BYGGFORSK
Norges byggforskningsinstitutt

Norsk Betongforening

Peter Blom, Harald Justnes og Finn Levy

Betong i bygninger – konsekvenser for inneklima

Forprosjekt

93 Prosjektrapport 1996

BYGGFORSK
Norges byggforskningsinstitutt

Peter Blom, Harald Justnes og Finn Levy

Betong i bygninger – konsekvenser for inneklima

Forposjekt

Prosjektrapport 193 – 1996

Prosjektrapport 193
Peter Blom, Harald Justnes og Finn Levy
Betong i bygninger – konsekvenser for inneklima
Forprosjekt

Emneord: inneklima – betong

ISSN 0801–6461
ISBN 82–536–0506–4
200 eks. trykt av
S.E. Thoresen as
Cyclus resirkulert papir
Omslag 200 g, innmat 100 g

© Norges byggforskningsinstitutt 1996

Adr.: Forskningsveien 3B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 22 96 55 00
Fax: 22 69 94 38 og 22 96 55 42

Innhold

Forord 4
Sammendrag 5
Innledning 7
1. Fukt i gulvkonstruksjoner med betong 8
1.1 Heft- og luktproblemer under gulvbelegg 8
1.2 Betong 9
1.2.1 Materialegenskaper 9
1.2.2 Krav til fuktinnhold 9
1.2.3 Måling av relativ fuktighet i betong 11
1.3 Sparkelmasser 13
1.4 Lim for gulvbelegg 14
1.4.1 Kartlegging av produkter 14
1.4.2 Nedbryting av lim 15
1.5 Gulvbelegg 18
1.5.1 Kartlegging av produkter 18
1.5.2 Nedbrytning av halv-harde belegg 19
1.6 Mulige praktiske løsninger 21
2. Er tilsetningsstoffer i betongprodukter helseskadelige? 22
2.1 Bruk av tilsetningsstoffer i byggebransjen 22
2.2 Toksikologiske vurderinger 22
2.3 Tilsetningsstoffer og det ytre miljø 23
3. Overflatebehandling av betong 24
3.1 Støvbinding og renhold 24
3.2 Vannglassbehandling 25
3.2.1 Generelt 25
3.2.2 Nytten av vannglassbehandling 26
3.3 Herdemembraner og formoljer 27
4. Medisinske vurderinger 28
5. Konklusjoner 30
6. Litteratur 31

Forord

Målsettingen med forprosjektet har vært å avklare om bruken av betong i ulike sammenhenger i bygninger har noen negative effekter for inneklima og helse. Arbeidet har bestått i markeds-undersøkelser, gjennomgang av aktuell litteratur og teoretisk analyse om fukt i betong, nedbryting av lim og gulvbelegg i gulvkonstruksjoner med betong og overflatebehandling av betong.

De senere årene er det registrert en økning i antall allergitilfeller i befolkningen. Luftforurensninger i innemiljøet kan være en av årsakene til denne økningen. I tillegg er det svært mange arbeidsplasser hvor de ansatte oppgir å ha helseplager som forbindes med et dårlig inneklima. Dette betyr at alle bygningsmaterialer bør undersøkes med tanke på negativ innflytelse i innemiljøet. Dette gjelder også et materiale som betong.

Forprosjektet blir fulgt opp av et hovedprosjekt som avsluttes i 1997. Forprosjektet er gjennomført i løpet av 1995, og er finansiert av:

- Norges forskningsråd, NFR, under programmet Medisin og helse/Inneklima og helse
- Norcem a/s
- Norsk Betongforening

Forprosjektet har hatt en referansegruppe med Hanne Rønneberg, Norsk Betongforening som leder. Leder for prosjektet er Peter Blom, Byggforsk. Øvrige prosjektdeltakere er Kaya Grjotheim, Harald Justnes, SINTEF Konstruksjoner og betong og Finn Levy, Ullevål sykehus. Rapporten er i første rekke rettet mot fagpersoner innen byggebransjen. Deler av rapporten krever kjemisk kompetanse.

Sammendrag

Innledning
Målsettingen med forprosjektet har vært å avklare om bruken av betong i ulike sammenhenger i bygninger har noen negative effekter for inneklima og helse. Arbeidet har bestått i markedsundersøkelser, gjennomgang av aktuell litteratur og teoretisk analyse. Prosjektet er finansiert av Norges forskningsråd v/programmet Medisin og Helse, Norcem a/s og Norsk Betongforening.

Rapporter om lukt- og helseplager
Alt for ofte legges tette gulvbelegg på et underlag som er for fuktig. Fuktigheten kan dels skyldes at beleggene legges før betongkonstruksjonen har fått tørke ut, dels at betongoverflaten får tilført fuktighet undenfra. Alkalisk fuktighet fra betong kan føre til at limsjiktet brytes ned, med re-emulgering, redusert heft og luktproblemer som resultat. Luktproblemene kan skyldes at det avgis høyere alkoholer som 2-etyl heksanol og butanol, i første rekke fra limet. Det finnes eksempler på helseplager på grunn av nedbrytingsprosessen, flere undersøkelser rapporterer om mindre plager etter rehabilitering av gulvkonstruksjoner som er skadet av fuktighet.

Fuktnivået i betong må kontrolleres
Betong er et porøst materiale, med kapillære porer som delvis er fylt av vann. Vannet er alkalisk, med en pH opp til 13,5. Normalt kreves det at den relative fuktigheten i øvre deler av betongen er sunket til under 90 % RF før det kan limes tette belegg på overflaten. Det er viktig at det gjennomføres pålitelige målinger av relativ fuktighet før det legges belegg.

Lim basert på polyakrylater avgir flyktige alkoholer
Opplysninger fra produsenter tyder på at 80 % av gulvlimet på markedet er basert på en akryldispersjon, mens de resterende 20 % består av lim basert på terpolymerer av vinylacetat, -vinylklorid, etylen og akryl. Under påvirkning av oppløste hydroksider fra betongen, kan lim basert på polyakrylater re-emulgere og avgi flyktige alkoholer. Andre limtyper basert på polyvinylacetat eller PVC vil også re-emulgeres, men det skjer ingen vesentlig avgivelse av flyktige alkoholer. En måte å omgå reaksjoner i limet på, er å anvende stabile polymere. F. eks. vil kopolymere av styren-butadien ikke hydrolysere under påvirkning av alkalier. En annen måte er å anvende fyllstoff/tungtløselige salter som kan fange opp hydroksidioner når de måtte trenge inn i limet.
Generelt kan man si at latekslim som ikke inneholder akrylater er å foretrekke med tanke på innemiljøet.

Gode rutiner for planlegging og legging av tette belegg på betong er viktig
For å unngå fuktrelaterte problemer i gulvkonstruksjoner er det viktig at bransjen bygger inn god fuktsikring i konstruksjonene, og at det benyttes planleggings- og kvalitetssikringsrutiner som sikrer tilstrekkelige tørketider under byggeprosessen. Eksempler på spesielle tiltak for å bedre sikkerheten mot skader kan være å utarbeide spesifikke krav til maksimal relativ fuktighet for spesielle konstruksjoner, bruke høyere betongkvalitet, bruke sparkelmasser med lavere alkalitet eller bruke alkalibestandige lim- og beleggtyper. Nytten og nødvendigheten av slike tiltak skal vurderes nærmere i hovedprosjektet.

Avgassing av skadelige stoffer fra tilsetningsstoffer ikke dokumentert
De viktigste tilsetningsstoffene i betong er plastiserende/superplastiserende stoffer (P-/ SP-stoffer). Disse stoffene skal gi betongen bedre flytegenskaper under utstøping. Anbefalt maksimalgrense i betong er 2,0 % (40 % vannløsning) av sementvekten (tørrstoff). Høyere dosering ødelegger støpeegenskapene. Eksempel på P-stoff er lignosulfonater, som er et bi-produkt ved celluloseproduksjon. All betong som produseres i dag inneholder lignosulfonat som er et billig plastiserende stoff. Stoffet er ikke mutagent, og ved dyreforsøk er det ikke funnet å virke irriterende hud eller slimhinner. Ulike typer SP-stoffer brukes om nødvendig som et supplement til P-stoffer. Syntetisk framstilte SP-stoffer kan framkalle lette hud- og slimhinneirritasjoner når disse blir påført vannløsninger med høy konsentrasjon (40 %). Det konkluderes med at P- og SP-stoffer har lav giftighet ved håndtering. Målinger av avgitt formaldehyd og ammoniakk fra betong med SP-stoffer viser lave verdier. Avgassingen fra betonger med ulike typer tilsetningsstoffer bør likevel måles i klimakamre, både med hensyn på kjemisk emisjon og lukt.

Partikler fra betongoverflater ikke dokumentert
Det er ikke funnet undersøkelser som dokumenterer at betongoverflater avgir støv til innemiljøet. I en norsk undersøkelse ble det ikke funnet noen signifikant økning av partikkelmengden etter at ventilasjonsluft hadde passert kanaler i hulldekke-elementer av betong. Det er lite sannsynlig at overflater av ubehandlet betong av god kvalitet representerer noen støvkilde. Dette bør likevel bekreftes ved målinger på ulike typer overflater. Støvbinding med maling e.l. kan være uheldig, i og med at uttørkingen av betongdekket forsinkes. Nødvendigheten av en behandling av innvendige betongoverflater for å lette rengjøring må vurderes i hvert enkelt tilfelle, avhengig av struktur på den ferdige betongoverflate, arkitektonisk uttrykk, plassering i bygningen m.m.

Vannglassbehandling må dokumenteres bedre
Behandling av betong med vannglass fører til at overflaten blir sterkere og tettere mot vann- og vanndampgjennomgang, fordi porestrukturen i betongen blir finere. I følge leverandører fører behandlingen også til en markert senkning av både relativ fuktighet og alkalitet i betongens overflate. Men en teoretisk betraktning av vannglassbehandling tyder tvert i mot på at alkaliteten i betongoverflaten skal øke, selv om karbonatisering vil kunne senke alkaliteten etter hvert. Man må også være oppmerksom på at vannglassbehandlingen ikke stopper kapillær transport av vann. Dersom et gulv på grunnen utsettes for fukt undenfra over lang tid, vil vann etterhvert bli sugd opp gjennom sjiktet med vannglass. Effekten av vannglassbehandling på betongoverflater bør undersøkes nærmere ved målinger.

Medisinske vurderinger
For de fleste av de ovenfor angitte risikofaktorer for inneklimaproblemer forbundet med bruk av betong, (som regel med tilsetningsstoffer), gjelder det at rapporteringen av helseproblemer stort sett er anekdotiske (dvs. pasienter, enkeltrapporteringer eller opphopning av tilfeller i en bygning eller boligområde) og mangler tung vitenskapelig dokumentasjon om mekanisme og årsakssammenheng. Det totale omfang av problemer av denne art i Norge er heller ikke kjent. De rapporter og enkelttilfelle som er kjent, tilsier imidlertid at det her kan foreligge et viktig potensielt helseproblem med usedvanlig gode muligheter for å kunne forebygges. Dette bør avklares ved nærmere systematisk utredning på vitenskapelig basis, men det synes uansett rimelig allerede nå å iverksette enkle og billige tiltak som reduserer risikoen for at problemet blir større.

Innledning

I den senere tid har bruk av betong i innemiljøet vært satt i sammenheng med lukt og helseplager i bygninger. Det har vært fokusert på tre forskjellige problemstillinger:

- ubehagelig lukt og irriterende stoffer fra gulvkonstruksjoner med et tett gulvbelegg over fuktig betong
- avgassing fra tilsetningsstoffer i betongen
- avgivelse av irriterende partikler fra ubehandlede betongoverflater.

Lukt og irriterende stoffer fra gulvkonstruksjoner henger for en stor del sammen med fuktskader.
Tidspress i byggeprosessen, mangelfull prosjektering og feil utførelse kan føre til at gulvbelegg legges før betongen er tørket tilstrekkelig, eller at gulv på grunn blir tilført fukt fra grunnen.

Blant annet for å redusere fuktbelastningen blir betong ofte tilsatt plastiserende eller superplastiserende tilsetningsstoffer (P- og SP-stoffer). Stoffene kan brukes slik at betongen får samme flyt med et lavere vanninnhold. SP-stoffer er imidlertid laget av potensielt irriterende forbindelser, uten at det fram til i dag er dokumentert noen helserisiko ved bruken av dem.

For å eliminere risikoen for partikler fra ubehandlet betong, er det etterhvert blitt vanlig å gi innvendige betongoverflater en eller annen støvbindende behandling. Fram til i dag foreligger det imidlertid ikke noen dokumentasjon for nødvendigheten av en slik behandling.

Rapporten tar ikke opp spørsmål som betongens bidrag til den radioaktiv strålingsdosen i innemiljøet. Dette bidraget er lite, spesielt i forhold til den strålingsbelastningen som skyldes radon fra byggegrunnen /1/.

1. Fukt i gulvkonstruksjoner med betong

1.1 Heft- og luktproblemer under gulvbelegg

Når det legges et halv-hardt, tett belegg på betong (linoleum, vinyl etc.), må det sikres at betongens fuktinnhold ikke er for høyt.

Halv-harde belegg som legges på en fuktig betong kan få buler og blærer, ofte som følge av at belegget sveller og limet mister heften. Man kan også se at belegg som er utsatt for fukt-påkjenninger "topper" seg i skjøter. Dette er spesielt aktuelt for linoleumsbelegg, som har relativt store fuktbevegelser. Linoleum kan også gå fullstendig i oppløsning dersom det utsettes for mye fukt.

Men en gulvkonstruksjon med vinyl eller linoleum som i det ytre fungerer perfekt, kan likevel ha fått fuktskader. Limet belegget legges i kan ha gått i oppløsning, slik at heften mellom belegg og underlag er borte. Åpner man et slikt gulv, kan man ofte oppleve en kraftig lukt. I ekstreme tilfeller, først og fremst i forbindelse med vinylfliser, kan lukten prege lokalet uten at belegget er åpnet. Fenomenet kan blant annet skyldes at lim og komponenter i belegg blir nedbrutt av alkalisk fuktighet fra betongen. Nedbrytingen fører til at limet mister heften, i tillegg til at det avgis høyere alkoholer som 2-etyl heksanol og butanol.

Det er dokumentert eksempler på lukt og helseplager i forbindelse med gulvkonstruksjoner, særlig med vinylbelegg på et underlag av betong (/2/, /3/). En undersøkelse, /4/, rapporterer at hud- og slimhinneirritasjoner ble redusert etter at et vinylbelegg ble fjernet og fuktinnholdet i en betongkonstruksjon redusert. I en annen undersøkelse, /5/, er klager på innemiljøet redusert etter at betongdekker med fuktproblemer ble behandlet med vannglass.

Tidligere har det i Sverige vært stor oppmerksomhet omkring nedbrytning av kasein-baserte avrettingsmasser for gulv. I den senere tid har 2-etyl heksanol fra gulvkonstruksjoner fått bred oppmerksomhet, og det er gjennomført mange målinger av stoffet i bomiljøer. Norbäck, /6/, angir et gjennomsnitt i bomiljøer på 2 $\mu g/m^3$. Spesielt i forbindelse med tepper med PVC bakside og vinylfliser som legges på betong kan det imidlertid måles høye konsentrasjoner av 2-etyl heksanol og andre alkoholer i innemiljøet. I en amerikansk undersøkelse /7/ i en problembygning med teppebelegg er det målt opp til 138 $\mu g/m^3$. Denne undersøkelsen konkluderer blant annet med at avgassingen av høyere alkoholer til innemiljøet er avhengig av type mykner i baksiden på teppet.

Rothweiler, /8/ rapporterer om sterke lukt- og hudplager etter at linoleum ble skiftet ut med vinylfliser i et soverom. Det ble målt høye konsentrasjoner av TVOC[1] og blant annet 2-etyl heksanol. Årsaken var en kombinasjon av vannbasert lim og betonggulv.

I følge helsemessige data /9/, er luktterskelen[2] for 2-etyl heksanol 746 $\mu g/m^3$. Dette kan indikere at de luktproblemene man har erfart ikke kan forklares ut fra 2-etyl heksanol alene. Emisjonen av 2-etyl heksanol ser ut til å øke med økende fuktighet.

---

[1] TVOC: Total Volatile Organic Compounds- Den totale konsentrasjonen av alle flyktige organiske forbindelser med kokepunkt innenfor området 50 - 250 °C

[2] Luktterskel er den konsentrasjonen av et luktende stoff som man kan vente at 50 % av et luktepanel vil registrere i en luktprøve (deteksjonsslukterskel)

1.2 Betong

1.2.1 Materialegenskaper

Betong er en blanding av sement, vann, tilsetningsstoffer og tilslag (steinmaterialer som pukk eller grus, sand og filler). Når betongen herder, reagerer sementen med vann (hydratiserer) og danner et hydraulisk bindemiddel bestående hovedsakelig av amorft kalsiumsilikathydrat (sk CSH-gél) og krystallinsk kalsiumhydroksid, $Ca(OH)_2$. Kalsiumhydroksid er tungtløselig og vil i likevekt med vann gi pH = 12,5. I tillegg inneholder sementen alkalier (opptil ca 1 % natrium- og kaliumoksider) slik at vannet i betongen kan ha pH opp til 13,5. Under hydratiseringen vil vannet bindes kjemisk (ca 0,25 deler pr del reagert sement) og fysikalsk (ca 0,15 deler pr del reagert sement). Den ferske betongen har imidlertid ofte et vann/sement-forhold (v/c) som er større enn det som teoretisk kan bindes (v/c = 0,40). Dessuten vil en sement aldri hydratisere fullstendig (dvs hydratasjonsgrad, $\alpha < 1$). Det ureagerte vannet vil danne vannfylte porer (sk kapillærporer) som delvis vil tømmes ved uttørking. Ettersom volumet av bindemidlet er mindre enn utgangspunktet sement og vann, vil det også dannes tomme kontraksjonsporer som utgjør ca 25 % av kjemisk bundet vann. Bindemiddelet i betong er altså både alkalisk og porøst av natur. Den høye porøsiteten, spesielt i sementen er illustrert i tabell 1, som viser porøsitet og kapillært bundet vann ved forskjellige betongkvaliteter.

Tabell 1
Kapillært bundet vann (før uttørking) og porøsitet for betong og sement for ulike betongkvaliteter
Beregningene er gjennomført for 300 kg portlandsement pr. m³ og hydratasjonsgrad 0,8.
Porøsitet i tilslagsmateriale og porøsitet på grunn av innført luft ved blanding/støping kommer i tillegg.

Betongtype	v/c	Kapillært vann (kg/m³)	Porøsitet betong (Vol-%)	Porøsitet sement (Vol-%)
Betong C45 MA	0,45	39	5,4	23,9
Betong C35 NA	0,60	84	9,9	36,5
Betong C25	0,75	129	14,4	45,6

1.2.2 Krav til fuktinnhold

Betong anbefales tørket til 90 % relativ fuktighet (RF) før det kan limes på et fleksibelt belegg. For en del typer belegg (gummi, vinyl med lite fyllstoff) skal den relative fuktigheten være < 85 % RF (se tabell 2). Kravet refererer til måling i en standardisert dybde av betongen, jf. pkt. 1.2.3. I Sverige /10/ diskuteres det for tiden en generell senkning av kravet fra 90 % til 85 %. Tanken er at 90 % RF ansees som et kritisk fuktnivå, og at det derfor bør legges inn en sikkerhetsmargin som tar høyde for dårlig kalibrerte instrumenter, etc.

Tabell 2
Krav til maksimal relativ fuktighet i forboret hull i betongdekke, for legging av belegg /28/

Underlag	Maks. relativ fuktighet (% RF)			
	Vinylbelegg	Linoleum	Kork	Gummi
Betong	85-90	< 90	< 85	< 85
Betong m/varmeanlegg	< 60	< 60	< 60	< 60

Ved støping av gulv er det vanlig å benytte en tradisjonell betong med v/c-tall 0,6 eller mer. Slike konstruksjoner tar lang tid å tørke ut, en senkning av kravet fra 90 til 85 % har derfor relativt store økonomiske konsekvenser. Tørketiden kan mer enn fordobles, jf. fig. 1. Betonger med lavere v/c-tall er gunstigere i så måte.

Utgangspunktet for kravet om en maksimal relativ fuktighet er at man vil redusere limsjiktets tilgang på oppløste hydroksider fra betongen. Hvilket fuktnivå som kan aksepteres ved ulike materialkombinasjoner må bestemmes empirisk, ved målinger i laboratorium og erfaring fra praksis. Desorpsjonskurver for betong (fig. 2) viser at uttørking fra 90 % til 85 %, i hvert fall for betonger med v/c over 0,6, tilsvarer mye fukt.

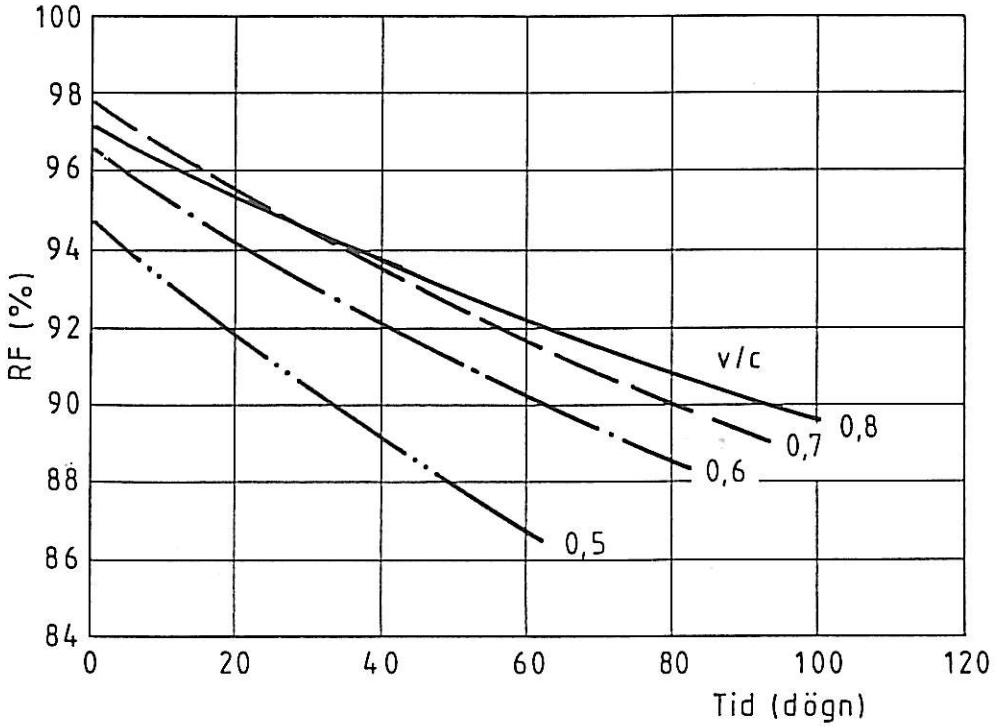


Fig. 1
Uttørkingstider for betonger med varierende v/c-tall /10/
Målingene refererer til laboratorieforsok, der uttorking er forhindret i herdningsperioden (28 dager)

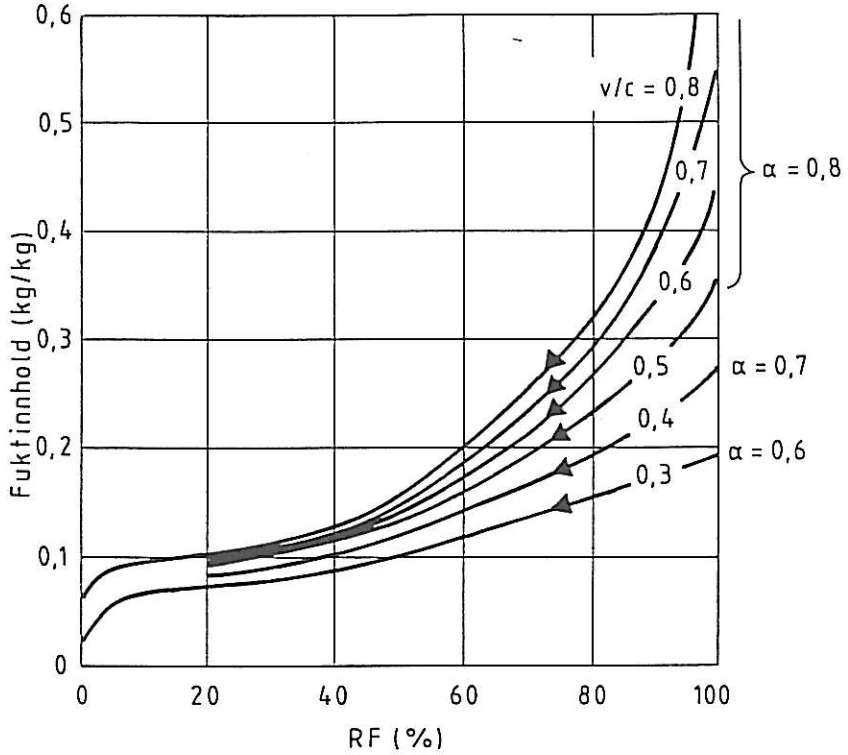


Fig. 2
Desorpsjonskurver for betong med ulik v/c-forhold /11/

I tillegg til at fuktnivået er tilfredsstillende før legging, må man sikre at det ikke kan skje noen vannansamling på et senere tidspunkt. Større vannansamlinger under belegg skyldes som regel transport av vann gjennom betongen fra motsatt side. Dette kan oppstå for gulvbetong på mark (sug av vann fra grunn) hvis det ikke er etablert forskriftsmessig drenerende/kapillærbrytende sjikt og fuktsperre.

Vannansamlinger under belegg kan også skje i etasjeskillere som er tak i et varmere/fuktigere rom enn der de fungerer som gulv. Dette skaper en temperaturgradient som driver fukten over til kald side. En uheldig framdrift i byggeprosessen skaper ofte slike forhold. Når man starter gulvleggingen i de øvre etasjer for så å arbeide seg nedover, kan man med bruk av "byggtørkere" i de etasjene leggingen foregår få en kraftig temperaturgradient. Dette kan føre til nedbryting/forsåpning av limet under belegget i etasjen over.

1.2.3 Måling av relativ fuktighet i betong

Før man legger et tett belegg på betong, må fuktinnholdet i betongen måles. Dette kan gjøres på flere måter. Man kan tørke og veie biter av betongen i laboratorium og dermed få fuktinnholdet uttrykt i masse (kg) pr. kg. tørt materiale. Denne metoden er lite anvendbar for vanlige feltmålinger. Tidligere var den såkalte kalsiumkarbid-metoden mye brukt, som også ga et mål for fuktinnholdet i kg. I dag anbefaler vi imidlertid at man i stedet måler relativ fuktighet, enten i reagensrør med betongbiter fra i ulike dybder i konstruksjonen, eller i et forboret hull i betongen. Den siste metoden er mest aktuell for vanlig, praktisk bruk. Utmeisling av betongbiter for måling i reagensrør gir imidlertid bedre muligheter for å vurdere fuktnivået i ulike dybder av en konstruksjon.

Relativ fuktighet i et hulrom som er i likevekt med luften i betongens porer gir et bedre mål for hvilken fuktmessig belastning lim og belegg utsettes for. Årsaken er først og fremst at målemetoden er material-uavhengig, mens fuktinnholdet oppgitt i vekt-% er svært avhengig av porøsitet og densitet.

Det finnes også enklere målemetoder. En del typer måleinstrumenter (blant annet di-elektrisitetsmålere) kan legges på overflaten og direkte gi et mål på fukttilstanden 2-3 cm nede i betongen. Slike målemetoder gir bare et grovt bilde av fukttilstanden, og er etter vår oppfatning helt uegnet til kontrollmåling av fuktinnhold før legging av tett belegg. Instrumentene kan imidlertid være nyttige for å lokalisere fuktige steder i en gulvkonstruksjon.

Prosedyren for måling av relativ fuktighet i forborede hull i gulvkonstruksjoner kan i grove trekk beskrives slik (mer utførlig beskrevet i /12/):

- Boring av hull i gjennom dekket. Hulldiameter tilpasses måleinstrumentet. Hullet forsegles.
- Etter en 5-7 dager, når luften i hulrommet har oppnådd fuktmessig likevekt med betongen, kan kalibrerte måleinstrumenter plasseres i hullet.
- Etter minst 15 timer (helst et døgn) kan den relative fuktigheten på instrumentet avleses.

I praksis syndes det mye mot disse retningslinjene. For det første overholdes ikke ventetidene. De fleste RF-givere har en beskyttelseshette som fører til at instrumentets tidskonstant er relativt lang. For det andre brukes det ukalibrerte instrumenter. Det er svært viktig at instrumentet er nykalibrert, i hvert fall for det aktuelle måleområdet (80-90 %).

Fig. 3 viser prinsippet for måling av relativ fuktighet i felt. I mellombjelkelag som kan tørke ut nedover brukes en måledybde lik d = 0,2 · dekketykkelsen. Dersom betongen bare har mulighet for å tørke en vei (f.eks. gulv på grunn/støp mot fastsittende stålformer) brukes måledybden d = 0,4 · dekketykkelsen. Måledybden beregnes slik (jf. fig. 3):

$$d = d_b - 0{,}5 \cdot d_f$$

der
d_b er boredyp
d_f er filterets høyde

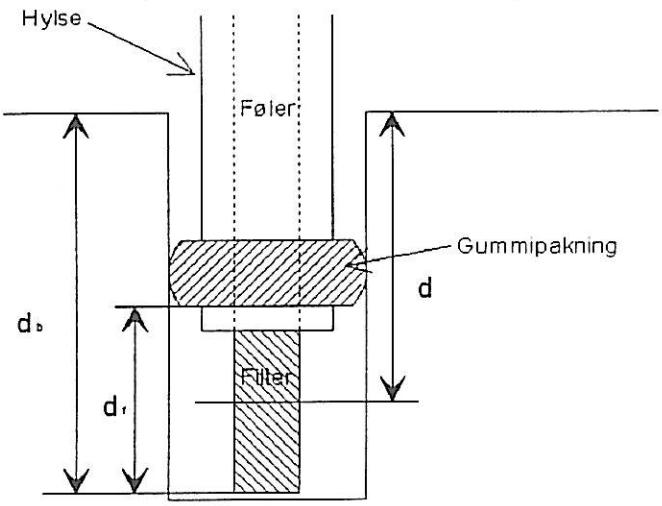


Fig. 3
Prinsipp for måling av relativ fuktighet i gulvkonstruksjoner i betong

1.3 Sparkelmasser

For å oppnå et jevnt underlag benytter man seg ofte av selvutjevnende masser i stedet for å slipe betongen. Disse massene er imidlertid ofte basert på portland sement, og skiller seg ikke nevneverdig kjemisk fra betongen, med det unntak at de kan inneholde større mengder av plastiserende stoffer enn vanlig betong (se kapittel 3). Noen ganger kan portlandsement byttes ut med aluminatsement eller masovnslagg. Bindemiddelet i aluminatsement, er som navnet antyder, basert på kalsiumaluminater isteden for -silikater og aluminiumhydroksid i stedet for kalsiumhydroksid. pH i bindemiddelet er derfor i teorien lavere enn for portlandsement, selv om forurensninger av alkalier også her vil gi høyere pH enn aluminiumhydroksid. En ulempe ved aluminatsement er at materialet ikke er stabilt, bindemidlet omvandles under påvirkning av høy temperatur og fukt, med fasthetstap som resultat. Merk for øvrig at produkter basert på masovnslagg kan avgi en sjenerende "råtten" lukt p.g.a meget små mengder H_2S.

Forsøk ved SP /13/ dokumenterer at nedbryting av limsjikt med tilhørende emisjoner ikke skjer når gulvbelegg limes på sparkelmasse av aluminatsement. De antar at nedsatt pH er årsaken.

En annen problemstilling knyttet til sparkelmasser er bruken av kasein. I Sverige ble det i årene 1977-1983 brukt selv-utjevnende sparkelmasser med proteintilsetninger (kasein). Man regner med at 10-15 millioner m^2 betonggulv er belagt med slik sparkel i dag. I ca. 5 % av disse bygningene har det oppstått problemer i form av misfargede parkettgulv, lukt og klager fra beboere og brukere /14/. En del undersøkelser har vist at kaseinholdig selvutjevnende sparkel som i lang tid utsettes for en relativ fuktighet over 75 % avgir ammoniakk /15/. Ammoniakk-avgangen kunne for det første føre til at belegg som eikeparkett ble misfarget. Dessuten kunne ammoniakken føre til økt alkalitet i underlaget for limte, tette belegg. Høy alkalitet gir større risiko for nedbrytning av limet.

Skadene har ført til at kaseinholdige sparkelmasser har blitt forbudt i Sverige. I Norge har det imidlertid ikke vært registrert skadetilfeller på samme måte. Årsaken er for det første at man i

langt større grad har benyttet fuktsperre i gulv på grunn, slik at vi ikke har hatt de samme fuktproblemene i gulvene. For det andre har det i Norge vært svært vanlig å bruke nålefilt-belegg i kjellergulv, som gir en relativt dampåpen konstruksjon. I Sverige har vinylbelegg vært mer vanlig.

I Norge er kaseinholdige sparkelmasser stadig i bruk i en viss utstrekning, fordi denne typen sparkelmasser har gode flyte-egenskaper. Men i gulvkonstruksjoner med tette belegg anbefaler leverandører at det bare brukes kasein-frie masser.

1.4 Lim for gulvbelegg

1.4.1 Kartlegging av produkter

Opplysninger fra produsenter tyder på at 80 % av gulvlimet på markedet er basert på en akryl-dispersjon, mens de resterende 20 % består av lim basert på terpolymerer av vinylacetat eller -klorid, etylen og akryl. Polyvinylacetat baserte lim har ikke lenger noen stor markedsandel ettersom det ikke egner seg til å lime PVC belegg med. Akrylat-baserte limtyper for gulv-belegg foretrekkes i dag, først og fremst på grunn av bedre arbeidsmiljø og gode leggetekniske egenskaper.

Ettersom betongen er svært alkalisk vil fuktproblemer føre til dannelse av hydroksider som igjen vil kunne reagere med polyvinylacetat, polyvinylklorid og polyakrylat (se punkt 1.4.2). Heftegenskapene påvirkes i alle tilfellene, men av de tre nevnte polymerene er det kun poly-akrylater som kan gi opphav til flyktige forbindelser. Både butanol og 2-etylheksanol er forbindelser som ofte kan påvises.

I tabell 3 er ulike limtyper med innholdsdeklarasjon beskrevet.

Tabell 3
Eksempler på limtyper, produsenter og produktdeklarasjon.

Produsent	Navn	Innholdsdeklarasjon
Henkel Norge AS	Perfax Gulvlim	styren-akrylat-kopolymer, kolofonium-harpiks
Henkel Norge AS	Thomsit K188 E, Spesial-lim for PVC- og CV-belegg	akrylat-kopolymer, kolofoniumharpiks
Henkel Norge AS	K 199 CV- Fiksering	vinylacetat-etylen-kopolymer, kanadabalsam-ester
Henkel Norge AS	Thomsit T 499 Teppe fiksering	vinylacetat-kopolymer, dietylenglykol
Henkel Norge AS	K 112 Ledende PVC lim	vinylacetat-etylen-kopolymer, kolofoniumharpiks
Henkel Norge	Thomsit R 710-komp.A polyuretan lim	risinusolje, soyapolyol
EVONOR	Proff gulvlim	akryldispersjon, dolomitt, di-n-butyl ftalat, harpiks, n- parafin
EVONOR	Evonor 2001	akryldispersjon, Ca/Mg-karbonat, di-n-butyl ftalat, harpiks, n-parafin
EVONOR	Evolin	plastdispersjon, harpiks, mykner, heptan, n-parafin, Ca-karbonat fyllstoff
EVONOR	Super Gulvlim	akryldispersjon, kritt, kvartsmel, di-n-butyl ftalat, harpiks, n- parafin
Bostik AS	Bostik gulv og vegglim	2-butoksi-(2-etoksi-etanol), akrylat terpolymer, Ca/Mg- karbonat
Bostik AS	Bostik Attack Gulv og vegglim	2(2-butoksi-etoksi-)etanol, acrylatcopolymer, kolofoniumharpiks, kolofoniumderivat, Ca/Mg-karbonat
Bostik AS	Bostik lim 45 for gummi-gulv	toluen, 2-butoksi-(2-etoksi-etanol), akrylat kopoly-mer, Ca/Mg- karbonat, kolofoniumharpiks

1.4.2 Nedbryting av lim

Lim for halv-harde belegg på betong består oftest av lateks (eg. myke polymerpartikler emul-gert i vann). En termoplastisk polymer er langkjedete makromolekyler med repeterende enheter svarende til de monomere de er fremstilt fra; vinylacetat, etylen, akrylater, vinylklorid, styren og/eller butadien. En polymer kalles kopolymer hvis den består av to monomerer og en terpolymer hvis den består av tre monomerer.

Hvis det samles fukt eller vann under belegget kan limet re-emulgeres og/eller reagere med de oppløste hydroksidene fra betongen. I begge tilfeller vil det føre til at polymerens heft-egenskaper forringes og det kan oppstå slipp med blæredannelse i belegget.

Reaksjonsforløpet mellom hydroksider og polyvinylacetat (PVAc), polyvinylklorid (PVC) og polyakrylat (PAE) er vist i hhv. likning 1, 2 og 3. Merk at hydroksidene forbrukes og ikke virker som katalysatorer som angitt av Gustafsson /2/.

PVAc PVA

$$-(CH_2CH)- + OH^- = -(CH_2CH)- + CH_3CH_2COO^- \quad (1)$$

$$\begin{array}{c} | \\ O \\ | \\ O{=}C{-}CH_2CH_3 \end{array} \qquad \begin{array}{c} | \\ OH \end{array}$$

Polyvinylacetat (PVAc) hydrolyserer i hht. likning 1 til polyvinylalkohol (PVA) og acetat-ioner. Det dannes altså ingen flyktige forbindelser som kan avgis til inneluften, men polymeren vil kunne miste sine heftegenskaper.

PVC PVA

$$-(CH_2CH)- + OH^- = -(CH_2CH)- + Cl^- \quad (2)$$

$$\begin{array}{c} | \\ Cl \end{array} \qquad \begin{array}{c} | \\ OH \end{array}$$

Polyvinylklorid (PVC) hydrolyserer i hht likning 2 til PVA og klorid-ioner. Heller ikke her dannes flyktige forbindelser som kan avgis til inneluften, men polymeren vil kunne miste sine heftegenskaper.

$$-(CH_2CH)- + OH^- = -(CH_2CH)- + ROH \quad (3)$$

$$\begin{array}{c} | \\ C{=}O \\ | \\ OR \end{array} \qquad \begin{array}{c} | \\ C{=}O \\ | \\ O^- \end{array}$$

Siden akrylater er en klasse forbindelser, kan R i likning 3 være flere ulike alkaner. I reaksjonen med hydroksider vil polyakrylater kunne avgi flyktige alkoholer (ROH i likning 3). Hvis R = $-(CH_2)_3CH_3$, viser likning 3 en polybutylakrylat som spalter av butanol i reaksjon med hydroksid. En PAE (polyakryl ester = polyakrylat) som er spesielt klebrig, er 2-etylheksylakrylat. Denne polymeren vil kunne avspalte 2-etylheksanol (sk oktyl alkohol) i hht likn. 3 (R = $-CH_2CH(CH_2CH_3)CH_2CH_2CH_2CH_3$).

En svensk undersøkelse /13/ av gulvbelegg limt på ulike avrettingsmasser viste at den største enkeltkomponent av flyktige organiske forbindelser var butanol som en følge av nedbrutt butylakrylat i limet.

En annen svensk undersøkelse /16/ påviste at 2-etylheksanol avdamping kom fra akrylatlimet snarere enn belegget, ettersom avdamping ble mangedoblet hvis man kun smurte lim på avrettingsmassen (dvs. uten diffusjonsbegrensende belegg).

En gulvlimprodusent /17/ har utført laboratorietester av sine lim i lutløsning med pH>12 og påvist en markant avspalting av oktylalkohol. De bekrefter også at limet brytes helt ned i en sterk forsåpningsprosess (=alkalisk hydrolyse) og at limegenskapene da vil bli ødelagt.

En måte å omgå reaksjoner i limet på, er å anvende stabile polymere. F. eks vil kopolymere av styren-butadien ikke hydrolysere under påvirkning av alkalier. For alle latekser gjelder imidlertid at de kan inneholde små mengder av ureagerte monomerer som kan avgis til inneluften.

Gulvlim er ofte formulert med mineralske fyllstoff som f. eks. kalsiumkarbonat. En annen måte å unngå alkalisk nedbrytning av polymeren på, kan derfor være å anvende fyllstoff/tungtløselige salter som kan fange opp hydroksidioner når de måtte trenge inn i limet (dvs. en pH buffer). Dette kan f. eks. være magnesium- eller jernsalter (unntatt oksider/hydroksider).

Man skal merke seg at alle lateksbaserte lim inneholder mye vann. Under påføringen av limet på tørket betong eller avrettingsmasse vil selvfølgelig noe av dette vannet trekkes inn i underlaget og løse opp hydroksider slik at nedbrytingsprosessen kan starte umiddelbart etter legging av belegget.

Det finnes også spesiallim basert på to-komponent polyuretan resin (PUR) som ikke inneholder vann. Ved å blande den ene komponenten (f. eks. et poly-isocyanat; molekyl med 2 eller flere -NCO grupper) med den andre (f.eks. en poly-ol; molekyl med 2 eller flere -OH grupper), dannes det under herding følgende binding;

$$R^1\text{-NCO} + \text{HO-}R^2 = R^1\text{-}\underset{\underset{H}{|}}{N}\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-O-}R^2 \qquad (4)$$

som er karakteristisk for PUR. R^1 og R^2 er organiske molekyler som inneholder ytterligere grupper av hhv. -NCO og -OH, slik at det oppstår en langkjedet, forgrenet polymer under herdingen i likning 4. Selve uretan-bindingen er heller ikke stabil mot angrep fra hydroksider, og i likhet med akrylatene vil alkoholen de er fremstilt fra gjendannes under hydrolysen. Alkohol-komponenten i PUR er imidlertid polyoler med et svært lave damptrykk, og som derved trolig ikke vil gi signifikante bidrag av flyktige organiske forbindelser (VOC) til inneluften.

Som en oppsummering kan man si at latekslim som ikke inneholder akrylater er å foretrekke med tanke på innemiljøet. Selv om de potensielt avspaltbare alkoholene neppe medfører helsefare, kan de påvirke trivselen med sjenerende lukt.

1.5 Gulvbelegg

1.5.1 Kartlegging av produkter

Alle gulvbelegg som utsettes for mye fukt kan skades på forskjellige måter /18/. I dette kapitlet fokuseres det på skader på gulvbelegg med myknerstoffer på grunn av alkalisk fukt. Myknerstoffer finnes i først og fremst i vinylbelegg og i teppebelegg med bakside av PVC. Vinylbelegg er i utgangspunktet det belegget som samlet sett er mest bestandig mot fuktpåkjenninger, men materialet er likevel til en viss grad ømfintlig for alkalisk fukt. Dels brytes myknerstoffene ned av hydroksider (se pkt. 1.5.2), dels har det tidligere vært eksempler på at myknerstoffer har migrert fra belegget og ned i limet under påvirkning av alkalisk fukt. Det har ført til stor krymp og et stivere belegg. I dag brukes det som regel mindre flyktige myknere, med den følge at faren for migrering til lim og mykneravgang til inneluften er redusert. Dette er fordelaktig både når det gjelder teknisk funksjon og inneklima.

I dagens situasjon er det først og fremst limet som er det kritiske punkt når det gjelder nedbryting på grunn av alkalisk fukt. Dette har ført til at enkelte vinylprodusentene har utviklet litt stive vinylbelegg som tåler å bli lagt løst. Det finnes også en løsning der belegget er todelt, først tapes et stivt plastbelegg med knaster til underlaget, og så limes selve belegget oppå.

Spesielle lukt- og emisjonsproblemer i forbindelse med gulvkonstruksjoner henger som regel sammen med fuktpåvirkning. Men det skjer også en avgassing fra gulvkonstruksjoner under normale bruksbetingelser. Avgassing fra limet kan dominere over belegget da også, i hvert fall den første tiden etter legging. En svensk belegg- og limprodusent /19/ har undersøkt avdampinger fra deres belegg lagt løst og når det er limt direkte på en gipsplate (for å unngå hydroksider) over betong. Limet var en tradisjonell, vannløselig type med mindre enn 5 % løsningsmiddel. Selv etter fire måneder dominerte komponenter fra limet i total mengde flyktige organiske forbindelser (TVOC) som ble avgitt fra gulvkonstruksjonen.

I Sverige har Golvbranschens Riksförbund gjennomført flere målinger av avgassingen fra selve belegget. Flere produsenter har lykkes i arbeidet for å redusere egenemisjonen fra beleggene, blant annet ved stille større krav til underleverandører av stabilisatorer og myknere. Målingene skjer i spesielle klimakamre /20/, og resultatet angis som en total mengde flyktige organiske forbindelser (TVOC) avgitt pr. tidsenhet og m^2. Det er verdt å merke seg at slike målinger ikke viser noen systematisk forskjell i avgassing mellom beleggtyper som linoleum og vinyl.

Tabell 4 viser eksempler på en del typer gulvbelegg som er i vanlig bruk i dag. Oppbyggingen av ulike typer halv-harde belegg (linoleum, vinyl, gummi og kork) er behandlet i /21/.

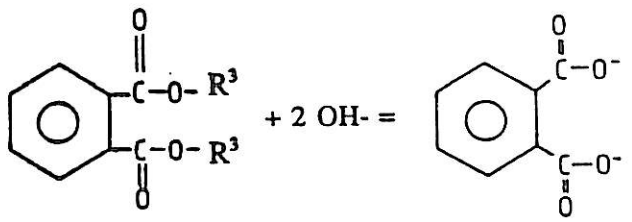
Tabell 4
Eksempler på gulvbelegg med produktdeklarasjon, navn og anvendelse.

Produsent	Navn	Anvendelse	Innholdsdeklarasjon
Forbo	Colorex	Offentlige miljøer	60% mykgjort PVC, 40% fyllstoff og fargepigment
Forbo	Step	Offentlige miljøer	Slitelag av karborundum-forsterket, pigmentert og mykgjort PVC, samt bunnlag av fylt PVC med glassfiberarmering imellom
Forbo	Onyx	Våtrom	Slitesjikt av ren, mykgjort PVC, bunnsjikt av fylt PVC
Forbo	Artoleum Scala	Tørre rom i private og offentlige miljøer	Linolje, naturharpiks, tremel, kalkstein og jute.
Tarkett	Granit	Offentlig og bolig	PVC, DOP(1.), fyllmiddel, pigment, stabilisator, polyuretan som slitesjikt.
Tarkett	Standard	Bolig	PVC, mykgjørere: DOP og BBP, fyllmiddel: $CaCO_3$, pigment: TiO_2, slitesjikt av polyuretan
Tarkett	Klorfri Tarkett Nova	Offentlig og bolig	Polyolefiner, Ca/Mg- karbonat, TiO2

1. Dioktylphtalat

1.5.2 Nedbrytning av halv-harde belegg

Halv-harde belegg kan inneholde opptil 30 % myknere for å gi belegget nødvendig fleksibilitet ved legging. Den viktigste klassen myknere er ftalater. Likning 5 viser hvordan ftalater generelt kan reagere med hydroksider til ftalat anioner og alkohol (R^3OH). En vanlig mykner er DIOP (diisoktyl-ftalat), hvor R^3 = $-CH_2CH(CH_2CH_3)CH_2CH_2CH_2CH_3$ og som da i hht likning 5 kan avgi 2-etylheksanol til inneluften. Myknere som DNP (dinonylftalat) og DIDP (diisodekylftalat) vil kunne avspalte alkoholer som hhv. nonanol (R^3= $-(CH_2)_8CH_3$) og isodekanol (R^3 = $-(CH_2)_9CH_3$ i en blanding av isomere).



(5)

En slik reaksjon som beskrevet i likning 5 fordrer imidlertid at det trenger vann (reaksjonsmedium) inn i belegget som trekker med seg hydroksid fra f.eks. underliggende betong. Merk at hydroksidene forbrukes og ikke virker som katalysatorer som angitt av Gustafsson /2/.

Det finnes også andre myknere som er basert på adiapater, $R^4OOC(CH_2)_4COOR^4$, isteden for ftalater. F.eks. DIDA (diisodekyladiapat) hvor R^4= $-(CH_2)_9CH_3$ og kan avspalte isodekanol, R^4OH (en blanding av isomere), analogt med likning 5. Videre finnes det myknere av sebakater, $R^5OOC(CH_2)_8COOR^5$, osv. Felles for alle myknere er at de er estere som i reaksjon med hydroksider vil danne en alkohol og et salt av en organisk syre. Alkoholen kan være mer eller mindre flyktig.

Siden myknerene lages ved å reagere en organisk syre med en alkohol, kan det i disse produktene finnes små rester av ureagert alkohol. Dette brukes som forklaring av Gustafsson /2/ på hvorfor et ubrukt vinylbelegg ga ifra seg oktanoler (dvs. ingen hydroksider fra betong). Ifølge /7/ var vinyldelen av et teppe i Oregon iblandet 7,9 % kalsiumoksid av polymervekten som en del av sammensetningen. Dette førte til at kun luftfuktigheten var nok til å føre til en dekomponering av myknerene til alkoholer som 2-etylheksanol, heptanol og nonanol, ettersom kalsiumoksid danner kalsiumhydroksid i reaksjon med fukt (dvs helt uavhengig av betong).

Myknerene har i seg selv et lavt damptrykk, slik at de kan avgis direkte til inneluften fra gulvbelegget og bidra til den totale miljøbelastning av flyktige organiske forbindelser (VOC). Rosell /22/ har påvist 240-660 µg TXIB /m^3 luft innendørs. TXIB er produktnavnet til mykneren 2,2,4-trimetyl-1,3-pentan-diol-di-iso-butyrat, $(CH_3)_2CHCH(OOCCH(CH_3)_2)C(CH_3)_2CH_2$-$OOCCH(CH_3)_2$. TXIB har et kokepunkt på 280 °C og klassifiseres dermed som et "semi-VOC"[3] .

[3] "Semi-VOC" er tyngre, flyktige organiske forbindelser som ikke kommer inn under fellesbetegnelsen TVOC (Totalkonsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser)

1.6 Mulige praktiske løsninger

For å unngå fuktrelaterte problemer i gulvkonstruksjoner er det viktig at bransjen bygger inn god fuktsikring i konstruksjonene, og at det benyttes planleggings- og kvalitetssikringsrutiner som sikrer tilstrekkelige tørketider under byggeprosessen. Dernest er det vesentlig at det innarbeides gode metoder for å kontrollere fuktinnhold i betong. For øvrig kan spesielle tiltak for å bedre sikkerheten mot skader være:

- utarbeide spesifikke krav til maksimal relativ fuktighet for spesielle konstruksjoner og materialkombinasjoner
- bruke høyere betongkvalitet
- bruke hurtigtørkende/selv-tørkende betonger
- bruke sparkelmasser med lavere alkalitet
- bygge inn ventilerte fuktsperrer (knasteplater) mellom betonggulv og sparkelmasse
- bruke alkalibestandige lim- og beleggtyper
- bruke beleggtyper som kan legges uten lim

Nytten og nødvendigheten av slike tiltak skal vurderes nærmere i hovedprosjektet.

Det er viktig å ta stilling til om dagens grenser for maksimal relativ fuktighet er tilfredsstillende. En svensk undersøkelse /23/ viser at det mellom 91 og 95 % RF finnes et kritisk nivå for PVC-gulvbelegg som limes direkte på normal betong med standard portlandsement. Ved 95 % RF avgis 2-etyl-heksanol og butanol fra det akrylatbaserte limet, ved 91 % RF er det ingen avgassing av disse stoffene.

Praktiske erfaringer hos limleverandører tyder på at nedbryting av limet først og fremst skjer når det ikke er etablert tilfredsstillende fuktsperre mot grunn.

Det er viktig å utvikle løsninger som reduserer hyppigheten av gulv skadet av alkalisk fuktighet. Løsningene må samtidig sikre en god totaløkonomi i prosjektet og ikke gå på bekostning av et godt arbeidsmiljø for gulvleggere. Aktuelle løsninger bør prøves i laboratoriet for å klarlegge hvilke krav det stilles til betongfuktighet ved ulike betongkvaliteter, limtyper og belegg.

2. Er tilsetningsstoffer i betongprodukter helseskadelige?

2.1 Bruk av tilsetningsstoffer i byggebransjen

For å oppnå mer kostnadseffektive løsninger anvender man i moderne betongteknologi tilsetningsstoffer for å oppnå spesielle egenskaper. De viktigste er plastiserende/superplastiserende stoffer (P-/ SP-stoffer). Disse stoffene skal gi betongen bedre flytegenskaper under utstøping. Andre typer tilsetningsstoffer (akselererende, luftinnførende, m.m) brukes i mye mindre utstrekning og har liten interesse i denne sammenhengen.

I Norge har vi et relativt høyt forbruk av tilsetningsstoffer. Tilsetningsstoffene gjør utstøpingen mindre arbeidskrevende, i tillegg til at man sparer sement. Eksempel på P-stoff er lignosulfonater, som er et bi-produkt ved celluloseproduksjon. Eksempler på SP-stoffer er syntetisk framstilte stoffer som natriumsalter av sulfonerte melamin-formaldehyd kondensater og kondensater av naftalensulfonater og formaldehyd.

For betong til innendørsbruk brukes det 0-2 kg (ca. 0-0,6 % av sementvekt) tilsetningsstoff pr kubikkmeter betong. Anbefalt maksimumsgrense er 2,0 % (40 % vannløsning) av sementvekten (tørrstoff). All betong som produseres i dag inneholder lignosulfonat som er et billig plastiserende stoff. Deretter sper man om nødvendig på med SP-stoffer som melaminer. Trenden har vært at bruken av tilsetningsstoffer har økt mye, for så å stagnere. For mye tilsetningsstoffer ødelegger støpeegenskapene.

Sulfonerte naftalenformaldehyder brukes for det meste til produksjon av høykvalitetsbetong eksempelvis i off shore industrien.

2.2 Toksikologiske vurderinger

Generelt er P- og SP-stoffer lite giftige. Justnes /24/ har undersøkt toksikologiske data for typiske produkter, Borresperse NA (lignosulfonat, P-stoff), Mighty 100 (naftalensulfonat-formaldehyd kondensat, SP-stoff) og Melment (sulfonert melamin-formaldehyd kondensat, SP-stoff). Alle har lav giftighet (4 000 < LD50 < 40 000 mg/kg). Verken P-stoffet lignosulfonat eller SP-stoffet sulfonert melamin-formaldehyd kondensat er mutagene, mens det ikke foreligger data for naftalensulfonat-formaldehyd kondensat.

P-stoffet lignosulfonat er et bi-produkt fra nedbryting av trevirke til papirproduksjon. Ved dyreforsøk er de ikke funnet å virke irriterende på verken hud eller slimhinner. Syntetisk framstilte naftalensulfonat-formaldehyd kondensat baserte SP-stoffer er heller ikke hudirriterende, men kan forårsake lett irritasjon ved øyekontakt /24/. SP-stoffer basert på sulfonert melamin-formaldehyd kondensater, som også er framstilt syntetisk, kan imidlertid framkalle lette hud- og slimhinneirritasjoner når disse blir påført vannløsninger med høy konsentrasjon (40%).

SP-stoffer (sulfonert melamin-formaldehyd kondensater) har vært mistenkt for avspalting av ammoniakk og formaldehyd. Målinger av avgassing fra betong med Melment viste imidlertid lave verdier både for formaldehyd og ammoniakk, /24/.

Justnes /24/ konkluderer med at P- og SP-stoffer for det første har lav giftighet ved håndtering. For det andre vurderes faren for avdamping fra stoffene selv, eller potensielle

nedbrytingsprodukter som f.eks. ammoniakk og formaldehyd, som neglisjerbar. Forutsetningen er at stoffene anvendes under den anbefalte bruksgrensen på 2,0 % av sementvekten. Videre bemerkes at betong eller sparkelmasse tilsatt høye doser av SP-stoffet sulfonert melamin-formaldehyd kondensat kan dekomponeres til ammoniakk og formaldehyd hvis pH eller temperatur økes til ekstreme verdier (f.eks. brann). Dekomponeringen skal ikke skje under normale bruksbetingelser.

Vi har ikke funnet data som dokumenterer sensorisk og kjemisk emisjon fra ulike typer betonger og tilsetningsstoffer. Dette bør undersøkes nærmere. Mjørnell /11/ rapporterer om skarp lukt fra betong tilsatt Mighty 100 (naftalensulfonat-formaldehyd kondensat, SP-stoff). Analyser /11/ av flyktige organiske forbindelser avgitt fra en betong tilsatt SP-stoff (melamin-formaldehyd kondensat) og ren betong viser klare forskjeller i sammensetning.

2.3 Tilsetningsstoffer og det ytre miljø

Utvaskingspotensialet av P- og SP- stoffer er lite, ettersom de raskt adsorberes til sementkornene etter tilsetning. Utvasking kan være aktuelt i vannforsyningsnett som er produsert av betong. Tilsetningsstoffene er derfor undersøkt med hensyn på bionedbrytbarhet og toksisitet for bakterier og fisk, /24/.

Et natrium lignosulfonat med navnet Borresperse NA ble testet. Produktet var både bionedbrytbart og ikke toksisk for bakterier (Pseudomonas putida), og fisk (Brachydanio rerio).

Naftalensulfonat-formaldehyd kondensater med navn Mighty 150 og Galoryl LH 120 ble funnet å være svært vanskelig bionedbrytbare. Akutt bakterietoksisitet betraktes som lav. Toksisiteten av Mighty for fisk ansees for lav, mens Galoryl regnes som middels giftig.

Av sulfonerte melamin-formaldehyd kondensater ble produkter med navn Melment testet. Stoffet ble ikke funnet å være bioakkumulerbart, men forbindelsen ble karakterisert som "ikke lett bionedbrytbar". Akutt giftighet overfor bakterier (Pseudomonas putida) og fisk (Leuciscus idus) var lav.

Faren for utvasking av stoffene selv eller potensielle nedbrytingsprodukter til f.eks. drikkevann vurderes som neglisjerbar så lenge de anvendes under den anbefalte doseringen på 2,0 % av sementvekten.

3. Overflatebehandling av betong

3.1 Støvbinding og renhold

Flere større byggherrer og konsulenter er etterhvert begynt å foreskrive en eller annen behandling av betongoverflater. Dette betyr at man i en del bygninger f.eks. har behandlet undersiden av betongdekker, over en nedsenket himling, med en maling e.l. Hensikten har dels vært å hindre at det avgis alkaliske partikler til innemiljøet, dels skal flaten bli lettere å holde ren. Alkaliske partikler, som et sementkorn, er potensielt mer irriterende for slimhinner enn nøytrale partikler.

Vi er ikke kjent med undersøkelser som dokumenterer at det faktisk skjer en avgivelse av partikler fra en betongoverflate som ikke utsettes for mekaniske belastninger. Vi har heller ikke funnet norske eller utenlandske undersøkelser som identifiserer støv fra betong som noe inneklimaproblem. I en undersøkelse (Sætre /25/) er det målt med laser partikkelteller i et ventilasjonssystemer der kanalene til dels utgjøres av kanalene i hulldekke-elementer av betong. Det ble talt partikler i fraksjoner over 0,3 µm. Målingene ble gjennomført i 6 kontorbygninger. Ingen av stedene ble det funnet noen signifikant økning av partikkelmengden før og etter ventilasjonsluften hadde passert hulldekke-elementene.

Det er lite sannsynlig at en betongoverflate skal være noen støvkilde i innemiljøet, med unntak for gulv som utsettes for store mekaniske belastninger, som f.eks. garasje- eller industrigulv. I følge /23/ har betong egenskaper som kan sammenlignes med naturstein når det gjelder trykkstyrke, holdbarhet og forvitring. I et normalt innemiljø vil en tradisjonell betong forvitre så langsomt at prosessen ikke har noen praktisk betydning i bygninger. Dessuten foregår det en langsom karbonatisering av betongoverflaten som fører til at materialet blir tettere og mindre alkalisk. Karbonatiseringen gjør altså at det relativt kort tid etter bygging vil være mindre risiko for at partikler som skulle løsne vil være alkaliske.

Karbonatiseringen og liten sannsynlighet for partikkelavgivelse indikerer at en ren støvbinding av betongoverflater er unødvendig. Uansett bør det imidlertid gjennomføres målinger for å bekrefte at det ikke frigjøres partikler fra betongoverflater av ulik kvalitet. Det er mulig at dårlig betongkvalitet kan føre til at risikoen for støvavgivelse øker. For øvrig kan en støvbinding være uheldig, i og med at uttørkingen av betongdekket forsinkes.

Nødvendigheten av en behandling av innvendige betongoverflater for å lette rengjøring må vurderes i hvert enkelt tilfelle, avhengig av struktur på den ferdige betongoverflate, arkitektonisk uttrykk, plassering i bygningen m.m. Betongoverflater som skal kunne rengjøres, må behandles med porefyllingsmiddel, ev. en maling.

3.2 Vannglassbehandling

3.2.1 Generelt

Forhandlere av reparasjonsprodukter basert på vannglass anbefaler ofte en impregnering av betonggulv med sine produkter som et botemiddel mot vanngjennomgang og potensielle reaksjoner mellom betongens alkaliske vann og lim/belegg.

Vanligvis er slike produkter basert på natriumvannglass (et natriumsilikat med et SiO_2/Na_2O forhold på 2-4, her betegnet "$Na_2O \cdot 2SiO_2 \cdot xH_2O$"), men kaliumanaloger finnes også. Reparasjonsfirma som anvender slike produkter foreskriver gjerne en vanning av betongen før påfølgende impregnering med vannglass. I de ulike produktene kan vannglasset være kombinert med "akseleratorer" som tillater større inntrengningsdybde eller organiske komponenter som skal svelle og tette porene betongen ytterligere hvis fukt trenger inn. Felles for alle produkter er imidlertid at hovedreaksjonen skjer mellom vannglass og kalsiumhydroksid i betongens bindemiddel (se avsnitt 1.2.1);

$$\text{“}Na_2O \cdot 2SiO_2 \cdot xH_2O\text{"} + Ca(OH)_2 = CaSi_2O_5 \cdot xH_2O + 2\ NaOH \qquad (6)$$

Reaksjonen i likning 6 resulterer i en utfelling av CSH-gél (definert i 1.2.1) i betongens porer og virker derfor tettende. Samtidig vil det imidlertid frigjøres natronlut (NaOH) og det er derfor vanskelig å forestille seg hvordan dette skal senke betongens pH (det motsatte forventes) nær overflaten, med mindre man spyler overflaten før avsluttende tørking. Enkelte forhandlere påstår at betongens pH på overflaten blir nær 11 etter endt behandling (kun sliping og tørking av overflate).

Redusert pH i overflaten kan være et resultat av karbonatisering. Karbonatiseringen kan foregå relativt raskt dersom det brukes brenselbasert byggtørker. Varmluften vil da inneholde store mengder karbondioksid (CO_2) som vil karbonatisere betongoverflaten eller det ytterste sjikt. Det er ikke bare betongens kalsiumhydroksid som vil karbonatisere;

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O \qquad (7)$$

men også vannglass som ennå ikke har reagert i hht likning 6 vil felle ut "luft-gél";

$$\text{“}Na_2O \cdot 2SiO_2 \cdot xH_2O\text{"} + CO_2 + H_2O = \text{"}H_2Si_2O_5 \cdot xH_2O\text{"} + Na_2CO_3 \qquad (8)$$

"$H_2Si_2O_5 \cdot xH_2O$" betegnes ofte "luft-gél" ettersom denne reaksjonen også vil skje mellom vannglass og luftens naturlige karbondioksid, om enn langsomt siden luften inneholder kun ca 0,03 vol-% CO_2. Både reaksjon 7 og 8 vil føre til en ytterligere tetting av betongen. Dessuten kan natriumkarbonat karbonatiseres videre til natriumbikarbonat;

$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2\ NaHCO_3 \qquad (9)$$

Dermed vil pH i overflaten senkes siden pH i en 1 M løsning av natriumhydroksid (NaOH), natriumkarbonat (Na_2CO_3) og natriumbikarbonat ($NaHCO_3$) er hhv. 13,0, 11,6 og 8,4.

Impregnering med vannglass fjerner ikke årsaken til vannansamling under et belegg, men kun reduserer betongens permeabilitet i overflatesjiktet på gulvsiden. Hvis man ikke fjerner årsaken til fuktgjennomgangen, er det grunn til å tro at man igjen vil få vannansamling på lengre sikt. Vannet vil da sannsynligvis igjen ha pH > 12,5 siden det da står i likevekt med betong under det behandlede sjikt. Impregnering med et vannglassbasert produkt alene fører derfor sannsynligvis kun til en utsettelse av en potensiell reaksjon mellom fuktig betong og lim/belegg.

Enkelte forhandlere /26/ foreskriver en avsluttende "luktsikring" ved å påføre et epoksy/akryl belegg etter impregnering med vannglass. En ulempe ved dette er at vanlige limtyper krever et sugende underlag når et nytt belegg skal limes.

3.2.2 Nytten av vannglassbehandling

Vannglassbehandling er en gammel, velkjent metode for behandling av betong. Overflaten blir sterkere og tettere mot vann- og vanndampgjennomgang, blant annet fordi porestrukturen blir finere. I sitt brosjyremateriale påstår leverandører /26/ at behandlingen fører til en markert senkning av både relativ fuktighet og alkalitet i betongens overflate. Derved skal risikoen for nedbrytning av lim og belegg elimineres. Produktet blir av leverandør anbefalt benyttet både i gulv på grunnen og dekker.

En senkning av den relative fuktigheten i overflaten kan være en naturlig konsekvens av at vannglassbehandlingen gir et mer damptett sjikt i overflaten av betongen. Det vil innstille seg en ny likevekt i damptrykkfordelingen i betongen, slik at den relative fuktigheten øker på undersiden av vannglasset, og reduseres på oversiden (mot innemiljøet).

Vi er ikke kjent med prosjekter som dokumenterer senket alkalitet og relativ fuktighet på grunn av vannglassbehandling. Som vist i avsnitt 3.2.1, skulle en vente ut fra en teoretisk betraktning at vannglassbehandling ville gi en økning i alkaliteten. Effekten av vannglassbehandling på betongoverflater bør undersøkes nærmere ved målinger.

3.3 Herdemembraner og formoljer

I den første herdetiden etter utstøping må betongen holdes fuktig, for at hydratiseringen av sementen skal bli så fullstendig som mulig. Taper betongen vann i denne perioden, tiltar svinnet sterkt og overflatesjiktet i betongen blir av dårlig kvalitet, med riss og sprekker. Den ferske betongen må vannes eller påføres en diffusjonstett herdemembran som hindrer fordampning. Vanningen har ingen effekt på alkaliteten i betongen. Voksbaserte herdemembraner må fjernes før videre behandling av betongen, ellers kan heften mellom overflaten og sparkelmasser, lim o.a. ødelegges. Andre typer herdemembraner med løsemidler trenger ikke fjernes, men til gjengjeld gir disse membranene et dårligere arbeidsmiljø.

Formoljer brukes til smøring av former ved støping av elementer og forskaling av nybygg. Det brukes mellom 0,01 og 0,04 liter pr. m^2 betongoverflate avhengig av formens porøsitet og påføringsmetode /27/. Det brukes mineraloljer, fettoljer eller syntetiske oljer eller en blanding av de tre ovenstående oljetypene. I Norge brukes det årlig minst 1000 tonn formolje, her inngår også produksjon av takstein, beleggningsstein, rør o.s.v., hvor formoljene ikke har noen betydning for inneklimaet. Toksisiteten varierer avhengig av hvilken gruppe olja tilhører. Syntetiske oljer og mineraloljer er mindre toksiske enn vegetabilske oljer. Generelt er olja også mindre toksisk dess mer raffinert den er. Det kan ikke utelukkes at formolje i en periode kan gi et bidrag til totalkonsentrasjonen av flyktige organiske forbindelser (TVOC) i innemiljøet. Størrelsen på bidraget avhenger av en rekke faktorer, som betongens alder ved "lukking" av et bygg, betongelementer/plasstøpte konstruksjoner, type olje, m.m.

4. Medisinske vurderinger[4]

Dokumentasjonen av helseproblemer direkte i forbindelse med avdampinger og støv fra tørr, herdet betong i bygninger er utilstrekkelig og ofte anekdotiske, og del av et generelt innemiljøproblem. Et flertall av helseproblemene knyttes vel så godt til andre komplikasjoner ved fuktige overflater (inklusive muggsoppvekst og kjemisk nedbrytning av materialer i kontakt med alkalisk fukt), og gjelder vesentlig hypersensitivitetsreaksjoner. De aktuelle problemstillinger blir:

Fuktskader av belegg (avrettingsmasse, lim, gulvbelegg) over betong p.g.a alkalisk fuktighet: Problemet synes rimelig bra dokumentert, vesentlig i undersøkelser fra Sverige /2/9/14/. Det opptrer oftest ubehagelig lukt (komfortproblem) og luftveisproblemer (delvis allergiske, delvis irritative) og derav følgende helse- og komfortklager. Mekanismen antas delvis kjent, men noe er fortsatt uklart og området er under utredning.

Støv fra betongoverflater: Det er ikke dokumentert at betongstøv av betydning avgis fra uskadde overflater, men heller ikke at dette ikke kan skje. Støvproblem kan opptre ved og etter boring i betong ved rørgjennomføringer etc. Betongstøvet er lokalirriterende, kan gi nesetetthet, øyeirritasjon og luftveisirritasjon. Betongoverflaten er meget ujevn og porøs, noe som gjør renhold vanskelig. Støv vil legge seg på overflaten som vil kunne virke som et reservoar ("sink") for luftbårne kjemiske forurensninger med uforutsigbar effekt på inneklimaet. Lokalirritasjon fra slimhinner er et nærliggende helseproblem. Omfanget er ukjent. Binding av overflaten med vannbasert maling er foreslått som logisk tiltak for å forebygge og redusere disse mulige eksponeringer.

Det er knyttet en økt kreftrisiko til innendørs eksponering for radongass (alfa-stråler, lungekreft) eller gammastråling (fra radioaktive mineraler) som i spesielle tilfelle kan avgis fra sand og stein tilsatt betongen. Problemet med gammastråling er mest av teoretisk interesse, og ikke dokumentert påvist som problem i Norge.

Lukt fra formoljer brukt i (glide)forskalinger: Kan forårsake et luktproblem ved bruk av dårlig olje. Avgir teoretisk VOC til luften. Relativt lite trenger inn i betongen. Kvaliteten på formoljen avgjørende (jfr. pkt. 3.3). Blir evt. komfortproblem, men ingen forgiftningsrisiko for beboere.

Lukt fra (fuktig) betong med tilsetningsstoffer: Kan best vurderes som et komfortproblem, men også som indikator for avspalting av mulig skadelige stoffer. Lett irritasjon kan opptre dersom det opptrer alkalisk avspalting av for eksempel formaldehyd, svovelforbindelser, aminer, ammoniakk eller andre luktende / irriterende forbindelser fra tilsetningsstoffer (vesentlig P/SP-produkter, se. 2.1). Teoretisk kan det være mulig ved sterk alkalisering, men er ikke godt nok dokumentert i kontrollerte laboratorieforsøk. Lave verdier av avspalting er foreløpig vist for ett av de eksisterende produkter /24/. De aktuelle avspaltede stoffer fra tilsetningsstoffer kan evt. gi nesetetthet og slimhinneirritasjon som symptom hos følsomme personer.

"Uspesifikk overfølsomhet" for irritanter og lukter i forbindelse med overflatebehandlinger og kjemiske reaksjoner (bl.a. p.g.a alkalisk spaltning med dannelse av luktende eller

[4] Kapitlet er skrevet av overlege Finn Levy, Ullevål sykehus

slimhinneirriterende stoffer): Slike individuelle helseeffekter kan opptre for de fleste stoffer med karakteristisk lukt, inklusive formaldehyd, enkelte VOC og nok også oktanoler og uorganiske forbindelser som ammoniakk/aminer og klorforbindelser. Disse eksponeringer for lave konsentrasjoner av forurensninger (langt under det som ansees som å representere helserisiko i industrisammenheng), rammer særlig personer med allergidisposisjon (især astma) og sårbare slimhinner (inkl. barn). De vil i tillegg kunne representere en stressfaktor i et presset arbeidsmiljø og derved indirekte medvirke til reduksjon i produktivitet med økende antall klager på arbeidsmiljøet samt helseplager.

For de fleste av de ovenfor angitte risikofaktorer for inneklimaproblemer forbundet med bruk av betong, (som regel med tilsetningsstoffer), gjelder det at rapporteringen av helseproblemer stort sett er anekdotiske (dvs. pasienter, enkeltrapporteringer eller opphopning av tilfeller i en bygning eller boligområde) og mangler tung vitenskapelig dokumentasjon om mekanisme og årsakssammenheng. Det totale omfang av problemer av denne art i Norge er heller ikke kjent. De rapporter og enkelttilfelle som er kjent, tilsier imidlertid at det her kan foreligge et viktig potensielt helseproblem med usedvanlig gode muligheter for å kunne forebygges. Dette bør avklares ved nærmere systematisk utredning på vitenskapelig basis, men det synes uansett rimelig allerede nå å iverksette enkle og billige tiltak som reduserer risikoen for at problemet blir større.

5. Konklusjoner

I mange tilfeller legges det tette gulvbelegg på et betongdekke som er for fuktig. Dette har ført til eksempler på re-emulgering av limsjikt, redusert heft og luktproblemer. Det finnes også eksempler på helseplager på grunn av denne nedbrytingsprosessen. Årsaken til problemene er dels at beleggene legges før betongkonstruksjonen har fått tørke ut, dels at betongoverflaten får tilført fuktighet undenfra.

For å unngå fuktrelaterte problemer i gulvkonstruksjoner er det viktig at bransjen bygger inn god fuktsikring i konstruksjonene, og at det benyttes planleggings- og kvalitetssikringsrutiner som sikrer tilstrekkelige tørketider under byggeprosessen. Dernest er det vesentlig at det innarbeides gode metoder for å kontrollere fuktinnhold i betong. Det bør også utvikles gode tekniske løsninger for bedre sikkerheten mot skader på grunn av alkalisk nedbryting av lim og belegg.

Betong inneholder i utgangspunktet ikke flyktige forbindelser som kan gi målbare, signifikante forurensninger i omgivende luft. Innføring av plastiserende tilsetningsstoffer endrer ikke på dette bildet. Typiske P- og SP-stoffer har lav giftighet ved håndtering, og risikoen for avdamping vurderes som neglisjerbar ved anbefalt dosering og normale bruksbetingelser. Likevel bør emisjonsegenskapene for ulike betonger og tilsetningsstoffer dokumenteres ved sensoriske og kjemiske prøver i klimakamre.

Karbonatiseringen og liten sannsynlighet for partikkelavgivelse indikerer at en ren støvbinding av betongoverflater (vegger og himlinger) er unødvendig. Uansett bør det imidlertid gjennomføres målinger for å bekrefte at det ikke frigjøres partikler fra betongoverflater av ulik kvalitet. En eventuell overflatebehandling av betong for å lette rengjøring må vurderes konkret i hvert enkelt tilfelle.

For de fleste av de ovenfor angitte risikofaktorer for inneklimaproblemer forbundet med bruk av betong, (som regel med tilsetningsstoffer), gjelder det at rapporteringen av helseproblemer stort sett er anekdotiske (dvs. pasienter, enkeltrapporteringer eller opphopning av tilfeller i en bygning eller boligområde) og mangler tung vitenskapelig dokumentasjon om mekanisme og årsakssammenheng. Det totale omfang av problemer av denne art i Norge er heller ikke kjent. De rapporter og enkelttilfelle som er kjent, tilsier imidlertid at det her kan foreligge et viktig potensielt helseproblem med usedvanlig gode muligheter for å kunne forebygges. Dette bør avklares ved nærmere systematisk utredning på vitenskapelig basis, men det synes uansett rimelig allerede nå å iverksette enkle og billige tiltak som reduserer risikoen for at problemet blir større.

6. Litteratur

1. Stranden, T. Radioactivity of Building Materials and the Gamma Radiation in Dwellings. Phys. Med. Biol. 1979, Vol. 24, No. 5, pp 921-930.
2. Gustafsson, Hans: "Kemisk emission från byggnadsmaterial - beskrivning av skadefall, mätteknikk och åtgärder", SP Rapport 1990:25, Swedish National Testing and Research Institute.
3. "Plastmattor och lim på betongbjälklag - et fuktproblem", Skadebladet 87, September 1994. Redaktør Bengt Lindblom, BARAB, Sverige.
4. Lidén, E., Stridh, G. Reducing the moisture content in a concrete prefab construction helps to improve reported sensory-irritation symptoms. Indoor Air'90, Toronto 1990.
5. Isaksson, A. m.fl. Sjuka hus med sjuka människor- hur blir dom friska? Kommunhälsan, Skellefteå kommun
6. Norbäck D. et al. Exposure to volatile organic compounds (VOC) in the general swedish population and its relation to perceived air quality and sick building syndrom (SBS). Indoor Air'93, Vol.1. Helsinki 1993.
7. McLauhglin R.A., Aigner R. Higher alcohols as indoor air pollutants. Indoor Air'90, pp. 587-591. Toronto 1990.
8. Rothweiler, H. M.fl. Emissions of degradation products of building materials in the indoor environment - case studies. Proceedings of Indoor Air'93, Vol. 2, pp 466-469. Helsinki 1993.
9. Johansson, I. Flyktiga organiska ämnen, mm, i inomhusluft av betydelse för hälsa og komfort. Notat. Institutet för miljömedicin, Karolinska institutet, Stockholm.
10. Hedenblad, G. Uttorkning av betongfukt. Tekniska høgskolan i Lund, Avd. For byggnadsmaterial Siab. Lund 1994.
11. Mjørnell, K.N. Self-desiccation in concrete. Thesis. Institutionen før Byggnadsmaterial, Chalmers Teknsiska høgskola, Gøteborg 1994.
12. Bakken, B. Måling av relativ fuktighet: Instrumenter og metoder. Prosjektrapport 44, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo 1989.
13. Nils Duberg: "GBR:s emissionsprosjekt. Del 1 - Bakgrund, branchstandard och alkalisk fukt", Golv till Tak, Nr. 3, 1995, pp. 46-47.
14. Samuelsson, A., Bornehag, C.G. Ammoniakk och aminer i inhomhusluft vid flytspackelproblem. Statens Provningsanstalt, SP rapport 1993:11. Borås 1993.
15. Hellstrøm, B., Ericsson, H. Damages on floor on sub-based of concrete with self-levelling compounds. BFR R 193:1984. Byggforskningsrådet, Stockholm, 1984
16. Johan Alexanderson: "Underlaget betydelse för emissioner från golv", AMA-nytt Mark·Hus, Nr. 1, 1992, pp. 48-50
17. Brev av 1995-07-05 fra Evonor v/ Stig Svendsen, Postboks 367, 1753 Halden, til NBI v/Kaya Grjotheim, Postboks 123 Blindern, 0314 Oslo.

18. Byggforskserien. Byggforvaltning 741.401 Fuktskader på myke og halvharde golvbelegg. Norges byggforskningsinstitutt, Oslo, 1984.

19. Brosjyren "Tarketts forskning bygger på kunnande och vetenskap", Tarkett Svenska Försäljnings AB, Stockholm, Sverige.

20. Utveckling av lågemitterende byggmaterial. SP INFO 1995:11. SP - Sveriges Provnings- og Forskningsinstitut, Kemisk analys. Borås 1995.

21. Byggforskserien. Byggdetaljer A 573.210 Myke og halvharde golvbelegg. Typer og egenskaper. Norges byggforskningsinstitutt, Oslo, 1984.

22. Rosell, L. "High Levels of a Semi-VOC in indoor Air due to emission from Vinyl Floorings". Indoor Air'90, Toronto 1990, Vol. 3, pp. 707-712.

23. Wengholt Jonsson, H. Kemisk emission från golvsystem. Institutionen for byggnadsmaterial, Chalmers Tekniska Høgskola, Gøteborg, 1995.

24. Justnes, H. En vurdering av helse- og miljøaspekter ved håndtering og bruk av plastiserende stoffer til betongformål. STF70 A94005. SINTEF Konstruksjoner og betong, Trondheim 1994.

25. Sætre, T. Støv i ventilasjonskanaler. Norsk VVS 11/89, pp. 677-680.

26. "Redd for fuktige betonggulv. Vi gjør ditt betonggulv sundt og sterkt med EverSeal-metoden.", EverSeal-gruppen i Norge, Tromsøgaten 12, 0565 Oslo.

27. Jacobsen, Stefan. Slippmidler for betongrørproduksjon. Oppdragsrapport O 6276. Norges byggforskningsinstitutt, Oslo, 1992.

28. Byggforskserien. Byggdetaljblad A 541.304 Legging av myke og halvharde golvbelegg. Norges byggforskningsinstitutt, Oslo, 1984.

29. Karlsson, S. The biodegradation of biopolymetric additive in building materials. Materials and Structures, 1990, Vol. 45.

Uke 5