamærke. Dette betyder igen, at selve prøvningsforskrifterne kan være forskellige fra

byggevare til byggevare, men afprøvnings-, vurderings- og acceptkriterierne vil være baseret på de samme principper. Derfor har det ikke, inden for dette projekts rammer, været muligt at udarbejde andet end principielle prøvningsprotokoller samt vurderings- og acceptkriterier, eksempelvis mere konkret gennem de tre typer byggevarer, som ordningen er afprøvet med.

Eksempler på byggevaregrupper der kan indeklimamærkes:

Gulv: SfB(43)
Tekstile gulvbelægninger
Halvhårde gulvbelægninger, linoleum, vinyl, kork
Gummi
Gulvlak
Gulvlim
Gulvpartelmasse

Vægge: SfB(42)
Vægmaling
Tapeter
Maling for indvendigt træværk
Fugemasser til indendørs brug
Væglim

Lofter: SfB(45)
Loftmaling
Akustiklofter

Trapper: SfB(44)

Døre: SfB(32)

Vinduer: SfB(31)

Køkkenelementer: SfB(73)

- kan, når den er fuldt udbygget, give de projekterende og brugere af byggevarer en overskuelig og let forståelig information.

Ordningen er baseret på at bestemme den indeklimarelevante tidsværdi, dvs. den tid et materiales afgivelse af forureninger til luften i et standardrum er om at nå ned under en acceptabel indeklimarelevant lugt-, irritations- eller anden sundhedsskadelig tærskelværdi for hver af de potentielt afgivne stoffer samt for det sensoriske indtryk af afgangningen.

Den indeklimarelevante tidsværdi vil blive angivet i forbindelse med mærkningsordningen. Fås forskellige tidsværdier for lugt, irritation eller anden sundhedsskadelig virkning, angives den største. På denne måde får de projekterende og brugere af byggevarer oplysning om, i hvor lang en periode der kan forventes at optræde indeklimaproblemer på grund af anvendelsen af en given byggevare. De har så mulighed for eventuelt at træffe forholdsregler mod dette. De får endvidere oplysninger om byggevarers anvendelsesområde samt oplysning om, hvorledes byggevaren skal bruges og behandles under brug, så eventuel afgangning og afgivelse af partikler fra byggevarer ved forkert anvendelse

og behandling kan undgås. Inden for hver byggevaregruppe kan det aftales, at der skal gives flere oplysninger om byggevarerne.

Denne metode er valgt, fordi den giver de for brugeren nødvendige oplysninger på en meget enkel måde - et enkelt tal - alternativet kunne være en liste med de stoffer, der afgives fra et materiale, modelberegninger af koncentrationer i standardrum og sundhedsmæssige vurderinger. En sådan liste vil formentlig ikke være til nogen stor hjælp i forbindelse med valg af de mest indeklimalrigtige byggevarer.

- *kan udvikles til at omfatte flere forhold, der har betydning for indeklimaet.*

Det er afgivelsen af gasser, dampe, partikler (fibre) og ioniserende stråling fra byggevarer, der vil kunne indgå i indeklimalmærkningsordningen. Det er dog endnu kun de organiske gasser og dampe, der er taget med, men ordningen kan udbygges til at omfatte andre og flere egenskaber, der har betydning for indeklimaet. Det kan fx være evne til opladning med statisk elektricitet og absorptionskoefficienter.

- *kan udvikles forskelligt fra varegruppe til varegruppe.*

Såfremt det inden for en byggevaregruppe ønskes at udvide indeklimalmærkningsordningen med flere indeklimalrelevante egenskaber, kan dette lade sig gøre, uden at det får konsekvenser for de øvrige byggevaregrupper.

De her fastlagte minimumsegenskaber og principper kan dog ikke fraviges, uden at der opnås generel accept hos alle byggevaregrupper, dog kan acceptkriterierne for de enkelte byggevaregrupper variere fra byggevaregruppe til byggevaregruppe. Acceptkriterierne skal godkendes af indeklimalmærkningsordningens styregruppe. Dette for at undgå, at ordningens pålidelighed og troværdighed bliver sat overstyr, samt at sikre at indeklimalmærkningens formål overholdes.

- *kan være et supplement til andre ordninger.*

I nogle tilfælde findes der etablerede mærkningsordninger, fx har Gulvbranchens Samarbejds- og Oplysningsråd (GSO) ordninger for gulvmaterialer. Indeklimalmærkningsordningen er søgt udviklet, så den kan være et supplement til andre ordninger.

- *kan indgå i miljømærkningsordninger, baseret på livscyklusanalyser.*

Indeklimalmærkningsordningen er udviklet og tilrettelagt således, at den kan indgå som et modul, eller som en del af et modul i den del af en livscyklusanalyse, der omfatter driftfasen.

- *kan varetage myndighedskrav.*

Indeklimalmærkningsordningen vil uden videre kunne relateres til de myndighedskrav, der eksisterer, og de krav som kan forventes at ville blive stillet i fremtiden. En byggevare vil ikke kunne få et indeklimalmærke, såfremt den ikke opfylder de myndighedskrav, der falder inden for indeklimalmærkningsordningen. Fx vil en træbaseret plade limet med formaldehydholdig lim ikke kunne få et indeklimalmærke, hvis ikke den opfylder bygningsreglementets grænser for afgivelse af formaldehyd fra sådanne plader.

- *er baseret på ydeevneprincippet.*

EF's byggevedirektiv og hertil hørende dokumenter vil blive udformet efter ydeevneprincippet. Dette vil kort betyde, at det skal udtrykkes, hvad en byggevare skal kunne, og ikke hvad den skal være fremstillet af, eller hvordan den er fremstillet. Det vil derfor være naturligt at basere indeklimalmærkningsordningen på ydeevne. Hvilket i denne forbindelse vil sige, at en byggevare ikke må afgive stoffer til indeklimaet, så

luftkvaliteten forringes. Dette er meget generelt, forenklet og ideelt udtrykt, og er ikke operationelt i sig selv. Denne problematik er mere konkretiseret og detaljeret beskrevet i Del 2, "Faglig og teknisk dokumentation af en prototypeordning", og når den endelige indeklimalmærkningsordning foreligger, vil dette blive uddybet yderligere.

- *er frivillig.*

Det er op til producenter, importører og forhandlere, om de vil tilslutte sig indeklimalmærkningsordningen. Den skal ses som et tilbud, dels til hjælp med at producere og markedsføre indeklimalmæssigt gode materialer, dels som en støtte og dokumentation for, at de ønsker og krav, bygherrer, projekterende og brugere rent indeklimalmæssigt stiller til materialerne, også er opfyldt.

- *stiller krav til faciliteter.*

De faciliteter, der er nødvendige for at gennemføre en prøvning, modelberegning og sundhedsmæssig vurdering, vil fremgå af de konkrete metodebeskrivelser for de enkelte byggevaregrupper. Her skal blot nævnes nogle eksempler:

Til konditionering af materialerne, og til afprøvning af deres afgivelse af flygtige organiske forbindelser og til den sensoriske afprøvning anvendes klimakamre, fx CLIMPAQ (Gunnarsen, 1993) og FLEC (Wolkoff, 1991, 1993 a,b). Til bestemmelse af afgangningen af mineralfibre benyttes det udstyr, der er beskrevet i NT Build 347, Ceiling Boards, mineral fibres: Emission 1989.

Andre ordninger

Der eksisterer ingen mærkningsordninger, der alene omhandler indeklimaet. Der eksisterer mærkningsordninger, hvor indeklimaet indgår som en del af deklarationens totale livscyklusvurdering samt nogle særskilte deklarationer for udvalgte produkter. Relevante eksisterende ordninger er refereret nedenfor.

Generelle miljømærkningsordninger

Norden

Den nordiske miljømærkning med sit "hvide svane"-mærke er en fælles nordisk miljømærkning, hvor hele produktets livsforløb lægges til grund for miljøvurderingen. Vurderingen af produktets betydning for indeklimaet indgår i det omfang, det er aktuelt for den enkelte produktgruppe. Foreløbig har en indeklimavurdering været aktuelt for produktgruppen spån-, gips- og træfiberplader, som fik fastsat kriterier for afgangning af miljøskadelige stoffer i 1992. I 1993 er det planlagt blandt andet at fastlægge kriterier vedrørende indeklimaet for maling og træbeskyttelse, gulvbelægning, tapet, lim og isoleringsmateriale.

Ordnningen blev indført af Nordisk Ministerråd og samkøres gennem Det nordiske Samordningsorgan men forvaltes af nationale organer. Det nordiske Miljømærke blev lanceret i 1992. Danmark er ikke officielt medlem af ordningen, men har et nært samarbejde gennem Nordisk Ministerråd. Danske producenter står frit til at søge mærket på lige fod med andre ikke-nordiske lande.

EF

EF's Ministerråd vedtog i 1992 en positiv miljømærkningsordning. EF's ordning bygger på de samme principper som Den nordiske Miljømærkning med en livscyklusvurdering, hvor en indeklimavurdering indgår for aktuelle produktgrupper. Der er etableret et samarbejde mellem EF's ordning og den nordiske ordning, og samarbejdet koordineres fra Danmark.

EF-kommissionen er i samarbejde med medlemslandene i gang med at vurdere kriterier for miljømærkning af blandt andet maling, lak og isoleringsmateriale.

Tyskland

"Blaue-Engel"-mærkningen er en tysk miljømærkning fra 1978. Ordnningen omfatter ca. 60 forskellige produktgrupper. 90 pct. af de mærkede produkter er tyskproducerede, men udenlandske producenter kan også søge om at få mærket.

England

Det engelske byggeforskningsinstitut (BRE) har udarbejdet en miljøvurderingsmetode, hvor bygninger i sin helhed vurderes ud fra, hvor meget de belaster det ydre miljø, nærmiljøet, arbejdsmiljøet og indeklimaet. Ordningen er foreløbig udarbejdet for kontorbygninger, boliger og supermarkeder. Metoden kaldes BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) og blev etableret i 1990.

Miljømærkningsordninger for specielle produktgrupper

Danmark

Arbejdstilsynet har gennem en bekendtgørelse fra 1982 (Malebekendtgørelsen) bestemt, at der skal fastsættes et arbejdsmiljørelateret kodenummer for maling- og lakprodukter. Koden kaldes en MAL-kode (Maleteknisk Arbejdshygiejnisk Luftbehov) og er relateret til arbejdsmiljøet. Koden er et udtryk for sundhedsmæssig risiko ved indånding af, indtagning af, eller hud- og øjenkontakt med produktet. Fugemasser har en tilsvarende kodning.

Træpladekontrollen står for kontrollen af om de træbaserede plader, der er limet med ureaformaldehydholdig lim, opfylder de krav, der stilles i Bygningsreglementet.

Sverige

Golvbranchens Riksorganisation (GBR) har i samarbejde med Statens Provningsanstalt (SP) udarbejdet to branchestandarder for kemisk afgang fra henholdsvis gulvbelægninger og fra selvnivellerende gulvafjævningsmasser.

Afgasningsmålingerne foretages med et lille klimakammer (FLEC) og på to forskellige tidspunkter (4 uger og 26 uger). Resultatet angives som afgasningsfaktoren af TVOC (Total Volatile Organic Compounds = totalmængde af flygtige organiske forbindelser) på de to tidspunkter.

Tyskland

GuT (Gemeinschaft Umweltfreundlicher Teppichboden) er en tysk miljømærkning af tæppeprodukter. Efterhånden er også en række andre landes tæppeproducenter samt råvareleverandører kommet med i ordningen, bl.a. en del danske producenter. Produkterne bliver undersøgt af Deutschen Teppich-Forschungsinstitut med henblik på afgivelse af lugt og sundhedsfarlige og miljøskadelige stoffer.

USA

Carpet and Rug Institute (CRI) i USA og USEPA (Den amerikanske miljøstyrelse) har udarbejdet et testprogram for gulvtæpper. Programmet tester produkternes afgasning af TVOC, hvorefter produkterne får en attest. Resultaterne publiceres, og hensigten er at motivere producenterne til at udvikle lavemitterende produkter.

Staten Washington, USA, stiller krav til forureningskilder i nyt kontorbyggeri. Alle materialer, der indgår i bygningen inkl. møbler, skal opfylde visse specifikationer for afgivelse af formaldehyd, TVOC og partikler. (Black et al, 1993).

USEPA har en database for rangordning af forureningskilder (Source Ranking Database) under udvikling. Informationerne fra databasen er

baseret på eksponeringsdata og på kvalitative og kvantitative toksikologiske data. (Cinalli, 1993).

Under arbejdet med udviklingen af den danske indeklimatekniske ordning har der været kontakt og samarbejde med repræsentanter for flere af de ovennævnte ordninger. Det er ikke utænkeligt, at metoderne, der er udviklet i forbindelse med den danske indeklimatekniske ordning, i fremtiden vil blive benyttet af andre ordninger, idet der i ingen af de eksisterende ordninger findes en så nuanceret og omfattende karakteristik af afgangningerne som i den danske. Dette sammen med den sundhedsmæssige vurdering af de enkelte afgangningsprodukter gør, at den danske ordning er langt foran andre mærkningsordninger.

Materialernes betydning for luftkvaliteten

For bedre at kunne karakterisere og bedømme materialers indflydelse på luftkvaliteten er det hensigtsmæssigt at inddele dem i tre grupper:

1. *Materialer med et indhold af fri (ubundne) stoffer.* Disse stoffer kan umiddelbart afgives til indeklimaet.
2. *Materialer med et indhold af "bundne" stoffer.* For at de "bundne" stoffer skal kunne afgives til indeklimaet kræves, at materialerne udsættes for påvirkninger, der bevirker at stofferne bliver frigivet.
3. *Materialer der kan deponere/opsamle/akkumulere forureninger,* som under bygningens brug kan afgives til indeklimaet.

Den dominerende andel i 1. gruppe er nye materialer. Materialer, der har ringe brugsbetingede egenskaber, dvs. materialer der ikke er i stand til at modstå de påvirkninger, de bliver udsat for uden at nedbrydes, nedslides eller opløses, hører til i 2. gruppe.

Den 3. gruppe vil især indeholde materialer, der har en stor specifik overflade og de materialer, der er vanskelige at holde rene. Et materiale kan være i flere grupper.

Fri (ubundne) forureninger fra materialer

Eksempler på forureninger i denne gruppe er formaldehyd fra ureaformaldehydlimede spånplader og organiske opløsningsmidler fra maling. Materialer fra denne gruppe vil især bidrage til en dårlig luftkvalitet i den første periode af en bygnings driftstid.

For at lette fremstillingen anvendes ofte organiske opløsningsmidler i produktionen, og derfor indeholder mange materialer rester af organiske opløsningsmidler, når de er færdige. Ved fremstillingen af produkter, hvor der indgår en kemisk reaktion mellem to eller flere stoffer, anvendes ofte et overskud af et af stofferne for at få reaktionen til at forløbe så fuldstændigt og så hurtigt som muligt (lille produktionstid). Et eksempel på dette er fremstillingen af ureaformaldehydlimede spånplader. Der anvendes et overskud af formaldehyd. Størstedelen af formaldehydoverskuddet forlader spånpladerne på produktionsstedet. Den resterende del af den frie formaldehyd, forbliver i de færdige plader og afgives først på brugsstedet.

Efter indførelsen af formaldehydbegrænsende bestemmelser i Bygningsreglementet er formaldehydafgivelsen fra bl.a. spånplader blevet kraftigt reduceret.

Den bedste måde til at afgøre hvilke stoffer, der kan afgives til indeklimaet fra et byggemateriale, er at foretage en afprøvning.

I 1990 blev der udgivet en Nordtest-metode: NT Build 358: Building Materials: Emission of gases and vapours. Denne metode er generelt anvendelig for alle former for luftformige forureninger fra materialer.

Der findes allerede en Nordtest-metode til bestemmelse af mineralfiberafgivelse fra byggematerialer: NT Build 347, Ceiling Boards, mineral fibres: Emission, 1989.

Grundlaget for begge metoder er udviklet på Statens Byggeforskningsinstitut. Udviklingen er fortsat, og der er siden udviklet anden- og trediegenerations metoder til bestemmelse af afgangningen fra materialer.

Statens Provningsanstalt, Borås, Statens Byggeforskningsinstitut og Arbejds miljøinstituttet i Danmark har udviklet et udstyr, der bl.a. kan anvendes til produktudvikling og produktionskontrol, således at det er muligt for en producent løbende at kontrollere sin produktion. Udstyret er nu sat i produktion af en dansk virksomhed og kaldes FLEC (Field and Laboratory Emission Cell) (Wolkoff, 1991).

Et andet udstyr, der kan anvendes til kemisk og sensorisk bestemmelse af afgangningen, er udviklet i et samarbejdsprojekt mellem Arbejds miljøinstituttet og Statens Byggeforskningsinstitut. Udstyret, der kaldes CLIMPAQ, blev præsenteret internationalt første gang på konferencen Indoor Air '93 i Helsingfors (Gunnarsen, 1993).

Et standsardiseringsarbejde under CEN forventes påbegyndt i løbet af efteråret 1993. Dette arbejde vil omfatte både laboratorie- og feltmålinger af afgangningen fra materialer.

Selvom ikke alle metoderne til bestemmelse af afgangning fra materialer er standardiserede, så vil det være muligt på nuværende tidspunkt at anvende dem som grundlag for en deklarationsordning. Det vil være en fordel i standardiseringsarbejdet, at det kan dokumenteres, at metoden allerede er i brug. Herved får de danske synspunkter større gennemslagskraft.

Bundne forureninger fra materialer

Eksempler på forureninger i denne gruppe af materialer er mineralfibre fra loftplader og radon fra radiumholdige materialer, samt formaldehyd fra ureaformaldehydlimede spånplader.

Materialer, der indeholder stoffer, der kan nedbrydes eller omdannes, kan give problemer med afgivelse af forureninger til rumluften i hele bygningens levetid. Afgivelsen af forureninger kan være bestemt af flere forskellige processer, fx slid, nedbrydning, opløsning, henfald og ældning.

Materialerne er ofte karakteriseret ved ikke at kunne tåle de påvirkninger, de bliver udsat for, fordi de ikke er stabile og holdbare under de driftsforhold, der hersker i bygningen.

Et eksempel på et materiale, der kan nedbrydes er de ureaformaldehydlimede spånplader. Limen i disse spånplader kan nedbrydes, især under påvirkning af fugt og varme, så det ikke blot er den fri mængde formaldehyd som omtalt ovenfor, men også den frigjorte formaldehyd, der vil afgives fra spånpladerne.

Afgivelsen af formaldehyd afhænger bl.a. af temperaturen. I området 14-35 °C fordobles afspaltningen for hver 7 °C temperaturstigning.

Formaldehydafspaltningen fordobles ligeledes, hvis den relative fugtighed øges fra 30 pct. til 70 pct. ved 22 °C.

Det er derfor af stor betydning, at ureaformaldehydlimede spånplader anvendes under de korrekte temperatur- og fugtforhold.

Lampefatninger er et andet eksempel på, at der kan opstå indeklima-problemer på grund af ureaformaldehyd (carbamidplast).

Såfremt lampefatningen sidder over den elektriske pære, kan fatningen blive så varm, at den dekomponerer, og der kan afgives en meget ubehagelig lugt. Det har vist sig, at det kan være svært at lokalisere, hvorfra lugten kommer, idet den som oftest præger hele lokalet.

Et tredje eksempel er ubehandlede mineralfiberholdige loftplader, der er limede med en ikke fugtbestandig lim (stivelse). I tilfælde af vandskade kan der frigøres mineralfibre, der drysser ned i det underliggende lokale. Der findes kun få prøvningsmetoder inden for denne gruppe.

For fremover at kunne imødegå problemer fra denne materialegruppe må der etableres en større viden om materialernes/byggekomponenternes ydeevne, således at producenterne og de projekterende kan foreskrive hvilke påvirkninger materialerne kan modstå, uden at der frigives forureninger fra dem.

Indtil der er etableret en mere generel og systematisk viden på området, kan det i forbindelse med indeklimamærkningsordningen løses ved, at producenterne angiver anvendelsesområdet for deres produkter samt udarbejder brugsanvisninger.

Materialer, der kan deponere/opsamle/akkumulere forureninger fra rumluften

Formaldehyd, lugtstoffer, irriterende, støv, snavs og mineralfibre er eksempler på luftforureninger, som kan opsamles af denne materiale-gruppe.

Materialers evne til at deponere/opsamle/akkumulere forureninger er kendt af de fleste mennesker, fx fra lugte der hænger i tøjet, når man har opholdt sig i et lokale med lugtstoffer, fx i røgfyldte lokaler og svinestalde.

En del svampe afgiver også forskellige karakteristiske lugtstoffer. I Danmark går en sådan svampelugt under betegnelsen "sommerhuslugt", i Sverige kendes lugten fra de såkaldte "mögelhus".

Deponeringseffekten er bl.a. kendt fra formaldehydsaneringer. Hvor formaldehydkilderne er fjernet, har formaldehydkoncentrationen umiddelbart været næsten lige så høj som før saneringen, og først efter et stykke tid er formaldehydkoncentrationen faldet.

Undersøgelser tyder på, at der i tidens løb kan ske en selektering af de deponerede stoffer over mod de mere allergene, dvs. de stoffer, der kan fremkalde allergiske reaktioner hos mennesker, der er disponerede for allergi (atopikere).

En stor dansk indeklimaundersøgelse "Rådhusundersøgelsen" (The Danish Town Hall study) (Skov, 1987) har vist en sammenhæng mellem den organiske del af støvet og indeklimagenerne. Den samme undersøgelse viste også en sammenhæng mellem materialer med lådnede overflader og indeklimagener. Efterfølgende undersøgelser har vist, at materialernes ad- og desorption af forureninger kan have indflydelse på luftkvaliteten i bygninger.

Afgivelsen af forureningen fra denne materialegruppe er ofte bestemt af et kompleks af udløsende faktorer, bl.a. omfattende processer desorption, absorption, diffusion, opløsning og fysisk aktivitet.

Der er behov for yderligere forskning inden for dette felt, inden der kan anvises egnede metoder til beskrivelse af materialernes evne til at deponere stoffer. Inden for forskningsgruppen "Udvikling af sunde

byggematerialer", der er et samarbejde mellem industrien, Arbejds miljø-instituttet og Statens Byggeforskningsinstitut, arbejdes der med at udvikle sådanne metoder. Indtil de foreligger, er det vanskeligt at tage hensyn til sorptionsfaktorerne i forbindelse med en indeklimamærkningsordning, idet indflydelsen fra materialerne både kan være negativ og positiv, men den vil dog som regel blive negativ i takt med akkumuleringen af forureningerne.

Protokol for mærkningsordningen

I dette kapitel beskrives det tekniske grundlag for den prøvning, der ligger til grund for mærkningsordningen.

Protokol for afprøvning af byggevarer

Prøveudtagning, transport og lagring

Prøver udtages på producentens, forhandlerens eller importørens lager, når de er frigivet til anvendelse. Prøverne skal udtages repræsentativt for materialemængden og bestå af mindst 3 emner, store nok til at der af hver kan fremstilles en overflade som specificeret for afprøvningen.

De udtagne stikprøver skal opbevares og transporteres, så de ikke udsættes for unormale klimapåvirkninger eller kontaminering. Stikprøver af malevarer, lim, fugemasse, mørtel og lignende skal til prøvningen foreligge i ubrudt originalemballage. Stikprøver af andre byggematerialer, der leveres i emballage, skal til afprøvningen foreligge i ubrudt originalemballage i det omfang, det er muligt. Andre stikprøver skal emballeres i emballage, der er neutral med hensyn til optagelse og afgivelse af komponenter, der kan influere på prøvningsresultaterne. Aluminiumsfolie (evt. lamineret med polyethylenfolie) har vist sig egnet.

For store bygningsdele eller byggekomponenter kan det være umuligt eller uhensigtsmæssigt at udtage hele objekter som stikprøve. Ved udtagning af en del af objektet som stikprøve skal denne del forholdsmæssigt omfatte de enkeltmaterialer, som hele objektet består af (fx malet eller lakeret overflade, ubehandlet overflade, limfuge m.m.).

Fremstilling af prøveemner

Fremstillingen af det prøveemne, der skal afprøves, afhænger af byggevareren.

Prøveemnet tildannes, så det forholdsmæssigt omfatter de enkeltmaterialer, som byggevareren består af. Eventuelt må antallet af prøver udvides for at kravet bliver opfyldt.

Hvis der ved tildannelsen opstår flader, der har en afgasning, som kan influere på afprøvningsresultatet, så skal disse flader forsegles med et materiale, som ikke influerer på afgasningen fra de eksponerede flader. Dette krav om forsegling gælder også for indvendige flader, der normalt ikke eksponeres til indeluften, fx overflader i indvendige hulrum.

Der foreligger i dag ikke megen viden om, hvordan og med hvilke materialer sådanne forseglinger kan foretages. Aluminiumsfolie er anvendelig som diffusionsspærre for gasser og dampe. Som klæbestof er en voks med ekstremt lille indhold af flygtige bestanddele en mulighed.

Ofte afdækkes en byggevare, eller den forsynes med en overfladebehandling eller en belægning. Det skal tydeligt fremgå, om byggevareren skal afprøves med eller uden afdækning.

Den eller de sider, der ikke efter monteringen vender direkte mod indeluften, fx bagsiden af et lakeret gulvbræt, skal forsynes med en forsegling.

Produkter som fx maling, lim, fugemasse, spartelmasse og mørtel kan anvendes i meget varierende brugssituationer og kan bidrage til opfyldelse af vidt forskellige anvendelsessituationer:

- Overfladelag, der er frit eksponeret mod omgivelserne (fx maling).
- Overfladelag, der er behandlet med mere eller mindre diffusions-tætte belægninger eller malingslag (fx spartelmasse under et malingslag).
- Limfuger, der er benyttet til limning af mere eller mindre diffusionstætte belægninger.
- Fuger eller revnefyldninger, der kan være inddækkede eller overfladebehandlede.

Følgende fremgangsmåde anvendes i forbindelse med indeklima-mærkningsordningen:

Malevarer, bortset fra syrehærdede industrimalevarer, der skal afprøves for formaldehydafgivelse

Malevaren påføres på passende måde (sprøjte, applikator eller anden) på et inert substrat (fx fortinnet stål eller glas). Med hensyn til blanding af to-komponent produkter, tilsætning af fortynder, påført mængde, antal påføringer og eventuel ovntørring skal de af leverandøren angivne retningslinier følges.

Syrehærdede industrimalevarer, der skal afprøves for formaldehydafgivelse

Formaldehydafgivelsen fra syrehærdede malevarer kan være stærkt beroende på påførings-, hærtnings- og konditioneringsbetingelserne. Hvis ikke andet aftales, anvendes følgende betingelser:

Tid fra blanding af lak og hærder til påføring	30 min.
Substrat	Glas
Påføringsmetode	Spalteapplikation, sprøjtning eller tæppelakering
Tørringsbetingelser	10 min. ved 20 °C 30 min. ved 50 °C
Lagtykkelse	50 µm tør film
Mængde af fortynder	Til påføringsviskositet

Lim, spartelmasse, mørtel og lignende

Produktet påføres et inert underlag, fx fortinnet stål eller glas i veldefineret lagtykkelse med spalteapplikator. Lagtykkelsen skal være i overensstemmelse med leverandørens anvisninger. Generelt benyttes:

Gulv- og væglime	0,3 mm
Spartelmasse	2,0 mm
Mørtler	10 mm

Fugemasser

Fugen udføres ved brug af en fugepatron, spartel og/eller fugepind i et lukket inert fugeprofil, fx et U-aluminiumprofil med ønskede profil-dimensioner efter leverandørens anvisninger. Generelt kan benyttes:

Fuger	Bredde × dybde : 10 × 5 mm
Dilatationsfuger	Bredde × dybde : 15 × 7 mm

Konditionering af prøveemner

Prøveemnerne konditioneres, inden de sættes ind i klimakammeret og i perioderne mellem luftprøveudtagningerne fra klimakammeret. Der skal anvendes samme temperatur, relativ luftfugtighed, luftskifte og lufthastighed hen over prøveoverfladen, som beskrevet under prøvning af afgangning, medmindre man har erfaring for, at ændrede betingelser ikke influerer på den senere målte afgangningshastighed.

I konditioneringsluften (uden prøve) skal koncentrationen af specifikke gasser og dampe - relevante for afprøvningen - være mindre end 5 pct. af den laveste koncentration, som prøven siden forårsager i klimakammeret.

Prøvning af afgangning til kemisk bestemmelse

Til prøvning af afgangning til kemisk bestemmelse anvendes en mikroemissionscelle FLEC. En Nordtestmetode er under udarbejdelse. FLEC'en er beskrevet i Wolkoff, 1991, 1993 a,b.

Følgende parametre anvendes:

Temperatur:	22 ± 2 °C
Luftfugtighed:	50 ± 1,5 pct. RF
Luftforsyning:	300 ± 3 ml/min

FLEC'en skal renses, og der skal udføres baggrundsmåling inden hver afprøvning.

FLEC'en anbringes på prøveemnerne til tiden (t=0). For at få information om afgangningens profil udtages der dobbeltprøver. Antal målinger afhænger af afgangningsprofilen og behovet for modellering. Som eksempel kan følgende tider anvendes: 2 timer, 24 timer, 7 dage og 28 dage. Et mindre antal prøver kan accepteres, såfremt afgangningsprofilen kendes, og såfremt de enkelte stoffer, der indgår i afgangningsprofilen, har så lille en afgangningshastighed, at koncentrationen i et standardrum ligger under de tærskler, der anvendes i forbindelse med den sundhedsmæssige

vurdering. Midtpunktet mellem start og sluttidspunkt af en måling anvendes som måletidspunkt.

Opsamling og analyse af luftprøven

Analysemetoderne omfatter en kvalitativ bestemmelse af afgangningen fra prøveemnet og en kvantitativ bestemmelse af afgangningshastigheden, således at afgangningshastighedens tidsafhængighed (afgangningsprofilen) kan bestemmes. Afgangningshastighedens tidsafhængighed bestemmes for de komponenter, der har en så stor afgangningshastighed, at koncentrationen af den pågældende komponent i et standardrum vil overskride de indeklimarelevante værdier, der anvendes i forbindelse med den sundhedsmæssige vurdering.

Strategi for afprøvningernes udførelse

Produkt- og produktionsinformationer

Informationer om produkternes sammensætning, herunder hvilke flygtige komponenter, de kan forventes at indeholde eller danne ved hærtnings- eller nedbrydningsprocesser, skal indhentes fra producent og råvareleverandør, eventuelt suppleret med litteratursøgning. Afgasninger, målt på et tidligt tidspunkt i et produkts levealder, giver oplysninger om afgangningen af komponenter fra fremstillingsprocessen og fra hærtningsreaktioner.

Fastlæggelse af hvilke afgasninger, der skal bestemmes, samt hvilke opsamlings- og analysemetoder, der skal anvendes

På basis af produktionsinformationerne og den kvalitative bestemmelse vurderes, hvilke afgasninger der skal bestemmes kvantitativt, og hvilke opsamlings- og analysemetoder der skal anvendes. Kriterier for udvælgelse af gasser og dampe fastlægges af styregruppen for mærkningsordningen og kan fx være: stoffer, der findes i størst koncentration, kræftfremkaldende stoffer, allergifremkaldende stoffer, slimhindeirriterende stoffer og stoffer med markant lugt.

Ved opsamlingen og analysen skal der anvendes dokumenterede metoder. Opsamlingsmedier er typisk kemisorptionsrør, Tenaxrør og lignende til de fleste organiske gasser og dampe samt vaskeflasker med passende opløsninger til specielle stoffer. Analysemetoderne er de samme som nævnt under den kvalitative bestemmelse. Hvis det vides, at forholdet mellem de stoffer, som afgasser, ikke ændres, kan man fx i forbindelse med kvalitetskontrol anvende direktevisende måleinstrumenter.

Kvalitativ bestemmelse af prøveemnets afgasning

Den kvalitative bestemmelse foretages på udgangsluften fra klimakammeret. For de fleste organiske gasser og dampes vedkommende vil gaskromatografi i forbindelse med massespektrometri være den bedst egnede metode. Visse gasser og dampe, som fx formaldehyd og isocyanater, analyseres mest hensigtsmæssigt ved andre metoder.

Kvantitativ bestemmelse af afgangningshastigheden

Den kvantitative bestemmelse af afgangningshastigheden foretages på udgangsluften fra klimakammeret eller en del heraf. Der opsamles til hver af de fastlagte tidspunkter to luftprøver. Opsamlingsperioden vælges ud

fra analysemetodens følsomhed, opsamlingsmediets kapacitet og desorptionseffektivitet, den forventede luftkoncentration og volumenstrømmen af luften gennem opsamlingsmediet.

Sensorisk prøvning

Der findes en række metoder til kvantificering af luftforurening på baggrund af sensorisk bedømmelse. Den metode, der er valgt at benytte her, er baseret på anvendelsen af et utrænnet personpanel, der angiver oplevelsen af luftkvaliteten ved markeringer på kontinuerte skalaer for accept og for intensitet.

Denne metode er valgt, fordi den vil være lettere og billigere at anvende for producenter af byggevarer end en metode, baseret på anvendelsen af et trænet personpanel.

Der er vist en entydig sammenhæng imellem den oplevede luftkvalitet (målt i decipol med et trænet personpanel) og andelen utilfredse (målt med et utrænnet personpanel). Anvendelsen af et trænet personpanel giver erfaringsmæssigt store unøjagtigheder i bestemmelsen ved lave forureningskoncentrationer, dvs. under 3 decipol. Et utrænnet personpanels bedømmelser på den kontinuerte skala for accept vil give de mest pålidelige resultater ved lavere koncentrationer omkring 2,5 decipol eller 30 pct. utilfredse.

Til sensorisk prøvning anvendes et klimakammer CLIMPAQ (Gunnarsen et al, 1993) med tilkoblet luftforsyningsanlæg.

Følgende parametre anvendes:

Temperatur:	23 ± 1,5 °C
Luftfugtighed:	50 ± 5 pct. RF
Lufthastighed:	0,15 ± 0,05 m/s
Udeluftstrøm:	0,86 ± 0,05 l/s
Udeluftskifte:	60,8 ± 3,6 h ⁻¹

CLIMPAQ'en skal renses, og der skal udføres baggrundsmåling inden hver afprøvning.

Materialet anbringes i klimakammeret til tiden. Der foretages panelbedømmelse fire gange til tiderne: 1, 9, 16, 30 og 60 dage, evt. længere efter behov. Panelet består af 20 utrænede personer.

Modelberegning

Til modelberegning anvendes for malingen en første ordens model uden hensyn til eventuelle sinkeeffekter, og henfaldskonstanten k_1 bestemmes. Til modelberegning af andre materialer anvendes en diffusionsmodel, hvor der tages hensyn til, at diffusionskoefficienten er eksponentielt afhængig af koncentrationsgradienten af de enkelte stoffer i materialet. Henfaldskonstanten k_1 divideret med materialets lagtykkelse bestemmes, hvorefter afgangningshastighedens tidsafhængighed kan bestemmes.

Til omregning af resultaterne fra klimakammer til indeklima tages udgangspunkt i følgende standardbetingelser:

Rumfang af standardrummet	17,42m ³
Eksporerede arealer i standardrummet, m ²	
Gulvmateriale	7
Loftmateriale	7
Vægbeklædning	24
Døroverflade	2
Vinduesramme	0,2
Fugemasse	0,2
Øvrigt nagelfast	4
I alt	44,4m ²
Luftskifte (gange i timen)	0,5
Temperatur	23 °C
Relativ fugtighed	50 pct.

og forudsætninger:

* Alle materialer er tilladt samme afgangning pr. m².

* Materialerne må maksimalt bidrage med 50 pct. af den samlede tilladelige koncentration. (Den sundhedsmæssige tærskel.)

Ud fra dette sæt standardbetingelser og forudsætninger samt afgangningshastighedens tidsafhængighed kan koncentration af de enkelte afgassede stoffer i rumluften i standardrummet beregnes.

Disse beregninger og grundlaget herfor er nærmere beskrevet i Del 2, "Faglig og teknisk dokumentation af en prototypeordning".

Sundhedsmæssig vurdering og sensoriske acceptkriterier

Den sundhedsmæssige vurdering kan foretages efter "Anvisning for bestemmelse og vurdering af afgangning fra byggevarer", der forventes udsendt fra Dansk Standard omkring årsskiftet 1993/94, eller efter "Toksikologisk vurdering af indeklimateforureninger. Typiske forureninger fra jordforurening", Andersen Nexø og Damgaard Nielsen, Bygge- og Boligstyrelsen, 1993.

Som lugttærskler anvendes de af Devos et al, 1990, angivne, kvalificerede vurderinger, baseret på analogislutninger eller i mangel af bedre en middel standard lugttærskel på 100 ppb, baseret på Devos et al, 1990.

Som irritationstærskler anvendes de af Schaper, 1993, angivne værdier, analogislutninger eller tærskler, som angivet af (Andersen Nexø og Nielsen, 1993). Se nærmere i Del 2, "Faglig og teknisk dokumentation af en prototypeordning".

Såfremt der er uoverensstemmelse mellem kilderne til de toksikologiske data, fastlægges den værdi der skal anvendes af indeklimatemærkningsordningens styregruppe.

De sensoriske acceptkriterier fastlægges med udgangspunkt i, at 80 pct. af de personer, der træder ind i et rum, hvor det pågældende materiale er anvendt i en mængde svarende til standardrummet, skal være tilfredse efter et på forhånd givet tidspunkt. Både overholdelse af de toksikologiske fastsatte tærskler og de sensoriske fastlagte acceptkriterier kan for nogle byggevaregrupper være et meget højt og et inden for en rimelig tid

uopnåeligt krav, hvorfor lavere acceptkriterier for de pågældende byggevaregrupper kan fastsættes af indeklimatemærkningsordningen.

Rangordning og forslag til klassifikation

En rangordning og/eller klassifikation af de byggevaregrupper, der indgår i indeklimatemærkningsordningen, udføres på basis af den indeklimate relevante tidsværdi. Dette kan gøres, selvom der endnu eksisterer en række uafklarede forhold, herunder mangelfulde sundhedsmæssige data, usikre modelberegninger p.g.a. uafsluttede processer, synergistiske effekter og manglende viden om fx materialehomogenitet.

Det vil være hensigtsmæssigt over for brugerne at anvende et enkelt og let forståeligt system, der gælder for alle byggevaregrupper. Det gælder endvidere om, at dette system er baseret på pålidelig og dermed på fagligt velfunderet viden, således at det ikke skal ændres på kortere sigt. Det vil derfor ikke være forsvarligt på det nuværende grundlag at fastlægge kriterier for, hvorledes rangordningen eller klassifikationen skal meddeles brugerne. Det kan fx være et system med fire grupper, hvor gruppe 1 indeholder de materialer, hvor afgangningen er under de sundhedsmæssige tærskler og sensoriske acceptkriterier inden 1 måned, i gruppe 2 er det de materialer, hvor afgangningen er under de sundhedsmæssige tærskler og de sensoriske acceptkriterier inden 3 måneder, gruppe 3 svarer tilsvarende til 6 måneder, og gruppe 4 svarer tilsvarende til 12 måneder.

Der kan også anvendes en skala på 12, hvor hvert tal svarer til en måned.

Det foreslås at afgøre, hvilket system den indeklimate relevante tidsværdi skal angives efter, inden indeklimatemærkningsordningen træder i kraft den 1. januar 1994.

Faglige og tekniske krav

Gennemførelse af en mærkningsordning vil, ud over et velfungerende laboratorium til kemisk og sensorisk analyse af VOC'er i lavkoncentrationsområdet, Viden og erfaring om klimakammerteknik og afgangsmålinger, kræve et indgående kendskab til materialer, modelberegning, sundhedsmæssig indsigt, foruden et generelt kendskab til indeklimatiske faktorer og deres betydning for luftkvaliteten og de sundhedsmæssige konsekvenser heraf. Derfor bør en sådan mærkning for en given byggevare først kunne træde i kraft, når det tekniske grundlag herfor er klar.

Bilag 1: Eksempel på prøvningsrapport

Rekvirent AA

Bestemmelse af "den indeklimarelevante tidsværdi" baseret på kemisk og sensorisk analyse fra maling A

Resume:

Bestemmelsen er foretaget efter de forskrifter, der er gældende for indeklimamærkningsordningen for malevarer. Bestemmelsen omfatter kemisk og sensorisk analyse af afgangningen fra maling A i klimakamre. På basis af den kemiske analyse er der udført koncentrationsberegninger, samt sammenholdt resultaterne heraf med de indeklimarelevante tærskelværdier for lugt og irritation, der gælder for indeklimamærkningsordningen.

Resultater:

Fundne flygtige organiske forbindelser (VOC): 1,2 propandiol, nonanal, decanal, 2-(2-butoxyethoxy) Ethanol, 2,2,4-trimethyl-1,3 propandiol, Texanol, TXIB og Phthalat. Bortset fra Texanol ligger alle de fundne forbindelser efter 24 timer under de angivne indeklimarelevante værdier. Koncentrationen af Texanol er under tærskelværdien efter 0,4 måneder. Efter 8 dage ligger den sensoriske acceptværdi over 0,2. Den indeklimarelevante tidsværdi er 0,4 måneder.
NB! Der er ikke udført måling for formaldehyd.

Prøvningslaboratorium: Navn
Adresse
Telf.nr.
Fax nr.
Certifikationsnr.

Byggevarer: Producent: AA
Produktnavn: A
Farve, mønster: Hvid
Batch nr., produktnr.: BB
Betegnelse:
Andet:
Anvendelsesområde:

Malingen er den x.x.93 udtaget på producentens varelager. Fremstillingsdato xx.xx.92. Malingen er emballeret i en 1/2 liter plastdåse (originalembalage). Temperaturen i producentens varelager er angivet til at ligge mellem 15 °C - 25 °C.

Konditionering: Malingen i originalemballagen blev indtil fremstilling af prøveemner opbevaret i et lokale ved stuetemperatur.

Prøveemner: Den xx.xx.93 blev der i den sensoriske analyse fremstillet 20 stk. prøveemner. Malingen blev påført med spalteapplikator (200 µm) på forfinede stålplader med målene 200 × 600 mm. Til den kemiske analyse blev der på samme måde fremstillet 3 stk. prøveemner med målene 200 × 600 mm.

Konditionering af prøveemner: Efter tørring i en time ved stuetemperatur blev prøveemnerne anbragt i klimakamre (CLIMPAQ). Prøveemnerne til de kemiske analyser blev konditioneret i 23 timer ved følgende betingelser:

Temperatur: 22 ± 1,5 °C.
Luftfugtighed: 30 ± 5 pct. RF.
Lufthastighed: 0,15 m/s.
Luftskifte: 1h⁻¹.

Prøveemnerne til den sensoriske analyse blev konditioneret ved følgende betingelser:

Temperatur: 23 ± 1,5 °C
Luftfugtighed: 50 ± 5 pct. RF
Lufthastighed: 0,15 ± 0,05 m/s
Luftskifte: 60,8 h⁻¹

Klimakammerbetingelser: *Kemisk analyse:*
Klimakammer: FLEC
Temperatur: 22 ± 1,5 °C

Luftfugtighed: 50 ± 1,5 pct. RH
Luftskifte: 300 ± 3 ml/min = 507h⁻¹
Baggrund: ≤ 0,4 µg/m³ for de aktuelle stoffer

Sensorisk analyse:
Klimakammer: CLIMPAQ
Temperatur: 23 ± 1,5 °C
Luftfugtighed: 50 ± 5 pct. RH
Lufthastighed: 0,15 ± 0,05 m/s
Luftskifte: 60,8 h⁻¹

Prøvning:

Kemisk analyse
Tidspunkter for opsamling af luftprøver fra FLEC, som blev anbragt på prøveemnet til tiden 0,0 time: 1, 2, 4, 6, 24, 48, 96, 144 timer, 8, 10, 30, 60, 90, 120 dage. Midtpunktet mellem start og sluttidspunkt af målingen er anvendt som måletidspunkt. Opsamlingsmedium: Tenax TA rør 200 mg, 60-80 mesh.
Volumenhastighed: 40,0 ml/min.
Opsamlingstid: 45 min.
De eksponerede prøverør blev opbevaret ved -20 °C indtil analyse. Der blev opsamlet dobbeltprøver. Alle prøver blev analyseret inden for 1 uge.

Kvalitativ analyse
På prøver, udtaget til tiden 24 timer, blev der udført kvalitativ bestemmelse af de afgivne VOC'er. Prøverøret blev analyseret ved termisk desorption (Perkin-Elmer ATD 50), koblet til en gaschromatograf (HP 5890 SER.II) og kombineret med massespektrometri (KRATOS Profile HV3). MS identifikationen af de enkelte VOC'er blev sammenholdt med deres retentionstid.

Kvantitativ analyse
Prøverne blev analyseret på ATD 400 Perkin Elmer termisk desorber og analyseret på HP 5890 gaschromatograf med FID detektor og integreret ved brug af Perkin Elmer Turbochrom-program. Betingelser var for ATD 400 og ATD 50: desorptionstid/temp. = 20 min/250 °C, temperatur for box og transfer line = 150 °C, cool trap/flash temp. = +30 °C/300 °C. Gaschromatograf temperaturprogram: 20 °C → 220 °C for 13 min. ved en stigning på 4 °C/min. Der anvendtes en 50 m halvpolarer SIL 19 CB kolonne (i.d. = 0,32 mm, film = 0,2 µm) (Chrompack). Hvert tredje rør var intern kontrol med en afvejet decan-standard. Alle bestemmelser er baseret på 4-punktskalibrering af de enkelte VOC'er og sammenholdt med den interne kontrol. Kalibreringen udførtes ved injektion af methanol opløsninger (5 µl) med afvejede mængder i området

0,1-4 µg VOC per injektion. Korrelationen for kalibreringen var $r^2 > 0,98$ for de fleste enkeltstoffer. Der anvendes stoffer af høj renhed, fx FLUKA puriss, til kalibreringen.

De fundne koncentrationsdata blev inddateret i regneark og overført til programmet STATGRAPHICS, og koncentration af de målte VOC'er blev afbildet i forhold til tiden. Til modellering blev anvendt en første ordens model uden sinkeffekt.

Sensorisk analyse

Der blev gennemført sensoriske afprøvninger til følgende tidspunkter:

2, 6, 13, 20, 29, 37 dage efter prøveemneres indsættelse i CLIMPAQ. Der blev udført nulforsøg på tom CLIMPAQ til tiden 0.

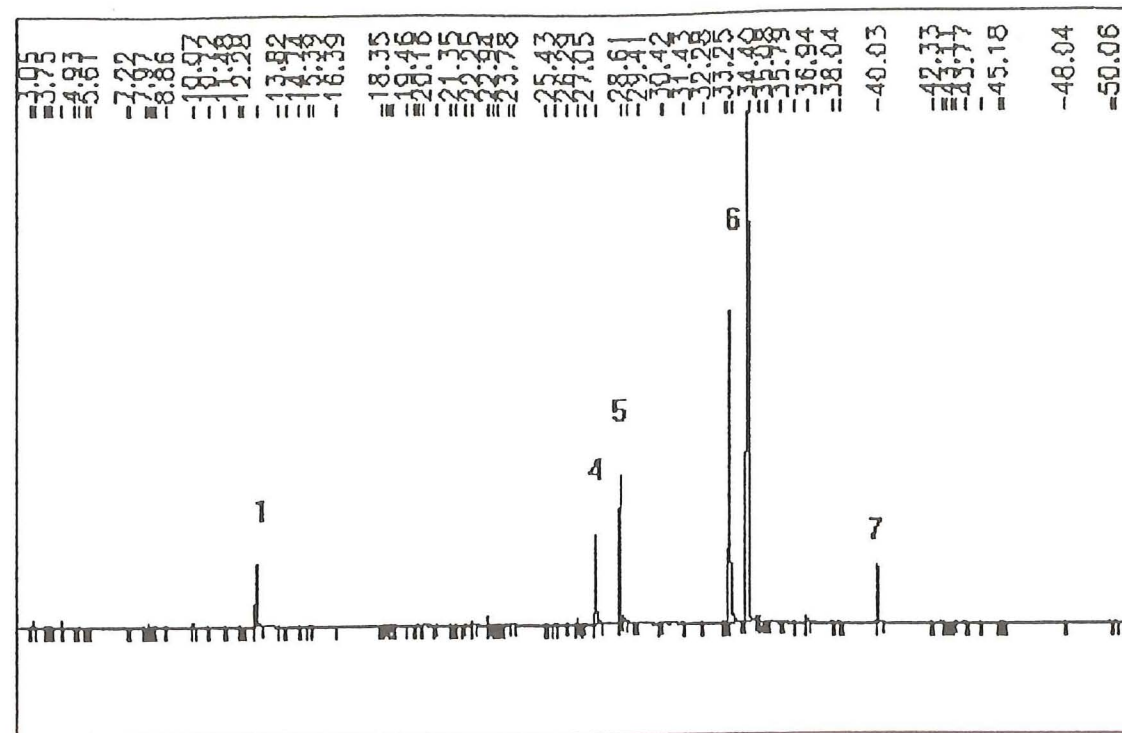
Til den sensoriske afprøvning blev anvendt et panel bestående af mindst 20 personer. Personerne, der indgik i panelet, var træned, men de blev inden hver afprøvning instrueret i, hvordan afprøvningen skulle foregå. Luften i CLIMPAQ A blev bedømt af hver enkelt person i panelet ved at lugte til en tragt, der var monteret på udeluftventilen.

Resultater:

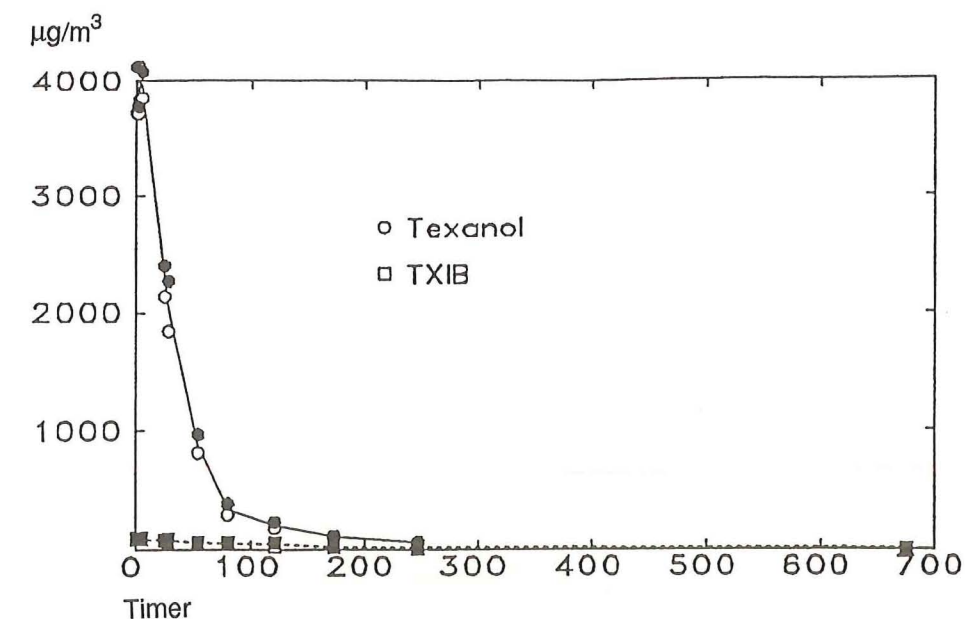
Resultatet af den kvalitative analyse fremgår af figur 1 og tabel 1. Resultatet af den kvantitative analyse fremgår af figur 2, 3 og 4, der viser afgasningsprofilen for de VOC'er, der er udvalgt under hensyntagen til tærskelværdierne.

I tabel 2 er angivet afgasningskonstanterne for maling A. Desuden er den indeklimatelevante tidsværdi angivet. Denne værdi er fundet ved visuel inspektion af figur 2, 3 og 4 i henhold til de for indeklimatelevante fastlagte kriterier.

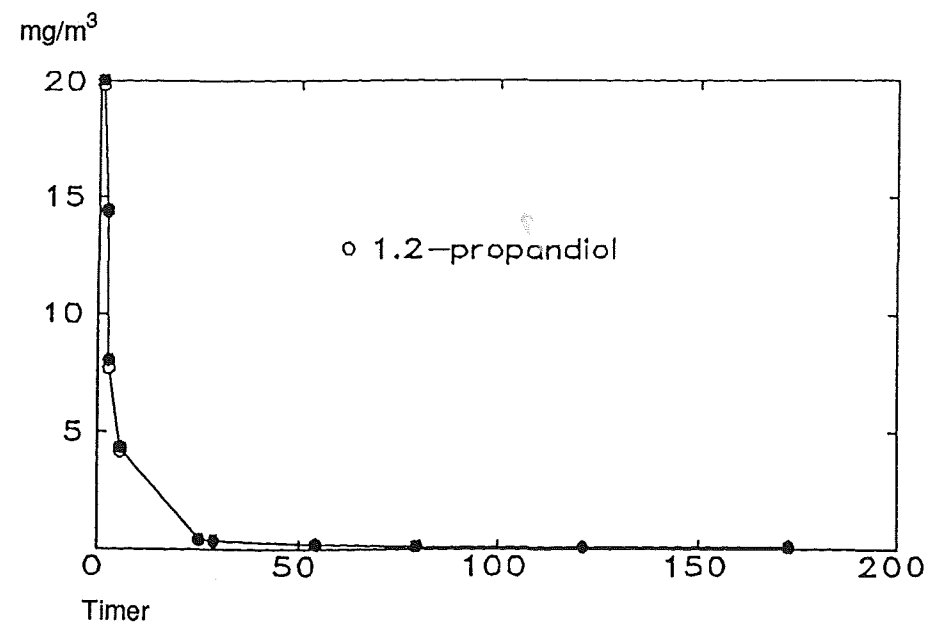
Resultaterne af den sensoriske prøvning fremgår af figurerne 5 og 6.



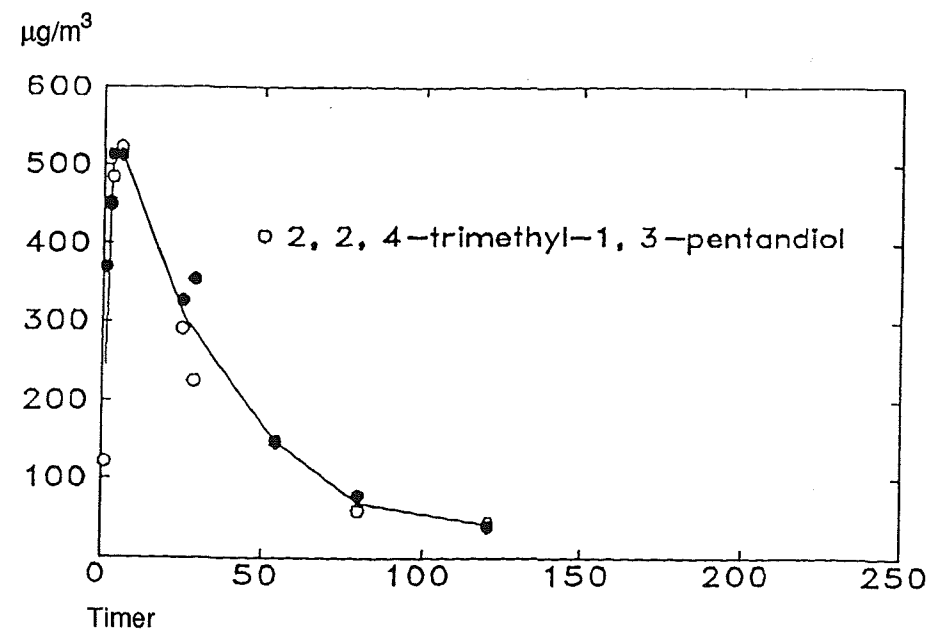
Figur 1. Maling A. Resultat af gaschromatografisk analyse af FLEC-afgasningsmåling, udtaget 24 timer efter påsætning af FLEC på prøveemnet.



Figur 2. Afgasningen af Texanol og TXIB fra maling A som funktion af tiden.



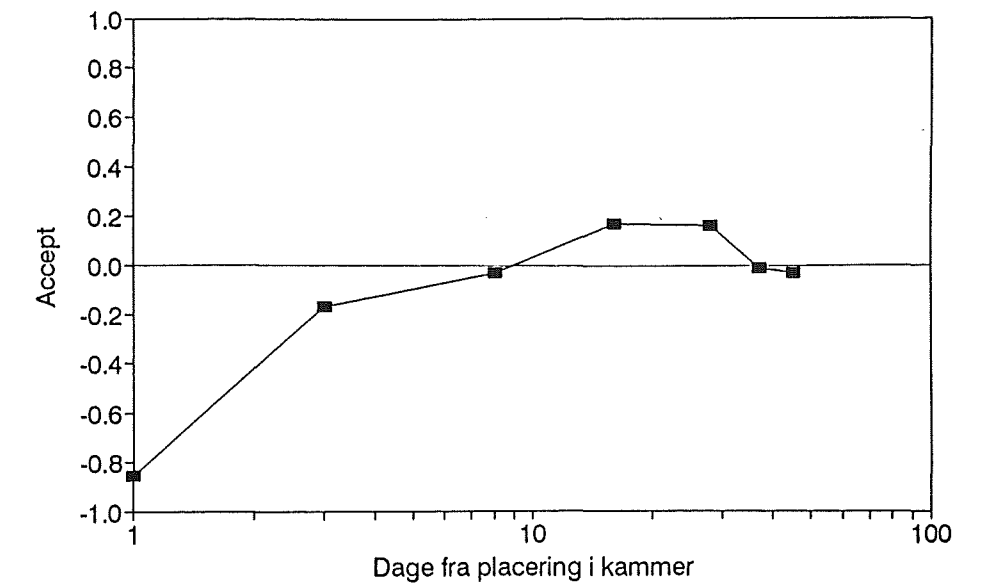
Figur 3. Afgasningen af 1,2-propandiol fra maling A som funktion af tiden.



Figur 4. Afgasningen af 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiol fra maling A som funktion af tiden.

SENSORISK BEDØMMELSE

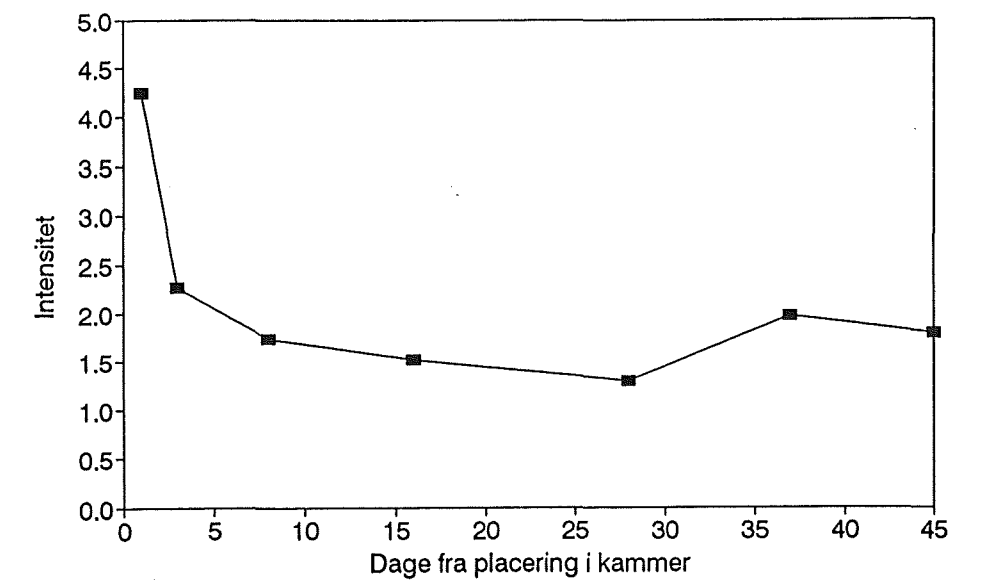
Maling - accept



Figur 5. Maling A. Resultat af den sensoriske bedømmelse, acceptabilitet.

SENSORISK BEDØMMELSE

Maling - intensitet



Figur 6. Maling A. Resultat af den sensoriske bedømmelse, intensitet.

Tabel 1. Identificerede VOC'er er afgivet fra maling A 24 timer efter start af prøvning. I tabellen er endvidere anført de identificerede VOC'ers tærskelværdier.

Nr.	Maling A VOC	Tærskelværdier $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Lugttærskel	Slimhinde- irritation - 40
1.	1,2-propandiol *		
2.	nonanal	13	
3.	decanal	5,9	
4.	2-(2-butoxyethoxy)ethanol *	680	
5.	2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiol *		
6.	Texanol ¹ *	910	
7.	TXiB ² *	1190	
8.	phthalat		75

* = Dominerende VOC efter 24 timer 1) 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiol isobutyrat (2 isomere).
2) 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiol diisobutyrat.

Tabel 2. Emissionskonstanter og den indeklimarelevante tidsværdi $t(C_m)$ for maling A.

Maling A $\text{FLEC}_n = 507 \text{ h}^{-1}$	$C_{\text{lugt/akcept}}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$C_{m,\text{FLEC}}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	k_1 h^{-1}	R_0 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{h})$	Corr. r^2	$t(C_m)$ mdr.
1,2-propandiol						
Texanol	455	162				$\approx 0,4$
TXiB	595	212				0

Bilag 2: Eksempel på information

TIL FORBRUGEREN

Byggevarere type:

Maling til
indvendige vægge

Produktnavn:

A

Producent/leverandør:

AA

Indeklimarelevant tidsværdi: 0,4 måneder.

Anvendelsesområde:

Maling A kan anvendes i boliger og kontorer på indervægge, hvor der forekommer direkte påvirkning med vand og fysisk slitage.

Rengøring:

Rengøring af den færdigt påførte maling kan foretages ved støvsugning, aftørring med tør og fugtig klud. Brugsoplysning af universalrengøringsmiddel kan anvendes. Tåler ikke stærke, sure eller alkaliske rengøringsmidler.

Vedligehold:

Ingen specielle krav.

Mærkningen omfatter kun malingens egen afgasning. Selvom malingen er indeklimamærket, kan der i en periode efter dens anvendelse godt finde afgasninger sted. Der bør derfor i den første periode træffes foranstaltninger, der nedbringer koncentrationen af forureninger i indeklimaet, fx øget ventilation.

Man bør være opmærksom på, om anvendelsen af den pågældende maling medfører brug af andre materialer, fx grunder eller spartelmasse, som i sig selv også vil afgasse kemiske stoffer. Dette forhold bør indgå i den samlede vurdering.

Mærket kan kun anses for gældende, når malingen anvendes inden for det fastlagte anvendelsesområde, og når den ikke udsættes for ekstreme påvirkninger, eller påvirkninger der ikke kan anses for almindeligt forekommende ved tilsigtet anvendelse.

Det er ikke alene i drifts/brugsfasen at malingen kan blive udsat for påvirkninger, der kan ændre afgangningen. Det kan også ske under transport, opbevaring på byggeplads, under og efter montering på byggeplads, at malingen blive udsat for påvirkninger, der kan ændre afgangningsbilledet radikalt i lang tid efter, at påvirkningerne er ophørt.

Man skal være opmærksom på kraftige, langvarige og gentagne påvirkninger.

Det er især fugt, vand, høje og lave temperaturer, som malingen skal beskyttes mod.

Litteratur

Andersen Nexø, B. og Nielsen, G. D. (1993). "Toksikologisk vurdering af indeklimaforureninger. Typiske forureninger fra jordforurening", Bygge- og Boligstyrelsen. København.

Black, M., Pearson, W., Brown, J. and Sadie, S. (1993). "Material selection for controlling IAQ in new construction". *Indoor Air '93*, vol. 2, 611.

Cinalli, C. A., Johnston, P. K., Koontz, M. D., Girman, J. R. and Kennedy, P. W. (1993). "Ranking consumer/commercial products and materials based on their potential construction to indoor air pollution". *Indoor Air '93*, vol. 2, 425.

Dansk Standard (1993). "Anvisning for bestemmelse og vurdering af afgangning fra byggevarer", Dansk Standard, Hellerup, til høring.

Devos, M., Patte, F., Rouault, J., Laffort, P. og van Gemert, L. J. (1990). *Standardized Human Olfactory Thresholds*, IRL Press at Oxford University Press, Oxford.

Gunnarsen, L., Nielsen P. A. og Wolkoff, P. (1993). "Design and characterization of the CLIMPAQ, Chamber for Laboratory Investigations of Materials, Pollution and Air Quality", *Indoor Air '93*, submitted.

NT Build 347: Ceiling Boards, mineral fibres: Emission 1989. Nordtest, Espoo.

NT Build 358: Building Materials: Emission of gases and vapours, 1990. Nordtest, Espoo.

Schaper, M. (1993). "Development of a database for sensory irritants and its use in establishing occupational exposure limits", *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, in press.

Skov P., Valbjørn O., DISG (1987). The "sick" building syndrome in the office environment: The Danish Town Hall study. *Envir. Int.*, Vol. 13, p. 339.

Wolkoff, P., Clausen, P. A. og Nielsen, P. A. (1993a). "Application of Field and Laboratory Emission Cell "FLEC" - Recovery Study, Case Study of Damaged Lineolium, and Liquid vax", *Journal of Chromatographic Science*, submitted.

Wolkoff, P., Clausen, P. A., Nielsen P. A. og Gunnarsen, L. (1993b). "Documentation of Field and Laboratory Emission Cell "FLEC" -

Identification of Emission Processes from Carpet, Lineoleum, Paint, and Sealant by Modelling", Indoor Air, accepted.

Wolkoff, P. og Kjærgaard, S. K., (1992). Indeklimasyndromet i kontormiljøet - State of the art-oversigt, Bygge- og Boligstyrelsen, København, 43 pp.

Wolkoff, P., Clausen, P. A., Nielsen, P. A., Gustafsson, H., Jonsson, B. og Rasmussen, E. (1991). "Field and Laboratory Emission Cell: FLEC", ASHRAE, Healthy Buildings '91, 160-165.

I denne rapport beskrives på prototypeniveau en frivillig indeklimateknologisk ordning for byggevarer. Ordningen er baseret på bestemmelse af byggevarernes afgasningsprofil, fastlagt ud fra laboratoriemålinger. Ved modelberegning bestemmes dernæst koncentrationsprofilen i et standardrum, og der udføres en sundhedsmæssig vurdering af afgasningen. Derpå bestemmes den indeklimatelevante tidsværdi, der er et mål for hvor lang tid, en given byggevare kan forventes at give indeklimateknologiske problemer. Når den indeklimatelevante tidsværdi opfylder fastlagte krav, kan byggevaren få tildelt indeklimateknologisk mærket. Målet med indeklimateknologisk ordningen er bl.a. at medvirke til, at luftkvaliteten i bygninger forbedres, og at producenter af byggevarer støttes i udviklingen af mere indeklimateknologiske produkter.