

HO-1/2009

A photograph of a geranium plant in a brown terracotta pot, sitting on a white saucer. The plant has several green, rounded leaves and two clusters of light pink, double flowers. It is positioned in front of a window with white curtains, which are partially drawn to the left. The background shows a bright, out-of-focus view of the outdoors.

Hus og helse

Hus og helse

Hus og helse

Emneord:

Helse, inneklima, fukt, ventilasjon, byggematerialer,
byggningsutforming, FDVU

ISSN 0802-9598

ISBN 978-82-536-1046-7

Fagredaktør: Knut Ivar Edvardsen

Redaksjon: Trond Haug

Tegning: Jonny Saltnes

Layout/ombrekking: Sølvi Delbekk

Forsidefoto: Signe Dons, Scanpix

© Copyright SINTEF Byggforsk / Statens bygningstekniske etat 2009

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

Uten særskilt avtale med SINTEF Byggforsk og Statens bygningstekniske etat er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk. Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF Byggforsk

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

Statens bygningstekniske etat

Adr.: Møllergt. 16
P.b. 8742 Youngstorget
0028 Oslo

Tlf.: 22 47 56 00

Faks: 22 47 56 11

www.sintef.no/byggforsk

E-post: be@be.no

www.be.no

Forord

Såkalte «syke hus» har fått mye omtale i aviser, fagtidsskrifter, radio og tv. Dårlig lukt, mugg, hodepine, utslett, allergier og høyt sykefravær knyttes til dårlig luft innendørs. Innleggene formidler ofte nødrops fra mennesker som ikke ser noen annen utvei enn å henvende seg til massemediene for å få oppmerksomhet om sine problemer. Innemiljøproblemer oppstår i alle typer bygninger og lokaler.

Hva er det egentlig som skjer? Hvorfor blir folk syke i nye hus hvor det tilsynelatende ikke er spart på noe, i hus som ikke er mer enn et par tiår gamle og i hus som nettopp er bygd om? Denne temaveilederen gir ikke svar på alle spørsmål. Mye er fremdeles ukjent eller under utredning, og pågående og framtidige undersøkelser vil gi større innsikt og forståelse. Men vi har likevel mye kunnskap om hvordan vi kan skape og vedlikeholde hus som gir et godt inneklima, og derfor er det viktig at de uklarhetene som fremdeles fins, ikke forhindrer oss fra å ta i bruk det vi allerede vet.

Temaveilederen Hus og helse er ett av flere virkemidler myndighetene tar i bruk for å fremme bedre bygninger. Temaveilederen ble første gang utarbeidet i 1993 som et opplæringsprogram. Nærmere 35 000 personer som var engasjert i bygging og drift av bygninger deltok i organisert opplæring om hvordan godt innemiljø kan oppnås og beholdes. Mye har skjedd siden 1993. På flere områder har vi fått ny og bedre kunnskap om innemiljøets betydning for sykdom, tilpasshet og produksjonstap. Denne utgaven av Hus og helse er en oppdatering og grundig bearbeiding av kompendiet fra 1993. Temaveilederen er basert på tilfanget av ny kunnskap fra forskning og praksis, kombinert med etablert kunnskap.

Målet med revisjonen er ny bevisstgjøring av alle – fra tiltakshavere, via hele byggenæringen, til eiere og driftspersonell – om hvilke faktorer som er viktige, hvilke faktorer som krever sunt «bondevett» og hvilke faktorer som bør overlates til spesialister. Hus og helse gir ikke løsninger på alle problemer og utfordringer. Derfor vil det fortsatt være behov for dyktige fagfolk! I temaveilederen fokuseres det først og fremst på viktige sammenhenger mellom dårlig innemiljø og konsekvensene for folks helse og komfort. En riktig forståelse av disse sammenhengene vil skape oppmerksomhet om behovet for bedre bygninger.

Temaveilederen er delt inn i følgende hovedtemaer:

- | | |
|--|--|
| ■ overordnede problemstillinger | ■ ventilasjon og helse |
| ■ hvordan kroppens forsvarsmekanismer fungerer | ■ byggeprosessen og helse |
| ■ bygningsutforming og helse | ■ riktig drift, vedlikehold og utvikling |
| ■ fukt og helse | ■ krav til innemiljø i regelverket |

Hus og helse er blitt til i samarbeid mellom SINTEF Byggforsk, Husbanken og Statens bygningstekniske etat. Ved å gi ut en felles temaveiledning håper vi å framstå entydig med hensyn til anbefalinger for å oppnå et godt innemiljø i alle nye bygninger. Prosjektgruppa har bestått av Knut Ivar Edvardsen og Trond Haug fra SINTEF Byggforsk, Anne Marie Løvik fra Husbanken og Sigurd Hoelsbrekken fra BE. Prosjektleder har vært Sigurd Hoelsbrekken.

Følgende personer har levert bidrag til denne utgaven av Hus og helse:

Professor emeritus Kjell Aas

Professor Sten Olaf Hanssen, Institutt for energi- og prosessteknikk, NTNU

Førsteamanuensis Rikke Jørgensen, Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse, NTNU

FOU-leder/professor Svein Bjørberg, Multiconsult/NTNU

Seniorforsker Steinar Nilsen, SINTEF Byggforsk

Seniorforsker Peter Blom, SINTEF Byggforsk

Seniorforsker Torer F. Berg, SINTEF Byggforsk

SINTEF Byggforsk har utarbeidet illustrasjonene.

Innhold

1	PROBLEMET	7
2	HELSE	21
3	BYGNINGSUTFORMING	37
4	FUKT	65
5	BYGGEMATERIALER	85
6	VENTILASJON.....	107
7	BYGGEPROSESSEN.....	133
8	FORVALTNING, DRIFT, VEDLIKEHOLD OG UTVIKLING (FDVU).....	147
9	LOVVERK, HJELPEVERKTØY OG KONTRAKTER	173

1 Problemet

Dette kapitlet tar for seg de overordnede problemstillingene knyttet til eksisterende og nye bygninger med dårlig innemiljø. Kapitlet peker på hovedårsakene til at det oppstår helseproblemer, hvor sammensatt problemet er, og hvorfor det er viktig at byggebransjen tar ansvar for å rette på forholdene. Målet er å gi innsikt i hvilke hovedfaktorer som påvirker innemiljøet og hvilke muligheter vi har til å redusere de negative effektene, slik at folk holder seg friske.

NØDROP.....	8	STØRRELSEN PÅ PROBLEMET	12
HELSE OG MILJØHEMMING	8	FORURENSNINGER I UTELUFTA	13
INNEKLIMA OG INNEMILJØ.....	8	KVALITETEN PÅ INNELUFTA ER VIKTIG.....	13
SYMPTOMENE.....	9	TOBAKKSØYK, PARFUME OG ANDRE LUKTENDE FORURENSNINGER	14
HUS MED INNEKLIMAPROBLEMER.....	10	KARBONDIOKSID.....	14
OVERFØLSOMHET, ALLERGI OG ASTMA ØKER	10	BRUKEN AV KJEMIKALIER ØKER	15
OPPMERKSOMHETEN RUNDT INNEKLIMAPROBLEMENE ØKER.....	11	TEMPERATUR OG FUKTIGHET	15
INNEKLIMAPROBLEMER ER IKKE NOE NYTT	11	RADON OG RADONDØTRE	16
HVORFOR KAN DET GÅ GALT?	11	ET SAMMENSATT PROBLEM.....	16
		HENSYN Å TA	17

Nødrep

I mange år har vi hørt om såkalte «syke hus» i aviser, fagtidsskrifter, radio og tv. Store overskrifter blir hentet fram for å beskrive skandaletilstander i arbeidslokaler, barnehager, skoler eller boliger. Dårlig lukt, mugg, hodepine, utslett, allergier og høyt sykefravær knyttes til dårlig luft innendørs. Oftest formidler innleggene et nødrep fra mennesker som ikke ser noen annen utvei enn å gå til mediene for å få oppmerksomhet om sine problemer. Innemiljøproblemer oppstår i alle typer bygninger og lokaler.

Hva er det egentlig som skjer? Hvorfor blir folk syke i nye hus hvor det tilsynelatende ikke er spart på noe, i hus som ikke er mer enn et par tiår gamle og i hus som nettopp er bygd om? Denne boka kommer ikke til å gå inn i alle problemstillingene eller gi svar på alle spørsmål. Mye er fremdeles ukjent eller under utredning. Pågående og framtidige undersøkelser vil gi større innsikt og forståelse. Vi har likevel en god del kunnskap om disse problemene i dag og vet hvordan vi kan skape og vedlikeholde sunne hus og et godt innemiljø. Det er viktig at de uklarhetene som fremdeles fins, ikke blir brukt som et hinder mot å ta tak i det vi allerede vet, og som kan brukes til å skape og vedlikeholde gode innemiljøer.



Nødrep

Helse og miljøhemming

Et innemiljø er godt bare når det er godt for menneskenes liv, helse og trivsel. Det vi ønsker aller mest for oss selv og våre barn, er at vi skal være sunne og friske. Det er dette vi legger i ordet helse; det betyr å ha både en sunn kropp med normale funksjoner og normal utvikling (fysisk helse) og et sunt sinn (psykisk helse) med trivsel og livskvalitet.

Et dårlig innemiljø kan gi sykdom og plager, nedsatt funksjon, dårligere læreevne, dårligere produktivitet, nedsatt trivsel og nedsatt livskvalitet for mange. Miljøforhold og særlig forhold i forskjellige innemiljøer kan gjøre bygninger og lokaler utilgjengelige på grunn av risiko for sykdom hos ganske mange med miljøhemming i befolkningen. Ifølge myndighetene skal miljøhemming likestilles med andre funksjonshemminger når det gjelder krav til tilgjengelighet.



Inneklimate + sosialt, psykologisk og intellektuelt miljø = innemiljø

Inneklimate og innemiljø

Inneklimateet omfatter de målbare fysisk-kjemiske faktorene som:

- termisk miljø (temperaturforhold), som er av betydning for menneskenes varmebalanse. Det består av fire omgivelsesfaktorer: lufttemperatur, strålingstemperatur, luftfuktighet og lufthastighet. Det er også to personfaktorer som spiller inn: personens aktivitetsnivå og bekledning.

- atmosfærisk miljø (lufta vi puster i), som er av særlig betydning for åndedrettet og for sykkelighet i luftveier og lunger, men også for andre organer. Omgivelsesfaktorene her er: gasser, damper, luktstoffer, partikler av levende organismer (biologisk støv som pollen, bakterier, virus, muggsopper og alger), partikler av dødt biologisk materiale (som middrester, muggsopper og hudavfall) eller uorganisk materiale (som jord og sand), organiske og uorganiske fibre. Hit hører også lufterlektriske forhold, som statisk elektrisitet og ladde partikler i lufta.
- aktinisk miljø (strålingsmiljøet), som er av betydning for belysning, elektromagnetisk miljø og organismeendringer i forbindelse med radioaktiv stråling, for eksempel radonstråling og el-overfølsomhet.
- akustisk miljø (lydmiljøet), som er av betydning for akustikk, lydoppfattelse og støypåkjenninger
- mekanisk miljø (utstyr i våre nære omgivelser inne), som har betydning i forhold til å pådra seg slitasjesykdommer, bli utsatt for fallulykker osv.

Innemiljøet omfatter inneklimate med tillegg av:

- estetisk miljø (appellerer til sansene), som angår spørsmålet om omgivelsene oppfattes som gode for våre sanser, vanligvis med hovedvekt på synsinntrykk
- psykologisk og sosialt miljø (opplevelse av tilhørighet), som omfatter samspillet mellom individet med de personlige og kulturelle forutsetninger den enkelte har, og omgivelsene med samlivs- og samarbeidsformer slik de oppleves av individene som oppholder seg der

Til enhver tid skjer det et samspill mellom forhold i det fysisk-kjemiske, det psykologiske, det sosiale og det estetiske miljøet og våre nedarvede og tilegnede egenskaper. I det følgende fokuserer vi mest på hvordan det fysisk-kjemiske miljøet – inneklimate – kan virke inn på vår fysiske helse.

De fleste helseskader, plager og sykdommer skyldes helt andre forhold enn inneklimate. Etter egenrapporter å dømme er det imidlertid et betydelig antall tilfeller der noe i inneklimate fører til eller medvirker i større eller mindre grad til plager og sykdommer. Da er det nødvendig å undersøke både personen og inneklimate. Oppgaven blir å finne om det er sammenheng mellom plager og sykdom hos pasienten og forhold i inneklimate. Å stille en presis sammenhengsdiagnose er vanskelig, og kan være umulig i praksis. Vi må ofte nøye oss med hva som er mest sannsynlig.

Det beste er selvsagt å lage inneklimate slik at det

er minst mulig skadelig. For å nå det målet, må vi forstå hvordan forhold i inneklimate kan påvirke livsfunksjonene hos et menneske og bruke gode, gjennomtenkte tekniske løsninger.

Symptomene

En rekke symptomer på dårlig inneklimate går igjen. Hos et stort antall mennesker med allergier og andre former for overfølsomhet, spesielt astma, kan forekomst av allergener og irriteranter i miljøet utløse vanlige overfølsomhetssymptomer. Men også mennesker uten kjente allergier eller annen overfølsomhet kan bli mer eller mindre syke i dårlig inneklimate – ofte kalt inneklimate sykdom. Forskere bruker betegnelsen «inneklimate relaterte symptomer og plager» på denne tilstanden, men de som er rammet av det, beskriver tilstanden slik at begrepet «sykdom» er rettferdiggjort. Derfor brukes i det følgende ordet inneklimate sykdom, men vi gjør oppmerksom på at det ikke er noen akseptert medisinsk diagnose.

Noen av symptomene på inneklimate sykdom er knyttet til kroppens slimhinner:

- irritasjon i øyne, hals og nese
- stadig snue og tetthet i nese og bryst
- tørrhetsfølelse i slimhinnene
- stadige luftveisinfeksjoner
- hoste
- heshet

Noen får symptomer på huden:

- tørr og irritert hud
- utslett i ansiktet eller på kroppen

Mange får symptomer som er mer generelle:

- hodepine
- tunghet i hodet
- unormal trøtthet
- kvalme
- følelse av å være uvel
- svimmelhet
- konsentrasjonsproblemer
- oppfattelsesproblemer
- hukommelsesproblemer
-

Dette er symptomer som opptrer hos personer som er overfølsomme for lukter (duftintoleranse). Noen får symptomer som er så uttalt at personen kan føle seg helt utslått i flere dager. Slik kan det likne forgiftning.

Alle disse symptomene kan føre til redusert arbeidsevne. I verste fall kan arbeid i hus med inne-

klimaproblemer føre til så store problemer at personer blir erklært arbeidsskadde.

Problemer med dårlig inneluft synes å kunne ramme alle grupper mennesker – barn, eldre, kvinner og menn. Alle blir ikke nødvendigvis rammet i et hus med inneluftproblemer. Det er helt individuelt. Noen reagerer sterkt, andre mindre, mens en del ikke får noen symptomer. Vanligvis er barn mest sårbare for skadevirkninger, men det er ukjent i hvilken grad småbarn rammes av dårlig inneluft.

Kunnskap om sammenhengen mellom helseproblemer og dårlig inneluft har økt de siste årene. Går man noen år tilbake, er det klart at disse problemene ble tillagt andre årsaker enn innelufta. Dette var naturlig, ettersom slike allmennsymptomer kan ha helt andre årsaker. Det er liten grunn til å mistenke at innelufta er årsaken til ett eller flere av disse symptomene, med mindre plagene klart er knyttet til opphold i en bestemt bygning og/eller mange rammes i samme bygning. Ved duftintoleranse betyr innredninger og ventilasjon en del, men det er medmenneskers holdninger og atferd som betyr mest. Utstrakt bruk av parfyme er et eksempel på det.

Hus med inneluftproblemer

Hus med inneluftproblemer blir ofte gitt den uheldige betegnelsen «syke hus». Uttrykket, som kommer fra det engelske «sick building syndrome», er ikke særlig presist, ettersom det er menneskene som får problemer, ikke husene. Det vil heller ikke være særlig lett å avgjøre når et hus er «sykt» eller «friskt», ettersom symptomene kan være sterke eller svake, og ulike brukere opplever innelufta forskjellig. Andre begreper man kan støte på, er «building related illness», «problemhus», «inneluftsyke», «inneluftmasykdom», «inneluftrelaterte plager og symptomer», «multiple chemical sensitivity (MCS)» og «idiopathic environmental illness (IEI)», duftintoleranse og kjemisk miljøintoleranse.

Her har vi valgt å snakke om hus med inneluftproblemer, men når vi omtaler helsevirkningene, kan vi også bruke betegnelsen «inneluftmasykdom».

Allergi, astma og andre sykdommer som kan ha sammenheng med hus med inneluftproblemer, berører ikke bare enkeltpersoner, men er et stort samfunnsproblem. Stortinget besluttet derfor i 1994 (Stortingsmelding nr. 37 (1992–93)), at tiltak mot «allergier, astma og inneluftmasykdommer» skulle være prioriterte satsningsområder i en femårsperiode. Dette er forlenget, og Helse- og omsorgsdepartementet har utarbeidet en nasjonal strategi for perioden 2008–2012 med tiltak for å redusere inneluftproblemer med særlig vekt på å forebygge astma og allergi.

Overfølsomhet, allergi og astma øker

Overfølsomhetssykdommer fins i alle grader fra bagatellmessige til livstruende og/eller invalidiserende.

Slimhinnereaksjoner i øyne og nese er vanlige symptomer på overfølsomhet. Hevelse av slimhinnene i strupen forekommer også og får stemmen til å bli hes eller forsvinne. I sjeldne tilfeller kan slik hevelse være et livstruende hinder for pusten.

Astma og astmaliknende reaksjoner hører til de alvorligste og vanskeligste reaksjoner på dårlig inneluft. De fleste tilfellene skyldes allergi, hyperreaktivitet eller begge deler i bronkiene. Allergiske sykdommer fins på et eller annet tidspunkt hos ca. 40 % av befolkningen.

I de tilfeller der eksem kan settes i forbindelse med inneluftproblemer, dreier det seg som oftest om eksponering for svevestøv og opptrer først og mest i ansiktet, på hendene og på armene, men det kan også opptre ellers på kroppen. Elveblest og dype hevelser i huden kan forekomme, men skyldes vanligvis ikke innelufta. Noen har kontaktallergi mot for eksempel krom eller nikkel og kan få eksem ved å ta på håndtak og utstyr av metaller de ikke tåler.

Det har vært en betydelig økning i overfølsomhetssykdommer de siste tiårene. Særlig er det registrert en dramatisk økning av astma, med en fordobling de siste 15–20 årene. Økning er vist i mange land, men med en tendens til avflating de aller siste år. Noen entydig og sikker forklaring på dette har vi ikke, men mye tyder på at det har sammenheng med luftforurensninger og livsstil, og at innelufta kan ha en del av skylden.

Noe av økningen av allergi og astma skyldes trolig en tendens til økt forekomst av mikroorganismer (midd, muggsopp og bakterier) i en del boliger som følge av for dårlig ventilasjon, mer fuktig luft i visse områder, og høyere innetemperatur.

Forurensningsnivået i utelufta kan være en årsak til at astma og snue er mer alminnelig i storbyer enn på landsbygda. Nyere epidemiologiske undersøkelser med oppfølging av barneastmaprosjektet i Oslo har vist at astma har vært opplevd av hele 20 % av barn der, mens undersøkelser ellers i landet viser en forekomst rundt 10–12 %. I 1950-årene var forekomsten av astma 1–2 %. Pollenallergier er også mer vanlig i byer enn på landet.

I Sverige har astma og allergisk snue økt mer i Norrland enn lenger sør. Det kan tolkes som en følge av at de lange vintrene fører til mer inneliv og større virkning av forverrende inneluftforhold. Barn som er født om vinteren, får flere problemer med overfølsomhet enn andre barn. Det kan ha sammenheng med at de oppholder seg mer inne den første tiden.

Oppmerksomheten rundt inneklimateproblemer øker

For bare førti år siden ble det skrevet lite eller ingenting om inneklimateproblemer. De første tiårene etter krigen var preget av stort volum og mye hastverksarbeid på nybyggingssiden. De konkrete, bygningsmessige problemene som oppsto, for eksempel bygnings-skader knyttet til fukt, råtesopp eller dårlig inneluft, var nokså lette å forstå. Man tenkte imidlertid lite på at problemene kunne ha helsemessige konsekvenser for brukerne av bygningene.

Når nye typer problemer dukket opp på begynnelsen av 1970-tallet, var signalene mer uforklarlige. Oppmerksomheten ble rettet mot helseproblemer i blant annet barnehager og kontorlokaler. Formaldehydavgassing fra bygningsmaterialer og helsefare knyttet til asbest fikk mye spalteplass i avisene.

Verdens helseorganisasjon (WHO) fulgte denne utviklingen. I 1982 slo de fast at det var en sammenheng mellom de såkalte «syke hus»-symptomene og inneklimate i bygningene våre. Noe senere kom meldingen fra Verdens helseorganisasjon om at «god inneluft er en menneskerettighet». Senere har rapporter om dårlig inneklimate bare økt i antall. De som er direkte berørt av spørsmålene, som leger, forvaltere og verneombud, har for lenge siden akseptert at det er sammenheng mellom symptomene og inneklimate. Byggmesteren eller entreprenøren som har overlevert et godkjent bygg, har ofte problemer med å forstå hva som hender når brukerne etter kort tid begynner å klage. De som prosjekterer har liten kontakt med bygget etter at det er ferdig, men for tiltakshaveren (byggherren) og brukerne er det et stort problem når det oppstår inneklimateproblemer.

Den naturlige første reaksjonen er å skyve problemene under teppet eller skylde på noe annet. Erkjennelsen av at man har fått et inneklimateproblem på halsen kommer som regel over tid og blir etter hvert så påtrengende at noe blir gjort. Problemer fører nesten alltid til økte kostnader. I 2007 ble de årlige ekstrakostnader knyttet til byggeslurv og -feil anslått til ca. 15 milliarder kroner. En stor andel av disse feilene fører til inneklimateproblemer. Noen problemer skyldes også feil bruk.

For framtiden vil det være av avgjørende betydning at alle aktørene som er involvert i planlegging, bygging og forvaltning er seg sin rolle bevisst i arbeidet for å redusere inneklimateproblemer.

Inneklimateproblemer er ikke noe nytt

Det hevdes at alt var mye bedre i gamle dager. Dette er nok en sannhet med svært mange modifikasjoner – også når det gjelder innemiljøet. Vi trenger ikke å

gå mange tiår tilbake for å finne at folk flest bodde i hus som var kalde, trekkfulle og fuktige. I tillegg var det trangboddhet, dårlige sanitære forhold og plager med rotter og veggdyr. Det er liten tvil om at det var klare sammenhenger mellom boforholdene og flere av de vanligste sykdommene på den tiden.



Oppmerksomheten rundt inneklimateproblemer

Tidligere ble det brukt materialer og beskyttelses- og impregneringsmidler med mulig helserisiko. Eksempler er asbest, arsenikk, steinkulltjære og blymønje. Vi lærte å mestre de fleste av disse problemene ved utvikling av byggeteknikken fram til 1960-tallet. I den rivende utviklingen som siden har skjedd, blant annet med en mangedobling av antall bygningsmaterialer der det forekommer en rekke nye kjemiske stoffer, og en nedkorting av byggetiden, har vi nok i for stor grad oversett utfordringene knyttet til å skape og ivareta et godt innemiljø.

Hvorfor kan det gå galt?

Byggets kvaliteter avhenger av riktige beslutninger og riktig utførelse i alle fasene av byggeprosessen, inkludert drifts- eller bruksfasen. Erfaringer viser at det er mange risikoområder:

- Manglende bestillerkompetanse. Beslutningstakere og ledere mangler ofte kompetanse i ett eller flere aspekter av byggeprosessen. En viktig side av dette er ofte at manglende kompetanse omfatter manglende innsikt i at man mangler kompetansen. Kommunikasjonen er ofte for dårlig mellom involverte parter og tilgjengelig ekspertise.

- Beliggenhet, beslutning og finansiering. Økonomiske eller andre hensyn fører til at det bygges på tomter som er særlig utsatt for forurenset uteluft, trafikkforurensninger, trafikkstøy eller store klimabelastninger med risiko for fuktskader. Forventede klimaendringer kan komme til å gjøre stor skade hvis det ikke vises større omtanke.
- Planfase og prosjektering. Det legges ensidig vekt på enkelte elementer, slik at krav som er viktige for å oppnå et helhetlig godt innemiljø ikke blir ivaretatt. Det prioriteres løsninger som umiddelbart kan virke økonomisk eller på annen måte fristende, men som ikke er dokumentert trygge. Det stilles ikke klare funksjonskrav til produktene.
- Materialvalg og kontroll. Materialvalg bygger ikke på tilstrekkelig og tilfredsstillende dokumentasjon når det kommer til emisjoner og fuktegenskaper. Materialer velges ut fra estetiske og ikke driftsmessige kriterier, noe som blant annet kan medføre renholdsproblemer. Det sikres ikke mot fuktskader under transport og lagring eller oppsetting. Hastverk fører til bruk av for ferske materialer.
- Bygging og hastverksarbeid. Krav til «Rent bygg» fravikes. Det tillates i praksis for mye hastverksarbeid og slurv, fordi det er for dårlige kontrollrutiner. Tidspress fører til manglende uttørking og utbaking. Det slurves med detaljer som gir risiko for luftlekkasjer og fuktinntrenging. Tidsnød øker risikoen for dårlig håndverk.
- Overlevering. Det kontrolleres ikke at bygningen er tilfredsstillende rengjort og at alt er gjennomført etter kravspesifikasjonene. Det sørges ikke for tilstrekkelig uttørking og utbaking før bygningen tas i bruk.
- Bruksbetingelser og begrensninger. Teknisk utstyr har mangelfulle bruksanvisninger. Brukerne får ikke tilstrekkelig veiledning i for eksempel hvordan materialene skal vedlikeholdes og rengjøres. Informasjonen om begrensninger er mangelfull, ikke minst vedrørende luftskifte.
- Innkjøringsfase. Manglende veiledning av brukere og driftspersonale. For lavt luftskifte i forhold til emisjoner og belastning av brukere
- Forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU). Krav til et godt innemiljø ignoreres eller nedprioriteres.
- Økonomi (gjennom alle faser). Det gjøres kortsiktige og uheldige økonomiske prioriteringer, blant annet i forhold til kortest mulig byggeperiode og feilaktig energiøkonomisering.
- Kvalitetssikring gjennom alle faser. Ansvarlig kontrollerende følger ikke opp ansvaret sitt i forhold til oppgavene.

- Bruk, brukere og brukervedvirkning. Bygninger og/eller lokaler belastes ut over bygningens og lokalenes forutsetninger, blant annet i balansen mellom forurensninger og fjerning av dem med tilstrekkelig renhold og ventilasjon.

Størrelsen på problemet

En rekke undersøkelser antyder at problemene med inneklimate relaterte helseplager er store. En undersøkelse gjort i skoler i Vest-Agder så tidlig som i 1977 viste for eksempel at 45 % av CO₂-målingene i klasserommene lå over Helsedirektoratets normer. Overskridelse av normen for CO₂-verdien er en indikasjon på at frisklufttilførselen ikke er tilfredsstillende. 5 % av elevene ga uttrykk for at det var for varmt i klasserommene, og 67 % mente det var dårlig luft/lukt. 25 % av barnehagene bygd i Stockholm på slutten av 1970-tallet og begynnelsen av 1980-tallet har hatt inneklimate problemer. En landsomfattende norsk undersøkelse i 1990-årene viste at over 40 % av barns inneklimateforhold var i strid med anbefalte faglige normer for inneklimate og potensielt helseskadelig.

De siste tiårene er det gjennomført flere undersøkelser av barnehager og skoler rundt om i landet som har vist tilsvarende nedslående inneklimateforhold, men mange kommuner er nå godt i gang med å rehabilitere gamle barnehager og skoler og bygge nye.

Det er ikke bare i Norge det har oppstått problemer med inneklimate. Tilsvarende problemer er rapportert fra de andre nordiske landene, og fra en rekke industriland verden over. Man hører fra tid til annen påstander om at problemene kan knyttes direkte til de kravene vi har til våre bygninger når det gjelder for eksempel varmeisolering og tetthet. Dette er neppe helt riktig. Den internasjonale utbredelsen viser at problemene utvilsomt også har sammenheng med moderne byggeprosesser i de industrialiserte landene.

Det er vanskelig å fastslå hvor omfattende inneklimateproblemene er. Verdens helseorganisasjon (WHO) har anslått at 10–30 % av nye og ombygde hus gir helseproblemer. I Norge har SINTEF Byggforsk gjennomført en spørreundersøkelse som har kartlagt hvordan et representativt utvalg av den norske befolkningen opplever inneklimate og egen helsetilstand:

- Svært mange (89 %) oppfatter inneklimate i boligen som meget godt eller ganske godt.
- Relativt mange oppgir imidlertid at de ofte (hver uke) har en helseplage som kan ha sammenheng med innemiljøet. 14 % oppgir å ha et allmennsymptom (for eksempel tung i hodet), 12 % et slimhinneproblem (øye/nese/hals), og 9 % en hudplage.

- 15 % har plager som de mener skyldes inneklimate på arbeidssstedet.
- Oslo skiller seg ut på landsbasis, med mange helseplager og klager på inneklimate.
- Skoler/barnehager og sykehjem/institusjon/hotell er institusjoner med spesielt mye helseplager og problemer.
- Kvinner oppgir flere helseplager og klager på inneklimate enn menn.

I nye undersøkelser av arbeidsmiljøet i kontorbygninger gjennomført av Statens arbeidsmiljøinstitutt, ble et spørreskjema besvart av 3 562 ansatte som arbeidet i til sammen 32 bygninger der inneklimate ble kartlagt. Spørsmålene gjaldt de ansattes opplevelser av arbeidsmiljøet, arbeidsmengde, inneklimate og om eventuelle symptomer og helseplager i arbeidstiden.

I henhold til svarene opplevde omtrent 20 % av kvinnene og 10 % av mennene inneklimate relaterte helseplager (inneklimate sykdom) med én eller flere av følgende plager:

- «tung i hodet»
- hodepine
- unormal trøtthet
- kvalme/svimmelhet
- konsentrasjonsproblemer
- irriterte slimhinner i øyne og nese
- hoste
- tørr hud
- kløe

Dette var mest uttalt hos ansatte med kjent allergi. Det var overhyppighet av plager i kontorer som ble rengjort sjelden i forhold til kontorer med hyppigere rengjøring. Dårlig temperaturkontroll medvirket også.

Blant ansatte som rapporterte helseplager, ble det for hver problemstilling plukket ut et hundretall personer for fortsatte studier. De ble delt inn i to grupper der den ene fungerte som kontrollgruppe. I dette intervensjonsforsøket ble det særlig lagt vekt på renholdet, og bedre renhold resulterte i at færre rapporterte plager.

Fysiske målinger og ytterligere spørreundersøkelser på et utvalg av arbeidsplasser og boliger må til for å få et korrekt bilde av omfanget av innemiljøproblemene. Det bør også undersøkes i hvor stor grad problemene som folk oppgir, skyldes miljøfaktorer som psykososiale forhold eller livssituasjon.

Forurensninger i utelufta

Medaljen har alltid en bakside. Når det gjelder vår velstandsutvikling, får vi problemer som følge av de forurensningene vi selv og andre produserer. Utelufta,

som er vår eneste kilde til friskluft inne, kan i tillegg til pollen, muggsoppsspore og annet naturlig støv inneholde forurensninger fra industrielle prosesser og avgasser fra biler og fyringsanlegg. Det betyr varierende konsentrasjoner av blant annet svoveldioksid, nitrogendioksid, PAH, karbonmonoksid og ozon i utsatte områder. Strengere krav har ført til mindre forurensninger fra industrien, mens trafikkforurensninger har økt mange steder. For de som lider av hjerter-/karsykdommer, astma, andre kroniske lungesykdommer, allergier eller annen overfølsomhet, kan forurensningene medføre alvorlige problemer. En indikasjon på dette er at allergier er vanligere i de tetttest befolkede områdene, hvor nivået av luftforurensninger er høyere enn på landet. Byggeindustrien har selv en betydelig innflytelse på samlet forurensning av utemiljøet.

Spørsmålet er i hvilken grad disse forurensningene spiller en rolle når det gjelder bygninger med dårlig inneklimate. I sterkt belastede byområder kan uteluftforurensninger gi et bidrag til dårlig inneluftkvalitet.

Det arbeides med å redusere de forskjellige forurensningskildene både lokalt og i global sammenheng. Ingen kan i dag si noe sikkert om hvilke forurensningsnivåer vi må leve med i framtiden.

Kvaliteten på innelufta er viktig

Et voksent menneske forbruker rundt 1 kg mat og vel 1,5 kg væske per døgn. Det puster også inn 12–15 kg luft per døgn. Barn forbruker relativt mer luft i forhold til kroppsvekten. Lufta må vi ha fordi vi trenger oksygenet der. Luft inneholder ellers nitrogen og karbondioksid, men også mindre mengder av mange andre gasser og mange typer partikler. Selv skiller vi ut mye karbondioksid (CO₂) og vanddamp til lufta gjennom lungene.

De fleste av oss er inne omtrent 90 % av tiden. Derfor blir innemiljøet og innelufta, spesielt i boliger, svært viktig. Lufta inne kommer utenfra, og kvaliteten på utelufta betyr derfor en god del. Likevel er det i de fleste tilfeller forurensningene som kommer til inne som først og fremst bestemmer kvaliteten på innelufta. Viktige faktorer her er blant annet kjemikalier som avgasser fra materialer, bruksgjenstander, husholdning, støv, innendørs aktiviteter, temperatur, fuktighet, renhold og ventilasjon.

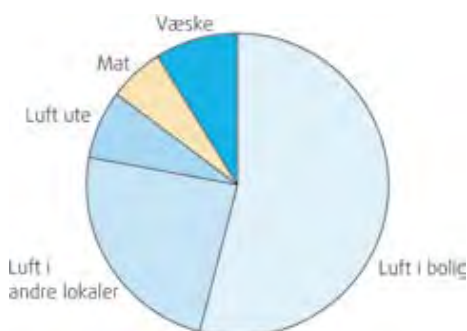
Innemiljøet skal virke positivt både for helse og trivsel. De enkelte miljøkomponentene må derfor vurderes med hovedvekt på helse. Innemiljøet skal ikke føre til nedsatt forsvar mot infeksjoner, det skal ikke føre til økt risiko for utvikling av allergi og andre overfølsomhets- eller irritasjonsreaksjoner, og det skal sti-

mulere til fysisk og psykisk trivsel. Dette krever at det tas en god del generelle hensyn.

Tobakksrøyk, parfyme og andre lukt-ende forurensninger

Menneskene hører selv med til de største forurensningene innendørs. Når vi tenner stearinlys eller parafinlamper, avgis små mengder forurensninger, blant annet karbonmonoksid (CO).

Tobakksrøyk er en av de få forurensningskildene hvor det er påvist en klar sammenheng mellom eksponering og helseskade. Hvis noen tenner en sigarett, sprer et stort antall av ulike forurensninger seg i lufta. En brennende sigarett gir fra seg over 4 000 kjemiske stoffer i tillegg til nikotin. De fins i og på mengder av fine partikler som kan pustes dypt inn i lungene og frigis derfra til blodomløpet. I tillegg til at den som røyker får økt risiko for lungekreft, gir røyken andre i lokalet problemer med øyne og slimhinner og forverrer astma hos de fleste som lider av denne sykdommen. Undersøkelser viser at barn til foreldre som røyker, oftere utvikler astma. Den passive røykingen gir skader i slimhinnene som trolig gjør dem mer motakelige for forurensninger og allergener.



Forholdet mellom inntak av mat, væske og luft



Forholdet i tid mellom oppholdssteder gjennom livet

Hos et barn som har vært utsatt for passiv tobakksrøyking, kan man påvise nikotinrester (kotlinin) i urinen neste dag. Konsentrasjonen av dette i urinen er litt lavere enn hos den som røyker selv, men i forhold til kroppsvekten hos den voksne røykeren, blir det ikke så stor forskjell. Dette er et eksempel på at kjemiske stoffer i lufta kan komme helt inn i kroppen vår gjennom lungene, og at de blir med i vårt indre kjemiske stoffskifte. Blant røykere er det i dag større forståelse for at de må ta hensyn til omgivelsene, men fremdeles fins det for mange unntak.

Velduftende parfymen oppleves nok av mange som tobakksrøykens rake motsetning. Dessverre har det vist seg at også parfymen utgjør en forurensning som skaper problemer for mange mennesker som lider av astma, inneklimesykdom, duftintoleranse og andre overfølsomhetstilstander. Vanlige parfymen kan gi avdunstinger fra 200–250 forskjellige kjemiske stoffer. Ganske mange mennesker har på grunn av dette problemer med å reise kollektivt eller være tilstede i rom med mange mennesker, som kino eller teater. Parfyme er en viktig grunn til at mange mennesker er miljøhemmet. De møter hindringer også fordi mange av våre husholdningsartikler er parfymert, for eksempel såper, vaskemidler, rengjøringsmidler, oppvaskmidler, sjampoer og deodoranter.

Også mye annet som avgasser kan virke slik, for eksempel malings- og lakkluft, bonemidler, stearinos, duftlys, ovns- og peisrøyk, samt innestengt og dårlig luft.

Karbondioksid

Når mange personer er samlet i et rom med for lavt luftskifte, vil noen etter en stund få problemer med å konsentrere seg, bli trette og kanskje etter hvert utvikle hodepine. Personer med astma kan bli verre. I for eksempel forsamlingslokaler, klasserom og barnehager forekommer dette ofte.

I det dårlig ventilerte rommet øker konsentrasjonen av alle forurensninger. Karbondioksid, hovedsakelig fra menneskers utånding, har vist seg å være en god indikator på hvordan ventilasjonen fungerer i lokaler med mange mennesker. Klarer man å holde innholdet av karbondioksid i lufta nede, vil man samtidig også redusere andre luftforurensninger som kan påvirke oss negativt.

I Helsedirektoratets og Folkehelsas faglige normer for inneklime (se «Relevante internettsider» bakerst i kapitlet) er det angitt en maksverdi for karbondioksidinnholdet i lufta på 1 800 mg/m³. I praksis finner man ofte høyere konsentrasjoner, særlig i skoler og barnehager.

I bygninger med dårlig inneklime ser man ofte at

luftvekslingen er for dårlig og at dette fører til for høye konsentrasjoner av forurensninger og overskudd av fukt. Problemene knytter seg ikke nødvendigvis bare til dårlig luftskifte, men forurensningene i huset får større konsekvenser dersom ventilasjonen fungerer dårligere enn forutsatt. Med energiøkonomisering bygges hus tettere enn før. Det krever ekstra omtanke for luftskiftet.

Folk flest har dårlig evne til å registrere kjemiske stoffer i lave konsentrasjoner. Man merker «dårlig luft» når man kommer fra frisk luft inn i et avstengt rom med mange mennesker, men man venner seg fort til det. Mennesker med astma og hyperreaktive slimhinner kan imidlertid bli syke i dårlig inneluft. De kan fungere som «levende røykvarslere» for oss andre. Vi bør med andre ord ikke bare ta hensyn til dem, men også lytte til dem.

Bruken av kjemikalier øker

Ulike kjemiske forbindelser spiller en stadig større rolle i vår hverdag. De fins overalt – i bygg- og bruksmaterialer, i tannkrem, sjampo, klær, emballasje, husholdningsvarer og mat. I varierende grad og på forskjellig måte kan kjemiske produkter bidra til forurensning av lufta. Dette gjelder også bygningsmateriale- ne.

Det er lenge siden vi bygde med få og oversiktlige materialer som vi hadde århundrelang erfaring med. Nå inneholder våre bygningsmaterialer et titusentalls kjemiske stoffer, og det kommer stadig nye stoffer til. En god del av disse avgir avgasser til innelufta. Hit- til er det identifisert noen hundre lettflyktige organis- ke stoffer ved hjelp av gasskromatografi av inneluft i boliger. Med unntak av noen få kjemiske stoffer, kan forskerne imidlertid ikke svare på hvilke stoffer i lufta som kan føre til helseskader eller ubehag. I praksis er det umulig å kartlegge alle stoffenes innvirkning på mennesker. Her er det jo også store individuelle for- skjeller. Stoffene kan også gjensidig forsterke hver- andres effekter i kombinasjon med hverandre eller med partikler. Som en konsekvens bør man derfor forsøke å begrense antallet kjemiske stoffer som brin- ges inn og som kan avgasse til innelufta, og så langt som mulig unngå stoffer som kan være helseskade- lige. Vi må vise særlig omtanke for barns kjemiske hverdag.

Noen mennesker reagerer på meget lave konsen- trasjoner av stoffer som er vanskelige å måle. Det il- lustreres for eksempel av hvordan en katteallergiker kan reagere på en person som har hatt kontakt med en katt, selv om støvet fra katten verken kan ses el- ler luktes.

Også overfølsomhetsreaksjoner som ikke er aller-

gisk betinget, kan utløses av små mengder av for- skjellige kjemiske stoffer eller kombinasjoner av stof- fer. Ofte, men ikke alltid, knyttes forverring av astma med hyperreaktivitet og inneklimalysykdom til lukter. Både ved astma og annen miljøintoleranse kan plager utløses av svake lukter, uansett om andre opplever lukten som god eller vond. Alt som lukter, dreier seg om kjemisk aktive luftforurensninger, men forurens- ningene kan også være helt luktfrie. Forurensningene kan finnes i flyktig form eller bæres av støvpartikler i lufta som i sin tur fester seg til slimhinnene og utlø- ser reaksjoner. Både dårlig renhold og dårlig luftskifte kan derfor bidra til problemene.

På den ene siden må vi være forberedt på at det blir introdusert nye kjemiske stoffer i bygnings- og bruksmaterialer. På den andre side kan klarere krav til bruk av materialer med dokumenterte innemiljøeg- enskaper føre til redusert risiko. Risiko blir også min- dre med økt miljøbevissthet hos befolkningen og med utvidet bruk av helseorientert miljømerking.

Temperatur og fuktighet

Hvilken temperatur som er å foretrekke inne, er av- hengig av individuelle forhold som aktivitetsnivå og bekledning. Ved vanlig inneliv anbefales 20– 22 °C. Økes temperaturen noe særlig over dette ni- vået, kan det føre til nedsatt funksjonsevne. Under- søkelser viser at en økning av innetemperaturen med 4–5 °C fra ca. 22 °C reduserer arbeidsevnen, konsen- trasjonen og hukommelsen med 15–20 %.

Fuktinnholdet i lufta inne følger fuktinnholdet til utelufta, men ofte med litt tillegg fra fuktilder inne. Luftas evne til å holde på vann (angitt som relativ luft- fuktighet, RF) stiger imidlertid med temperaturen. Forholdet mellom fuktinnhold, temperatur og relativ luftfuktighet er nærmere beskrevet i kapittel 4 om fukt.

I de senere årene har vi sett en tendens til at man- ge holder unødig høy temperatur innendørs og at noen samtidig bruker luftfukting for å motvirke fornemmel- sen av tørr luft. Dette fremmer vekst av husstøvmidd og andre mikroorganismer. Innelufta skal derfor van- ligvis ikke fuktes. Det blir mest av dem der det er høy luftfuktighet (50–70 % RF) og relativt varmt (24– 26 °C). Høy temperatur med høy RF inne fører også til at innemiljøet blir dårligere – kanskje med flere ut- løsere for allergi, hyperreaktivitet, astma og innekli- malsykdom. Høy temperatur og fuktighet gir også økt avgassing av kjemikalier fra forskjellige materialer. Det øker risikoen for kondens og fuktskader på kjø- lige flater som yttervegg og vindu i den kalde årsti- den. Høy innetemperatur og luftfuktighet fører også til gode vekstbetingelser for muggsopper.

Rask byggetid, hastverksarbeid, slurv og dårlig kjennskap til bruken av de mange nye byggematerialene har også ført til økning av fuktskader på og i bygningskonstruksjoner. Dette gir gode vekstbetingelser for muggsopper. Fuktskadet innemiljø kan – både med og uten muggsoppvekst – bidra til utvikling og forverring av astma og til symptomer på inneklimalysykdom.

Muggsopper kan spre seg ved å sende myriader av soppsporer gjennom lufta. Soppsporer fins alltid i utelufta, unntatt i langvarige perioder med sterk frost. Antallet varierer kraftig med årstider og værforhold. Soppsporene følger med inn i bygninger sammen med utelufta. De skaper i seg selv ingen spesielle problemer, bortsett fra ved uttalt muggsoppallergi og annen spesiell sårbarhet.

Ved egnede fuktforhold kan soppsporene slå seg til slik at det utvikles ny muggsoppvekst inne. Under forskjellige faser av veksten produseres både store mengder nye sporer og ulike kjemiske stoffer som dels fins i støv og svevestøv (mykotoksiner og glukanner) og dels som flyktige, organiske komponenter i lufta. Når disse forurensningene pustes inn med inne-lufta, kan det skape helsemessige problemer. I tillegg forårsaker enkelte muggsopper mugglukt, som i seg selv kan representere en alvorlig plage. Det er stor forskjell mellom ulike arter og vekstbetingelsene når det gjelder belastningen på inneklimalyet.

Den sykdomsrisikoen som følger muggsoppvekst innendørs, er grunnlaget for at det i Helsedirektoratets og Folkehelsas faglige normer for inneklimalyet heter: «Muggsoppvekst og mugglukt skal ikke forekomme.»

En tredje skadeeffekt er den misfargingen som ofte opptrer ved vekst av muggsopp på kondensflater i boliger, for eksempel på yttervegger i soverom. Denne typen skader kan i noen tilfeller være bare et kosmetisk problem, men gir en entydig indikasjon på at det er fuktproblemer i rommet.

I noen sjeldne tilfeller fører feilaktig vedlikehold av befukteranlegg, dusjhoder og boblebad til den fryktede legionærsyken.

Radon og radondøtre

Radon utgjør en annen form for helserisiko. Radon i våre bygninger kommer fra radium 226, et radioaktivt grunnstoff som fins overalt i naturen. Mengden av radium i naturen kan imidlertid variere mye, avhengig av grunnforholdene. Radonforekomsten er nå kartlagt i store deler av landet, slik at de fleste risikoområdene er kjent av Statens strålevern. De har en egen nettside om radon med omfattende informasjon og

radonrapporter fra et stort antall kommuner (se «Relevante internettsider» bakerst i kapitlet).

Ved spalting dannes edelgassen radon. Radon i lufta binder seg til partikler som føres ned i bronkiene. Radon spaltes igjen til radondøtre. Ved spalting utsendes ioniserende stråling. Radondøtre kan feste seg til luftveiene, der de ved videre spalting blant annet sender ut alfastråling, som kan skade cellene med risiko for utvikling av lungekreft. Dette kan representere en fare for personer som bor lenge i boliger med høye konsentrasjoner av disse radioaktive gassene. Risikoen er størst hos personer som samtidig røyker. I motsetning til andre helseeffekter i forbindelse med dårlig innemiljø, oppstår ikke lungekreft akutt, men utvikles etter mange år. Vanligvis regner man med en latenstid på minst tjue år. Hva kombinasjonen av passiv røyking og radon fører til, vet vi ikke, men man frykter en noe økt risiko. Vi vet ikke noe om virkning og eventuell latenstid av dette på barn som bor og oppholder seg i hus med høye konsentrasjoner av radondøtre.

Normer for radonkonsentrasjon i beboelsesrom og hvilke tiltak som kan iverksettes for å redusere radoninntrenging er behandlet i kapittel 3 om bygningsutforming.

Et sammensatt problem

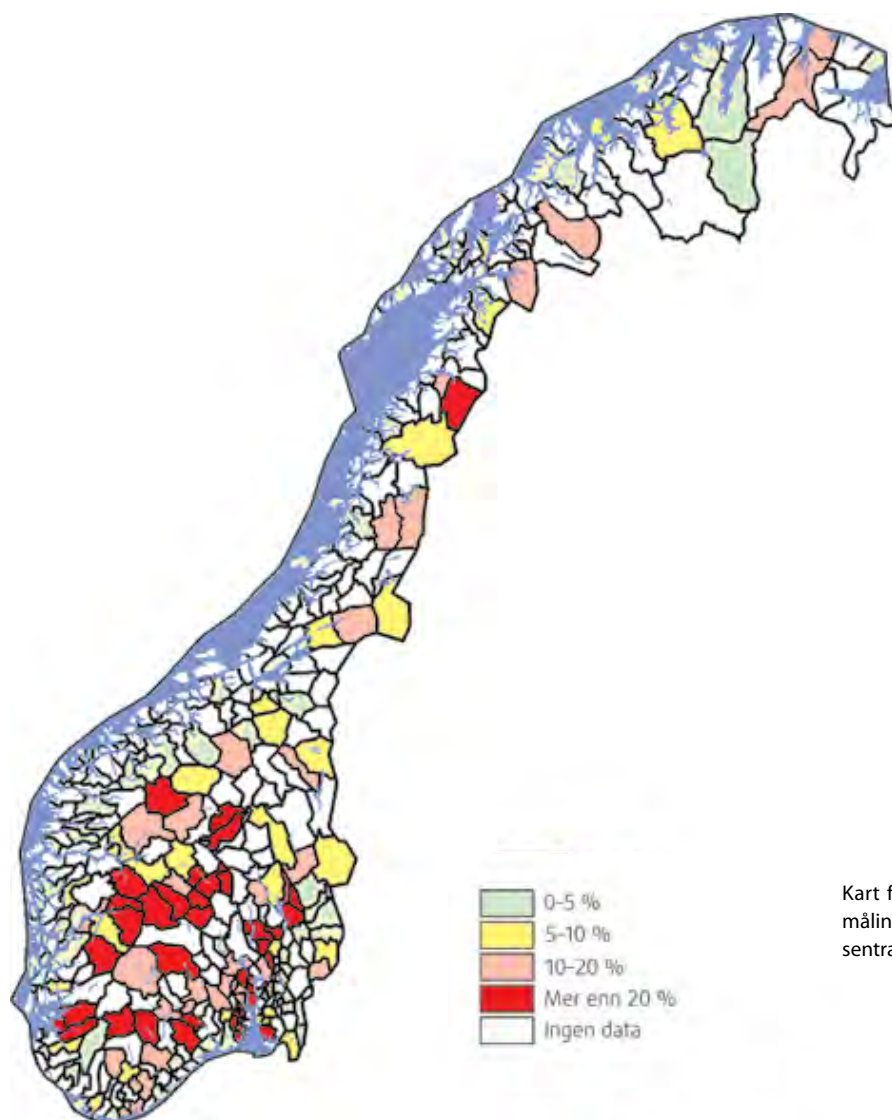
I dette kapitlet har vi lagt mest vekt på innemiljøfaktorer som partikler, kjemiske stoffer, temperatur, luftfuktighet, renhold og ventilasjon. Dette er vesentlige forhold for helse og trivsel, men også andre faktorer er viktige.

Trekk var og er den største plagen for mange i eldre hus. Det kan føre til blant annet muskelsmerter, hodepine, stive ledd og leddsmertor. Det kan også gi slimhinneirritasjoner med snue og nedsatt forsvar mot smitte. Ofte er det trekk og avkjøling langs golvet, og da har det lett for å ramme småbarn sterkest. Også i moderne og tette hus kan trekk være et alvorlig helseproblem. Da skyldes det ofte kaldras fra vinduer eller feilaktig utformede ventilasjonsanlegg.

Støy og dårlig akustikk kan skape irritasjon, uvel-fornemmelser og helseplager. Stadig flere boliger og arbeidsplasser blir lokalisert slik at støy fra blant annet veier, flyplasser og maskiner lett kan gi plager.

Gode lysforhold med mest mulig dagslys er også viktig for helse og trivsel.

Lukter fra forskjellige kilder ute eller inne kan skape store problemer. Vonde lukter kan skape mistrivsel og ergrelser hos de fleste av oss. De kan gjøre noen miljøer nesten uutholdelige. Luktesansen er vanligvis meget følsom. Egentlig signaliserer den at lufta er forurensset med kjemikalier i gass- eller dråpeform el-



Kart fra 2003 som illustrerer hvor stor andel av målingene i hver kommune som viser radonkonsentrasjoner over tiltaksnivået på 200 Bq/m³

ler i og på svevestøv. For mange med astma og hyperreaktive slimhinner i luftveiene, og for mange med andre former for miljøintoleranse kan slike kjemikalier i meget lave konsentrasjoner utløse og forverre sykdom, selv om andre ikke legger merke til lukten eller syns det lukter godt.

Også estetiske, psykologiske og sosiale forhold spiller en stor rolle for vår helse og trivsel. Kropp og sinn hører uløselig sammen. Personer som trives dårlig i et rom eller i en arbeidssituasjon, opplever ubehag i et dårlig innel klima sterkere enn de som trives godt. Det er viktig å kjenne til dette, slik at en for eksempel ikke bruker unødig store ressurser på å sanere en arbeidsplass hvor et høyt konfliktnivå kanskje er hovedårsaken til plagene. Det er imidlertid viktig å ta de ansatte på alvor og vise vilje og evne til å rette på åpenbare fysiske feil. Det fins mange fallgruver på dette området. Relevant kunnskap og kompetanse er ofte mindre enn mange later til å tro.

Hensyn å ta

Når det gjelder luftforurensninger, er pasienter med astma særlig utsatt for å bli syke. De er «risikoindivider». Også for mange med inneklimate sykdom og liknende overfølsomhet betyr mange luftforurensninger risiko for sykdom og miljøhemming. I perioder av livet er imidlertid alle risikoindivider. Som nyfødte, spedbarn og gamle har vi økt risiko på grunn av forskjellige sykdommer som rammer oss og i perioder nedsetter vår allmenntilstand og motstandskraft.

Barn er risikoindivider fordi fysisk, fysiologisk, biokjemisk og immunologisk motstandskraft ikke er ferdig utviklet. Samtidig er de i sterk utvikling, slik at sykdom kan gjøre skade ved å forstyrre viktige faser av utviklingen. Dessuten er barn små, slik at dosene av forurensninger er forholdsmessig større per vekt enhet enn for voksne. Barn er også mer i aktivitet enn voksne og vet heller ikke å passe seg for risikomiljøer og -situasjoner.

Man må tilrettelegge, bruke og vedlikeholde innemiljøet med hensyn til at over halvparten av befolkningen har anlegg for allergiske sykdommer. En stor andel har også astma eller risiko for denne sykdommen eller andre former for sykdomsframkallende overfølsomhet. Det bør være slik at bare brukerne selv under eget ansvar – og bare de – kan føre stoffer som kan gi sykdom og plager inn i innemiljøet.

Til bygging, utbedring eller oppussing bør man velge materialer som det er gode erfaringer med og som har tilfredsstillende varedeklarasjon.

Man må gjøre betingelsene for formering og vekst av husstøvmidd og muggsopp så dårlige som mulig ved å unngå høy fuktighet og fuktskader. Dette stiller krav til både materialvalg, konstruksjoner, innredning, gjennomføring av selve byggeprosessen, bruk og aktiviteter inne, renhold og ventilasjon.



Innemiljøet må behandles som en sammensatt helhet.

Les mer

- Bakke, J.V. (red.). Sunne hus. Oslo, 2005
- Blom, P., Levy, F. og Skåret, E. Omfanget av inneklimaproblemer i Norge. Prosjektrapport nr . 97, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 1992
- Helse- og omsorgsdepartementet. Nasjonal strategi for forebygging og behandling av astma- og allergisykdommer. 2008–2012
- Mattsson, J. Muggsopp i bygninger. Forekomst, påvisning, vurdering og utbedring. Oslo, 2004
- Skyvberg, K. mfl. Symptoms prevalence among office employees and associations to building characteristics. Indoor Air 2003, Oslo, s. 246–252
- Statens forurensningstilsyn (SFT). Barns kjemiske hverdag. Brosjyre utgitt med faglig hjelp fra Mattilsynet. Oslo, 2000
- Stortingsmelding nr. 37 (1992–93). Utfordringer i helsefremmende og forebyggende arbeid
- Aas, K. Godt innemiljø for barn. Veiledning til kartlegging og tiltak. Kristiansand, 1999
- Aas, K. Godt inneklima. Håndboken for hjemmet [Publiseres i 2009]
- Aas, K. og Levy, F. Hus og Helse. Hva legen vet om innemiljø. 4. rev. opplag. Oslo, 1997
- Aas, K., Birkeland, G., Bull, H.J. mfl. Skadesanering i bolighus etter brann- og fuktskader. Klæbu, 2005

Relevante internett-sider

- Barns kjemiske hverdag: www.sft.no/publikasjoner/kjemikalier/
- Duftintoleranse: www.inneklima.com
- El-overfølsomhet: www.allergiviten.no/
- Faglige normer for inneklima: www.fhi.no/dav/
- God inneluft er en menneskerettighet(WHO): www.innemiljo.net
- Irritanter: www.allergiviten.no/
- Kjemisk miljøintoleranse (MCS/IEI): www.allergiviten.no
- Legionærsyken: www.forskning.no/artikler/2003/august/
- Miljøhemming: www.dok.no
- Radon (Statens strålevern): www.nrpa.no
- Økning av astma: www.allergiviten.no

2 Helse

Dette kapitlet forklarer hvordan kroppens forsvarsmekanismer fungerer i forhold til de miljøpåkjenningsene vi utsettes for, følgene av dårlig innelima og hvilke overfølsomhetssykdommer vi kan pådra oss. Målet er å gi en forståelse av hvor viktig det er å ta hensyn til helsen når beslutninger tas på de forskjellige stadiene i byggeprosessen.

LIV ER KJEMI – OG NOE MER	22	INNEKLIMASYMPTOMER	27
FORSVARSSVERK.....	22	Infeksjoner i luftveiene.....	27
Hud	22	Hudproblemer.....	28
Slimhinner.....	23	Slimhinneirritasjoner	28
Transportbåndet for luftforurensninger – flimmerepitel	24	Generelle plager og vanlige symptomer	28
Kjemi og celler i samarbeid og kamp.....	25	Flere typer fysisk overfølsomhet.....	28
Andre forsvarssystemer.....	25	TRE TYPER FYSISK OVERFØLSOMHET	29
DOSE–EFFEKT OG TÅLEGRENSER.....	26	ALLERGENKILDER I INNEKLIMAET	32
Generelt	26	HUSSTØVMIDD.....	32
Forskjell og variasjon i toleranseterskler.....	26	IRRITANTER I INNEKLIMAET.....	33
FØLGER AV DÅRLIG INNEKLIMA.....	27	REGISTRERING AV PLAGER	33

Liv er kjemi – og noe mer

Innemiljøet er vanligvis svært sammensatt og mangfoldig. I moderne tid har det blitt mer og mer komplisert. Menneskekroppen, vårt indre og våre livsfunksjoner (biologien) er likevel enda mye mer sammensatt, mangfoldig og komplisert. Det at du lever, fungerer, tenker, sanser og føler, skyldes et fantastisk og imponerende samspill av kjemiske krefter og reaksjoner inne i deg. Et hvert menneske er en fabelaktig skapning sammensatt på en utrolig fin måte av forskjellige organer (hud, lunger, hjerte, lever, hjerne, nervesystem, øyne og mange flere). Organene består av forskjellige typer vev (som muskelvev, levervev, blodårer og nervevev), og vevene er bygd opp av et mangfold av forskjellige slags celler. Organene, vevene og cellene har forskjellige oppgaver og bestemte funksjoner i livet. Dette gjennomfører de ved hjelp av kjemi.

Liv er kjemi. Denne kjemien er motstandsdyktig og romslig på mange måter, men den er også sårbar. Vi må ta hensyn til den på en fornuftig måte. Hensyn tar vi både med mat og drikke og med lufta vi puster i, og med alt vi omgir oss med både ute og (særlig) inne.

Vi må hele tiden ha oksygen (O_2) for å skape energi; vi må ha vann (H_2O), og vi må ha næring, mineraler og en rekke spesielle kjemiske stoffer utenfra. Det vi får inn i oss, inneholder imidlertid mye som vi ikke har bruk for, og det gjelder også mye av det vi puster inn. Vi får inn mange slags støvpartikler, bakterier, virus, soppsporer, pollen, alger og mye annet fra naturen selv. Vi får i oss mengder av kjemiske stoffer, både naturlige og kunstig lagde. Mye er helt uskadelig, men noe av det kan skade oss i større eller mindre grad.

Heldigvis er vi utstyrt med en rekke forsvarssys-

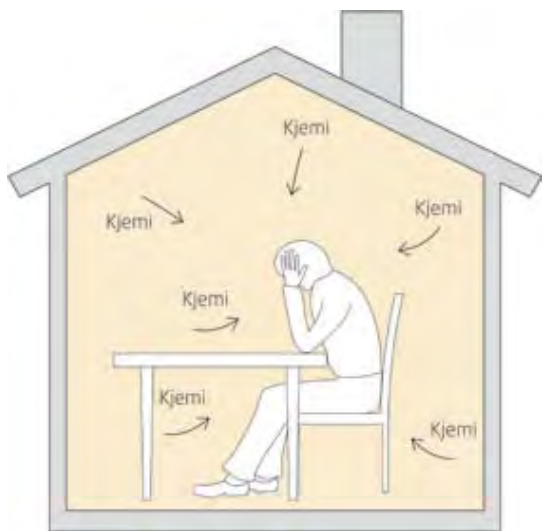
temer, og vi har bygd inn mange reserver i vår egen kjemi. Vi har fysiske forsvarsverker i alle overflatene mot omverdenen – i hud og slimhinner. I slimhinner og inne i oss har vi utpekulerte rensesystemer og en mengde forskjellige forsvarsceller og tusentalls motstands- og hjelpestoffer til å holde kroppen frisk og i funksjon.

Forsvarsverk

Vi har flere lag beskyttelser mot uheldige eller skadelige forhold i ute- og innklimaet. De to ytterste, huset og klærne, lager vi selv. Det meste er medfødt og kan forsterkes (eller svekkes) etter hvert.



Fysiske forsvarsverk



Liv er kjemi.

Hud

Huden er egentlig et fantastisk organ. I tillegg til å være en myk og føyelig beskyttelse for vevene innenfor, er den utstyrt med evner til å regulere temperaturen, til å varsle farer og ubehag, til å signalisere med farger og lukter, og til å oppfatte og formidle nærhet, ømhet og kjærlighet. For å få til dette har den en masse følere og nerver, og den er utstyrt med tallrike kjertler med noe forskjellige oppgaver. Normal funksjon av kjertlene er viktig for hudens forsvar blant annet mot bakterier, gjennom stoffer som skilles ut av svette- og talgkjertler. Videre er det nødvendig med normal kjertelfunksjon for å holde huden myk og føy-

elig. Også dette dreier det seg om kjemi. Hudcellene produserer selv kjemiske stoffer som er nødvendige for harmoniene i vårt indre kjemiske stoffskifte og samspill.

Huden representerer en ganske solid beskyttelse, men den tåler ikke hva som helst. Den kan blant annet skades av uheldige påvirkninger fra miljøet slik at noen av de nevnte funksjonene blir hemmet. Da kan huden også bli til direkte plage, for eksempel med svie og smerte eller med eksem og kløe inntil det utålelige. For slike plager kan både kostholdet, klærne, inneklimaet og utemiljøet spille en rolle.

Slimhinner

Slimhinner har vi med overgang til huden i øynene, i luftveiene (nese, svelg og strupehode, luftrør og bronkier), i fordøyelseskanalen (munnhule, svelg, spiserør, magesekk, tarmsystem) og i urinveiene og kjønnsorganene.

Slimhinner i øyne og nese

Slimhinnene i øynene og nesen blir oftest utsatt for plager og skader hvis inneklimaet er dårlig. Disse slimhinnene er sammensatt på ulike måter på forskjellige steder, men består stort sett av ett eneste lag av celler som er under stadig vekst og fornyelse. Under dette encellede laget er det vev med blodårer, nerve-tråder, kjertellev og mange forskjellige celler som står til tjeneste for det aktuelle området.

Dette vevet er tett besatt av kjertler som skiller ut forskjellige væsker (slim og tårer i øynene, slim og vanntynn snue i nesen). De smører og beskytter. Slimet inneholder flere stoffer som kan hindre og nedkjempe smittestoffer og som kan dempe irritasjon av partikler og fremmede kjemiske stoffer, og som bidrar til å fjerne uønsket rusk og rask.

Som vi alle har erfart, er slimhinnene mer sårbare enn huden, og derfor er også smertesansen der mer velutviklet. Skader oppstår lettere med irritasjon og svie som følge, av partikler og kjemiske stoffer utenfra. Kjemiske stoffer fra lufta kan reagere med vannet i slimet og omdannes til syrer eller baser med mer eller mindre uttalt lokal virkning. Det kan føre til skade ikke bare i slimhinnen selv, men også i det slimhinnen skal beskytte, for eksempel øynene. Slimhinnen har også lett for å hovne opp ved skade. Har den hovnet opp, virker forsvarssystemet svakere enn før.

Nesen er mye mer enn en luftekanal. Slimhinnen i nesen er tett besatt av filtreringshår, og har ellers flimmerepitel som driver forurensninger bakover til svelget. Slimhinnen er også rikelig forsynt med blodårer, kjertler av forskjellige slag og en rekke forskjel-

lige nerver med mottakerstasjoner. Alt dette gjør nesen til et fabelaktig klimaanlegg som filtrerer vekk mange partikler, justerer temperaturen på innpust-lufta og justerer opp fuktigheten om lufta er tørr.

Luktesansen bidrar til følelse av velvære og er viktig for opplevelse av smaker. Den kan også bidra til mye ubehag gjennom vonde lukter eller ved luktintoleranse. Lukter dreier seg om kjemiske stoffer i flyktig form eller i og på støv som vi puster inn gjennom nesen. Mange mennesker har forskjellige former for luktintoleranse der både «gode» og «vonde» lukter kan utløse eller forverre sykdom.

Dette sanseapparatet er knyttet til vårt selvstyrte nervesystem (det autonome nervesystemet). Her har vi et viktig varselapparat. Luktceller som sitter i de øvre delene av nesen gir varsel om luft som kan bety en risiko for de ømfintlige delene i lungene. Med luktesansen kan vi merke om lufta lukter av noe som kan skade oss.

I tillegg til luktesansen ser det ut til at slimhinnene kan ha en slags «kjemisk sans» som oppfatter luftforurensninger mindre nyansert enn luktesansen. Vi merker dette som en irritasjon i slimhinnene.

De nedre luftveiene og lungene

Luftveiene går fra neseborene og ut til de fineste forgreningene av bronkiene, som ender i lungeblærer (alveoler) ytterst i lungene. De nedre luftveiene omfatter hovedluftrøret og bronkiene ut til lungeblærene. Det blir som et hult, lite tre som står opp ned og hvor de fineste grenene er rør med hulrom mindre enn tiendedels millimeter. Rørene ender i bittesmå lungeblærer. Det er der vi får oksygen inn i blodet og kvitter oss med avfallsgasser, hovedsakelig CO₂ og vann-damp.

Hovedluftrøret og de første grenene av bronkiene er stivet av med ringer av brusk. Lenger ut er bronkieveggen omgitt av bunter av glatt muskulatur. Glatt muskulatur er en egen muskeltype som står utenfor vår kontroll. Disse muskelfibrene strammes eller slakkes av ubevisste nerveimpulser fra vårt selvstyrte nervesystem og av forskjellige kjemiske stoffer som frigjøres i vevet.

Slimhinnen i de nedre luftveier har rikelig av to forskjellige slags kjertler. Den ene typen lager tynt, vannaktig sekret, og den andre typen lager seigt slim. I begge typer sekret fins det mange stoffer som er med på å beskytte oss, og her fins det også mange celler som har vandret hit ut innenfra. De skal også være med på å beskytte oss. Her er det i det hele tatt et sinnrikt forsvarssystem som skal hindre eller uskadiggjøre inntrengere av forskjellig slag. Dette er nødvendig fordi lungene er mye mer enn en luftpumpe.

Lungene er meget viktige for hele vår indre kjemi og for vårt forsvarssystem. Her passerer 10–15 kubikkmeter (10–15 kg) luft per døgn hos voksne og noe mindre hos barn – avhengig av fysisk aktivitet. Oksygenet går fra luftveiene inn i kroppen gjennom de tynne veggene til lungeblærene, men kan følges av en rekke andre flyktige kjemiske stoffer fra den samme lufta.

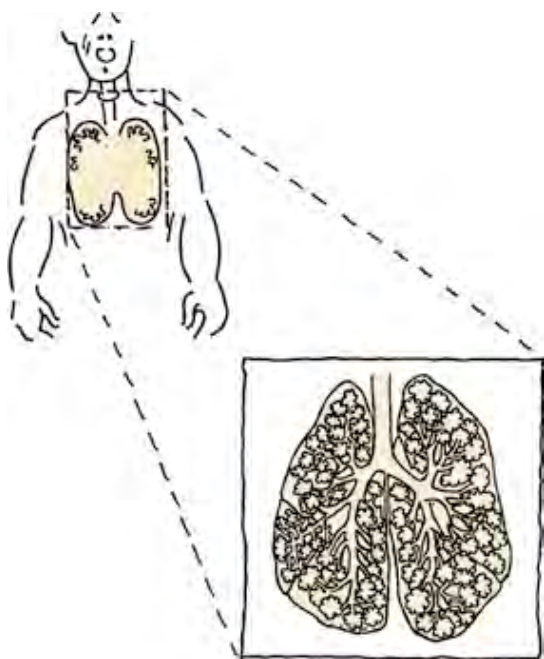
Noen partikler når også helt fram til lungeblærene, og mange av dem representerer en risiko. De aller minste (ultrafine partikler) kan trenge gjennom lungeblærevæggen og inn i blodomløpet. Partiklene kan nedkjempes og ødelegges av forskjellige celler som fins i lungeblærene og vevet omkring. Lungeblærene, på samme måte som de finere luftveisgrenene, inneholder blant annet såkalte makrofager. Makrofagene er spesielle eteceller. Slike makrofager har evnen til å identifisere, oppsøke og fange inn fremmede småpartikler, bakterier o.l. og kroppsfremmede molekyler. Denne evnen kan imidlertid bli betydelig redusert av forskjellige luftforurensninger. Det vet vi spesielt fra virkningen av tobakksrøyking. Selv passiv tobakksrøyking kan virke slik. Hemmer vi makrofagene, går det ut over motstandskraften mot infeksjoner.

Transportbåndet for luftforurensninger – flimmerepitel

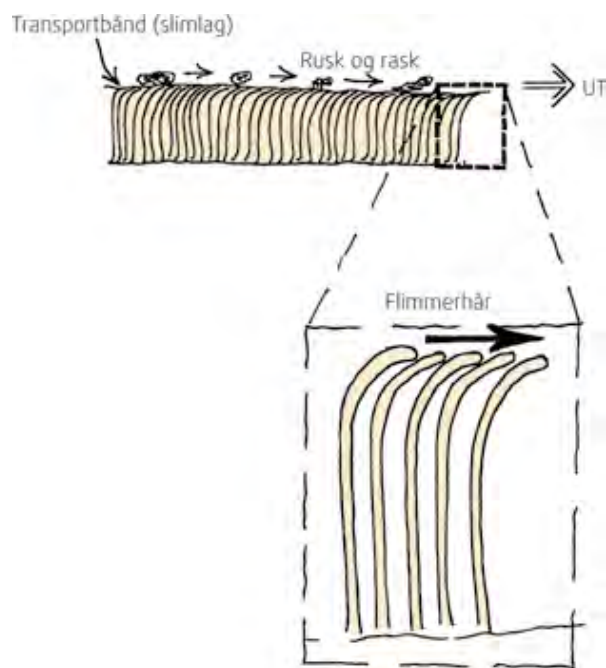
Innsiden av luftrørene er utstyrt med noe som fungerer som et transportbånd, og som er et meget viktig ledd i forsvaret av lungene. Det er en tynn slimhinne på innsiden av luftveien som er satt sammen av spesielle og samarbeidende celler. På hver enkelt celle sitter det hundrevis av ørsmå hårliknende haler. De kalles flimmerhår eller cilier. Flimmerhårene er som hundredels millimeter lange haler som beveger seg aktivt. De slår i takt med flere hundre slag i minuttet, og de beveger seg samstemt slik at det blir bølgebevegelser fra lungens dyp ut mot svelget.

Over flimmerhårene ligger et tynt lag av det seige slimet, og flimmerhårene driver dette slimet utover som et transportbånd. Slik blir støv, bakterier, døde celler og annet fanget opp på slimet og fraktet utover til svelget. Hvis denne slimtransporten ikke er tilstrekkelig, oppstår det lokal irritasjon, og den eneste måten å få slim og rusk ut på, er å hoste.

Det som får flimmerhårene til å jobbe på denne måten, er samstemte kjemiske reaksjoner i hvert eneste flimmerhår. Denne kjemien er sårbar for forstyrrelser. Vi vet en del om dette, særlig når det gjelder tobakksrøyk. Er dosen stor nok av slik forurensning, mister flimmerhårene evnen til å bevege seg. De slår langsommere og kan bli stående og virre. Etter hvert kan de tilbakedannes. Da blir slimtransporten ut hindret, og bakterier og forurensninger får fotfeste slik at det kan oppstå infeksjoner og andre syk-



De nedre luftveiene



Transportbånd for luftforurensninger

dommer. Dette kan også skje som følge av passiv tobakksrøyking, men vi vet ikke akkurat hvilke stoffer i røyken som virker slik på flimmerhårene. Det er grunn til å tro at også andre forurensninger i innelufta virker på den samme måten når dosen blir stor nok.

Etter hvert kan flimmerhårene forsvinne helt flekkvis hos røykere. Noen virusinfeksjoner (forkjølelser) kan ha liknende virkning på flimmercellene, men dette pleier å rette seg opp igjen i løpet av noen få uker. Denne reparasjonsprosessen hindres imidlertid hos røykere og forsinkes ved passiv røyking. Da varer forkjølelsene lengre og har lettere for å bli fulgt av bivirkninger (bihulebetennelser, ørebetennelser, bronkitter). Sannsynligvis kan også andre luftforurensninger virke slik om dosen blir høy nok. Det er imidlertid ikke utforsket.

Kjemi og celler i samarbeid og kamp

Om de fysiske forsvarsverkene ikke strekker til alene, har kroppen mye mer å fare med for å holde seg frisk og i vigør tross påkjenninger. Det går bra bare ikke dosen av skadelige påvirkninger blir for stor i forhold til toleransetersklene.

Alt sammen dreier seg om kjemiske reaksjoner og om mange cellers funksjon i medbør og motbør. Cellene samarbeider med noen og motarbeider andre, slik at det hele tiden er fysiologisk balanse.

Gjennom hele livet foregår det et livlig kjemisk stoffskifte i oss. Vi tar inn byggemateriale utenfra, og vi kvitter oss med mange avfallsprodukter til omgivelsene. Hos barn og unge i vekst er dette stoffskiftet særlig livlig, men også hos andre foregår det kanskje hundretusen små reaksjoner og forandringer hver brøkdelen av et sekund gjennom hele livet. Noen stoffer brytes ned og forkastes eller brukes om igjen. Andre stoffer blir satt sammen og bygd opp til noe kroppen trenger. Til dette har vi spesielle hjelpestoffer. Det er de såkalte enzymene. Vi har tusener på tusener av forskjellige enzymer i arbeid for å bygge opp og bevare en sunn kropp. Det må vi ta hensyn til.

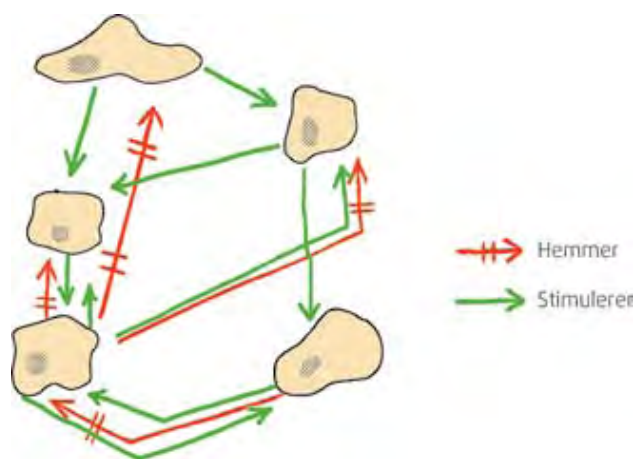
Overalt i kroppen og også i slimhinner og i slim er det et utall av celler i stadig aktivitet. De lager kjemiske stoffer som de sender ut til omgivelsene, og de styres selv av kjemiske stoffer utenfra. Noen er særlig viktige i forsvaret mot sykdom. Det er vårt immunologiske celledsystem. Også her dreier det seg om samarbeid og motarbeid mellom mange forskjellige celler.

Noen små celler som kalles henholdsvis T-lymfocytter og B-lymfocytter, spiller hovedrollene i immunforsvaret. De er spesialisert for oppgaven. Forskjellige familier av slike lymfocytter er forutbestemt for hva slags inntrengere (fremmedstoff, antigener) de skal

reagere mot. Når et spesielt antigen møter T-lymfocytter som passer for nettopp den typen, får T-cellene de tilsvarende spesialiserte B-lymfocytterne til å bli «fabrikkceller». Disse fabrikkene starter så å produsere og sende ut et enormt antall spesifikke antistoffer. Det er molekyler som klistrer seg fast til det fremmedstoffet som de er spesialisert for. Slik hemmer de angriperen og gjør den til et lettere bytte for andre motstandsceller, blant annet for makrofagene.

Antistoffene hører til forskjellige familier av immunoglobuliner (Ig) med forskjellige oppgaver og virkemåter, henholdsvis IgA, IgD, IgE, IgG og IgM.

I andre grener av immunsystemet dannes celler med antistoffliknende egenskaper i selve cellemembranen, slik at disse cellene kan ivareta andre oppgaver.



Kjemi og celler i samarbeid og kamp

Andre forsvarssystemer

Også sansene er med på å forsvare oss. I dette ligger det også en risiko for å bli lurt. Gjentatte kroppslige erfaringer kan nemlig føre til en slags automatikk ved såkalte betingede reflekser. Det er refleksbevegelser eller refleksreaksjoner som settes i verk gjennom sansene. Betingede reflekser som er innøvd gjennom spesielle, faretruende situasjoner tidligere, er med i dette alarmsystemet. Akkurat som i andre alarmsystemer er imidlertid noen varsler berettiget, mens andre kan være falsk alarm.

«Vond lukt» betyr ikke alltid at lufta er helseskadelig, og «god lukt» betyr ikke at lufta er sunn. Vond lukt kan imidlertid være et varsel om helserisiko og skal tas alvorlig. Luktesansen kan være god å ha, men den kan lure oss i forhold til helse. Dette er med på å skape en del konflikter mellom helsehensyn på den ene siden og ønsker om komfort og trivsel på den andre.

Våre sanser sammen med underbevisstheten kan også føre til kroppslige reaksjoner av den typen vi kaller psykosomatiske reaksjoner. Noe i inneklimaet kan altså gi sykdom og plager både gjennom direkte fysiske og kjemiske reaksjoner, men også gjennom sansereflekser. En sikker diagnose kan ofte være meget krevende og noen ganger umulig å komme fram til.

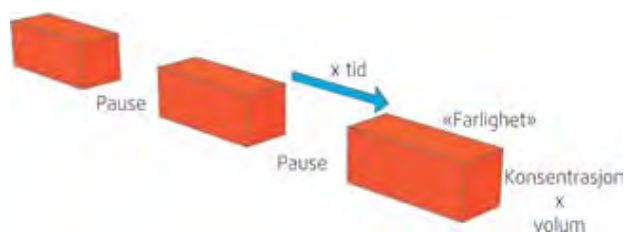
I rom med mange brukere kan det også oppstå såkalte massesuggesjonsplager. Hvis det er noen som begynner å klage over tørr luft, tørste og hudkløe, kan andre føle det samme rett og slett på grunn av økt oppmerksomhet om disse fenomenene. At det er slik, krever derfor mye innsikt både i innemiljøene og i biologiske fenomener.

Dose-effekt og tålegrenser

Generelt

I alle livsfunksjoner er utslagene (responsen) avhengig av hvor stor påkjenningen (dosen) er. Alle har også en viss motstandskraft, en tålegrense eller toleranseterskel, mot de fleste påkjenninger, men dette er helt individuelt. At det er slik, er helt grunnleggende for forståelsen av hvordan noe i innemiljøet kan virke skadelig på noen og ikke på andre. All biologi er avhengig av dose- og responsfenomener i forhold til toleranseterskler. Det betyr at reaksjonen eller responsen på enhver påvirkning står i forhold til hvor mye og hvor kraftig påvirkningen er. «Dose» betyr i sammenheng med luftforurensning hvor høy konsentrasjon det er av stoffet i lufta og hvor mye vi puster inn av det. Her er det helt avgjørende hvor skadelig eller uskadelig luftforurensningen er.

Virkningen avhenger av konsentrasjon og volum, men også av hvor lenge du puster i slik forurenset luft. Langvarig kontakt med noe skadelig som fins i lav konsentrasjon kan være like ille som eller verre enn kortvarig kontakt med stoffet i høyere konsentrasjon. Også pausene kan bety mye, da mange celler og organer har evne til å komme seg igjen bare pausene er lange nok.



Dose og belastning i forhold til tålegrense

Forskjell og variasjon i toleranseterskler

Det er forskjell på hvor mye den enkelte tåler. For alt som skjer har vi en viss motstandskraft med individuelle toleranseterskler mot påkjenninger. Slik er det både for fysiske, kjemiske og psykiske forhold, for organer, vev og celler, og også for en rekke av de kjemiske hjelpestoffene, enzymene, som vi har inne i oss.

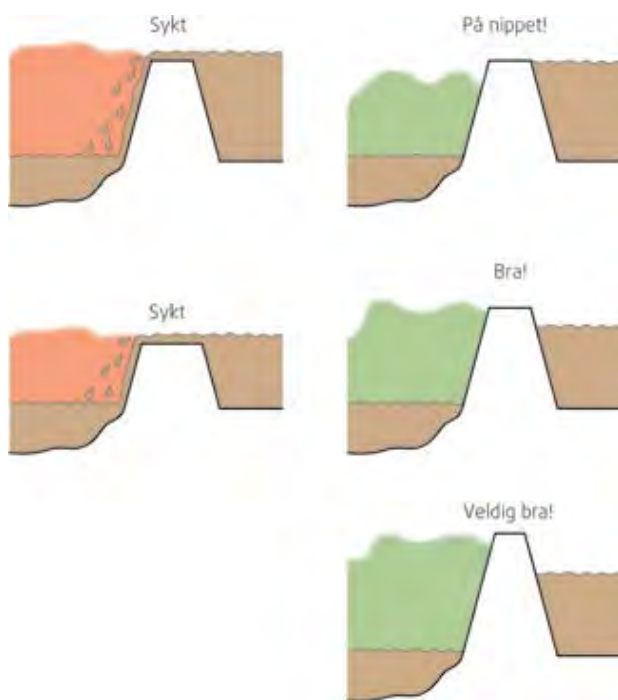
I de fleste forhold er toleranseterskelen høy nok til å møte dagliglivets påkjenninger, altså normal. For andre forhold kan den være særlig høy så vi tåler mye mer enn andre, eller særlig lav slik at vi blir syke selv om ingen eller få andre merker noe.

Toleranseterskelen er som en demning. Så lenge påkjenningen er lav tåler vi den godt uten plager. Når påkjenningen stiger opp over demningen, flommer det over, og vi får plager eller sykdom. I slike forhold kan det kanskje være flere påkjenninger samtidig som gjør at det blir for mye for oss. Det behøver altså ikke være ett enkelt stoff som skader oss, men summen av flere som opptrer samtidig. Når dammen er full, skal det bare noen dråper til før det renner over.

Mange av livsprosessene inne i oss bidrar til å holde demningen eller motstandskraften høy. Mange celler med mange kjemiske stoffer, hormoner og enzymer bidrar til dette. Reguleringen av demningen er også avhengig av blodgjennomstrømningen på stedet, av eventuelle infeksjoner, av kjemiske påvirkninger og av endringer i vårt autonome nervesystem. Den er altså også et resultat av det fantastiske samspillet mellom celler og kjemiske stoffer vi har inne i oss.

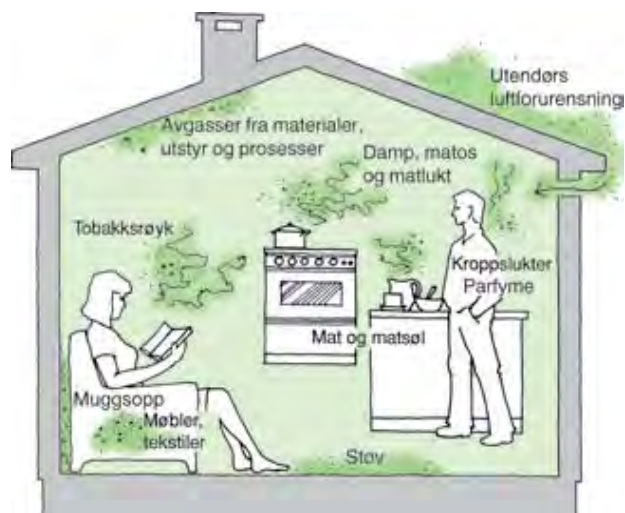
Legg merke til at hvert organ og hvert område kan ha forskjellige toleranseterskler. Også de cellene som lager kjemiske stoffer og hjelpestoffer som vi trenger for å bygge opp eller fjerne ting som trenger inn i oss, har forskjellige toleranseterskler. Legg også merke til at toleranseterskelen ikke er fastlåst på ett sted en gang for alle. Den forandrer seg og går opp og ned fra tid til annen. Etter en solforbrenning er huden din lettere å skade, og etter en forkjølelse blir slimhinne dine i luftveien lettere irritert enn ellers.

Noen individer har lav toleranse overfor enkelte kjemiske stoffer. Dette kan skyldes en spesifikk svakhet i stoffskiftet, for eksempel et enzym med nedsatt aktivitet. Det er imidlertid påfallende at et stort antall individer reagerer med inneklimasykdom når de eksponeres for ulike kjemiske luftforurensninger. Noen har både astma og inneklimasykdom. Det fenomenet kan tyde på mekanismer som involverer grunnleggende og til dels livsviktig biokjemi. Ut fra annen biokjemisk grunnforskning er det satt fram noen teoretiske forklaringsmodeller, men dette er og forblir spekulativt i mangel av forskningsbasert kunnskap.



Forskjell på toleranseterskler

vet for lite om detaljer i dette og trenger mer utforskning av aktuelle kjemiske stoffers virkningsmekanismer hos mennesker. Men vi vet nok om hva som skjer i kroppen til å vise og kreve hensyn.



Noen årsaker til dårlig inneklimate

Følger av dårlig inneklimate

Et dårlig inneklimate kan virke helseskadelig på mange måter. Det kan gi synlige og målbare sykdommer, som forskjellige typer overfølsomhet med eksem, øye- og neseirritasjon og astma. I slike tilfeller virker noe i lufta vanligvis direkte på hud og slimhinner, men setter også i gang skadelige kjemiske reaksjoner innover i oss.

Andre ganger virker et dårlig inneklimate mer indirekte ved å senke motstandskraften. Det kan for eksempel slå ut med økt tendens til infeksjoner i luftveiene. Et dårlig inneklimate kan gjøre at slik infeksjon blir alvorligere og mer langvarig. Mekanismene kan være gjennom hemming av flimmerepitel eller ved at noen av de cellene som skal forsvare oss, blir hindret eller svekket.

Tobakksrøyk er den verste innendørs forurensningen vi kjenner med sitt innhold av myriader av partikler, støvbåret kjemi og gasser som kan komme inn i oss. Nest etter det kommer fuktskader innendørs som årsak til helseproblemer.

Også uten tobakksrøyk og/eller fuktskade kan det imidlertid være mye støv, støvbåret kjemi og gasser i innelufta.

Noen av de kjemiske stoffene som pustes inn, opptas av kroppen. Der kan de forstyrre den indre kjemiske balansen og gi plager eller sykdommer. Vi

Inneklimate symptomer

Ut over de problemene som forårsakes på lengre sikt av radon (kreft), møter man i bygninger med dårlig inneklimate først og fremst fem hovedgrupper av symptomer (her i rekkefølgen uavhengig av hyppighet):

- økt infeksjonstendens
- hudproblemer
- slimhinneirritasjoner
- allmennsymptomer
- overfølsomhetssykdommer

Infeksjoner i luftveiene

Infeksjoner i luftveiene representerer betydelige problemer for mange mennesker og for samfunnet som helhet. De er årsak til de aller fleste sykefravær, og er ansvarlig for over 30 % av alle innleggelser på sykehus. Det er mange luftveissykdommer som påvirkes i ugunstig retning av dårlig inneklimate.

Forkjølelser er vanlig, og er ganske uskyldige for de fleste. En kraftig forkjølelse kan imidlertid være plagsom nok en ukes tid. Hos barn fører forkjølelse ofte til at en av foreldrene må holde seg hjemme sammen med barnet. Det følger også ofte bivirkninger med, som ørebetennelser, bihulebetennelser og bronkitter. Er det et dårlig inneklimate, slår infeksjonene hyppigere og kraftigere til i luftveiene.

Der det er mange småbarn sammen, vil det også være et ganske mangfoldig tilbud av luftbåren smitte. Det gjelder ikke minst i barnehager. Også voksne som arbeider med små barn, utsettes for mer smitte enn andre. Trangboddhet virker i samme retning, og særlig om det er flere barn og/eller voksne i samme soverom.

Hudproblemer

Hudproblemer kan i tillegg til forskjellige typer eksem (atopisk eksem og kontaktallergisk eksem) være for eksempel tørr og irritert hud med mer eller mindre kløe, ofte med et eller annet utslett. Dette opptrer først og fremst i ansiktet, men også ellers på kroppen.

Slimhinneirritasjoner

Slimhinneirritasjon kan opptre i øyne, nese og hals. Her kan det arte seg som svie og kløe i øynene, og det kan gi stadig snue eller tett nese, særlig når nes slimhinnen er allergisk eller hyperreaktiv. Det opptrer ofte tørrhetsfølelse i nese eller munn med tørst og irritasjon i halsen. Noen får gjentatte luftveisinfeksjoner, hoste og heshet.

Generelle plager og vanlige symptomer

Mange plager som skyldes inneklimate, kan ikke ses utenfra, men kan være svært plagsomme for dem som rammes av det. Vanlige klager er hodepine, «tung i hodet», uttalt tretthet, slapphet, kvalme, mangel på appetitt, generell uvelvornemmelse eller svimmelhet, plagsomt tørr hud og tørre slimhinner. Disse symptomene går utover arbeidsevne og læreevne.

På folkemunne kalles det inneklimate sykdom, uten at det er noen akseptert medisinsk diagnose. Hos noen virker dette så sterkt at de føler seg helt utslått. En slik tilstand kan vare flere døgn og kan da på mange måter likne en forgiftning. Følelse av tørr luft er kanskje den vanligste klagen i hus med inneklimate problemer, men lufta behøver ikke være særlig tørr. Mennesker har ikke noen sans for fuktighetsmåling, og lar seg lett lure. Mange klarer ikke angi tilnærmet riktig relativ luftfuktighet (RF) mellom 20 % og 60 % RF.

Følelsen av tørr luft kan riktig nok noen ganger skyldes at lufta virkelig er tørr (mindre enn 20 % RF), men oftere skyldes den forurensninger i lufta i form av partikler og/eller kjemisk virksomme stoffer som gir irritasjon i hud og slimhinner.

Lav eller sterkt varierende luftfuktighet kan i noen tilfeller føre til økning av støv i lufta. Kombinert med elektrostatisk oppladning kan det gi økt belastning av forurensning på slimhinnene og følelse av tørr luft. Ofte er innelufta tørrere enn nødvendig fordi det er

for høy temperatur. Senker man temperaturen, øker den relative fuktigheten litt. Det er som oftest bedre enn å forsøke med luftfukting. Bruk av luftfuktere er ofte mer til skade enn til gagn for inneklimate i sin helhet.

Noen klager over vansker med konsentrasjon og dårligere hukommelse. Det kan forekomme i forskjellig styrke og i kombinasjoner. Noen har allmennsymptomer kombinert med for eksempel slimhinneirritasjoner, andre irritert hud og utslett, mens atter andre «bare» har hodepine og stadig føler seg trette og slappe. Hos enkelte opptrer alle de nevnte symptomene samtidig eller i tur og orden. Samtidig fins det også mennesker som er helt symptomfrie i de samme rommene.

De som plages, kan ha kjemisk overfølsomhet, ugunstig betingede reflekser, psykosomatiske reaksjonsmåter – eller plagene kan ha helt andre årsaker.

Flere typer fysisk overfølsomhet

Generelt

Overfølsomhet er et samlebegrep for sykelig forhøyet følsomhet i ett eller flere av kroppens organer eller vev. Overfølsomhet gir sykelige forandringer eller symptomer etter normale eller særlig lave påvirkninger (stimuli) som ikke fører til plager hos folk flest. Det dreier seg om kroppslige fenomener – kjemiske og/eller immunologiske. Dette må ikke forveksles eller sammenblandes med psykisk overfølsomhet hvor følelser og opplevelser fører til for sterke reaksjoner.

På folkemunne blir ordet allergi brukt om mange forskjellige former for overfølsomhet, men allergi er bare en av flere hovedformer for fysisk overfølsomhet:

- Allergi er spesifikk feilfunksjon i kroppens immunologiske forsvarsmekanismer.
- Hyperreaktivitet er uspesifikk feilfunksjon i kroppens celler og organer formidlet gjennom reseptorer i luftveienes og øynenes slimhinner.
- Spesifikk kjemisk overfølsomhetsreaksjon er spesifikk feilfunksjon i kroppens kjemiske budbringere eller hjelpestoffer.

Disse reaksjonsformene kan vises objektivt med provokasjonstester. I tillegg forekommer uspesifikke overfølsomhetssykdommer (miljøintoleranser) uten objektive symptomer, for eksempel duftintoleranse med MCS/IEI og «inneklimate sykdom», som omtalt tidligere.

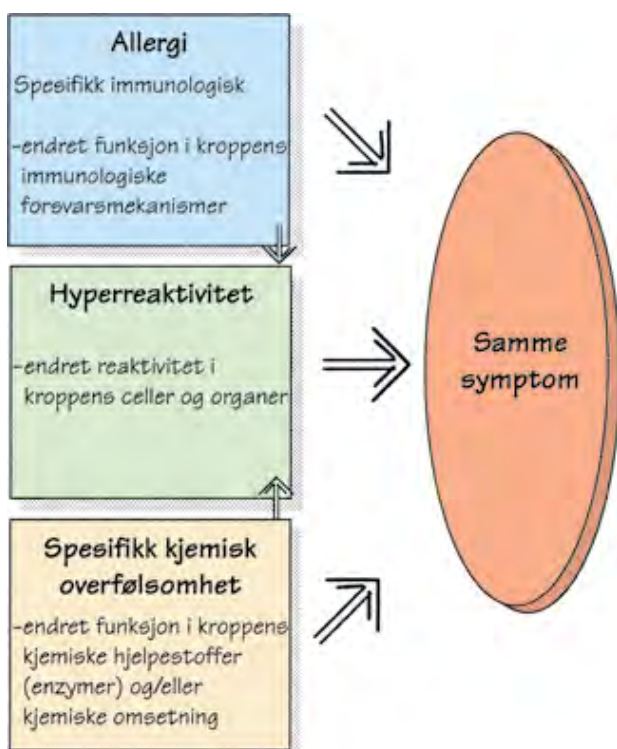
«Spesifikk» brukes om allergi, immunologi og visse former for kjemisk overfølsomhet. Det betyr at

overfølsomheten bare gjelder stoffer med særegne egenskaper, for eksempel torsk og/eller bjørkepollen ved allergi eller acetylsalisylsyre ved spesifikk kjemisk overfølsomhet. Vanligvis dreier det seg om en bestemt kjemisk sammensetning og ofte om en bestemt, avgrenset del av et eggehvitestoff eller annet kjemisk stoff.

«Uspesifikk» brukes ofte om hyperreaktivitet. Det betyr at reaksjon kan utløses av mange forskjellige stoffer som ikke behøver ha noe til felles i kjemisk struktur. Også ved inneklimasykdom dreier det seg ofte om uspesifikke reaksjoner.

Man kan være allergisk mot mange ting samtidig, for eksempel mot hund, katt og husstøvmidd, men hver av disse allergiene er spesifikke gjennom hver sine spesifikke IgE-antistoffer. Personen har IgE-antistoffer som reagerer spesifikt henholdsvis mot hund, katt og husstøvmidd. Hyperreaktivitet er derimot uspesifikk. Det vil si at sykdom kan utløses av mange helt forskjellige slags gasser, støvpartikler og også av kald luft (irritanter). Ved særlig uttalt hyperreaktivitet kan selv den indre kjemien som utløses av følelser, gi reaksjon.

Symptomene ved disse ulike formene for overfølsomhet kan være ganske like, men årsaksforholdene, arveanlegg, forebyggende tiltak og behandling er forskjellig. For å forstå hvordan inneklimate kan virke på oss, er det nødvendig å vite om forskjellene på de tre typene.



Tre typer fysisk overfølsomhet

Allergi og atopi

Allergi skyldes forskjellige feilslåtte eller overdrevne reaksjoner i immunforsvaret vårt. Det dreier seg om spesifikke immunologiske reaksjoner som svar på påvirkning som individet er utsatt for. Siden vi har flere typer immunforsvar, har vi også flere typer allergi. Det er særlig to hovedtyper som er viktige.

Kontaktallergi er særlig knyttet til T-lymfocytter med antistoffliknende egenskaper i cellemembranen. Derfor kalles det cellulær allergi. Det gir kontaktallergisk eksem. Kontaktallergi opptrer særlig på hud eller slimhinner som er i stadig kontakt med uedle metaller eller relativt enkle kjemiske stoffer. Noen metaller og kjemiske stoffer har særlig lett for å gi slik allergi. Nikkel og krom i ur og pyntesaker, formaldehyd og azofargestoffer i klær hører med til disse. Allergiene har lettest for å utvikle seg der huden er tynn eller hvor hudens forsvar brytes ned av fuktighet og irritasjon.

Atopisk allergi, som er aller hyppigst, skyldes en helt annen immunreaksjon. Disse allergiene skyldes at IgE-antistoffer får for sterk gjennomslagskraft. Allergier vanligst viser slik allergi seg med høysnue. Hos noen gir denne allergitypen astma, hos andre atopisk eksem og/eller elveblest. Ofte opptrer kombinasjoner av flere symptomer samtidig eller over tid. Høysnue er alltid allergisk, men liknende nesereaksjoner, så vel som eksem og astma, forekommer også ofte uten at allergi spiller noen rolle.

Disse sykdommene og reaksjonsmåtene har en del til felles. Det kløende barneeksemet som kalles atopisk eksem, er nøye knyttet til astma og høysnue og IgE-allergier gjennom felles arveanlegg. De kalles atopiske sykdommer.

Atopiske allergier er for det aller meste rettet mot proteiner (eggehvitestoffer) fra naturen selv. Slike allergiframkallende proteiner kalles allergener. Spesiell mat eller forskjellig støv som inneholder allergener, kalles allergenkilder på fagspråket. Vanlige naturlige allergener fins i mange matsorter, pollen fra rakler, gress og vindbestøvede blomster, dyreflass, husstøvmidd og mange andre ting. Noen allergenkilder er særlig «sinte» og har lett for å vekke allergianlegg. Fisk, skalldyr, egg, erter, nøtter og melk, racle- og gresspollen, husstøvmidd og dyr er slike sinte allergenkilder.

Omtrent 40 % av den voksne befolkningen har eller har hatt allergiske reaksjoner én eller flere ganger. Hos omtrent to tredeler av disse har det dreid seg om forholdsvis milde former for allergi. Mer alvorlige og betydningsfulle allergier finnes hos én tredel av dem, det vil si noe over 10 % av befolkningen. Mes-teparten av dette starter i barnealderen.

Rundt 40 % av befolkningen har eller har hatt reaksjoner på grunn av allergi eller annen overfølsomhet med ett eller flere av symptomene vist i tabellen.

Atopisk eksem	20 %
Kontakteksem	10 %
Elveblest - hevelser	8 %
Høysnue og liknende	20 %
Astma	12–14 % ¹⁾
Andre allergireaksjoner	10 %
Annen miljøintoleranse	10– 0 % (?)

¹⁾ Avhengig av bosted. Barn i Oslo: 20 %

Allergi og arvelighet

Alle kan få allergisk kontakteksem bare belastningen på huden med kontaktallergener og forsterkende faktorer blir stor nok. Det hører med til våre normale cellulære immunreaksjoner. Disse cellulære allergiene er knyttet til lymfocyttenes immunreaksjoner.

For atopisk allergi stiller det seg annerledes. Riktignok har alle også immunglobulin E (IgE), men disposisjon for å utvikle IgE-avhengige allergier er knyttet til spesielle gener med forskjellig gjennomslagskraft. Dette er fordelt slik at stort sett kan omtrent 50 % av befolkningen rammes i større eller mindre grad, men teoretisk sett kan alle få slik allergi under særlig uheldige forhold.

Har et barn atopisk eksem, viser det at barnet har en viss risiko for å utvikle IgE-allergier, høysnue og/eller astma. Styrken av arveanlegget er forskjellig. Hos noen er det så sterkt at barnet må bli allergisk mot noe i det normale miljøet, som pollen eller husstøvmidd uansett hva man gjør for å forebygge det. Allergiutviklingen kan imidlertid forsinkes og bli mildere med fornuftige tiltak for allergiforebygging.

Uten allergeneksponering – ingen allergi

Allergi er i seg selv ikke en sykdom, men en måte å reagere på. Man arver stort sett ikke selve allergien eller noen spesiell av de nevnte sykdommene, bare risikoen for å få noe av dette. Det arvelige anlegget vekkes til aktiv sykdom av ytre forhold. Her spiller inne- og utemiljøet en viktig rolle ved siden av kostholdet, fordi man først og fremst blir allergisk mot allergenkilder som man stadig har kontakt med. I tillegg til kontakten med allergenkilder spiller blant annet tilfeldige virusinfeksjoner og luftforurensninger en rolle som forsterkere (adjuvans). Dette kan være utslagsgivende, særlig hvis arveanlegget er middels sterkt eller svakt. Her ligger mange muligheter for allergiforebygging.

Andre allergier er mindre vanlige. De kan involvere immunglobulin G (gG-antistoffer). Arvelige anlegg spiller meget liten rolle. Slike allergier kan opptre under særlig uheldige forhold, blant annet der innelufta inneholder store mengder støv med spesielle proteiner (eggehvitestoffer). Det kan skje ved forurensning fra luftfukteranlegg der det vokser spesielle bakterier og muggsopper, men er ellers mest av betydning i bestemte yrker, som i landbruket, eller ved mye kontakt med fugl innendørs. Det dreier seg gjerne om spesielle immunreaksjoner i lungene med symptomer som ved kronisk lungebetennelse, allergisk alveolitt.

Allergi er ikke «noe psykisk», men en spesiell immunologisk reaksjonsmåte

Mange av de viktigste allergiene, for eksempel de som gir småbarnseksem, høysnue, elveblest, allergisk astma og allergisk magesyke, skyldes antistoffer av familien IgE. Arveanlegget er som en «pakke» av risiko for å utvikle atopisk eksem eller atopisk allergi. IgE-antistoffer har en spesiell evne til å omdanne immunreaksjonen til skadelige kjemiske reaksjoner som virker særlig sterkt på mange vev. Vi vet godt hva som skjer.

I kroppen har vi myriader av noen spesielle celler som kalles mastceller. Vi har så mange av dem at hvis de ble samlet, ville det blitt omtrent på samme størrelse som en knyttneve. Inne i mastcellene er det bundet mange kjemiske stoffer og forstadier til stoffer som kan virke ganske sterkt på celler og vev der de slippes løs. Samlet er de som en kjemisk knyttneve, men mastcellen gir fra seg bare litt av gangen av slike stoffer. Det skjer kontrollert og er med på å holde den biokjemiske balansen inne i oss og holde oss friske.

I mastcellens overflate (membranen) er det imidlertid spesielle sitteplasser, eller reseptorer, for IgE-molekyler. Det kan sitte tusenvis av IgE-molekyler på hver mastcelle. Ved atopisk allergi blir de aktuelle allergenene som kommer i nærheten gjennom blodomløpet fanget opp av sine spesifikke IgE-antistoffer. Det får mastcellene til å slippe ut de potente kjemiske stoffene i relativt store mengder og ganske brått. Den voldsomme kjemien tvinger fram skadelige reaksjoner.

Atopiske allergireaksjoner begynner altså med en immunreaksjon, men omsettes og fortsetter med ren kjemi.

IgE-allergier kan for en kort stund overføres fra et allergisk individ til hvem som helst ellers med blod eller blodserum fra den allergiske personen. IgE-antistoffer i blodet fra giveren setter seg da på ledige reseptorer for IgE på mastceller hos mottakeren. Når mottakeren så kommer i kontakt med det blodgive-

ren er allergisk mot, og disse allergenmolekylene kommer i nærheten av mastcellene, reagerer mastcellene og sender ut mye av kjemien. Slike stoffer virker så sterkt at celler, vev og organer må reagere med allergiske symptomer.

Allergi er altså ikke et psykisk fenomen. Det er i høyeste grad håndfaste kjemiske og fysiske reaksjoner. Psykiske fenomener kan imidlertid virke inn på symptomene av allergi når allergi og psyke virker på de samme vevene og over tilsvarende kjemi. Kropp og sinn hører sammen, og psykiske forhold kan også påvirke den fysiske motstandskraften (toleranseterskelen). Men det er naturlig at sterke og vanskelige allergier, atopiske sykdommer og astma kan føre til noen sekundære psykiske problemer.

Hyperreaktivitet

Hyperreaktivitet er en meget viktig form for overfølsomhet i luftveiene. Begrepet er sammensatt av «hyper» (for mye, for kraftig) og «reaktivitet» (evne til reaksjon), og må ikke forveksles med «hyperaktivitet». Ved hyperreaktivitet blir huden eller slimhinnene i øynene, nesen og/eller i luftveiene i lungene altfor lett irritert av små mengder av ting som vi andre ikke blir plaget av, og som vi kanskje ikke engang merker. Det kan for eksempel være støv av alle slag, røyk, steikeos, lukt fra parfyme, tusjpenner, maling, lakk og lim, kulde og tåke og mange forskjellige kjemiske stoffer i flyktig form eller i og på støv som kan være i innelufta.

Vanskeligheten ligger ofte i at det ikke er noen klar avgrensning av hva som er «mye» og hva som er «lite» i denne sammenhengen. Det avhenger av den enkeltes toleranseterskel.

Ved astma er det bronkiene som er hyperreaktive. Bronkiene er de fineste forgreningene av luftrøret i lungene. Ved astma gjør hyperreaktiviteten pasientene om til levende røykvarslere som er altfor fininnstilt; og de nøyer seg ikke med å varsle, men reagerer på en måte som er skadelig for dem selv, for eksempel med pustevansker. Hyperreaktivitet i bronkiene kan vises objektivt med provokasjonstest med acetylkolin eller tilsvarende stoff, men det er noen som har astmaliknende symptomer, vesentlig i form av hoste, som ikke reagerer på dette, men på stoffet capsaicin. Denne tilstanden kalles sensorisk hyperreaktivitet og fins også hos noen med astma og ved duftintoleranse med luftveisreaksjoner.

I nesen gir hyperreaktivitet økt tendens til snue, kløe og irritasjon, nysing og tett nese. Dette kan likne høysnue og kalles på fagspråket «vasomotorisk rhinit» eller «idiopatisk rhinit».

Anlegget for hyperreaktivitet er ofte mindre tydelig enn anlegget for IgE-allergi. Forskjellige uheldige

omstendigheter kan utløse den arvelige disposisjonen. Hyperreaktivitet utvikles ofte i forbindelse med betennelsesreaksjoner, inflammasjon, i slimhinnene. Det kan skje ved infeksjonsbetinget inflammasjon ved virusinfeksjoner med forkjølelssymptomer, ved allergisk inflammasjon når atopisk allergi får herje for mye eller for lenge, og ved irritasjonsinflammasjon og kjemisk utløst inflammasjon, for eksempel ved tobakksrøyking. I hvilken grad passiv røyking virker slik, er uklart. Når anleggene for hyperreaktivitet først er vekket, er det mange ting i inne- og utelufta som kan virke på slimhinnene og utløse sykdom. Vi kaller dem irritanter.

Kjemisk overfølsomhet

En tredje form for overfølsomhet er kjemisk overfølsomhet. Da er det også noe feil ved kjemien i kroppen. Ofte er det grunn til å tro at det er ett eller flere enzymer som mangler, eller har en eller annen feil eller svakhet. Under vanlige forhold og med normale belastninger klarer enzymet seg bra. Verre blir det hvis det forstyrres utenfra av et kjemisk stoff som enzymet ikke tåler. Da klarer det ikke oppgaven sin lenger. Kjemiske stoffer som enzymet skulle ta seg av, blir ikke behandlet riktig. Da blir det gjerne en opphopning av noen kjemiske stoffer, og det kan ha samme virkninger i kroppen som kjemien ved allergiske reaksjoner. Symptomene kan derfor bli akkurat de samme som ved en allergisk reaksjon, for eksempel hevelser i underhuden, elveblest, tett nese med snue eller astma, mer eller mindre kombinert med allmennsymptomer som hodepine og unormal tretthet. Det er også andre forklaringsmodeller. De bygger på avansert biokjemisk og nevrofysiologisk kunnskap.

«Spesifikk kjemisk overfølsomhet» er kjent særlig overfor en del medisiner, som acetylsalisylsyre, og kjemiske stoffer som brukes som tilsetning i mat, for eksempel benzosyre og fargestoffer.

Det er holdpunkter for at relativt mange personer har uspesifikke reaksjoner på kjemiske stoffer i lufta. De fleste med inneklimasykdom reagerer på mange og til dels helt forskjellige kjemiske luftforurensninger. Mest uttalt er «multippel kjemisk hypersensitivitet» (MCS), eller «idiopatisk miljøintoleranse» (IEI), men heller ikke disse er akseptert som medisinsk diagnose i Norge. Det fins ingen laboratorieprøver eller tester som kan bevise eller motbevise slike tilstander. Det må bli med kvalifisert vurdering av sykehistorien.

Et ukjent antall har overfølsomhet mot lukter (duftintoleranse) med generelle symptomer og/eller astmaliknende reaksjoner. I luftveiene kan dette vises med en spesiell inhalasjonstest, men ellers har man ingen objektive diagnostiske tester. Noen tusen per-

soner hevder at de er overfølsomme for elektromagnetisk stråling (el-intoleranse). Det er en vitenskapelig omstridt tilstand, men pasientene har det vondt, og de må tas på alvor.

Allergenkilder i inneklimaet

Når arveanlegg for atopisk allergi er til stede, utvikles allergi mot det man er i kontakt med i det daglige. Inneklimaet kan ha mange allergenkilder. Husstøv er viktig i denne sammenhengen fordi man får noe av det inn i seg hver gang man puster inn innendørs.

Utenfra kan det komme mye muggsopper og pollen fra vindbestøvede planter i sesongene. Beplantninger i nærområdet kan bety mye. Husstøv inneholder store mengder soppsporer. Pollenkorn kan man for eksempel finne igjen året rundt i støvet fra tepper. Pelsdyr av alle slag skaper mange problemer. Både flass, spytt, slim og annet fra dyrene blander seg inn i husstøvet og er en del av det. Dette gjelder alle slags pelsdyr. Fra noen dyrearter kommer det mest allergener fra pelsen (hunder), fra noen mest fra spyttet (katter), og fra andre mest fra urinen (rotter). Det fins ingen raser som ikke gir allergi, men det kan være forskjell på dosene avhengig av for eksempel størrelsen på dyret. Skilpadder og akvariefisk fører ikke til allergi, men føret kan gjøre det. Fuglehold inne kan føre til allergi, og virker forverrende fordi vingeflaksingen fører til at mye svevestøv holder seg flytende i lufta og kan pustes inn.

Det er forskjell på hvor «sinte» forskjellige allergenkilder er. Noen allergener kan meget lett gi allergi ved kontakt selv om kontakten er nesten umerkelig, for eksempel gjennom forurenset støv. Husstøvmidd og støv fra dyr hører til de aller hissigste allergenkildene. De allergiene som da utvikles, når anlegget for allergien vekkes, har lett for å bli kraftige. Slike allergener og allergenkilder hører til fareklasse 1 for allergener.

Andre allergenkilder er svakere, og tilhører fareklasse 2 og 3. De utvikler først og fremst allergi hos mennesker som er særlig utsatt for kontakten, for eksempel gjennom spesielle yrker, som bakere og frisører. Enkelte kan bli veldig allergiske også mot svake allergenkilder, og for dem blir det som om allergikilden hørte til fareklasse 1.

Såkalt husstøvallergi dreier seg enten om allergi mot flass eller inntørket slim fra dyr, eller allergi mot husstøvmidd. Av og til kan det være helt andre ting i husstøvet. Mye inntørket matsøl kan også være allergenkilder i husstøvet, slik at støvet inneholder allergener fra for eksempel egg, kumelk, melsorter, nøtter, erter eller fisk.

Husstøvmidd

Husstøvmidd fins i mange boliger som en normal og vanligvis uskyldig beboer. De er nok nyttige også på sin måte, blant annet ved å fortære muggsoppsporer. Uheldigvis skiller de ut hissigste allergener både i et spesielt slim de lager, og særlig i avføringen. Allergene blander seg inn i husstøvet og blir en del av det. Det fins mange typer husstøvmidd. En av de viktigste sortene lever av flass fra mennesker og dyr, og finner ofte særlig gode livsbetingelser i soverom og senger. Et voksent menneske legger fra seg omtrent et halvt gram flass per døgn, og mye av dette havner i senga. Dermed kommer det mer enn nok mat i en vanlig bolig for tusener av midd, generasjon etter generasjon. Det som blir avgjørende for vekst og formering, er i tillegg varme og fuktighet. Midd finner fine forhold i sengetøy og madrasser.

Et antall på 1–10 midd per gram husstøv er ganske normalt, og innebærer vanligvis ingen risiko for å utvikle allergi mot midd i slike omgivelser, bortsett fra for personer med særlig sterkt IgE-arveanlegg. Mange anser 50 midd per gram husstøv for å være en slags øvre grense for dette. Blir det mer midd, øker risikoen sterkt for at beboere, og særlig barn med atopisk anlegg, vil utvikle allergi mot midd og få astma. Ved mye middallergener i husstøvet risikerer også de med moderate eller svake arveanlegg å utvikle middallergi og middastma. Dermed kan en ond sirkel settes i gang både for flere allergier og for hyperaktivitet.

Andre middsorter som også kan gi allergi, lever av melstøv. Mange av middartene kryssreagerer, det vil si at de inneholder noen av de samme allergenene. Er du allergisk mot den ene, er du også allergisk mot den andre. Det fins også noen middarter som vokser best i gamle lagre, for eksempel med korn eller tørrfisk. De kalles lagermidd. Noen av dem kryssreagerer med husstøvmiddene, andre ikke. Lagermidd trives best i særlig høy fuktighet, og de forekommer derfor også i boliger med ekstra høy luftfuktighet.

Det fins spesielle insektmidler mot midd, men det dreier seg om kjemiske stoffer som selv kanskje kan



Husstøvmidd

virke skadelig på innemiljøet som helhet. Støvsuging hjelper noe, men har begrenset verdi. Det fins spesielle madrastrekk og spesielt sengetøy som hindrer midten i å nå flasset i senga og gir lavere formering av dem. Dette brukt samtidig med lav temperatur og lav relativ luftfuktighet i noen måneder om vinteren, er de beste tiltakene ved siden av meget grundig renhold. Det er likevel ingen tiltak mot husstøvmidd som er hundre prosent effektive.

Irritanter i inneklimate

«Dårlig luft» er stort sett et sansefenomen. De som sitter inne i slik luft, får sløvet luktesansen og merker ikke så godt at det er dårlig luft. Folk som kommer fra frisk luft ute, kjenner at innelufta ikke er god. Det vi ofte kaller «dårlig luft» virker i seg selv som irritanter uten at det er ett bestemt stoff som er avgjørende. Pasienter med astma og hyperreaktive luftveier blir ofte syke under slike forhold.

For den som har hyperreaktive slimhinner, er det mange ting i lufta som virker irriterende og kan utløse et anfall eller virke forverrende, såkalte irritanter. Noen slike luftforurensninger kan også i sjeldnere tilfeller kanskje medvirke til å vekke anlegg for hyperreaktivitet og astma, eller gi nesereaksjoner i lavere konsentrasjoner enn det som forekommer i industrisammenheng. Det kan skje fordi påvirkningen pågår over lang tid og ofte i kombinasjon med andre faktorer. Mange av irritantene kan også utløse duftintoleranse, MCS/IEI og annen miljøintoleranse.

Registrering av plager

I bygninger med mange brukere kan man få et inntrykk av om plagene har sammenheng med inneklimate ved å registrere etter den såkalte Örebro-metoden. Utgangspunktet er at det er menneskenes opplevelse av og erfaring med innemiljøet som er det viktigste og kanskje derfor det beste målet på kvaliteten av et innemiljø.

Det er utviklet et strukturert spørreskjema ut fra dette synet. Egne varianter med et trettittalls spørsmål og Örebro-metodens manualer er lagd for henholdsvis skoler, barnehager, og yrkesbygninger. Resultatene presenteres i en spesiell figur som populært kalles «innemiljørosen». Det er lagd «referanseroser» med informasjon fra hus uten problemer. Dette kombineres med resultatene av tekniske undersøkelser på stedet.

Gjennom slike «rosen» kan man raskt få et inntrykk av hvilke plager og klager som er karakteristiske i husene og sammenlikne dette med «referanserosene». I henhold til resultatet av tekniske undersøkelser kan man så gi råd om endringer, og så gjenta spørreundersøkelsen etter en tid. Den nye «rosen» kan gi et bilde av om det er tilfredsstillende bedring. Både i Örebro og andre steder har man gode erfaringer med Örebro-metodens arbeidsprinsipper.

Metoden egner seg ikke for boliger og hus med få brukere. Er det femten eller færre brukere, må resultatene vurderes med skepsis og tilbakeholdenhet.

I Norge brukes ofte en noe mer detaljert metode for vurdering av innemiljø i alle slags bygninger, den såkalte «Kvalifisert skjønn»-metoden (KSM), henholdsvis KSM for boliger, KSM for barnehager og skoler, og KSM for kontorbygninger.

Ammoniakk	Grisehuslukt	Parfumer
Asfaltstøv	Høystøv	Peisrøyk
Betongstøv	Industrigass og -støv	Salmiakk
Blomsterduft	Juletreavgasser	Sandstøv
Bråtebrannsrøyk	Kald luft	Sløydstøv
Bålrøyk	Lakkluft	Stearinos
Dårlig inneluft	Limluft	Steinmelstøv
Eksos	Løsemidler	Terpentin
Fjølslukt	Malingslukt	Tobakksrøyk
Formalingass	Melstøv	Treskestøv
Fotokopigasser	Mineralullstøv	Trykksverte
Gassluft	Ovnsrøyk	Tusjpenngassing
	Osing (stearinlys)	Veistøv
Gipsstøv		

Oversikt over vanlige irritanter. De aller vanligste er i uthevet skrift.

Örebro-modellen

Miljøfaktorer
(Ofte klager på (%))



Kombineres med tekniske undersøkelser

Örebro-modellen

Plage - symptom
(Ja, ofte (%))



Kombineres med tekniske undersøkelser

Registrering av klager og plager

Les mer

- Bakke, J.V. (red.). Sunne hus. Oslo, 2005
- Bjerke, M. og Ramfjord, H. Gode råd er grønne. Et allergivennlig miljø inne og ute. Sør Trøndelag fylkeslag (Norges astma- og allergiforbund) og NFBIB, 2007
- Mattsson, J. Muggsopp i bygninger. Forekomst, påvisning, vurdering og utbedring. Oslo, 2004
- Statens forurensningstilsyn (SFT). Barns kjemiske hverdag. Brosjyre utgitt med faglig hjelp fra Mattilsynet. Oslo, 2000
- Stridh, G. mfl. Inomhusklimat Örebro 2006. Konferens i Örebro 14.–15. mars 2006. Universitetssjukhuset Örebro, Yrkes- och miljömedicinska kliniken, 2007
- Aas, K. Allergiske barn. 3. rev. utg. Oslo, 1993
- Aas, K. Allergi i allmennpraksis. Oslo, 1999
- Aas, K. Godt innemiljø for barn. Veiledning til kartlegging og tiltak. Kristiansand, 1999
- Aas, K. Godt inneklima. Håndboken for hjemmet [Publisert i 2009]
- Aas, K. og Levy, F. Hus og Helse. Hva legen vet om innemiljø. 4. rev. opplag. Oslo, 1997

Relevante internettsider

- www.allergiviten.no
- www.inneklima.com
- www.innemiljo.net

- Allergiforebygging: www.allergiviten.no
- Atopisk allergi: www.allergiviten.no
- Betinget refleks: www.allergiviten.no
- Duftintoleranse, MCS/IEI: www.allergiviten.no
- El-overfølsomhet: www.allergiviten.no
- Fareklasse 1 for allergener: www.allergiviten.no
- Forsterkere (adjuvans): www.allergiviten.no
- Immunforsvaret: www.allergiviten.no
- Kontaktallergisk eksem: www.allergiviten.no
- KSM for boliger: www.inneklima.com
- KSM for barnehager og skoler: www.inneklima.com
- KSM for yrkesbygg: www.inneklima.com
- Luftveiene: www.allergiviten.no
- Svevestøv: www.inneklima.com
- Tiltak mot husstøvmidd: www.allergiviten.no
- Örebrometoden (forenklet): www.inneklima.com
- Örebrometoden (Oversikt over manualer): www.orebroll.se/uso/
- Örebrometoden (arbeidsprinsipp): www.orebroll.se

3 Bygningsutforming

Norge har svært varierende og til dels ekstreme værforhold. Klimaet påvirker ikke bare måten vi bygger på, men også hvordan vi bruker bygningene og hvor stor del av tilværelsen vi tilbringer innendørs. På samme måte som klær beskytter kroppen mot påkjenninger utenfra, gjør bygningene og installasjonene det mulig for oss å overleve på en rimelig behagelig måte under skiftende forhold. Dette kapitlet beskriver hvilke krav vi må stille til utforming av bygningene våre for best mulig å ivareta hensynet til et godt inneklima.

GENERELT	38	VENTILASJON.....	49
VÆR OG VIND	38	Unngå problemer.....	50
LOKALISERING OG ORIENTERING AV BYGNINGEN	40	God ventilasjon starter på tegnebordet	50
TETTING MOT NEDBØR.....	40	Kanaler og ventiler.....	51
VARMEISOLERING	41	Aggregatrom.....	51
KULDEBROER	42	OPPVARMING OG KJØLING.....	52
TETTING MOT LUFTLEKKASJER	42	Passive tiltak for redusert oppvarming.....	52
FUKTVANDRING FRA INNSIDEN.....	43	Passive tiltak for å redusere kjøling.....	54
BESKYTTELSE MOT STØY.....	43	Oppvarmingssystem	55
Støy utenfra	43	Kjøling	56
Lydisolering og akustikk	44	UTFORMING FOR RASJONELT RENHOLD.....	57
SIKRING MOT RADON	45	Renholdets betydning for estetikk, hygiene og innemiljø.....	57
Hvorfor sikre mot radon?.....	45	Tenk totaløkonomi.....	57
Hvor kommer radon fra?.....	45	Planløsning generelt	58
Tiltak ved nybygging.....	45	Rom for renholdsfunksjonen	58
Tiltak i eksisterende bygninger	46	Inngangspartiet	59
LYS OG BELYSNING	47	Våtrom og sanitærinstallasjoner.....	59
Lys er viktig	47	Korrosive miljøer.....	60
Dagslys	47	Golvbelegg	61
Elektrisk belysning	48	Andre overflater	61
		Innredning og møblering.....	61
		Tekniske installasjoner.....	62
		Fasader og vinduer	63
		LITT OM UNIVERSELL UTFORMING.....	63

Generelt

Kravene til bygninger har steget i takt med den teknologiske utviklingen og velstandsutviklingen. Tidligere besto ytterkonstruksjonene vanligvis av en eller noen få typer materialer: tømmer, stein, jord. Disse materialene skulle ivareta alle funksjoner, som regnetting, varmeisolering, vindtetting, bæring og visuelle skiller. Resultatet måtte nødvendigvis bli et kompromiss hvor funksjonsnivået var relativt lavt. I dag har vi konstruksjoner som bygges opp av mange spesialiserte sjikt og komponenter som hver for seg og i samspill ivaretar funksjonskravene.

Kompliserte konstruksjoner er sårbare for feil. Kravene er derfor høye til alle aktørene i byggeprosessen for å unngå byggskaader eller andre forhold med negativ effekt på innneklimaet. Vi har mange virkemidler som kan brukes for å oppnå akkurat de forholdene vi ønsker i en bygning. For innemiljøet dreier det seg først og fremst om å utnytte eksisterende kunnskap på en fornuftig måte.

I de senere årene har man lagt mer vekt på bygningers funksjonalitet og brukbarhet for alle, såkalt universell utforming. Universell utforming vil si at omgivelser og produkter skal være brukbare for flest mulig uten tilpasninger. Det innebærer høy grad av fleksibilitet i forhold til brukerne og forutsetter at løsningene som blir valgt, skal være enkle og effektive.

Vær og vind

Værforhold og lokalklima i Norge varierer enormt fra landsdel til landsdel. Kjennskap til klimaet på stedet og evnen til å ta hensyn til klimaet i utformingen av bygningskroppen, orienteringen av bygningen og valget av materialer og konstruksjoner, er avgjørende for å få til et godt innemiljø.

Temperaturen kan variere voldsomt fra dag til dag og mellom natt og dag. Enkelte steder nærmer for-

holdene seg permafrosttilstander. Andre steder kan temperaturene, spesielt om sommeren, nærme seg det man finner atskillig lenger sør i Europa. I praksis betyr det at vi ikke bare må sørge for god isolering for å holde bygningene varme, men også hindre overoppheting i sommerhalvåret.

Generelt blir middeltemperaturen lavere jo lenger nord i landet vi kommer. Og det er kaldere om vinteren i innlandsstrøkene enn på kysten. Middeltemperaturen avhenger også av høyden over havet. Man regner med en gjennomsnittlig senking av temperaturen på rundt 0,6 °C per 100 m høydeøkning.

Årlige, normale nedbørsmengder i form av regn, snø, hagl og sludd varierer fra vel 300 mm i de mest nedbørsfattige sentrale strøkene av landet til rundt 3 000 mm i de mest utsatte kystområdene. Nedbørsmengdene er svært avhengige av de topografiske forholdene. Det kan være store forskjeller mellom steder som bare ligger få kilometer fra hverandre.

Ved utforming av de bygningstekniske detaljene er det viktig å ta hensyn til nedbørsmengden for å hindre lekkasjer og andre fuktskader (for eksempel på grunn av byggfukt) som kan ha betydning for innneklimaet. Det er særlig mengden av slagregn – nedbør som drives horisontalt mot bygningen ved hjelp av vinden – som stiller strenge krav til mange av husets detaljer. Slagregnsmengdene varierer mye fra landsdel til landsdel, også langs kysten. I tillegg kan det være betydelige lokale forskjeller innenfor de enkelte kommunene.

Erfaringer viser at kraftige regnskylt sammen med korte, harde vindstøt gir størst fare for lekkasjer. Tabellen nedenfor gir et bilde av slagregnspekjenningen i ulike landsdeler. Inndelingen er basert på årlige slagregnsmengder og en referansevindhastighet. På værharde steder er også inndriv av snø et stort problem.

Den ytre klimafaktoren som brukeren merker mest

Orienterende klimasoneinndeling etter slagregnsbelastning

Klimasone	Klimapåkjennning ¹⁾	Geografiske steder, eksempel ²⁾
Liten slagregnsbelastning	< 500 mm slagregn i sum per år og/eller $v_{REF} < 24$ m/s	Typisk for innlandsklima i Hedmark, Oppland, indre del av Buskerud og Telemark, samt Finnmarksvidda
Moderat slagregnsbelastning	500–1 500 mm slagregn i sum per år og/eller v_{REF} 24–28 m/s	Typisk for kystklima ved Oslofjorden, østre del av Sørlandet, indre fjordstrøk på Vestlandet, Midt-Norge, Nordland og Troms, samt Finnmarkskysten
Stor slagregnsbelastning	> 1 500 mm slagregn i sum per år og/eller $v_{REF} > 28$ m/s	Typisk for kystklima i ytre strøk på Vestlandet, Midt-Norge, Nordland og Troms

¹⁾ Referansevindhastighet, V_{REF} , er i NS 3491-4 definert som gjennomsnittlig vindhastighet over 10 min, 10 m over et antatt flatt landskap med terrengkategori II i vid omkrets. Referansevindhastigheten er antatt å gjelde for havets nivå.

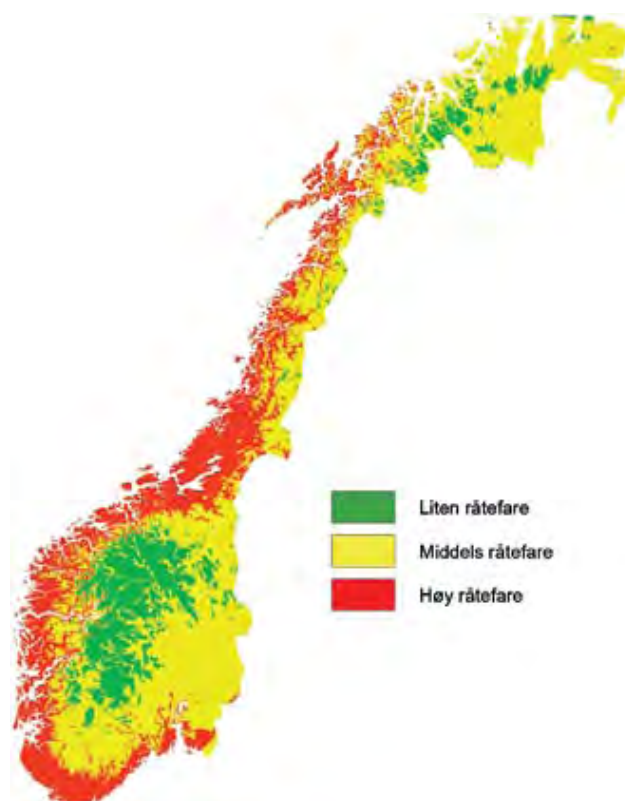
²⁾ Omfatter ikke bygninger i høyfjellsklima

til, er vindforholdene. Vindforholdene er avgjørende for utemiljøet. Når det gjelder innemiljøet, spiller vinden ofte en avgjørende rolle for muligheten til å holde en behagelig innetemperatur ved lave utetemperaturer, for trekkforholdene og for hvor godt ventilasjonen virker når trykkforholdene rundt bygningen forandrer seg.

I tillegg til å gjøre geografisk differensierte valg ved utforming og detaljering av konstruksjonene er det viktig å ta høyde for at klimaet er i endring når man planlegger nye bygninger. Kartene nedenfor viser for eksempel utviklingen av potensiell fare for råteskader i utvendige konstruksjoner fra i dag til noen år fram i tid.



Potensiell råtefare i Norge basert på normalperioden 1961–1990



Potensiell råtefare i Norge med grunnlag i klimascenarier for perioden 2021–2050

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 451.031 Klimadata for dimensjonering mot regnpåkjenning
- Byggdetaljer 542.003 Totrinnstetning mot slagregn på fasader. Luftede kledninger og fuger

■ Standarder:

- NS 3491-4 Prosjektering av konstruksjoner – Dimensjonerende laster – Del 4: Vindlaster

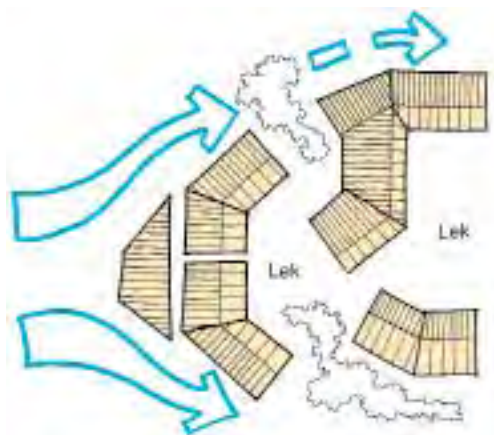
Lokalisering og orientering av bygningen

Lokalisering av en bygning betyr mye for husets framtidige «sunne» liv. For eksempel vil plassering på spesielt fuktig grunn stille så store krav til fundamenteringen at det i praksis ofte er vanskelig å oppnå en tilfredsstillende løsning. Bygging på steder med mye forurensninger i utelufta innebærer ofte at ventilasjonssystemet må utstyres med spesielle filtre for rensing. Radonholdig grunn krever at bygningen utføres med tettest mulig konstruksjoner mot grunnen. Støy i omgivelsene krever spesielle tiltak med hensyn til ytterveggen og kanskje også taket.

På værharde steder må man legge spesielt stor vekt på naturbetingelser som terrengforhold, solforhold og lokalt klima ved plasseringen av bygningen.

Vegetasjonen kan ha betydelig innvirkning på lokalklimaet. Forskjellen i temperatur mellom en gressdekt flate og en omkringliggende grusflate kan bli opptil 20 °C. Områder med vegetasjon kan derfor bidra til behagelig sval på sommerens varmeste dager.

Også topografien kan ha stor betydning for temperaturforholdene rundt bygningen og på den måten påvirke innemiljøet. Kaldluft kan samle seg i senkninger i terrenget, siden den kalde lufta er tyngre enn den varme. Bygninger eller vegetasjon kan bidra til å holde på den kalde lufta og skape en relativt stabil tilstand. Slike ansamlinger av kaldluft gir fuktige kuldehull med sein vår og tidlig høst, samt økte oppvarmingskostnader. Ytterligere ulemper ved senkninger i terrenget er at eventuelle forurensninger i lufta samles opp, og at støy lettere reflekteres innenfor kaldluftssjiktet og kan føres over ekstra lange avstander.



Eksempel på hvordan en gruppe bygninger kan plasseres slik at de skjermer hverandre og skaper lune partier for lek og rekreasjon

Vindavkjøling av både mennesker og bygninger øker kraftig med vindhastigheten. I vårt kalde klima kan avkjølingseffekten bli svært stor på utsatte steder. Påvirkningen som vinden har på bygninger og omgivelser, avhenger mye av formen og høyden på huse- ne og i hvilken grad man unngår uønskede turbulenser. I alminnelighet blir den uønskede vinden minst dersom man tilpasser utformingen av bygningen til den naturlige formen på omgivelsene.

I spesielt utsatte strøk bør husene grupperes slik at de beskytter hverandre. Bygningene bør være jevn- høye og plasseres jevnt og tett. Man bør unngå gjen- nomgående, åpne korridorer og store, åpne flater.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Planlegging 321.020 Plassering og utforming av mindre bygninger på værharde steder

Tetting mot nedbør

Tetthet mot nedbør er avgjørende for et godt inne- miljø. Ofte oppdages lekkasjer raskt, slik at skader og ubehag kan begrenses. Verre er det med skjulte lek- kasjeskader, som det kan ta år å oppdage. Slike ska- der kan ha uheldige langtidseffekter på innemiljøet, for eksempel ved sopp- og muggdannelse (lukt og al- lergi), høy relativ luftfuktighet og økt avgassing fra bygningsmaterialene.

Det er taket som er utsatt for størst påkjenninger. Taket skal ikke bare tåle nedbør i form av slagregn, men holde seg tett under påvirkning fra snø, is og vekslende temperaturer.

Jo flatere taket er, jo større blir påkjenningene og konsekvensene av eventuelle lekkasjer. Tak bør derfor ikke bygges horisontale, men ha et fall på minst 1:40. Alle flate tak må ha membrantekning av asfalttakbe- legg eller folie. Erfaring viser at en alltid får snøsmel- ting på flate tak. For å hindre isbygging langs kanten av taket og oppsamling av vann, må flate tak alltid ha innvendig (oppvarmet) nedløp.

For skrå tak forutsetter man at vannet skal renne av uten at det oppstår vanntrykk. Noe vann vil imid- lertid alltid trenge inn bak tekningen. Takene er derfor utstyrt med et undertak som skal samle opp vannet og lede det ut. Samtidig er det en forutsetning at det ikke smelter så mye snø om vinteren at det danner seg demninger av is langs takfoten når smeltevannet fryser til is. Bak en slik isdemning samler det seg vann som lett trenger inn bak tekningen hvis det er benyt- tet omleggstekning. For at luftede skrå tak skal fun-

gere, er det derfor nødvendig med et samspill mellom god varmeisolering, lufttetthet og tilstrekkelig lufting.

Også ytterveggene og vinduene utsettes for nedbør, først og fremst i form av slagregn. Påkjenningsene varierer enormt etter beliggenhet og orientering. Likevel bør alle yttervegger bygges med luftet kledning etter prinsippet om totrinnstetting. Prinsippet innebærer at man tetter mot nedbør og vind i to separate sjikt med et luftet og drenert hulrom mellom sjiktene. Utlektet trepanel med ventilert luftrom på baksiden er eksempel på en kledning som har lange tradisjoner her i landet. Den virker trykkutjevner og forhindrer vanntrykk mot vindsperra ved slagregn. Et annet eksempel er vinduene. Fugen mellom karm og ramme skal utformes og profileres på en slik måte at vann som renner nedover fasaden eller blåses mot vinduet, blir hindret fra å trenge inn til tetningslista.

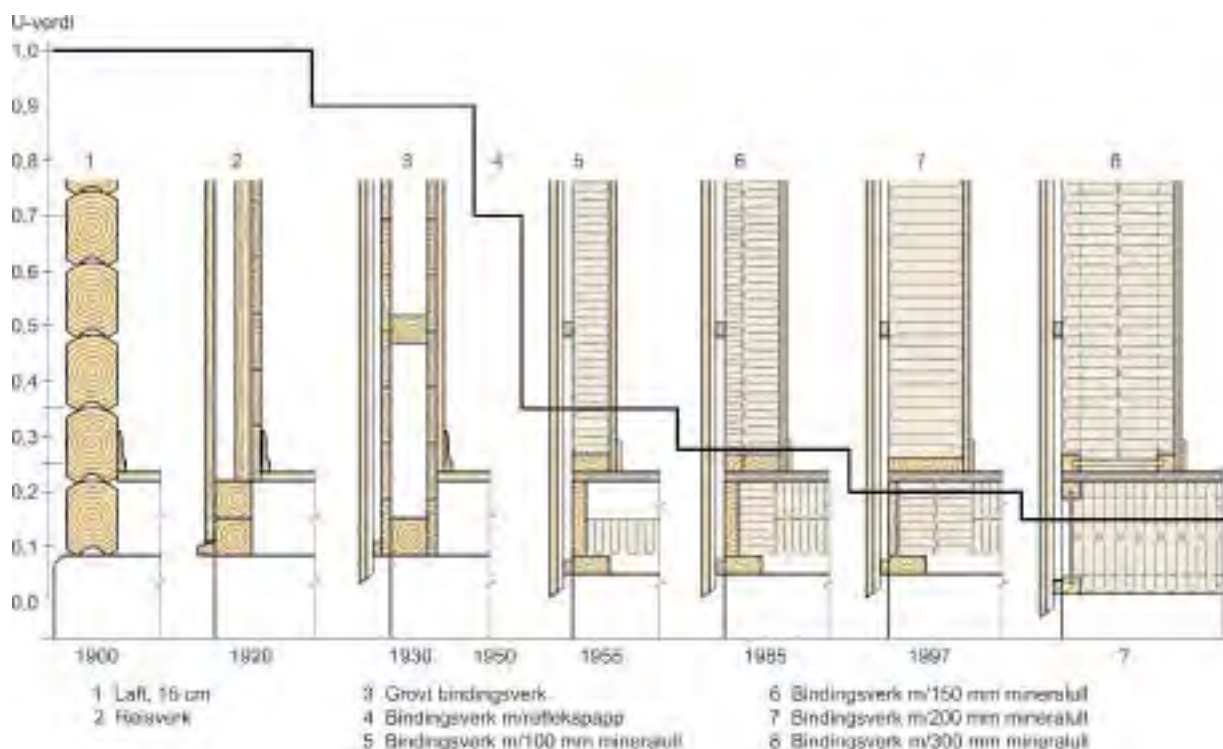
Prinsipiell oppbygging av flate og skrå tak, totrinnstetting av fasader og fuger, og utforming av beslag for å hindre lekkasjer, er beskrevet i kapittel 4 om fukt.

Varmeisolering

De varmetekniske egenskaper til ytterkonstruksjonene er viktige for innemiljøet av flere grunner. Først og fremst tenker vi på evnen til å redusere varmestrømmen fra innsiden og ut slik at man kan opprettholde et godt termisk innemiljø. Dersom kravene i teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) følges, får man få problemer med det termiske innemiljøet i dag.

Begrepet U-verdi, eller varmegjennomgangskoeffisient, er et standardisert mål på hvor lett en bygningskomponent slipper gjennom varme. U-verdien angir hvor mye varme per tidsenhet, målt i watt (W), som kan strømme gjennom et areal på 1 m² ved en konstant temperaturforskjell på 1 K (1 Kelvin = 1 °C) mellom varm og kald side av konstruksjonen. En godt isolert bygningsdel har lav U-verdi. Figuren nedenfor viser eksempel på beregnede U-verdier for vanlige yttervegger.

Teknologien setter visse grenser for hvor godt en i praksis kan isolere alle ytterkonstruksjonene. Vinduene er et eksempel. Selv de beste av de vinduene vi



Gamle og nye veggkonstruksjoner. Den heltrukne linjen viser omtrentlig U-verdi for de forskjellige veggkonstruksjonene.

bruker i dag slipper ut nesten ti ganger så mye varme per m² som den vegg de sitter i. Den lave temperaturen på innsiden av glasset fører til at den nærmeste lufta kjøles ned, synker mot golvet og danner et såkalt kaldras. Kaldras føles ofte som plagsom trekk. Friskluftstilførsel gjennom spalter i vinduskarmen kan også medføre trekk. Man kan dempe kaldrasen ved å plassere varmeovner under vinduene.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 471.008 Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946
 - Byggdetaljer 573.344 Varmeisolasjonsmaterialer. Typer og egenskaper
- Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) med veiledning

Kuldebroer

Kuldebroer oppstår når deler av en bygningskonstruksjon er dårligere varmeisolert enn konstruksjonen for øvrig. I disse delene oppstår en lokal, sterk varme-strøm og nedsatt innvendig overflatetemperatur. Det medfører ekstra varmetap og fare for kondens på overflaten. I bygninger opptrer kuldebroer oftest fordi et bæresystem av materialer med relativt høy varmeledningsevne (tegl, betong, metaller m.m.) bryter isolasjonssjiktet. De verste kuldebroene fins vanligvis i forbindelse med dekker eller skillevegger av betong som går helt eller delvis gjennom ytterveggene, i forbindelse med yttervegger av tynnplateprofiler, eller ved vinduer uten brutt kuldebro i karm- og rammeprofilene. Lave golvtemperaturer oppfattes som mest ukomfortabelt. Kuldebroer i forbindelse med dekker, balkonger og ringmurer er derfor spesielt viktig å unngå.

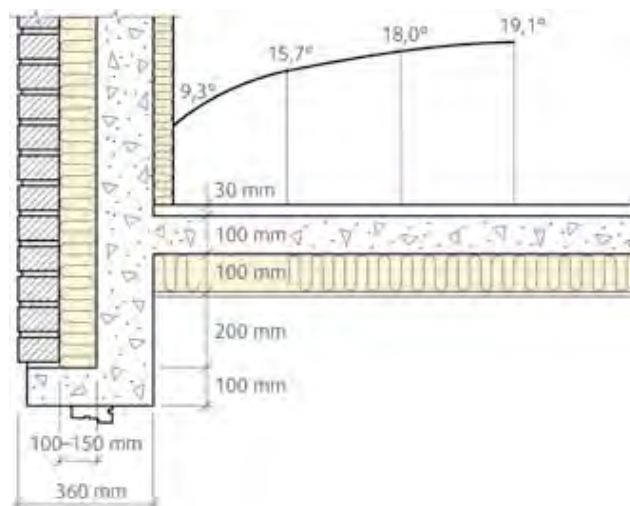
Når isolasjonen kan plasseres helt eller delvis på utsiden av bæresystemet, er det relativt enkelt å unngå kuldebroer.

Kuldebroer representerer et større problem enn det man vanligvis er klar over. I ellers godt isolerte bygninger kan varmetapet gjennom kuldebroene være betydelig. Lave overflatetemperaturer kan være ubehagelig, men den kondensfaren som oppstår på de kalde flatene, er verre ut fra hensynet til innemiljøet. Her blir det lett mugg- og soppvekst. I tillegg til kuldebroeffekten, skyldes mugg- og soppvekst ofte dårlig ventilasjon, høy luftfuktighet og uheldig møblering. Å plassere skap og sofaer mot yttervegg kan senke

temperaturen på veggoverflaten bak og øke risikoen for kondens og muggsopp.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 720.015 Utbedring av kuldebroer



Eksempel på kuldebro med inntegnet temperaturprofil for golvflaten

Tetting mot luftlekkasjer

Vinden har betydning for innemiljøet fordi den skaper trykkforskjeller over bygningsdelene. På lesiden av huset oppstår det et utvendig undertrykk som suger varm inneluft ut gjennom bygningsdelene, og som gir økt energitap og risiko for kondensproblemer. På vind-siden (losiden) skapes et utvendig overtrykk som presser kald luft inn i huset, kjøler ned isolasjonen i veggene og gir trekk.

God kontroll med inneklimate forutsetter tette hus. Utsiktede luftlekkasjer gjennom bygningskonstruksjonene skal derfor ikke forekomme. Lekkasjetall, n_{50} , er en standardisert enhet som brukes til å måle tettheten. TEK angir maksimalt lekkasjetall for småhus til 2,5 luftskifter per time.

Det er viktig å ha fokus på tetting i overganger mellom ulike deler av konstruksjonen. Tunge veggkonstruksjoner av betong, tegl eller lettbetong er lufttette i seg selv, gitt at fuger og tilslutninger er tette. Lufttetthet i lette konstruksjoner oppnås som regel ved hjelp av en dampspærre på innsiden og et vindtett, men mer dampåpent sjikt på utsiden av konstruksjonen. Det er ikke tilstrekkelig at ett av disse sjiktene

er lufttette. Riktignok vil ett lufttett sjikt hindre at det blåser tvers igjennom, men vindsperra skal også hindre at uteluft trenger inn i isolasjonen (anblåsing) og reduserer isolasjonsevnen. Dampsperra skal hindre at den fuktige innelufta trenger ut i ytterveggen eller taket og kondenseres på kaldere deler. Se avsnittet om fuktvandring nedenfor.

Utettheter i sperresjiktene kan medføre at vinden skaper trykkfall i konstruksjonen slik at innelufta pumpes ut. Det er også viktig at ytterkonstruksjonene er tette for at man kan styre ventilasjonen.

Tette sperresjikt er en viktig forutsetning for et godt innemiljø. En del punkter har vist seg å være spesielt problematiske med hensyn til vindtetting. Utsatte steder er:

- ved skjøter i vindsperra
- rundt utstikkende sperrer ved overgangen mellom yttervegg og tak
- rundt gjennomføringer i veggen, for eksempel ved gjennomgående limtrebjelker
- langs overganger mellom betong/mur/metall og trekonstruksjoner
- langs fugen mellom vinduskarm og vegg

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 523.255 Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting

Fuktvandring fra innsiden

Godt isolerte bygningsdeler med stort temperaturfall over konstruksjonen om vinteren er sterkt utsatt for kondens hvis det trenger fuktig romluft ut i konstruksjonene innenfra. For å hindre en slik mulighet blir det montert en dampsperre mellom isolasjonen og den innvendige kledningen. Dampsperra må være mer diffusjonstett enn den utvendige vindtetningen for å hindre at det bygger seg opp fuktighet i konstruksjonen. Som regel brukes det plastfolie til dampsperre. Mesteparten av den skadelige fuktransporten skjer ved at fuktig romluft trenger ut gjennom dårlig klemte skjøter eller åpninger i dampsperra.

Fuktransport gjennom utettheter i dampsperra har blitt stadig mer aktuelt. En av årsakene er at dagens byggestil med sammenskjæring av flere bygningskropper, utbygg o.l. gjør det vanskeligere å montere et tett dampsperrsjikt. Høy innetemperatur og luftfuktighet kombinert med dårlig ventilasjon har i mange tilfeller bidratt til at det har oppstått problemer. For inneklimaet kan oppfukning av konstruksjonene

føre til at emisjonen fra bygningsmaterialene øker og det danner seg muggsopp som avgir skadelige eller illeluktende gasser.

Erfaring fra etterforskning av byggskader viser at følgende problemer er mye utbredt:

- luftlekkasjer langs limtrebjelker, søyler o.l. hvor dampsperra ikke er kontinuerlig klemmt
 - luftlekkasjer langs overgangen mellom vegg og himling
 - luftlekkasjer rundt elektrikerbokser, armaturer o.l.
 - tette sjikt på oversiden / på utsiden av isolasjonen som hindrer uttørking
 - kondens på undersiden av taktroa på grunn av ubalanse mellom fukttransport og lufting av taket
- Såkalt dynamisk isolasjon, hvor uteluft trekkes kontrollert gjennom varmeisolasjonsmaterialet og tette-sjiktene, er fremdeles på forsøksstadiet og ikke tilstrekkelig dokumentert.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 523.255 Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting

Beskyttelse mot støy

Støy utenfra

Ytre støykilder som kan gi forstyrrelser innendørs, er flystøy, veitrafikkstøy og støy fra industri.

Støy måles dels som en middelerverdi av den varierende støyen (ekvivalent støynivå) og dels som maksimalnivå. Visse effekter, som uønsket vekking, har vist seg å henge mye nærmere sammen med maksimalnivået enn med ekvivalentnivået. Gjentatte søvnforstyrrelser kan gi alvorlige psykiske problemer. For hørselsskadede reduseres taleoppfattelsen sterkt selv ved lave støynivåer.

Tilfredsstillende beskyttelse mot støy fra trafikk og industri oppnås best med tilstrekkelig avstand til støykilden, for eksempel minst 150 m mellom bolig og motorvei dersom terrenget ikke gir noen skjerming. For øvrig bør man unngå å legge bygninger nær typiske akselerasjonssteder. Det kan også være aktuelt å bygge jordvoller, spesielle støyskjermer eller anlegge tett beplantning. Man kan videre utforme hus slik at de «vender ryggen» mot støykilden og konsentrere virksomheten mot den roligere siden.

Det største støyproblemet har man i eksisterende bygningsmiljøer der avstanden til støykildene ikke kan forandres. Tiltak som avskjermer eller minsker støyen,

kan være jordvoller, støyskjermer og/eller forbedret isolering av fasader og vinduer på husene.



Bygningen skal også beskytte mot ytre støykilder.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 421.425 Isolering mot utendørs støy. Beregningsmetode
- Byggdetaljer 517.521 Utendørs skjermer mot støy. Prinsipper og beregning
- Byggdetaljer 517.522 Utendørs skjermer mot støy. Utførelse og stedstilpasning

Lydisolering og akustikk

Et støyende miljø oppleves alltid som slitsomt og medvirker til helseplager og ubehag, selv om støyen i seg selv ikke når nivåer som er farlig for hørselen.

De viktigste støykildene i bygninger er trafikk, naboer (arbeidskolleger), ventilasjonssystemer, VVS-anlegg, maskiner og apparater som kopieringsmaskiner, datamaskiner, telefoner, kjøleskap, fryser og oppvaskmaskiner.

Lydmiljøet er en av de hyppigste årsakene til klager i flerfamiliehus. I de fleste tilfellene er årsaken for dårlig lydisolering av etasjeskiller og leilighetsskillende vegger. Åpne planløsninger kan gjøre det vanskeligere å avgrense støy. Ulike virksomheter som kan tenkes å forstyrre hverandre, bør skilles fra hverandre, eksempelvis soverom og oppholdsrom i boliger.

TEK stiller klare krav til lydisoleringen mellom boenheter i rekkehus og flerfamiliehus. Der TEKs krav er oppfylt, vil de fleste oppleve forholdene som tilfredsstillende. TEK stiller imidlertid ikke krav til lydisolering mellom de forskjellige rommene innenfor boligen. Det bør man ta hensyn til ved planlegging

eller kjøp av ny bolig, dersom man har spesielle behov. TEK har også krav til lydisolering mellom rom på sykehus, skoler, overnattingssteder o.l. Når det gjelder arbeidslokaler i industri-, kontor-, og forretningslokaler, skal kravene tilpasses de kravene til støybelastning som er gitt i Arbeidstilsynets forskrift om støy på arbeidsplassen. Anbefalte grenseverdier for utendørs og innendørs lydnivå for nybygg er gitt i tabellen nedenfor.

Oversikt over anbefalte grenseverdier for utendørs og innendørs lydnivå for nybygg etter NS 8175, klasse C. Verdier i parentes er kun anbefalinger.

Bygnings-kategori	Innendørs lydnivå dB(A)		Utendørs lydnivå ¹⁾ dB(A)
	$L_{eq,24h}$ (døgn-middel)	L_{maks} (natt: 22–06)	$L_{eq,24h}$ (døgn-middel)
Boliger	30	45	(55)
Skoler, undervisning	30	–	(55)
Barnehager, fritidshjem	30	–	(55)
Sykehus, pleieanstalter	30	45	(50)
Overnattingssteder	35	–	–

¹⁾ Utenfor vindu og på minst en uteplass

Kvaliteten på akustikken i rommet er avhengig av hvor høy bakgrunnsstøyen er og hvor lang etterklangstid rommet har. Ved høyere lydnivåer synker evnen til å oppfatte tale, stemmen anstenges og risikoen for hodepine øker. Lang etterklangstid gir minsket evne til å oppfatte tale. Etterklangstiden øker dersom overflatematerialene i rommet er harde, blanke og plane. Med unntak for boliger, stiller TEK krav til etterklangstid i forskjellige typer rom.

Lyd med spesielt lav frekvens (< 100 Hz) kan forårsake ubehag som ørhet og trøtthet. Den delen av den lavfrekvente støyen som ligger utenfor menneskers høreevne, kalles infralyd. Blant lavfrekvente lydkilder innendørs er det framfor alt ventilasjonen som skaper infralyd. Lavfrekvent lyd er meget vanskelig å dempe. For å begrense slik støy mest mulig bør alle vifter være vibrasjonsisolert. Dessuten bør alle ventilasjonskanaler være sirkulære og glatte. Sirkulært tverrsnitt gir minst luftmotstand og minst resonanslyd. I tillegg bør man anbringe lydfeller med jevne mellomrom.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 321.015 Planlegging av gode lydforhold i bygninger
 - Byggdetaljer 421.401 Lydtutbredelse og støy. Grunnbegreper
 - Byggdetaljer 421.402 Romakustikk og lyd-isolering. Grunnbegreper
 - Byggdetaljer 421.421 Støy i rom og foran fasade. Grenseverdier for lydnivå
- Standarder:
 - NS 8175 Lydforhold i bygninger – Lydklasser for ulike bygningstyper

Sikring mot radon

Hvorfor sikre mot radon?

Radon er en usynlig og luktfri edelgass med liten evne til å binde seg i faste stoffer. Radonatomene kan derfor lett unnsnippe og komme ut i lufta vi puster i. Når radon brytes ned, dannes det en rekke andre radioaktive stoffer, kalt radondøtre. I luft med radon og radondøtre vil lungene bli utsatt for stråling, og det kan over tid føre til økt risiko for utvikling av lungekreft.

Hvor kommer radon fra?

Hovedkilden til radongass er innhold av radium i byggegrunnen, både i den opprinnelige grunnen og i tilkjørte masser. Radonavgivelsen kan variere svært mye lokalt, avhengig av evnen bergartene og løsmassene har til å frigi radon til jordlufta og byggegrunnens evne til å transportere radon til overflaten. Radonholdig jordluft trenger inn i bygninger på grunn av skorsteins-effekten. Lufttrykket innendørs i bygningens kjeller eller grunnplan er som oftest lavere enn utendørs og i grunnen. Er grunnen luftgjennomtrengelig og bygningens konstruksjoner mot grunnen utette, suges radonholdig jordluft inn i huset.

Vann fra borebrønner i fast fjell kan ha høy radonkonsentrasjon. Ved tapping av radonholdig vann frigjøres radongass, som kan gi bidrag til radonkonsentrasjonen i innelufta. Anbefalt tiltaksnivå for radon i husholdningsvann er 500 Bq/l. Vann fra større vannverk skal etter drikkevannsforskriften ikke ha radonkonsentrasjoner over 100 Bq/l.

Tiltak ved nybygging

Tiltak for å hindre radoninntrenging er enklere og bil-

ligere når de blir utført som en del av byggeprosessen enn om de foregår ved utbedring.

TEK sier om radon: «Bygningsmessig utførelse skal sikre at mennesker som oppholder seg i et byggverk ikke eksponeres for radonkonsentrasjoner i innelufta som kan gi forhøyet risiko for helseskader». Veiledningen til TEK viser til Statens strålevern, som anbefaler at årsmiddelverdien i nye hus ikke overstiger 200 Bq/m³.

For å få en indikasjon på om en aktuell tomt gir spesielt stor risiko for radon kan man gjøre ulike forundersøkelser. Når man skal bygge ett eller noen få hus, vil undersøkelser av byggegrunnen i de fleste tilfeller bli dyrere enn å gjennomføre forebyggende tiltak mot radon. Ved feltutbygginger kan det derimot være nyttig å undersøke byggegrunnen. Alternativt kan man foreta målinger i det første huset som bygges og måle effekten av tiltak der, før tiltak gjennomføres i de andre husene. Generelt bør alle nybygg ha:

- god lufttetthet mot grunnen
- enkle tiltak for trykkendring/ventilering av byggegrunnen
- god ventilasjon

For å hindre at radonholdig jordluft skal komme inn i bygningen er det viktig å velge materialer og detaljløsninger som gir en konstruksjon mot grunnen som er mest mulig tett og fri for sprekker. På sikt kan imidlertid konstruksjonen få riss og sprekker som reduserer lufttettheten. Derfor bør man som hovedregel utføre forebyggende tiltak i tillegg. Ved valg av fundamenteringsmetode bør man unngå metoder som lett kan gi ujevne setninger. Det er også viktig å legge vekt på tetthet rundt gjennomføringer. Antall rørgjennomføringer bør dessuten reduseres til et minimum.

Lufttetthet mot grunnen kan alternativt oppnås ved å bruke radonsperre i golvkonstruksjonen. En radonsperre kan i mange tilfeller erstatte den tradisjonelle fuktsperra. Alle overganger, gjennomføringer og detaljer må være lufttette, og alle skjøter må sveises eller klebes med spesielle klebebånd. I tillegg bør materialet ha god diffusjonsmotstand mot radon og styrke- og aldringsegenskaper som sikrer luft- og diffusjonstetthet over tid.

En radonsperre kan plasseres ulike steder i konstruksjonen. Radonsperrer får forskjellige mekaniske og klimatiske påkjenninger alt etter hvor de plasseres. De godkjennes derfor i ulike bruksgrupper.

Trykkendring og ventilering av byggegrunnen har vist seg å være effektivt mot radon i bygninger. Tiltakene kan virke på to ulike måter:

- Trykkreduksjon. Jordluft strømmer inn gjennom konstruksjonen når det er lavere trykk på innsiden

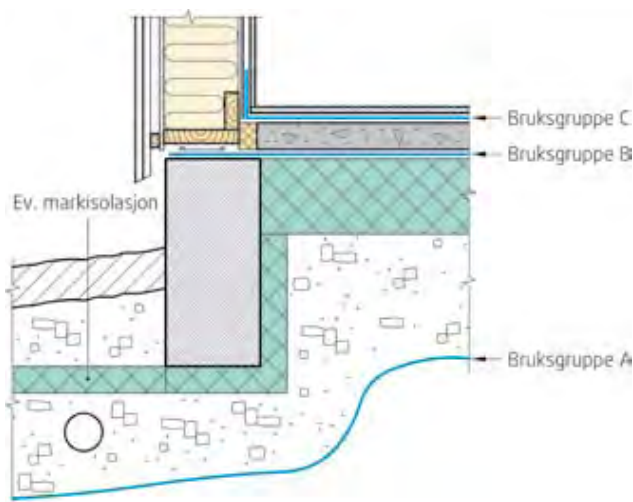
enn på utsiden. Ved å redusere trykket i grunnen under og rundt bygningen reduseres eller forhindres innstrømmingen.

- Ventilering. Man kan senke radonkonsentrasjonen under bygningen ved å ventilere jordlufta.

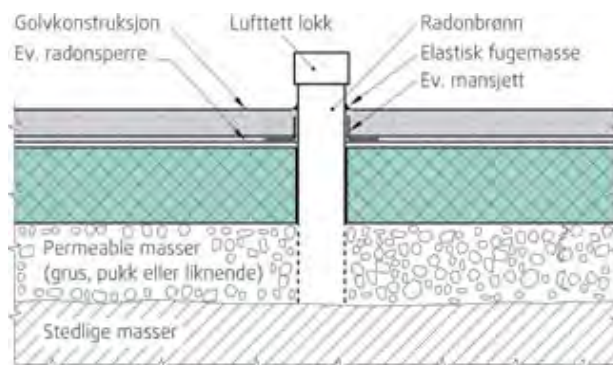
Om man lykkes i å skape lavere trykk i jordlufta enn i innelufta, eller om det er effektivt å ventilere byggegrunnen og overflaten er rundt bygningen. Det er vanskelig å avgjøre dette på forhånd. Man kan derfor velge å bare tilrettelegge for løsningen slik at den enkelt kan aktiveres ved behov. Tilretteleggingen kan for eksempel gjøres ved å installere en radonbrønn eller perforerte rør i grunnen.

God ventilasjon i bygningen er viktig for å fortynne radongass som eventuelt trenger inn. Ved bruk av balansert ventilasjon blåser anlegget inn omtrent like mye luft som det trekker ut, og man får dermed mindre undertrykk i nedre deler av bygningen enn ved avtrekksventilasjon.

Det anbefales å måle radonkonsentrasjonen i alle nye hus. Måling bør skje med sporfilmmetoden etter at huset er tatt i bruk, se beskrivelse i neste punkt. Dersom årsmiddelverdien i oppholdsrom etter tiltak er høyere enn 200 Bq/m³, anbefales det å sette i verk ytterligere tiltak.



Prinsippkisse av alternativ plassering av radonsperrer
Bruksgruppe A: Radonsperre i grunnen
Bruksgruppe B: Radonsperre på plant underlag før råbygget er på plass
Bruksgruppe C: Radonsperre på plant underlag etter at råbygget er på plass



Eksempel på radonbrønn montert i golvkonstruksjon. Ved aktivering kobles brønnen til et rør som føres til friluft, eventuelt med vifte.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 520.706 Sikring mot radon ved nybygging
 - Byggdetaljer 521.011 Valg av fundamentering og konstruksjoner mot grunnen
- Forskrift om vannforsyning og drikkevann (drikkevannsforskriften)
- Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) med veiledning

Tiltak i eksisterende bygninger

Anbefalt tiltaksnivå for radon i inneluft er, ifølge Statens strålevern, 200 Bq/m³, men tiltakene kan begrenses i omfang dersom man ligger under 400 Bq/m³. Etter at tiltak er gjennomført, bør årsmiddelverdien ligge under 200 Bq/m³.

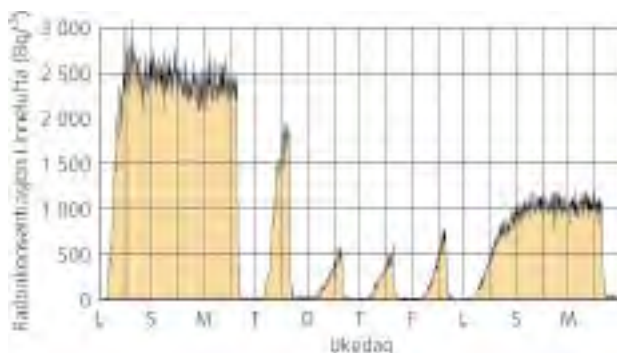
Sporfilmmetoden er den beste målemetoden for å vurdere om det er nødvendig med tiltak mot radon. Radonkonsentrasjonen kan variere svært mye over tid. For å kunne beregne en årsmiddelverdi av radon med tilfredsstillende nøyaktighet, må målinger gjennomføres over en periode på minst to måneder. Statens strålevern utgir en liste over firmaer som tilbyr målinger med sporfilm.

I bygninger med begrenset brukstid, for eksempel skoler og barnehager, må man ta hensyn til at gjennomsnittlig radonkonsentrasjon kan være høyere enn konsentrasjonen i brukstiden. Ventilasjonsanlegg, manuell lufting og høyere dagtemperatur er faktorer som kan medvirke til at radonkonsentrasjonen blir lavere i bygningens brukstid.

Tiltak mot radon fra grunnen i eksisterende bygninger kan i hovedsak deles inn i tre hovedtyper:

- tetting av konstruksjoner mot grunnen
- trykkendring/ventilering av grunnen
- forbedring av ventilasjonen i bygningen

I Byggforskserien beskrives enkle og mer omfattende tiltak knyttet til tetting av konstruksjoner, trykkendring/ventilering av grunnen og forbedring av ventilasjonen. Prinsippene for eksisterende bygninger er de samme som for nybygg, men det må tas hensyn til de eksisterende forholdene i bygningen.



Radonmåling i barnehage med balansert ventilasjon der sporfilm måling viste ca. 600 Bq/m³ i gjennomsnitt. Gjennomsnitt for brukstiden (0800–1700 på hverdager) var kun 20 Bq/m³.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 701.706 Tiltak mot radon i eksisterende bygninger

Det er en sammenheng mellom opplevde symptomer på vinterdepresjon og mengde dagslys utendørs. Bare en liten andel av befolkningen oppgir at de ikke reagerer negativt på mørkere tider om vinteren, men kun en liten prosentandel er så plaget at de trenger medisinsk behandling.

En av årsakene til vinterdepresjon er understimulering på grunn av manglende dagslys slik at man får en biologisk forskyvning av døgnrytmen. Når våren kommer, øker dagslyset til et nivå som er tilstrekkelig til å styre døgnrytmen. Typiske symptomer på vinterdepresjon er mangel på energi og tiltak, trøtthet og økt søvnbehov (man sover lenger uten å bli uthvilt), økt matlyst med vektøkning og en spesiell trang etter søtsaker, liten sosial aktivitet og en generell følelse av utilpasshet og depressive tanker. Hos noen finner man et rent trøtthetssyndrom uten andre depressive symptomer. Depresjonssymptomene øker ofte med alderen. Det fysiologiske behovet for dagslys kan ikke dekkes av kunstig belysning. Derfor skal dagslyset være vår primære lyskilde og ikke den elektriske belysningen.

Norsk kunnskapssenter for lys (tidligere Selskapet for Lyskultur) har utgitt en rekke publikasjoner som definerer hva som menes med godt lys, se www.lyskultur.no. Publikasjonene gir grunnlag for å prosjektere løsninger som gir tilstrekkelig lys på rett plass til rett tid ved minst mulig energi. I korthet bør følgende krav være tilfredsstillt:

- belysningsstyrke (lux)
- rommets lysfordeling (luminans)
- blendingskontroll
- lysets retning
- kontraster
- lysfarge
- fargegjengivelse og romklima

Lys og belysning

Lys er viktig

Belysning er en viktig del av innemiljøet og har stor betydning for menneskers helse og trivsel. Lysforholdene er avgjørende for hvor raskt, sikkert og uanstrengt vi kan utføre en arbeidsoperasjon. Vårt visuelle inntrykk av et rom med hensyn til farger, skyggedannelse og romvirkning er helt avhengig av belysningen. Vi trenger mer lys desto eldre vi blir. Samtidig blir vi mer sjenert av reflekser og blanding med alderen.

I tillegg til behovet for å se har mennesket et fysiologisk behov for å bli stimulert av dagslys. Det er en sammenheng mellom kroppens biologiske klokke og naturens rytme. Rytmen styres i høy grad av variasjonene til dagslyset og temperaturen. De viktigste rytmene i naturen er års-, måneds- og døgnrytmene.

Dagslys

Dagslys er etterspurt og oppleves som god allmennbelysning. Belysningsstyrken og hvor god allmennbelysning dagslyset gir er væravhengig. Dagslyset skiller seg fra kunstig belysning ved at det er helt optimalt i forhold til øyets oppfattelse av farger og kroppens hormonregulerende evne. Ved for lite stimulering av dagslys produserer epifysen søvnhormon selv på dagtid. Dette oppleves som trøtthet om dagen og dårlig søvn om natta. God regulering av døgnrytmen vår er også positivt for immunforsvaret.

TEK krever at oppholdsrom, soverom og kjøkken skal ha vinduer som gir tilfredsstillende dagslys. Arbeidsrom og spiserom i arbeidslokaler skal ha dagslys og utsyn når ikke hensyn til oppholds- eller arbeidssituasjonen tilsier noe annet. Arbeidsmiljøloven påbyr

at det på arbeidsplasser skal være gode lysforhold, om mulig dagslys og utsyn.

Dagslyset kan variere kraftig og kan derfor ikke benyttes alene som lys på arbeidsplassen. Det er imidlertid godt egnet som allmennbelysning i kombinasjon med elektrisk belysning. Bevisst bruk av dagslys i arbeidsmiljøet er svært avhengig av farger og reflekterende egenskaper i omgivende bygningsflater og interiør.

Dagslysinnfallet bestemmes av vindusarealet, rommets høyde og dybde, vindusplasseringen, avskjermingen, samt refleksjonsegenskapene til de ulike overflatene i rommet.

Dagslys varierer i styrke, og måles derfor ikke i lux. Dagslysfaktoren sier ikke noe om det absolutte belysningsnivået i rommet på et gitt tidspunkt, men om den relative belysningen i forhold til lysnivået ute. Generelt bør gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet være på 2 %. I dag er det vanlig å gjøre beregninger av dagslysfaktoren. Ofte brukes regneprogrammer. Programmene tar hensyn til avskjerming av horisont og skygger fra balkonger. Enklere håndberegninger er vist i Byggforskserien.

Store vindusflater gir bedre dagslys, men påvirker også termiske forhold og energibruk. Solavskjerming, vinduets U-verdi og orientering er viktige forhold som må ses i sammenheng med arealet. Kombinasjon av høytsittende vinduer og vinduer i vanlig høyde gir både god belysning og godt utsyn. I tillegg til å bruke vanlige vinduer kan det installeres innretninger som fordeles lyset lenger inn i rommet enn vanlig. For å utnytte dagslyset maksimalt er det viktig å tilpasse møbleringen til lysinnfallet, for eksempel i kontorer.



Hvor mye dagslys som kommer inn i et rom, er avhengig av utformingen på vinduene.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Planlegging 222.230 Planlegging av energieffektive kontorbygg
- Bygghdetaljer 421.602 Dagslys. Egenskaper og betydning
- Bygghdetaljer 421.621 Metoder for distribusjon av dagslys i bygninger
- Bygghdetaljer 421.626 Beregning av gjennomsnittlig dagslysfaktor og glassareal
- Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern m.v. (arbeidsmiljøloven)

Elektrisk belysning

Dagslys må suppleres med elektrisk belysning. Belysningsstyrken i et lokale bør variere. Belysningsstyrken på arbeidsplasser bør være høy, mens allmennbelysningen bør være mer dempet for å stimulere til et hyggelig innemiljø. Belysningsstyrken bør imidlertid ikke variere for mye, fordi det kan føre til blinding og annet ubehag. Vanligvis trengs en belysningsstyrke på 300 lux for enkle synsoppgaver (grovt verksted, auditorier), og 500 lux for arbeidsfelt med større krav til synsbetingelsene (vanlig verkstedsarbeid, kontorarbeid, enklere kontrollarbeid).

Like viktig som tilstrekkelig belysningsstyrke er det å sørge for at belysningen i arbeidslokalene ikke har for store kontraster. Forskjellen i belysningsstyrke for tilgrensende områder eller rom bør ikke overstige 1:3. Glødelamper og halogenglødelamper gir god fargegjengivelse, men dårlig lysutbytte. Mindre enn 1/3 av den tilførte energien blir til lys, resten er varme som ofte må ventileres bort. Vanlige lysrør og sparepærer anbefales derfor for kontor og andre arbeidsplasser. Sparepærer kan deles i to grupper: lysrørlamper med skrusokkel og kompaktlysrør som har stiftsokkel. I tillegg til å være de mest energieffektive lyskildene, har disse sparepærene lang levetid og lav strålevarme.

Fargetemperatur og fargegjengivelse er to viktige kriterier for valg av lyskilde. Det er det reflekterte lyset, lyskildens spektralkurver, overflaten på objektet og synets evne til å oppfatte farger i den aktuelle del av spektret som bestemmer hvilket fargeinntrykk vi får. Fargetemperaturen er fargen på lyset slik vi oppfatter det, om det virker «varmt» eller «kaldt». Vi ønsker gjerne et litt varmt lys ved normal belysningsstyrke. Middels varmt lys har fargetemperatur på 3 000–5 000 K, varmt lys mindre enn 3 000 K.

Lyskildens evne til fargegjengivelse gir vår oppfatelse av gjenstandens farge. Et rikt fargeinnhold i be-

lysningen er viktig, både for prestasjon og for trivsel. Det er vanlig å bedømme en lyskildes egenskaper med hensyn til fargegjengivelse ved hjelp av fargegjengivelsesindeksen, R_a . Den maksimale verdien for R_a er 100, som tilsvarer dagslysets fargegjengivelse. Glødelamper har R_a -indeks på 99, mens billige lysrør ligger rundt 85. Det fins lysrør med R_a -indeks opp til 98. Høy indeks bør velges der fargegjengivelse er viktig i forhold til prestasjon.

Det benyttes i dag direkte og indirekte belysning eller en blanding av disse prinsippene. Direkte belysning gir økt blendingsrisiko, låser møbleringen og kan gi reflekser i dataskjermer. Direkte belysning gir godt dybdesyn, mer variasjon i omgivelsesluminans, samt mer synlig glans og finstruktur. Indirekte belysning rettes oppover og reflekteres via tak og vegger. En slik belysning gir god allmennbelysning, redusert fare for blinding og frihet i møblering. Belysningen må imidlertid være nedhengt og gir svekket dybdesyn, samt dårligere oppfattelse av glans og tekstur. I tillegg gir slik belysning et ekstra smussdepot som må gjøres rent.

Belysningsinstallasjoner påvirker også kjølebehovet. Energieffektiv belysning og god utnyttelse av dagslys reduserer varmelasten. I større bygninger bør man primært benytte lysrør, siden de gir mye lys med lavt energibruk, har lang levetid, avgir lite varme og fins i et stort utvalg. Kompaktlysør er en nyere type lyskilde i stadig utvikling. De kan brukes overalt der vi ellers ville bruke lysrør eller glødelamper, men må ha egne armaturer.

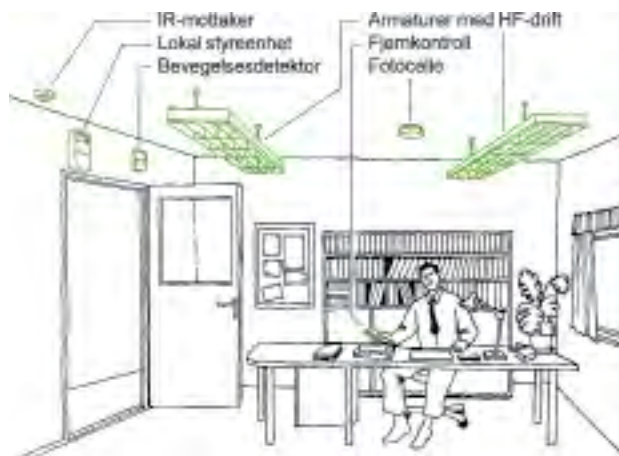
Lysrør er avhengige av forkoblingsutstyr, som gir effekttap. Utstyret har som oppgave å gi startspen-

ning og begrense strømmen til lyskilden etter at den er tent. Elektronisk utstyr er mer energieffektivt enn konvensjonelt utstyr, men dyrere i innkjøp. Likevel blir det stadig mer vanlig fordi bruk av slikt utstyr lønner seg på sikt. Varmetapet blir lavere, levetiden til lysrørene blir lengre, lampene blir tent momentant, lystilbakegangen i løpet av lampens levetid blir mindre og utbrente lysrør blir automatisk sløkt istedenfor å stå og blinke. Andre tiltak som kan bidra til å redusere varmelasten fra belysning, er:

- dimmesystem som regulerer lysnivået trinnløst eller av/på avhengig av dagslysnivået
- persondetektor som kobler belysningen inn/ut avhengig av om det er noen til stede
- koblingsur som kobler ut og tenner lyskilden til bestemte tidspunkter

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 421.610 Krav til lys og belysning
 - Byggdetaljer 421.626 Beregning av gjennomsnittlig dagslysfaktor og glassareal
 - Byggdetaljer 554.212 Lyskilder. Lampetyper og forkoblingsutstyr
 - Byggdetaljer 554.215 Belysningsarmaturer
 - Standarder:
 - NS-EN 12464-1 Lys og belysning – Belysning av arbeidsplasser – Del 1: Innendørs arbeidsplasser.
- Mer utfyllende veiledning til standarden fins i luxtabeller fra Norsk kunnskapssenter for lys, tidligere Selskapet for Lyskultur, se www.lyskultur.no.



Elementer som inngår i automatisk regulering av belysningen i et kontor. Armaturene har høyfrekvens-forkoblingsutstyr

Ventilasjon

Ventilasjonen i en bygning skal forbedre inneluftkvaliteten ved å transportere forurensninger som karbondioksid (CO_2), fuktighet, lukt, avgasser fra materialer og overskuddsvarme ut av bygningen. Ventilasjonen skal ikke forringe luftkvaliteten eller bidra til økt eksponering av forurensninger, men heller beskytte oss mot utendørs eksponering som svevestøv og pollen. Ventilasjon skal heller ikke gi ubehag i form av støy eller vibrasjoner.

Forskjellige typer ventilasjonsanlegg, krav til luftkvalitet, ventilasjonsprinsipper, drift og kontroll av ventilasjonssystemer, varmevekslere og kravspesifikasjoner for ventilasjonsanlegg er beskrevet i kapittel 6 om ventilasjon.

Unngå problemer

Dessverre er det mange ventilasjonsanlegg som ikke fungerer tilfredsstillende, og det fører ofte til klager. Derfor er det viktig å være klar over typiske plager og årsaker knyttet til ventilasjonsanlegg, slik at de kan unngås. Vanlige klager er:

- Ujevn luftfordeling. Selv om totalt tilført luftmengde til en bygning er tilfredsstillende, kan dårlig innregulering av ventilasjonsanlegget føre til at enkelte rom får for lite luft, andre for mye. I bygninger med dårlig innregulering er det ofte en høy andel av klager på innemiljøet.
- For lite tilluft. Tilluftsmengden skal tilpasses antall personer, aktivitet, samt materialer i rommet. Endret bruk i forhold til forutsetninger gir ofte problemer. Konsentrasjonen av karbondioksid over 1 000 ppm (1 800 mg/m³) er en indikasjon på utilstrekkelig ventilasjon i forhold til antall personer i lokalet.
- Dårlig ventilasjonseffektivitet. Hvis deler av ventilasjonsluften føres direkte fra tilluftsventil til avtrekksventil, får vi kortslutning, og rommet blir dårlig ventilert. Kortslutning kan oppstå når en tilluftsventil kaster tilluft direkte mot en avtrekksventil, eller når tilluftstemperaturen er høyere enn romtemperaturen.
- Forurensninger. Dårlig vedlikehold og/eller dårlige systemløsninger kan føre til at ventilasjonsanlegget tilfører rommene forurensninger. Typiske forhold kan være dårlig filterkvalitet, mye byggestøv og smuss i tilluftskanaler, feilaktig plassering og mangelfull utforming av uteluftinntak. Innvendig mineralullisolasjon i kanaler, aggregater, lydfeller eller plenumskamre som ikke er forseglet, er også uheldig.
- Støy fra ventilasjonsanlegg kan være en stor belastning på innemiljøet. Støyen kan ha mange årsaker, som feil tilluftsventil, for små kanaler, manglende lydfeller i ventilasjonsanlegget eller vifte-støy.
- Trekk er en hyppig klagefaktor. Det er to typer trekk: trekk som skyldes for stor strålingsasymmetri og trekk som har sammenheng med luftbevegelser, temperatur og fuktighet. Lufthastigheter over 0,15 m/s om vinteren og 0,25 m/s om sommeren oppleves gjerne som trekk. Generelt er nakkeregionen mest følsom for trekk. Vanlige årsaker er for stor lufthastighet i tilluftsventiler som resultat av for små ventiler i forhold til luftmengde eller feil innregulering, uheldig plassering av ventil i forhold til kastelengder, for lav tilluftstemperatur eller feil plassering av arbeidsplass ved bruk av fortrengningsventilasjon.



Godt inneklima uten klager på ventilasjon krever god planlegging og godt vedlikehold.

Les mer

■ Byggforskserien:

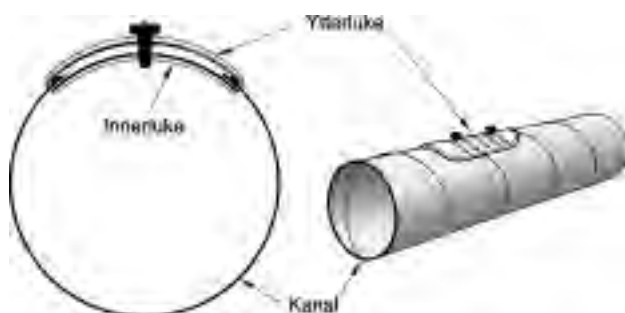
- Byggdetaljer 421.505 Krav til innemiljøet i yrkes- og servicebygninger
- Byggdetaljer 552.301 Ventilasjon av boliger. Prinsipper og behov
- Byggdetaljer 552.331 Filtrering av luft i ventilasjonsanlegg

God ventilasjon starter på tegnebordet

I prosjekteringen av et anlegg gjøres mange valg som er avgjørende for om et ventilasjonsanlegg vil fungere tilfredsstillende eller ikke. Det er ofte begrenset mulighet til å rette opp konsekvensene av feil valg i etterkant. I den grad det er mulig er slik oppretting gjerne forbundet med til dels store kostnader. Viktige forhold er:

- Det må være god og gjennomtenkt dimensjonering av luftmengder, tilpasset personbelastninger og aktiviteter og brukstider i de enkelte rom.
- Kanaler og ventiler må være riktig dimensjonert med tanke på hastigheter og trykkfall for å unngå støy.
- Ventiler må dimensjoneres og plasseres slik at man unngår trekk fra tilluftsventiler og kortslutning med avtrekksventiler.
- Kanallayouten bør være symmetrisk og balansert, og spjeldene bør være plassert slik at anlegget blir enkelt å innregulere og luftfordelingen blir riktig.
- Tilrettelegging for gode målepunkter for luftmengder er viktig for både innregulering og etterkontroll, for eksempel i forbindelse med rengjøring eller ombygging.

- Renseluker plasseres med god tilgang slik at anlegget er lett tilgjengelig for inspeksjon og rengjøring. Kanalføringen bør også være så kort og enkel som mulig for å sikre god tilgang og enkel rengjøring. Det er viktig at renselukene er tette.
- Sørg for tilstrekkelig plass og koordinering av de ulike installasjonene i sjakter og himling.
- Sørg for fornuftig plassering og tilstrekkelig plass til montering/vedlikehold av aggregat.
- Utforming og plassering av luftinntak bør være gjennomtenkt.
- Monter lydfelle i tilstrekkelig lengde etter aggregat for å fjerne støy ved kilden. Behov for lydfeller i kanalnettet må vurderes. Aggregatet bør monteres på vibrasjonsdempere slik at vibrasjoner ikke overføres via bygningskonstruksjonen.



Renseluker skal ha god tilgjengelighet, være enkle å åpne/luke og ikke minst være tette slik at luftlekkasje unngås.

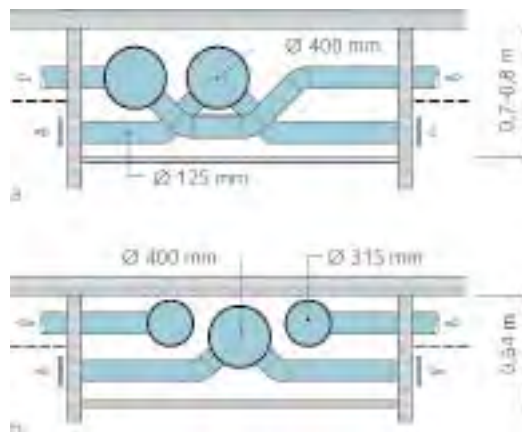
Kanaler og ventiler

Ventilasjonsanlegg bør planlegges slik at de blir så enkle og driftssikre som mulig. God dimensjonering og gjennomtenkt kanalføring gir et godt grunnlag for innregulering. Det gjør det enklere å oppnå riktig luftfordeling uten mye struping. Er anlegget lite gjennomtenkt, kan det bli klager på trekk og for lite luft, og mye struping gir støyplager. Et godt anlegg er også mer fleksibelt for endringer ved endret bruk eller ombygging. Gode målepunkter og riktige trykkforhold er også viktige forutsetninger for god innregulering.

Størrelsen på ventiler, kastelengden, strømningsmønstret og plasseringen er avgjørende for trekkfaren. Velg ikke for små ventiler, og sjekk at kastelengden eller nærsoneen ikke kommer i konflikt med vegger, annen luftstrøm eller møblering. Arbeidsplasser eller sitteplasser som benyttes mye, er utsatt. Vær spesielt oppmerksom ved bruk av bakkantinnblåsing og fortrengningsventilasjon.

Kanalføringer for hovedluftmengder må ha tilstrekkelig plass i sjakter og himling. Kanalføring må også

koordineres med andre installasjoner for å unngå uheldige kollisjoner og redusert tilgang til spjeld, målepunkter og renseluker. For liten plass i himling og dårlig planlegging gir gjerne mange ekstra kryssinger og unødige bend, som igjen gir dårligere strømningsforhold, økt trykkfall og fare for støy.



Eksempler på kanalføring i korridorsone. Høyder over himling gjelder uisolerte kanaler.

- Typisk kanalkryssing
- Oppsplittet fordeling hvor en kanal er erstattet av to mindre

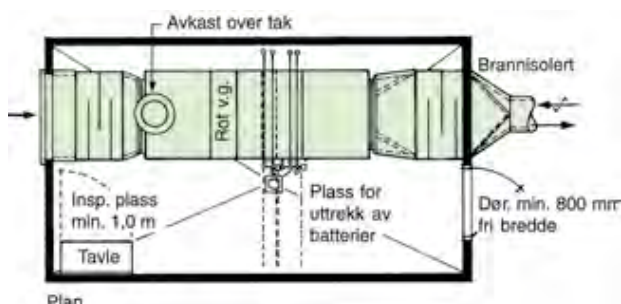
Les mer

- Byggforskserien:
 - Planlegging 379.320 Plassbehov for føringsveier til tekniske installasjoner

Aggregatrom

Aggregatrom må plasseres slik at utstyr lett kan transporteres inn i rommet. Dører og åpninger må være store nok, og bjelkelag/dekker må kunne tåle belastningen. Det er viktig at aggregat og komponenter lett kan vedlikeholdes og repareres. Driftspersonell må ha enkel adgang uten å måtte klatre i stiger, på tak eller krype på loft. Dårlig tilgang gjør gjerne at vedlikehold og service nedprioriteres. Rundt aggregatet må det være tilstrekkelig plass slik at filtre eller andre komponenter enkelt kan tas ut og settes tilbake. Også komponenter over himling må ha god tilgjengelighet.

Levetiden for ventilasjonsanlegg er vanligvis vesentlig kortere enn bygningens levetid. Man må derfor ta hensyn til at deler av eller hele aggregatet og kanalnettet må kunne skiftes ut.



Nødvendig serviceplass for installasjonene i teknisk rom

Les mer

- Byggforskserien:
 - Planlegging 379.310 Plassbehov og plassering av tekniske rom for ventilasjonsanlegg

å se på behovet for kjøling. Store glassflater, interne varmelaster fra belysning, pc-er og annet teknisk utstyr, samt krav om lav og stabil temperatur, gjør at kjølebehovet i en bygning kan være vel så stort som oppvarmingsbehovet. TEK krever at byggverk med installasjoner skal utføres slik at kjølebehovet blir minst mulig og slik at man sikrer et forsvarlig innemiljø. Hensynet til kjølebehov er spesielt viktig å vurdere i bygninger som har relativt store interne varmelaster i kombinasjon med soloppvarming.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 421.505 Krav til innemiljøet i yrkes- og servicebygninger

Oppvarming og kjøling

Temperaturen i et rom er viktig for hvordan det oppleves å være der. Mennesker reagerer forskjellig; noen er mer følsomme enn andre. Ønsket temperatur varierer fra individ til individ og med aktivitetsnivå og bekledding. Vanligvis stilles det krav til operativ temperatur. Operativ temperatur er et konstruert temperaturmål som kombinerer effekten av lufttemperatur og strålingsutveksling med omgivende flater. I godt isolerte bygninger er operativ temperatur tilnærmet lik lufttemperaturen, som er enklere å måle. Eksempel på optimale temperaturer er gitt i tabellen nedenfor. I tillegg til det optimale termiske innemiljøet kan man spesifisere maksimal varighet av temperaturavvik i forbindelse med spesielt varme dager.

Gjennomsnittlig 3/5 av energibruken i bygninger går til romoppvarming og varming av ventilasjonsluft. Det er denne andelen som lar seg påvirke gjennom utformingen av bygningen og installasjonene. I energieffektive boliger vil andelen være mindre, og det er tilsvarende mindre å hente på ytterligere bygningstekniske tiltak, men desto mer å hente ved å endre brukervanene.

Like viktig som å fokusere på oppvarming er det

Passive tiltak for redusert oppvarming

Tekniske installasjoner for oppvarming og kjøling bør i størst mulig grad erstattes av passive tiltak. Bygningstekniske tiltak som gir kompakt bygningsform, bedre varmeisolering, mindre luftlekkasjer og færre kuldebroer, er viktige faktorer for å redusere oppvarmingsbehovet.

Bygningens form

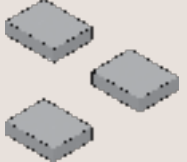
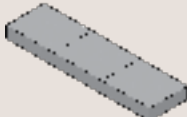
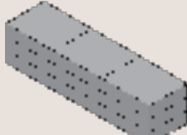
Både bygningens ytre form og plasseringen av bygningen i forhold til vind har betydning for varmetapet. En bygning med en tilnærmet kubisk form har stort indre volum i forhold til omhyllingsflatene, slik at varmetapet gjennom ytterkonstruksjonene reduseres, se tabellen nedenfor. Formen kan imidlertid komme i konflikt med bygningens bruksegenskaper og daglyshforholdet i rommene.

Effektiv arealutnyttelse er en forutsetning for å oppnå et lavt totalforbruk av energi til drift av bygninger. God arealeffektivitet betyr lite forbruk av arealer i forhold til virksomheten. Utforming og arealbruk må tilpasses aktivitetene i bygningene, men holdes på et så lavt nivå som mulig med hensyn til både energikostnader og andre driftskostnader. I dag varierer arealbruken per person i typiske kontorer mellom 50 m²/person ned til 20 m²/person.

Eksempel på optimal temperatur og avvik

Rom	Lufttemperatur										
	Sommer					Vinter					
	Maks °C	Over- skridelse h/år	Optimal °C	Min. dag °C	Min. natt °C	Maks glidning °C	Maks °C	Optimal °C	Min. dag °C	Min. natt °C	Maks glidning °C
Kontor	26	50	24	22	17	4	23	22	20	18	3

Overflateareal for ulike bygningsformer

	Overflate per enhet	Relativ overflate per enhet	Relativt varmetap med 15 % vindusareal
Frittliggende 	320	1	1
Vannrett forbundet 	280	0,88	0,91
Loddrett 	187	0,58	0,71
Vannrett/ Loddrett 	147	0,46	0,62

Kompakt bygningsutforming med minst mulig omhyllingsflate og utspring vil altså bidra til å redusere varmetapet.

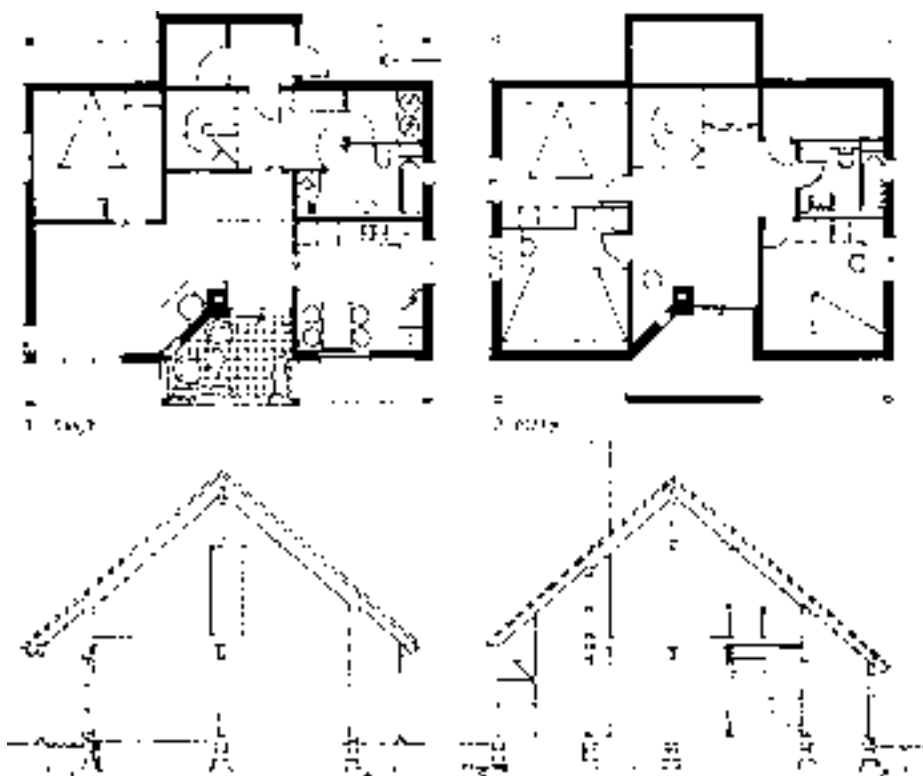
Forhold som kan bidra til redusert varmetap i boliger, er for eksempel:

- Boliger bygd som rekkehus får mye mindre omhyllingsflate enn atskilte boliger. Det gjelder særlig de boligene som får to av ytterveggene mot naboer.
- En toetasjes bygning får noe mindre omhyllingsflate enn en enetasjes bygning med samme golvareal.
- Utvendige boder på isolert yttervegg bidrar til å redusere varmetapet.
- Vindfang og trapperom kan benyttes som del av klimaskjerm mot nord.
- En enkel, kompakt og tilnærmet kvadratisk bygningskropp gir minst mulig overflateareal.
- Stue og kjøkken med store vindusarealer, samt solrom/vinterhage mot sør og soverom mot nord, gir gunstig temperaturfordeling og mindre oppvarmingsbehov.

Lufttetthet

En bygnings tetthet mot luftlekkasjer kan ha vesentlig betydning for:

- bygningens energiforbruk
- brukernes komfort
- konstruksjonens bestandighet



Eksempel på bolig hvor det er tatt hensyn til de tre siste punktene i avsnittet om passive tiltak for redusert oppvarming
April-huset ved Tønsberg. Arkitekt: Siv.ark. Kjellaug Sandvik Eggen

Utsiktede utettheter gjør behovet for energi til oppvarming unødvendig høyt. Trekk fra luftlekkasjer er en av de vanligste grunnene til klager på termisk komfort. Enkelte typer luftlekkasjer kan medføre mugg, råte eller andre skader. God tetthet er også en av forutsetningene for et velfungerende ventilasjonsanlegg. Lufttetthet er nærmere beskrevet i kapittel 4.

Kuldebroer og kaldras

Kuldebroer er nærmere beskrevet i kapittel 4.

Kaldras oppstår når luft avkjøles mot kalde flater, for eksempel vinduer, og danner nedadrettet konveksjonsstrøm langs flaten. Kaldraset ved vinduer kan forårsake trekkproblemer i oppholdssonen nær vinduet. Kaldraset er avhengig av høyden på ruta og U-verdien for ruta. Vinduer bør derfor ha lav U-verdi. For vinduer er det også viktig å ta hensyn til varmetap gjennom karm/ramme. U-verdien for karm/ramme er gjerne en del dårligere enn for selve ruta. Innfestingen må også gjøres korrekt for å unngå trekk.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Planlegging 222.222 Planlegging av boliger med lavt energibehov. Eksempler
- Planlegging 222.230 Planlegging av energieffektive kontorbygg
- Byggforvaltning 720.015 Utbedring av kuldebroer
- Byggforvaltning 720.035 Måling av bygningers lufttetthet. Trykkmetoden

Passive tiltak for å redusere kjøling

For redusert kjølebehov er vindusareal, himmelretning og valg av vindustype viktige faktorer. God solskjerming er en forutsetning for å unngå overoppheating. Solskjerming reduserer det totale solinnslippet til rommet og dermed også lufttemperaturen. Skjermingen reduserer også det direkte solinnslippet på personene som sitter ved vinduet og dermed den operative temperaturen de opplever. Solskjerming gir redusert kjølebehov og kan i enkelte tilfeller føre til at kjøleanlegg kan utelates.

Redusert solinnslipp kan også føre til mindre dagslys og økt elforbruk til belysning. Bevegelig solskjerming er avgjørende for å oppnå god dagslysutnyttelse i vårt klima. Det er imidlertid viktig å velge en type solskjerming som slipper inn nok lys til å kunne utnytte dagslyset når solskjermingen er nede. Det fins mange alternativer, blant annet:

- persienner og markiser, med lokal eller sentral styring
- faste bygningsavskjerminger
- solkontrollerende ruter
- elektrokromatiske glass

Utvendig solskjerming skjermer bedre enn innvendig avskjerming fordi solstrålene stanses før de treffer vinduene. Utvendig skjerming er derimot mer utsatt for slitasje. Man bør derfor ta en totalvurdering av værbelastning og avskjermingsbehov før man velger type skjerming.

Utvendige, bevegelige persienner gir ofte det beste resultatet termisk og lysmessig. Lysinnfallet kan reguleres ved å justere lamellvinkelen. Det fins persienner med ulik vinkel på lamellene oppe og nede slik at lys kan slippe inn i øvre del, mens nedre del skjermer helt. Horisontale, dreibare lameller er mest brukt. Vertikale, dreibare lameller kan imidlertid gi en bedre utnyttelse av dagslyset, samtidig som de skjermer direkte mot sola. Spesielt i delvis skyet vær kan en slik løsning gi gode dagslysforhold. Begge typene persienner fungerer best med automatisk styring av posisjon på avskjerming og vinkel på lameller.



Utvendige, horisontale persienner med dreibare lameller. Foto: Norges solskjermingsforbund

Les mer

■ Byggforskserien:

- Planlegging 222.230 Planlegging av energieffektive kontorbygg
- Byggetal 533.163 Solskjerming

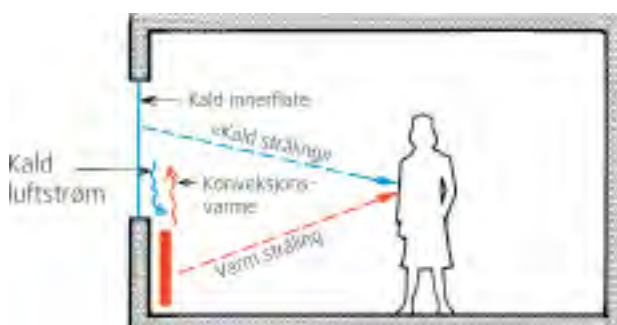
Oppvarmingssystem

Hvilken energiform – elektrisitet, fast og flytende brensel, gass osv. – som er mest lønnsom og aktuell i framtiden er umulig å forutsi. Det beste er derfor å velge en oppvarmingsform som er relativt enkel å tilpasse til alternative energiformer. Energi- og kostnadseffektive løsninger forutsetter individuell og god temperaturkontroll, både ut fra komfort- og energihensyn. Elektriske, termostatstyrte panelovner i hvert enkelt rom er en rimelig og energieffektiv løsning som gir god temperaturkontroll, men ingen energifleksibilitet. Bruk av vannbåret varme til oppvarming av bygninger gir mulighet for energifleksibilitet ved at alternative energikilder kan brukes til å varme opp vannet. Anlegg med vannbåret varme gir også mulighet for varmelagring, som medfører at en kan utnytte tilfeldig kraft, solvarme o.l. som ikke er tilgjengelig til enhver tid.

Ovner

Varmelegemets plassering i rommet er avgjørende for komforten. Det som skjer når et varmelegeme plasseres under et vindu, er vist i figuren nedenfor. Strålevarme fra ovnen kompensere for den kalde strålingen fra vinduet. Konveksjonsvarmen som stiger opp, motvirker den kalde luftstrømmen som vinduet har forårsaket og trekkvirkningen fra eventuelle spalteventiler i vinduet. Ved store vindusflater i forbindelse med permanente sitteplasser bør en tilstrebe en slik varmebalanse. En varmeovn under vinduet gjør imidlertid vindusbrettet til et mindre gunstig sted for blomster og potteplanter. Ovn plassert under vinduet er heller ikke hensiktsmessig ved golvlange fortrekksgardiner.

Varmeovn plassert ved innervegg gir noe dårligere varmekonforhold i rommet. Konveksjonsvarmen motvirker ikke kaldluftsnedslaget fra vinduet, og strålingsbalansen blir skjev. Temperaturforskjellen fra øverst til nederst i rommet blir større, spesielt ved varmekil-

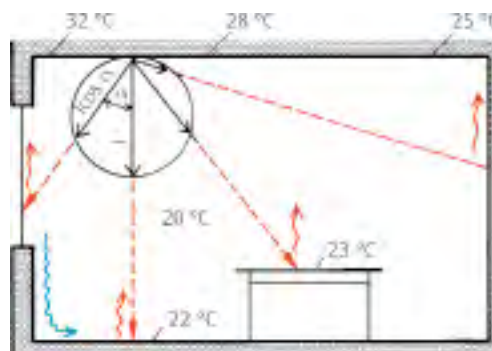


Varmekilde under vindu gir god varmebalanse.

der med konsentrert, oppstigende luftstrøm. I godt isolerte boliger med moderate vindusstørrelser har imidlertid plassering av varmelegemer relativt liten betydning for rommets varmekomfort. Det avgjørende for plasseringen av varmelegemet i godt isolerte hus med moderate vindusarealer, er at man finner et sted som ikke er til hinder for den tiltenkte bruken av rommet, møblering osv. For brenselstyrte ovner er plasseringen gitt av skorsteinens plassering, fordi det ikke er tilrådelig med horisontale røykrør.

Strålevarmetak

Strålevarmetak er et utpreget lavtemperatursystem. Et takvarmeanlegg med horisontal himling avgir praktisk talt all varme i form av stråling. Et tynt luftlag oppe under himlingen varmes opp og blir liggende i ro. Luftlaget isolerer mot ytterligere avgivelse av konveksjonsvarme. Overflatetemperaturen på bestrålte golv, møbler osv. vil bli høyere enn lufttemperaturen i rommet. I virkeligheten er det de bestrålte flatene som varmer opp romluften. Prinsippet for varmeavgivelse og temperaturforhold ved et takvarmeanlegg er vist i figuren nedenfor. Temperaturen på himlingen bør ikke bli for høy, fordi det kan gi ubehagelig varmestråling mot hodet. Takvarme gir stor frihet til møblering og bruk av et rom.



Temperaturforhold ved strålevarmetak. Strålingsintensiteten i de forskjellige retningene er proporsjonal med lengden på pilene.

Golvvarmeanlegg

Golvvarmeanlegg avgir varme ved både konveksjon og stråling. Det er en fordel at varmen blir avgitt nederst i rommet. Også golvvarmeanlegg gir stor frihet til møblering og bruk av rommet. I rom for varig opphold bør golvtemperaturen under normale forhold ikke overstige ca. 26 °C. I rom for kortvarig opphold, spesielt i badrom hvor man ferdes barbeint, kan golvtemperaturen gjerne være 26–30 °C.

Golvvarmeanlegg er relativt varmetrege på grunn av den store massen som må varmes opp. Tidsforsinkelsen mellom påtrykt og avgitt effekt for vanlige tregolv kan være flere timer. For betonggolv med innstøpte varmeslynger kan forsinkelsen være omkring ett døgn. Den store tregheten gjør golvvarmeanlegg lite gunstige i rom med raskt skiftende varmebehov, som rom med store, solvendte vinduer. Temperaturtrege golvvarmeanlegg er også lite egnet i soverom eller kombinerte oppholdsrom/soverom hvor det ofte er ønskelig med lave temperaturer om natta. Golvvarmeanlegg er spesielt egnet for rom med langsomt skiftende varmebehov og der det kan virke golvkaldt, for eksempel i kjellerstuer. Anleggene gir høy komfort i badrom.

For å ta hensyn til skiftende og tilfeldige varmebehov, som i overgangsperiodene vår og høst, er det ønskelig at et golvvarmeanlegg blir supplert med en raskt regulerbar tilskuddsvarme fra for eksempel en vanlig elektrisk ovn.

Optimal utnyttelse av lavkvalitetsenergikilder til oppvarmingsformål forutsetter bruk av vannbårne varmeanlegg som kan nyttiggjøre seg lave vanntemperaturer, gjerne ned mot 30 °C. Lave vanntemperaturer er spesielt viktig ved bruk av varmepumper. Man øker dermed effekten og reduserer behov for elektrisitet til drift av varmepumpa. Tilsvarende forhold gjelder ved bruk av vannbaserte solfangere i kombinasjon med varmelager. Viktige forutsetninger for lavtemperaturvarme er lavt oppvarmingsbehov og store heteflater.



Golvvarmeanlegg

Les mer

■ Byggeforskeren:

- Planlegging 222.220 Planlegging av boliger med lavt energibehov
- Planlegging 222.230 Planlegging av energieffektive kontorbygg
- Bygghdetaljer 472.321 Boliger med lavt energibehov. Tekniske løsninger og installasjoner
- Bygghdetaljer 552.102 Oppvarming av boliger. Metoder og systemer
- Bygghdetaljer 552.122 Vannbåret lavtemperatur golvvarmeanlegg med stor energifleksibilitet

Kjøling

Når passive bygningstiltak er vurdert, kan eventuell kjøling dimensjoneres. For å oppnå tilfredsstillende innneklima er det svært viktig at kjølingen reguleres godt etter utetemperatur og/eller andre behov. For lav temperatur i kontorlokaler er en vanlig klageårsak. For å opprettholde komforten i kontorbygninger er det imidlertid ofte behov for en eller annen form for kjøling. Energibehovet til kjøling i typiske kontorer utgjør omkring 20–30 % av det totale energibehovet. Variasjonene kan være større, avhengig av klima og tekniske løsninger. Ved bruk av kjøling må en sørge for at kjøleanlegget og varmeanlegget ikke er i drift samtidig.

Forenklete kjøleløsninger kan være frikjøling med luft (forsert ventilasjon om natta, eventuelt ved naturlig ventilasjon), eller frikjøling med vann, det vil si direkte kjøling via varmeveksler mot sjøvann, grunnvann e.l. I mange tilfeller kan det være en energieffektiv løsning å utnytte både kuldesiden og varmesiden av en varmepumpe. Lokale kjølesystemer, for eksempel med vannbaserte kjølebafler/kjølehimlinger, er generelt mer energieffektive enn sentral, luftbasert kjøling via ventilasjonsanlegget. Det fins flere alternative vannbaserte kjøleløsninger, blant annet:

- flate kjøle- og varmehimlinger
- kjølebafler
- kjølekonvektorer

Flate kjølehimlinger består av horisontale himlingsplater i god kontakt med vannrør. Løsningen gir mulighet til fleksibel innredning ved at indre vegger kan flyttes, og romtemperaturen kan reguleres individuelt for mindre seksjoner. Utført som tette, heldekkende himlinger med prefabrikkerte løsninger for innsetting av lys- og ventilasjonsarmatur, er kjølehimling en holdbar løsning som er lett å rengjøre og som gir godt innneklima.



Eksempel på kjølehimling og strålevarmetak

Kjølebafler er vannkjølte elementer som henger vertikalt på samme måte som akustiske bafler. Kjølebaflenes varmeutveksling skjer i større grad enn i flate kjølehimlinger ved konveksjon. Kjølebaflene er dermed enda mer effektive enn horisontale kjølehimlinger, men de gir en luftstrøm ned langs baffelsidene som i enkelte tilfeller kan føles som trekk i oppholdssonen. Plasseringen av kjølebafler er svært viktig. Plassering rett over eller bak kontorpulter fører gjerne til at brukeren opplever trekk, og bør derfor unngås. Kjølebafler kan utnyttes til å skjule og bære ovenforliggende installasjoner uten å hindre atkomsten, og baflene kan gi arkitektonisk interessante løsninger.

Kjølekonvektorer er en videreutvikling av kjølebaflene. Begrepene kjølebafler og kjølekonvektorer benyttes i praksis om hverandre. I tillegg til å ha vertikale sideflater slik som baflene, har konvektorene også vertikale ribber mellom yttersidene for å øke konveksjonsflaten. Utseendet minner om lysarmaturer. Stor bredde på kjølekonvektorene gir stor kjøleeffekt, men også større fare for trekk under konvektorene. Enkelte produkttyper har en bunnplate montert et lite stykke under ribbene slik at luftstrømmen kommer ut horisontalt. Dermed reduseres trekkfaren. Bunnplata kan også utformes slik at den kan samle opp eventuelt kondensvann. Kjølekonvektorer er vanskeligere å rengjøre enn tette kjølehimlinger og enkle kjølebafler. Kjølekonvektorer er billigere å installere enn kjølehimlinger på grunn av mer konsentrert kjøling og færre rørtilkoblinger. Det må være åpninger i himlingen mellom kjølekonvektorene slik at romlufta kan strømme uhindret til oversiden av konvektorene.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 552.350 Vannbaserte kjøle- og varmesystemer for himlinger

Utforming for rasjonelt renhold

Renholdets betydning for estetikk, hygiene og innemiljø

Rene overflater bidrar til trivsel ved at miljøet oppleves positivt. Et rent utseende kan også virke holdningsskapende og forebygge tilgrising og hærverk, noe som igjen gir reduserte vedlikeholdskostnader. Ut fra et estetisk synspunkt kan det være hensiktsmessig å velge overflater som både er lette å rengjøre og som til en viss grad skjuler smuss. Her kan det imidlertid være et motsetningsforhold mellom estetikk og hygiene. Den hygieniske siden av renholdet er viktig i kjøkken og våtrom, og i spesielle miljøer som sykehus og helseinstitusjoner, storkjøkken, næringsmiddelindustri, bade- og svømmeanlegg osv. I slike lokaler er det viktig å velge overflater og utforminger som lar seg rengjøre til ønsket hygienisk standard, og helst uten bruk av for store ressurser. På steder med høye krav til hygiene og innemiljø er smussavsløring viktig. I et sykehus må man for eksempel kunne se at overflater som blir tatt mye på, som dørblader, dørhåndtak og gelendre, er rene etter renhold. På den annen side vil det i en administrasjonsbygning være ønskelig at dørblader, dørhåndtak og gelendre ser rene ut så lenge som mulig.

Oppmerksomheten rundt renholdets betydning for innemiljøet økte vesentlig etter at resultatene fra den danske «rådhusundersøkelsen» ble kjent på slutten av 1980-tallet. Undersøkelsen dokumenterte grundig at tilrettelegging for renhold bidrar til bedre innemiljø. Den viste at i bygninger hvor det ikke var godt nok tilrettelagt for renhold, var det dobbelt så stor risiko for å få overhyppighet av slimhinneirritasjoner blant brukerne. Det viste seg også at smussdepoter som tekstiler og teppe og åpne, fylte hyller og skap hadde stor betydning for innemiljøets kvalitet.

Tenk totaløkonomi

Renhold er ressurskrevende og kan utgjøre mer enn 25 % av FDV-kostnadene for en bygning, altså omtrent det samme som energikostnadene. Manuell arbeidskraft utgjør den største andelen av renholdskostnadene. Det er derfor lønnskostnadene som har størst innvirkning på kostnadsutviklingen. Tiden til renholdsarbeid, og dermed kostnadene til renhold, kan reduseres med minst 20–30 % ved å sørge for rengjøringsvennlig prosjektering. En investering som gjør det enklere å gjøre rent, vil ofte være lønnsom. For eksempel vil merkostnadene ved veggmonterte toaletter være inntjent i løpet av mindre enn fire års driftstid.

Trivsel og godt arbeidsmiljø hos brukerne av byg-

ningen har en positiv innvirkning på deres produktivitet. En undersøkelse som Byggforsk gjennomførte i 2000–2001 viste at redusert støvmengde i lokalene ga en nedgang i korttidsfravær innenfor 1–16 dager på 39 %. Produktivitetsberegninger viste at reduksjonen i sykefravær medførte en besparelse på hele 80 000 kr per kvartal. Til sammenlikning var de totale renholdskostnadene for lokalene rundt 60 000 kr per kvartal. Det lønner seg altså å redusere mulighetene for opphoping av støv i depoter.

Utforming for rasjonelt renhold bør alltid vurderes sammen med tiltak som skaper et godt miljø. For eksempel kan innredningsglass og variasjon i materialer oppleves positivt av de ansatte, men medføre noe økte renholdskostnader.

Planløsning generelt

Planløsningen har stor betydning for luftbevegelsene og derved spredningen av luftforurensninger og smuss. I dag velges ofte åpne planløsninger, som medfører at forurensninger spres over større områder. Åpne løsninger i for eksempel kontorbygninger har som regel også høyere brukertetthet og derved høyere tilsmussingsgrad. Det kan være negativt for allergikere og andre overfølsomme.

Arbeidstilsynets veiledning om arbeidsmiljø i helseinstitusjoner stiller krav til innredning og utforming av helseinstitusjoner. Den stiller blant annet krav om overbygd inngangsparti med smusshindrende tiltak, terskelfrie dører med tilstrekkelig bredde, stikkontakter i brukervennlig høyde og renholdsvennlig og sklisikkert golvbelegg. Kravene er først og fremst utformet for å sikre effektiv og sikker transport av personale og pasienter og enkel tilkobling av medisinsk utstyr, men bidrar samtidig til bedre tilgjengelighet med hensyn til renhold og bruk av renholdsmaskiner.

Les mer

- Arbeidsmiljø i helseinstitusjoner. Veiledning. Arbeidstilsynet, www.arbeidstilsynet.no
- Byggforskserien:
 - Planlegging 376.110 Planlegging av lokaler for næringsmiddelproduksjon med høye krav til hygiene
- Nilsen, S.K. mfl. Sammenhenger mellom innemiljørelaterte helseplager, produktivitet og rengjøringskvalitet. Rapport O 9774, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 2001
- Skov, P., Valbjørn, O. og Gyntelberg, F. Rådhusundersøgelsen – Indeklima i kontorer. Arbejdsmiljøfondet. København, 1989

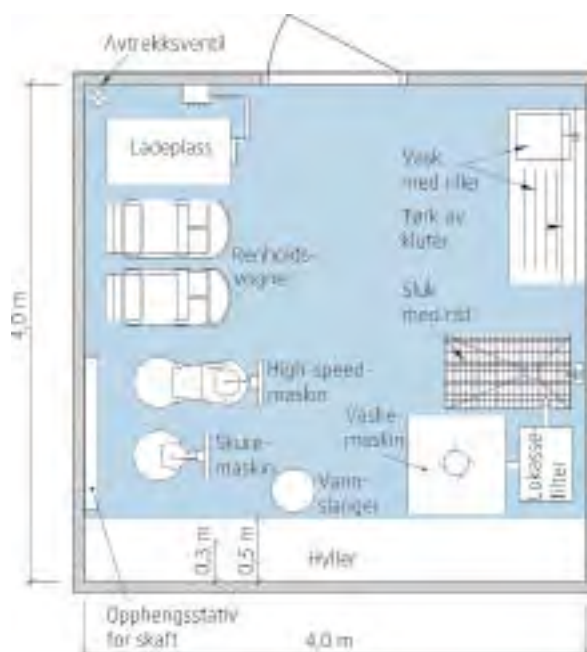
Rom for renholdsfunksjonen

I de fleste større bygninger vil det være behov for flere typer rom som renholdsfunksjonen kan benytte. Man opererer gjerne med fire ulike typer rom:

- renholdssentral: stort og sentralt plassert rom for oppbevaring, rengjøring og vedlikehold av maskiner og utstyr, og hvor det er plass til lagring av rengjøringsmidler og forbruksmateriell
- renholdsstasjon: rom for oppbevaring av rengjøringsmaskiner, renholdsvogner og rengjøringsmidler som brukes i etasjen
- renholdsrom: mindre rom som renholderne kan benytte til oppbevaring av rengjøringsvogn og utstyr
- tappe-/tømmested: lite rom med fyll- og tømme muligheter for henholdsvis rent og urent vann (tidligere kalt bøttekott)

Dører til rom for renholdsfunksjonen må kunne låses, være minst 0,9 m brede (karmmå), være utadslående og uten terskel, helst med eget nøkkelsystem. Nøkkelsystemet ellers i bygningen må vurderes i forhold til gjennomføring av renholdet. Rommene må ha god ventilasjon (20–30 l/s) for utlufting av fuktighet og batterigasser. Lagringsplass for kjemikalier må være utformet slik at reaktive kjemikalier som alkalier, syrer, salmiakk og oksidasjonsmidler (natriumhypokloritt, peroksider osv.) kan lagres separat, uten risiko for at de kommer i kontakt med hverandre.

I tilknytning til renholdssentralen eller et annet sentralt renholdsrom bør det være arbeidsrom for renholdsleder. Rommet bør ha telefon. I tillegg bør



Renholdssentral

det være pauserom og garderobe for renholdere. Garderobe, dusj, toalett og oppholds-/spiserom som renholdspersonalet ifølge arbeidsmiljøloven har krav på, kan gjerne være samme anlegg/lokaler som benyttes av det øvrige personalet i bygningen.

I forskrifter til næringsmiddeloven stilles det krav til rengjøringsinstallasjoner og renholdsstasjoner i tilknytning til storkjøkken og lokaler for næringsmiddelproduksjon.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Planlegging 379.243 Tilrettelegging for rasjonelt renhold

Inngangspartiet

Renhold av golv representerer 40–60 % av renholdskostnadene i offentlige miljøer. 70–80 % av kostnadene skyldes gatesmuss som trekkes inn via inngangspartier. Noe inntråkk av smuss må påregnes, men en riktig utforming av inngangspartiet kan i seg selv gi en besparelse på 10–15 %.

Planlegging av et velfungerende inngangsparti starter med uteområdene. Gangatkomsten fram til inngangen bør være det naturlige veivalget fra veier/gater, parkeringsplasser, busslommer o.l. Snarveier over plen og beplantet areal øker inntråkking av smuss, og fysiske sperrer kan være nødvendig. Gangatkomsten bør ha fast dekke og avrenning. Bladfellende busker og trær bør unngås nær inngangsparti.

Inngangspartiet til boliger bør være overbygd. Foran døra bør det ligge fotskraperist i hele bredden på inngangen. Boliger bør også ha en luftsluse i form av et vindfang e.l. som kan lukkes. Støv i lufta utenfra, som pollen og andre allergiframkallende stoffer, blir dermed hindret i å komme inn. Dessuten kan man ta av skitne sko og klær før man går inn i boligen.

For større bygninger anbefales det å ha varmekabler nær inngangen for å unngå brøyting, strøing og salting. Det reduserer behovet for forurensende rengjøringskjemikalier. Snølagringsplass bør ligge lavt i terrenget og ha god drenering/avrenning. Brøytekanter bør unngås nær inngangsparti, slik at smeltevann ikke renner ut på atkomsten til inngangen.

Sluk og frostfritt vannuttak for spyling bør installeres nær alle innganger. Rengjøringsutstyr og eventuelle maskiner for utendørs renhold bør oppbevares frostsikkert og lett tilgjengelig, for eksempel i en oppvarmet garasje eller bod.

For større bygninger anbefales det å ha inntrukket inngangsparti eller å bygge inn sonen nærmest inn-

gangspartiet. Inngangspartiet bør ha rist ute, rist eller skrapematte i vindfanget og en løs absorpsjonsmatte innenfor. De ytterste ristene bør ha grube («brønn») med fast dekke under, slik at smusset samles opp og kan spyles bort. Børster i rista kan øke avskrapingseffekten. Rister bør deles opp i flere felter som er lette å løfte opp. Da kan man feie vekk store ting som ikke kan spyles ned i sluket. Hver smusshindrende sone bør ha en lengde på minimum 2 m, slik at man må gå minst tre skritt på hver sone. Matter, rister o.l. må plasseres slik at man er nødt til å gå på dem.

Vindfang bør være så dype at den ytre døra lukkes før den indre åpnes og omvendt (slusevirkning). Inngangsdører som åpner seg automatisk, herunder karuselldører, må ha driftsautomatikk som kan kobles ut slik at dørflater og golv er tilgjengelige for renhold. Automatiske dører reduserer behovet for flekkfjerning.



Prinsippskisse for utforming av inngangsparti

Les mer

■ Byggforskserien:

- Planlegging 323.101 Inngangsparti

Våtrom og sanitærinstallasjoner

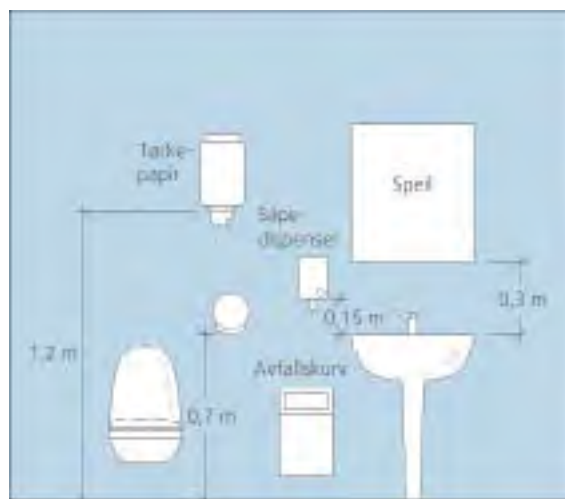
Våtrom og installasjoner som dusjkabinetter, badekar, håndvasker og toaletter må rengjøres ofte og med arbeidskrevende rengjøringsmetoder. Slike rom representerer bare mellom 3 og 4 % av det totale renholdsarealet i en administrasjonsbygning. Utgiftene til renhold av våtrom kan likevel utgjøre mer enn 30 % av de totale renholdskostnadene. Det er derfor viktig å utforme våtrom slik at de kan gjøres rent så effektivt som mulig, med bruk av rengjøringsvennlige overflater (for eksempel glasserte keramiske fliser) og god tilgjengelighet for renhold. Sørg for god plass rundt installasjoner som klosetter og håndvasker.

Dusjkabinetter bør installeres slik at de kan flyttes for renhold og inspeksjon. Vegger i kabinetter og dusjniser bør være i plast eller glass med glatt overflate og jevne overganger. Badekar bør være uten front eller ha lett demonterbar front slik at det kan gjøres rent under og bak badekaret. Boblebad må rengjøres etter produsentens anvisninger. Sanitærporselen bør være veggmontert med avløp og vanntilførsel via vegg. Utenpåliggende rør samler støv og gjør det ofte vanskelig å komme til på baksiden. Rør bør derfor kasses inn og skjules i størst mulig grad, se figuren nedenfor. Av hensyn til risikoen for lekkasjer og fuktskader bør det benyttes rør-i-rør-system for vannrør. Avløpsrør må kunne inspiseres for lekkasjer. Det bør også installeres lekkasjevarsler. Vannskadesikre installasjoner er beskrevet i kapittel 4 om fukt.

Badstue bør ha sluk, slik at den kan spyles. Sluket bør være et badstusluk, og røret bør ledes til sluk med vannlås i et tilliggende rom. Sittebenker bør være hengslet, slik at man kan komme til for renhold under benkene. Eventuelle trelemmer på golvet må kunne fjernes.

I våtrom i store bygninger og offentlige miljøer bør speil felles inn og være i plan med veggen. Speilarealet bør være nøkternt og montert med minst 0,3 m avstand til servant. I fellestoiletter og toaletter for personer med nedsatt funksjonsevne kan speilet gjerne plasseres ved siden av håndvasken. Da kan det brukes av alle, og speil og vask kan benyttes uavhengig av hverandre. Speilhyller er som regel overflødige.

Avfallskurv, dispensere og toalettbørste bør veggmonteres. Dispenser for såpe som er plassert over håndvasken, øker ofte renholdsbehovet. Dispenser plassert over avfallskurver som henger på veggen, hindrer synlig tilsmussing. Avfallskurver bør være uten lokk og ha hensiktsmessig størrelse. Dispensere for toalettpapir og tørkepapir bør være lukkede og låsbare slik at forurensning fra dråper, hender og annet unngås. Dispenserne bør være lette å etterfylle og ha en



Plassering og monteringshøyder for den mest brukte innredningen i vanlige våtrom

glatt og rengjøringsvennlig overflate. Dispensere må monteres slik at de er tilgjengelige for alle.

I garderober i tilknytning til bade- og dusjanlegg anbefales det å benytte veggmonterte skap, med 0,30–0,35 m klaring til golvet. Skapene bør gå helt opp til himlingen eller ha skråstilt toppflate. Sittebenker må ha minst tilsvarende klaring til golvet, og de bør kunne trekkes fram. Sitteflaten bør være av et materiale med lav porøsitet og god vann- og kjemikaliebestandighet.

I våtrom i offentlige miljøer er det viktig å forebygge hærverk. Propper bør derfor fjernes fra håndvasker i fellestoiletter. Sanitærutstyr i stål eller andre uknuselige materialer kan med fordel benyttes.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Planlegging 379.243 Tilrettelegging for rasjonelt renhold



Eksempel på veggmonterte sanitærinstallasjoner med skjult rørføring

Korrosive miljøer

Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu krever at alle overflater som kommer i kontakt med bassengvann skal være korrosjonsbestandige og tilpasset vannkvaliteten, og ikke avgi helseskadelige stoffer til vannet eller medvirke til dette. Overflatene må derfor tåle både oksidasjonsmidler – som klor fra bassengvann og desinfeksjonsmidler – og sterke syrer og alkalier som benyttes til rengjøring. Det må sørges for nødvendige installasjoner til rengjøring av anlegget.

Les mer

- Bade- og svømmeanlegg. Håndbok 52, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 2004
- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 700.216 Renhold i bade- og svømmeanlegg
- Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu m.v.

Golvbelegg

Av de totale livsløpskostnadene for et golv i offentlig miljø utgjør renhold og vedlikehold rundt 86 %, mens kostnader til materialer og legging bare utgjør 14 %. Golvbelegg bør derfor velges med omhu. Kombinasjon av materialer som krever forskjellige rengjørings- eller vedlikeholdsmetoder, fordyrer renholdet. Som eksempel nevnes tepper i kontorer og linoleum i korridorer, eller vinyl i kontorer og oljebehandlet tregolv i korridorer.

Vedlikehold av golv er ressurskrevende og medfører risiko for spredning av forurensninger som støv og gasser. Golvbelegget bør ha minst mulig behov for tilførsel av polish, olje og voks. Ingen belegg er vedlikeholdsfrie. Men materialer som vinylbelegg, finslipt stein og sintrede keramiske fliser krever lite vedlikehold og tåler forholdsvis høye belastninger. Slike materialer egner seg derfor godt i inngangspartier, på kjøkken og i våtrom. Linoleum, tregolv og laminatgolv er godt egnet i tørre soner, men bør unngås i nærheten av inngangspartier og andre steder hvor det kan forekomme fuktighet og sand. Lakkerte tregolv er lettere å holde rene enn laminatgolv og lutede og oljete tregolv. Marmor kan skades av veisalt, syrer og sand, og bør derfor ikke benyttes i eller nær inngangspartier eller i våtrom. Heldekkende tepper samler mye forurensninger som er vanskelige å fjerne, og bør unngås av hensyn til inneklimate. Det gjelder spesielt der barn oppholder seg.

Andre overflater

For å kunne gjennomføre et effektivt renhold bør overflatematerialer ha følgende egenskaper:

- god slitasjebestandighet og lite behov for vedlikehold
- holdbarhet overfor de rengjøringskjemikaliene som må benyttes for å holde det rent
- lav porøsitet, slik at smuss og rengjøringsvann ikke trekker inn i overflaten
- middels glans slik at overflaten er lett å gjøre ren, samtidig som smusset ikke blir altfor lett synlig.

Blanke flater kan være ønskelig på steder med høye hygieniske krav.

- jevn overflate uten struktur som smusset kan feste seg i

Andre forhold som det er viktig å ta hensyn til for å sikre et godt innemiljø, er:

- Tekstiler bidrar til støvansamling og krever mer rengjøringstid enn de fleste andre flater.
- Sement-/betongstøv er sterkt alkalisk. Det kan skade enkelte materialer og virke irriterende på hud og slimhinner. Overflater som kan avgi slikt støv, for eksempel ubehandlet betong, må forsegles/støvbindes. Det gjelder også i tekniske rom og over nedførede himlinger.
- Mineralull kan avgi hud- og slimhinneirriterende mineralullfibre og må være innelukket i konstruksjonene eller være fullforseglet på annen måte.

Når det gjelder vegger og dører, er glatte vinyltapeter og malte flater lettest å holde rene. Glassfibervev/miljøtapet bør males med smussavvisende, halvblank maling. Ubehandlede strå- og strietapeter, samt flossete tekstiltapeter, samler mye støv og bør unngås. På overflater hvor det kan forventes mange fingermerker, som dørblad og dørkarmer, bør det benyttes materialer som tåler hyppig bruk av fuktig klut og rengjøringsmidler. Overflater i nærheten av ventilasjonsåpninger og over ovner tilsmusses lett og bør være så glatte og smussavvisende som mulig.

Som grunnlag for å velge produkter bør man be om produktdatablad med opplysninger om avgassing (emisjon), slitasje- og kjemikaliebestandighet, montering/påføring og riktig bruk og vedlikehold.

Innredning og møblering

I fellesarealer, korridorer og andre store arealer bør hindringer som frittstående søyler, kanter og framspring unngås, slik at golvmopper og rengjøringsmaskiner kan føres mest mulig uhindret og rasjonelt. Trapper bør ha opptrinnsflate og anlegg tett mot vegg slik at smuss kan fjernes og ikke renner eller drysser ned i trappehuset. Terskler hindrer utstyr på hjul, som støvsugere og renholdsvogner. Ved mopping må man stoppe opp og samle opp løst smuss ved alle terskler, noe som øker renholdstiden. Nivåforskjell mellom golv på hver side av en dør er også til hinder for rengjøringsmaskiner og -vogner.

Rommene bør innredes slik at man unngår støvdepoter og kriker og kroker som er vanskelig tilgjengelige for renhold. Alle vannrette flater samler støv. Tekstiler som tepper og gardiner kan være depoter for forurensninger i form av støv, lukt, gasser og matrester. Sørg derfor for å ha minst mulig vannrette fla-



Inntrukket golvlister

ter som horisontalt profilert panel, brystninger, åpne bokhyller og skaptopper (lav «hyllefaktor»), og minst mulig tekstiler (lav «loddenfaktor»), uten at det går på trivselen løs. Inntrukket golvlister som vist i figuren nedenfor er eksempel på en god løsning som reduserer mengden støvsamlende flater.

I kontorer o.l. anbefales det å bruke sjalusiskap i stedet for bokhyller. Skap som ikke går opp til himlingen, er betydelige støvsamlere. Ofte benyttes også plassen oppå skapet til oppbevaring, noe som gjør renholdet vanskeligere og mer tidkrevende. Garderobe- og kjøkkenskap som går opp til taket, gir mer oppbevaringsplass og mindre støv og fettavleiringer. Eksisterende skap kan bygges på med ekstra seksjoner/skapsdører. Løse garderobeskap er lettere å rengjøre dersom toppflaten er skråstilt. Skap, reoler o.l. bør enten føres helt ned til golvet eller henge på veggen med minst 0,25 m klaring fra golvet.

I oppvaskbenker er det alltid en viss risiko for lekkasje fra rørinstallasjonene. Oppbevaring av fuktige kluter og håndklær medfører at risikoen for mugg- og bakterievekst er stor. Skapet kan også være vanskelig å holde rent, og soppskader kan forekomme fordi lekkasjer er vanskelig å oppdage i tide. Det kan derfor være fornuftig å utforme skapet helt uten bunn og med et fuktbestandig golvbelegg trukket helt innunder skapet og litt oppover veggen bak skapet. Skapet vil da bli lettere å inspisere og gjøre rent. Innredningen kan utformes med kurver på hjul og flyttbare hyller.

Bord og stoler i undervisningsrom, kantiner og spiserom bør være så lette som mulig. Stoler bør kunne henges opp under bord eller kunne stables. Bordbein bør ikke ha smussfeller under eller mellom beina. Enkelte typer løst inventar i for eksempel kontormiljøer kan utstyres med hjul slik at det er lett å flytte.

Les mer

■ Byggforskeren:

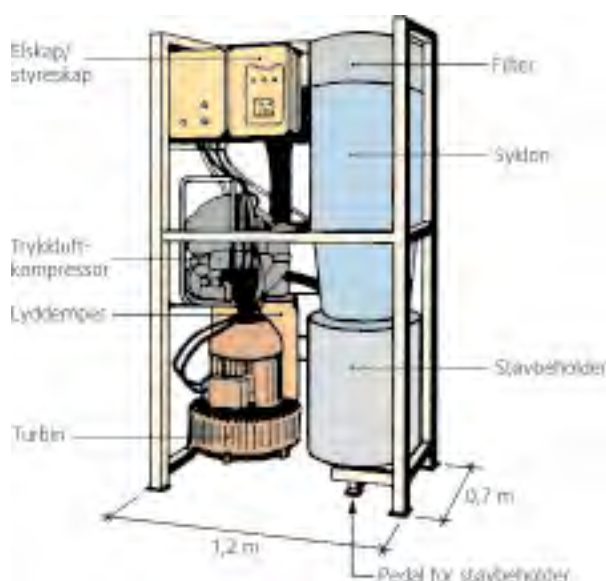
- Planlegging 379.243 Tilrettelegging for rasjonelt renhold

Tekniske installasjoner

Av hensyn til bruk av rengjøringsmaskiner bør det brukes jordede stikkontakter på 16 ampere i korridorer og fellesarealer. Kontaktene bør monteres med maks 25 m avstand, være lett tilgjengelige og plasseres i bryterhøyde, slik at man når dem i stående stilling. Det må også sørges for god belysning. For å kunne utføre renhold anbefales det minst 300 lux styrke på vedlikeholdsbelysningen på arbeidsflaten. Som allmennbelysning anbefales minst 200 lux som styrke på vedlikeholdsbelysning på golvet i gangsoner.

Varmeovner i form av radiatorer og elektriske panelovner bør ha en plan overside og glatt overflate. De bør plasseres under for eksempel vinduspuster, slik at man unngår lett synlig tilsmussing på veggen over varmeelementet. Underkanten av varmeinstallasjonen bør være minst 0,30 m over golvet, og avstanden mellom ovn/radiator og veggen bak bør være minst 0,10 m. Enkelte ovner kan vippes fram fra veggen for å lette rengjøringen. Lav overflatetemperatur på overflater som er i kontakt med romlufta, hindrer forbrenning av støv.

Kjøkkenventilatorer må være utstyrt med fettfilter for å samle opp fett før det avsettes på viftehjul og i avtrekkskanal. Fettfiltret må kunne skiftes eller tas ut og rengjøres med vanlig såpevann. Friskluftsventiler, avtrekksventiler og ventilasjonsaggregater må være plassert og utformet slik at de er lette å komme til for rengjøring og vedlikehold. Innvendige overflater i ventilasjonsanlegg skal kunne rengjøres. Arealet av støvsamlende, høyereliggende flater reduseres dersom kanalene plasseres over himling.



Eksempel på kompakt utført enhet til sentralstøvsugeranlegg for inntil seks samtidige brukere

Sentralstøvsugeranlegg gir effektiv fjerning av støv fra rommene, og bidrar også til et støvmessig bedre innemiljø ved å begrense mengden støv som virvles opp ved støvsuging. I større bygninger må sentralstøvsugeranlegg ha nok kapasitet til at flere uttak kan brukes samtidig. Sentralenheten bør plasseres i et teknisk rom med god ventilasjon, fortrinnsvis nær renholdssentralen. Tilliggende arealer må skjermes for støv.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggetal 550.221 Sentralstøvsugeranlegg
- Byggetal 752.250 Rengjøring av ventilasjonsanlegg. Tilsmussing og rengjøringsbehov

Fasader og vinduer

Både av økonomiske og sikkerhetsmessige hensyn bør det være lett å komme til for å pusse vinduer. TEK krever at vinduer og dagslysåpninger skal utformes slik at renhold kan skje uten fare. Sidehengslede, innadslående vinduer og dreievinduer med horisontal eller vertikal akse er lette å pusse innenfra. Dreievinduer med vertikal akse bør kunne dreies på utsiden av fasaden. Sprosser kan være dekorativt, men gjør det vanskeligere å gjøre rent. Faste vinduer med pusseluke hvor vinduspusseren går ut på gesimsen for å pusse, forutsetter godkjente øyebolter for feste av sikkerhetsbelte. I større bygninger med slette fasader og mye glass vil rengjøring forenkles dersom det er installert utvendig fasadeheis eller det er kjørebane for lift rundt bygningen.

Utvendig solskjerming må kunne fjernes/trekkes opp manuelt eller plasseres slik at det er plass for vinduspussing på minst 1 m mellom solskjermingen og vindusflaten. Persienser samler mye støv og bør monteres mellom to glassflater eller utvendig i skinne. Alle persienser må kunne trekkes opp manuelt.

Utvendige fasadeoverflater bør være så tette og jevne som mulig, uten sprekker og unødvendige utspring. Overflatematerialene må tåle smuss, belastninger og forurensninger fra kilder i nærmiljøet. Marmor og annen kalkbasert stein får etseskader fra sure forbrenningsgasser i industrielle miljøer og forurensede bymiljøer. Jern og andre metaller kan korrodere og avgi skjemmende oksider i kystnære og/eller sure miljøer. Velg farger som skjuler de dominerende smusstypene i miljøet.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggetal 533.102 Vinduer. Typer og funksjoner
- Byggetal 533.163 Solskjerming
- Byggetal 542.022 Fasadeutforming og tilsmussing

Litt om universell utforming

TEK stiller krav til bygningers brukbarhet, blant annet om tilrettelegging for personer med nedsatt funksjonsevne. Kravene skal sørge for at nye bygninger har et visst minstenivå når det gjelder tilgjengelighet for bevegelseshemmede og orienteringshemmede, men det er ikke krav om å imøtekomme miljøhemmedes behov. Selv om det er begrensede krav i TEK, er det meningen at de generelle kravene til planløsning skal «legge grunnlag for de som har behov for ytterligere tilpasninger», jf. veiledningen til TEK.

Arkitekter har i lengre tid benyttet begreper for brukbarhet og tilgjengelighet. Designere og produktutviklere trengte et utvidet funksjonalitetsbegrep for produkter hvor man tok hensyn til et stort spekter av menneskelige ferdigheter. På slutten av 1980-tallet introduserte derfor designere begrepet universell utforming.

Universell utforming medfører en høy grad av brukbarhet. Det skal i minst mulig grad være nødvendig med tilpasninger, og tilpasninger som ser spesielle ut, skal ikke forekomme. Videre er det et hovedprinsipp at bygninger og gjenstander er utformet slik at de er lette å bruke, med minst mulig anstrengelse. I en bygning er det en målsetting å ha enkle, effektive og korte forbindelseslinjer. Målet er å forenkle livet for alle ved at produkter, kommunikasjon og bygde omgivelser blir mer brukbare for flere uten at kostnadene øker.

Et eksempel på universell utforming er ettreps tappearmatur, som opprinnelig ble utviklet som et spesialhjelpemiddel for reumatikere og andre med svak håndfunksjon. Det viste seg raskt at produkttypen var så allment anvendelig (universelt utformet) at typen armatur i dag nesten er enerådende på markedet. Men også ettrepsarmaturer kan utformes mer universelt: For å imøtekomme også nikkelallergikere og svaksynte kan armaturen utføres med plastoverflate istedenfor forkromming, og i en farge som står i kontrast til det vanligvis hvite porselenet den monteres på.

Det fins sju prinsipper for universell utforming, se Byggforskserien, Planlegging 220.300. Til hvert prin-

sipp hører en definisjon og et sett retningslinjer. Hensikten er at prinsippene skal uttrykke hovedmålet i forhold til utforming, og at retningslinjene skal gjengi enkeltelementer i løsninger som tilfredsstiller prinsippene. De sju prinsippene er:

- like muligheter for bruk
- fleksibel bruk
- enkel og intuitiv bruk
- forståelig informasjon
- toleranse for feil
- lav fysisk anstrengelse
- størrelse og plass for tilnærming og bruk

Les mer

- Byggforskserien:
 - Planlegging 220.300 Universell utforming; utforming som passer alle
- Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) med veiledning

4 Fukt

Å redusere omfanget av fukt- og vannskader krever innsats i alle faser av byggeprosessen. En forutsetning for vellykkede tiltak er at alle aktører i prosessen har god kjennskap til prinsippene for fuktsikker bygging. Dette kapitlet presenterer de grunnleggende prinsippene for fuktsikring på en samlet og lettfattelig måte.

GENERELT	66	PRINSIPPER FOR TØRRE MATERIALER OG KONSTRUKSJONER.....	76
TØRRE FAKTA OM VANN, DAMP OG FUKTIGHET	66	Gi konstruksjonene uttørkingsmulighet	76
Luft kan mettes med vanndamp	66	Moderne materialer endrer bygge- teknikken.....	76
Tørt inne, fuktig ute	66	Bruk materialer som tåler fuktighet.....	76
Porøse materialer inneholder fuktighet.....	67	Utvendig isolering av yttervegger gir fuktsikre løsninger	77
Bygningsmaterialer kan suge vann	67	Beskytt materialer mot fuktighet	77
Fukttransport i materialer	67	BESKYTTELSE MOT FUKT FRA GRUNNEN	78
Fukttransport med luftlekkasjer	68	Lede overvann bort fra bygningen.....	78
BYGG VANNSKADESIKKERT	69	Drenering	78
Vannskadesikre installasjoner.....	69	Fuktskader på yttervegger mot terreng	79
Vanntette våtrom	69	OPPFØLGING I BYGGEPROSESSEN	79
BESKYTT BYGNINGEN MOT NEDBØR	70	Tørr byggeprosess.....	79
Sikker avrenning på flate tak.....	70	Kvalitetskontroll	80
Kalde eller varme tak?.....	70	Uttørring av byggfukt	80
Skrå tak.....	71	MÅLING AV FUKTIGHET	80
TOTRINNSTETNING	71	Måling av relativ luftfuktighet	80
Gode beslag	72	Elektrisk motstandsmåling	81
Tetting av fuger	72	Fuktsøker	81
Gjennomføringer.....	73	FUKTKRITERIER.....	82
BEGRENS TILFØRSELEN AV FUKTIGHET INNENFRA	74	Effekter av fukt.....	82
Dampsperre hindrer kondensskader	74	Kritiske fuktnivåer	82
Tetting mot luftlekkasjer	74		
Kondens og muggsopp på innvendige overflater	75		
God ventilasjon er god fuktsikring	75		

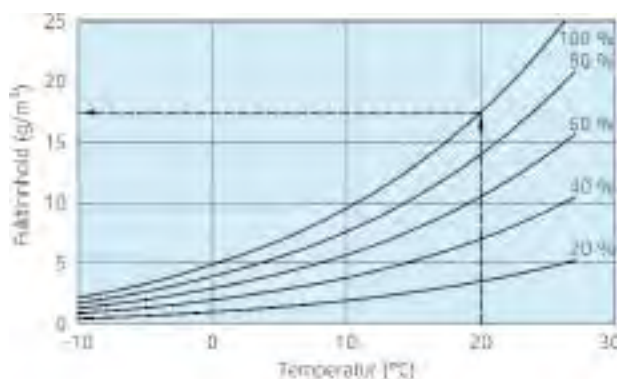
Generelt

I teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) heter det: «Bygningsdeler og konstruksjoner skal være slik utført at nedbør, overflatevann, grunnvann, bruksvann og luftfuktighet ikke kan trenge inn og gi fuktskader, mugg-, soppvekst eller andre hygieniske problemer.»

Flere større, internasjonale forskningsprosjekter de siste årene støtter forskriftens fokus på sammenhengen mellom fuktskader og hygiene. Å bo i en «fuktig» bolig ser ut til å doble risikoen for å utvikle astma og andre typer luftveisplager. Men fuktskader i bygninger har også mer direkte økonomiske konsekvenser. Kostnadene til utbedring av byggskader etter overtakelse er anslått til 5–6 milliarder kroner per år. Omtrent 75 % av skadene har sammenheng med fuktighet, for eksempel lekkasjer, råteskader, korrosjon, kjemisk nedbrytning eller frostska-

Les mer

- Geving, Stig og Thue, Jan Vincent. Fukt i bygninger. Håndbok 50, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 2002
- Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) med veiledning



Sammenhengen mellom luftas temperatur, relative fuktighet og fuktinnhold målt i g/m³. Ved 20 °C kan luft inneholde maksimalt ca. 17,5 g/m³ vanndamp.

Tørt inne, fuktig ute

Sammenhengen mellom temperatur og luftas evne til å ta opp fuktighet gir noen pussige utslag: Om vinteren er fuktinnholdet i lufta ute lavt, men den relative fuktigheten er likevel høy. Innendørs er det omvendt: Fuktinnholdet i lufta om vinteren er høyere enn ute, men den relative fuktigheten kan bli svært lav. Trematerialer kan få svinnsprekker, og huden kan kjøles tørr.

Tørre fakta om vann, damp og fuktighet

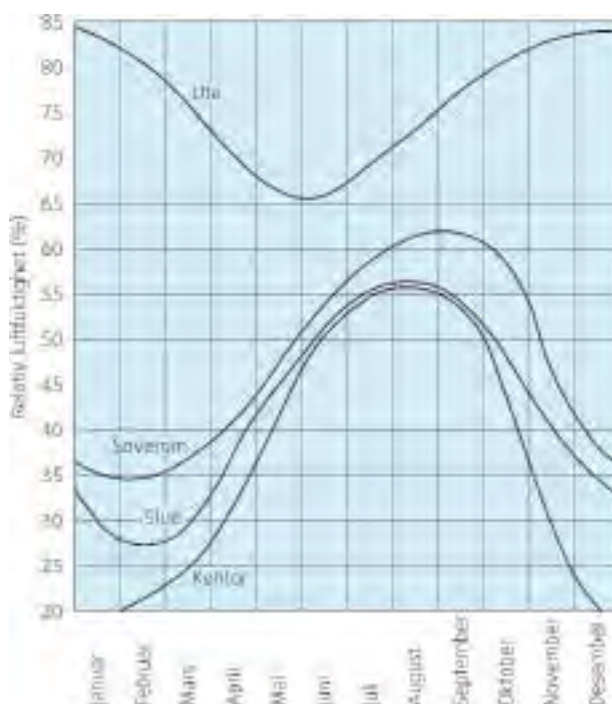
Luft kan mettes med vanndamp

Både inne- og uteluft inneholder alltid mer eller mindre vann i form av vanndamp. Det er to viktige forhold som karakteriserer fuktinnholdet:

- Ved en gitt temperatur kan lufta inneholde en viss mengde vanndamp. Når lufta er mettet med vanndamp, sier vi at den relative luftfuktigheten (RF) er 100 %. Tilføres lufta mer fuktighet, felles det ut kondens.
- Når temperaturen stiger, øker også luftas evne til å ta opp vanndamp. Fuktinnholdet ved metning, målt i g/m³, er svært avhengig av temperaturen.

Kondens blir også resultatet hvis lufttemperaturen senkes til duggpunktet, som er den temperaturen et luftvolum må avkjøles til for at relativ fuktighet skal stige til 100 %.

Relativ luftfuktighet (RF) kan kort defineres som forholdet mellom mengden av fuktighet i et luftvolum ved en gitt temperatur og den maksimale mengden fuktighet volumet kan ta opp ved samme temperatur.



Typisk variasjon i relativ fuktighet ute og inne gjennom året

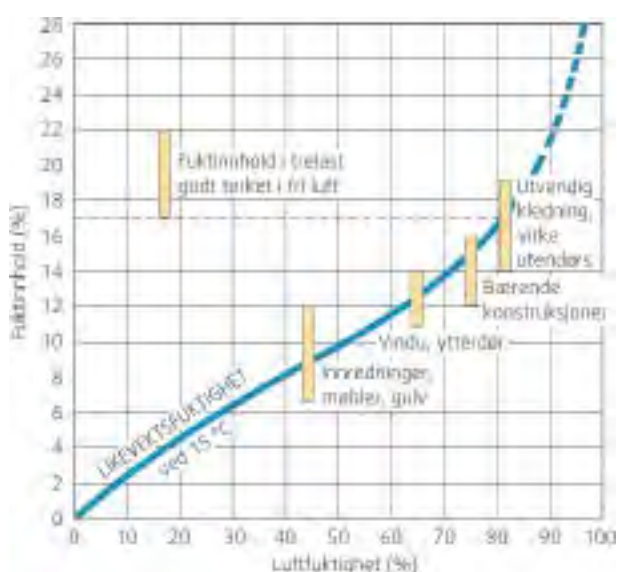
Porøse materialer inneholder fuktighet

Porøse bygningsmaterialer inneholder alltid noe fuktighet, både i form av vann og vanndamp. Mengden av fuktighet i materialet kan angis som et fuktinnhold i kg/m^3 eller i kg per kg tørt materiale.

Fuktinnholdet i porøse bygningsmaterialer vil alltid tilstrebe en likevekt med den relative fuktigheten i den omgivende lufta. Typisk vil derfor materialer som stort sett er i kontakt med uteluft bli fuktige, mens materialer innendørs blir tørrere. Ved å måle fuktinnholdet i et materiale ved forskjellig relativ fuktighet i omgivende luft får man fram såkalte sorpsjonskurver. Sorpsjonskurver gjør det mulig å finne fuktinnholdet i materialer ved å måle relativ luftfuktighet i materialets porer, noe som kan være praktisk i materialer som betong.

Man skal være klar over at temperaturendringer i materialet ikke har samme effekt på målt relativ fuktighet som temperaturendringer i luft. Faktisk er mange sorpsjonskurver relativt uavhengige av temperaturen. Årsaken er at luftfuktigheten i materialet også er et resultat av en likevekt med kondensvann i materialets poresystem. Når temperaturen heves og den relative luftfuktigheten synker i porene, vil noe av det kondenserte vannet fordampe og motvirke tendensen til lavere fuktighet.

Ved høy luftfuktighet er sorpsjonskurven ofte bratt, slik at målt relativ luftfuktighet blir et unøyaktig mål på fuktinnholdet. Da må fuktinnholdet i kg/m^3 ofte måles direkte, for eksempel ved veiing og tørking. Sorpsjonskurver gir heller ikke svar på hvor mye vann et materiale kan ta opp, for eksempel hvis det settes



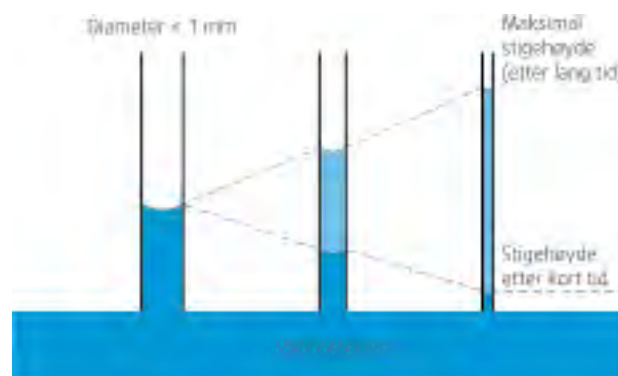
Sorpsjonskurve som viser likevektsfuktsfuktighet i vektprosent i trematerialer ved ulik relativ fuktighet i lufta omkring materialet

i direkte kontakt med et vannspeil. Da gir det liten mening å måle relativ luftfuktighet i porene. I stedet kan man måle kapillær metningsgrad, som er forholdet mellom det aktuelle fuktinnholdet og den maksimale mengden vann som kan opptas ved kapillærsuging, det vil si når materialet senkes ned i vann.

Bygningsmaterialer kan suge vann

Porøse materialer som står i kontakt med et vannspeil tar opp fuktighet ved kapillærsuging. Begrepet betegner vannets evne til å stige i tynne rør og åpninger (kapillærer, det vil si porer mindre enn ca. 1 mm). Sugkraften og dermed stighøyden øker med minkende poreradius. Jordarter som leire har en kapillær stighøyde på mange meter, mens grov sand nesten ikke suger vann kapillært. I mange bygningsmaterialer er den kapillære stighøyden teoretisk meget høy, fordi porediameteren ofte er svært liten. Kapillær stighøyde er ikke et egnet begrep for bygningsmaterialer, blant annet fordi fuktopptaket begrenses av stor motstand mot vanntransport i det trange poresystemet.

I praksis er kapillærsuging først og fremst et problem for trevirke, trebaserte materialer, pussmørtler, murverk og betong av dårlig kvalitet (høyt v/c-tall). Sementrik betong suger svært lite vann kapillært.



Kapillærsuging. Sugeshøyden i et trangt rør er høyere enn i bredere rør, men vanntransporten tar lengre tid.

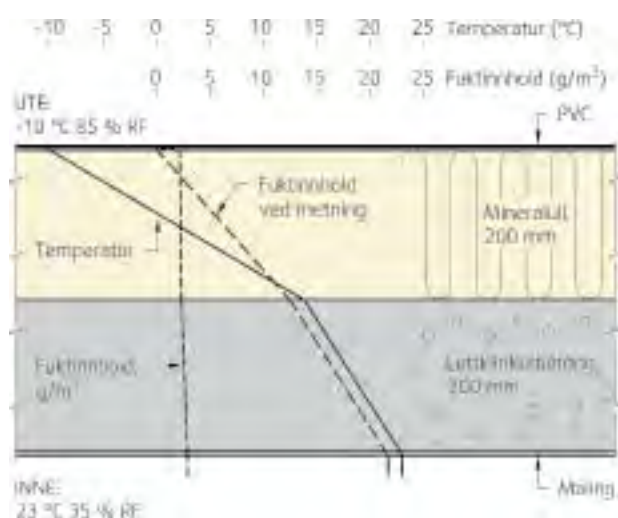
Fukttransport i materialer

Fuktopptak og vanntransport ved kapillærsuging kan skje raskt, for eksempel i forbindelse med en vannskade eller ved slagregn mot en fasade med mye sprekker i puss-sjiktet. Uttørkingen av denne fuktigheten tar mye lengre tid. Uttørking og transport av

fuktighet i materialer skjer hovedsakelig ved diffusjon. Diffusjon er en prosess som sørger for at alle gassmolekyler i en gassblanding blir jevnt fordelt. Dette gjelder også vannmolekyler i luft – både i friluft og i det luftfylte poresystemet i porøse materialer. Vannmolekylene transporteres alltid fra et område med høyt fukttinnhold (angitt i gram per m^3 luft) til et område med lavt fukttinnhold. Alternativt kan vi si at vandamp beveger seg fra et område med høyt damptrykk (målt i pascal, Pa) til et område med lavt damptrykk. To faktorer styrer transporten av vandamp ved diffusjon:

- materialets motstand mot vandampgjennomgang
- forskjellen i damptrykk over materialsjiktet. Stor damptrykkforskjell øker damptransporten.

Uttørring av en våt bygningsdel kan akselereres kraftig hvis materialet varmes opp. Siden sorpsjonskurver er lite avhengige av temperatur, opprettholdes høy relativ fuktighet i materialets porer ved oppvarming. Det betyr at damptrykket stiger kraftig, og dermed også potensialet for diffusjon. Av dette følger en grunnregel i bygningsfysikk: Fuktighet i en bygningsdel beveger seg alltid mot den kalde siden av bygningsdelen. Litt annerledes forholder det seg med fukttransport gjennom en yttervegg eller takkonstruksjon: Drivkraften for diffusjon av fuktighet over konstruksjonen her er først og fremst forskjellen i damptrykk mellom inne- og uteluft. Om vinteren kan dette føre til kondens hvis ikke transporten hindres av damp-tette sjikt.

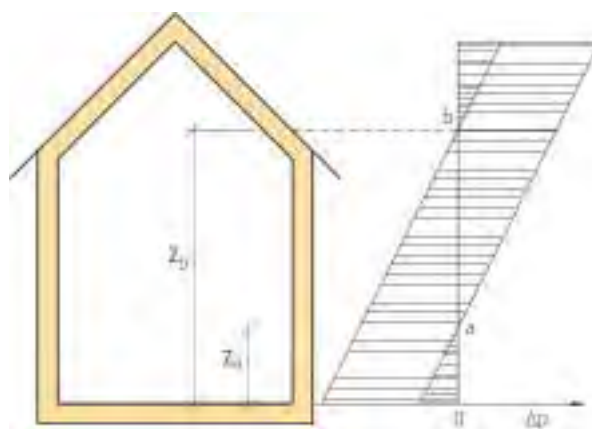


Fordeling av temperatur og fukttinnhold i en takkonstruksjon. Kurven for fukttinnhold ved metning viser at den relative luftfuktigheten når 100 % et stykke opp i mineralulla. Resultatet er kondens.

Fukttransport med luftlekkasjer

Kondens inne i ytterkonstruksjoner kan også være et resultat av at fuktig luft strømmer inn gjennom utettheter i konstruksjonens sperresjikt. Denne prosessen kalles fukttransport ved konveksjon. Store kondensskader, for eksempel i takkonstruksjoner, er ofte et resultat av slike luftlekkasjer fordi luftstrømmer kan frakte mye mer fuktighet enn diffusjon. Konveksjon av inneluft ut i konstruksjonene er avhengig av et innvendig luftovertrykk i forhold til ute. Dette er ofte tilfellet om vinteren, fordi varm luft er lettere enn kald luft. Vekten av en luftstøyle fra husets golvnivå og opp til atmosfærens yttergrense vil være lavere enn en tilsvarende søyle utenfor huset. Dermed blir lufttrykket innendørs lavere, og vi får en drivkraft for lufttransport utenfra og inn. Hvordan lufttransporten faktisk skjer, er avhengig av fordeling av og størrelse på utetthetene i klimaskjermen. Hvis utetthetene er jevnt fordelt over ytterveggene, får vi en trykkfordeling der nøytralaksen (høyden der trykkforskjellen mellom ute og inne er null) ligger midt på veggen. Det fører til at luft strømmer inn i huset i nedre deler og ut av huset i de øvre delene. Hvis utetthetene er samlet nede eller oppe, endres nøytralnivåets plassering.

Vind og ventilasjonssystemer påvirker trykkfordelingen. I en bygning med mekanisk avtrekksventilasjon kan alle etasjer ha et undertrykk i forhold til ute. Dersom det er et ventilasjonsanlegg med mekanisk tilførsel av uteluft, som regel med varmegjenvinning, er det en risiko for overtrykk i bygningen hvis tilført luftmengde er større enn avtrekket. Derfor innreguleres slike ventilasjonsanlegg som regel slik at det blir et lite undertrykk.



Trykkfordeling og nøytralnivåets beliggenhet i bygninger med relativt store lekkasjer, henholdsvis lavt (a) og høyt (b) i bygningen

Les mer

- Byggforskserien:
 - Bygghdetaljer 421.132 Fukt i bygninger. Teorigrunnlag
 - Byggforvaltning 720.035 Måling av bygningers lufttetthet
- Geving, Stig og Thue, Jan Vincent. Fukt i bygninger. Håndbok 50, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 2002

- Rør i våtrom legges åpent på vegg, skjult bak innredningselementer eller som rør-i-rør-system inne i vegg.
- Lekkasjevann, for eksempel fra oppvaskmaskin, skal ledes ut på golvet og ikke inn i veggen eller golvkonstruksjonen. Det krever at et vanntett golvbelegg eller plastfolie føres opp på veggen bak maskinen.

Lekkasjevarslere er en god sikkerhet. De fins i mange varianter – fra enkle varslere av «røykvarslertypen» som gir lyd når underlaget de ligger på blir vått, til mer avanserte varslere som stenger vanntilførselen når det skjer en unormal belastning på nettet.

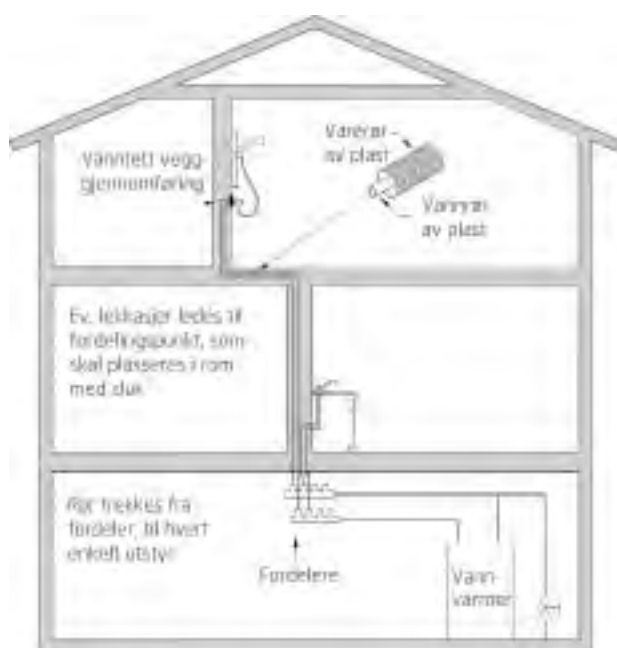
Bygg vannskadesikkert

Vannskadesikre installasjoner

Statistisk sett får alle boliger en vannskade hvert 25. år. Antall vannskader kan reduseres og følgeskader minimeres ved å benytte vannskadesikre installasjoner.

Et hovedprinsipp for vannskadesikre installasjoner er å plassere vann- og avløpsrør slik at de kan kontrolleres, vedlikeholdes og eventuelt skiftes uten å gjøre inngrep i bygningskonstruksjonen. I tillegg må rørene ligge slik at eventuelle lekkasjer oppdages før det oppstår skade på bygningen. Dette kan man oppnå ved følgende tiltak:

- Rør mellom eller utenfor våtrommene legges i rør-i-rør-system eller i sjakt slik at lekkasjevann fra ledningene føres til rom med sluk.



Eksempel på føring av vannrør i småhus (rør-i-rør-system)

Les mer

- Byggforskserien:
 - Bygghdetaljer 527.204 Bad og andre våtrom
- Geving, Stig og Thue, Jan Vincent. Fukt i bygninger. Håndbok 50, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 2002
- Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) med veiledning

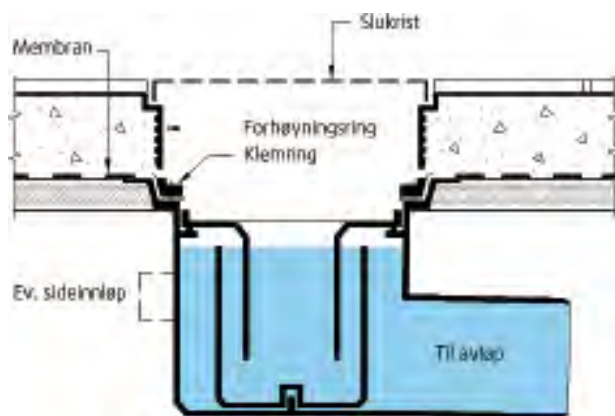
Vanntette våtrom

Lekkasjer i golv og vegger i våtrom defineres vanligvis ikke som vannskader i forsikringsmessig forstand, men konsekvensene kan ofte være minst like alvorlige som vannskader. Prinsippene for vannskadesikre våtrom omfatter:

- vanntette vegger i våtsoner
- vanntette golv og vanntette overganger mellom golv og vegg
- sluk i golvet
- golvbelegg med fall mot sluk
- vanntett overgang mellom sluk og golv

Kravene kan synes selvfølgelig, men praksis viser at det ikke alltid er like lett å oppfylle dem. Vanntette golv og vegger krever alltid en eller annen form for membran eller tettesjikt i konstruksjonen. I golv kan tettesjiktet legges på flere måter, enten som en bane-membran under påstøpen eller som et smørbart tettesjikt (påstrykningsmembran) på oversiden. I vegger i dusjsoner brukes en påstrykningsmembran bak for eksempel en flislagt kledning. Flislagte vegger kan for mange gi inntrykk av å være vanntette i seg selv, men i praksis er fugene åpne for vanngjennomgang. Påstrykningsmembraner må vanligvis påføres i flere sjikt, slik det framgår av retningslinjer fra leverandør. Alle produkter bør ha dokumenterte egenskaper i form av en Teknisk Godkjenning.

Et kritisk punkt i våtrommet er overgangen mellom membranen i golvet og sluket. Det er viktig at sluk og membran passer sammen. Sluket må ha en klemring som gir vanntett overgang mellom sluk og membran, og membranen må ha riktig tykkelse.



Eksempel på sluk hvor membranen er klemt med klemring

Les mer

- Byggforskserien:
 - Bygddetaljer 527.204 Bad og andre våtrom
 - Bygddetaljer 541.805 Golv i bad og andre våtrom
 - Bygddetaljer 553.135 Lekkasjevarslere

Beskytt bygningen mot nedbør

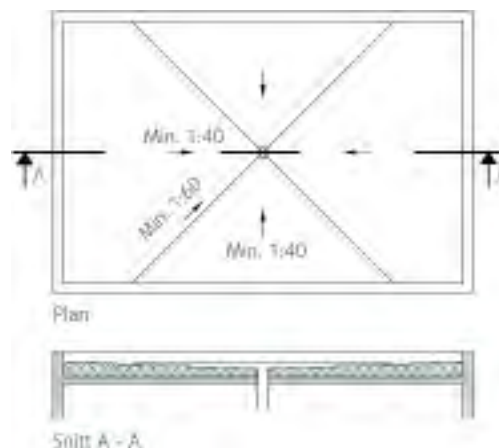
Sikker avrenning på flate tak

Flate tak har et rykte for å være utsatt for skader og lekkasjer. I virkeligheten kan flate tak fungere utmerket, forutsatt at de bygges og vedlikeholdes riktig.

Flate tak defineres som tak med helning mindre enn 6°. Flate tak skal alltid ha en viss helning mot renner og sluk, minimum 1:40. Balkonger med fall mot en renne eller dekkekant kan ha fall på minimum 1:40. Likevel må man gå ut fra at vann i perioder kan bli stående på deler av taket. Taket skal derfor tekkes med et takbelegg som tåler vanntrykk og isskuring. God avrenning på flate tak krever at slukene ligger på laveste punkt også når taket er belastet med snø og etter eventuelle langtidsnedbøyninger. I tilknytning til slukene må det være et overløp som varsler når sluket går tett.

Flate tak skal som hovedregel ha innvendig ned-

løp. Innvendig nedløp er nedløpsrør som ligger varmt, det vil si på innsiden av bygningens varmeisolasjon. Vannet skal kunne føres frostfritt fra taket og helt til grunnen. Flate tak bør ha gesims for å beskytte tekningen.



Flate tak er ikke flate, men skal ha en helning på minimum 1:40.

Les mer

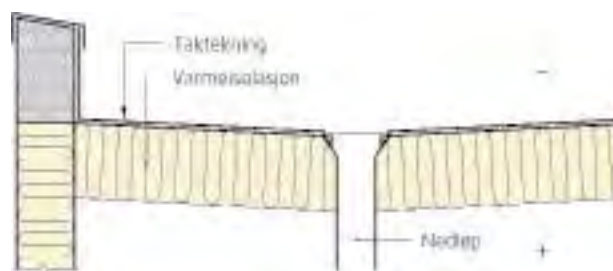
- Byggforskserien:
 - Bygddetaljer 525.002 Takkonstruksjoner

Kalde eller varme tak?

Takkonstruksjoner kan deles inn i varme og kalde tak, avhengig av hvordan taket dreneres og eventuelt luftes.

Varme tak er basert på innvendig nedløp for regn og smeltevann, og er vanligvis ikke luftet under tekningen. Flate tak bygges i dag hovedsakelig som varme, kompakte konstruksjoner.

Kalde tak er basert på utvendig nedløp. Takflatene må ha lufting under tekningen, slik at snøen ikke smelter når utvendig lufttemperatur er under frysepunktet. Tak med utvendig nedløp bør være skrå og ha et fall på minimum 10°–22°, avhengig av blant annet størrelse, type takteknik og konstruksjonsdetaljer.



Prinsipiell oppbygning av kompakt, varmt tak. Taket kan være flatt eller skrått, men må ha innvendig nedløp.



Eksempel på oppbygning av kaldt tak. Taket har utvendig nedløp.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Bygghdetaljer 525.002 Takkonstruksjoner

Les mer

■ Byggforskserien:

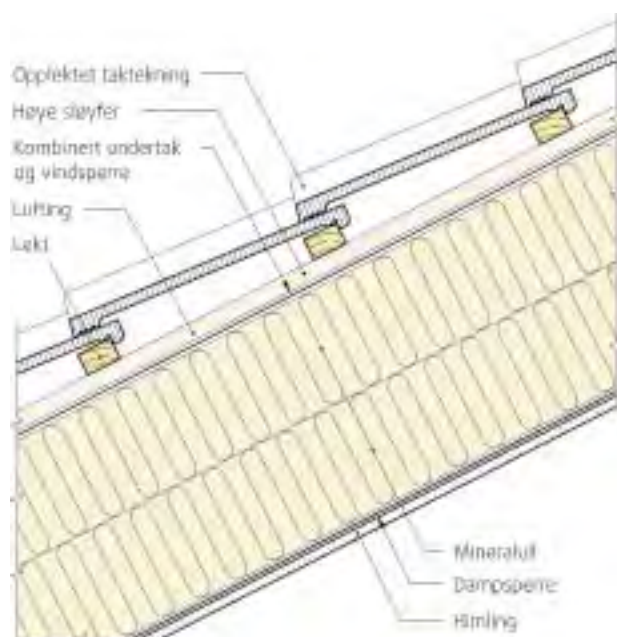
- Bygghdetaljer 525.102 Isolerte skrå tak med kombinert undertak og vindsperre
- Bygghdetaljer 525.106 Skrå tretak med kaldt loft
- Bygghdetaljer 525.866 Undertak

Skrå tak

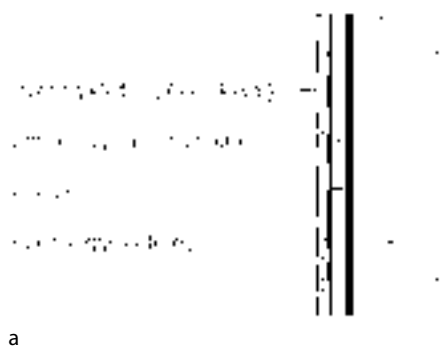
Skrå tak kan bygges med et kaldt loft eller med isolert takkonstruksjon. Skrå tak med kaldt loft er en gjennomprøvd og sikker konstruksjon, men det må sikres god tetning rundt lofts luker og gjennomføringer slik at det ikke tilføres varm, fuktig luft fra etasjen under. Hvis det skal plasseres store ventilasjonsaggregater på loftet, eller hvis loftet skal brukes som et

Totrinnsstetning

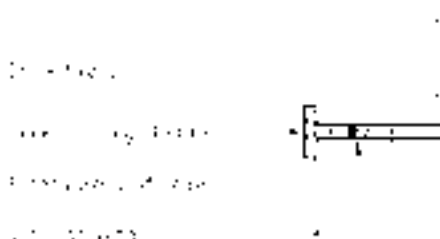
Totrinnsstetning innebærer at regntetning og lufttetning ivaretas av to separate sjikt som er atskilt med et ventilert og drenert hulrom. Prinsippet brukes i yttervegger, i luftede takkonstruksjoner og i fuger rundt vinduer, dører og andre åpninger. I en yttervegg er ytterkledningen regnskjerm, mens vindsperra bak tetter mot vinden. Luftingen av hulrommet bak kledningen skal sørge for at man får samme lufttrykk på begge sider av kledningen selv når det er kraftig vind. Dermed er det ingen krefter som kan drive vann fra en regnvannsfilm på fasaden inn til vindsperra. Dette forutsetter at det er tilstrekkelige åpninger i kledningsmaterialet som kan sikre trykkutjevning mellom hulrommet og utsiden. I tillegg skal luftespalten sørge for drenering av hulrommet og gi veggen og kledningen god uttørkingsevne.



Oppbygning av tretak med kombinert undertak og vindsperre, isolasjon i takflaten og opplettet takteking



a



b

Prinsipp for totrinnstetting i fasader

a. Luftet, utvendig kledning

b. Fuge mellom veggelementer med et dekkprofil som regnskjerm

Les mer

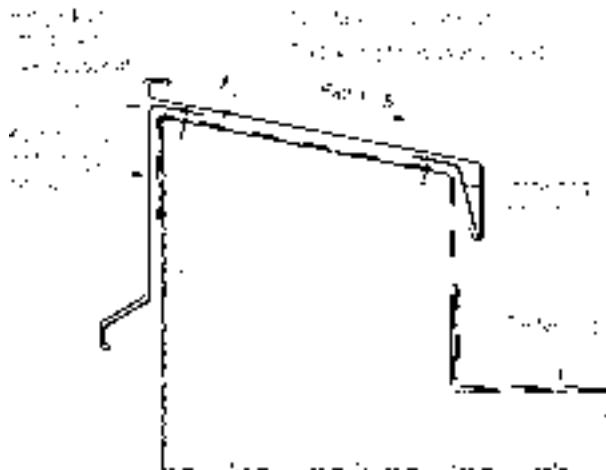
■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 523.002 Yttervegger. Typer og egenskaper

Gode beslag

Et beslag er en skjerm som skal sikre regnbeskyttelse i overgangen mellom bygningsdeler, for eksempel mellom tak og vegg. Beslagets oppgave er dels å sikre at minst mulig nedbør trenger inn til vindspærresjiktet bak beslaget, dels å lede nedbør ut fra fasaden. Beslaget skal ikke være lufttett, men tvert i mot ha et ventilert og drenert hulrom på baksiden i tråd med prinsippet om totrinnstetting. Generelle prinsipper for gode beslag er:

- Beslag bør monteres med skjult innfesting. Innfesting av beslag med skruer og/eller spiker som punkterer beslaget gir åpning for lekkasjer.
- Beslagskjøter bør alltid være falset, gjerne med tettemiddel i tillegg. Ofte skjøtes beslag med en kort overlapp, eventuelt kombinert med fugemasse. Dette er en usikker løsning over tid.
- Beslag med «flate» partier bør ha fall for å unngå dammer og vanntrykk mot skjøter og overganger.



Utforming av beslag ved gesims

- Gesimsbeslag må ha tilstrekkelige og riktig utformede nedbrett langs fasaden. Beslaget må ha fall inn mot tak.
- Beslag må avsluttes med dryppkant for å lede vannet bort fra fasaden.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 520.415 Beslag mot nedbør

Tetting av fuger

Mellom fasadeelementer og rundt vinduer og åpninger i fasader og tak er det fuger som må tettes mot nedbør. Det fins et utall av materialer og metoder for å tette slike fuger. Fra gammelt av ble fuger tettet med dytt og dekklist. Metoden er stadig aktuell, gjerne med polyuretanskum som et moderne «dyttmateriale». Alternativt kan fuger tettes med papp eller folier som spenner over fugen og klemmes mot faste materialer på hver side.

Mange forbinder tetting av fuger med fugemasser og tettebånd. Fugemasser kan benyttes som kombinert regntetning og lufttetning (ettrinnstetting). Men totrinnstetting med fugemasse bak en dekklist øker massens bestandighet og vedheft til fugeflatene, og minsker ofte bevegelser i fugen. Hulrommet bak dekklisten må kunne dreneres ut.

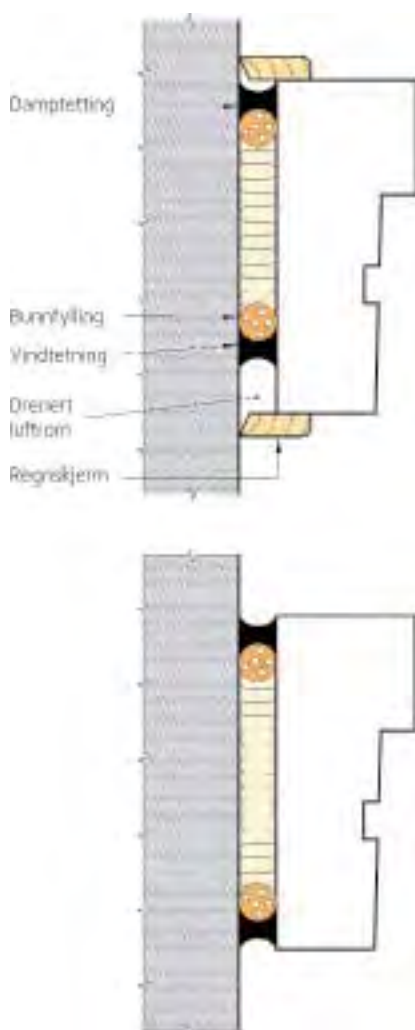
Vellykket tetting med fugemasse er avhengig av riktig materialvalg, fugeutforming og utførelse. Fugearbeidet må være nøyaktig beskrevet med utgangspunkt i hvor store bevegelser fugen skal ta opp, hvilke klimapåkjenninger den utsettes for og hva man skal fuge mot. Porøse underlag som tre, tegl og be-

tong er eksempler på underlag som ofte må forbehandles for at fugemassen skal få tilstrekkelig vedheft.

Fugemasser til konstruksjonsformål skiller seg først og fremst ut fra hvor store bevegelser massen kan ta opp. Høyelastiske og elastiske fugemasser kan ta opp bevegelser på opp til 25 % av opprinnelig bredde, mens plastiske fugemasser er stivere og tåler mye mindre bevegelse.

For elastiske fugemasser bør tverrsnittet være rektangulært, der forholdet mellom bredde og dybde er mest mulig lik 2:1, og det rektangulære tverrsnittet bør få en bikonkav form. Det er viktig at fugemassen ikke hefter til bunnen av fugen. For å unngå vedheft må man bruke bunnfyllingslist eller heftbrytende teip.

Tettebånd er fastere typer av plastiske fugemasser som leveres ferdig til bruk. De må monteres med et visst press og klemmes sammen for å bevare funksjonen.



Totrinnstetning (I) og ettrinnstetning (II) av fuge. Værpåkjennte fuger bør utføres med totrinnstetning.

Les mer

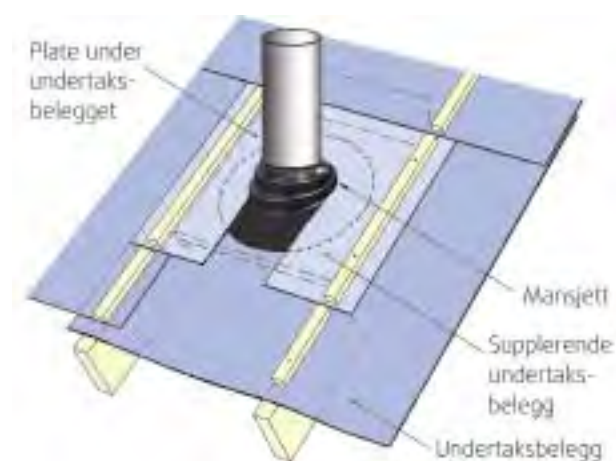
- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 520.406 Fugetetting med elastisk fugemasse



Anbefalt fugeutforming for elastisk fugemasse

Gjennomføringer

Skorsteiner og kanaler som føres gjennom takflaten fører ofte til lekkasjer, spesielt i skrå tak. Det er derfor viktig å bruke riktige beslag, gjennomføringsmansjetter osv. som er tilpasset undertaket og den aktuelle tekningen.



Eksempel på kanalgjennomføring i undertak

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 525.866 Undertak

Begrens tilførselen av fuktighet innenfra

Dampsperre hindrer kondensskader

Siden det store deler av året er høyere damptrykk inne enn ute, er det normal byggeskikk i Norge å montere en dampsperre på innsiden, det vil si den varme siden, av en isolert bygningsdel. Dette sjiktet er med på å hindre kondens i isolasjonsmaterialet. I tillegg gir dampsperra et bidrag til husets lufttetthet. Normalt brukes en gjennomsliktig, 0,15 mm tykk polyetylenfolie som klemmes i skjøtene. Slike folier har mer enn god nok motstand mot dampgjennomgang. I prinsippet kunne man ha benyttet andre, åpnere dampsperrmaterialer, men polyetylenfolier har mange gode egenskaper. De er robuste (stor rivestyrke), de har hensiktsmessig format, det er enkelt å oppnå lufttette, klemte skjøter, og de gjør det mulig å innsisere isolasjonsmaterialet i etterkant.

Hvis det skal brukes andre typer dampsperrsjikt enn polyetylenfolie, skal man være klar over at det utvendige sperrsjiktet, vindsperra, høyst skal ha en vanddampgjennomgangsmotstand lik 1/10 av motstanden i dampsperra. Det sikrer at eventuell fuktighet i konstruksjonene får anledning til å tørke ut utover.

I en del tilfeller skal det ikke monteres dampsperre i isolerte konstruksjoner. Det gjelder først og fremst hytter som ikke varmes opp kontinuerlig, og det gjelder innvendig isolerte yttervegger mot terreng, som har minimale uttørkingsmuligheter utover.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 523.002 Yttervegger. Typer og egenskaper
- Byggdetaljer 523.255 Bindingsverk av tre. Varmerisolering og tetting
- Byggdetaljer 573.121 Materialer til luft- og dampetting
- Byggdetaljer 573.430 Materialdata for vann- damptransport

Tetting mot luftlekkasjer

Dampsperra har også en viktig funksjon i å hindre kondens på grunn av luftlekkasjer. God lufttetthet er først og fremst et spørsmål om tette skjøter. Godt klemte skjøter er særlig viktig i skrått isolerte tretak og i lokaler med mye fuktighet. Skjøter og endekanter skal klemmes mellom to plane flater på fast underlag for å få en varig tett overgang. Men transport av fuktig inneluft ut i konstruksjonen er også avhengig av om det er utettheter i det utvendige tettesjiktet – vindsperra. Svakheter i dampsperra behøver derfor ikke å være kritisk dersom vindsperra er montert med tette skjøter.

Eksempler på vanddampgjennomgangsmotstand for en del materialsjikt

Vanddampmotstand, $s_{d,e}$, står for ekvivalent luftlagstykkelse, det vil si hvilken luftlagtykkelse i meter som yter samme motstand som det aktuelle materialsjiktet.

Produktgruppe	Materiale	Material- tykkelse (m)	Vanddamp- motstand, Z_p ($10^9 \text{ m}^2 \text{ sPa/kg}$)	Vanddamp- motstand s_d (m)
Dampsperrer	Minimum motstand anbefalt av SINTEF Byggforsk	–	> 50	> 10
	Polyetylenfolie	0,2	450	87
Takbelegg	PVC takfolie	1,2	70–120	14–23
	Asfalttakbelegg med stamme av polyestertfilt		510	99
Undertak	Voksbelagt kartong	2	0,9	0,17
	Polyetylenbelagt kartong	2	43	8,3
Vindsperrer/undertak	Krav SINTEF Byggforsk (vindsperrer og dampåpne undertak)		< 2,5	< 0,5
	Gipsplate (GU)	9,5	0,45–0,6	0,087–0,12
	Asfaltimpregnert, porøs trefiberplate	12	0,8–3,3	0,16–0,64
Maling	Akryllateks	0,05	0,7–2,7	0,14–0,52
	Alkydmaling, matt, to strøk		2,5–5	0,49–0,97



Klemmeprinsipper for dampsperre

Les mer

■ Byggforskserien:

- Bygghdetaljer 523.002 Yttervegger. Typer og egenskaper
- Bygghdetaljer 523.255 Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting
- Bygghdetaljer 573.121 Materialer til luft- og damptetting
- Byggforvaltning 720.035 Måling av bygningers lufttetthet

Kondens og muggsopp på innvendige overflater
Når fuktig luft treffer en kald overflate, dannes det lett kondens – som på en enkel vindusrute innendørs om vinteren. Moderne vinduer med isolerrute har bedre varmeisolasjon, slik at kondens på glasset er mindre vanlig. Men i rom med høy luftfuktighet om vinteren kan det dannes kondens langs ytterkanten av ruta, fordi avstandslistene mellom rutene i vinduet gir en



Muggvekst på yttervegg med kuldebro. Foto: Mycoteam

kuldebroeffekt. Kondensproblemet løses ved bedre ventilasjon eller ved å plassere varmekilde under vinduet.

Kuldebroer, for eksempel i overgangen mellom vegg og golv, kan også forårsake kondens- eller muggsoppskader. Et gjennomgående betongdekke ut mot en terrasse kan gi svært lave temperaturer på innvendig veggoverflate. Dette kan føre til muggsoppskader. I tillegg til kuldebroen kan slike skader skyldes dårlig ventilasjon, høy luftfuktighet og møblering. Plassering av skap og sofaer mot yttervegg kan senke temperaturen på veggoverflaten bak og dermed øke risikoen for kondens og muggsopp.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Bygghdetaljer 421.132 Fukt i bygninger. Teorigrunnlag
- Bygghdetaljer 474.511 Vurdering av fuktsikkerhet – kontrollpunkter
- Byggforvaltning 740.111 Kondens på kalde overflater. Årsaker og tiltak

God ventilasjon er god fuktsikring

Mange boliger har et dårlig fungerende ventilasjonsanlegg, med et luftskifte som er lavere enn kravene i veiledningen til TEK (0,5 luftomsetninger per time). Dårlig avtrekk på tørkerom, bad, vaskerom og kjøkken, samt lite tilførsel av frisk luft i soverom er typisk i mange boliger. I tillegg til å gi dårlig luftkvalitet vil dårlig ventilasjon øke risikoen for kondensproblemer inne i konstruksjonene. Faktisk er et høyt luftskifte en god garanti mot fuktskader. Om vinteren er det lavt fuktinnhold i utelufta, og med god ventilasjon vil derfor den relative fuktigheten inne bli lav. Dermed reduseres kondensfaren på innvendige flater, kondenspunktet i isolerte konstruksjoner skyves utover, og eventuelle lekkasjesteder vil lettere tørke ut.

God ventilasjon krever imidlertid et godt ventilasjonsanlegg. Med et billig avtrekksanlegg vil store luftmengder ofte gi trekk og støy. Et balansert, mekanisk ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning er en langt bedre løsning.

Les mer

Byggforskserien:

- Bygghdetaljer 552.301 Ventilasjon av boliger. Prinsipper og behov

Prinsipper for tørre materialer og konstruksjoner

Gi konstruksjonene uttørkingsmulighet

Selv om en konstruksjon utføres «perfekt», må man alltid tenke på at konstruksjonen både kan inneholde et overskudd av fuktighet ved innbygging (byggfukt) og få tilført fuktighet ved lekkasjer. Derfor er det alltid en fordel om konstruksjonene har god evne til å tørke ut. Dette er helt nødvendig hvis konstruksjonen inneholder fuktfølsomme materialer. For å unngå skader kan man:

- unngå å bygge inn fuktfølsomme materialer mellom to damprette sjikt
- ordne sjiktene i riktig rekkefølge, med størst dampmotstand på varm side og avtakende mot kald side
- bygge inn uttørkingsmuligheter ved hjelp av ventilerte luftspalter
- sørge for at eventuelt lekkasje- eller kondensvann kan dreneres bort
- sørge for at eventuelt lekkasje- eller kondensvann kan tas opp av hygroskopiske materialer for senere avdampning

Les mer

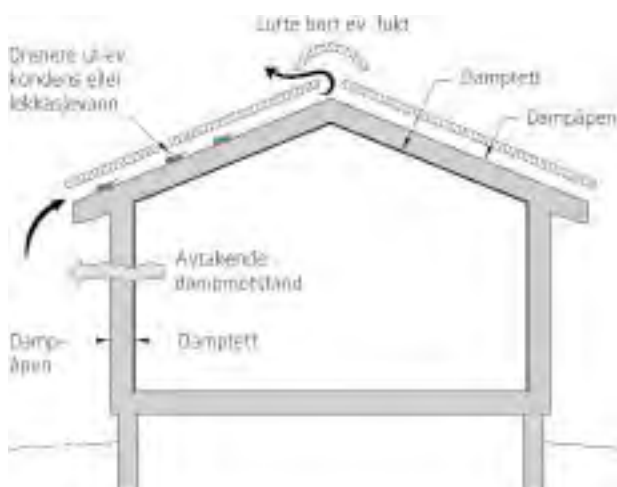
- Byggforskserien:
 - Bygghetaler 474.511 Vurdering av fuktsikkerhet – kontrollpunkter
 - Bygghetaler 474.533 Uttøking og kontrollmåling av byggfukt

Moderne materialer endrer byggeteknikken

Moderne materialer har i en del tilfeller endret betydningen av utlufting av fuktighet. Et eksempel er kalde loft. Mens det tidligere var vanlig å ha god lufting av kalde loft, har bedre varmeisolering og nye undertaksmaterialer endret behovet for lufting. Årsaken er en ny generasjon undertaksmaterialer, som akkurat som moderne regntøy både er vanntette og dampåpne. Overskuddsfuktighet i loftsrommet kan dermed diffundere ut gjennom undertaket uten at regnvann trenger inn i materialet ovenfra. Slike undertaksmaterialer har små porer som slipper vanddamp, det vil si vannmolekyler, gjennom, men ikke vanddråper, som holdes sammen av overflatespenningen. Slike undertak brukes i dag i isolerte takkonstruksjoner, og de fungerer da både som vindsperre og som undertak.



Uluftet, kaldt loft med dampåpent undertak og lufting under taktekningen

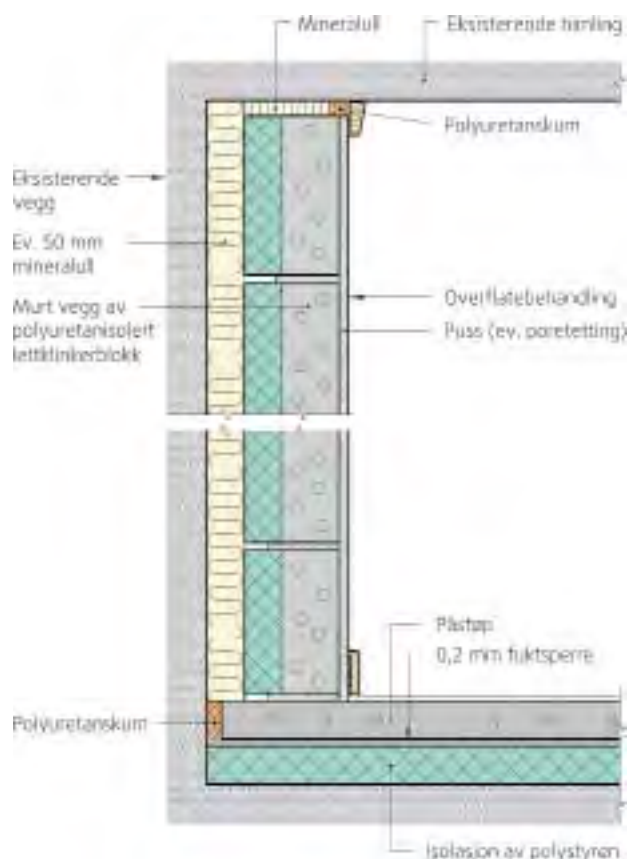


Prinsipper for god uttørkingsevne

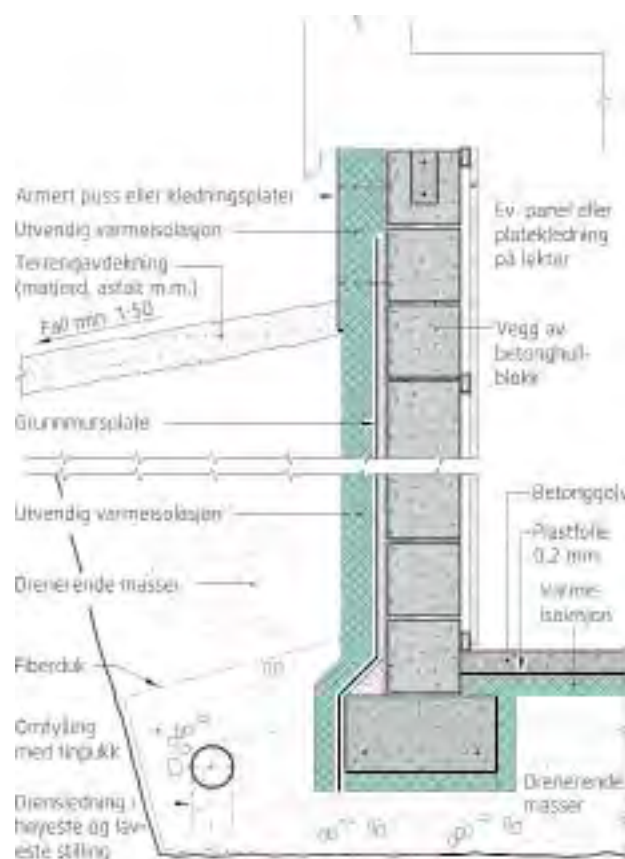
Bruk materialer som tåler fuktighet

I konstruksjoner som fuktteknisk sett er «tvilsomme», eller som utsettes for store fuktpåkjenninger, bør en bruke materialer som tåler fukt. Konstruksjoner uten uttørkingsmulighet, som kompakte tak, bør ikke inneholde fuktømfintlige materialer.

Innvendig isolering av yttervegger mot terreng med bindingsverk kan med fordel bygges opp av «fuktsikre» materialer, spesielt hvis det er problemer med den utvendige fuktsikringen eller hvis veggene står i en dusnissje. Innvendig isolering med blokker av polyuretan og lettklinker beskytter mot fukttransport fra veggene bak, både fordi materialet ikke suger vann og fordi temperaturløftet senker relativ fuktighet.



Yttervegg mot terreng uten fuktømfintlige materialer



Utvendig isolering av yttervegg mot terreng

Utvendig isolering av yttervegger gir fuktsikre løsninger

Utvendig isolering av yttervegger har flere fordeler, først og fremst fordi bærende deler av konstruksjonen vil stå i et stabilt, varmt miljø, og at kuldebroer elimineres. Yttervegger mot terreng kan også med fordel isoleres utvendig. Det fins mange eksempler på muggsopp- og råteskader i innvendig isolerte kjellervegger.

Etterisolering av eldre bygninger kan også med fordel gjøres utvendig. Som for kjellervegger, fins det flere eksempler på soppskader ved innvendig etterisolering. Innvendig etterisolering krever at dampette og fuktømfintlige overflatematerialer, for eksempel tapeter, fjernes før isoleringen. Dernest må utvendig overflate av murvegger være uten skader. Hvis slike vegger fuktes opp, kan for eksempel fuktighet fra slagregn transporteres gjennom veggen og inn i isolasjonen.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 514.221 Fuktsikring av bygninger
- Byggforvaltning 727.121 Fukt i kjellere. Årsaker og utbedring

Beskytt materialer mot fuktighet

Mange små byggetekniske detaljer er viktige for å hindre skader på materialene. Eksempler på dette er:

- Trematerialer skal ikke stå i direkte kontakt med betong. Mellom bunnsvill i et bindingsverk og en betongsåle må det derfor ligge et sjikt som hindrer fukttransport fra betong til tre.
- Utvendig trekledning bør avsluttes minst 300 mm over terreng.
- Stående kledning bør mettes med overflatebehandling nederst for å hindre at endeveden suger vann.

- Trekledning bør avsluttes min. 6 mm over vannbrett o.l. for å hindre oppsuging av vann.
- Unngå sprekker og riss i pussede murfasader. Riss med bredde over 0,2 mm kan transportere mye vann inn i konstruksjonen.



Kapillær transport av vann fra et beslag har ført til råte i trekledning. Foto: SINTEF Byggforsk

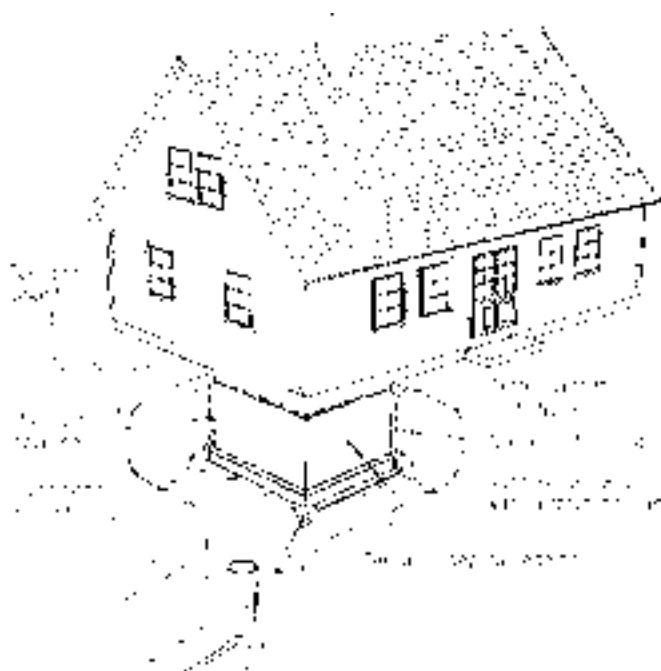
Beskyttelse mot fukt fra grunnen

Lede overvann bort fra bygningen

Både for å hindre vanntrykk mot bygningen og for å minske belastningen på bygningens dreneringssystem, er det viktig å unngå at overflatevann renner inn mot bygningen. Terrenget må helst ha et fall på 1:20, men minst 1:50 fra bygningen. Overflatematerialet nær bygningen må ikke være drenerende. Vann fra taknedløp må også føres vekk fra bygningen, enten i renne på overflaten eller i en egen avløpsledning. Takvannet må ikke under noen omstendighet kobles direkte på drensledningen.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 514.114 Lokal håndtering av overvann
 - Byggdetaljer 514.221 Fuktsikring av bygninger



Prinsipper for fuktsikring av bygningsdeler mot terreng

Drenering

Yttervegger mot terreng må beskyttes med et drenerende og trykkbrytende sjikt for å hindre vanntrykk. Det fins mange forskjellige løsninger for fukt- og varmeisolering av slike vegger. En tradisjonell løsning er å bygge opp med drenerende masser, trykkfast varmeisolasjon og en tett grunnmursplate inn mot veggen. På nivå med bygningens fundamenter legges som regel en drensledning som fungerer som et overløp når det er mye vann i grunnen. Hvis byggegrunnen består av permeable, drenerende masser, og grunnvannsstanden ikke er for høy, er drensledninger egentlig ikke nødvendige.



Plassering av drensledning langs fundament

Les mer

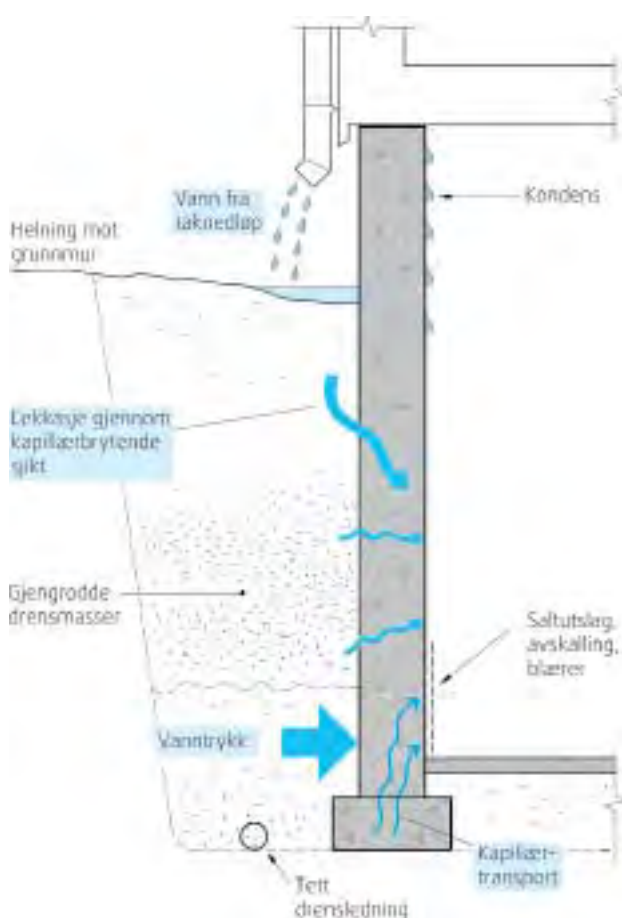
- Byggforskserien:
 - Bygghetall 514.221 Fuktsikring av bygninger

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 727.121 Fukt i kjellere. Årsaker og utbedring

Fuktskader på yttervegger mot terreng

Mange eldre yttervegger mot terreng har fuktskader. Det kan være flere årsaker til dette, som tett drenering, vanntrykk mot veggen eller oppsuging av vann fra grunnen. En god del eldre bygninger har fundamenter som står direkte på fuktig undergrunn. Resultatet er ofte kapillær transport av vann opp i kjellerveggen og saltutslag, pussavskalling og fuktige kjellerrom. Slike problemer kan ofte ikke løses ved å legge om dreneringen. Den korrekte måten å bygge slike fundamenter på, er å bryte den kapillære kontakten mellom fundamentet og jorden med kapillærbrytende, drenerende masser eller trykkfast isolasjon. Alternativt kan fundamentene bestå av et kapillærbrytende materiale, for eksempel lettklinkerbetong eller en sementrik betong med lavt v/c-tall. Det kan også legges et kapillærbrytende sjikt over fundamentet.



Vanlige oppfukningsmekanismer i vegg mot terreng

Oppfølging i byggeprosessen

Tørr byggeprosess

En tørr byggeprosess forhindrer fuktskader og gir færre problemer med oppsprekking og knirk på grunn av fuktbevegelser i materialene. Følgende regler bør følges:

- Alle materialer på byggeplassen skal oppbevares beskyttet mot nedbør og direkte sol.
- Planlegg byggetiden slik at konstruksjonene kan tørke ut før de bygges inn.
- Så langt det er mulig, bør man benytte prinsipper for værbeskyttet bygging. Uferdige bygningsdeler skal beskyttes mot nedbør.
- Vurder bruk av moderne teltsystemer eller stillaspresenninger for hel eller delvis beskyttelse mot nedbør.
- Velg byggemetoder/-løsninger som sikrer rask lukking av bygget.
- Legg opp arbeidsrekkefølgen slik at fuktbelastningen blir minst mulig, for eksempel ved at tekking av tak skjer før innvendige arbeider startes.
- Unngå å varme opp bygningen før dampsperra er montert. Det kan drive fuktighet inn i konstruksjonene.
- Vurder bruk av avfuktere i byggeperioden. Det kan forkorte byggetiden, gi bedre arbeidsmiljø og hindre fuktskader.



Tørr byggeprosess

Les mer

- Byggforskserien:
 - Bygghet 474.511 Vurdering av fuktsikkerhet. Kontrollpunkter

Kvalitetskontroll

God fuktsikring krever kvalitetskontroll i hele byggeprosessen – både i prosjekteringen av bygningen og i selve byggeperioden. Bruk gjerne sjekklister. Kravene til kontrollplaner og kontroll må tas alvorlig. Spesielt for fuktkontroll gjelder:

- Byggherre/prosjekterende må spesifisere fukttekniske krav.
- Kontrollplanen bør omfatte:
 - fuktsikker materialhåndtering
 - fuktmålinger
 - kalibrering av måleinstrumenter
 - utførelse og kontroll av kritiske detaljer (fuktsperrer, lufttetthet)
- Dokumentasjon av fuktrelaterte detaljer

Uttørking av byggfukt

Mange materialer inneholder et overskudd av fuktighet når de bygges inn. Dette gjelder spesielt plaststøpt betong og trematerialer som ikke er spesialtørket. Overskuddet av fuktighet må tørkes ut før konstruksjonene lukkes. Det gjelder spesielt betonggolv som skal få et limt belegget av vinyl eller linoleum, men også trevirke, som ellers lett får muggskader.

Fukt i betong er alkalisk (pH ca. 12) og er derfor aggressiv mot vanlige golvlim og en del belegg. Der-



Mangelfull uttørking av et betonggolv før det limes et tett belegg kan føre til oppløsning av limet, med lukt og redusert heft som resultat. Foto: SINTEF Byggforsk

som fuktigheten er for høy ved legging av belegget, risikerer man at limet går i oppløsning, mister heft og avgir lukt. Betongen bør tørkes til 85–90 % relativ luftfuktighet, målt i materialets porer i en standard dybde i betongen. Kravet er avhengig av type belegg, type lim og behandling av betongoverflaten. Generelt er linoleum noe mer dampåpent enn vinyl, og tåler derfor noe fuktigere underlag. Limtyper som er spesielt tilpasset for å tåle alkalisk fukt bør generelt brukes mot betongkonstruksjoner. Betongoverflater som helsparkles med avrettingsmasser gir også en ekstra sikring mot alkalisk nedbryting av lim og belegg.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Bygghet 474.533 Uttørking og forebyggende tiltak

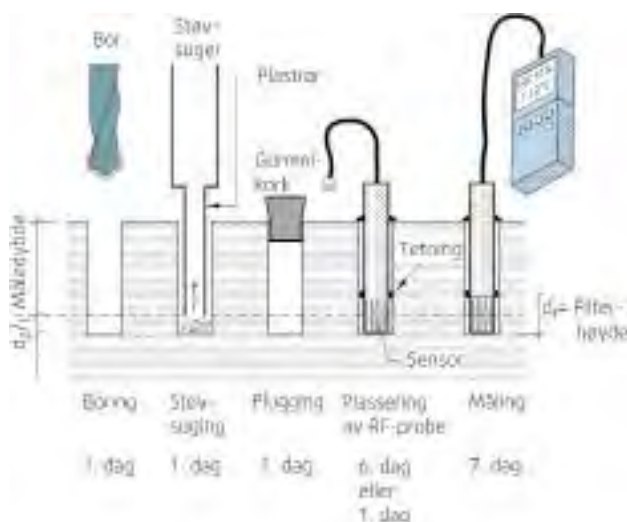
Måling av fuktighet

Måling av relativ luftfuktighet

Instrumenter for måling av relativ luftfuktighet (RF) brukes både for å kontrollere tørkeklimaet i romluft, i hulrom i konstruksjoner og for å måle fuktinnholdet i materialer, først og fremst betong. I dag brukes det mest elektroniske hygrometre, ofte med en utskiftbar sensor. Sensoren inneholder en tynn, fuktfølsom membran som endrer elektriske egenskaper (elektrisk motstand eller kapasitans) når luftfuktigheten i omgivelsene endres.

Instrumenter av denne type «driver». Det betyr at forholdet mellom elektrisk signal og reelt fuktinnhold endres over tid. Derfor må instrumentet kalibreres, det vil si at det med jevne mellomrom må kontrolleres mot kjente fuktnivåer. I praksis bruker man saltløsninger som leveres av leverandører av fuktinstrumenter, til kalibreringen.

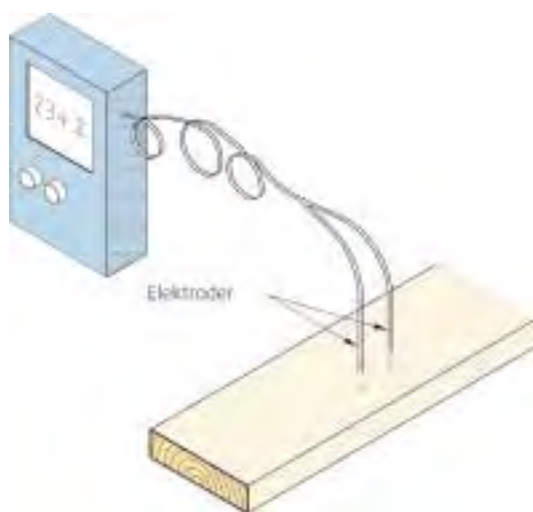
For å måle fuktinnholdet i betong er det mest vanlig å måle relativ fuktighet i borede hull. Prinsippet er at lufta i det borede hullet etter hvert stiller seg i fuktmessig likevekt med lufta i porene i materialet. Metoden blir unøyaktig når måleresultatet overstiger 95 % RF. Ved måling i betong bør man vente i en uke (minimum 3 dager) etter boring før instrumentet leses av. Avlesningen må ikke gjøres før RF-sensoren har stabilisert seg. Ved måling i betong anbefales det å lese av instrumentet tidligst etter 12 timer. Hvis det er store temperaturvariasjoner i rommet i denne perioden ($> \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$), bør sensoren dekkes til med en isolerende hylse.



Prinsipp for å måle relativ fuktighet i borede hull i betong

Elektrisk motstandsmåling

Fukttinnholdet i et materiale kan måles ved hjelp av to elektroder som presses inn i overflaten. Den elektriske motstanden mellom elektrodene avtar med økende fukttinnhold. Når elektrodene bankes inn i materialet, måles det høyeste fukttinnholdet mellom elektrodene. Det vil si at hvis overflaten av materialet er fuktig mens det indre av materialet er tørt, vil måleren vise fukttinnholdet i overflaten. Vil man måle fukttinnholdet på en spesifisert dybde inn i materialet, må skaftet på elektroden isoleres. Med såkalte hammer-elektroder måles fukttinnholdet i treverk på inntil 35 mm dybde. Med lange veggelektroder kan man måle fukttinnholdet lenger inne i yttervegger. Veggelektroder bores inn med 20–40 mm avstand.



Elektrisk motstandsmåling i trevirke (fuktmåler)

Slike måleinstrumenter er kalibrert for å måle i trevirke. Man får da oppgitt et fukttinnhold i prosent av treets tørrvekt.

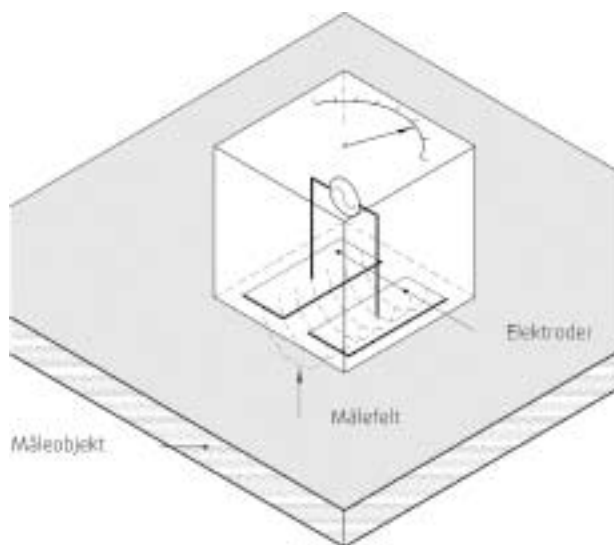
I sammenheng med vannskader kan instrumentet også brukes i andre, porøse materialer. Årsaken er at instrumentet egentlig måler en metningsgrad i pore-systemet. Tallverdien på instrumentet har i seg selv ingen mening når det måles på andre materialer, men en indikasjon om for eksempel «ingen fare», «begynnende fare» eller «fare» er fortsatt relevant.

Fuktsøker

Måleprinsippet i såkalte fuktindikatorer er basert på at vannmolekyler absorberer elektromagnetiske bølger i et elektrisk felt. Fuktindikatorer er egnet til å skille fuktige områder fra tørre områder. Man starter alltid med en referansemåling i et område man vet er tørt. Det må tas et nytt referansepunkt for hvert materiale det måles på. Instrumentet gir altså bare relative verdier.

Måledybden varierer med type instrument, men er vanligvis 20–30 mm i tre og betong, og 70–100 mm i mineralull. Noen fabrikater er lite følsomme for fuktighet i tykke sjikt, for eksempel et limsjikt under et golvbelegg.

Fuktindikatorer er en ikke-destruktiv målemetode, og er derfor godt egnet til å finne fuktighet bak for eksempel fliser, under membraner o.l. Vær oppmerksom på at instrumentet slår ut på alt som øker ledningsevnen i måleområdet, det vil si armering, kabler, spesielle tilslagsmaterialer i betong mv. Når instrumentet slår ut på en baderomsvegg, kan det også være vanskelig å avgjøre om utslaget skyldes fuktighet i limsjiktet bak flisene, eller om det er fuktighet i



Kartlegging av fuktige områder med fuktindikator

veggen lenger bak. Man skal også være oppmerksom på at en murvegg mot terreng kan inneholde salter som kan påvirke målingene.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggetal 474.531 Måling av fukt i bygninger
- Geving, Stig og Thue, Jan Vincent. Fukt i bygninger. Håndbok 50, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 2002

Fuktkriterier

Effekter av fukt

Fukt i ulike former har mange effekter. Eksempler på bygningstekniske konsekvenser er korrosjon på metaller, frostsprengning i tegl og puss, biologisk nedbryting av trematerialer, misfarging av overflater, nedsettelse av U-verdi i isolasjonsmaterialer, nedbryting av golvlam i fuktige betonggolv og skader på grunn av fuktbetingede bevegelser i materialer. I de siste årene har det vært fokusert på de helsemessige konsekvensene av fukt i bygninger. Gjennom en rekke undersøkelser er det dokumentert at det å bo i en bygning med fukt-/muggsopp-skader over tid er forbundet med økt risiko for å utvikle helseplager som hoste, allergiske reaksjoner, ulike typer luftveisirritasjoner og astma. Nøyaktig hvordan fuktskader og muggsopp påvirker helsen er ikke tilstrekkelig klarlagt, men vekst og spredning av biologisk materiale som muggsopp-spore ser ut til å være en sentral faktor.

Risikoen for helseplager er avhengig av personlige anlegg og grad av eksponering. Eksponering er både et spørsmål om tid, hvor store arealer som er skadet og mengden av muggsopp-spore i innelufta. Mengden av spore i lufta avhenger av flere ting enn arealet, blant annet:

- type sopp: Ulike typer fargeskadesopper avgir svært lite muggsopp-spore.
- skjult eller synlig muggvekst: Vekst inne i eller på utsiden av en yttervegg kan i en del tilfeller ha mindre betydning for sporekonsentrasjonen i innemiljøet.

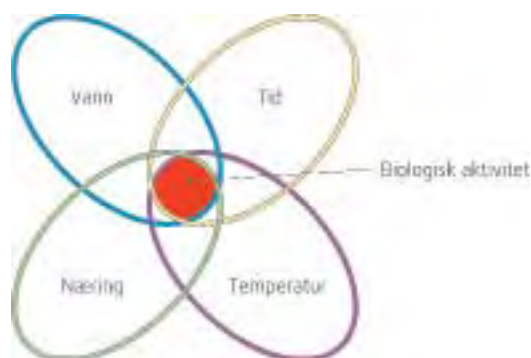
Verken nasjonalt eller internasjonalt er det etablert noen grenser for utbredelsen av muggsopp i innemiljøet. Bakgrunnen er dels at man ikke vet nok om hvilke mekanismer som ligger bak sammenhengen mel-

lom muggsoppvekst, et fuktig innemiljø og helse. Videre er det vanskelig å sette noen klar og generell grense for hva som er akseptabel konsentrasjon av for eksempel muggsopp-spore i innelufta. Denne varierer med tid på året, geografisk beliggenhet og målemetode. I deler av året kan innemiljøet tilføres høye konsentrasjoner av muggsopp-spore fra utemiljøet. Målinger av sporekonsentrasjon i innemiljøet må derfor alltid sammenliknes med målinger ute, både med hensyn til konsentrasjon og artssammensetning.

Kritiske fuktnivåer

Soppvekst i eller på materialer krever næring, fuktighet, temperatur og tid for å vokse. Tid kan være alt fra få dager til måneder. Næring er organisk materiale, som nesten alltid er til stede. Temperaturen må normalt være mellom 5 og 35 °C. De vanligste muggsoppene krever over 80–85 % relativ luftfuktighet (RF) på materialoverflaten eller i porer i materialoverflaten for å vokse innendørs. Det tilsvarer et vanninnhold på ca. 20 vektprosent i treverk ved 20 °C (vanninnhold i vektprosent av helt tørt materiale). Samtidig må man regne med at jo høyere opp mot 100 % RF man kommer, desto flere arter vil få gode vekstbetingelser. Ved fibermetningspunktet (ca. 28 vektprosent) er det også fare for vekst av råtesopper.

Disse fuktighetsnivåene refererer til luftfuktigheten i porer i materialoverflaten. Denne luftfuktigheten er ikke alltid lett å måle. Som regel må situasjonen vurderes ut fra flere målinger av fuktinnhold i materialet, overflatetemperatur og luftfuktighet.



Soppvekst i eller på materialer krever næring, fuktighet, temperatur og tid for å vokse

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 421.132 Fukt i bygninger. Teorigrunnlag
- Geving, Stig og Thue, Jan Vincent. Fukt i bygninger. Håndbok 50, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 2002

Krav til fuktilstand for ulike materialer ved innbygging

Materiale/konstruksjon	Fuktilstand		Merknader
	Vektprosent	% RF	
Skurlast for nybygg	20–22	ca. 90	NS 3080, leveransefukt
Høvellast for nybygg	18–20	ca. 85	NS 3180, leveransefukt
Kunstig tørkede golvbord	10–12	ca. 60	NS 3420, leveransefukt
Trykkimpregneret virke	Ca. 30	ca. 100	NS INSTA 140, leveransefukt
Treverk ved lukking av konstruksjoner	< 20	< 90	Konstruksjoner som tørker relativt raskt ut etter lukkingen, for eksempel: – vegger over terrengnivå – luftede tretak
	≤ 15	≤ 75	Konstruksjon som tørker svært langsomt etter lukkingen, for eksempel: – vegger under terrengnivå – tilfarergolv med tett beleg
Panel og innvendig listverk	17	ca. 80	NS 3183, NS 3187, leveransefukt
Bygningsplater, innvendig kledning	12	60	
Undergolv av sponplater	12	60	Belegg av vinyl, linoleum, kork, gummi
Varmekabler i undergolv av sponplater	7	50	Belegg av vinyl, linoleum, kork, gummi
Betonggolv		< 100	Keramiske fliser, sementbasert lim
		< 95	Teppe med åpen bakside, parkett på dampspærre
		< 85–90 ¹⁾	Epoksybelegg, polyuretan- og akrylbelegg
		< 85–90 ¹⁾	Belegg av vinyl, linoleum, kork, gummi
Betonggolv med varmekabler		< 75	Belegg av vinyl, linoleum, kork, gummi

¹⁾ Fuktinhold avhengig av limtype, betongkvalitet og beleg

5 Byggematerialer

Dette kapitlet beskriver hvordan byggematerialer bør velges og håndteres for å unngå unødige emisjoner til innemiljøet. Emisjonsprosessen blir forklart og en del typiske byggematerialer blir gjennomgått. Dokumentasjon av produkttegenskaper og håndtering av materialer på byggeplassen vektlegges spesielt. Målet er å gi et bedre grunnlag for valg og bruk av materialer.

BYGGEMATERIALENE FØR OG NÅ.....	87	Trefiber- og MDF-plater.....	95
FORURENSNINGER SOM KAN KNYTTES TIL BYGGEMATERIALENE	87	Kryssfiner (Plywood).....	95
NOEN KJENTE PROBLEMER.....	88	Treullsementplater	95
Formaldehyd.....	88	Gipsplater.....	95
Soppvekst på fuktige materialer.....	88	MINERALULL.....	95
PVC-belegg og betong som ikke er tilstrekkelig tørr.....	89	AVRETTINGSMASSER	96
HVORDAN MATERIALER PÅVIRKER LUFTKVALITETEN.....	89	GOLVBELEGG.....	96
Generelt	89	Generelt	96
Frie (ubundne) forurensninger.....	89	Plastbelegg.....	96
Bundne forurensninger.....	90	Linoleum.....	96
Materialers evne til å samle opp eller akkumulere forurensninger.....	90	Tekstilgolv	97
Materialers evne til å virke som næringsgrunnlag for mikroorganismer	90	Keramiske fliser / skiferfliser	97
EMISJONSPROSESSEN.....	90	Parkett	97
Generelt	90	Gummi.....	97
Emisjoner til romlufta	91	TAPET.....	97
Påvirkning av temperatur.....	92	MALING	97
Påvirkning av fuktighet.....	92	Generelt	97
BETONG, LETTKLINKER OG Tegl	93	Alkydmaling	98
Betong.....	93	Lateksmaling (PVA- og akryl- dispersjonsmaling)	98
Lettklinker	93	Alkyd- eller lateksmaling?	98
Teglstein.....	93	Spesielle malinger.....	98
TREMATERIALER.....	94	LAKK OG GOLVOLJER.....	98
Trevirke.....	94	Generelt	98
Limtre.....	94	Polyuretanakryllakk.....	98
Trebaserte materialer	94	Alkydlakk	98
BYGNINGSPLATER	94	Syreherdende lakk	99
Sponplater	94	Akryllakk	99
OSB-plater (waferboards, flakeboards).....	94	Polyuretanlakk.....	99
		Golvøljer	99
		LIM, FUGEMASSE OG FUGESKUM.....	99
		Lim	99
		Fugemasser	99

Polyuretanskum	99
DOKUMENTASJON AV PRODUKTEGENSKAPER	99
Krav til dokumentasjon	99
Viktig dokumentasjon i forhold til inneklime.....	100
Annen viktig dokumentasjon	101
VALG AV MATERIALER.....	101
Miljømerker	101
Innemiljømerker	101
Kammerforsøk.....	101
Hensyn til rengjøring og vedlikehold	102
HÅNDBTERING OG BRUK AV MATERIALER I BYGGEPROSESSEN.....	103
Modning og mellomlagring	103
Transport	103
Håndtering på byggeplassen.....	103
Fuktmåling.....	104
Monterings- og bruksveiledning	104
MATERIALVALG – EN OPPSUMMERING.....	105
HÅNDBTERING UNDER BYGGING – EN OPPSUMMERING.....	105

Byggematerialene før og nå

Før industrialiseringen av byggevirkksomheten for alvor begynte i etterkrigstiden (ca. 1960), brukte man stort sett materialer man hadde lang erfaring med, som stein, tre, tegl, betong og platematerialer. Materialene var basert på et begrenset antall råvarer og hadde få kjente bygningsrelaterte helseproblemer. Man bygde hus på tradisjonelt vis, og de håndverksmessige erfaringene ble overført fra den ene håndverkeren til den neste og ved utstrakt bruk av lærlinger. Byggetiden var lang, og man planla byggearbeidet ut fra en byggesesong som startet om våren og strakte seg over sommer og høst. Ofte ble «skallet» støpt/bygd om sommeren, mens det innvendige arbeidet ble utført neste sesong.

Gjennom industrialiseringen av byggevirkksomheten ble arbeidsformene tilpasset en bransje i vekst, og høy produktivitet ble viktig: I dag er kortere byggetid sentralt, og byggevirkksomheten foregår nå gjennom hele året. Det mest grunnleggende skillet er imidlertid at bygningene i dag er blitt mer kompliserte, at byggingen involverer flere aktører og at det ofte kan være vanskelig å bestemme hvem som har det egentlige ansvaret for kvaliteten på det enkelte produktet.

Utviklingen i byggebransjen har ført til bruk av tallrike nye bygnings- og innredningsmaterialer. Tradisjonell uttørking av byggfukt, for eksempel i betong, tar ofte lengre tid enn det som er forenlig med rasjonell framdrift og korte byggetider. Materialene kommer på markedet i høyt tempo, og produsentene forsøker å levere materialer som er velegnet i forhold til det høye tempoet i byggebransjen og til nye ønsker fra så vel arkitekter som forbrukere. Miljøhensyn er blitt viktig ved produksjon av byggematerialer, og det er også hensynet til håndverkernes arbeidsmiljø. Tidligere tiders erfaring og viten om produkter som ga et godt innemiljø, blir derfor stadig utfordret av nye produkter og av nye måter å bruke tradisjonelle materialer på. Erfaringene de siste årene har vist at helseproblemer i forbindelse med bygningsmaterialer som oftest skyldes feil valg og feil lagring og bruk av materialene i tillegg til for høy fuktbelastning.

Det er viktig å etablere kunnskap om hvordan vi kan foreta riktige valg av byggematerialer under de forutsetningene som gjelder med dagens byggeteknikk og byggemetoder. Mange materialer er gode med hensyn til å oppnå et godt inneklima: Utfordringen er å vite nok om hvilke kriterier som skal legges til grunn for å velge det beste materialet til et konkret formål, og hvilke begrensninger som er knyttet til de forskjellige materialene.



Stein, tegl, puss, betong, papp, trepanel, trefiberplater, metallplater

Før

- Få byggematerialer
- Lang erfaring
- Lite kjente materialrelaterte helseproblemer



Kjemiske tilsetningsstoffer, betong, lim, plastmaterialer, sparkelmasser

Nå

- Nye materialer
- Lite erfaring
- Mange kjemiske stoffer
- Høy fuktbelastning
- Tette hus
- Hus med innemiljøproblemer

Byggematerialer før og nå

Forurensninger som kan knyttes til byggematerialene

Byggematerialer avgir forurensning i form av gasser og partikler. Gasser og partikler kan igjen deles i to grupper, organiske og uorganiske luftforurensninger, avhengig av den kjemiske sammensetningen.

Avgivelse av flyktige organiske forbindelser er en velkjent problemstilling i forbindelse med innemiljøet. Det engelske begrepet er volatile organic compounds – forkortet VOC. VOC er en betegnelse som dekker et uendelig antall forbindelser. Mange av disse forbindelsene kan avgis fra nye byggematerialer, men også fra skadde materialer og produkter. For hver enkelt VOC er det snakk om svært lave konsentrasjoner, men fordi det fins mange forskjellige forbindelser, brukes begrepet TVOC om summen av flyktige organiske forbindelser i lufta.

I innemiljøet er det ikke unormalt å identifisere 100–300 forskjellige VOC-er i lufta. Eksempler på vanlige flyktige organiske forbindelser er isocyanater (herdere), ftalater (myknere) og formaldehyd (lim).

Det er ikke bare byggematerialer som avgir forurensninger til lufta. Også møbler og andre interiørprodukter kan bidra. Forurensninger i innelufta stammer også fra mennesker og menneskelige aktiviteter, for eksempel hobbyaktiviteter hvor det brukes maling, lakk og lim, samt matlaging. Husholdningskjemikalier gir også sitt bidrag i alt fra sjampo og parfyme til rengjøringsmidler.

Gasser**Uorganiske**

- Svoveldioksid
- Nitrogenoksider
- Karbondioksid
- Karbonoksid
- Ozon
- Vanndamp
- Radon

Organiske

- Flyktige, organiske forbindelser (VOC)
- Formaldehyd
- Isocyanater
- Ftalater
- Terpener

Partikler**Uorganiske**

- Asbest
- Støv
- Mineralfibre

Organiske

- Støv
- Pollen
- Sporer
- Bakterier
- Mikroorganismer

Stoffer som avgis til innelufta

Les mer

■ Byggforskserien:

- Bygghdetaljer 421.522 Bygningsmaterialer og luftkvalitet

Noen kjente problemer

Formaldehyd

Problematikken omkring formaldehyd har lenge vært rettet mot sponplater og andre limte bygningsplater, men formaldehyd forekommer også i mange andre materialer, overflatesjikt, tekstiler, husholdningskemikalier og tobakksrøyk.

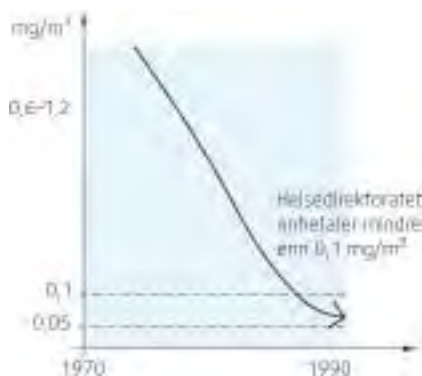
I løpet av 1970-tallet målte man over $0,6 \text{ mg/m}^3$ og iblant over $1,2 \text{ mg/m}^3$ innendørs i boliger. Så høye konsentrasjoner hører nå til historien. Målinger i de senere år har påvist verdier på ca. $1/10$ av gjennomsnittet fra 1970.

På grunnlag av helsemessige vurderinger har Folkehelseinstituttet anbefalt $0,1 \text{ mg/m}^3$ formaldehyd som normverdi i innelufta. Det er imidlertid meget uvanlig med så høye måleverdier i dag. Målinger, for eksempel i barnehager (uten fuktproblemer), ligger ofte bare på ca. $1/5$ av grenseverdien.

Problemet med formaldehyd er i dag mest knyttet til fuktskadede materialer og produkter. Derfor er det viktig å følge varedeklarasjoner/bruksanvisninger og

sørge for at kravene til maksimalt fuktnivå ikke overskrides.

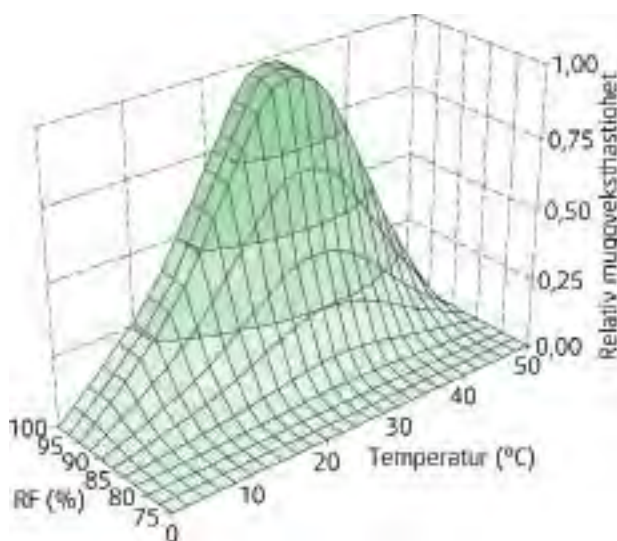
Hvis sponplater er blitt våte, må de fjernes og erstattes med nye plater.



Formaldehyd i romlufta

Soppvekst på fuktige materialer

I dag synes de fleste innemiljøproblemene å være knyttet til fukt. Materialer i bygg under oppføring utsettes ofte for mer fukt enn forutsatt, og det fører blant annet til mikrobiell vekst. Et eksempel er gipsplater som utsettes for fuktighet. Det mikroklimaet som oppstår på platene, er velegnet for soppvekst, og soppen avgir luktende og irriterende forbindelser. Dette problemet kan man som regel ikke fjerne uten å skifte ut platene. Mange mener også at trevirke og andre materialer som er tørket etter en fuktskade er mer følsomme for fukt enn tilsvarende nye materialer. En ny oppfukting vil føre til hurtigere soppvekst, og man skal derfor være forsiktig med å benytte fuktskadede materiale innendørs.



Vekst av muggsopp som funksjon av relativ fuktighet (RF) og temperatur

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 421.132 Fukt i bygninger. Teorigrunnlag
 - Byggforvaltning 701.401 Muggsopp i bygninger. Forekomst og konsekvenser for innneklimaet
 - Byggforvaltning 720.082 Råte- og fargeskadesopp. Skadetyper og utbedring

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 741.401 Fuktskader på myke og halvharde golvbelegg

Hvordan materialer påvirker luftkvaliteten

Generelt

Materialer kan påvirke luftkvaliteten i en bygning på flere måter. Disse påvirkningsmåtene kan tildels være uavhengig av hverandre, og vi må derfor forstå mekanismen for hvordan de enkelte materialene virker. Hovedinndelingen er:

- materialenes innhold av frie (ubundne) forurensninger som umiddelbart kan avgis til innneklimaet
- materialets innhold av bundne forurensninger, det vil si stoffer som kan frigis hvis materialene utsettes for visse påvirkninger
- materialets evne til å samle opp eller akkumulere forurensninger som senere kan avgis til innneklimaet
- materialets evne til å virke som næringsgrunnlag for mikroorganismer

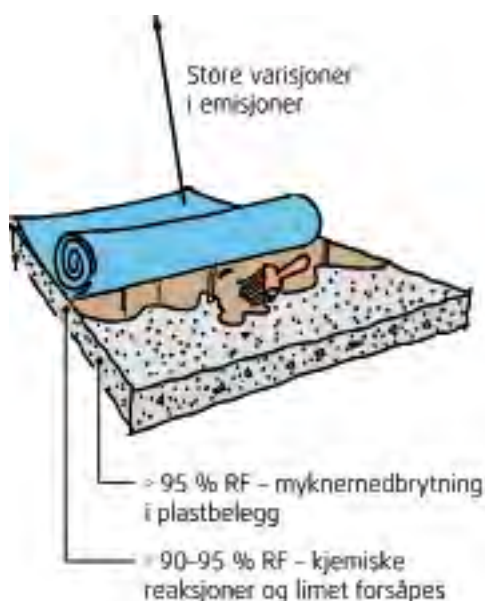
Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 421.522 Bygningsmaterialer og luftkvalitet

PVC-belegg og betong som ikke er tilstrekkelig tørr

PVC er det mest brukte golvbelegget i Norge. Produktet er velegnet under de fleste forhold, men det er viktig å følge bruksanvisningen. Underlaget skal være tilstrekkelig tørt (< 85 % RF i betong) før golvet legges – ellers får man lett kjemiske reaksjoner mellom lim/avrettingsmasse og alkalisk fuktighet i betongen. Det fører til dannelse av luktende og irriterende forbindelser i innemiljøet. Videre skjer det reaksjoner med myknere o.l. i PVC-belegget, noe som fører til lukt, i tillegg til at belegget kan blære.

Eksemplet viser at et godt innemiljøprodukt lett kan føre til helseproblemer hvis det utsettes for høy fuktighet, og hvor viktig det er å foreta fuktmålinger i underlaget før golvbelegget blir lagt.



Golvbelegg av plast på fuktig betong

Frie (ubundne) forurensninger

Velkjente forurensninger fra denne gruppa er formaldehyd fra sponplater og organiske løsningsmidler fra maling. Disse materialene vil kunne bidra til dårlig luftkvalitet i den første perioden av en bygnings driftstid.

For å lette framstillingen brukes det ofte organiske løsningsmidler i produksjonen, og derfor inneholder mange materialer rester av organiske løsningsmidler. Ved framstilling av produkter der det inngår en kjemisk reaksjon mellom to eller flere stoffer, brukes det ofte et overskudd av ett av stoffene for å få reaksjonen til å bli så fullstendig eller gå så hurtig som mulig for å oppnå kort produksjonstid. Et eksempel er sponplater hvor råvarene er treflis og/eller høvelspon, lim og voks. Sponene og limet blandes og presses sammen under høy temperatur og høyt trykk. Gjennom denne prosessen herdner limet, og etter avkjø-

ling oppnår sponplata stivhet og styrke. Størstedelen av formaldehydoverskuddet forlater sponplatene på produksjonsstedet, mens resten blir i platene og avgis først på bruksstedet.

Bundne forurensninger

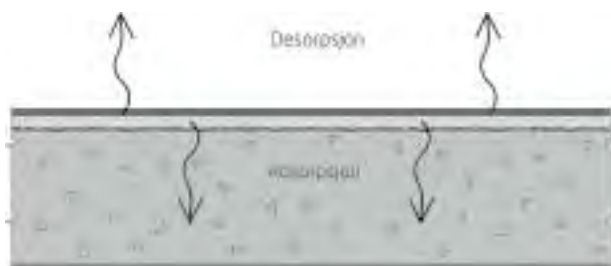
Materialer med et innhold av stoffer som kan brytes ned eller omdannes, kan avgi forurensninger til romlufta i hele bygningens levetid. Avgivelse av forurensninger kan være bestemt av flere prosesser, for eksempel slitasje, nedbrytning, oppløsning, forfall og elde. Slike prosesser skjer fordi materialene ikke tåler de påvirkningene de utsettes for.

Ubehandlete himlingsplater av mineralull som er limt med et ikke-fuktbestandig lim, er et eksempel på denne typen materialer. Dersom slike plater utsettes for en vannskade, vil det frigjøres mineralullfibre. Fiberavgivelse kan man også få fra mineralull ved mekanisk slitasje, for eksempel dersom man trekker kabler eller liknende over nedsenkede himlinger.

Et annet eksempel er sponplater hvor limet kan brytes ned under påvirkning av fukt og varme slik at det ikke bare er det frie, men også det bundne formaldehydet som frigjøres fra limet og avgis fra platene. Avgivelsen av formaldehyd avhenger av temperaturen og fuktigheten. I temperaturområdet 14–35 °C fordobles avspaltningen for hver temperaturstigning på 7 °C, og likeledes fordobles formaldehydavspaltningen hvis den relative fuktigheten økes fra 30 til 70 % ved 22 °C. Det er derfor viktig at sponplater som er limt med formaldehydavspaltende lim brukes etter forutsetningene.

Materialers evne til å samle opp eller akkumulere forurensninger

Det er velkjent at lukt og forurensninger kan sette seg i materialer som bringes inn i et forurenset rom – for eksempel lukt som henger i tøyet vi har på oss. Spesielt materialer med stor spesifikk overflate, det vil si lodne eller porøse materialer, kan samle opp forurensninger. Typiske eksempler er golvtepper og tykke teks-



Adsorpsjon og desorpsjon

tiler. På et senere tidspunkt, når luftforurensningen i rommet har sunket, vil den forurensningen som materialet har samlet opp bli frigitt igjen. Slik vil materialene kunne påvirke luftkvaliteten med en sekundær forurensningsavgivelse etter at den primære forurensningskilden er borte.

Materialers evne til å virke som næringsgrunnlag for mikroorganismer

En del steder i en bygning er det sannsynlig at materialer og produkter vil bli utsatt for vann, for eksempel i inngangspartier, på badet, i kjøkken og i dør- og vinduskarmer. På disse stedene er det viktig å bruke materialer eller overflatebehandling som tåler vann uten risiko for negativ påvirkning av innemiljøet.

Når de utsettes for høy fuktighet, vil en del materialer fungere ekstra godt som næringsgrunnlag for mikroorganismer som muggsopp. Materialer i denne gruppa krever ekstra oppmerksomhet når de håndteres under byggeprosessen.

Emisjonsprosessen

Generelt

Avgivelse av organiske forbindelser (VOC) fra et byggemateriale kalles for materialets emisjon. Drivkraften for emisjoner er forskjeller i damptrykk. Når damptrykket til en gass er høyere i et materiale enn i den omkringliggende lufta, avgis gassen fra materialet til lufta helt til likevekt oppnås. Forløpet er tilsvarende som når et vått materiale tørker. Det går fortore å tørke et vått badehåndkle utendørs på en varm sommerdag med litt vind enn en vindstille augustkveld når duggen henger i lufta og den relative fuktigheten er høy.

Emisjoner kommer for det meste fra overflater som vender inn mot lufta i rommet. De får imidlertid også bidrag fra underlag og hjelpeprodukter som lim, avrettingsmasser, sparkel og grunninger. Avgassingene som kan oppstå i et rom avhenger av en mengde faktorer. De viktigste er:

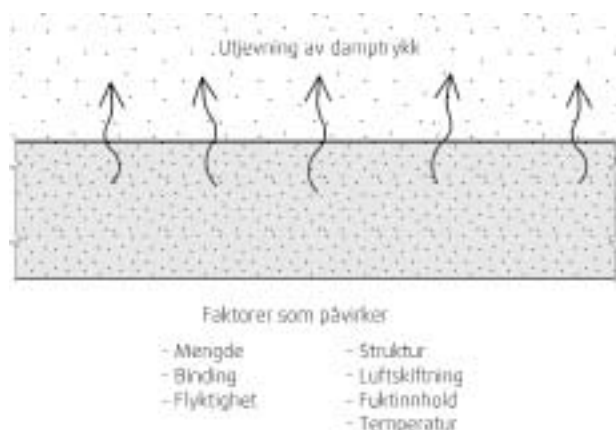
Egenskaper ved det aktuelle stoffet:

- i hvilken mengde det inngår i materialet
- stoffets fysikalske og kjemiske binding til materialet
- hvor flyktig stoffet er

Egenskaper ved byggematerialet:

- hvilken struktur og oppbygning materialet har, for eksempel porøsiteten

- om materialet er overdekket (forseglet) eller åpent eksponert. Et materiale i et skap avgir for eksempel en mindre mengde av et stoff enn tilsvarende flate av materialet eksponert direkte mot innelufta. Tette belegg vil hemme emisjonen. Imidlertid vil emisjonen da foregå over lengre tid.
- materialets fuktinnhold. Høyere fuktinnhold gir som regel høyere emisjon.
- materialets temperatur



Faktorer som påvirker emisjonsprosessen (utjevning av damptrykk)

Omgivelsene:

- temperatur og fuktighet i rommet
- ventilasjonsforhold i rommet (luftutskiftingen og lufthastigheten over materialet)
- konsentrasjonen av det aktuelle stoffet i romlufta og avgivelsen av det samme stoffet fra andre materialer
- tilstedeværelse av materialer som kan adsorbere den aktuelle forurensningen fra rommet og senere virke som sekundær kilde til forurensning med det samme stoffet

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 421.522 Bygningsmaterialer og luftkvalitet

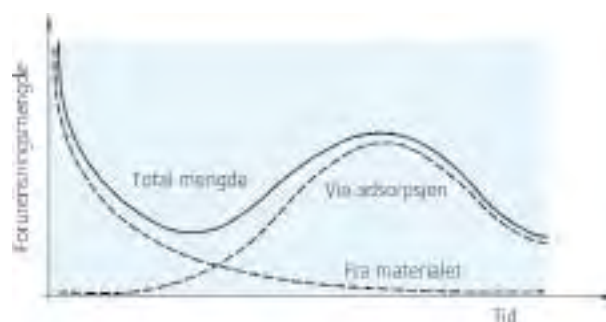
Emisjoner til romlufta

Emisjonen er størst når materialet er nytt, og avtar med tiden. Hvor lenge et materiale emitterer forurensning til inneklimaet varierer fra materialtype til materialtype og fra enkeltmateriale til enkeltmateriale.

Forløpet kompliseres imidlertid av adsorpsjon – det vil si at forurensninger i lufta tas opp av andre materialer i rommet. Slik oppstår det en depotvirkning hvor forurensninger som adsorberes på andre materialer vil avgis til romlufta (desorpsjon) etter at det opprinnelige materialet har redusert sin emisjon.

Forurensningsnivået og typen av forurensning i innelufta vil derfor variere med tiden og inngå i et komplisert samspill mellom emisjon, adsorpsjon og sekundær emisjon (desorpsjon). I begynnelsen av en bygnings levetid kan emisjoner fra nye byggematerialer medføre et høyt forurensningsinnhold. Etter hvert som den primære emisjonen fra disse materialene synker, vil mengden forurensning som er adsorbert på andre materialer kunne frigis igjen og bidra til at forurensningsinnholdet stiger.

På samme måte vil eventuelle bundne forurensninger kunne frigis på et senere stadium i en bygnings levetid hvis materialet utsettes for belastning det ikke tåler.



Typisk emisjonsforløp for forurensninger fra byggematerialer

For eksempel forekommer det tilfeller der heldekende tepper har avgitt gasser som opprinnelig kom fra en helt annen type golvbelegg i et tilstøtende rom. Flere erfaringer fra skadeutbedringssaker tyder på at det ikke er tilstrekkelig å fjerne fuktpåvirket, luktende sparkelmasse (kasein-holdig). Avgassene synes å ha blitt adsorbert i betongdekket. Etter en tid med nytt overflatemateriale har avgivelsen av de luktende gassene igjen skutt fart, med klager fra brukerne som følge.

Forurensningsnivået og utviklingen i forurensningen over tid avhenger av hvor mange materialer i et rom som emitterer forurensninger, hvor stort luftskiftet er, temperaturen i rommet osv., og det er derfor store variasjoner fra rom til rom og fra bygning til bygning.

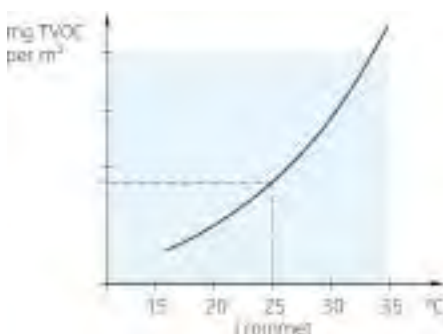
Minimering av sorpsjonseffekter

Materialers evne til å ta opp forurensning fra lufta er viktig i innemiljøssammenheng. I den forbindelse benyttes begrepet «loddenfaktor». Jo større flateareal som kan samle støv og/eller gass, desto høyere loddenfaktor. Loddenfaktor er definert som arealet av lodne flater delt på volumet av det aktuelle rommet, og angis i m^2/m^3 . Lavest loddenfaktor oppnår man med glatte flater (og få pyntegjenstander utenom møbler), mye fri golv plass, glatte møbelstoffer og gardiner, vaskbare vegger og ingen tepper. Høyest loddenfaktor får man med teppegolv samt strie- eller stofftapeter, og i tillegg mange møbler og gjenstander (gardiner).

Man kan også redusere sorpsjon ved å bruke ventilasjon og varme aktivt. Hvis det skal males innendørs, vil forurensningsnivået stige i en periode under og etter malingen. Hvis flest mulig løse møbler fjernes mens det males, og alle lodne overflater – løse golvtepper, gardiner, puter, tepper osv. – fjernes fra rommet, vil man minimere den mengden materialer som kan ta opp forurensninger fra malingen. Samtidig kan man ventilere mest mulig mens man maler og etter at malingen er avsluttet. Åpne vinduer og dører for å få inn frisk luft er både billig og effektivt. Hvis man i tillegg øker temperaturen i rommet, vil emisjonsprosessen øke og man vil hurtigere få et lavere forurensningsnivå i rommet. Planlegging av maling/oppussing til sommerhalvåret vil være en fordel i og med at man da enkelt kan varme opp og samtidig ventilere effektivt. I kontorbygninger o.l. hvor man ikke har tid til dette, er det likevel viktig å benytte høy ventilasjon og varme under utførelsen, og likeledes avsette en uke til tørking før rommene tas i bruk.

Påvirkning av temperatur

Materialer påvirkes på ulike måter av temperaturen i omgivelsene. Grovt regnet holder innetemperaturen seg i området 15–25 °C. En dansk undersøkelse har påvist en halvering av TVOC i lufta ved en tempera-



Temperaturens innvirkning på innholdet av TVOC i lufta

tursenkning fra 25 til 18 °C. Temperaturen kan påvirkes av solinnstråling, installasjoner m.m. Utbaking av rom eller møbler ved for eksempel 30 °C vil halvere den tiden som skal til før emisjonen er under ubehagsskonsentrasjonen.

Solinnstråling kan gi høye overflatetemperaturer på vegger, opp til 30–50 °C avhengig av fargen på veggen. På svarte trevegger utendørs har man målt overflatetemperaturen i malingssjiktet til rundt 65 °C. Avgivelsen fra et varmt og solbelyst bygningsmateriale er større enn fra samme materiale plassert i en annen del av rommet.

Installasjoner som avgir varme til eller på innsiden av en konstruksjon, vil forårsake forhøyet temperatur. Det har lenge vært kjent at for eksempel varme radiatorer og panelovner kan påvirke gipsplater slik at de blir sprø (kalsinering). Videre er det velkjent at eldre typer plastfolier (lufttetning og dampsperrer) kan brytes ned av høye temperaturer bak varme ovner. Radiatorer og panelovner med lavere overflatetemperaturer har redusert disse problemene. Også malingssjikt på radiatorer og rørledninger, plastovertrekk på kobberør samt plastmaterialer rundt lamper o.l. påvirkes av høye temperaturer.

Lave temperaturer i kombinasjon med kuldebroer kan forårsake kondens og høy fuktighet, noe som påvirker fuktfølsomme materialer og øker risikoen for vekst av muggsopp.

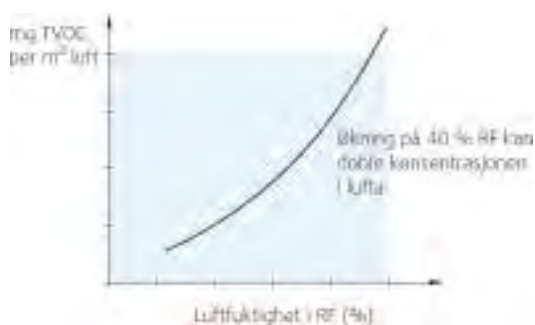
Ved prosjektering og valg av materialer bør det tas hensyn til hvilke temperaturer materialet vil bli utsatt for og hvor lenge/ofte påvirkningen vil opptre, og man bør sikre seg at materialet kan tåle disse påvirkningene.

Påvirkning av fuktighet

Mange av innemiljøproblemene har sammenheng med fukt. De fleste materialer påvirkes negativt av fukt. En del materialer misfarges, andre deformeres, og i noen materialer kan det forekomme økt avgassing eller soppvekst.

I prøvekamre er det konstatert at økt luftfuktighet resulterer i økt avgang av formaldehyd og mange andre VOC-er fra materialprøver. At høy relativ fuktighet i innelufta kan forårsake sopp, bakterieangrep, dårlig lukt og uheldige kjemiske reaksjoner, er relativt ny kunnskap for mange i byggebransjen og blir ikke alltid tatt hensyn til.

Vi vet at den normale tiden for å tørke et betongdekke fra vannmettet til ca. 90 % RF (ca. 3 vektprosent) er 2–4 måneder, avhengig av betongkvaliteten. Legging av golv med tett membran, eksempelvis PVC-belegg oppå et betonggolv, før betongen er tilstrekkelig tørr er et typisk eksempel på at tempoet i byg-



Påvirkning av fukt på innholdet av TVOC i lufta

gingen forårsaker problemer som ikke behøver å oppstå. Når vanddampen fra betongen ikke kan slippe vekk, vil luftfuktigheten under golvbelegget bli unødig høy, med påfølgende risiko for at limet og/eller undersiden av golvbelegget påvirkes i negativ retning. Dårlig lukt, kjemiske reaksjoner og blærer i golvbelegget er eksempler på problemer som kan oppstå i en slik situasjon.

Men det er ikke bare fukttilstanden som påvirker materialet. Enda større kan skadevirkningene bli dersom fukten kombineres med høy temperatur og alkalitet (høy PH-verdi). Dette aggressive miljøet vil ødelegge en rekke belegg som er mye brukt. For eksempel vil linoleum spaltes, samt enkelte myknere i PVC-belegg. Resultatet kan bli lukt og irritasjon i øyne og slimhinner.

Ett og samme materiale kan ha ulike kritiske fukttilstander avhengig av forholdene i omgivelsene. For eksempel kreves det 85–100 % RF for at et soppangrep skal komme i gang på friskt trevirke, men bare ca. 75 % RF for at sopp skal utvikle seg på tidligere soppbefengt virke.

Materialinformasjon som angir kritiske verdier for fukt- og temperaturforhold, er ennå ikke vanlig. De leverandørene som gir slike opplysninger og har materialer som ligger innenfor grenseverdiene, bør foretrekkes. I framtiden må man kunne kreve at materialleverandørene gir fylldigere opplysninger om kritisk fukttilstand, kritiske temperaturer og ømfintlige kombinasjoner av de materialene og produktene de tilbyr.

Betong, lettklinker og tegl

Betong

Betong er blant de materialene som brukes mest i byggebransjen – ofte i en kombinasjon av plasstøpt betong og fabrikkproduserte betongelementer. Betongoverflaten blir ofte pusset, malt, tapetsert eller

dekket med golvbelegg, og derfor kan de avgi forurensninger.

Betong består hovedsakelig av sement, vann, grus og stein. Sement inneholder kalkstein, leire og gips. For å forbedre betongens egenskaper tilsettes det ofte tilsetningsstoffer i små mengder. For eksempel kan syntetiske tensider øke frostsikkerheten, og lingsulfonater, sulfonerte melaminpolymere og naftenpolymere øker flyteegenskapene. Fosfater og hydrok-sylkarboksylsyrer reduserer herdetiden, og nitrater, aminer og tiocyanater øker herdetiden ved lave temperaturer. Stort sett har alle tilsetningsstoffer lav flyktighet og gir liten avdamping.

Ved håndtering og blanding av betongråvarene vil det bli en del støv som kan irritere hud og slimhinner. Ferdigherde, ubehandlede betongoverflater kan avgi sementstøv som kan forårsake inneklimateproblemer, hovedsakelig hud- og slimhinneirritasjon, da støvet er alkalisk. Betong innendørs og i ventilasjonskanaler må derfor overflatebehandles for å binde støvet. For øvrig er de uorganiske bestanddelene i betongen vanligvis ikke årsak til helseproblemer i en ferdig bygning.

Betongens alkaliske karakter, i kombinasjon med fukt, utgjør en risikofaktor når den kommer i kontakt med organiske materialer. Det gjelder for eksempel enkelte avrettingsmasser og lim ved legging av golvbelegg. Derfor er det viktig at betongen er tilstrekkelig tørr – spesielt før det legges golvbelegg som PVC og linoleum.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 572.204 Sement. Typer og egenskaper
- Byggdetaljer 572.207 Tilsetningsstoffer i konstruksjonsbetong

Lettklinker

Lettklinker tilvirkes av finkornet blåleire som tørkes i store roterovner og ekspanderer ved 1 100–1 200 °C. Leiren dannes til kuler med et hardt keramisk skall rundt en indre struktur med små luftfylte celler. Lettklinker avgir ingen gasser. Materialets motstand mot kjemikalier kan sammenliknes med hardbrent tegl og glass.

Teglstein

Ut fra et helsesynspunkt er brent teglstein et utmerket materiale så lenge man ikke blander inn slaggpro-

dukter i råvarene. Ubehandlet teglstein er porøs og suger vann i varierende grad. Det er derfor viktig å sørge for at den ikke transporterer fuktighet til andre produkter som derved kan endre karakter og avgi forurensninger.

Teglstein har også en ru overflate som lett akkumulerer støv og andre forurensninger. Kalkutslag på tegl krever i noen tilfeller syrevasking, og ved innendørs behandling kan det forekomme lukt og irritasjoner under påføring og en kort stund etterpå.

Trematerialer

Trevirke

Bruk av trematerialer ved bygging er velegnet og har lange tradisjoner i Norge. Det er vanligvis gode materialer for innemiljøet. Rent trevirke vil ha en emisjon av organiske forbindelser. Gran og furu er blant de tresorter som avgir flest forbindelser, mens harde tresorter som ask, bøk og eik avgir minst. Furu avgir hovedsakelig terpenener og hexanal. Emisjonen er likevel lav. Trelast med mindre enn 20 vektprosent fuktighet kan bygges inn i konstruksjoner uten fare for fuktskader. Trematerialer som brukes til panel og golv må være vesentlig tørrere på grunn av sprekkdannelse osv. Gran har noe bedre motstand mot angrep fra muggsopp enn furu. Dette kan unyttes dersom man vil bruke trepanel i for eksempel tørre soner i våtrom.

Overflatebehandling av trematerialer reduserer emisjonen fra trevirket, og emisjonen blir hovedsakelig bestemt av overflatebehandlingen alene.

Les mer

- Byggeforskserien:
 - Byggdetaljer 571.523 Trelast av gran og furu. Egenskaper og dimensjoner
 - Byggdetaljer 571.524 Trelast av løvtre. Egenskaper og dimensjoner

Limtre

Limtre limes ofte med fenolformaldehydlim. Limtre prefabrikeres, og det er meget sjelden emisjoner av betydning etter montering utover den emisjonen som kan komme fra eventuell overflatebehandling.

Trebaserte materialer

Trebaserte materialer, såkalte EWP-er (Engineered

Wood Products), brukes i økende grad i byggevirksomheten i Norge, blant annet fordi materialene har spesifiserte materialegenskaper, fordi man ofte benytter ellers uutnyttbart trevirke, fordi de er enkle å bruke og fordi de egner seg godt for prefabrikkering. Emisjonen fra EWP-er utgjøres hovedsakelig av det limet som brukes. Trebaserte plater er behandlet i punktet om bygningsplater.

Bygningsplater

Sponplater

Sponplater består av trespon og lim som er presset sammen til plater under høyt trykk (ca. 30 kg/cm²) og temperaturer i området 200–240 °C. Limet er ureaformaldehyd-lim (UF-lim).

Sponplater brukes først og fremst til:

- taktro
- undergolv
- innvendig veggkledning
- himling

I 1970-årene hadde man store problemer med høye formaldehydnivåer fra limet i sponplater, men formaldehydkonsentrasjonen i sponplater brukt som byggemateriale er siden kraftig redusert. Emisjonen fra dagens sponplater er omtrent på samme nivå som emisjonen fra rent trevirke, og utgjør ikke noe innemiljøproblem hvis platene lagres og brukes forskriftsmessig. Det har vært diskutert om vannbasert maling påvirker/øker emisjonen, men dette er ikke registrert.

Les mer

- Byggeforskserien:
 - Byggdetaljer 571.046 Sponplater. Typer og egenskaper

OSB-plater (waferboards, flakeboards)

OSB-plater (Oriented Strand Boards) er en videreutvikling av sponplater med store spon. I USA og Canada benyttes hovedsakelig osp, men også forskjellige blandinger av løv- og bartrevirke. I Europa benyttes ofte tynningsvirke av furu. OSB limes som regel med fenolformaldehyd-lim. Det er ingen formaldehydavgivelse fra slike plater, og emisjonen av andre organiske forbindelser er lav.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 571.050 OSB-plater. Typer og egenskaper

Trefiber- og MDF-plater

Trefiberplater er en fellesbetegnelse på flere produkt-kategorier. De benyttes:

- i laminatgolv
- som innvendig veggkledning
- til himling
- som undertak
- i undergolv
- som utvendig vindsperre

I trefiberplater er det treets naturlige lignin som utgjør bindemidlet, så det er ingen formaldehydavgivelse.

MDF-plater (Medium Density Fibreboards) er limt med ureaformaldehyd-lim (UF-lim). De avgir formaldehyd i samme størrelsesorden som sponplater.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 571.058 Trefiberplater. Typer og egenskaper

Kryssfiner (Plywood)

Kryssfiner er bygd opp av flere lag finerflak som er limt og presset sammen under høyt trykk og temperatur. Europeisk kryssfiner lages av gran, furu, bjørk eller blandinger av disse.

Kryssfiner benyttes først og fremst til:

- himling
- taktro
- undergolv

Den vanligste limtypen i kryssfiner er et fuktbestandig fenolformaldehyd-lim. Platene avgir ikke formaldehyd.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 571.049 Kryssfinerplater. Typer og egenskaper

Treullsementplater

Treullsementplater brukes i dag først og fremst i akustiske himlinger. De inneholder treull og sement og har meget lave emisjoner.

Gipsplater

Gips (kalsiumsulfat) fins i store mengder i naturen. Videre fins gips i store mengder som biprodukt fra rensing av røykgasser fra kullkraftverk. Slik industri-gips er nesten 100 % ren – mye renere enn naturgips. I gipsplater benyttes ofte en blanding av natur- og industrigips. Vrak og avkapp fra produksjonen går også inn som råstoff i produksjonen. Produksjonen skjer ved at en gipsmasse formes mellom to kartonglag på et formbord. Denne kontinuerlige plata herdes og kuttes i ønsket lengde.

Gipsplater brukes:

- til himling
- som innvendig veggkledning
- som vindsperre

Gipsplater avgir ikke forurensninger ved riktig bruk. Dersom platene blir fuktet opp, for eksempel ved feil i en våtromsmembran, vil det lett oppstå mikrobiologisk vekst. Den mikrobielle aktiviteten avgir mugglukt og irriterende organiske forbindelser. I slike tilfeller må platene fjernes og erstattes med nye, tørre plater.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 571.047 Gipsplater. Typer og egenskaper

Mineralull

Mineralull er en samlebetegnelse på porøse, uorganiske fibermaterialer som benyttes til varme-, brann- og lydisolering. I tillegg til det rene fibermaterialet inneholder produktene mindre mengder av et organisk bindemiddel. Dette bindemidlet omdannes til en vannløselig harpiks under produksjonen, og det avgis ikke skadelige forurensninger fra ferdig produkt.

De fleste produktene er også tilsatt en liten mengde impregneringsmidler som skal hindre at støvpartikler løsriver seg og virker vannavstøtende.

For å hindre vekst av mikroorganismer må mineralull holdes tørr under transport, lagring og bruk. Våt mineralull må ikke bygges inn i lukkede konstruksjoner.

Ved bruk av mineralull vil det avgis fibre til innemiljøet, og det er derfor viktig med god rengjøring etter at arbeidet er utført. En vanlig god støvsuger er egnet til å fjerne slike fibre.

Overflaten på mineralullplater som benyttes i nedsenkede himlinger, kanaler o.l., skal være godt forseglet.

Gammel mineralull støver mye mer enn ny isolasjon. Ved ombygging og andre arbeider som medfører riving, bør man vise stor forsiktighet og bruke riktig verneutstyr. Det klages ofte på øye-, slimhinne- og luftveisirritasjoner ved slikt arbeid. Dersom mineralulla har blitt fuktig ved flom, lekkasje e.l., er det viktig å fjerne alt som er fuktig og erstatte det med nytt materiale.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 573.344 Varmeisolasjonsmaterialer. Typer og egenskaper

Avrettingsmasser

Selvutjevnenende sparkelmasser brukes til avretting av betonggulv før man legger golvbelegg.

En sparkelmasse består av:

- kalsiumaluminat sement
- portlandsement
- kvartsdolomitt/kalksteinfiller
- fin kvartssand
- gips
- dispersjonsmidler
- flytmidler
- retardere
- akseleratorer
- fortykkere
- andre tilsetningsstoffer

Tidligere ble det benyttet kasein som «flytmiddel» i slike produkter. Nå benyttes vanligvis melamin. Hvis underlaget er tilstrekkelig tørt, er det minimal avdampning fra dagens avrettingsmasser.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 572.231 Golvavrettingsmasser. Typer og egenskaper

Golvbelegg

Generelt

Emisjonen fra golv skyldes delvis selve golvbelegget, men også underliggende lim, eventuell avrettingsmasse og vedlikeholds- eller pleiemidler. Hvis underlaget ikke er tilstrekkelig tørt før legging, er det vanligvis underlaget som står for de største emisjonene/problemen.

Som vist nedenfor, er de vanligste golvbeleggene i Norge av PVC (polyvinylklorid) og linoleum. Øvrige typer er teppegolv, parkett, keramiske fliser og gummigolv.

Antall m² golvareal lagt med PVC og linoleum

	2003	2004
Linoleum	700 000	600 000
PVC proff	2,2 mill.	2,4 mill.
PVC hjem	1,1 mill.	1,0 mill.
PVC våtrom	300 000	200 000

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 573.205 Parkett. Typer og egenskaper
 - Byggdetaljer 573.207 Laminatgolv. Typer og egenskaper
 - Byggdetaljer 573.210 Myke og halvharde golvbelegg. Typer og egenskaper
 - Byggdetaljer 573.225 Teppegolv. Typer og egenskaper

Plastbelegg

Plastbelegg består av en polymer (basisplast), samt ulike typer tilsetninger for å få ønskede sluttprodukter.

Den vanligste basisplasten er PVC (polyvinylklorid), som er tilsatt mykner, vanligvis ftalater. Særlig ftalaten DEHP (diethylheptylphthalat) har vært omdiskutert: Emisjon av DEHP hevdes å ha negative helseeffekter (hormonhermer, kreft). I dag brukes vanligvis mykneren DINP (diisononylftalat), som har lav emisjon og ingen rapporterte negative helseeffekter.

Golvbelegg av PVC egner seg både i tørre og våte rom.

Linoleum

Linoleumsbelegg framstilles av tremel, korkmel eller mineralske fyllstoffer, linoljebasert bindemiddel og pigmenter. Massen blir valset ut på en jutevev. Etter

oksidering ved relativt høy temperatur er det vanlig at belegget får en overflatebehandling. Moderne linoleumsbelegg kan ha et slitebelegg av plast. Oksideringen fortsetter også etter at belegget er produsert, noe som innebærer at materialet blir stivere over tid.

Linoleum egner seg ikke i våte rom, men er ellers et godt produkt med lav egenemisjon. Linoleumsbelegg må ofte bones for å få en rengjøringsvennlig overflate, og da er det bonemidlene som står for emisjonen. Det er rapportert enkelte problemer med krakelering av bonevoksen, med støving og irritasjon i øyne og slimhinner som resultat. Årsaken er ikke fullstendig klarlagt, men fagfolk hevder at dette ikke skal være noe problem i dag, forutsatt riktig forarbeid og utførelse. Med jevne mellomrom må det utføres oppskuring og boning. Følg korrekte rutiner, ellers kan også dette resultere i krakelering. Det brukes ofte voks i stedet for polish for å hindre krakelering, og den emitterer noe mer.

Tekstilgolv

Teppegolv har fått mye negativ omtale de siste årene, men de er relativt mye brukt i kontorbygninger på grunn av gode akustiske egenskaper. Over 90 % av dagens teppegolv består av syntetiske fibre som sannsynligvis ikke avgir registrerbare mengder organiske forurensninger. De beste teppene har fått en lavere luv og en bedre og mer diffusjonsåpen bakside som bevirker at fuktighet fra underlaget kan unnslipe. Derved reduseres faren for mikrobiell aktivitet i lim og avrettingsmasse.

Teppegolv binder til seg mye støv som senere kan frigis, for eksempel ved tråkk. Slike golvbelegg adsorberer også lett organiske forbindelser som senere frigis, med lukt og irriterende forurensninger i innemiljøet som følge. Belegget krever et hyppig og langt mer kostbart renhold enn harde golv.

Teppegolv bør ikke brukes i skoler og barnehager. Tepegolv har gode akustiske egenskaper, og for skoler og barnehager er det viktig å finne alternative og gode helhetsløsninger. Dette må ikke føre til at innemiljøet forurenses fra andre typer golv og veggmaterialer, eller av mineralfibre fra akustiske plater.

Keramiske fliser / skiferfliser

Disse produktene er inerte og avgir ingen organiske forurensninger. Det er viktig å benytte et lavemitterende, stabilt lim og fugemasse. Da slike golv slipper ut eventuell underliggende fuktighet, er det sjelden å observere mikrobiell aktivitet i lim og avrettingsmasse ved slike løsninger.

Parkett

Parkett består av hel ved (massiv parkett) eller er bygd opp med tre eller flere krysslimte lag av ulike treslag (lamellparkett, tynnparkett). Parketten er vanligvis ferdig tørket og lakkert fra fabrikk, og leveres innpakket i plast for å hindre fuktopptak ved transport og lagring. Tidligere ble parkettstavene limt, men i dag «klikkes» stavene ofte sammen uten liming. Emisjonen fra parkett er meget lav kort tid etter at plastemballasjen er fjernet og skyldes eventuell avdamping fra lakken.

Gummi

Golvbelegg av gummi benyttes hovedsakelig i ganger, trapper og plasser med stor trafikk og slitasje. Belegget emitterer en del luktende forbindelser. Det er diffusjonstett, og derfor er det viktig at underlaget er tilstrekkelig tørt før legging – ellers kan man få kjemiske reaksjoner mellom lim/avrettingsmasse og alkalisk fukt i betongen, med luktproblemer på grunn av økt emisjon.

Tapet

Tapeter fins i ulike varianter: papirtapet, miljøtapet, PVC-tapet, glassfiberstrie osv. Noen tapeter leveres med lim på baksiden, slik at man kun fukter den med vann og fester den på veggen. Tapet kan også brukes som underlag for maling for å skjule ujevnheter o.l.

Tapetene er vanligvis tynne og avgir derfor bare små mengder organiske forbindelser. Hvis underlaget er fuktig, kan det føre til nedbryting av limet og emisjon av uønskede forurensninger.

Vanligvis er det limet eller malingen som er dominerende emisjonskilde. Det er viktig å huske at når man maler på glassfiberstrie, forbrukes det 2–3 ganger så mye maling som på glatt vegg, og tilsvarende økt emisjon.

Maling

Generelt

Malinger til overflatebehandling innendørs kan grovt inndeles i tre kategorier:

- alkydmaling (oljemaling)
- lateksmaling (PVA- og akryl-dispersjonsmaling)
- «spesielle malinger»

Les mer

- Byggeforskserien:
 - Byggdetaljer 573.250 Maling, beis og lakk. Typer og egenskaper

Alkydmaling

Alkydmaling (oljemaling) har et bindemiddel som er en kjemisk forbindelse av tørkede oljer og kunsthar-pikser. Disse malingene er løst i et organisk løsemid-del (vanligvis white spirit eller xylen) og kan inneholde opp til 70 % løsemidler. Ved påføring er det stor emi-sjon fra disse malingene, og emisjonen er knyttet til løsemidlet. På markedet fins det også alkydemul-sjonsmalinger med vann som tynningsmiddel. Alkyd-malinger danner harde, slitesterke og lett rengjørbare overflater, og de brukes oftest på dører, vinduskarmer og listverk, men også i en viss utstrekning på golv, og da både som klarlakk og maling. Alkydmaling herd-ner ved å ta opp oksygen fra lufta. Hvis alkydmaling påføres i tykke sjikt, kan herdningen bli ufullstendig. Det kan føre til emisjon av løsemiddel og lukt i lang tid etter påføring.

Lateksmaling (PVA- og akryl-dispersjonsmaling)

Malingen består av ørsmå plastpartikler som er fin-fordelt i vann. Når løsningen tørker, klebes plastpar-tiklene sammen til en uoppløselig og elastisk film. Tidligere inneholdt alle vannfortynnbare malinger små mengder organiske løsemidler. I dag er mange lateks-malinger helt uten løsemiddel, og de har derfor liten eller ingen avgassing under påføring eller etter tørk. Alle vannfortynnbare produkter er tilsatt konserve-ringsmiddel for å hindre bakterievekst i spannet under lagring. Disse konserveringsmidlene kan framkalle kontaktallergi. Løsemiddelfrie lateksmalinger brukes på de fleste underlag på vegger og tak, hvor slitasjen er liten. Det fins lateksmalinger på markedet med høyere slitestyrke. Disse inneholder ofte små meng-der løsemiddel som avdampner under påføring og et-ter tørk.

Alkyd- eller lateksmaling?

I forhold til emisjon og inneklima er de løsemiddelfrie lateksmalingene det beste valget, mens de løsemid-delholdige alkydmalingene er de som kan gi mest av-gassing både under påføring og i tiden etterpå. For maleren er det vesentlig større eksponering ved bruk av løsemiddeltynnet alkydmaling enn med lateksma-ling. Imidlertid vil man benytte forskjellige typer ma-ling avhengig av hvilke flater som skal males. For et optimalt inneklima er uansett det viktigste å ikke leg-

ge på for tykke sjikt og å sørge for gode tørkebetin-gelser i form av varme og utlufting. Hvis man gjør dette, vil langt de fleste malinger komme ned på et akseptabelt avgassingsnivå få uker etter påføring.

Spesielle malinger

Silikatmalinger

Silikatmalinger er vanligvis enklere sammensatt enn andre malinger og gir lite avgassing. De egner seg best på ubehandlet betong/mur og gipsplater. Det skjer en kjemisk reaksjon ved at kaliumsilikat reage-rer med luftas karbondioksid og kalkinnholdet i un-derlaget. Malingen er diffusjonsåpen.

Naturlalinger

Naturlalinger kan være vannbaserte eller oljebaser-te (vanligvis linolje). Noen er basert på eggoljetem-pera. Det har vært vanskelig å få dokumentasjon fra enkelte produsenter, og andre hevder at naturproduk-ter generelt er miljøvennlige. Imidlertid må det stilles samme krav til dokumentasjon av innhold, emisjon osv. i naturlalinger som til tradisjonelle malinger. I følge Norges astma- og allergiforbund er det ingen påviselige fordeler med bruk av naturlalinger.

Lakk og golvoljer

Generelt

De vanligste lakktypene er:

- poleuretanakryllakk
- alkydlakk
- syreherdende lakk

Les mer

- Byggeforskserien:
 - Byggdetaljer 573.250 Maling, beis og lakk. Typer og egenskaper

Polyuretanakryllakk

Polyuretanakryllakk er basert på vannfortynnbare akryldispersjoner. De lages med og uten herder, og tilsettes konserveringsmiddel. De avgir vanligvis lave emisjoner av VOC.

Alkydlakk

Alkydlakk inneholder høye konsentrasjoner av orga-

niske løsemidler. Ofte er den uretanforsterket og tilsatt lysfiltre for å redusere gulning. Ved påføring er det høy emisjon av organiske løsemidler, men avdampingen reduseres oftest til akseptable verdier i løpet av noen få døgn.

Syreherdende lakk

Dette er en tokomponent lakk som hovedsakelig brukes av profesjonelle. Komponentene blandes før bruk. De inneholder organiske løsemidler og formaldehyd-avspaltende bindemiddelkomponenter. Lakken brukes mest i forbindelse med produksjon av byggevarer på fabrikk, og ved normal bruk er det sjelden problemer med produktene etter montering i bygget. Det er rapportert noen få problemer med irriterende avdampning fra innredninger, men dette er nesten alltid relatert til feil under påføring på fabrikk.

Akryllakk

Akryllakkene inneholder akrylharpikser og er vannfortynnbare. De er tilsatt biocider. Ved påføring er avdampning av organiske løsemidler lav, og den er nede på akseptable verdier i løpet av noen døgn.

Polyuretanlakk

Dette er en tokomponentlakk som inneholder organiske løsemidler og isocyanater. Polyuretanlakk påføres kun av profesjonelle. Det er stor eksponering ved påføring, men konsentrasjonen synker raskt.

Golvøljer

Golvøljer inneholder vegetabiliske oljer og noe organiske løsemidler. De har vanligvis middels emisjon av VOC, men de må påføres ganske ofte.

Lim, fugemasse og fugeskum

Lim

Innendørs er det viktig å bruke riktig type lim. Enkelte produsenter av byggematerialer gir opplysninger om anbefalt lim. Anbefalingene forutsetter ofte at underlaget er tilstrekkelig tørt. Dette er mange ganger ikke tilfelle, og særlig betongunderlag har ofte for høy fuktighet når det legges golv. For høy fuktighet fører til mikrobiell vekst og kjemiske reaksjoner i avrettingsmasse, lim og i selve belegget.

Fugemasser

En del fugemasser kan avgi forurensninger til romlufta over lang tid. Slike fugemasser bør derfor brukes minst mulig innvendig. Akrylbaserte fugemasser til innendørs bruk gir lite avgassing.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 573.104 Fugemasser. Egenskaper og materialvalg

Polyuretanskum

Polyuretanskum (PUR-skum) inneholder isocyanater som er skadelig i store konsentrasjoner. Ved innånding og hudkontakt kan det forårsake allergi. Under arbeid med polyuretanskum må det derfor brukes riktig verneutstyr. Fugeskum som har herdnet ferdig, avgir ikke gasser som påvirker inneklimaet eller har helsemessig betydning. Imidlertid kan fugeskummet avgi helseskadelige emisjoner av isocyanater ved høye temperaturer (150–200 °C), for eksempel i forbindelse med sveising, lodding eller oppvarming av materialet på andre måter.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 573.107 Fugeskum av enkomponent polyuretan. Egenskaper og bruk

Dokumentasjon av produktegenskaper

Krav til dokumentasjon

I Plan- og bygningsloven stilles det en rekke krav til produkter som brukes i en bygning. Produktkravene følger kravene i Byggevaredirektivet som er gitt av EU. Det er et krav at alle egenskaper hos et materiale som medvirker til at et byggverk tilfredsstiller de grunnleggende krav til blant annet hygiene, helse og miljø, skal dokumenteres.

Ikke alle produsenter kan levere denne dokumentasjonen, og blant dem som har dokumentasjon, kan det variere hvor omfattende den er. Både ved nybygging og ved oppussing er det viktig å forlange dokumentasjon av relevante egenskaper for de materialene man vurderer å bruke. Da vil stadig flere produsenter se nødvendigheten av å levere god dokumentasjon.

Den informasjon om materialer som vanligvis etterspørres (og følgelig blir gitt), har i hovedsak dreid seg om data for beregning av fasthet, varmeisolerings- evne, brannegenskaper, bestandighet og fuktegen- skaper. Informasjon om materialets emisjon av foru- rensninger til innelufta har som oftest manglet, men nå er det kommet en del merkeordninger på marke- det, for eksempel «Dansk Inneklima Merking» og «Emission Classification of Building Materials» (Fin- land). Slike ordninger gir en god mulighet for å velge dokumentert lavtemmitterende materialer.

Plan- og bygningsloven stiller også krav til mate- rialers miljøpåvirkning, og derfor bør man også etter- spørre dokumentasjon på dette området, for eksem- pel Svanemerket eller EUs miljøblomst.

På grunn av store endringer i regelverket er man- ge av de frivillige dokumentasjonsordningene på vei ut, men disse blir erstattet av nye ordninger som i hovedsak er basert på harmoniserte europeiske stan- darder. Produkter som er dokumentert i henhold til disse standardene, kan CE-merkes og fritt omsettes innenfor EØS-området. Kravene til hvilke egenskaper som skal deklarerer gjennom ordningen med CE- merking er et minimum.

I tillegg til ordningen med CE-merking vil det være nasjonale frivillige ordninger som dekker dokumenta- sjon av alle relevante egenskaper, vurdering opp mot nasjonale regelverk og betingelser for bruk. I Norge er Teknisk Godkjenning fra SINTEF Byggforsk en slik ordning. En Teknisk Godkjenning vil omfatte produk- tets fuktegenskaper, egenskaper ved brann og miljø- egenskaper både i forhold til inneklima og ytre miljø (i den utstrekning materialet har gjennomgått testing og evaluering i forhold til inneklima og/eller miljøpå- virkning). Godkjenningen vil også inneholde betingel- ser for bruk av produktet, som prosjektering, trans- port og lagring samt montering. Opplysninger om Teknisk Godkjenning fins på www.sintef.no/bygg- forsk.



CE-merket og merket for Teknisk Godkjenning

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 570.001 Dokumentasjon av egenskaper for byggprodukter

Viktig dokumentasjon i forhold til inneklima Innholdsdeklarasjon

- opplysninger om hvilke stoffer som inngår i pro- duktet, herunder opplysninger om materialet inne- holder allergiframkallende stoffer eller stoffer som står oppført på OBS-listen (Statens forurensnings- tilsyns liste over helse- og miljøfarlige stoffer). Se www.miljostatus.no.

Materialinformasjon

- opplysninger om emisjonsdata, for eksempel opp- lysning om inneklimarelevant tidsverdi slik den oppgis i «Dansk Inneklima Merking», eller om M1- klassifisering slik den kommer fram i den finske ordningen «Emission Classification of Building Materials»
- opplysning om emisjonsdata for alminnelig anbe- falte kombinasjoner av materialet (eksempelvis lim og golvbelegg eller maling påført på strie)
- kritisk fuktinnhold og kritisk temperatur som gir deformasjon, nedbryting av bindemiddel eller myk- ner, formaldehydavgassing. Spesielle vilkår for ek- sempel for enkel-/dobbsidig fukt- eller tempera- turpåvirkninger osv.

Anbefalte begrensninger

- opplysninger om anbefalte begrensninger som re- lativ fuktighet, temperaturer, anbefalte miljøer og konstruksjoner, og kombinasjonseffekter med and- re materialer
- øvrige sammenhenger der materialet ikke bør bru- kes
- begrensninger i materialenes bestandighet mot tidsbegrensede miljøpåvirkninger som UV-stråling og påvirkning av kjemikalier

Lagringsforskrifter

- eventuell modningstid/tørketid (innflytting relatert til tilvirknings-/målingsdato)
- temperatur- og fuktforhold ved lagring
- maksimal lagringstid utendørs, osv.

Monteringsanvisninger

Opplysninger om spesielle hensyn man må ta før montering eller innbygging bak andre materialer:

- kondisjonering
- tørketider

- «avgassingsperiode» (for materialet og eventuell kombinasjonseffekt med lim, sparkel e.l.)

Driftsinstrukser

- spesielle anvisninger om behandling og vedlikehold
- opplysninger om tiltak dersom materialet utsettes for vannskade, overoppheting eller andre ekstreme belastninger

Annen viktig dokumentasjon

Det fins en rekke andre egenskaper som er relevante når det skal foretas et endelig materialvalg, for eksempel:

- branntekniske egenskaper
- egenskaper knyttet til lyd og isolasjonsforhold
- egenskaper knyttet til det ytre miljø
- økonomiske forhold

Vær klar over at disse egenskapene ikke nødvendigvis peker ut det samme produktet som førstevalg. Det er heller ikke slik at alle egenskaper er like relevante i alle typer rom eller bygninger.

Valg av materialer

I dag stiller både forbrukere og utbyggere større krav til at de materialene som brukes, skal oppfylle en rekke miljøkrav – både i forhold til innemiljøet og til miljøet omkring oss.

Miljømerker

EUs Miljøblomst og det nordiske Svanemerket er de mest kjente og utbredte miljømerkene. Blomsten og Svanen tar sikte på å redusere miljøbelastningene i det eksterne miljøet (utendørs). Kravene er fastlagt ut fra vugge-til-grav-prinsipper, hvor miljøbelastningene kartlegges fra varen «blir født» til den ender som avfall eller eventuelt gjenbrukes. Kartleggingen omfatter derfor fem faser: råmaterialene som brukes, produksjon, distribusjon og emballasje, bruk og avfallshåndtering. Kravene varierer fra varegruppe til varegruppe og kan for eksempel omfatte:

- ingen bruk av stoffer som bryter ned ozonlaget
- intet eller svært lavt innhold av tungmetaller
- redusert bruk av farlige kjemiske stoffer
- energiforbruk under produksjonen
- gjenbruk og minimering av avfall

Mange forbrukere og stadig flere utbyggingsprosjek-

ter krever miljømerking på de produktene som brukes. Men vær oppmerksom på at når det gjelder inn klima og byggematerialer, så er det krav til produktet i dets bruksfase som er det sentrale momentet, og dette omfattes kun i mindre grad av miljømerkene. For golvmaterialer er for eksempel krav til dokumentasjon av formaldehyd-emisjon inkludert i miljømerket, men ikke VOC- eller TVOC-emisjon fra de samme materialene.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 470.103 Miljømerker og miljødeklarasjoner
 - Byggdetaljer 470.112 Miljøriktig valg av produkter. Bruk av miljødeklarasjoner

Innemiljømerker

Inneklimaordningene stiller krav til produktet i dets bruksfase og omfatter utelukkende produktets egenskaper i forhold til inn klimaet. Én ting er innholdet av kjemiske forbindelser i produktet, noe annet er hvilke forbindelser som frigis til for eksempel lufta.

Det fins ingen krav til obligatorisk merking, verken i Norge eller i andre land. Ordningene er frivillige, og det er opp til produsentene om de ønsker å merke produktene sine. I Norge er innemiljømerking ennå ikke særlig utbredt, mens det i andre land blir stadig mer vanlig. «Dansk Inneklima Merking» og den finske «Emission Classification of Building Materials» er de mest utbredte merkeordningene på det norske markedet. Disse ordningene er derfor brukt som eksempler her. GuT-merket «Blue Angel» fra Tyskland og EMICODE er andre eksempler på inneklimamerker.

Kammerforsøk

Felles for inneklimamerkene er at de baserer seg på kammerforsøk hvor man bestemmer størrelsen på emisjonen fra materialet.

Materialet blir plassert i et klimakammer med standardiserte temperatur- og fuktighetsforhold. Helt ren luft blir ledet inn i kammeret, der små vifter sørger for god blanding av lufta. Inne i kammeret vil emisjonen fra materialet blandes med lufta, og lufta som kommer ut av kammeret analyseres med hensyn til forurensninger. Det fins forskjellige analyser, og valg av metode varierer litt mellom de forskjellige merkeordningene. Det vanligste er å analysere for flyktige organiske forbindelser (VOC), og man kan da se på innholdet av de enkelte forbindelsene eller på den to-

tale mengden (TVOC). Andre kjemiske forbindelser som det kan testes for, er formaldehyd og ammoniakk. Innholdet av kreftframkallende eller reproduksjonsskadelige kjemikalier er andre eksempler på analyser som kan gjennomføres. Materialet testes på flere tidspunkter, og resultatet avspeiler da utviklingen i emisjon over tid.



Emisjonsforsøk i testkammer

«Dansk Inneklima Merking»

Inneklimamerket er basert på bestemmelse av den inneklimarelevante tidsverdien. For hvert enkelt materiale analyserer man hvilke forurensninger som avgis til lufta, og det er fastsatt verdier for hvor høy konsentrasjon som kan aksepteres av hver enkelt forurensning i innemiljøet med hensyn til irritasjon. Ved hjelp av testkammerforsøk og omregninger av hvilken konsentrasjon som vil oppnås ved bruk av det gjeldende materialet i et standard rom, beregnes det hvor lang tid det vil ta før forurensningen fra materialet vil synke under de fastsatte verdiene for irritasjon. Parallelt med dette gjennomføres sensoriske forsøk, hvor et luktpanel vurderer hvor akseptabel lukta fra materialet er. Det fastsettes så en tidsverdi basert på at lukta skal oppleves som akseptabel. Resultatet oppgis som to inneklimarelevante tidsverdier: en verdi basert på lukt og en verdi basert på irritasjonseffekten.

Slik får de som prosjekterer og de som bruker byggevarer opplysninger om hvor lenge det kan forventes at det opptrer inneklimaproblemer på grunn av bruk av en gitt byggevare. Tidsverdien kan brukes som et konkret valgkriterium ved valg av inneklimavennlige materialer. Opplysninger om «Dansk Inneklima Merking» fins på www.teknologisk.dk/dim.



Dansk inneklimamerke

Den finske ordningen: «Emission Classification of Building Materials»

Den finske merkeordningen bygger også på klimakammerforsøk og måling av emisjonen fra materialet. I den finske ordningen deles materialene inn i tre grupper basert på emisjon, hvor emisjonsklasse M1 stiller de høyeste kravene til lav emisjon og inneholder de beste materialene ut fra et inneklimasympunkt.

Vurderingskriteriene for den finske ordningen er:

- emisjonen av totalmengden av flyktige organiske forbindelser (TVOC)
- emisjonen av formaldehyd (H_2CO)
- emisjonen av ammoniakk (NH_3)
- emisjonen av emner som er klassifisert som kreftframkallende
- lukt fra materialet
- materialet kan ikke inneholde kasein

Den finske merkeordningen er svært vanlig på det finske og det svenske markedet. Stadig flere materialer, også på det norske markedet, er merket etter denne ordningen.

Den finske ordningen er en del av et mer omfattende system som består av grenseverdier for inneklimaet både i forhold til termisk klima, lydforhold, ventilasjon og luftforurensninger.

En liste over produkter som er merket etter denne ordningen fins på www.rts.fi/M1classified.htm.



Finsk inneklimamerke

Hensyn til rengjøring og vedlikehold

Man bør i størst mulig grad benytte materialoverflater som er rengjøringsvennlige. Det bidrar til enklere og bedre rengjøring og mindre støvdannelse. Dette anbefales blant annet i teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK), § 8-63.

De viktigste forutsetningene for rengjøringsvennlige overflater er:

- god slitastemotstand
- god kjemikaliebestandighet
- lav porøsitet
- middels glans (halvmatt–halvblank)

- jevn, glatt overflate uten strukturering, som ikke skjuler smuss og støv på grunn av farge eller mønstre
- smussavvisende
- lite behov for vedlikehold, eksempelvis ved tilførsel av pleiemidler

Noen overflater er lite rengjøringsvennlige fordi de krever bruk av løsemiddelholdige kjemikalier eller lett viser flekker, for eksempel:

- ubehandlet eller oljet parkett
- glassflater
- børstet stål

Håndtering og bruk av materialer i byggeprosessen

Modning og mellomlagring

Med dagens økonomistyring og produksjonsplanlegging hos materialprodusentene vil de fleste bedrifter korte ned på lagringstiden eller helt unngå mellomlagring av produkter og materialer. Stadig flere produkter leveres dessuten i tett forpakning. Dette medfører at den initiale avgassingen fra materialene ikke lenger foregår hos produsenten mens materialet står på lager, men like gjerne kan foregå hos kjøperen når produktet blir pakket ut og montert. Dette kan dessverre gi unødvendig høye emisjoner fra materialer i den ferdige bygningen.

For å minske forbrukernes problemer med lukt og annen avgassing fra materialer kan det være hensiktsmessig at materialprodusentene selv lagrer materialer med modningstid den første perioden. Lagring hos produsenten under kontrollerte forhold i oppvarmede og ventilerte lokaler kan gi en raskere modningsprosess enn ved ukontrollert og ofte feilaktig lagring som kan forekomme hos materialforhandlere og på byggeplassen. I valget mellom to ellers likeverdige produkter er naturligvis det fabrikatet som ved leveransen har den laveste emisjonsverdien mest fordelaktig.

Unødvendig emisjon kan også stamme fra feil som er oppstått under produksjonen av materialet. Eksempler kan være feilblanding, feil innblandingstemperatur eller ved tilsetning av løsningsmidler og prosesshjelpemidler som i utgangspunktet ikke inngår i oppskriften. Disse problemene bør kunne unngås ved kvalitetskontroll hos produsenten.

En annen type problemer knyttet til produksjonen er bruken av kjemikalier av såkalt teknisk kvalitet. Produkter av teknisk kvalitet kan inneholde små mengder av andre kjemikalier, noe som i denne sammen-

hengen er uønskede forurensninger som er angitt i produktdeklarasjonen. Disse uønskede forurensningene vil imidlertid kunne emitteres fra det endelige materialet på samme måte som de bevisst tilsatte kjemikaliene, uten at produsenten nødvendigvis vet det.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggetal 421.522 Byggningsmaterialer og luftkvalitet

Transport

Materialhåndtering under transport skal tilfredsstille de samme kravene som ved lagring og øvrig håndtering. Materialer som skal lagres under tak, skal naturligvis også transporteres tildekket, eksempelvis på overdekte biler eller lukkede jernbanevogner. En dag i regn kan spolere flere ukers tørking i et lager. Materialene skal heller ikke utsettes for støv. Kvalitetskontrollen bør omfatte hele transportkjeden, og inkludere en mottakskontroll på byggeplassen som inkluderer kontroll av at materialene:

- er merket og kan identifiseres slik det er avtalt
- ble transportert på betryggende måte
- var pakket som avtalt, for eksempel i ubrutt regnetett emballasje
- er losset på riktig måte, på riktig underlag og på riktig sted

Håndtering på byggeplassen

Håndtering av materialer på byggeplassen er et sentralt problem. Kunnskapen om at materialer må beskyttes fins nok hos de fleste. Flere utviklingsprosjekter har vist at en ren, velorganisert byggeprosess med gjennomtenkt materialhåndtering gir færre arbeids- og materialskader, mindre svinn og et bedre sluttresultat. I de senere årene har man arbeidet systematisk for å få gjennomslag for filosofien rundt rent, tørt bygg. Men fortsatt ser man alt for mange byggeplasser med tilfeldig materialhåndtering.

Leverandører av byggevarer bør sørge for at anvisninger for håndtering og lagring følger med til byggeplassen, herunder informasjon om konsekvensene av nedsmussing i kombinasjon med fukt.

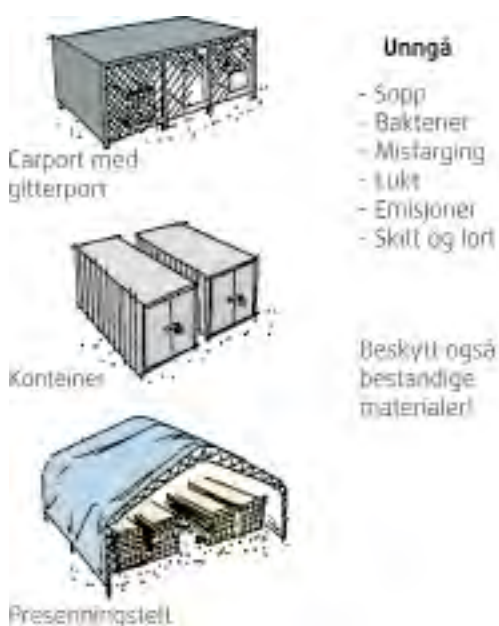
Tradisjonelt er man flinkest til å beskytte materialer som er følsomme for vann og høy luftfuktighet, for eksempel treprodukter og innredningsmaterialer som kan få mekaniske skader, svulle og få krympesprekker, skjønnehetsfeil o.l., det vil si synlige skader

som kan medføre bemerkninger ved befaringen av bygget. Derimot er det vanskeligere å få forståelse for hvor viktig det er å forebygge skadetilfeller (sopp, bakterier, misfarging, lukt m.m.) på grunn av nedsmussing og høy luftfuktighet. Nedsmussede materialer som utsettes for relativ fuktighet over 75–80 % RF, blir meget lett utsatt for angrep av sopp og bakterier. Angrepet behøver ikke å være omfattende for at det kan oppstå problemer med lukt.

Under ugunstige forhold kan sopp- og bakterievekst også oppstå på materialer som normalt tåler mye fuktighet. Nedsmussing i kombinasjon med fukt medfører for eksempel stor fare for sopp- og bakterieutvikling i et framtidig ventilasjonsanlegg. Når materialene er på plass, må de fortsatt beskyttes i byggetiden. Ventilasjonskanaler, rør, kanaler i betongelementer osv. må være rengjort og forseglet (pluggert) ved levering/montering, og man må kontrollere at de er rene før anlegget settes i drift.

På byggeplassen må man utpeke en eller flere personer som er ansvarlig for håndtering og lagring. En viktig oppgave blir dermed å sørge for at ingen materialer forlates ubeskyttet om natta, i helgene eller i andre lengre perioder når byggeplassen forlates.

I byggeperioden vil det være vanskelig å helt unngå at konstruksjonene blir utsatt for vann. «Taket på så hurtig som mulig» er en gylden regel ved småhusbygging, men den kan være vanskelig å praktisere i større byggeprosjekter. Risikoen for vannskader er imidlertid den samme, uavhengig av byggets størrelse. Det er uansett viktig å beskytte utførte arbeider mot nedbør.



Håndtering av materialer på byggeplassen

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 501.107 Ren, tørr og ryddig byggeprosess
- Rådgivende Ingeniørers Forening. Rent, tørt bygg: planlegging og prosjektering etter RTB-filosofien. 2. utg. Oslo, 2007

Fuktmåling

For å unngå problemer og skader bør det for hvert prosjekt stilles krav til maksimalt fuktnivå i kritiske konstruksjoner. Dette må følges opp med en plan for fuktmåling. Generelt er følgende målinger viktige:

- relativ fuktighet i betong og murverk for kontroll av tørketider og fuktkrav
- relativ fuktighet og temperatur i romluft for riktig kondisjonering og monteringsforhold
- fuktverdier i treverk ved leveranse og før innbygging

Planen for fuktmåling skal klargjøre hvem som har ansvaret for målingene, hvilken metode som skal brukes og når målingene skal utføres. Den bør også anvis alternative tiltak hvis målingene viser for høye verdier, for eksempel lengre tørketid eller bytting til materialer som tåler den aktuelle verdien.

Måling av relativ fuktighet i betong er relativt omstendelig og vanskelig. Dette har ført til at man til dels måler på forskjellige måter som gir lite sammenliknbare og ofte lite relevante resultater. Detaljerte anvisninger for utførelse av de mest alminnelige målingene er gitt i Byggforskserien.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 474.531 Måling av fukt i bygninger

Monterings- og bruksveiledning

I takt med at produktdokumentasjonen blir bedre, er det viktig at opplysningene om materialenes egenskaper, hvordan de skal håndteres og hvilke begrensninger som gjelder, blir brukt aktivt på byggeplassen og implementert i arbeidsrutinene. Det gir en drastisk reduksjon av mulighetene for at det oppstår innneklimaproblemer i det ferdige bygget på grunn av feil underveis i byggeprosessen.

Materialvalg – en oppsummering

Årsaken til at forurensninger fra bygningsmaterialer avgis til innelufta kan være produksjonsfeil, men hovedårsaken er som regel byggfukt og feil materialbruk. Det er med andre ord ikke bare å velge et brukbart materiale; man må også bruke materialet under de forholdene som produsenten kan garantere materialet for. Ved selv å stille krav og dessuten følge opp de anbefalinger og begrensninger i bruk som produsenten gir, kan man i stor grad redusere antall rene fuktskader og tilfeller av avgassing, lukt og misfarging. Konsekvensen kan bli lengre tørketider og andre materialvalg. Man må ta hensyn til nødvendige kostnader for måling og kontroll, men dette vil i neste omgang redusere kostnader til utbedring av feil.

For å oppnå best mulig inneklima bør man følge nedenstående regler ved valg av materialer:

- Forlang relevant dokumentasjon. Det er et krav i TEK at produsenten skal legge fram dokumentasjon som ivaretar hensyn til helse, miljø og sikkerhet.
- Velg materialer med dokumentasjon som viser at de er lavtemitterende, for eksempel med opplysning om klassifisering som M1-produkt eller med opplysninger om inneklimatelevant tidsverdi.
- Velg produkter med Teknisk Godkjenning fra SINTEF Byggforsk.
- Foreta sammenlikninger av materialdata fra ulike produsenter.
- Ikke stol på uttrykket «likeverdig» dersom likeverdigheten ikke klart kan spesifiseres.
- Bruk mekanisk innfesting. Vurder å bruke spikrede, skrudde og varmpressede materialer/konstruksjoner framfor limte alternativer.
- Velg produkter som gir lite vedlikehold (ommaling, bruk av rensemidler osv.).
- Bruk fabrikkmalte produkter. Vurder produkter som er ferdig overflatebehandlet istedenfor produkter som må behandles på stedet.
- Velg rengjøringsvennlige produkter og rengjøringsmetoder som gir et minimum av emisjoner.
- Rengjør og vedlikehold materialet riktig. Materialets egenskaper er avhengig av at det blir vedlikeholdt på den måten som er forutsatt.

Håndtering under bygging – en oppsummering

Det er viktig å etablere klare styrings- og ansvarsforhold og en helhetlig plan og framdrift som sikrer at materialer og produkter blir brukt optimalt. Det hjelper for eksempel lite å bruke materialer med gode innemiljøegenskaper, beregnet for tørt miljø, hvis egenskapene blir ødelagt av fukt under byggeprosessen. Man bør følge nedenstående regler:

- Sørg for at materialene transporteres og lagres tørt.
- Fokuser på å ikke utsette materialer for fukt under byggeperioden.
- Ikke bruk fuktskadde materialer.
- Følg produsentens anvisninger. De anvisningene som fins for materialet, er like viktige for sluttresultatet som materialet selv.
- Håndter materialet riktig. Også materialer som bygges inn, må behandles riktig.
- La bygningsmaterialene dampe av utenfor bygningen. Det gjelder spesielt for produkter som er pakket i plast.

6 Ventilasjon

I dette kapitlet blir det forklart hvorfor ventilasjon er viktig, hvilke prinsipper som ligger til grunn og hvilke krav som må stilles for å få ventilasjonsanleggene til å fungere som forutsatt. Målet er å øke kunnskapen om den rollen ventilasjonen spiller for innemiljøet og de forskjellige faktorene som påvirker det endelige resultatet.

HVORFOR TRENGER MAN VENTILASJON?.....	108	OMLUFT OG SYSTEM-FORURENSNINGER.....	119
LUFTAS CO ₂ -INNHold SOM INDIKATOR PÅ LUFTKVALITET	108	VARMEGJENVINNERE.....	120
KRAV TIL INNEMILJØET OG BEHOVET FOR VENTILASJON.....	109	FUNKSJONSKONTROLL I GARANTITIDEN.....	121
VENTILASJON AV GASSER.....	111	DRIFT, VEDLIKEHOLD OG RENHOLD.....	122
VENTILASJONSANLEGG OG LUFTKVALITET.....	111	BYTTING AV FILTRE	123
BEGREPER	112	FORURENSNINGER I VENTILASJONSSYSTEMET	123
NATURLIG VENTILASJON OG MEKANISK AVTREKKSVENTILASJON	113	SMUSSTYPER.....	125
BALANSERT VENTILASJON	114	VURDERING AV RENGJØRINGS-BEHOV	125
VENTILASJONS- OG LUFTVEKSLINGSEFFEKTIVITET	115	Tilgjengelighet for inspeksjon og rengjøring	125
LUFTINNTAK	116	Undersøkellesmetoder	126
FILTER	117	Når må det gjøres rent?.....	126
FILTERKLASSER OG PARTIKKEL-FORDELING	118	RENGJØRING OG VEDLIKEHOLD AV ANLEGG	127
VENTILASJONSLUFTAS PARTIKKELBELASTNING.....	119	Rengjøringsmetoder	127
		ERFARINGER.....	129
		KRAVSPESIFIKASJONER	130

Hvorfor trenger man ventilasjon?

Ordet ventilasjon kommer fra det latinske ordet *ventur*, som betyr vind. Å ventilere betyr å lufte. Per definisjon er derfor ventilasjon en prosess der vi tilfører eller fjerner luft fra et rom for å ha kontroll med forurensningsnivå, fuktighetsnivå og temperaturforhold.

Tilfredsstillende ventilasjon er en forutsetning for trivsel og velvære, og for å unngå negative helseeffekter. Alle har vel opplevd hvordan et dårlig ventilert rom med mange personer etter hvert oppleves ubehagelig og gjør det vanskelig å konsentrere seg. Man kan bli søvnig og får lett hodepine. Man snakker om dårlig luft eller føler at lufta «tar slutt». I slike tilfeller er det imidlertid oftest luftforurensning fra mennesker og dyr som har økt til et uakseptabelt nivå, gjerne kombinert med en temperaturstigning i rommet.

Moderne husholdninger bruker mye vann; vi dusjer og vasker mer enn før. Om den relative luftfuktigheten blir for høy, øker risikoen for kondens mot kalde overflater, med mugg, bakterievekst og råteskader som konsekvens. God ventilasjon fører fukten bort.

I moderne kontorer er det oftest materialeemisjoner, luktnivå samt varmeproduksjonen fra forskjellige apparater som bestemmer ventilasjonsbehovet, mens det i skolebygninger kan være varme fra personer, lukt fra mennesker og løsemidler, støvbelastning samt andre hygieniske forhold som er avgjørende. I industriell sammenheng er det ofte partikkelinnhold, gasser, damper og prosessvarme som bestemmer ventilasjonsbehovet.

I dette kapitlet kommer vi først og fremst til å se nærmere på hvordan man blir kvitt avgasser fra materialer og annen luftforurensning ved hjelp av ventilasjon, hvordan man tilfører frisk luft og hvordan man sikrer at ventilasjonsanlegget fungerer som forutsatt over tid.

Moderne byggematerialer, møbler, kontormaskiner, husholdningskemikalier og annet avgir gasser til innelufta. Hvilke av disse som er helseskadelige, har vi i dag mangelfull oversikt over. Det beste generelle rådet vi kan gi er å velge materialene med omhu, beskytte dem mot fukt og holde konsentrasjonen av kjemiske avgasser nede ved god ventilasjon.

Les mer

- Byggeforskeren
 - Planlegging 220.120 Planlegging av godt innemiljø i boliger. Momentliste
 - Planlegging 220.330 Astma, allergi og innemiljø
 - Bygghetninger 421.522 Bygghetninger og luftkvalitet
 - Bygghetninger 552.301 Ventilasjon av boliger. Prinsipper og behov
 - Bygghetninger 552.311 Inneklima og ventilasjon i skoler
 - Bygghetninger 552.312 Ventilasjon og innemiljø i barnehager
 - Bygghetninger 552.323 Behovsstyrt ventilasjon

Luftas CO₂-innhold som indikator på luftkvalitet

Ved lett arbeid kreves ca. 500 liter luft per time for å dekke behovet for oksygen. I løpet av en åttetimers arbeidsdag puster vi altså inn ca. 4 000 liter gjennom lungene. Dette er store mengder. Et menneske forbruker omtrent 15 ganger mer luft enn mat, og 10 ganger mer luft enn væske, regnet etter vekt. Det er lett å forstå hvor viktig det er med god luftkvalitet.

En person produserer mellom 15 og 20 liter karbondioksid (CO₂) per time ved utånding. Hvor stor konsentrasjon CO₂ som forblir i rommet, avhenger av rommets størrelse og av ventilasjonsgraden. Konsentrasjonen måles ofte i ppm, «parts per million», eller mg/m³. CO₂-innholdet i lufta bør ikke overstige 1 000 ppm (1 800 mg/m³) ifølge gjeldende normer for tilfredsstillende inneluftkvalitet i rom hvor personer utgjør den største forurensningskilde. Denne anbefalingen er gitt ut fra en komfortbasert vurdering, der mennesker er forutsatt å være den viktigste kilden til luktgenerering. Normen er satt ut fra hvordan mennesker kvalitativt opplever lufta i rommet, det vil si om lufta oppleves som frisk eller som sjenerende, ubehagelig og «tung». Et CO₂-nivå over normen er derfor en indikator på at vi har for dårlig ventilasjon i forhold til personbelastningen.

Det er viktig å understreke at karbondioksid i de konsentrasjoner vi normalt har i inneklimasammenheng ikke er helseskadelige. Administrativ norm gitt av Arbeidstilsynet er eksempelvis satt til 5 000 ppm (gjennomsnittlig konsentrasjon over en åttetimers arbeidsdag, gjelder ikke for barn og eldre). Først når vi passerer 10 000 ppm kan vi begynne å se mulige ne-

gative effekter fra CO₂ isolert sett, og først når vi passerer 20 000 ppm er det snakk om problemer av betydning.

En grenseverdi på 1 000 ppm basert på opplevd luftkvalitet er imidlertid fornuftig for ikke-industrielle bygninger, fordi det må være et minimumskrav at innelufta oppleves tilfredsstillende. Den europeiske CEN-normen EN13779 har tallfestet krav til CO₂-nivå for bygninger og rom der mennesker er den vesentlige forurensningsbelastningen (CO₂-konsentrasjon over utelufts nivå). Tallene er gjengitt i tabellen nedenfor.

Hvis vi regner at uteluftas CO₂-nivå i Norge ligger i området 350–450 ppm, avhengig av tid og sted, og med en middsverdi på 450 ppm, så ser vi at den norske anbefalingen på totalt 1 000 ppm ligger i området mellom akseptabel og moderat luftkvalitet ut fra den europeiske normen. Den amerikanske ASHRAE Standard 62.1 anbefaler til sammenlikning et maksimumsnivå på 700 ppm over utelufts verdien for CO₂, det vil si på nivå med det vi har i Norge i dag. Vi har derfor ikke spesielt høye krav i forhold til det som er forventet i våre dager. Det er med andre ord liten grunn til å øke grenseverdien for hva som er akseptabelt CO₂-nivå ut fra et sensorisk opplevd kvalitetsnivå, snarere tvert om.

Målinger fra flere skoler viser likevel ofte CO₂-konsentrasjoner på over 1 000 ppm kort etter at undervisningen har begynt. Dette kan føre til nedsatt konsentrasjonsevne, hodepine eller tretthet hos både elever og lærere. Disse plagene er hovedsakelig et resultat av emisjoner (lukt) fra personene i rommet, ikke av CO₂ i seg selv. Videre mistenker man at læring og skoleprestasjoner kan påvirkes negativt ved forhøyet CO₂-nivå i klasserommet. Det foreligger imidlertid svært få undersøkelser som entydig påviser slike effekter på læringsprosessen.

For å holde konsentrasjonen nede under 1 000 ppm i et rom, trengs en uttynning av utåndingslufta på ca. 7 liter per sekund og person. Om romvolumet øker, tar det lengre tid før man når opp til nivåer som

er ubehagelige. Foruten liter per sekund og person, kan ventilasjonsbehovet angis som m³ per kvadratmeter og time eller som luftskifte per time.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 552.323 Behovsstyrt ventilasjon

■ Standarder:

- NS-EN 13779 Ventilasjon i yrkesbygninger – Ytelseskrav for ventilasjons- og romklimatiseringssystemer

Krav til innemiljøet og behovet for ventilasjon

Det er mange lover, forskrifter og veiledninger som fastlegger og sikrer kvaliteten på inneklimaet i våre bygninger. Bestemmelser fins blant annet i plan- og bygningsloven, i lov om helsetjenesten i kommunene og i lov om arbeidervern og arbeidsmiljø. De to førstnevnte har bestemmelser som angår boliger. De viktigste kravene kommer fram gjennom forskrifter og veiledninger til disse lovene. Rapporten «Anbefalte faglige normer for inneklima» fra Folkehelseinstituttet (tidligere Folkehelse) inneholder en meget god oversikt over relevant materiale på dette området, se www.fhi.no.

I teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) stilles det, i kapittel VIII Miljø og helse, generelle krav til luftkvalitet og ventilasjonsanlegg: «Bygningen skal ha ventilasjon tilpasset rommenes forurensnings- og fuktbelastning. Det skal tas hensyn til romtype, innredning og utstyr, materialer og prosesser samt belastning fra mennesker og dyr. Ventilasjonsanlegg skal utformes slik at god luftkvalitet oppnås [...]». Dette er rent kvalitative krav, og i veiledningen til TEK (mars

Kategori ¹⁾	Inneluftkvalitet	Typisk CO ₂ over utenivå	«Default»-verdi
IDA 1	Høy luftkvalitet	≤ 400 ppm CO ₂	350
IDA 2	Middels luftkvalitet	400–600 ppm CO ₂	500
IDA 3	Moderat luftkvalitet	600–1 000 ppm CO ₂	800
IDA 4	Lav luftkvalitet	> 1 000 ppm CO ₂	1 200

¹⁾ Kategoriene kan defineres slik (jf. NS-EN 15251):

- IDA 1: Anbefalt i rom med mennesker med spesielle behov, for eksempel syke
- IDA 2: Normalt forventningsnivå. Bør brukes i nye og rehabiliterte bygninger; brukes også ved dimensjonering og i energiberegninger
- IDA 3: Grenseverdier for moderat forventningsnivå. Bør bare godtas i eksisterende bygninger
- IDA 4: Bør bare godtas i korte perioder

2007) står det eksempelvis «[...] For å sikre at inneluften til enhver tid er av tilfredsstillende kvalitet, bør minimum ventilasjon, tilsvarende 0,5 luftvekslinger pr. time, opprettholdes selv når rommene eller boligen ikke er i bruk». Vi bør her merke oss siste del av utsagnet, som poengterer kontinuerlig luftskifte. Dette minstekravet tilsvarer inneklimatekategori IDA 3, mens anbefalingen for middels luftkvalitet (IDA 2) i boliger er 0,6 luftvekslinger per time.

For boliger står det videre at kjøkken, vaskerom, bad/wc og separat bad og separat wc må ha avtrekk. For kjøkken er minimum luftmengde 10 l/s og med forsert avtrekk på 30 l/s via avtrekksheite. Tilsvarende er det gitt tallfestede verdier for øvrige rom i boligen. Dette vil i alminnelighet sikre en uteluftstilførsel tilsvarende minst 0,5 luftvekslinger per time i hele boligen i brukstiden. Videre er det gitt konkrete anbefalinger om plassering av og størrelse på til- og fraluftsåpninger samt til- og fraluftskanaler.

Kravene til luftveksling gjelder total luftomsetning, det vil si summen av mekanisk ventilasjon og infiltrasjon (passiv eller aktiv). Bygninger med normal tetthet (lekkasjetall på ca. $n_{50} = 1,5$) vil ha en passiv infiltrasjon gjennom lekkasjer som er til stede hele året, tilsvarende gjennomsnittlig 0,1 luftomsetninger per time (oms/t). For eksempel vil en bolig med lekkasjetall $n_{50} = 1,5$ og en mekanisk ventilasjon som yter 0,5 oms/t ha en total luftomsetning på ca. 0,6 oms/t (kategori IDA 2), også når beboeren ikke er hjemme.

For publikums- og yrkesbygninger av typen kontorbygninger er anbefalingene i dag satt til 7 l/s per person pluss et tillegg for materialbelastning i rommet. Denne er satt til henholdsvis 0,7, 1,0 og 2 l/m²s avhengig av om materialene er testet til å være lavtemitterende, av kjent god kvalitet eller ukjente. Ved økt aktivitetsnivå hos personer må ventilasjonsnivået økes tilsvarende. Nødvendig friskluftstilførsel på grunn av prosesser o.l. beregnes spesielt ut fra spesifiserte krav til forurensningskonsentrasjoner.

Arbeidstilsynets publikasjon «Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen» inneholder forskrift og veiledning med hensyn til både termisk og atmosfærisk innelimate. Det anbefales at minimumsverdiene for publikums- og yrkesbygninger av typen kontorbygninger må være 7 l/s per person + 0,7 l/m² forutsatt at materialvalg og renhold er bra og at det ikke forekommer andre forurensende prosesser eller aktiviteter. Dette tilsvarer inneklimatekategori IDA 2. Kjente forurensningskilder og varmebelastning vil kreve økt ventilasjon. Der det ikke er gjort tilfredsstillende og faglig forsvarlig vurdering av forurensningen og ventilasjonsbehovet, vil vanligvis 2,8 l/m²s bli lagt til grunn for bygningen. I rom der det vanligvis forekommer to-

bakksrøyking, bør uteluftmengden være minst 20 l/s per person for i rimelig grad å unngå akutte irritasjonseffekter. Negative helseeffekter er det trolig ikke mulig å unngå uansett ventilasjonsgrad.

Hvis vi sammenlikner de norske kravene med det som blir retningsgivende for Europa gjennom CEN og etter all sannsynlighet internasjonalt gjennom ISO, ligger vi omlag midt på treet. Det anbefales derfor at NS-EN 15251 legges til grunn ved dimensjonering og etterprøving av innelimate i norske bygninger.

Kategori	Innelufts-kvalitet	Måleenhet	Lufttilførsel per person	«Default»-verdi
IDA 1	Høy luftkvalitet	m ³ ·h ⁻¹ ·person ⁻¹ l·s ⁻¹ ·person ⁻¹	> 54 > 15	72 20
IDA 2	Middels luftkvalitet	m ³ ·h ⁻¹ ·person ⁻¹ l·s ⁻¹ ·person ⁻¹	36–54 10–15	45 12,5
IDA 3	Moderat luftkvalitet	m ³ ·h ⁻¹ ·person ⁻¹ l·s ⁻¹ ·person ⁻¹	22–36 6–10	29 8
IDA 4	Lav luftkvalitet	m ³ ·h ⁻¹ ·person ⁻¹ l·s ⁻¹ ·person ⁻¹	< 22 < 6	18 5

Verdiene i tabellen gjelder for rom der det ikke røykes, og det er forutsatt at rommet kun inneholder materialer med dokumentert lav emisjon (lav avgassing/avdampning).

I Folkehelseinstituttets «Anbefalte faglige normer for innelimate» foreslås maksimumsverdier for en del ulike gasser/komponenter. Noen kommuner har også egne helseforskrifter for innelimate. De gjelder for både nye og eksisterende boliger gjennom følgende minstekrav:

- lufttemperatur: mellom 19 og 26 °C
- lufthastighet: under 0,20 m/s
- luftskifte: 0,5 oms/t
- luftkvalitet: maks konsentrasjon av CO₂ i lufta: 1 000 ppm (1800 mg/m³)
- relativ luftfuktighet: ingen krav

Les mer

- Anbefalte faglige normer for inneklima (1997). Folkehelseinstituttet (tidligere Folkehelse), (www.fhi.no)
- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 421.503 Krav til luftmengder i ventilasjonsanlegg
 - Byggdetaljer 552.301 Ventilasjon av boliger. Prinsipper og behov
 - Byggdetaljer 552.311 Inneklima og ventilasjon i skoler
 - Byggdetaljer 552.312 Ventilasjon og inneklima i barnehager
 - Byggdetaljer 552.323 Behovsstyrt ventilasjon
- Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen. Arbeidstilsynet (www.arbeidstilsynet.no)
- Lov om helsetjenesten i kommunene
- Lov om arbeidervern og arbeidsmiljø
- Plan- og bygningsloven (pbl)
- Teknisk forskrift til pbl (TEK) med veiledning
- Standarder:
 - NS-EN 15251 Inneklimaparametre for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, temperatur, belysning og akustikk

Ventilasjon av gasser

Debatten omkring bygninger med innemiljøproblemer har ført til stadig strengere krav om mer effektiv ventilasjon for å få bukt med de forskjellige avgassene blant annet fra moderne bygningsmaterialer. Teoretisk kan man beregne hvilke konsentrasjoner av avgasser man får i et rom om man vet materialets emisjon per flateenhet, tiden og luftskiftet. Målinger i et 17 m³ stort forsøksrom, med 7 m² gulvflate og takhøyde på 2,4 m, viser at overflater som avgir gasser med en emisjonshastighet på 65 µg/m² h, gir en konsentrasjon på ca. 300 µg/m³ i lufta med et luftskifte på 0,5 per time (8,5 m³/t).

Dersom man øker ventilasjonen og ellers opprettholder de samme forholdene, minsker ikke konsentrasjonen av avgasser proporsjonalt. Emisjonen påvirkes av forskjellen i damptrykket i materialet og i romlufta. Reduseres konsentrasjonen i romlufta, øker emisjonen fra materialet. Sammenhengen mellom emisjonen og forskjellene i damptrykk er spesifikke for hvert enkelt materiale. Laboratorieforsøk om forholdet mellom en økning i avgasser i lufta og luftskif-

tet viser at en firedobling av ventilasjonen var nødvendig ved en dobling av avgassene.

I praksis er det altså vanskelig og lite økonomisk å ventilere bort store konsentrasjoner av avgasser i lufta. En allergiundersøkelse foreslår at uteluftsmengden bør være minst 30 l/s per person i bygninger med høye avgassnivåer fra bygningsmaterialer, innredninger og prosesser. Dette viser at det i realiteten handler om å redusere de uønskede gassene ved kilden.

Ventilasjonsanlegg og luftkvalitet

Når det gjelder varme-, ventilasjons- og airconditioning-systemer (HVAC-systemer), kan vi i hovedsak skille mellom:

- naturlig ventilasjon
- mekanisk avtrekksventilasjon
- balansert mekanisk ventilasjon (med eller uten airconditioning)
- hybride systemer

Diskusjonen omkring valg av naturlig eller mekanisk ventilasjon er en avsporing fra det som er kjernen i problemet. Ingen form for ventilasjon er unaturlig, men vi har flere måter å ventilere på. Målet er i alle sammenhenger å framskaffe et kvalitetsmessig godt inneklima der det å fjerne forurensninger og å holde temperaturkontroll er de viktigste oppgavene.

Valg av teknisk ventilasjonsløsning er derfor først og fremst et valg basert på bygningens lokalisering, bruken av bygningen og brukerens behov i hvert enkelt tilfelle. Det viktigste er å velge en løsning som har god nok kvalitet, at anleggsarbeidet blir utført riktig og at man følger opp med nødvendig drift og vedlikehold. For å løse de sentrale og alvorlige utfordringene vi står overfor må vi i mye større grad:

- fokusere på luftkvalitet og ikke på luftkvantitet
- forstå at ventilasjon ikke er problemet. Forurensninger er problemet og ventilasjon er en del av løsningen.
- akseptere at selv det beste ventilasjonsanlegg med tiden vil gi en ytelse som tilsvarer nivået for kvaliteten på driften

Hovedutfordringen ligger derfor i å fastlegge hva som er det reelle ventilasjonsbehovet for den konkrete bygningen, det vil si design, prosjektering og bygging ut fra bygningstype, beliggenhet, forurensningsbelastning og bruksmønster. Generelt gjelder at ventilasjonsbehovet skal beregnes ut fra lokalets belastning, og alle forurensningskilder skal inngå i vurderingene. Aktuelle parametre er lukt, emisjoner fra byg-

ningsmaterialer og overflatesjikt, gasser, damper, partikulære forurensninger, varmeoverskudd og fukt.

For ikke-industrielle bygninger som boliger, barnehager, skoler og kontorer har vi oftest ikke noen spesifikk dominerende forurensningskilde. Beregning av nødvendig luftmengde må da baseres på andre kriterier, og vi blir ofte nødt til å støtte oss til erfaring om hvilke luftmengder som normalt gir akseptabel kvalitet på romlufta. Siden variasjonene fra rom til rom og fra bygning til bygning ofte er store, bør vi bruke en konservativ angrepsvinkel. Vi bør med andre ord operere med beskyttelsesfaktorer som tar hensyn til at virkeligheten kan være noe forskjellig fra teoriens og tegnebrettens verden. En generell anbefaling kan være at det benyttes en sikkerhetsfaktor (beskyttelsesfaktor) på 1,3 når ventilasjonsbehovet fastsettes. Det betyr at resultatet oppjusteres med 30 % etter en beregning basert på de grunnlagsdataene som foreligger.

Vær klar over at energi- og effektbehovet til oppvarming og/eller kjøling av ventilasjonsluft i moderne bygninger utgjør en stadig større del av energibruken. Ikke minst vil behovet for elektrisk energi til viftedrift etter hvert utgjøre en betydelig andel. Ukritisk økning av ventilasjonsluftmengden er derfor ikke ønskelig.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 552.323 Behovsstyrt ventilasjon
 - Byggdetaljer 552.335 Prosjektering av energieffektive ventilasjonsanlegg

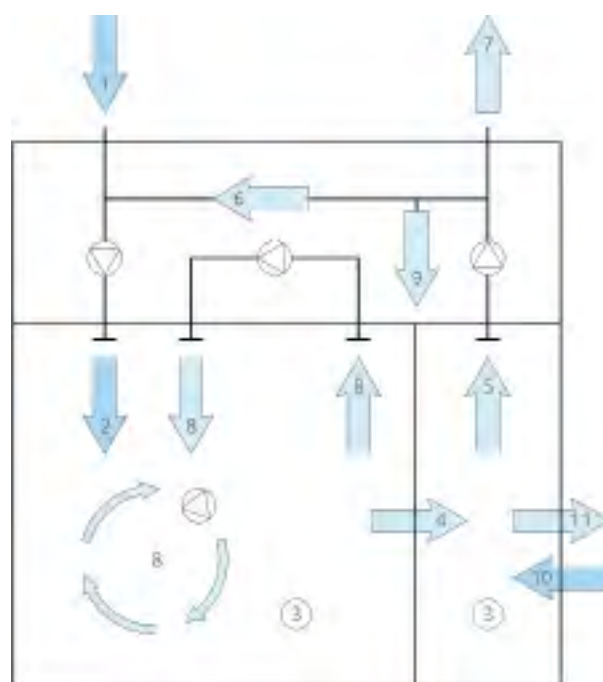
Begreper

I ventilasjonssammenheng har man definert hva lufta skal kalles, avhengig av hvor i kretsløpet den befinner seg.

- 1 Uteluft er behandlet eller ubehandlet uteluft som tilføres et rom.
- 2 Tilluft er den mengden luft som tilføres et rom. Den kan bestå av uteluft, overstrømningsluft, om-luft og infiltrasjon.
- 3 Romluft er luft som befinner seg i det rommet vi betrakter.
- 4 Overstrømningsluft er luft som tilsiktet strømmer fra et rom til et annet.
- 5 Avtrekksluft er luft som fjernes fra et rom.

- 6 Omluft er luft som tilbakeføres til ett eller flere rom.
- 7 Avkast er den luft som fjernes fra bygningen og avgis til utelufta.
- 8 Sirkulasjonsluft (sekundærluft) er luft som sirkulerer inne i et rom for eksempel etter behandling i en lokal romluftsrenser, eller tilbakeført avtrekksluft fra samme rom for eksempel etter behandling i en fan-coil-unit.
- 9 Lekkasje er luftstrømmer inn eller ut av rommet som et resultat av utilsiktede utettheter.
- 10 Infiltrasjon er luftlekkasjer inn i en bygning gjennom utettheter i omhyllingsflatene mot det fri.
- 11 Eksfiltrasjon er luftlekkasjer ut av en bygning gjennom utettheter fra rommet mot det fri.

- Kortslutning er uønsket forbindelsesvei/strømningsvei for luft.
- Luftveksling er mål for luftmengde, angitt ved forholdet mellom tilført luftmengde per time og rommets volum, også kalt luftvekslingstallet.
- Mekanisk avtrekk er et anlegg der avtrekksluft via mekanisk vifte blåses ut i det fri.



Vanlige ventilasjonsbegreper. Kilde: NS-EN 13779

Naturlig ventilasjon og mekanisk avtrekksventilasjon

Tidligere ble bygninger ventilert ved naturlig ventilasjon. Utelufta kom inn gjennom utettheter i golv og vegger, og gikk ut gjennom skorsteinen og andre kanaler som var ført over tak. Drivkreftene for naturlig ventilasjon er vind og temperaturdifferansen mellom inne- og uteluft. Når vinden blåser mot en fasade, blir det et overtrykk på veggen og dermed et undertrykk inne i forhold til ute ved denne fasaden. Over de tre andre fasadene vil det samtidig oppstå et overtrykk i rommene og ut mot det fri.

Ved en høyere lufttemperatur inne enn ute, vil en luftsøyle inne veie mindre enn en luftsøyle ute med samme høyde. Det blir derfor et undertrykk nederst i bygningen i forhold til ute, og et overtrykk øverst. Disse drivkreftene gir i samspill en trykkdifferanse som sammen med antall og størrelse på ventiler og kanaler over tak, samt bygningens tetthet, bestemmer størrelsen på luftskiftet.

Når inn- og utstrømning av luft skjer gjennom utilsiktede lekkasjeåpninger i bygningen (utettheter og sprekker), betegnes dette som passiv naturlig ventilasjon. Når den naturlige ventilasjonen styres bevisst, enten ved at brukeren manuelt åpner luker, vinduer eller dører, eller ved at tilrettelagte åpninger styres av mer eller mindre avansert automatikk, betegnes det som aktiv naturlig ventilasjon.

Ettersom det ikke alltid er noen hjemme om sommeren som kan åpne dører og vinduer ved behov, trenger naturkreftene av og til hjelp, for eksempel i form av en vifte i avtreksskanalen. Med moderne, tette hus er det vanskelig å tilfredsstille kravene til ventilasjon og energiøkonomisering utelukkende ved å ha passiv naturlig ventilasjon.

I det enkleste mekaniske ventilasjonssystemet suges lufta ut av bygningen ved hjelp av avtrekksvifter, såkalt mekanisk avtrekksventilasjon. Tidligere kom mesteparten av tillufta inn gjennom utettheter i veggene. Med dagens tette konstruksjoner tas utelufta inn gjennom spalter over vinduene eller gjennom egne yttervegsventiler.

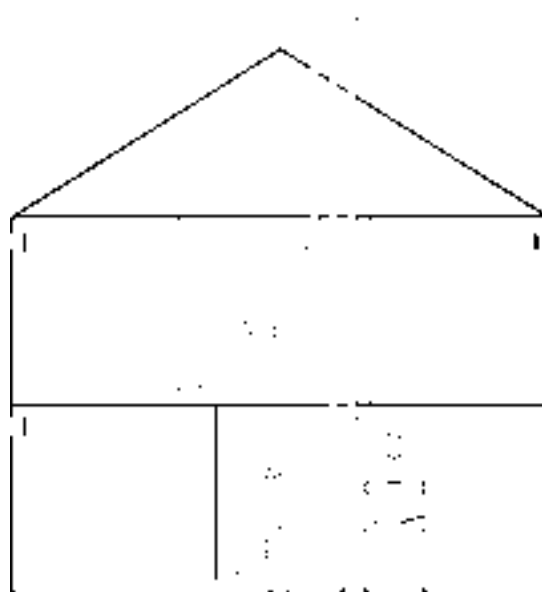
Selv med kravene i TEK til tetthet ($n_{50} = 2,5$ for småhus) kommer ca. 30 % av utelufta inn ved lekkasje. Samtidig viser det seg at dagens spalte- og veggventiler ofte fører til trekk i rommet. Dette kan muligens løses ved bedre utformede ventiler. Langs trafikkerte gater kan også forurenset luft følge med utelufta inn i bygningen. I slike situasjoner bør en vurdere ventiler med enkle filtre. Det forutsettes da et system som sikrer at filterne blir skiftet ut og vedlikeholdt regelmessig.

Fordelen med mekanisk avtrekksventilasjon er lave

installasjonskostnader, mindre vedlikehold enn mer kompliserte ventilasjonssystemer, og god regulering av avtrekksmengde. Ulemper er dårlig komfort (trekk), stort ventilasjonsvarmetap ved anbefalt luftmengde (derfor dårlig totaløkonomi), og støy dersom anlegget har mangelfull lyddemping. Mekanisk avtrekksventilasjon er også upålitelig, fordi vinduslufting i et soverom kan føre til kraftig redusert undertrykk og luftutskifting i andre soverom med lukkede vinduer.

Eventuelle krav om gjenvinning av varmen fra avtrekkslufta kan ofte løses med en vann-glycol-varmegjenvinner eller med en varmepumpe (til oppvarming av tappevann).

Avtrekksventilasjon kan ved riktig dimensjonering være akseptabelt i boliger, men vil i de fleste tilfeller ikke kunne tilfredsstille forskriftskravene til luftmengder i offentlige bygninger og næringsbygninger.

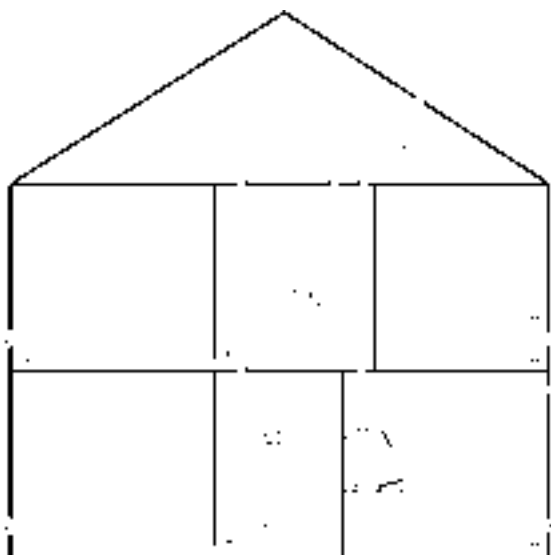


Prinsippet for naturlig avtrekksventilasjon

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 552.302 Naturlig og mekanisk avtrekksventilasjon i småhus



Prinsippet for mekanisk avtrekksventilasjon

Balansert ventilasjon

I de senere årene er det blitt stadig mer aktuelt å installere balansert ventilasjon også i bolighus på grunn av systemets gode muligheter til å gjenvinne varmen fra avtrekkslufta og kontrollere luftkvaliteten.

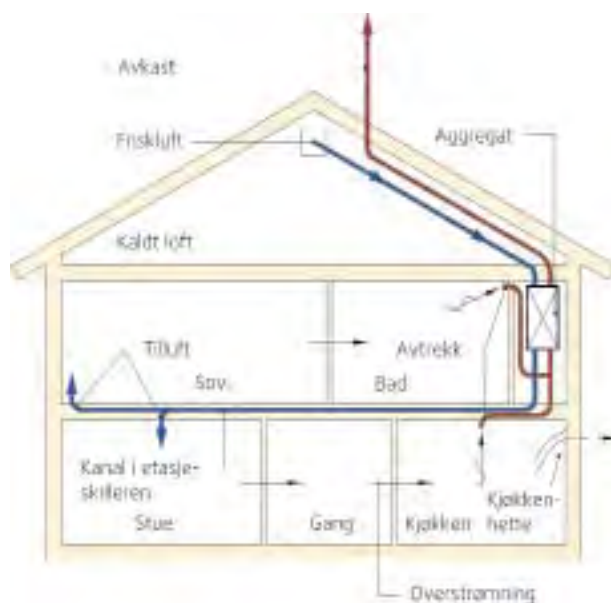
Utelufta kan forvarmes eller avkjøles til en passende temperatur før den føres inn i rommet. Den kan også filtreres for å redusere forurensningene. Systemet gjør det dessuten mulig å forflytte store luftmengder uten å skape komfortproblemer, og det er velegnet for store lokaler med mange mennesker eller stor varmebelastning. Hvis tilført luft er lik avtrukket luft, er ventilasjonen balansert. En varmegjenvinner kan redusere kostnadene til oppvarming av tiluft med mer enn 70 %.

Balansert ventilasjon krever riktig utforming, nøye vedlikehold og jevnlig rengjøring for å hindre at det spres forurensninger. Det er viktig å velge ventiler som ikke bidrar til unødig trekk eller støy, og å innregulere anlegget med riktige luftmengder. Varme- eller kjøleaggregater i systemet må behandles og vedlikeholdes riktig, ellers kan det føre til blant annet energisløsing og feil romtemperatur. Et dårlig vedlikeholdt system kan dessuten føre med seg store omkostninger til reparasjoner og skifting av komponenter.

Hybrid ventilasjon er et forsøk på å utnytte de positive sidene ved både mekaniske og naturlige ventilasjonsløsninger. Hybride ventilasjonsanlegg har vifter, men de utnytter bevisst de naturlige drivkreftene fra vind og oppdriftskrefter for å redusere den nødven-

dige vifteeffekten. Ved hjelp av aktive styringssystemer (såkalt intelligent styring) reduseres vifteeffekten når de naturlige drivkreftene øker, slik at summen av de naturlige og mekaniske drivkreftene er tilstrekkelig til enhver tid. Når de naturlige drivkreftene alene er tilstrekkelige for å opprettholde ønsket luftomsetning, og derved luftkvalitet, slås den mekaniske hjelpeviften helt av. Hybrid ventilasjon er et forsøk på å minimalisere energibruken samtidig som tilfredsstillende inneklimate opprettholdes. I praksis er dette ikke alltid like enkelt å oppnå. For eksempel er det i norsk klima som regel ikke lønnsomt å installere en mer ineffektiv varmegjenvinner med det formål å redusere strømningsmotstanden i ventilasjonssystemet. Årsaken er at reduksjonen i vifteenergien undergraves av en større økning i ventilasjonsvarmetapet ved ineffektiv varmegjenvinning.

Ved valg av ventilasjonssystem må vi alltid ta hensyn til viftestøy samt støy generert i kanaler eller andre anleggskomponenter. Spesielt bør det tas hensyn til lavfrekvent støy og infralyd som kan gi ubehag som trøtthet og svimmelhet. Man vet for lite om både kort- og langtidseffekter, men vi må anta at eventuelle uønskede effekter vil være betydelig større dersom eksponeringen skjer døgnet rundt i en bolig sammenliknet med effekten av eksponering på for eksempel en skole eller en arbeidsplass. Lavfrekvent viftestøy er svært vanskelig å dempe. For å begrense slik støy bør alle vifter være vibrasjonsisolerte. Videre er det viktig at lydfellen har tilstrekkelig lyddempende egenskaper for lavfrekvent lyd og tilstrekkelig lengde. Spesielt for leilighetsbygninger og eneboliger er det viktig at ag-



Prinsippet for balansert ventilasjon med varmegjenvinning

gregatet ikke plasseres på vegg eller loft inntil soverom. Aggregat skal generelt monteres med vibrasjonsdemping slik at vibrasjoner ikke overføres til bygningskonstruksjonen.

Krav om tilgjengelighet for inspeksjon og renhold gjelder for alle anleggstyper.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 552.303 Balansert ventilasjon i småhus
- Byggdetaljer 552.340 Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg

Ventilasjons- og luftvekslingseffektivitet

I et balansert ventilasjonssystem føres lufta inn i rommet etter to hovedprinsipper: omrøringsventilasjon eller fortrenningsventilasjon. I et tradisjonelt omrøringsystem tilføres lufta med relativt høy hastighet oppe ved taket. Tillufta blander seg dermed med den forurensede lufta i rommet.

Ved fortrenningsventilasjon tilføres lufta direkte inn i oppholdssonen med lav hastighet og med temperatur 1–2 °C lavere enn romlufta. Systemet bygger på at denne lufta stiger som følge av varmetilførsel og samtidig tar med seg forurensninger. Dette systemet fører i teorien til et skille mellom «ren» luft i rommets nedre del og mer forurenset luft i den øvre delen av rommet. Hvor dette skillet vil befinne seg, avhenger av størrelsen på luftmengden. Prinsippet fungerer best ved store luftmengder. I praksis har vi oftest ikke et skarpt skille mellom en nedre og øvre sone i rommet, men hvis systemet fungerer som planlagt, vil lufta i oppholdssonen være renere enn over hodehøyde.

Spørsmålet har tidligere som regel dreid seg om hvilke luftmengder man bør ha i en bygning og samtidig unngå ubehag ved trekk. Hvordan rommet ventileres, blir ofte glemt. Naturligvis er det helt uinteressant med store luftmengder om de ikke ventilerer tilstrekkelig der folk oppholder seg. Man må for eksempel unngå å tilføre luft som kortslutter med avtrekksåpningene. Det fins et begrep for dette: luftvekslingseffektivitet.

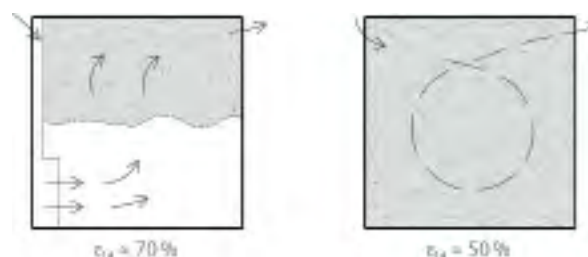
Luftvekslingseffektiviteten er et mål på hvor effektivt lufta blir skiftet ut i oppholdssonen. 100 % effektivitet hadde vært oppnådd om all lufta kunne bevege seg som et stempel gjennom rommet fra tilluftsventil til avtrekksventil. Luftvekslingseffektiviteten avhen-

ger av plassering av ventilene og ventiltipe, av innblåsingshastigheten, temperaturforskjellen mellom til- og avtrekkslufta, oppvarmingskildene og aktivitetene i rommet.

Et omrøringsystem kan oppnå en luftvekslingseffektivitet på ca. 50 % ved full luftblanding. Undertemperert tilluft ved himling gir høyere effektivitet, mens tilførsel av varmluft tilsvarende gir lavere effektivitet, begge tilfeller forutsatt at avtrekksventil også ligger ved himling. Fortrenningsventilasjon gir under visse forutsetninger opptil 75 % luftvekslingseffektivitet.

Hvis et omrøringsystem har for høy temperatur, eller om avtrekks- og tilluftsventilene er plassert feil, kan man få en kortslutningseffekt hvor lufta går direkte mellom ventilene uten å ventilere rommet. På samme måten fungerer heller ikke fortrenningsventilasjon hvis tillufta har høyere temperatur enn romlufta.

Mens luftvekslingseffektiviteten sier noe om hvor effektivt lufta skiftes ut i rommet, sier ventilasjonseffektiviteten noe om hvor godt forurensninger fjernes fra oppholdssonen. Ventilasjonseffektiviteten defineres som forholdet mellom forurensningskonsentrasjonen i avtrekket og forurensningskonsentrasjonen i pustesonen. Hvis vi har full omrøring i rommet, vil ventilasjonseffektiviteten være 1,0 fordi vi da har lik konsentrasjon i hele rommet. Hvis luftkvaliteten i pustesonen er bedre enn i avtrekket, vil ventilasjonseffektiviteten bli større enn 1. Tilsvarende vil den bli mindre enn 1 hvis luftkvaliteten der vi oppholder oss er dårligere enn i avtrekket. Teoretisk kan ventilasjonseffektiviteten variere mellom 0 og uendelig.



Luftvekslingseffektivitet, ϵ_v , ved henholdsvis fortrenningsventilasjon og omrøringsventilasjon

Les mer:

- Byggforskserien:
 - Byggetaljer 552.323 Behovsstyrt ventilasjon
 - Byggetaljer 552.351 Fordeling av ventilasjonsluft i rom

Luftinntak

En viktig, men ofte neglisjert grunnleggende komponent i de fleste anlegg, er luftinntaket. Sammen med luftfiltret skal luftinntaket hindre at mikrober som bakterier og muggsopper, sporer og virus samt pollen og smådyr i unødig grad kommer inn i klimasystemet. Luftinntaket skal også forhindre nedsmussing som følge av støv fra veislitasje, eksos og forbrenningsprodukter. Andre luftforurensninger som vi kan finne i utelufta, er biocider og pesticider samt organisk og uorganisk materiale av mer diffus opprinnelse. Alt dette kan stort sett fjernes fra lufta ved hjelp av hensiktsmessig utforming og plassering av luftinntak samt god luftfiltrering.

Snø og regn som trekkes inn i luftinntak, skaper korrosjons- og driftsproblemer og kan bidra til å forringe kvaliteten på innelufta hvis fukt blir stående i filtre og andre komponenter. Mangelfullt renhold kombinert med fri fukt inne i ventilasjonsanlegg gir grobunn for både hygieniske og estetiske problemer, og det er indikasjoner på at mikrobiell aktivitet kombinert med vanlig forekommende luftforurensninger kan bli et alvorlig problem.

Dessverre tas ikke utforming og plassering av luftinntak tilstrekkelig på alvor. Til tross for at vi i mange år har hatt både nordiske og internasjonale veiledninger og anbefalinger for plassering på fasader, kunnskaper om trykktap og anbefalt hastighetsfordeling over luftinntak (fra enkle manuelle beregninger til avanserte CFD-simuleringer), er det til dels stor forskjell mellom liv og lære. Når luftinntak skal prosjekteres og dimensjoneres, må man derfor i det minste vurdere følgende:

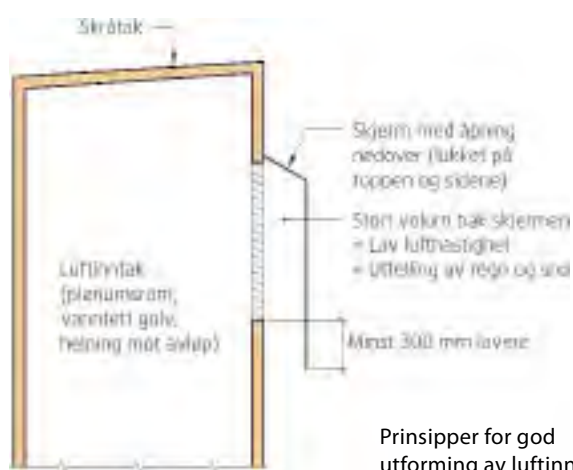
- biltrafikk og støv fra veier
- forurensning fra industri
- vegetasjon (naturlig og plantet)
- plassering av avkast i egen bygning og i nabobygninger
- avstand til kjøletårn
- nedbør
- dominerende vindretning
- inspeksjons- og rengjøringsmuligheter
- materialbruk

- forhold rundt selve luftinntaket:
 - høyde over bakken
 - høyde over nærmeste horisontale flate (det vil si tak eller bakken) bør ideelt være på vegg minst 8 m over flate
 - skjerming fra nedbør. Inntaksrist alene er ikke nødvendigvis tilstrekkelig. En skjerm gir bedre beskyttelse.
- plassering i forhold til avgasser fra bygningens eget fyringsanlegg
- behov for netting foran selve inntaksrista hvor underkjølt regn kan fryse på

Det er imidlertid en rekke kompromisser forbundet med utforming av luftinntak. VVS-ingeniøren ønsker lav hastighet over inntaket for å unngå at nedbør og forurensninger kommer inn i inntaksseksjonen. Det kan bety en inntaksrist med stort areal og dominerende plassering på fasaden, noe som igjen kan føre til at bygningens arkitektur forringes. Et tilstrekkelig stort og riktig plassert luftinntak er imidlertid ikke i seg selv en garanti mot problemer fordi utformingen av inntaksseksjonen etter inntaket i stor grad påvirker strømningsprofilen over rista. Ved ugunstig utforming av seksjonen bak luftinntaket kan vi få stor skjevhet i hastighetsfordelingen over luftinntaket, og målinger på mange bygninger har dessverre vist at det er vanlig med slike skjeve hastighetsprofiler. Spesielt er dette et problem med rektangulære og smale luftinntak samt med inntakstårn.

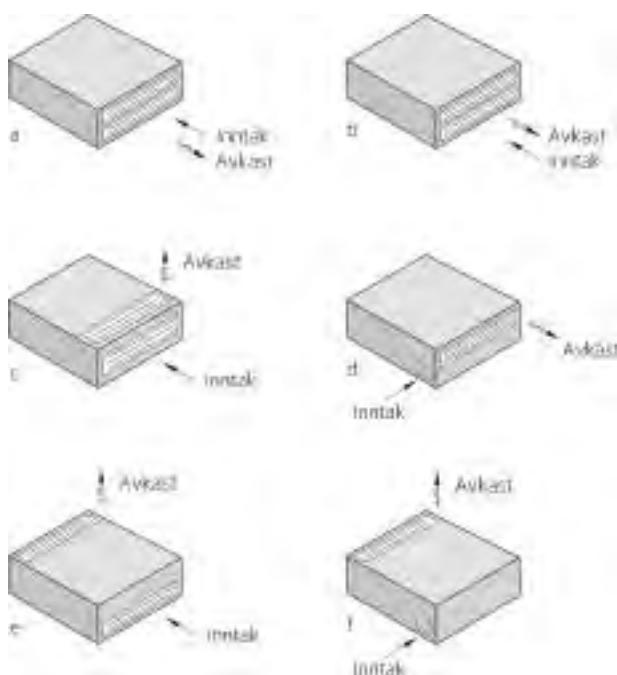
Følgende fire prinsipper bør tilstrebes ved utforming av luftinntak:

1. Plassering som minsker inntak av forurenset luft
2. Skjerm foran luftinntaksrist, med stort volum bak
3. Lav og jevn lufthastighet over luftinntaksrist, gjerne ikke mer enn 1–1,5 m/s, er avgjørende for å oppnå et godt resultat.
4. Drenering og vanntett gulv med helning i rommet bak luftinntaksrist





Eksempel på kombinert hatt for luftinntak/avkast for småhus og mindre bygninger



Eksempler på dårlige og bedre løsninger for plassering av friskluftsinntak og avkast på større bygninger

- Dårlig løsning
- Dårlig løsning
- Mindre god løsning
- Mindre god løsning
- Bedre løsning
- Bedre løsning

Les mer

■ Byggforskserien:

- Bygghdetaljer 552.360 Plassering av friskluftsinntak og avkast for å minske forurensninger

- Jelle, B.P., Noreng, K. og Pedersen, T.E. Fresh air ventilation intake and snow inlet problems. Project Eur-Active Roofer – Work Package E, Work Task B. SINTEF Byggforsk, 2007

Filter

Utelufta inneholder blant annet røykgasser, fibre, partikler, sot og kvarts i tillegg til organisk materiale fra plantefibre samt virus, bakterier, pollen og sporer. De fleste partiklene er svært små, idet kun 0,1 % er større enn 1 μm , slik at 99,9 % av partiklene er mindre enn 1 μm . De små partiklene representerer videre omlag 80 % av den totale overflaten, men til tross for det dominerende antallet og den store overflaten, utgjør disse partiklene ikke mer enn 30 % av vekten. De 0,1 % av partiklene som er større enn 1 μm , utgjør med andre ord 70 % av vekten. Vi kan derfor ha god vektutskilling av forurensninger i et filter uten at vi har fått fjernet et spesielt stort antall av de partiklene lufta inneholder.

Helsemessig sett er partikler mindre enn 1 μm de farligste, blant annet på grunn av stor reaksjonsoverflate, og fordi de følger med langt ned i bronkiene. Åndedretsorganene er minst effektive til å skille ut partikler med ca. 0,1–1,0 μm størrelse. Det store overflatearealet som de små partiklene samlet utgjør, kan fungere som en betydelig adsorbent for andre forurensninger i damp- eller gassform i lufta, og dette medfører at de kan bli mer helseskadelige enn større partikler når de kommer langt ned i alveolene (lungeblærene).

For å hindre at smuss i utelufta kommer inn og forurensner kanalsystemet og innelufta, filtreres lufta. De vanligste filterne for komfortventilasjon kalles grunnfilter og finfilter. For spesielle formål fins i tillegg mikrofilter og elektrofilter. Kullfilter og filter av aluminiumoksid brukes til å fjerne gasser og lukt gjennom aktiv adsorpsjonsfiltrering.

Med grunnfiltret (G1–G4) fjerner man insekter, pollen, plantestoffer og til en viss grad aske, sementstøv og andre større partikler i utelufta. Et slikt filter blir i første omgang benyttet som et forfilter.

Finfiltret (F5–F9) er vanligvis tilstrekkelig for å fjerne partikkelforurensninger i bylufta. Slike filtre kan klare partikler ned til 0,1 μm , altså en titusendels mil-

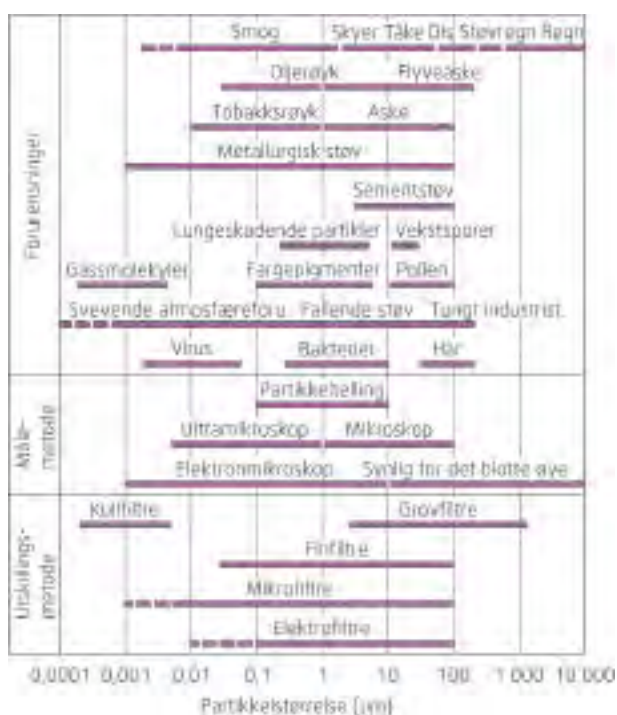
limeter. Den vanligste typen er posefilter og kassettfilter, som er utformet med tanke på å oppnå en størst mulig overflate.

Mikrofiltret klarer å skille ut partikler ned til 0,01 μm og brukes blant annet i sykehus, rene rom og legemiddelindustrien.

Elektrofiltret har først og fremst vært benyttet innenfor industrien for å fjerne spesielt små partikler. I den senere tiden er det også tatt i bruk i boliger og forsamlingslokaler.

Et filter skal plasseres foran ventilasjonsanlegget for å stoppe forurensninger i utelufta og i noen tilfeller etter vifter for å kunne fjerne støv og annet fra remdrifter. Dette slitasjestøvet er klebrig og forurenser mye. For ventilering av oppholdsrom bør det ikke godkjennes dårligere filtre enn F7.

Luftfiltre monteres ikke bare for å fjerne forurensninger fra utelufta. Man bør også filtrere avtrekkslufta, for eksempel i sammenheng med varmegjenvinning for å unngå at varmeveksleren går tett. Forurensning fra romlufta kan filtreres allerede i forbindelse med avtrekksventilene.



Partikkelstørrelse for vanlige luftforurensninger

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 552.331 Filtrering av luft i ventilasjonsanlegg

Filterklasser og partikkelfordeling

Forurensninger i utelufta stammer dels fra naturen selv og dels fra menneskelig aktivitet. I hovedsak kan vi dele luftas partikkelinnhold i to fraksjoner, en finfraksjon og en grovfraksjon. Skillet ligger i området 1 til 3 μm .

Forurensningskonsentrasjonen i utelufta er meget varierende både med hensyn til tid og sted. Avhengig av kilden vil også partikkelstørrelsen variere. Eksempelvis kan «ren» uteluft inneholde omlag 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fine partikler og 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ grove partikler, mens lufta i industriområder og i store byer kan inneholde 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fine og 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ grove partikler. Når det gjelder antall partikler, er det imidlertid alltid finfraksjonen som dominerer. Dette må nødvendigvis påvirke valg av filtertype og filterklasse.

Nåværende klassifisering av filtre er basert på støvutskillingsgrad (vektutskilling) for grovfilter samt fraksjonsavskillingsgrad ut fra partikkelstørrelse for finfilter i henhold til NS-EN 779. Tidligere var klassifiseringen for finfilter basert på svertningsgrad. Denne metoden angir imidlertid bare en optisk middelverdi for støvutskilling, og den sier ingenting om utskillingen når det gjelder de ulike partikkelstørrelser.

Svertningsgradsmetoden er derfor ikke lenger i bruk, men det viser seg i praksis at måleverdier for partikkelstørrelse 0,4 μm fra fraksjonsavskillingsgradsmetoden overensstemmer relativt godt med testresultater basert på svertningsgrad. Det er derfor mulig med en «omregning» mellom de to metodene hvis man vil, eller må, sammenlikne testresultater.

Mens et godt F7-filter har en utskillingsgrad på omlag 90 % for partikler på 1 μm , vil et F6-filter bare ha omlag 50 % utskilling for samme partikkelstørrelse. Dette må vi ta hensyn til når vi skal velge filter.

I klimainstallasjoner og lokaler er luftrensing og filtrering eneste mulighet til å fjerne uønskede forurensninger fra lufta. Vi har en rekke kommersielt tilgjengelige rensemetoder som baserer seg på til dels svært ulike prinsipper, eksempelvis:

- mekanisk filtrering (grov- og/eller finfilter, HEPA, ULPA)
- elektretfilter (statisk ladet finfilter)
- elektrostatiske platefilter (med eller uten forionisering)
- ionegenerator
- aktivt kullfilter (eller andre materialer med stor porøsitet)
- luftvaskere (spraying, scrubbing o.l.)

I vanlige ventilasjonsanlegg er mekanisk filtrering (grov- og/eller finfilter), elektretfilter og elektrostatiske platefilter de mest brukte prinsippene, og trolig er

førstnevnte mest vanlig. Filtermaterialet i pose- og kassettfiltre kan være enten syntetisk uorganisk eller syntetisk organisk eller en blanding av begge. Ofte består en filterduk av flere lag av ulike materialer med økende tetthet i strømningsretningen. Fibrene holdes sammen av et bindemiddel eller ved varmebehandling.

Grovfiltre blir hovedsakelig lagd av glassfibermateriale eller fibre av polyester, acetat, polyamid eller liknende med fiberdiameter ned mot 20 µm og med fiberavstand i størrelsesorden 200 µm. Finfiltre framstilles hovedsakelig av glassfiber eller nylonfibre med diameter i området 1–5 µm og med fiberavstand ned til 10 µm.

Mikrofiltre framstilles hovedsakelig av glassfiber med fiberdiameter mellom 0,1 µm og 1 µm. Filtermaterialet er vanligvis meget tynt, ned til 0,5–1 mm, og hastigheten gjennom duken er meget lav, 0,01–0,03 m/s. I dag utvikles det imidlertid stadig nye materialer, spesielt med utgangspunkt i syntetiske organiske materialer, eksempelvis en hel rekke «polymaterialer», som polypropylen, polyester, polyetylen og polyamid.

Filterklasser i henhold til NS-EN 779. Volumstrøm ved test: 0,944 m³/s (3 400 m³/h)

NS-EN 779 class	Average Arrestance A_m (%) synthetic dust	Average Arrestance E_m (%) 0,4 µm particles	Maximum final pressure drop (Pa)
G1	$50 \leq A_m < 65$		250
G2	$65 \leq A_m < 80$		250
G3	$80 \leq A_m < 90$		250
G4	$95 \leq A_m$		250
F5		$40 \leq E_m < 60$	450
F6		$60 \leq E_m < 80$	450
F7		$80 \leq E_m < 90$	450
F8		$90 \leq E_m < 95$	450
F9		$95 \leq E_m$	450

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 552.331 Filtrering av luft i ventilasjonsanlegg
- Standarder:
 - NS-EN 779 Partikkelfiltre for vanlig ventilasjon – Bestemmelse av filtreringsevnen
 - NS-EN 1822-1 Høyeffective luftfiltre (HEPA og ULPA) – Del 1: Klassifisering, ytelsesprøving, merking

Ventilasjonsluftas partikkelbelastning

Luftas partikkelinnhold kan kartlegges på to måter: (a) gravimetrisk ved å veie massen av partikler av et bestemt størrelsesspenn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), eller (b) telle antall partikler av et bestemt størrelsesspenn per volumenheter (partikler/ cm^3) ved bruk av en laser-partikkelteller. Sistnevnte metode kan gi en bedre indikasjon på helserisiko.

Det fins ikke tallfestede krav når det gjelder partikkelkonsentrasjon (partikler/ cm^3) i inneluft. Men tabellen under gir noen erfaringstall basert på flere studier.

Erfaringstall for partikkelantall avhengig av partikkelstørrelse og luftkvalitet i bygninger med balansert ventilasjon

Partikkelstørrelse µm	Beskrivelse av luftkvalitet	Antall partikler (pt/ cm^3)
0,3 ≤	Tilfredsstillende. Kontorer	40,00
	Dårlig luft. Rom med røyking	700,00
0,5 ≤	Like etter tilluftsfilter, best practice	0,35
	Veldig god inneluft	1,76
	Tilfredsstillende inneluft	10,50
3,0 ≤	Veldig god inneluft	0,02
	God inneluft	0,05
	Tilfredsstillende inneluft	0,08

Omluft og systemforurensninger

Av og til, særlig i eldre anlegg, blir den brukte og forurensede lufta blandet med tillufta. Dette kalles omluft. Normalt sirkulerer ikke all luft rundt på denne måten. De relativt utette spjeldene stilles kanskje inn på 50 % omluft, mens viftene i mange omluftsanlegg er plassert feil. I slike tilfeller skaper trykkforholdene en stor ufrivillig luftlekkasje mellom avtrekkskanalen og tilluftskanalen, slik at omlufta i virkeligheten kan bli opptil 80–90 %. Problemene med luftlekkasje skyldes at varmegjenvinneren har relativt høyt trykkfall, slik at lufta i større grad vil gå gjennom utettheter i omluftsspjeldet. I mange problemhus kan dette være den virkelige årsaken til at folk føler seg dårlige og blir syke.

Generelt anbefales det i dag at eksisterende omluftssystemer bygges om. Omluftsanlegg i nye bygninger frarådes. I TEK står det at omluft ikke skal benyttes dersom dette fører til forurensningsspredning. Siden det oftest er svært vanskelig å dokumentere at dette ikke skjer, innebærer kravet i praksis at omluft normalt ikke kan aksepteres.

Vi kan også få utilsiktet omluft gjennom anleggs-

komponenter, for eksempel en roterende varmegjenvinner. Ved uheldig vifteplassering og ugunstige trykkforhold har vi eksempler på opptil 30 % utilsiktet omluft i eldre anlegg. I tillegg kan slike vekslere overføre vannløselige forurensninger fra avkastsiden til tilluftsiden i systemet når det oppstår kondens i varmeveksleren. Dette gjelder imidlertid i større eller mindre grad for alle regenerative (sykliske) varmegjenvinnere. Statiske (rekuperative) varmegjenvinnere av typen platevekslere er mindre utsatt for uønsket luftlekkasje, men også disse kan gi problemer ved for eksempel frostsprengning eller feil montering i aggregatet som medfører at luft går utenom veksleren. Derfor må det benyttes væskekoblede (run-around) varmevekslere e.l. for å garantere mot uønsket omluft.

Dårlig renhold og slett vedlikehold vil ofte resultere i at ventilasjonssystemet i seg selv bidrar til forurensning av tillufta. Spesielt skal vi være oppmerksom på luftfiltre og eventuelle luftfukteranlegg. Skitne filtre som står for lenge i anlegget, gir luktproblemer, mens befukteranlegg med vannsump eller annen vannansamling kan gi uønsket mikrobiell vekst i anlegget. Likeså kan kjøletårn være en mulig kilde til legionellaforurensning av tillufta. Konklusjonen er at tilførselsluft bør betraktes som «ferskvare» og behandles deretter i klimainstallasjonene.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 552.323 Behovsstyrt ventilasjon

Varmegjenvinnere

20–50 % av moderne bygningers totale oppvarmingsbehov går til å varme opp ventilasjonslufta. Med en god varmegjenvinner kan man spare mye energi og penger. I praksis er det derfor krav om varmegjenvinning i alle nye bygninger, ettersom TEK med veiledning har krav om effektiv energibruk og energiøkonomisering. I veiledningen står det eksempelvis at varmegjenvinning bør vurderes i alle bygninger med mekanisk ventilasjon. Anlegget skal for øvrig gjøres så effekt- og energiøkonomisk som mulig så lenge det ikke går ut over et forsvarlig innemiljø. Temperaturvirkningsgraden til varmegjenvinnere kan dokumenteres etter Norsk Standard (NS-EN 308 eller NS-EN 13141-7).

Det benyttes i hovedsak to typer varmegjenvinnere:

- rekuperative varmegjenvinnere, der varmen enten overføres via en skillevegg eller ved hjelp av en væske
- regenerative varmegjenvinnere, der varmen overføres av varmeakkumulerende flater som vekselvis bringes i kontakt med avtrekksluft og tilluft

Varmegjenvinnerens evne til å gjenvinne varme angis av virkningsgraden. Den såkalte temperaturvirkningsgraden viser forholdet mellom tilluftas temperaturøkning og den teoretisk maksimale temperaturøkning.

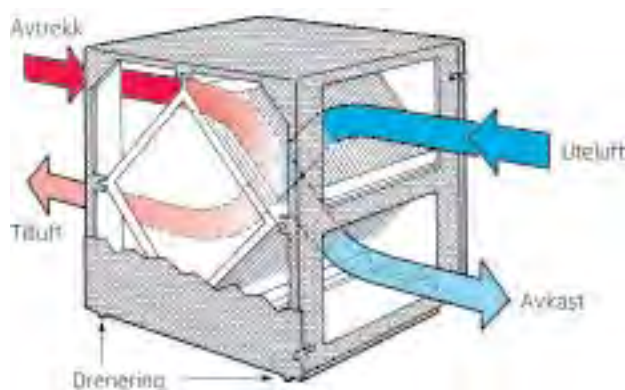
Et eksempel på rekuperative varmegjenvinnere er platevarmegjenvinnere, som består av flere plane eller korrugerte plater som danner skille mellom tilluft og avtrekksluft. Temperaturvirkningsgraden for slike systemer ligger normalt mellom 50 og 70 %. Motstrøms platevarmevekslere kan oppnå opptil 90 %. Et annet eksempel er væskekoblede («run-around» eller vann-glycol-vekslere) og fordampningsvarmegjenvinnere (såkalte heat pipes). Energien fra avtrekkslufta overføres til tillufta ved hjelp av vann eller en annen væske. Temperaturvirkningsgraden kan her ligge på 40–60 %.

Et eksempel på regenerative varmegjenvinnere er roterende varmegjenvinnere. I disse strømmer lufta gjennom mange små kanaler i et rotorhjul. Varmen blir overført ved at den ene halvparten av rotorhjulet oppvarmes av avtrekkslufta mens det dreier rundt, og avgir så varme til den kalde tillufta. For å forhindre overføring av avtrekksluft til tilluft, er varmegjenvinneren utstyrt med en renblåsingssone. Roterende varmegjenvinnere kan nå opp i en virkningsgrad på 70–90 %. En annen type regenerativ varmegjenvinner er kammervarmegjenvinneren. Dette er en type periodisk regenerativ gjenvinner som består av to separate varmevekslerkassetter og et spjeldhus. Hver kassettdel består av flere parallelle og korrugerte plater som vekselvis avgir varme til tillufta eller opptar varme fra avtrekkslufta. Vekslingen skjer ved hjelp av et spjeld som skifter retning, for eksempel hvert minutt. Den eneste bevegelige delen i veksleren er spjeldet. Disse vekslerne er spesielt velegnet for småhus og mindre enheter. Temperaturvirkningsgraden er om lag som for den roterende veksleren, 70–85 %, og virkningsgraden reguleres ved å øke tiden mellom spjeldvekslingen.

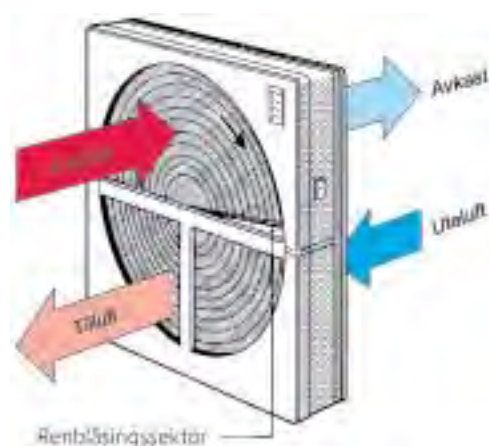
Et poeng som ofte glemmes, er at det kan være forskjell på temperaturvirkningsgraden og den gjennomsnittlige årsvirkningsgraden for energigjenvinning. Både frostsikring og temperaturbegrensning på tillufta (normalt maks 18 °C) bidrar til at varmevekslerens maksimale ytelse ikke kan oppnås hele året. For platevarmegjenvinnere kan det dreie seg om 10–15 % forskjell. Virkningsgraden kan også bli høyere

hvis vi har kondensasjon på avtrekkssiden slik at vi får frigitt fordunstningsvarmen.

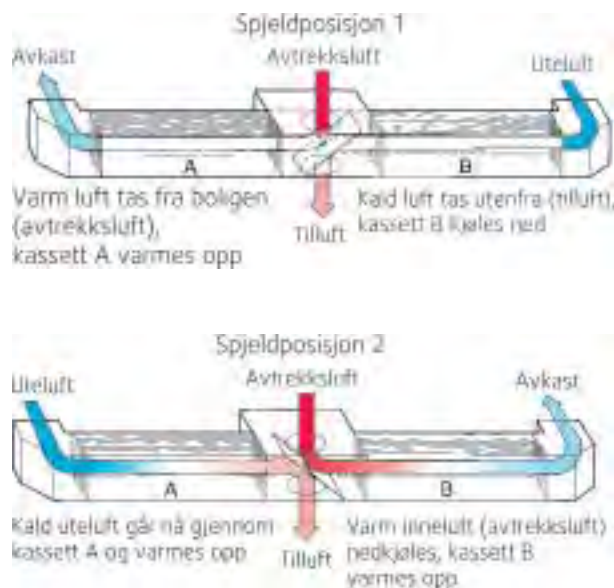
Man har dessverre opplevd en viss overføring av forurenset luft mellom avtrekks- og tilluft, spesielt ved roterende varmegjenvinnere og kammervarmegjenvinnere. Dette har imidlertid stort sett bare hatt betydning hvor en har høye konsentrasjoner av farlige forurensninger, som i industrien. Men også i platevarmegjenvinnere kan luftlekkasjer oppstå ved feil trykkforhold mellom kanalene. Likeså hvis det har vært frostsprengning eller feil eller utett montering i aggregatet. Det sikreste systemet er det hvor kanalene er atskilt og varmen overføres via et væskemedium.



Eksempel på platevarmegjenvinner



Eksempel på roterende varmegjenvinner



Eksempel på kammervarmegjenvinner

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 552.340 Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg

Funksjonskontroll i garantitiden

I Sverige har myndighetene innført obligatorisk ventilasjonskontroll for alle typer bygninger (Obligatorisk Ventilationskontroll – OVK), noe som i stor grad er med på å kvalitetssikre ventilasjonsanlegg og dermed inneklima. I Norge er det ingen obligatorisk offentlig funksjonskontroll av ventilasjonsanlegg. Man bør likevel alltid gjennomføre en funksjonskontroll i løpet av garantitiden. Hensikten er å kontrollere at ventilasjons- og klimaanlegget er levert og fungerer i henhold til kontrakten.

Funksjonskontrollen innbefatter gjennomgang av kontraktsbeskrivelsen og av innregulerings- og måleprotokoller for inneklima, støy og tetthet. Man måler hovedluftmengder i anlegget, og ut fra stikkprøver kontrolleres luftmengder til/fra rom og ventiler. Automatikken i anlegget funksjonstestes. Man skal også kontrollere at inneklima, trekk og støyforhold stemmer med det som står i kontrakten. I tillegg bør man foreta en visuell kontroll av alle deler av anlegget med tanke på tilgjengelighet for renhold og for å avdekke mulige risikoområder knyttet til hygieniske forhold.

Målinger av inneklimateparametre skal utføres i oppholdssonen og fortrinnsvis der man forventer at personer oppholder seg mest. Kontrollen omfatter følgende:

- Lufttemperatur måles med væsketermometre eller elektroniske temperaturmålere.
- Planstrålingstemperatur måles med radiometre.
- Luftfuktighet måles enklest ved å måle relativ fuktighet. Det er tilstrekkelig å måle denne i lokalets senter.
- Luftfartighet skal måles i samme målepunkter som lufttemperaturen.
- Luftkvalitet. Det mest vanlige er å måle CO₂, eventuelt også CO, formaldehyd, flyktige organiske forbindelser, radon og støv og fibre.

Les mer

- Fellesnordiske målemetoder for luftmengder i ventilasjonsanlegg. Anvisning 16-7, Nordisk Ventilasjonsgruppe
- Folkehelseinstituttet. Anbefalte faglige normer for inneklimate (www.fhi.no)
- Målemetoder for inneklimateparametre. Statens helsetilsyn IK-2462
- Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen. Arbeidstilsynet (www.arbeidstilsynet.no)
- Standarder:
 - NS-EN ISO 7726 Ergonomi i termisk miljø – Instrumenter for måling av fysiske størrelser
 - NS-EN ISO 7730 Ergonomi i termisk miljø – Analytisk bestemmelse og tolkning av termisk velbefinnende ved kalkulerings av PMV- og PPD-indeks og lokal termisk komfort
 - NS-EN 12599 Ventilasjon i bygninger – prøvningsprosedyrer og målemetoder for overtagelse av installerte ventilasjons- og luftkondisjoneringsanlegg
 - NS-EN 13779 Ventilasjon i yrkesbygninger – ytelseskrav for ventilasjons- og romklimatiseringssystemer
 - prNS 3563 Ventilasjon i bygninger – Dimensjoneringsmetoder for inneklimate
- Statens bygningstekniske etat, www.be.no

Drift, vedlikehold og renhold

Allerede ved prosjekteringen bør det utarbeides en plan som beskriver hele prosedyren i forbindelse med at ventilasjonsanlegget tas i bruk. Dette gjelder særlig for bygg med kompliserte tekniske installasjoner. I planen beskrives prøvings- og kontrollprosedyrene med tidsplan og ansvarsfordeling, samt hvilke instruksjoner og hva slags opplæring som skal gis til drifts- og vedlikeholdspersonalet og brukerne av bygningens installasjoner.

Et godt innemiljø er avhengig av at ventilasjonsanlegget fungerer som forutsatt. Det anbefales derfor å utføre funksjonskontroll med bestemte intervaller i hele anleggets driftstid. Veiledningen til TEK gir anbefalinger for kontrollintervaller, og disse varierer fra to år for skoler, barnehager og sykehus, til ti år for en- og tomannsboliger.

Funksjonskontroll bør utføres av en kvalifisert person med egnet kalibrert måleutstyr, og bør omfatte kontroll av:

- drifts- og vedlikeholdsinstruksjoner
- alle komponenter som vifter, ventiler, kanaler, luftinntak, avtrekkshatt, isolering o.l.
- filterkvalitet og -motstand
- at ventilasjonsanlegget gir de forutsatte luftmengder – spesielt må det kontrolleres at ventilasjon av våtrom fungerer som forutsatt
- luftfuktighet, spesielt når luftfuktere benyttes
- luftfartighet
- luftoverføring, konsentrasjoner av gasser/støv som inngår i spesifikasjonene i de enkelte rommene
- avslag av spesielle forurensninger
- reguleringsfunksjoner og automatikk
- lydnivå
- renhold av komponenter og kanaler samt kontroll av filterbytte
- protokoll

Jevnlig vedlikehold er nødvendig slik at de tekniske installasjonene tilfredsstiller alle forskrifts- og brukerkrav. Å planlegge og senere opprettholde et godt forebyggende vedlikehold er et av de viktigste tiltakene for å sikre en tilfredsstillende drift.

Når det gjelder enkelte typer bygninger, for eksempel de fleste boliger, kan en ikke regne med å ha egne personer ansatt til å ivareta drift og vedlikehold. Tekniske løsninger som har avgjørende betydning for inneklimate bør derfor i så liten grad som mulig gjøres avhengig av profesjonell forvaltning.

Til alle bygninger bør det finnes hensiktsmessige drifts- og vedlikeholdsinstruksjoner. I praksis er drifts- og vedlikeholdsinstruksene ofte utilstrekkelige og lite informative. For at instruksene skal være anvendelige,

må de være lette å finne fram i og lette å forstå for den kategorien personell som de retter seg mot. Instruksene må utformes på forskjellige måter avhengig av om det er utdannet driftspersonell eller leietakere som skal bruke dem.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 552.306 Støy i rom fra ventilasjonsanlegg. Del I og II
- Byggforvaltning 752.215 Boligventilasjon. Drift og vedlikehold
- Byggforvaltning 752.250 Rengjøring av ventilasjonsanlegg. Tilsmussing og rengjøringsbehov
- Byggforvaltning 752.251 Rengjøring av ventilasjonsanlegg. Metoder, utstyr og prosess

Bytting av filtre

Et omhyggelig valg av filtertype og -kvalitet blir totalt uinteressant hvis man ikke følger opp med korrekt montering, inspeksjoner og vedlikeholdsrutiner. Ettersom filtret i seg selv gir en luftmotstand, er det viktig at tilslutningen til kanalsidene er helt tette. For dette formålet brukes det en gummilist som ved slurvete montering kan bli vridd eller plassert feil slik at lufta strømmer til side for filtret i stedet for å gå gjennom det.

Et trykksvakt manometer kan registrere trykkfallet over filtret. Når trykkfallet blir for stort, eller overskrider en bestemt verdi satt ut fra driftshensyn, må filtret skiftes. Ofte kan det være nødvendig å skifte filter før dette trykkfallet nås. Dette er særlig aktuelt hvis regn eller annen fuktighet kommer inn i filtret slik at vi får en form for utvaskingseffekt. I slike tilfeller kan vi risikere at filtret blir stående i svært lang tid, kanskje flere år, uten at trykkfallet stiger til den satte grenseverdien. Under slike forhold vil det oftest være bedre å skifte ut fra tid i stedet for trykk. Avhengig av bygningstype og beliggenhet vil skiftintervallet kunne variere, men et filterbytte etter fyringssesongen og et nytt bytte etter pollensesongen kan ofte være en god anbefaling.

I mange tilfeller kan det være nyttig å gjøre en LCC- beregning (Life Cycle Cost) for å fastlegge optimalt skiftintervall. Man setter da filterkostnadene opp mot energi- og driftskostnadene for på den måten å finne et optimal levetid for filtret.

Når man bytter filter, er det av stor betydning at driftspersonalet kjenner til de forskjellige filtrene for å sikre riktig innkjøp og montering. Slik informasjon skal finnes i drifts- og vedlikeholdsinstruksjonen for hele anlegget. Dette er som regel ikke noe problem for anlegg med kvalifisert driftspersonale. Problemene oppstår der driftspersonalet ikke er tilstrekkelig skolert til å vedlikeholde et avansert ventilasjonssystem. For visse typer bygninger og institusjoner, for eksempel barnehager, kan det være hensiktsmessig at brukerne selv setter seg inn i ventilasjonsanleggets virkemåte for å kunne reagere på feil som kan oppstå, og lære seg å drive og vedlikeholde det selv. Det er alltid bra at brukerne selv stiller krav til riktig luftkomfort og bryr seg om hvordan ventilasjonssystemet fungerer. For den prosjekterende stiller dette krav til løsninger som muliggjør et enkelt og realistisk vedlikehold av anlegget.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 552.331 Filtrering av luft i ventilasjonsanlegg

Forurensninger i ventilasjonssystemet

Ventilasjonsanlegg kan ha et innvendig overflateareal på nærmere 10 % av golvarealet i en bygning, og utgjør en stor, skjult og ofte glemt overflate. Anlegget skal tilføre tilstrekkelige mengder ren luft til lokalene, og fjerne forurenset luft. Kanaler og komponenter i ventilasjonsanlegg vil bli forurenset under bruk, og krever ettersyn, rengjøring og vedlikehold.

Undersøkelser har vist at forurensede ventilasjonsanlegg kan utgjøre en hygienisk risiko og gi redusert luftkvalitet. Forurensninger kan også gi tilstopping av kanalene slik at luftmengdene reduseres og kravene til ventilasjon ikke oppfylles. Akkumulering av smuss på komponenter som vifter, varme-/kjølebatterier og varmegjenvinnere kan gi dårligere energiøkonomi. Tilsmussede kanaler kan medføre økt risiko for brann og brannspredning. Undersøkelser har også vist at rengjøring av kanaler og aggregatkomponenter kan føre til forbedret opplevelse av innemiljøet og redusert forekomst av symptomer på inneklimateykdom. Tilsmussingen av ventilasjonsanlegg er avhengig av forhold som:

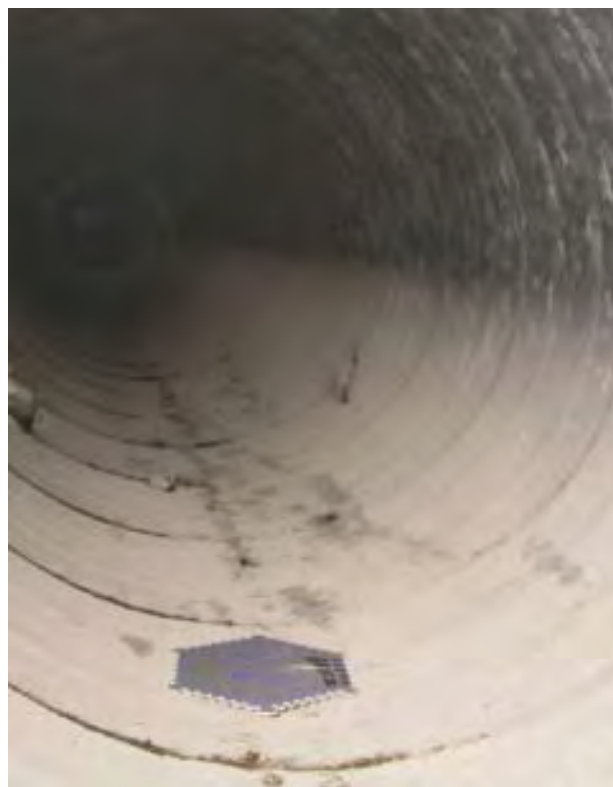
- omkringliggende miljø
- anleggets utforming og oppbygning
- drift og vedlikehold

- filtertyper og plassering
- lufthastighet og kanaldimensjoner
- aktivitetene i lokalene som anlegget betjener
- fiberinnhold og eventuelt fett eller olje i avtrekkslufta

Tabellen nedenfor gir en oversikt over hvilken tilsmussingsgrad man kan forvente i forskjellige deler av et ventilasjonsanlegg.

Tilsmussingsgrader i ventilasjonsanlegg

Del av anlegget	Tilsmussingsgrad		
	Høy	Middels	Lav
Luftinntak	X		
Inntakskamre og store ple-numskamre	X		
Filtre	X		
Vifter	X		
Komponenter i aggregat	X		
Spjeld, måleblendere osv. i kanalnett		X	
Lydfeller		X	
Følere		X	
Tilluftskanaler, vertikale			X
Tilluftskanaler, horisontale		X	
Ved kanalbend	X		
Tilluftsentiler		X	
Induksjonsapparater	X		
Avtrekkventiler	X		
Avtrekkskanaler	X		
Kanaler med innvendig isolasjon	X		



Tilsmusset tilluftskanal. Sekskanten som ligger i bunnen av kanalen kan brukes til å måle tykkelsen på smussjiktet. Foto: Lifa Air Ltd. Finland

Erfaringsmessig skjer tilsmussingen først og fremst på avtrekkssiden i et ventilasjonsanlegg. Risikoen er størst i små kanaler. Som regel vil det avsettes mest forurensninger ved lavere lufthastigheter, og spesielt på steder hvor lufthastigheten reduseres.

Smussfordelingen i kanalene varierer i ulike deler av anlegget. I tilluftskanaler blir ofte forurensningene konsentrert i den nedre halvdel av kanalen, i avtrekkskanaler fordeler smusset seg etter hvert mer jevnt over hele kanaloverflaten.



Tilsmusset avtrekkskanal. Foto: Danduct

Les mer

- Björkroth, M., Torkki, A. og Seppänen, O. Effect of pollution from ducts on supply air quality. Proceedings of Healthy Buildings/IAQ 1997, Vol. 1
- Bluysen, M. mfl. Why, when and how do HVAC-systems pollute? Characterisation of HVAC systems related pollution. Proceedings of Healthy Buildings 2000, Vol. 2
- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 752.250 Rengjøring av ventilasjonsanlegg. Tilsmussing og rengjøringsbehov
- Kolari, S. mfl. The effect of duct cleaning on indoor air quality in office buildings. Proceedings of Indoor Air 2002. Monterrey, USA
- Nielsen, J.B. Rengjøring av ventilasjonsanlæg i etageboligbyggeri. Rengjøringens betydning for ventilasjonsanlægs ytelse og elforbrug. SBI-rapport 280, Statens Byggeforskningsinstitut, Danmark, 1997
- Standarder:
 - NS-EN 779 Partikkelfiltre for vanlig ventilasjon – Bestemmelse av filtreringsevnen
 - Pasanen, P. Emissions from the filters and hygiene of air ducts in the ventilation systems of office buildings. Doktoravhandling ved Department of Environmental Sciences, University of Kuopio, 1998

av byggstøv, blant annet betongstøv, mineralullfibre, sagflis, metallspon, slipestøv fra maling og treverk, allerede før de tas i bruk. Dette kan man redusere ved å sørge for at alle åpninger i anlegget er tettet igjen under hele byggeperioden, og vente med å starte opp og innregulere anlegget til alt støvende arbeid er avsluttet og bygget er rengjort. Alternativt kan anlegget monteres og holdes under overtrykk slik at støv ikke kommer inn.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 752.250 Rengjøring av ventilasjonsanlegg. Tilsmussing og rengjøringsbehov
- Holopainen R. mfl. A visual inspection method to evaluate cleanliness of newly installed air ducts. Proceedings of Indoor Air 2002. Monterrey, USA

Vurdering av rengjøringsbehov

Rengjøringsbehovet må bestemmes på bakgrunn av smussmengde, smusstype, smussets innvirkning på anleggets funksjon, og hvilken risiko smusset medfører når det gjelder blant annet inneklimate og spredning av brann. For å vurdere rengjøringsbehovet må man først gjøre en visuell inspeksjon. Hvis inspeksjonen avdekker store mengder smuss, kan den suppleres med målinger av luftmengder, partikler i tilluft, smussavsetninger og analyse av smuss.

Tilgjengelighet for inspeksjon og rengjøring

Erfaring tilsier at det er behov for en betydelig forbedring av tilgjengeligheten til installasjonene, både aggregatene og luftføringsveiene, og bedre tilrettelegging for renhold og vedlikehold. Både tillufts- og avtrekkskanalene bør være tilgjengelige for inspeksjon og rengjøring uten inngrep i bygningen, og uten at man må demontere installasjoner av forskjellig slag.

Veiledningen til TEK anbefaler å sørge for at ventilasjonsrommet er lett tilgjengelig, med vanlig romhøyde og god belysning. Kanaler må ha inspeksjonsluker og tilstrekkelig tverrsnitt, slik at de er tilgjengelige for ettersyn og rengjøring. Inspeksjonsluker bør ifølge veiledningen ikke være mindre enn 200 mm x 200 mm ved kvadratiske tverrsnitt og ikke mindre enn 300 mm ved sirkulære/ovale tverrsnitt. Veiledningen anbefaler også en avstand mellom inspeksjonsluker

Smusstyper

Forurensninger i luftinntak kan bestå av løv, insekter, pollen, sand, jord, veistøv, sot og annet som fins i utelufta i området. Filtrene vil som regel fjerne det meste av disse forurensningene, slik at tilluftskanaler bare forurenses av svært små partikler fra de samme kildene.

Forurensninger i avtrekkskanaler stammer gjerne fra de forurensningene som fins i romlufta i lokalene som ventileres, for eksempel tekstil- og papirfibre, hår, hudflak i kanaler fra kontorer, og matfett og oljer i avtrekk fra kjøkken og fra næringsmiddelproduksjon.

Ved fritt vann eller relativ luftfuktighet (RF) over 80 % i deler av ventilasjonsanleggene, er det fare for at anlegget blir forurenset av mikroorganismer som sopp og bakterier. Utsatte steder er luftinntak, inntakskammer, filterenheter, varmegjenvinnere av hygrokopisk materiale, befuktere og kjøleaggregater.

Nye ventilasjonsanlegg kan være sterkt forurenset

på maks 10 m, og at det monteres inspeksjonsluker ved kanalbend som overstiger 30°. Lukene må være merket av på tegningen slik at det er mulig å finne dem. Lukene må være tilgjengelige, og de må ikke være montert for tett inntil vegger eller andre installasjoner. Endelokk som kan tas av, er også godt egnet som inspeksjonsluker. Andre komponenter, som spjeld, vifter, varmegjenvinnere, varme-/kjølebatterier og lydfeller, må også være tilgjengelige for inspeksjon, helst fra begge sider.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Planlegging 379.310 Plassbehov og plassering av tekniske rom for ventilasjonsanlegg
 - Planlegging 379.320 Plassbehov for føringsveier til tekniske installasjoner
- Standarder:
 - NS-EN 12097 Ventilasjon i bygninger – Kanalanlegg – Krav til kanalkomponenter for å lette vedlikehold av kanalanlegg

Undersøkellesmetoder

Alle komponenter i ventilasjonsanlegget bør inspiseres visuelt. Slik får man en oversikt over smussmengder og eventuelle feil og mangler i anlegget, og hvor gode mulighetene er for rengjøring av de forskjellige delene og komponentene. Inspeksjon gjøres via inspeksjonsluker. Kanalsystemet kan inspiseres med hjelpemidler som periskop eller fiberskop. Lengre strekk kan inspiseres ved hjelp av fjernstyrte videokameraer.

Det fins flere metoder for måling av smussavsetninger i ventilasjonsanlegg. De vanligste er:

- veiing av innsamlede prøver
- filmtykkelsesmålinger
- måling med gelteip i henhold til NS-INSTA 800

Når må det gjøres rent?

Enkelte visuelle observasjoner, spesielt på tilluftssiden, gir klare indikasjoner på at anlegget bør gjøres rent og eventuelt desinfiseres:

- manglende, defekt eller feil montert filter i en lang periode
- oppbygning av godt synlige støvlag eller større mengder fett
- avfall og støv fra byggeperioden
- korrosjon, misfarging eller avflaking av overflatebehandling som kan tyde på fuktproblemer og mulig vekst av mikroorganismer



Prøvetaking med gelteip for måling av smussmengder. Prøve innhentes fra en representativ del av overflaten, for eksempel 45° opp fra bunnen av kanalen, som vist her. Foto: SINTEF Byggforsk

- synlige tegn på vekst av mikroorganismer i anlegget
- skadet innvendig isolasjon
- skader på varmegjenvinner som følge av fuktighet eller gnising mot ramme (roterende varmegjenvinner)

Dersom man har foretatt målinger av smuss i anlegget, anbefales det å bruke tiltaksgrenser som vist i tabellen nedenfor. Anbefalingene gjelder for løst, vanlig smuss fra forholdsvis rene miljøer som sykehus, skoler og kontorbygninger, og kan ikke benyttes hvis smusset inneholder større mengder irriterende stoffer som mineralullfibre eller betongstøv, eller høy andel av andre komponenter som kan medføre helserisiko, for eksempel asbest, muggsopp eller patogene bakterier. Kravene til tilluftskanaler gjelder også for avtrekkskanaler dersom anlegget benytter resirkulert luft.

Tiltaksgrenser for rengjøring av kanaler i ventilasjonsanlegg for ikke-industrielle miljøer

Målemetode	Tilluft	Avtrekk
Gelteip og BM Dustdetector (9)	10 %	(lite egnet)
Gravimetrisk	1 ¹⁾ –2 g/m ²	5–6 g/m ²
Filmtykkelse	60 µm	180 µm

¹⁾ TaxSaver 6–10 % støvdekke

Det kan også settes grenseverdier for mikroorganismer i anlegget. Interesseorganisasjonen til ventilasjonsrengjøringsentreprenørene i USA (NADCA) anbefaler rengjøringstiltak hvis smussprøver fra kanaler

inneholder mer enn 100 000 kolonidannende enheter (CFU) per gram støv.

Avtrekksskanaler bør rengjøres dersom luftmengdemålinger viser uakseptable avvik fra prosjekterte luftmengder. Som regel regnes avvik større enn 15 % som uakseptabelt.

Hvis målingen av partikler viser vesentlig høyere partikkelantall (flere ganger) ved tilluftsventiler enn rett etter filtret, tyder det på at kanalnettet avgir støv til tillufta. Da må man finne kilden, utbedre eventuelle skader og feil, og fjerne støvet.

Nye anlegg

Nye anlegg bør vurderes etter strengere grenseverdier enn anlegg som har vært i drift. Forurensninger i nye anlegg er gjerne byggestøv som inneholder en forholdsvis stor andel sterkt irriterende komponenter, blant annet betong-/sementstøv og mineralullfibre. Krav til nye anlegg er beskrevet i kapittel 7 om ren og ryddig byggeprosess.

Kjøkkenavtrekk

Avtrekksskanaler fra storkjøkken i institusjonsbygninger, restauranter o.l. vil forholdsvis raskt tilsmusses av store mengder fett. Slike anlegg bør rengjøres med faste frekvenser for at anlegget skal fungere etter hensikten og ikke medføre brannfare.

I avtrekksskanaler fra kjøkkenhetter i boliger kan det avleire seg fett. Det er viktig å rengjøre fettfilter/kullfilter i kjøkkenhette og kanalen nærmest hetta regelmessig. Dette kan gjøres i oppvaskmaskin eller i et kar med fettløsende rengjøringsløsning, for eksempel salmiakk. Filtret må da legges i bløt, bearbeides med børste og skylles. Tabellen viser anbefalte frekvenser for rengjøring av kjøkkenavtrekk.

Anbefalte rengjøringsfrekvenser for avtrekk fra kjøkken

Komponent	Storkjøkken			Boliger
	Bruksintensitet (timer per dag)			
	Høy 12–16	Moderat 6–12	Lav 2–6	
Fettfilter	Daglig- ukentlig	2–4 g/ mnd.	1–2 g/ mnd.	4–6 g/år
Avtrekks- hette	Hver mnd.	6 g/år	3 g/år	2–4 g/år
Avtrekks- kanal og vifte	4 g/år	2 g/år	1 g/år	Hvert 3. år

Ventiler

Tilluftsventiler blir ofte raskt skitne. Støvet kommer fra romlufta og avsetter seg rundt tilluftsåpningene på grunn av statisk elektrisitet og/eller temperaturforskjeller (støvkondens). Avtrekksventiler tilsmusses

forholdsvis raskt av støv fra avtrekkslufta. Avtrekks- og tilluftsventiler bør rengjøres når de er synlig tilsmusset, gjerne i forbindelse med det regelmessige renholdet som utføres i lokalene.

Induksjons- og vindusapparater

Induksjons- og vindusapparater (luftfordelingssystem plassert i fasadebenker under vinduer) der tilluft blandes med romluft og eventuelt ettervarmes/-kjøles, vil raskt tilsmusses av støv fra romlufta, og de må rengjøres minst en gang per år.

Les mer

- Byggforskeren:
 - Byggforvaltning 752.250 Rengjøring av ventilasjonsanlegg. Tilsmussing og rengjøringsbehov
- Standarder:
 - NS-INSTA 800 Rengjøringskvalitetssystem for å fastlegge og bedømme rengjøringskvalitet

Rengjøring og vedlikehold av anlegg

Rengjøring av ventilasjonsanlegg er spesialrenhold, og planlegging og gjennomføring av slike rengjøringsoppgaver bør utføres i samarbeid med personer med god kunnskap om ventilasjonsanlegg og komponenter i slike anlegg.

Rengjøringsmetoder

Valg av rengjøringsmetode avhenger av en rekke forhold, som smusstype, smussmengde, krav til renhet, tilgjengelighet og materialtype. De fleste ventilasjonsanlegg er ikke utformet for å tåle vann, og må derfor rengjøres med tørre metoder.

Tørre metoder

Tørre metoder omfatter manuell støvsuging eller avtørring og mekanisk bearbeiding med spesielle børster, trykkluftsdyser eller kombinasjoner av børster og trykkluft. Den vanligste metoden er rengjøring med børster. Børstene roterer i kanalen og river løs tørt smuss, og kraftige sugeaggregater sørger for transport og oppsamling av smusset. Sugeaggregater for oppsamling av støv må kunne gi høye lufthastigheter (15–20 m/s), ha forutskiller og effektiv filtrering i form av HEPA-filter, minimum klasse H 14 med utskillingsgrad 99,995 %, i henhold til NS-EN 1822-1.



Maskin med roterende børster for rengjøring av ventilasjonskanaler. Foto: Lifa Air Ltd. Finland



Rengjøring med roterende børste med motordrift via en vaier. Et kraftig sugeaggregat samler opp smuss via en fleksibel kanal. Foto: Lifa Air Ltd. Finland

Våte metoder

Våte rengjøringsmetoder benyttes blant annet til fjerning av fete forurensninger, for eksempel ved rengjøring av kjøkkenavtrekk. Bruk av våte metoder forutsetter at kanalene er vanntette og ligger med fall til tappeluker, slik at rengjøringsløsning kan samles opp uten at bygningsmaterialer eller maskiner tar skade.

Høytrykksspyling med varmt vann eller damp (opp til 150 °C) kan benyttes til fjerning av tykkere lag av fett og olje, for eksempel fra kjøkkenavtrekk. Fettløsende kjemikalier påføres gjerne først og gis en virketid. Deretter spyler man med store mengder varmt vann ved hjelp av høytrykksspyler eller steamrensere. Rengjøringsløsningen samles opp i fat ved enden av kanalstrekket eller ved hjelp av vannsuger. Høytrykksspyling kan også benyttes til rengjøring av aggregatkomponenter som tåler mye vann.

Flater som ikke kan rengjøres

Ikke alle typer overflater er egnet for rengjøring. Dette gjelder blant annet aluminiums-/flexkanaler, som frarådes brukt på grunn av dårlig bestandighet.

Smuss bør alltid fjernes hvis det er mulig. I spesielle tilfeller kan det imidlertid være aktuelt å påføre for eksempel et malingssjikt som fungerer som en smussforsegler eller støvbinder. Dette kan være eneste løsning i/på:

- gamle sjakter med løs overflate (forvitret sement o.l.)
- sjakter/kanaler med asbestholdige materialer (for eksempel eternitt) hvor frigjøring av fibre er uønsket
- fattede kanaler som ikke tåler våt rengjøring, men hvor man ønsker å redusere risiko for spredning av brann
- overflater som må være helt rene (renromsventilasjon o.l.)
- gamle kanaler med løs innvendig isolasjon

Ved bruk av slike metoder må det tas hensyn til andre forhold, som fare for spredning av brann, redusert effekt av lyddempere og mulig avgassing av flyktige organiske forbindelser fra filmen. Metodene fjerner ikke smuss og kan tilføre nye forurensninger til ventilasjonslufta. Filmene vil ofte også ha dårlig vedheft til overflaten. Derfor må bruk av smussbinding begrenses til et minimum.

Innregulering

Etter rengjøring kan spjeld og andre innreguleringsenheter ha kommet ut av stilling. Fjerning av store smussmengder kan også gi endrede luftmengder. Det er derfor viktig å etterkontrollere anlegget etter rengjøring og innregulere på nytt ved behov.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 752.251 Rengjøring av ventilasjonsanlegg. Metoder, utstyr og prosess
- Nielsen, J.B. Rengjøring av ventilasjonsanlæg i etageboligbyggeri. Rengjøringens betydning for ventilasjonsanlægs ytelse og elforbrug. SBI-rapport 280, Statens Byggeforskningsinstitut. Danmark, 1997
- Standarder:
 - NS-EN 1822-1 Høyeffective luftfiltre (HEPA og ULPA) – Del 1: Klassifisering, ytelsesprøving, merking

Erfaringer

Eksisterende kunnskapsnivå nedfelt i forskrifter, veiledninger, meldinger og rundskriv gir et tilstrekkelig grunnlag for å utarbeide tilfredsstillende kravspesifikasjoner på innemiljøområdet hvis man er villig eller har evnen til å ta konsekvensen av anbefalingene og kravene. Anerkjente internasjonale standarder og veiledninger fra blant andre WHO, ISO, CEN, DIN, ECA og ASHRAE er i stor utstrekning brukt som referansedokumenter for våre nasjonale anbefalinger, og dette underbygger holdbarheten i våre retningslinjer.

Det er også grunn til å hevde at vi i dag har et tilstrekkelig antall systemløsninger å velge mellom samtidig som det ingeniørmessig ikke burde være problematisk å prosjektere anlegg som tilfredsstillende brukerens krav og forventninger. Videre har vi merke- og godkjenningsordninger som kan brukes til å kvalitets-sikre materialer og innredninger.

Til tross for dette ser vi stadig eksempler på inneklimateproblemer som kan tilbakeføres til de tekniske installasjonene. Ofte er årsaken å finne på komponentnivå, der feil og mangler kommer til syne etter relativt kort tid. I mange tilfeller har problemet eksistert allerede fra starten av, men har blitt «diskutert bort» på grunn av uklare ansvarsforhold («ansvarsfraskrivelsesfasen»). Trolig kan noen av problemene på komponentnivå tilbakeføres til sviktende kvalitetssikring hos produsent eller utilfredsstillende rutiner for testing og utprøving.

Den største årsaken til problemer med inneklimate har imidlertid ofte bakgrunn i sviktende drift og vedlikehold av de klimatekniske anleggene. Mangelfullt renhold kombinert med fri fukt inne i anleggene gir grobunn for både hygieniske og estetiske proble-

mer. Det er visse tegn som tyder på at mikrobiell aktivitet kombinert med vanlig forekommende luftforurensninger kan bli et alvorlig problem i våre til dels kompliserte tekniske anlegg. Renhold og omfattende forurensningskontroll har derfor avgjørende betydning for å unngå at ventilasjonsanlegget i seg selv blir en risikofaktor i innemiljøssammenheng.

At fukt- og vannskader kombinert med for lav ventilasjonsgrad, kan medføre en direkte helserisiko, illustreres godt av resultatene fra «Barneastmaprosjektet i Oslo». I denne studien ble 3 754 barn født i Oslo i løpet av 1992–93 fulgt opp i to år, og man fant da en sammenheng mellom fuktskader og obstruktive lungeproblemer samt bronkial obstruksjon. Studien viste at det var omlag fire ganger så stor sannsynlighet for at barn som bodde i fuktskadde boliger utviklet luftveisproblemer enn kontrollgruppa som bodde i hus uten fukt- og vannskader.

Det viktigste funnet i ventilasjonssammenheng var imidlertid at faren for luftveisproblemer var betydelig høyere i boliger som samtidig hadde dårlig ventilasjon, det vil si ventilasjon under et halvt luftskifte i timen. Risikoen for å utvikle luftveisproblemer, som senere kanskje kan føre til astma eller liknende problemer, ble nær tidoblet. «Barneastmaprosjektet i Oslo» er beskrevet i doktoravhandlingen til Leif Øie. Se «Les mer».

Hvis luftskiftet blir for lavt, vil vi også kunne få problemer med at ozon reagerer med ulike organiske gasser (VOC) i innelufta, slik at vi får dannet ulike luftveisirriteranter. Ut fra det vi vet i dag vil det være tilstrekkelig tid til denne reaksjonen hvis luftskiftet blir mindre enn 0,3–0,5 per time. Spesielt vil dette kunne bli et problem hvis romlufta inneholder terpenener, men i praksis vil ozon kunne reagere med alle stoffer som har dobbeltbindinger og danne meget irriterende aldehyder.

Tidligere trodde man at organiske løsemidler (TVOC) kunne være en av årsakene til inneklimateproblemer av typen «Sick Building Syndrome» (SBS), men dette synet har man nå forlatt. Imidlertid kan man bruke nivået på TVOC som en indikator på luftkvaliteten på samme måte som med CO₂. Er det under 200 µg/m³ TVOC i romlufta, har man sjelden problemer med opplevd luftkvalitet eller SBS, men er det over 600 µg/m³, har man ofte problemer av denne typen. Mellom 200 og 600 µg/m³ har vi et grenseområde med hensyn til mulige problemer med opplevd luftkvalitet eller SBS.

I sluttrapporten fra en europeisk tverrvitenskapelig studie, «European interdisciplinary network on indoor environment and health», om hvordan inneklimate påvirker vår helse, konkluderes det med:

- En frisklufttilførsel på 25 l/s per person kreves for

å redusere nåværende nivåer av allergener og for å tynne ut konsentrasjonen av andre miljøforurensninger i innelufta. Å redusere miljøforurensninger og emisjoner fra materialer og produkter i innemiljøet er billig og effektivt. Økt ventilasjon er dyrere, men helsegevinstene kan overstige kostnadene i forbindelse med økt ventilasjon.

- Luftkondisjoneringssystemer må ha kontinuerlig tilsyn og vedlikehold. Filtre og kanaler skal holdes rene og frie for all form for vannansamling.
- Fuktskader i bygninger må utbedres.
- Det trengs mer forskning på inneluftas helsepåvirkning, inklusive de ultrafine partiklenes effekt.
- Miljøfarlige stoffer og stråling fra produkter i innemiljøet må elimineres.

Med bakgrunn i dette kan vi konkludere med at det vil være uheldig helt å stoppe ventilasjonsanlegget utenom bygningens brukstid. En generell anbefaling kan være at ventilasjonsanlegg i kontorbygninger og skoler kjøres på 20 % ytelse utenom brukstiden og om natta for å redusere faren for inneklimateproblemer. Vi oppnår da riktig trykksetting av alle føringsveier for luft, vi unngår mulige VOC og ozonreaksjoner samtidig som vi får en tilfredsstillende ventilasjon av bygningen, blant annet med fjerning av fukt og andre uønskede agens. Med frekvensstyring av viftene vil denne driftsformen kreve kun 1/25 av effekt, og energibehovet i forhold til full drift bør være akseptabelt.

Les mer

- European interdisciplinary network on indoor environment and health. Report no. 2003:32, Statens folkhälsoinstitut (www.fhi.se)
- Øie, Leif. The role of indoor building characteristics as exposure indicators and risk factors for development of bronchial obstruction in early childhood. Avhandling (dr. ing.) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim 1998

Kravspesifikasjoner

Byggeproduksjonen blir regulert av kontrakter mellom ulike parter. I kontrakten henvises det til dokumenter som skal gjelde for entreprisene, blant annet tegninger og beskrivelser som danner grunnlaget for spesifikasjonene for utformingen av ventilasjonsanlegget. Beskrivelsene er i sin tur som regel basert på NS 3420, som er det norske beskrivelsessystemet for bygg, anlegg og installasjoner. NS 3420 innehol-

der tekniske bestemmelser, spesifiserende tekster og mengderegler. Den benyttes oftest til å lage beskrivelser for å hente inn anbudspriser på byggearbeider, men kan selvsagt også benyttes til dokumentasjon og prosjektstyring om det ikke skal hentes inn anbudspriser. Med kodene som er knyttet til de spesifiserende tekstene er det enkelt å samle erfaringspriser for kalkulasjon og prising.

De ulike VVS-normene, anvisninger i Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk og annet som beskrivelsen normalt henviser til, behandler oftest elementer som har betydning for kommende helseaspekter: kanalenes tetthet, merking, målepunkter, innregulering, prøving, ventiler, rister, avtrekkshetter, filtre, varmegjenvinnere og informasjon for driftspersonalet. Hvis beskrivelsen henviser til disse normene, kommer de dermed til å ligge til grunn for entreprenørens anbud. Dette innebærer at tiltakshaveren (byggherren) betaler for å få kravene innfridd.

Ettersom standardtekstene i NS 3420 aldri kan dekke enhver situasjon i alle byggesaker, er mulighetene til stede for at tiltakshaveren selv kan legge til ytterligere krav hun eller han ønsker å stille og betale for. Således bør tiltakshaveren og de prosjekterende ta stilling til de funksjonskravene som har betydning for utformingen av anlegget og egenskaper, og som kommer i tillegg til TEK og NS 3420. Disse egenskapene vil senere ha stor betydning for kvaliteten på inneklimateet. Det er meget viktig at man stiller målbare krav. Et hjelpemiddel kan være NS-ISO 7726 og NS-ISO 7730, som angir metoder for måling og vurdering av termisk moderate omgivelser.

Andre viktige spørsmål som må avklares allerede i løpet av programfasen, prosjekteringsfasen og anbudsfasen, er hvordan driften skal legges opp, utforming av drifts- og vedlikeholdsinstrukser, samt behov for spesiell skolering av driftspersonalet. Spørsmålet er for eksempel om anlegget forutsetter særlig kyndig driftspersonell, annet vanlig personell i kombinasjon med serviceavtale, eller om anlegget er utformet med tanke på minimale utgifter til ettersyn. Disse forholdene kan være avgjørende for systemutformingen.

Følgende punkter er eksempler på funksjoner som bør fastslås på et tidlig stadium i prosjekteringen:

- CO₂-innholdet skal ved dimensjonerende antall personer ikke overstige ppm etter timer.
- Ventilasjonseffektiviteten skal være minst
- Friskluftmengden skal være 1/s basert på personer.
- I hvilken utstrekning skal omluft tillates? (Anbefales ikke i nye anlegg)
- Filterplassering og kvalitet

- Plassering av tillufts- og avtrekksventiler
- Tilgjengelighet for inspeksjon, vedlikehold og rengjøring
- Forutsetninger for rengjøring, herunder rengjøringsmetoder
- Hvordan skal luftmengdemålere for kontroll av til- og avtrekksluft plasseres og anordnes?
- Hvorvidt luftmengden i enkelte rom skal kunne varieres mellom - l/s og person
- At varmevekslere ikke får spre forurensninger mellom til- og avtrekksluft
- Maks lufthastighet i oppholdssoner m/s
- Maks støy fra installasjonene dB(A)
- Beskrivelse av hvordan feilvarsling ordnes
- Plass for service og vedlikehold
- I hvilken grad det er tale om et fleksibelt system
- I hvilken grad ventilasjonssystemet også skal regulere temperaturen
- Eventuelle energi- og effektrestriksjoner
- VVS-anlegget skal være fullstendig rengjort før det tas i bruk.
- Funksjonskontroll skal foretas.
- Hovedentreprenøren skal vise hvorledes ventilasjonsbehovet dekkes i byggetiden.

Disse og flere funksjonskrav kommer siden til å utgjøre grunnlaget for både oppfølging og systemutforming. Det er viktig å legge merke til at forslaget til de tekniske funksjonskravene oppfordrer til at man også angir blant annet målemetoder og hvordan de skal kontrolleres. Uten slike krav risikerer man en diskusjon om dette senere i byggeprosessen.

Les mer

- Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen. Arbeidstilsynet (www.arbeidstilsynet.no)
- Standarder:
 - NS 3420 Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner
 - NS-EN ISO 7726 Ergonomi i termisk miljø – Instrumenter for måling av fysiske størrelser
 - NS-EN ISO 7730 Ergonomi i termisk miljø – Analytisk bestemmelse og tolkning av termisk velbefinnende ved kalkulering av PMV- og PPD-indeks og lokal termisk komfort
- Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) med veiledning

7 Byggeprosessen

I dette kapitlet legger vi vekt på utfordringene som ligger i organisering, ansvar, samarbeid og ikke minst utnyttelse av kunnskaper som er nødvendig for å planlegge og styre en komplisert byggeprosess. Dette er viktig også for å kunne møte de kravene til ansvar, myndighet og kvalitet som er gitt i plan- og bygningsloven med tilhørende forskrifter.

INNLEDNING.....	134	Plassering av ansvar	139
KVALITETSFEIL KAN PÅVIRKE INNEMILJØET	134	Informasjon og motivasjon	139
Hvor og når oppstår kvalitetsfeil?.....	134	TØRR BYGGEPROSESS.....	140
Forebygging av kvalitetsfeil	135	Generelt	140
BYGGEPROSESSEN – KAN DEN GJØRES ENKEL?	135	Gi konstruksjonene uttørkingsmulighet	140
BYGGEPROSESSEN OG GJENNOMFØRINGSFORMER.....	136	Skadde materialer må fjernes	140
KVALITETSSTYRING – KVALITETSSYSTEM	136	Uttørring av byggfukt	140
INDUSTRIALISERING OG VÆR- BESKYTTET BYGGING.....	136	Måling av fuktighet.....	141
GODKJENNING OG SERTIFISERING AV BYGGPRODUKTER	137	Kritiske fuktnivåer	141
HVORDAN SØRGE FOR ET GODT ARBEIDS- OG INNEMILJØ?	138	REN OG RYDDIG BYGGEPROSESS	142
Prosjektavtaler.....	138	Tilrettelegging	142
		Produksjon (rigg og drift)	142
		Arbeidssoner	142
		Bearbeiding og beskyttelse av materialer og overflater	143
		Rehabiliteringsarbeider	144
		Renhold i byggeperioden	144
		Rengjøringsmetoder	144
		Overflatebehandling av golv	145
		Rengjøringskvalitet	145
		Rengjøring av ventilasjonsanlegg.....	146
		Avfallshåndtering	146

Innledning

De som står ansvarlig for gjennomføringen av byggeprosjekter, gjør dette ut fra sin kompetanse, sine ferdigheter og sine erfaringer innenfor de ulike oppgavene og fasene i gjennomføringsprosessen. Etter reformen av plan- og bygningsloven i 1997 er de fleste rollene underlagt offentlig godkjenning. Roller og ansvar kan fordeles ulikt i de forskjellige byggeprosjektene. Derfor er organiseringen av byggeprosessen svært viktig. Endringene i plan og bygningsloven, der nettopp klarere ansvar, myndighet og kvalitet hadde hovedfokus, har det tatt lang tid å innarbeide. Det er først nå, nesten ti år etter, at kontrollsystemer og offentlig organisert tilsyn ser ut til å komme på plass. Vi opplever fortsatt at urealistisk tidspress, hyppige endringer og manglende kompetanse ofte fører til svikt og uheldige konsekvenser for de som skal bruke og oppholde seg i bygningene. Klare kvalitetsforbedringer med færre feil både i prosjekteringen og i utførelsen lar fortsatt vente på seg. I dette kapitlet vil vi i tillegg til å legge vekt på organiseringen av byggeprosjekter gå gjennom hvordan man kan forebygge feil og mangler ved prosjektering og produksjon, og se nærmere på produksjonsopplegg og framgangsmåter som sikrer bygninger mot værpåkjenninger og tilsmussing i byggetiden.

Byggeprosessen er oppdelt og fragmentert. Alle må derfor kjenne til og ta ansvar for mer enn sitt bidrag i prosessen. Betydningen av dette øker med antall aktører. Det er imidlertid vanskelig å oppnå full forståelse eller engasjement for helheten når aktørene kommer inn og gjør en avgrenset jobb. Tiltakshaverens (byggherrens) rolle i tilretteleggingen av prosessen er derfor avgjørende for å sikre et vellykket byggverk som oppfyller kravene til bruk og utforming, og hvor brukerne opplever innemiljøet som tilfredsstillende.

Kvalitetsfeil kan påvirke innemiljøet

Hvor og når oppstår kvalitetsfeil?

Det fins en rekke årsaker som kan lede til at det oppstår kvalitetsfeil som har stor betydning for innemiljøet. Alle parter i byggeprosessen, innbefattet bruks-/forvaltningsfasen, må bære sin del av ansvaret når problemer inntreffer.

SINTEF Byggforsk har kartlagt byggskaader i over femti år, både etter oppdrag fra byggenæringen og i omfattende feltundersøkelser. Siden 1964 er det gjennomført mer enn 5 000 oppdrag knyttet til undersøkelse av prosessforårsakede byggskaader. Detaljerte opplysninger om oppdragene er samlet i et elektro-

nisk byggskaadearkiv, noe som gir mulighet for inngående analyser av skader og årsakssammenhenger.

Figuren nedenfor viser en fordeling av prosessrelaterte årsaker til byggskaader. Oversikten viser at tiltakshaveren og hans eller hennes prosjektorganisasjon er den enkeltgruppa som sterkest kan bidra til reduksjon av byggskaadeomfanget. Dårlige rammebetingelser og for lite prosjektering fører blant annet til at manglende skriftlige avtaler erstattes underveis av muntlige avtaler, med uklar fordeling av ansvar som resultat. Pris- og tidspress fører ofte til uheldige valg av materialer og løsninger. Dårlig samarbeid og kommunikasjon mellom aktørene i byggeprosessen, samt at personer opererer utenfor sitt kompetanseområde er også medvirkende årsak til mange feil og skader.



Fordeling som viser når i byggeprosessen grunnlaget for byggskaadene blir lagt

Analyse av kilder til prosessforårsakede byggskaader viser at så mye som 76 % av alle skadene skyldes fuktpåvirkning i en eller annen form. Gjennomgang av Byggskaadearkivet viser også at så mye som 66 % av alle de prosessforårsakede byggskaadene opptrer i tilknytning til bygningens klimaskjerm, det vil si tak og terrasser, yttervegger over terreng samt konstruksjoner mot terreng.



Prosessforårsakede byggskaader for tiårsperioden 1993–2002 fordelt på skadested

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 700.110 Byggskader. Oversikt
- Ingvaldsen, T. Byggskadeomfanget i Norge. Prosjektrapport 163, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 1994
- Lisø, K.R., Kvande, T. og Thue, J.V. Learning from experience – an analysis of process induced building defects in Norway. Research in Building Physics and Building Engineering – Proceedings of the 3rd International Building Physics Conference. London, 2006

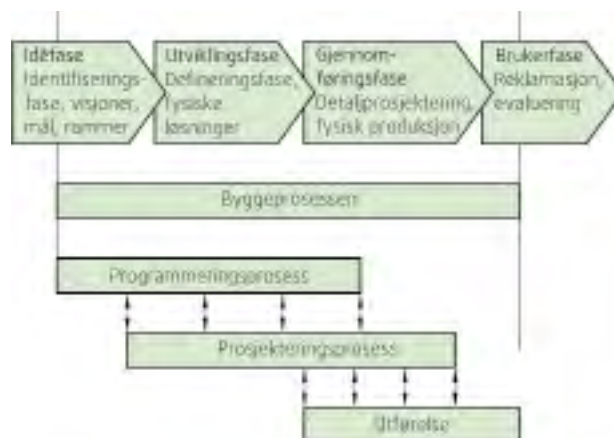
Forebygging av kvalitetsfeil

Tiltakshaveren/byggherren må kunne forvente at egne fagfolk, engasjerte rådgivere og entreprenører stiller krav til egen kompetanse og innehar tilstrekkelig kunnskap om valg av materialer og løsninger. God kvalitetsstyring gjennom hele byggeprosessen vil redusere feil og skader. Bedre planlegging, samarbeid og kommunikasjon mellom de ulike aktørene er en viktig del av dette. Nye materialer og løsninger må ikke tas i bruk uten at tilstrekkelig dokumentasjon av egnethet foreligger. Ansvar for planlegging, utførelse og kontroll må avklares og fordeles blant de ulike aktørene. Værbeskyttet bygging og gjennomføring av ren, tørr og ryddig byggeprosess er også forhold som bidrar til å forebygge skader. Likeledes vil løpende kontroll av prosjekteringsmaterialet og utførelsen bidra til at eventuelle feil og mangler avdekkes på et tidlig stadium.

Byggeprosessen – kan den gjøres enkel?

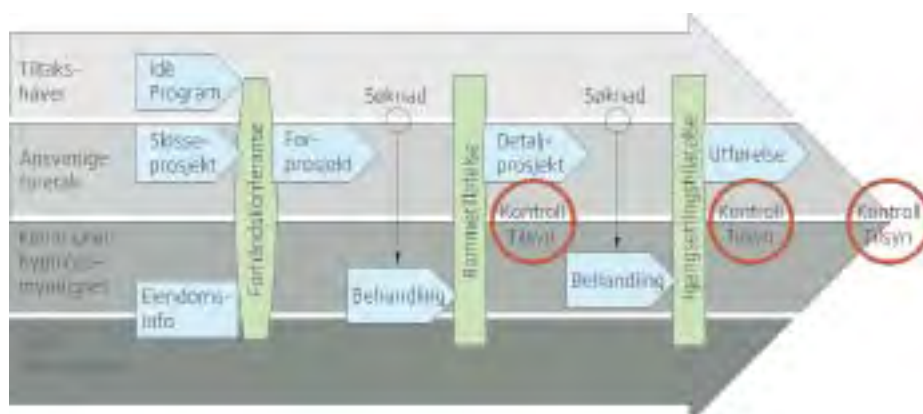
Figuren under er en forenklet framstilling av byggeprosessens hovedaktiviteter og faser. Alle byggeprosjekter må gjennom disse, selv om omfanget vil vari-

ere med størrelsen på prosjektet. Feilen mange gjør, er å gå for direkte på prosjekterings- og utførelsesfasen uten å tenke godt nok gjennom forventninger og krav og få disse klart beskrevet i avtaler/kontrakter. Plan- og bygningsloven søker å ta hensyn til dette ved å legge opp til forhåndskonferanse og å kreve at en ansvarlig søker bringer byggesaken fram til de nødvendige tillatelser, men erfaring viser at tiltakshaver eller oppdragsgiver likevel må følge sin byggesak nøye.



Forenklet framstilling av byggeprosessen. Selv om kjerneprosessene har en rekkefølge, er det i praksis betydelig overlapp i tid mellom fasene.

Den neste figuren viser prinsippene i et prosjekt sett i et byggesaksperspektiv. Den viser både hvor ansvaret ligger i forhold til det offentlige og hvilke aktiviteter eller oppgaver som de ulike aktører/instanser gjør. Byggforskriftene og byggesaksgangen skal sikre at byggverkene tilfredsstillere kravene til sikkerhet og helse i bruk. Prosessen er derfor sammenfallende med, og det naturlige grunnlaget for, de kravene som brukere og tiltakshaveren stiller. Tiltakshaveren har gjennom kontrakter og avtaler muligheten til å for-



Byggeprosessen sett i et byggesaksperspektiv

sterke kravene, men kan også svekke dem gjennom å kreve for kort tid til prosjektgjennomføring og/eller ved å presse priser.

Byggeprosessen er ikke lett å forenkle, og særlig vanskelig er det i større og kompliserte prosjekter med utfordrende styringsoppgaver. Det kreves derfor profesjonelle og spesialiserte aktører i de mange rollene.

Ofte har ikke tiltakshaveren profesjonell styringskompetanse i egen organisasjon og må kjøpe konsulenter/rådgivere til oppgavene. I enklere prosjekter (ikke nødvendigvis bare små eller mindre) kan styringsoppgavene legges til det utførende leddet, i en totalentreprise, men da må tiltakshaveren ha gjort en grundig jobb i de tidligere fasene for å være sikker på å få det bygget hun/han har bestilt.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Planlegging 220.010 Programmering av byggeprosjekter

Byggeprosessen og gjennomføringsformer

Der tiltakshaver styrer byggesaken selv – en tiltakshaverstyrt (byggherrestyrt) entreprise – inngår hun eller han selv avtaler og kontrakter med alle aktørene fra arkitekt og rådgivere til de forskjellige entreprenørene, inklusive de tekniske fagene.

Velger tiltakshaver å samle større deler av gjennomføringen i en kontrakt, kalles entrepriseformen for hovedentreprise. Fortsatt gjør tiltakshaver avtaler og knytter kontrakter med de prosjekterende, som utarbeider anbudsunderlag som hovedentreprenørene konkurrerer om. I hovdeentreprisen er det som oftest entreprenøren som planlegger og styrer gjennomføringsfasen.

Den tredje varianten er totalentreprise. Der gjør tiltakshaver en avtale med en (total)entreprenør, som tar ansvaret for hele byggeprosessen inklusive detaljprosjektering og utførelse – ofte til en fast avtalt pris.

I praksis vil man finne mange varianter i tillegg til disse «rene» gjennomføringsformene, men vær klar over at makten og myndigheten, det vil si kontrollen over prosjektet, legges i valget av gjennomføringsform. Ønsker man å kunne påvirke, altså gjøre endringer og valg gjennom prosessen, og har den nødvendige kompetansen og økonomisk frihet, er den tiltakshaverstyrte modellen å foretrekke. Ønsker man

derimot en fast pris og har mindre ønske eller behov for å følge prosessen nærmere, er totalentrepriser å foretrekke. Vær klar over at totalentreprenøren kan falle for fristelsen til å velge (for) billige løsninger og materialer som ikke oppfyller de forventningene man har som tiltakshaver og bruker. Uansett gjennomføringsmodell er det derfor viktig at forhold som er av betydning for framtidig bruk blir lagt som krav i beskrivelser og kontrakter. Like viktig er det å sikre mulighet for å følge opp og kontrollere at kravene blir oppfylt.

Kvalitetsstyring – kvalitetssystem

Både fra myndighetene og i kontraktene stilles det krav om at aktørene i byggeprosessen skal ha operative systemer som sikrer kvaliteten og sporbarheten til de arbeidene som utføres. Enkelte foretak behersker kombinasjonen av det å arbeide effektivt og samtidig bekrefte kvaliteten med nødvendig dokumentasjon og kontroll. Det gjelder ikke minst kravene til internkontroll og fokuset på sikkerheten. Men uten oppfølging ser ikke kravene om operative kvalitetsystemer ut til å garantere for en forventet jevn kvalitet hos alle aktørene i næringen.

Industrialisering og værbeskyttet bygging

Av ulike årsaker har industrialisering av byggeprosessen igjen kommet i fokus. En av de viktigste grunnene er å kunne sikre en forutsigbar og ikke minst tørr byggeprosess ved økt grad av prefabrikasjon og mulighet for bedre kontroll over delprosessene. Bruk av systemer for værbeskyttelse er et effektivt forebyggende tiltak mot skader som følge av ytre klimapåkjenninger under byggingen. Slike tiltak bør vurderes så tidlig som mulig i byggeprosessen, slik at de forskjellige aktørene kan planlegge ut fra at byggingen vil skje skjermet mot nedbør og vind. Beskrivelsestekster for alle bygg bør derfor inneholde et punkt som synliggjør tiltakshaverens forventning om værbeskyttet bygging. Entreprenørene må beskrive hvordan og til hvilken pris de planlegger å ivareta tiltakshaverens forventninger. Kost-/nyttevurderinger av slike tiltak bør gjennomføres.



Eksempel på hvordan Selbuhus prefabrikerer en enebolig, og med sin spesielle takkonstruksjon raskt får et tett bygg.
Foto: Selbuhus

Godkjenning og sertifisering av byggprodukter

Både i boligbygging og i andre prosjekter stilles det strenge krav til bruk av godkjente eller sertifiserte produkter. I teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) stilles det krav om at byggevarer som inngår i byggverk skal tilfredsstille en rekke grunnleggende krav. Produsentene skal sørge for nødvendig dokumentasjon av produktenes egenskaper, og kan underlegge seg dokumentasjons- og kontrollsystemer som sikrer at produktet samsvarer med de tekniske spesifikasjonene som ligger til grunn for framstilling av produktet.

Det fins flere typer dokumentasjon:

- CE-merking på grunnlag av en harmonisert europeisk produktstandard (hEN) eller europeisk teknisk godkjenning (ETA) i henhold til retningslinjer gitt i byggevaredirektivet (CPD). Europeiske tekniske godkjenninger utstedes for produkter som ikke dekkes av en standard, for eksempel innovative eller komplekse, sammensatte produkter. Dokumentasjon i henhold til reglene for CE-merking er obligatorisk minimumsdokumentasjon som sikrer at produktet fritt kan omsettes innenfor EØS.
- Frivillig nasjonal produktsertifisering som bekrefter samsvar med en standard eller annen teknisk spesifikasjon
- Frivillig nasjonal teknisk godkjenning som bekrefter at produktet er egnet til angitt bruksområde i Norge, bekrefter samsvar med regelverket, deklarerte produktegenskaper og betingelser for bruk

Det er verd å merke seg at CE-merking ofte ikke gir tilstrekkelig dokumentasjon på at et produkt vil bidra

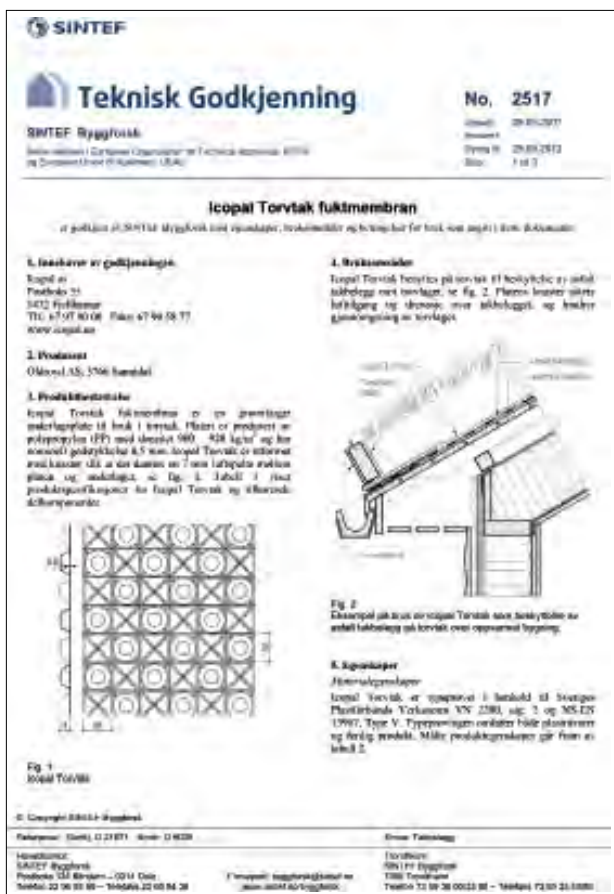
til å tilfredsstille alle krav til et byggverk gitt i nasjonale lover og forskrifter. CE-merking omfatter som regel heller ikke betingelser for bruk, montasjeforutsetninger eller begrensninger i forhold til bruksområde. Slike forhold ivaretas imidlertid av for eksempel en SINTEF Byggforsk Teknisk Godkjenning.

Produktdokumentasjon kan utstedes av forskjellige instanser som er utpekt/godkjent og akkreditert for slikt arbeid. Aktuelle instanser innen det byggefaglige området er:

- SINTEF Byggforsk, som også inkluderer SINTEF NBL AS (Brannlaboratoriet)
- NEMKO Certification AS
- Kontrollrådet
- Treteknisk

I Norge er SINTEF Byggforsk utpekt av myndighetene som teknisk kontrollorgan for en lang rekke byggevarer for sertifisering, prøving og inspeksjon i henhold til det europeiske byggevaredirektivet (CPD). Instituttet er også utpekt til å utstede europeisk teknisk godkjenning (ETA). I tillegg utsteder instituttet SINTEF Byggforsk Produktsertifikat og SINTEF Byggforsk Teknisk Godkjenning. Byggevarer, komponenter og konstruksjoner som er godkjent eller sertifisert etter disse ordningene, har den dokumentasjonen myndighetene krever for bruk i bygninger. Sertifiserings- og godkjenningsordningene gir opplysninger som i tillegg til de konstruktive egenskapene angir ulike miljøfaktorer og egenskaper som er viktige både i byggeprosessen og for den ferdige bygningen.

Krav til produktdokumentasjon er også behandlet i kapittel 5 om byggematerialer.



Eksempel på en Teknisk Godkjenning for en fuktmembran. Tekniske godkjenninger er lagt ut på www.sintef.no/byggforsk.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 570.001 Dokumentasjon av egenskaper for byggprodukter
- Statens bygningstekniske etat (BE). Produkt-dokumentasjon – Temaveiledning, HO-3/2006. Oslo, 2006
- Statens bygningstekniske etat (BE). Produkt-dokumentasjon og ansvar i byggesak – Tema-veiledning, HO-3/2008. Oslo, 2008

Hvordan sørge for et godt arbeids- og innemiljø?

Det er viktig å ha et godt arbeidsmiljø på byggeplas-sen, ta hensyn til det ytre miljøet, og bidra til et godt innemiljø i ferdig bygning. Erfaringer viser at mye kan oppnås ved å gjennomføre en såkalt ren, tørr og ryddig byggeprosess. En ren, tørr og ryddig byggeprosess bidrar til bedre orden og lavere støvmengder på byggeplassen, noe som gir et bedre arbeidsmiljø ge-nerelt, færre arbeidsulykker og skader, og lavere sy-kefravær. I tillegg gir en slik prosess færre byggfeil, mindre behov for etterarbeider, mindre tid til leting etter verktøy og liknende, store reduksjoner i avfall til deponi, og mindre forurensninger og fuktskader fra byggeperioden i ferdig bygning. Resultatet er raskere framdrift, reduserte avfallskostnader og redusert be-lastning på ytre miljø, og ikke minst et bedre inne-miljø når bygningen settes i drift. De viktigste tiltake-ne for å få til en ren, tørr og ryddig byggeprosess er å:

- legge forholdene til rette for en ryddig arbeids-plass
- lagre materialer og materialrester tørt
- skjerme fuktømfintlige konstruksjoner mot ned-bør
- unngå fuktinntrenging etter at bygningen er luk-ke
- sørge for uttørring av byggfukt
- hindre at byggstøv utvikles og spres i lokalene
- hindre at mugg- og soppsporer utvikles og spres
- tilrettelegge for enkel fjerning av støv, smuss, ma-terialrester og annet avfall
- sørge for systematisk renhold av alle flater

Se også egne underkapitler om «Tørr byggeprosess» og «Ren og ryddig byggeprosess».

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 501.107 Ren, tørr og ryddig byg-geprosess
 - Byggdetaljer 501.108 Renhold i byggeperio-den

Prosjektavtaler

Det er viktig å legge til rette for ren, tørr og ryddig byggeprosess svært tidlig i byggeprosessen. Start i utredningsfasen og få kravene inn i byggeprogram-met eller i kravspesifikasjonen for prosjektet. Formu-ler kravene på en måte som kan følges opp i forpro-sjekt, detaljprosjekt og utførelsesfasen. Tiltakshaver

må sørge for at krav og målsettinger om ren, tørr og ryddig byggproduksjon inngår i kontrakt mellom tiltakshaver og entreprenør (eventuelt side-/underentreprenør). Hovedentreprenør må sørge for at krav og målsettinger inngår i kontrakter med underentreprenører og leverandører.

Plassering av ansvar

Tiltakshaver har hovedansvar for at byggeplassen er ren og ryddig. Det anbefales å gi et overordnet koordineringsansvar for ren, tørr og ryddig byggeprosess til den entreprenøren som er dominerende på byggeplassen. Ved hovedentrepriser kan hovedansvaret for rydding og renhold plasseres hos hovedentreprenøren, som igjen stiller krav til underentreprenørene. Hver enkelt aktør bør ha ansvar for å rydde, fjerne avfall og støvsuge etter egne arbeider, og la en person ha overordnet ansvar for rydderutiner. Det bør være samme person som har ansvar for helse, miljø og sikkerhet.

Det anbefales å lage en aktivitets- og ansvarsmatrise som viser tydelig hva som skal gjøres og hvem som har ansvar for de ulike aktivitetene. Ansvarsmatrisen bør inngå i rutiner for gjennomføring av ren, tørr

og ryddig byggeprosess, hvor det også klart framgår hvilke målsettinger og forutsetninger man har for prosessen, hvilke regler som gjelder for forurensende aktiviteter som bearbeiding av materialer, bruk av maskiner, røyking og rengjøring, samt hvilke krav som stilles til maskiner og utstyr som skal brukes. I større prosjekter kan det være aktuelt å engasjere en egen renholdsentreprenør med renholds faglig kompetanse til å ta seg av renholdet i byggeperioden.

Informasjon og motivasjon

Informasjon til og motivering av alle aktørene i byggproduksjonen er en forutsetning for å oppnå godt arbeidsmiljø og et framtidig godt innemiljø. Før byggingen tar til, bør man arrangere informasjonsmøter for alle på arbeidsplassen, hvor man også framhever hvor viktig det er for resultatet at det er rent og ryddig på byggeplassen. Informasjonsmøter må gjentas ved behov når nye aktører og fag kommer inn i byggproduksjonen. I byggeperioden bør man med noen ukers intervaller arrangere oppfølgingsmøter om hvordan arbeidet fungerer, eventuelt kan oppfølgingen integreres i byggemøtene.

Eksempel på aktivitets- og ansvarsmatrise for gjennomføring av ren, tørr og ryddig byggeprosess

Aktivitet	Hyppighet	Ansvar	Dokumentasjon
Kontroll og eventuelt skifte av filter på støvsugere. (Filter rengjøres og skiftes når rengjøring ikke bedrer sugeneffekten.)	Ved behov.	Den enkelte bruker	Signeringsliste på maskin
Kontroll og skifte av filter på ventilasjonsanlegg i produksjonsrom	Daglig i de rommene som er i bruk	Hovedentreprenør	Signeringsliste på aggregat
Rengjøring før lukking av vegger	Løpende	Tømrer	Sigtering på sjekkliste tømrer
Rengjøring før lukking av himlinger	Løpende	Tømrer	Sigtering på sjekkliste tømrer
Kontroll og drifting av provisoriske vegger og dører, soner og produksjonsrom	Løpende	Hovedentreprenør	Ikke aktuelt
Rengjøring og drifting av RENTASJON utenfor innganger til rød sone	Daglig	Hovedentreprenør	Signeringsliste ved renstasjon
Rengjøring av inngangspartier og skifting av matter	Ukentlig	Hovedentreprenør	Signeringsliste ved inngangsparti
Støvsuging/svabring/naling av trapper akse 7–8	Hver onsdag	Hovedentreprenør	Signeringsliste første etasje trapp
Støvsuging av produksjonsrom	Daglig	Største bruker	Signeringsliste i produksjonsrom
Støvsuging av andre etasje	Hver mandag og torsdag	Hovedentreprenør	Signeringsliste ved trapp akse 8
Støvsuging av første etasje	Hver tirsdag og fredag	Hovedentreprenør	Signeringsliste ved trapp akse 8
Støvsuging av kjelleretasje	Hver onsdag	Hovedentreprenør	Signeringsliste ved trapp akse 8
Støvsuging av horisontale flater over 180 cm	1x per måned	Hovedentreprenør	Signeringsliste ved trapp akse 8
Kildesortering og transport ut etter egne arbeider	Løpende	Alle	Ikke aktuelt
Rydding og støvsuging etter egne arbeider	Løpende	Alle	Ikke aktuelt

Tørr byggeprosess

Generelt

Det må tilrettelegges for sikring mot fuktinntrenging i materialer og konstruksjoner under hele byggeperioden. En tørr byggeprosess hindrer fuktskader og reduserer problemer med oppsprekking og knirk på grunn av fuktbevegelser i materialene. Flere tiltak er aktuelle:

- Alle materialer på byggeplassen skal oppbevares beskyttet mot nedbør og direkte sol.
- Så langt det er mulig, benyttes prinsipper for værbeskyttet bygging. Uferdige bygningsdeler skal beskyttes mot nedbør, for eksempel ved å:
 - lage et vannavvisende telt rundt og over bygningen allerede når råbygget er ferdig
 - tette alle åpninger i yttervegger og tak så snart det er mulig
- Dampsperre monteres så snart som mulig.
- Unngå å varme opp bygningen før dampsperre er montert. Det driver fuktighet inn i konstruksjonene.
- Vurder bruk av avfuktere i byggeperioden. Det kan forkorte byggetiden, gi bedre arbeidsmiljø og hindre fuktskader.



Eksempel på viktige tiltak for å unngå problemer med byggefuktighet

Les mer

- Byggforskserien:
 - Bygghdetaljer 421.510 Tilrettelegging for godt innemiljø i boliger
 - Bygghdetaljer 501.107 Ren, tørr og ryddig byggeprosess
- Rådgivende Ingeniørers Forening. Rent, tørt bygg: planlegging og prosjektering etter RTB-filosofien. 2. utg. Oslo, 2007

Gi konstruksjonene uttørkingsmulighet

Selv om det gjennomføres en tørr byggeprosess og bygget er prosjektert med gode løsninger og materialvalg, må man likevel forutsette at materialene kan bli utsatt for fukt i byggetiden. Derfor er det en fordel om konstruksjonene har god evne til å tørke ut. Dette er helt nødvendig hvis konstruksjonen inneholder fuktfølsomme materialer.

For å unngå skader kan man:

- unngå å bygge inn fuktfølsomme materialer mellom to damprette sjikt
- ordne sjiktene i riktig rekkefølge, med størst dampmotstand på varm side og avtakende mot kald
- bygge inn uttørkingsmuligheter ved hjelp av ventilerte luftspalter
- sørge for at eventuelt lekkasje- eller kondensvann kan dreneres bort
- sørge for at eventuelt lekkasje- eller kondensvann kan tas opp av hygroskopiske materialer for senere avdamping

Framdriften må legges opp etter uttørkingsrekkefølgen i bygningen.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Bygghdetaljer 474.511 Vurdering av fuktsikkerhet. Kontrollpunkter

Skadde materialer må fjernes

Innebygd fukt kan gi vekst av muggsopper og dårlig innemiljø i den ferdige bygningen. Alt materiale som er fuktskadd og som ikke lar seg tørke ut i tide, må derfor fjernes fra bygningen. Det må foretas fuktmålinger før videre behandlinger som maling, legging av golvbelegg osv.

Uttørring av byggfukt

Mange nye materialer inneholder et overskudd av fuktighet når de installeres i et nybygg. Det gjelder spesielt plasstøpt betong og trematerialer som ikke er spesialtørket. Dette overskuddet av fuktighet må tørkes ut før konstruksjonene lukkes. Det gjelder spesielt betonggolv som skal få et limt golvbelegg av typpen vinyl eller linoleum. Uttørring av byggfukt er nærmere beskrevet i kapittel 4.



Byggfukt illustrert ved en typisk uttørkingskurve

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 474.533 Byggfukt. Uttørring og forebyggende tiltak

Måling av fuktighet

Instrumenter for måling av relativ luftfuktighet brukes både for å kontrollere tørkeklimate i romluft og hulrom i konstruksjoner og for å måle fuktinnholdet i materialer, først og fremst trevirke og betong. I alle byggeprosjekter bør det lages et eget program for å følge opp og kontrollere fukt, og måleresultatene må loggføres. Måling av fuktighet er nærmere beskrevet i kapittel 4.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 474.531 Måling av fukt i bygninger

Kritiske fuktnivåer

Soppvekst i eller på materialer krever næring, fuktighet, temperatur og tid for å vokse. I tørre materialer, det vil si med en trefuktighet under 20 %, er det generelt sett ikke mulig for sopp å vokse. Det kan imidlertid opptre enkelte tørketålende arter ved lavere verdier, men da stilles det store krav til næring og temperatur. Under en relativ luftfuktighet på 75 % er det ikke fare for vekst av muggsopp i bygningsmaterialer.

Ved montering av materialer er det imidlertid ikke

bare faren for mugg- eller soppvekst som er kritisk. Forhold som har med oppsprekking, krumming, innfesting osv. er også av stor betydning.

Veiledende nivåer for kritisk fuktinnhold i trevirke ved montering/innbygging

Materiale/-konstruksjon	Beskrivelse	Grenseverdi (vektprosent)
Konstruksjonsvirke (trelast av barte for konstruktive formål, for eksempel sviller, stendere, bjelker og losholter)	Konstruksjoner som tørker raskt etter lukkingen, for eksempel vegger over terrengnivå og luftede tretak	20
	Konstruksjoner som tørker svært langsomt etter lukkingen, for eksempel vegger under terrengnivå, kompakte tretak eller tilfærrergolv med tett beleg (ikke anbefalte løsninger)	15
	Underlag for parkett (undergolv, golvbjelker, tilfarer osv.)	12
Plategolv ved legging av tett beleg uten golvvarme	Sponplater	12
	Fuktbestandige sponplater	11
	Trefiberplater	9
	Kryssfiner	15
Plategolv ved legging av tett beleg med golvvarme	Sponplater	7
	Fuktbestandige sponplater	7
	Trefiberplater	7
	Kryssfiner	7
Bordgolv (heltre)	Tørket med fuktinnhold tilpasset inneklimate i helårsoppvarmet bygning	10
	Tilpasset inneklimate for tilfeldig oppvarmede bygninger, for eksempel fritidshus	16
Trebaserte kledninger som skal males	Utvendig trepanel (ved grunnbehandling)	20
	Utvendig trepanel	15
	Innvendig trepanel	15
	Sponplater	12
	Trefiberplater	9

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 474.533 Byggfukt. Uttørring og forebyggende tiltak

Ren og ryddig byggeprosess

Tilrettelegging

Mye forurensning kommer inn i bygget gjennom person- og varetransport. Utearealer og atkomstveier bør derfor opparbeides så tidlig som mulig i prosessen. Asfaltering av de siste 25 meterne foran inngangen er beste løsning (man må som regel reasfaltere før bygget tas i bruk), men et godt lag pukk vil også hjelpe. Unngå dekkematerialer som inneholder sand, leire eller annet finstoff. Inngangspartier må utformes slik at man drar minst mulig smuss inn i bygget. Det anbefales å sørge for minimum fire meter lang skraprist foran inngangen. Dessuten bør man bruke fuktabsorberende matter, i tilsvarende lengde som skraprista, innenfor inngangen. Skraprist bør gjøres ren og matter skiftes minst én gang per uke. Antall innganger bør begrenses til et minimum etter at bygget er lukket.

Man bør velge materialer som avgir minst mulig støv ved bearbeiding hvis de ellers tilfredsstiller kravene. Prefabrikkering vil bidra til å redusere både smuss- og avfallsproduksjonen i byggeperioden. Det anbefales derfor å bruke ferdigkappede materialer og produkter med ferdige hull der dette er mulig, slik at behovet for arbeidsoperasjoner som støver ned byggeplassen blir mindre. Materialer som er godt egnet for ferdigkapping, er gipsplater og andre bygningsplater. Bruk av prefabrikerte betongelementer reduserer transporten av betong, sand og vann til byggeplassen, og reduserer fuktmengden som må tørkes ut. Betongelementer bør leveres med ferdige hull og utsparinger. Alle betongelementer må leveres tørre og rene til byggeplassen, og hulldekkelementer må ha endelokk.

Materialoverflater bør være rengjøringsvennlige. Materialer og overflater som binder støv og er vanskelige å holde rene, samler støv ikke bare i byggets driftsperiode, men også i byggeperioden.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggetaljer 501.107 Ren, tørr og ryddig byggeprosess

Produksjon (rigg og drift)

Det er nødvendig at alle entreprenørene får plass, eventuelt eget rom, til oppbevaring av materialer, verktøy, maskiner og annet i bygget så snart det er lukket. Det gir mindre tråkk ut og inn. I avlukkene bør det være hyller og tilstrekkelig plass til at oppbevaringen blir ordnet og oversiktlig.

Ulike arbeider må planlegges og utføres i riktig rekkefølge, og det må sørges for at de forskjellige entreprenørene ikke griper unødige forstyrrende inn i andres entrepriser. Sliping, boring og andre forurensende aktiviteter må gjøres så tidlig som mulig i prosessen. Det samme gjelder fuktige arbeider som påstøp og avretting av golv. Tetting mot nedbør og anlegg for bortføring av overflatevann må ferdigstilles før innrednings- og installasjonsarbeider starter. Innredninger o.l. bør monteres sent i byggeperioden for å hindre samling av støv. Tepper på golv og andre materialer og flater som samler smuss og støv, må monteres helt til slutt i byggeperioden.

Bearbeiding av materialer som skaper støv må i størst mulig grad skje utendørs eller i eget produksjonsrom med avtrekksventilasjon. Det gjelder blant annet bearbeiding av mineralull, kapping av platekledninger av gips, spon o.l. Provisorisk tetting må gjennomføres for å forhindre at termiske krefter eller vindkrefter transporterer støv inn i bygget eller sprer støv fra urene til rene soner.

Kabler til byggestrøm må henges opp og plasseres slik at de ikke er til hinder for renhold og transport av avfall, materialer og utstyr.

Eksempler på rekkefølge for arbeidsoppgaver på byggeplassen

Så tidlig som mulig i prosessen	Før innredning og installasjonsarbeider	Til sist i prosessen
– Sliping, boring og andre forurensende aktiviteter – Påstøp og avretting av golv	– Tetting mot nedbør – Anlegg for bortføring av overflatevann	– Montere innredning – Montere materialer som samler mye støv, for eksempel tepper

Arbeidssoner

I forbindelse med ren, tørr og ryddig byggproduksjon benyttes gjerne fargekoding for å angi forskjellige renhetssoner i bygget.

- Grønn sone benyttes i råbyggfasen og angir ingen spesielle restriksjoner utover de vanlige kravene til orden og renhold.
- Gul sone brukes i tett bygg med ikke-ferdige overflater og før dører og vinduer er montert. Her stilles det krav til hyppig rengjøring og beskyttelse mot produksjon og spredning av støv.
- Rød sone benyttes i tett bygg med ferdige overflater. Her er det ikke tillatt med støvende arbeider, og inntråkking av smuss begrenses ved innføring av adgangsrestriksjoner og krav om bruk av skovertrekk.

Bearbeiding og beskyttelse av materialer og overflater

Materialer må være rene og fri for støv når de ankommer byggeplassen. Materialer må lagres tørt. Innvendig i bygget bør man bruke flyttbare reoler eller traller til lagring, slik at golvet er tilgjengelig for rengjøring. Materialer må lagres tildekket, eventuelt beskyttet på annen måte, slik at de ikke samler støv.



Materialer som er lagret tørt og ryddig. Foto: O.B. Wiik

Ventilasjonskanaler skal være rene og forseglet i begge ender inntil montering, og dersom rengjøring før drift skal unngås, må eventuelle åpninger holdes lukket med plast eller endeløkk helt til anlegget skal innreguleres. Tilknytning til vertikale hovedkanaler i sjakter bør skje så sent som mulig for å redusere luftgjennomstrømningen.

Kabelbruer må rengjøres før kabler trekkes, og senere rengjøres jevnlig inntil himlingen eventuelt lukkes. Hulrom over himling, i sjakter, i innervegger, yttervegger og innredninger bør gjøres rent tidligst 48 timer før gjenlukking og beskyttes mot senere tilsmussing.

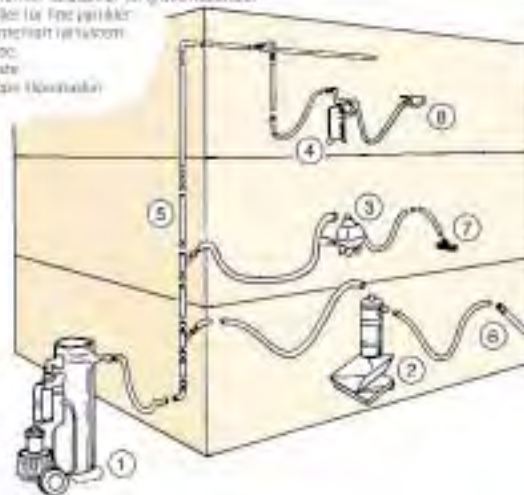
Materialer som kan avgi støv eller fibre, for eksempel mineralull, bør unngås eller forsegles med duk, folie e.l. Snittflater på himlingsplater forsegles med støvbindende maling. Overflater av betong kan avgi fint sementstøv. De kan også være forholdsvis ru og samle støv. Det anbefales derfor å støvbinde alle betongoverflater så tidlig som mulig. Bruk porefyller, maling, betongimpregnering eller andre overflatebehandlingsprodukter med lavt innhold av flyktige organiske forbindelser, slik at innemiljøet ikke forringes.

Det bør velges bearbeidingsmetoder og verktøy som avgir minst mulig støv til omgivelsene. Eventuelt bør man utføre arbeidet utendørs i tørt vær. Verktøy som brukes innendørs, må ha avsug. Sliping og pussing av overflater bør kun skje med godt avsug på maskinene. Avsugget må føre lufta ut av bygget eller være tilkoblet en sentralstøvsuger eller mobil støvsu-

ger med HEPA-filter som fjerner alt finstøvet i utblåsingslufta.

Støvsugeranlegg for byggeprosessen

1. Sugsuggeranlegg med luftkassette, sykkel- og miniruller
2. Føntestasjon for grove materialer, mobil
3. Høstestasjon for grove materialer
4. Høstestasjon for fine partikler
5. Lett monterbart rørsystem
6. Sugsugger
7. Golvstøve
8. Sugsugger for himnings



Midlertidig sentralstøvsugeranlegg

Alt ferdig arbeid må beskyttes mot skader, tilsmussing og samling av støv. Spesielt viktig er det å sørge for tildekking av golv. Ferdig lagte golv kan tildekkes med plastbelagt kraftpapir med limte skjøter. Papiret teipes fast med lerretsteip. I transportsoner som korridorer og inngangsparti og på spesielt ømfintlige materialer som tepper og tregolv benyttes i tillegg et sli-testerkt midlertidig banebelegg (for eksempel vinyl) eller plater oppå kraftpapiret. Overflatene må gjøres rene før tildekking, og de bør beskyttes helt fram til klargjørende byggrengjøring. I tiden etter dette og



Ferdig lagte golv tildekkes med plastbelagt kraftpapir, og i tillegg bør det benyttes plater i transportsoner. Foto: SINTEF Byggforsk

fram til bygningen tas i bruk, må klargjorte overflater rengjøres og vedlikeholdes som om bygningen skulle være satt i drift. Instrumentpaneler o.l. som er vanskelige å rengjøre, bør tildekkes.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggetal 501.107 Ren, tørr og ryddig byggeprosess

Rehabiliteringsarbeider

Ren, tørr og ryddig byggproduksjon er spesielt vanskelig ved rehabiliteringsarbeider. Deler av bygningen er gjerne i vanlig bruk samtidig som arbeidene pågår. Det er som regel nødvendig med arbeid som boring, meisling, sliping og hulltaking. Vær spesielt nøye med tiltak som hindrer produksjon og spredning av støv. Arealer som rehabiliteres, må være fysisk stengt fra resten av bygningen, og trafikk mellom arealene bør unngås. Det kan også være hensiktsmessig å ta spesielle hensyn til lydisolering mellom arealene. Hvis det er fare for spredning av støv og forurensninger til andre arealer, må arealer som rehabiliteres ventileres med undertrykk. Om nødvendig må arealer i vanlig bruk rengjøres oftere enn normalt. Vanlig prosedyre for ren, tørr og ryddig byggproduksjon kan følges etter at all riving er foretatt og avfallet er transportert ut av bygningen. Dersom man har bygninger hvor det foregår en kombinasjon av riving og rehabilitering samtidig, må sone for riving og sone for rehabilitering skilles fra hverandre med en tett plastvegg e.l., og direkte trafikk mellom de to sonene må unngås.

Renhold i byggeperioden

Renhold i byggeperioden innebærer systematisk opprydding og rengjøring av golv og andre horisontale flater, og dette bør startes så snart bygget er lukket. Rydding og fjerning av avfall, rester og emballasje etter egne arbeidere må skje fortløpende. Støv fra sagging, boring osv. må fjernes umiddelbart for å hindre at det sprer seg i bygget. Løpende byggrenhold omfatter gjerne:

- fjerning og eventuelt sortering av emballasje, kapp, avfall og rester av materialer
- daglig rydding av trafikkarealer
- regelmessig rengjøring av golv og horisontale flater
- tildekking og eventuelt forsegling av elementer og installasjoner for beskyttelse mot støv og fuktighet

- rengjøring av alle overflater i hulrom før gjenlukking
- rengjøring av alle installasjoner før de bygges inn
- rengjøring etter behov etter forurensende arbeidere som riving, hullboring, sliping osv.
- rengjøring av overflater i hulrom før gjenlukking, for eksempel tekniske installasjoner over himling, stenderverk før isolering og lukking av vegger

Avsluttende byggrengjøring er rydding og rengjøring som utføres når alle byggeaktiviteter er avsluttet, og omfatter alle tilgjengelige overflater inklusive innvendige flater i fastmonterte innredninger, flater og installasjoner over demonterbare himlinger og bygningsdeler, tekniske installasjoner og sanitærutstyr, pussing av vinduer utvendig og innvendig, og rengjøring og overflatebehandling av harde og halvharde golvbelegg.

Alt renhold i byggeperioden bør utføres av fagkyndige personer, og ikke overlates til foreninger som en dugnadsjobb. Klargjørende byggrengjøring kan eventuelt overlates til de som skal ha ansvaret for renholdet i den daglige driften av bygningen.

Rengjøringsmetoder

Ikke bruk rengjøringsmetoder eller midler som kan være helsefarlige eller kan skade materialer og overflater. Metodene må ikke etterlate vesentlig fukt. Tørrfeiling eller andre metoder som kan virvle opp støv, må ikke benyttes.

Støvsuging er den rengjøringsmetoden som egner seg best i lokaler hvor golvet ikke er ferdig lagt (gul sone). Støvsuging kan brukes gjennom hele byggeperioden for å fjerne løst støv og smuss på alle overflater. Det kan benyttes felles sentralstøvsuger for hele bygget, eller flere oppdelte sentralstøvsugere. De enkelte entreprenørene bør ha egne støvsugere som kan kobles til verktøy som benyttes ved støvende arbeidsoperasjoner. Dersom man bruker midlertidig, sentralt støvsugeranlegg, bør dette monteres så snart bygget er lukket. Kanalnettet bør henges opp eller monteres slik at det ikke er til hinder for renhold og ferdsel. Det er viktig å dimensjonere sentralstøvsugeranlegg riktig i forhold til maks antall samtidige brukere.

Tørrmopping er godt egnet til å rengjøre golv i områder med lite smussinntrekk og forurensning (rød sone). Det anbefales å bruke oljeimpregnerte garnmopper, som har stor kapasitet. Flekker eller søl må fjernes med fuktige metoder. Metoden kan også benyttes til rengjøring av vegger og himling i forbindelse med avsluttende byggrengjøring.

Våtmopping med garnmopp kan brukes på områ-

der med mye smuss som må løses opp i vann, for eksempel åpninger og inngangspartier hvor det trekkes inn mye søle og slaps.

Fuktmopping med for eksempel sentrifugetørre blandingsmopper kan benyttes til å rengjøre golv i mindre forurensede soner (gul og rød sone) som er utsatt for noe flekker. Metoden kan også benyttes til rengjøring av vegger og himlingsflater som tåler litt fuktighet i forbindelse med avsluttende byggrenngjøring. Avtørring med fuktig klut er godt egnet til fjerning av støv og flekker på installasjoner, vegger og inventar i forbindelse med avsluttende og klargjørende byggrenngjøring. Det anbefales å benytte sentrifugetørre mikrofiberkluter på alle overflater som tåler litt mekanisk påkjenning.

Andre rengjøringsmetoder, som bruk av forskjellige typer rengjøringsmaskiner, kan også være aktuelle.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggdetaljer 550.221 Sentralstøvsugeranlegg
- Byggforvaltning 740.218 Renhold av inventar- og innredningsoverflater. Midler og metoder
- Byggforvaltning 741.203 Renhold av teppegolv. Midler og metoder
- Byggforvaltning 741.204 Renhold av myke, halvharde og harde golv. Midler og metoder

Overflatebehandling av golv

Overflatebehandling av harde og halvharde golvbelegg utføres gjerne som en del av den avsluttende byggrenngjøringen. Overflatebehandlingen kan være polering eller spraypolering, porefylling, polishbehandling, voksbehandling, oljebehandling, såpebehandling eller krystallisering. Behandlingen må tilpasses det enkelte golvbelegget. Vedlikehold i form av for eksempel polering må foretas ved behov etter avsluttende byggrenngjøring og helt fram til driftsrenhold kan startes opp.

Les mer

■ Byggforskserien:

- Byggforvaltning 741.204 Renhold av myke, halvharde og harde golv. Midler og metoder

Rengjøringskvalitet

En forutsetning for et vellykket resultat av ren byggproduksjon er at det stilles klare kvalitetskrav til renholdet og at oppnådd kvalitet kan kontrolleres på en objektiv og reproduserbar måte. NS-INSTA 800 er en nordisk standard for kravspesifisering og vurdering av rengjøringskvalitet. Målemetodene beskrevet i standarden er godt egnet i forbindelse med gjennomføring av ren og tørr byggproduksjon. Standarden angir fem nivåer for visuelt og instrumentelt målbar kvalitet, og beskriver hvordan rengjøringskvaliteten skal kontrolleres og vurderes. Hvert kvalitetsnivå er definert ved en maksimalt tillatt forekomst av smuss.

Måling av støv på overflater er den mest aktuelle metoden å benytte i forbindelse med sluttkontroll av en ren, tørr og ryddig byggeprosess. Andre instrumentelle målemetoder som kan være aktuelle, er måling av friksjon (sklisikkerhet) og glans (blankhet) på golv. Tabellen nedenfor viser eksempler på krav til maksimalt støvdekke (prosent) for ulike overflatekategorier ved overlevering av bygg. Kravene tilsvarer støvnivå 3, 4 og 5 beskrevet i NS-INSTA 800, Tillegg D1. Følgende to krav må oppfylles for hver enkelt overflatekategori for at rengjøringskvaliteten skal kunne godkjennes:

- Gjennomsnittet av måleverdiene skal være lavere enn eller lik kravet til støvdekkeprosent som er angitt i tabellen.
- Antall overskridelser av takverdien skal være lavere enn eller lik antall tillatte overskridelser angitt i NS-INSTA 800, tabell D3. Takverdien er i NS-INSTA 800 satt til 1,5 ganger kravet til støvdekkeprosent som er angitt i tabellen.

Anbefalte krav til støvdekkeprosent. Gjelder for ulike overflatekategorier ved overlevering av bygg

Overflatekategori	Kvalitetsnivå (%)		
	5 ¹⁾	4 ²⁾	3
Lett tilgjengelig inventar ³⁾	0,7	1,0	2,0
Vanskelig tilgjengelig inventar ³⁾	1,0	1,5	2,5
Vegger, himling og harde golv	1,5	3,0	7,0
Tepper (støvindeks)	3,0	5,0	10,0
Hulrom før gjenlukking, innvendige flater i installasjoner/utstyr	3,0	5,0	10,0
Innvendige flater i ventilasjonsanlegg	1,5	3,0	7,0

¹⁾ Kvalitetsnivå 5 («høy kvalitet») bør benyttes i bygninger med høye krav til renhet, for eksempel laboratoriebygninger og sykehus.

²⁾ Kvalitetsnivå 4 («normal kvalitet») anbefales benyttet i skoler, barnehager og kontormiljøer.

³⁾ Se definisjon i NS-INSTA 800

Rengjøringskvaliteten ved overlevering av bygg måles ved stikkprøver, som beskrevet i NS-INSTA 800, tillegg D1. Støvdekkeprosent bør måles så raskt som mulig og helst innen fire timer etter at rengjøringen er utført. Antall rom som skal kontrolleres, avhenger av totalt antall rom, og antall prøver som skal innhentes fra hver overflate i hvert rom, avhenger av rommets størrelse. Det må komme klart fram hvilke overflater som ønskes målt i de enkelte fasene av byggeperioden. Ved overlevering anbefales det å konsentrere målingene om horisontale flater. Følgende overflatekategorier bør måles systematisk i forbindelse med overlevering:

- inventar opp til 1,8 m (lett tilgjengelig: bordplater, hyller, vindusposter, veggkanaler)
- horisontale flater over 1,8 m (høye hyller, skaptopper, nedhengte lamper, ventilasjonskanalers overside, overside av åpne himlinger osv.)
- innvendige horisontale flater i innredninger (skap osv.)
- golv

I tillegg bør man ta enkelte stikkprøver fra vertikale flater som vegger og dører.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 501.108 Renhold i byggeperioden
- Standarder:
 - NS-INSTA 800 Rengjøringskvalitet – System for å fastlegge og bedømme rengjøringskvalitet

Rengjøring av ventilasjonsanlegg

Hvis ventilasjonskanaler og aggregater er blitt skitne, må de rengjøres innvendig før anlegget settes i drift. Slikt renhold krever avansert utstyr og må overlates til spesialister. Rengjøring av ventilasjonsanlegg er nærmere beskrevet i kapittel 6.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 752.250 Rengjøring av ventilasjonsanlegg. Tilsmussing og rengjøringsbehov
 - Byggforvaltning 752.251 Rengjøring av ventilasjonsanlegg. Metoder, utstyr og prosess

Avfallshåndtering

Tiltakshaver må undersøke om man i den aktuelle kommunen har plikt til å utarbeide en avfallsplan. Avfallsplanen inneholder opplysninger om typer og mengder av avfall og håndtering av avfall. Sett av tilstrekkelig areal til oppsamlingsenheter (beholdere og containere) på byggeplassen. Ved god planlegging av byggproduksjonen kan avfallsmengden begrenses vesentlig. Vurder om avfallet skal sorteres på byggeplassen eller på mottaksstasjonen. Antall oppsamlingsenheter som til en hver tid skal være tilgjengelig, avhenger av valgt løsning samt tilbudene på aktuelle avfallsmottak og lokale bestemmelser. Enkelte kommuner har utarbeidet egne forskrifter og regelverk for håndtering av byggavfall.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Planlegging 241.070 Avfallsplan. Planlegging og dokumentasjon av avfallshåndtering i byggesaker
 - Byggdetaljer 501.105 Byggavfall. Oppsamling og brannsikkerhet

8 Forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU)

Dette kapitlet omhandler planlegging for forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av bygninger (FDVU). Gjennom alle fasene – planlegging, prosjektering og bygging – er det viktig at det legges til rette for effektiv forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av bygninger i levetiden. På den måten kan man også best sikre at godt inneklima blir opprettholdt gjennom hele bygningens levetid.

DEFINISJONER OG SENTRALE BEGREPER	148
DRIFTENS Plass I BYGGE-PROSESSEN	148
FUNKSJONALITET OG TILPASNINGSDYKTIGHET	149
Funksjonalitet	149
Tilpasningsdyktighet	149
Funksjonalitet og tilpasningsdyktighet i sammenheng	150
ORGANISERING OG ANSVAR	150
Roller i en FDVU-organisasjon	150
Eiendomsforvalter (eier)	
– strategisk nivå	151
Drifts- og vedlikeholdsansvarlige	
– taktisk nivå	151
Drift- og vedlikeholdspersonell	
– operativt nivå	151
Brukere	151
FDVU-DOKUMENTASJON	151
Generelt	151
Rådgivende Ingeniørers Forenings (RIF) anvisning for FDVU-dokumentasjon	152
Klassifikasjonssystemer	152
Omfang	152
Roller i byggeprosessen	153
FDVU-dokumentasjon for boliger	153
Drifts- og vedlikeholdsinstrukser	154
Opplæring	154
LIVSSYKLUSKOSTNADER (LCC)	154
Generelt	154
Fordeling av FDVU-kostnader	155
Kostnadsoppstilling, NS 3454, kontoplanen	155
Beregningsmodell	155
Betraktningstid, levetid og total brukstid	157
Levetidsbegreper	157
ENERGI	159
Generelt	159
Energifleksibilitet – energi- og effektbudsjett for bygningen	160
Oppvarmingsprinsipper	160
Energipriser og priskonsekvenser ved ulike varmesystemer	161
Miljøkonsekvenser	161
RENHOLD	162
Støv og innemiljø	162
Renhold og innemiljø	163
Renhold kan forurense	164
Renholdsbehov	164
Riktig renhold	167
Informasjon og opplæring	171
Opplæring	172

Definisjoner og sentrale begreper

Nedenfor følger en del definisjoner på viktige begreper innenfor FDVU. De fleste av disse er i henhold til NS 3454.

Eiendomsforvaltning (fasilitetsstyring)

Fasilitetsstyring/ «facility management» (heretter kalt eiendomsforvaltning) er i NS-EN 15221-1 definert som «Integrasjon av prosesser i en organisasjon for å opprettholde og utvikle avtalte tjenester som støtter og forbedrer effektiviteten til organisasjonens primære aktiviteter». Eiendomsforvaltning er en kundeorientert, helhetlig forvaltningsservice basert på en sammensatt beslutningsprosess. Det omfatter ledelse, planlegging, bruk og tilpasninger av bygget, installasjoner, utstyr og service, støttet opp med informasjonssystemer. Samlet skal det bidra til en effektiv optimalisering per arbeidsplass av eiers og brukers mål.

Eiendomsforvaltning omfatter altså alle primære prosesser, fra planleggingsstadiet til riving, som har betydning for eiendommens og brukers totaløkonomi. Tradisjonelt er oppgavene oppdelt i forvaltning (F), drift (D), vedlikehold (V), utvikling (U), og service (S).

Forvaltning (F)

Forvaltning er en overordnet funksjon som omfatter ledelse, planlegging, organisering av arbeidsoppgaver innenfor leietakeradministrasjon, skatter og avgifter, forsikringsavtaler, lover og forskrifter, økonomisk forvaltning (budsjett, regnskap, nøkkeltall, livssykluskostnader, analyser), administrativt ansvar, arealdisponering og HMS.

Drift (D)

Drift omfatter alle oppgaver og rutiner som er nødvendig for at bygningen med tekniske installasjoner skal fungere som planlagt både funksjonelt, teknisk og økonomisk. Oppgavene omfatter blant annet renhold, energi, renovasjon og løpende drift (drift, etter-syn, løpende vedlikehold, det vil si oppgaver med frekvens mindre enn ett år).

Vedlikehold (V)

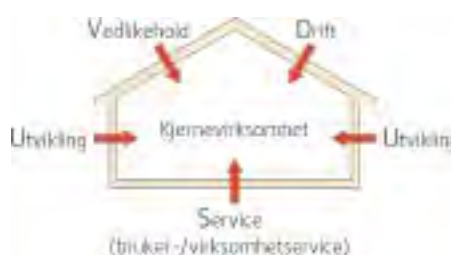
Vedlikehold omfatter arbeider med frekvenser på over ett år som er nødvendige for å opprettholde bygningen og de tekniske installasjonene på et fastsatt kvalitetsnivå, og derved gjør det mulig å bruke bygningen til det tiltenkte formål innenfor en gitt brukstid. Utskiftninger av bygningsdeler med kortere levetid enn resten av bygningen defineres som vedlikehold.

Planlagt vedlikehold (intervallbundet/periodisk) er arbeider som må utføres på grunn av jevn og normal

slitasje for å hindre verdiforringelse og forfall. Planlagt vedlikehold er preventivt, og forebygger skader og redusert kvalitet på innemiljøet.

Utvikling (U)

Utvikling er arbeid som må utføres for å opprettholde bygningens verdi over tid. Dette arbeidet vil variere i stor grad. Kravene kan være motivert internt (av egne brukere eller avdelinger) eller eksternt (av leietakere, marked eller myndigheter).



Funksjoner som støtter opp om kjernevirksomheten (etter Kvinge, Multiconsult)

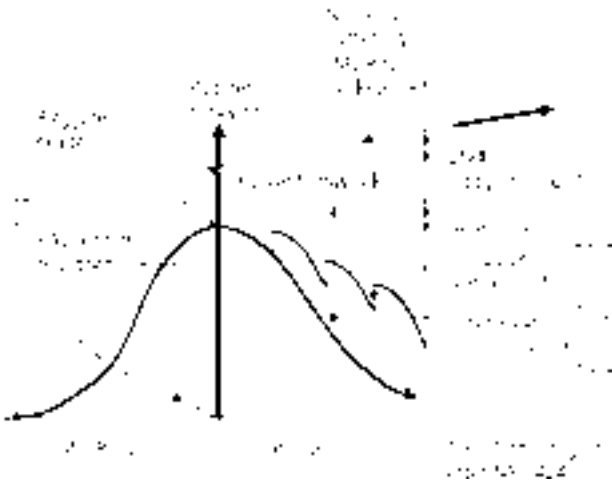
Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 600.004 Byggforvaltning. Definisjoner
- Standarder:
 - NS 3454 Livssykluskostnader for byggverk
 - NS EN 15221-1 Fasilitetsstyring – Del 1: Termer og definisjoner

Driftens plass i byggeprosessen

Det er viktig å betrakte alle fasene i byggeprosessen i lys av bygningens brukstid, som kan være fra femti til flere hundre år. Muligheten til å foreta de rette valgene vil alltid være størst i de tidlige fasene. Derfor er det viktig å vurdere konsekvenser av investeringer mot konsekvenser for FDVU.

Siden begynnelsen av 1900-tallet har den økonomiske veksten, sammen med høyere komfortkrav og en rask teknisk utvikling, ført til at bygningene våre har blitt mer og mer kompliserte. Installasjonenes andel av byggeomkostningene har økt fra noen få pro-



Påvirkningsmuligheter og aktuelle tiltak i forhold til akkumulert vedlikeholdsbehov i en bygnings livssyklus (etter Bjørberg, Multiconsult)

sent til å utgjøre opp mot halvparten av byggekostnadene. Utviklingen gjør at behovet for profesjonell drift og vedlikehold øker. Det medfører igjen at drifts- og vedlikeholdskostnadene øker i forhold til kapitalkostnadene.

En av drifts- og vedlikeholdspersonellets viktigste oppgaver er å ivareta bygningen slik at det ikke oppstår helse- eller komfortproblemer. Dette krever at driftspersonell har gode kunnskaper om hvordan anleggene skal driftes samt at de har tilstrekkelig dokumentasjon til å kunne utføre disse oppgavene.

Allerede ved kontraktsinngåelse med arkitekter og rådgivere må det være med krav til hvordan FDVU skal ivaretas i alle faser i et prosjekt.

Ifølge plan- og bygningsloven (pbl) skal eier sørge for at byggverk og installasjoner som omfattes av lo-

ven holdes i slik stand at det ikke oppstår fare eller vesentlig ulempe for person eller eiendom, og slik at det ikke virker skjemmende i seg selv eller i forhold til omgivelsene.

I teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) heter det at byggverk skal være prosjektert og oppført med tilrettelegging for effektiv drift og enkelt og effektivt vedlikehold og renhold. Det skal finnes skriftlig instruks om hvordan igangsetting, drift og vedlikehold av byggverk og tekniske anlegg skal utføres slik at gjeldende forskriftskrav tilfredsstilles.

Funksjonalitet og tilpasningsdyktighet

Funksjonalitet

Med funksjonalitet menes hvor godt arealene/lokalene som helhet egner seg til å støtte opp om kjernevirksomhetens mål og aktiviteter. Med «kjernevirksomhet» (primære aktiviteter i henhold til NS EN 15221-1) menes brukerorganisasjonen(e) som har sin virksomhet i bygningen.

Funksjonalitet er således et kvalitativt begrep som først blir kvantifiserbart ved måling av faktorer som produktivitet og/eller inntjening, brukertilfredshet og trivsel.

Tilpasningsdyktighet

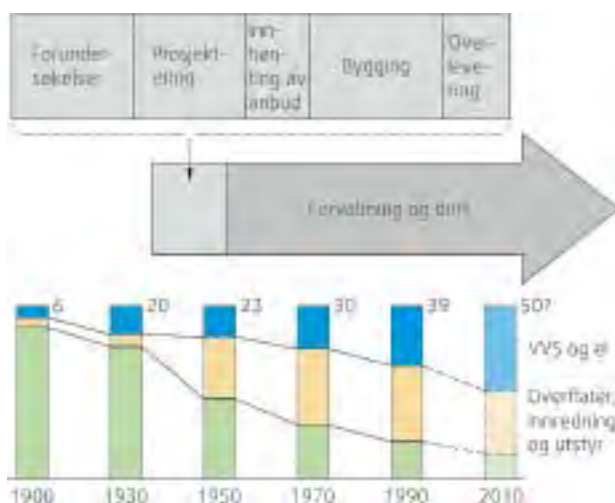
En bygnings tilpasningsdyktighet er egenskapen den har til å imøtekomme vekslende krav og behov med tanke på funksjonalitet. Det vil si hvor enkelt og kostnadseffektivt en bygning kan ivareta nye funksjonskrav, bygges om, bygges til osv. Tilpasningsdyktigheten bestemmes av tekniske egenskaper.

Tilpasningsdyktighet defineres ofte som summen av:

- fleksibilitet – evne til å endre planløsning
- generalitet – evne til å imøtekomme nye/endrede funksjoner (for eksempel fra skole til bolig eller kontorer)
- elastisitet – evne til å endre arealmengde (påbygg/tilbygg, seksjonering)

I korthet vil en vurdering av en bygnings tilpasningsdyktighet omfatte følgende forhold:

- bygningens lastkapasitet – mulighet for endrede laster på bygning (vertikalt bæresystem og fundamenter) og på dekker
- bygningens konstruksjonsprinsipp – etasjehøyde, bygningsbredde, mulighet for frie flater, mulighet for føringsveier, bindinger mot innervegger og montasje av inventar m.m.



Driftens plass i byggeprosessen

- kapasitet, tilgjengelighet og mulighet for utvidelse av tekniske installasjoner – VVS, el, tele, styring og varsling
- tomtas mulighet for framtidig utvikling

Betydningen og kvantifiseringen av god tilpasningsdyktighet vil først komme til uttrykk den dagen man har behov for en omfattende ombygging eller tilpasning av lokalene. I enkelte tilfeller vil en slik ombygging være så kostnadskreven at den reelt sett ikke er gjennomførbar eller ikke gir den funksjonaliteten det er behov for. Betydningen av god tilpasningsdyktighet avhenger av hvilke behov for endringer eller tilpasninger som oppstår, hvor hyppig de oppstår og hvilke tiltak som gjøres.

Ved ombygging endrer man ofte på bygningsfysikken, for eksempel gjennom etterisolering. Det betyr at man må analysere om bygningsdelenes oppbygging kan motstå nye påkjenninger. Dette gjelder også ved nye installasjoner som øker fuktpåkjenningen.

Funksjonalitet og tilpasningsdyktighet i sammenheng

Dersom en bygning ikke er funksjonell for dagens virksomhet og i tillegg er vanskelig å tilpasse til nye funksjoner, kan det være lønnsomt for virksomheten

å skifte lokaler fordi bygningen sannsynligvis vil forbli ineffektiv og lite funksjonell gjennom hele brukstiden. Funksjonalitet og tilpasningsdyktighet må således ses i sammenheng for å gjøre en vurdering av bygningens framtid som egnet lokale. Da vil man kunne avgjøre om bygningen egner seg eller vil kunne egne seg for kjernevirksomheten over tid. Dette kan illustreres ved å plassere bygningen i et diagram med funksjonalitet på den ene aksene og tilpasningsdyktighet på den andre.

Organisering og ansvar

Roller i en FDVU-organisasjon

Byggeier, forvalter og brukere har de viktigste rollene i de fleste FDVU-organisasjoner. Byggeierens interesse vil være at den verdien bygningsmassen representerer blir forvaltet på en forsvarlig måte. Forvalteren har ansvaret for at FDVU-arbeidet organiseres og utføres på en effektiv måte. Brukerne er i stor grad de ansatte i en virksomhet, og deres interesser er formelt sikret i arbeidsmiljøloven med tilhørende forskrifter.

En organisasjon for bygningsteknisk drift og vedlikehold kan ofte deles i nivåene strategisk, taktisk og

Funksjonalitet				
3	Bygningen er levedyktig, men må tilpasses kjernevirksomheten. Tilpasninger kan enkelt foretas. Dyr å drifte.	Bygningen er levedyktig. Tilpasninger til kjernevirksomheten er nødvendig, og kan forsvares økonomisk. Dyr å drifte	Kort levetid. Ikke egnet for kjernevirksomheten. Dyr å drifte. Mindre tilpasninger kan forsvares økonomisk.	Bygningen er ikke levedyktig. Ikke egnet for kjernevirksomheten. Dyr å drifte. Bør avhendes på kort sikt.
2	Dårlig egnet for kjernevirksomheten. Forholdsvis dyr å drifte. Tilpasninger kan enkelt foretas.	Dårlig egnet for kjernevirksomheten. Forholdsvis dyr å drifte. Tilpasninger kan forsvares økonomisk.	Dårlig egnet for kjernevirksomheten. Forholdsvis dyr å drifte. Mindre tilpasninger kan forsvares økonomisk.	Bygningen er ikke levedyktig. Dårlig egnet for kjernevirksomheten. Forholdsvis dyr å drifte. «Bør avhendes på lengre sikt»
1	Bygningen egner seg for kjernevirksomheten. Normale driftskostnader	Bygningen egner seg for kjernevirksomheten. Normale driftskostnader. Tilpasninger kan forsvares økonomisk.	Bygningen egner seg for kjernevirksomheten. Normale driftskostnader. Mindre tilpasninger kan forsvares økonomisk. Kort levetid	Bygningen egner seg for kjernevirksomheten. Normale driftskostnader. Kostbart å tilpasse til ny bruk. Kort levetid.
0	Bygningen er meget levedyktig. Egner seg meget godt for kjernevirksomheten og kan lett tilpasses nye funksjoner og virksomheter. God inntjenning nå og i framtiden	Bygningen egner seg meget godt for kjernevirksomheten. Framtidige tilpasninger kan forsvares økonomisk.	Bygningen egner seg meget godt for kjernevirksomheten. Mindre tilpasninger kan forsvares økonomisk.	Bygningen egner seg meget godt for kjernevirksomheten. Lave driftskostnader. Kostbart å tilpasse til ny bruk. Kort levetid
	0	1	2	3
	Tilpasningsdyktighet			

Vurdering av bygningens framtid som egnet lokale basert på en kombinasjon av dagens funksjonalitet og bygningens tilpasningsdyktighet (Multiconsult)

operativt nivå, som vist i figuren nedenfor. I korthet skal strategisk nivå definere hva som skal gjøres, taktisk nivå skal definere hvordan det skal gjøres, mens det operative nivå utfører det som er beskrevet.



Oppdeling av en FDVU-organisasjon i nivåer (T. Haugen, NTNU)

Eiendomsforvalter (eier) – strategisk nivå

I hovedsak kan en si at det på strategisk nivå tas avgjørelser om:

- hvilke mål forvaltningsvirksomheten har for sin eiendomsmasse
- hvilken strategi de vil følge for å nå målene
- økonomiske rammer for FDVU
- å definere arealbehov
- beslutninger vedrørende eiendomsutvikling
- budsjetter for drift og vedlikehold
- krav til inntjening (ved utleie)
- ombygging og utbedring

De strategiske beslutningene skal følges opp på taktisk og operativt nivå.

Drifts- og vedlikeholdsansvarlige – taktisk nivå

På taktisk nivå tas beslutninger om hvordan de nødvendige ressursene skal utnyttes. Her ligger ansvaret for å iverksette og følge opp beslutninger tatt på strategisk nivå. Vurderinger av virksomhetens arealbehov på det strategiske nivået må ofte imøtekommes ved arealeffektivisering iverksatt på det taktiske nivået. Det er også viktig at kommunikasjonen innad i organisasjonen fungerer. Dette betyr at vurderinger foretatt på det taktiske og operative nivået må tas seriøst høyere opp i organisasjonen.

Driftsoppgaver som påhviler en drift- og vedlikeholdsansvarlig, er å:

- planlegge og styre drifts- og vedlikeholdsoppgaver, utarbeide jobbordre osv.
- utarbeide nøkkeltall for FDVU for taktisk nivå
- planlegge og gjennomføre årlige tilstandsvurderinger som underlag for å kunne dokumentere framtidig behov for FDVU
- koordinere ressurser
- fremme arealeffektivisering
- utarbeide vedlikeholds- og serviceavtaler / kontrakter
- drive opplæring av driftspersonell
- oppdatere og ajourføre FDVU-dokumentasjon
- kunne utarbeide alternative årskostnadsberegninger
- kunne dokumentere at regler og lover følges (internkontroll)

Drift- og vedlikeholdspersonell – operativt nivå

På det operative nivået ligger ansvaret for utførelsen av drifts- og vedlikeholdstiltakene. Nøkkelpersoner på dette nivået er driftsleder, vedlikeholdsleder og renholdsledere. Det er på det operative nivået den daglige kontakten med brukerne av bygningen er mest framtrædende. Kompetansen om hvordan bygningen fungerer i den daglige driften bør derfor være betydelig på dette nivået. Det er viktig at nøkkelpersoner på det operative nivået gir tilbakemelding om driftserfaringer til ledere på det taktiske og strategiske nivået for å sikre at det blir tatt riktige beslutninger på disse nivåene.

Brukere

Brukerne kan være ansatte i en bedrift, besøkende eller beboere i boliger. Brukerne stiller høye krav til kvaliteten på de tjenestene de forventer skal inngå i FDVU-organisasjonens arbeid. Dette gjelder ikke minst krav til inn klimaet. Brukerne forventer ofte at FDVU-organisasjonen skal yte mer enn spesifiserte oppgaver. Derfor er det viktig å utarbeide informasjon som er brukervennlig og tilpasset behovet.

FDVU-dokumentasjon

Generelt

Når en bygning tas i bruk, skal det foreligge «som bygget»-dokumentasjon og FDVU-dokumentasjon som gir tilstrekkelig informasjon for å kunne drifte bygningen med tekniske installasjoner optimalt.

Det er derfor viktig at byggherren har utarbeidet en FDVU-strategi, har med FDVU-krav i kontrakter

med prosjekterende og utførende, og har utarbeidet prosedyrer og dermed sikret en komplett FDVU-dokumentasjon for bruksfasen.

Rådgivende Ingeniørers Forenings (RIF) anvisning for FDVU-dokumentasjon

RIF publiserte i 2001 en ny anvisning for FDVU-dokumentasjon av bygninger med tilhørende tekniske anlegg og utomhusarealer. Anvisningen er basert på framdriften i et normalt prosjekt med tre hovedfaser (utredning, prosjekt og overtakelse) og etterfølgende driftsfase.

Anvisningen kan brukes både ved nybygging og ved ombygging/rehabilitering. Deler av anvisningen egner seg også for utarbeidelse av dokumentasjon for eksisterende bygningsmasse.

Anvisningen er delt i to deler:

- Bok 1. Anvisning for FDVU-dokumentasjon er i hovedsak en veiledning for forvaltere, tiltakshaver og rådgivere i en tidlig prosjektfase hvor det fokuseres på å legge premisser for framtidig forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av bygninger med tekniske installasjoner tilpasset eierens forvaltningsmodell. Dokumentet gir en overordnet beskrivelse av de elementene som må tas hensyn til ved utarbeidelse av kravspesifikasjoner og maler for innsamling av dokumentasjon.
- Bok 2. Maler for innsamling av FDVU-dokumentasjon inneholder et sett med maler for beskrivelse og innsamling av FDVU-dokumentasjon som kan benyttes direkte i prosjekter. Malene er tilpasset prosjekter med liten til middels kompleksitet og er utformet slik at data enkelt kan overføres til elektroniske FDVU-systemer.

Det er viktig at valg av system for håndtering av dokumentasjon og organisering av FDVU-aktivitetene fattes tidlig og danner underlag for utformingen av kravene til aktørene i byggesaken. Det fins flere alternative metoder for innsamling, lagring og overlevering av FDVU-dokumentasjon. Innsamling av dokumentasjon kan foregå etter tre metoder:

- manuell innsamling
- innsamling ved bruk av registreringsmaler utarbeidet i regneark eller database
- direkte implementering i FDVU-system

Klassifikasjonssystemer

Grunnlaget for oppbygging, arkivering og gjenfinning av informasjon knyttet til FDVU bygger i sin helhet på bruk av klassifikasjonssystemer. Et veldefinert klassifikasjonssystem vil derfor være FDVU-dokumenta-

sjonens fundament gjennom alle faser i en bygnings livssyklus.

Tidlig avklaring og etablering av et helhetlig klassifikasjonssystem vil gi betydelige besparelser i et byggeprosjekt. Et klassifikasjonssystem er derfor noe av det første som må fastlegges i både nybyggings- og ombyggingsprosjekter. Det vil gi betydelige besparelser ved at all dokumentasjon lagres entydig og i en slik form at senere gjenfinning og sammenstilling optimaliseres – spesielt dersom FDVU-dokumentasjonen skal lagres i en database.

Et klassifikasjonssystem for FDVU-dokumentasjon bør, i tillegg til å følge relevante norske standarder, inneholde følgende hoveddeler:

- koder for klassifisering av lokalisering
- merkesystem for bygningsdeler og tekniske anlegg
- struktur for lagdeling, nummerering, oppbygging av info m.m. på tegninger og tegningsmodeller
- leverandørkoder
- kodestruktur for nummerering av dokumenter og elektroniske filer

Omfang

Når en bygning tas i bruk, skal all relevant dokumentasjon fra alle faser i prosjektet foreligge som «som bygget»-dokumentasjon og FDVU-dokumentasjon. Med FDVU-dokumentasjon menes den samlede informasjonen og dokumentasjonen som opparbeides gjennom planlegging, prosjektering og bygging, og som skal danne grunnlag for overføring til et FDVU-system.

FDVU-tegninger og tegningsmodeller er en del av dokumentasjonen. Selve tegningene kan være spesialtilpassede tegninger basert på «som bygget»-tegninger, men forenklet for å gjøre dem bedre egnet i den daglige drift.

FDVU-dokumentasjonen består av flere hoveddeler. Det kan være:

- FDVU-tegninger/modeller/dokumenter
- fysisk merking
- opplæring
- drifts- og serviceavtaler

FDVU-dokumentasjonen utarbeides for alle organisasjonsnivåer, altså både brukere (som beboere, ansatte og besøkende) og drifts- og vedlikeholdspersonell på taktisk og operativt nivå. I hovedsak er det flere dokumenttyper. Noen eksempler er:

- grunndata som juridiske dokumenter, offentlige dokumenter, reguleringsbestemmelser, brukstilatelser, målebrev, rammetillatelser, tilknytnings-/

- leveranseavtaler og opplysninger om offentlig pålegg
- byggesaksdokumenter som organisasjonsplaner, adresselister, kontrolldokumentasjon, diverse tekniske dokumenter som DAK-manual og krav til bruk av klassifikasjonssystemer
- dokumentasjon av myndighetskrav som energi- og effektbudsjetter, brann-, inneklimate-, akustikk- og bygningsfysikkonsept
- forvaltningsdokumenter som tinglyste heftelser, forsikringspoliser og serviceavtaler, inkludert offentlige tjenester
- miljødokumentasjon som miljøoppfølgingsprogram
- funksjonsbeskrivelser
- branndokumentasjon
- brukerveiledning for eksempelvis beboere, ansatte i næring og besøkende

- FDVU-dokumentasjon som system og bygningsdelsinformasjon, drift- og vedlikeholdsinstruks, vedlikeholdsplaner og drift- og vedlikeholdsbudsjetter
- «som bygget»-modeller (tegninger)

Roller i byggeprosessen

Informasjon som underlag for FDVU-dokumentasjonen utvikles gradvis gjennom byggeprosessen. Ulike gjennomføringsmodeller gjør det hensiktsmessig å knytte ansvar for dokumentasjonsarbeidet til aktørenes rolle og funksjon i byggeprosessen, slik at ansvarsområdet er uavhengig av gjennomføringsmodellen.

FDVU-dokumentasjon for boliger

For eneboliger, boligsameier og borettslag er det ofte

Eksempel på aktørenes rolle og funksjon i byggeprosessen

Aktør/rolle	Ansvarsområde	Dokumenter som utarbeides
Eier	– Utarbeide FDVU-program – Etablere byggherreorganisasjon – Etablere forvaltningsorganisasjon – Fastsette rammer for klassifikasjonssystemet i prosjektet – Stille krav til dokumentasjon fra byggherreorganisasjonen	– FDVU-program – Kravspesifikasjon tiltakshaver
Tiltakshaveren (byggherren)	– Utarbeide retningslinjer for klassifikasjonssystem for dokumentasjon og fysisk merking i byggeprosessen – Utarbeide kravspesifikasjon for prosjekterende, utførende og leverandører med utgangspunkt i FDVU-program – Definere forutsetninger for årskostnadsberegninger – Kontrahere FDVU-ytelser – Framskaffe juridiske dokumenter – Tiltakshavere er ansvarlig for at dokumentasjonen blir kontrollert og må beslutte hvem som skal utføre kontrollen. Avhengig av entreprisform, kan kontrollansvaret av dokumentasjonen ligge hos ulike aktører.	– Klassifikasjonssystem – Kravspesifikasjon prosjekterende – Kravspesifikasjon utførende – Eventuelt: Kravspesifikasjon FDVU-system
Byggeleder	– Følge opp framdrift i dokumentasjonsarbeidet – Ansvarlig for mottak og kontroll av dokumentasjon Implementering av dokumentasjon hos driftsorganisasjonen	– Framdriftsplan overtakelse – Rutiner for kontroll av dokumentasjon
Prosjekterende	– Utvikle og detaljere klassifikasjonssystem for prosjektet – Oppdatere og levere tegninger «som bygget» – Utføre årskostnadsberegninger etter tiltakshaverens anvisning – Utarbeide dokumentasjon iht. kravspesifikasjon – Lære driftspersonalet å bruke dokumentasjonen	– Merkeanvisning for eget fagområde – FDVU-dokumentasjon iht. kravspesifikasjon
Kontrollerende	– Organisere faglig kontroll av dokumentasjon fra byggesaken – Følge opp framdrift i dokumentasjonsarbeidet fram til overlevering til tiltakshaveren – Foreta sluttkontroll av dokumentasjon – Bistå ved implementering hos driftsorganisasjon	
Utførende/leverandør	– Registrere og rapportere avvik i forhold til prosjekteringsunderlag – Utarbeide og samle dokumentasjon – Lære driftspersonalet å bruke anleggene	– FDVU-dokumentasjon iht. kravspesifikasjon

Kilde: RIFs FDV-norm

behov for en enklere FDVU- dokumentasjon. For driftspersonell kan dette være:

- 1:500-plan som har følgende lagdeling
 - bebyggelse
 - veier
 - beplantning
 - VVS-ledningsplan for vann og avløp
 - el-ledningsplan som viser inntak, utendørsanlegg m.m.
- plantegninger, snitt og fasader
- leilighetsplaner
- planskisser over el- og VVS-installasjoner
- systemskisser av VVS teknisk anlegg
- koblingsskjema for el
- leverandørregister
- beskrivelse av alle bygningsdeler (materialer, overflater, mengder)
- garantier
- renholdsinstrukser
- drifts- og vedlikeholdsinstrukser

Beboerne har derimot behov for en veiledning som inneholder informasjon om blant annet leilighetsplan, fasiliteter i området, kontaktpersoner i styret, driftorganisasjon og leverandører, beskrivelse av muligheter for ombygging eller påbygging, samt drift og vedlikehold av overflater og eventuelle tekniske installasjoner. Dette er nødvendig informasjon for å vite hva en som eier av en boenhet kan og bør gjøre, og hva en må bruke fagfolk til.

Drifts- og vedlikeholdsinstrukser

Som en del av FDV-dokumentasjonen skal det utarbeides funksjonsbeskrivelser og drifts- og vedlikeholdsinstrukser. RIFs FDV-norm gir eksempler på hvilken informasjon som skal ligge i funksjonsbeskrivelser. Drifts- og vedlikeholdsinstrukser kan inneholde informasjon som:

- system- og komponentoversikt
- beskrivelse av funksjon
- driftsinstrukser
- vedlikeholdsinstrukser (blant annet beskrivelse av vedlikeholdsoppgaver og anbefalte intervaller)
- feilsøkrutiner
- nødprosedyre

Opplæring

I tillegg til overlevering av FDV-dokumentasjon til driftspersonalet er det viktig at det gis opplæring i hvordan bygningen med de tekniske anleggene fungerer og hvordan drift og vedlikehold skal utføres. Opplæringen kan gjøres i to eller tre faser, avhengig

av kompleksitet og omfang:

- Fase 1. Gjennomføres før overlevering. Generell orientering om bygningen og anleggene, med innføring i FDVU-dokumentasjonen og opplæring i bruk av denne
- Fase 2. Starter før overlevering. Opplæring av driftspersonalet i drift og vedlikehold av anleggene. Denne opplæringen kan foretas i flere perioder og med gradvis økende detaljeringsnivå.
- Fase 3. Gjennomføres i løpet av garantiperioden. Ajourføring/komplettering av driftspersonalets kompetanse

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 626.113 Mønster for dokumentasjon av småhus
 - Byggforvaltning 626.121 Brukerhåndbok for yrkesbygg
- Rådgivende Ingeniørers Forening. FDVU-dokumentasjon for bygninger. Oslo, 2001

Livssykluskostnader (LCC)

Generelt

I lov om offentlige anskaffelser står det at det skal tas hensyn til livssykluskostnader og miljømessige konsekvenser av anskaffelsen. Dette er fulgt opp i forskriften til loven, hvor det heter at man ved utforming av kravene skal legge vekt på livssykluskostnader og miljømessige konsekvenser av anskaffelsen. I denne sammenheng deles miljøkonsekvenser i tre grupper: konsekvenser for omgivelsene (utslipp, støy, visuelt osv.), konsekvenser for de som bruker bygningen (avgassing, inneklime osv.) og konsekvenser for ressursforbruk (energi, vann osv.).

BNL har et miljøprogram (Byggmiljø) som har utviklet en interaktiv veiledning om LCC, det vil si livssykluskostnader. Veiledningen ligger på www.byggemiljo.no og kan lastes ned fritt.

Statsbygg krever at de prosjekterende skal beregne FDVU-kostnadene i tillegg til prosjektkostnaden. Regnearkmodellen (LCProfit) omfatter en komplett LCC-beregning. Programmet kan lastes ned kostnadsfritt på Statsbyggs hjemmeside (www.statsbygg.no), eller direkte på www.lcprofit.com.

For LCC-beregning av alternative materialvalg i fasader er det utarbeidet et enkelt regneverktøy, som kan benyttes fritt og ligger på www.byggutengrenser.no.

En analyse av livssyklus kostnader omfatter alle investeringer i nær framtid (kapitalkostnaden) sammenholdt med drifts- og vedlikeholdskostnader over lengre tid. Spørsmålet er hva som kan vinnes på driftssiden mot utlegg på kapitalsiden. Livssyklus kostnader forbundet med ulike valg av løsninger, komponenter og materialer vil danne grunnlaget for en totaløkonomisk vurdering.

Det er ikke noe mål i seg selv å ha lavest mulig årskostnader (eller livssyklus kostnad), men det er et mål å synliggjøre årskostnader (eller livssyklus kostnader) for de valgene man står overfor. De som prosjekterer og bygger, skal synliggjøre kostnadskonsekvenser for de alternativene som foreligger, mens det er tiltakshaverens (byggherrens) rett å velge hvilket alternativ hun eller han vil ha.

For en bygning kan det allerede i skissefasen settes opp forskjellige oversikter over drifts- og vedlikeholdskostnader ut fra ulike forutsetninger.

LCC-analyser brukes til å:

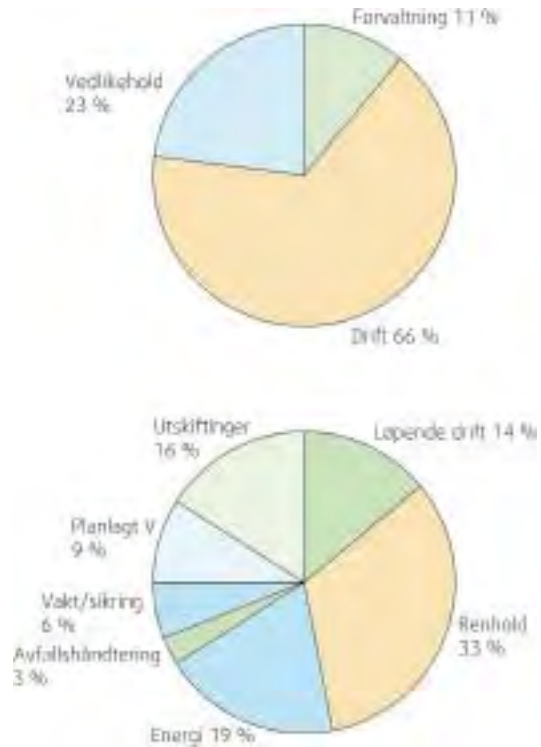
- synliggjøre totale kostnader ved en investering, det vil si konsekvensen av investeringen
- sammenlikne alternativer
- utarbeide kostnadsrammer, FDV(U)-budsjetter, herav blant annet fordeling mellom eier og bruker, etablere nøkkeltall, avdekke forbedringsmuligheter og benchmarking
- synliggjøre forbedringspotensial

Fordeling av FDVU-kostnader

Figuren nedenfor illustrerer hvordan FDVU-kostnader for en bygningsmasse kan fordele seg. Tallene representerer et snitt hentet fra nøkkeltalldatabasen til Norges Bygg- og Eiendomsforening (NBEF). Ut fra dette ser vi at drift utgjør 61 % av FDVU-kostnadene, noe som tilsier at disse faktorene bør vektlegges ved en investering. Den mer detaljerte oppdelingen av DV-kostnadene viser at løpende drift, renhold og energi utgjør de største utgiftspostene.

Kostnadsoppstilling, NS 3454, kontoplanen

NS 3454 (Norsk Standard) fastlegger hovedposter for livssyklus kostnader, årlige kostnader, levetidskostnad og årskostnader, og klargjør forholdet mellom disse, se neste side. Det gir mulighet for registrering av erfaringstall og oppbygging av nøkkeltall, og gjør det mulig å sammenlikne byggverk, såkalt benchmarking. Standarden gjelder alle typer byggeprosjekter og bygningsdeler. NS 3454 er et hjelpemiddel ved programmering, prosjektering og forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU).



Gjennomsnittlig fordeling av FDVU-kostnader for en bygningsmasse (NBEF)

Beregningsmodell

For å beregne årskostnaden må en gå veien om levetidskostnaden, det vil si nåverdien av de forventede årlige kostnadene gjennom bygningens levetid, eventuelt brukstid. Eventuell neddiskontert restverdi trekkes fra levetidskostnaden.

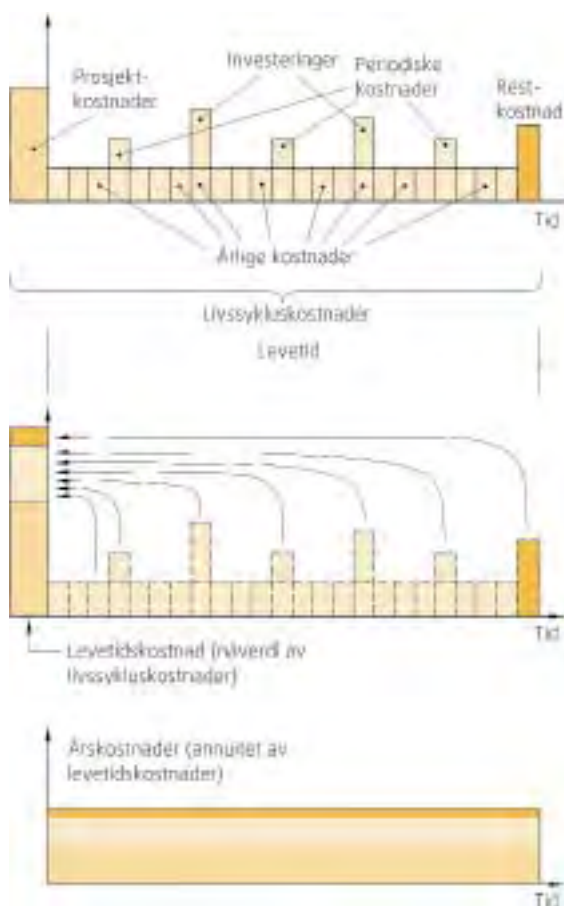
Årskostnaden fås så ved å legge levetidskostnaden ut som en annuitet over den samme tidshorison. Det er det beløpet som må settes av hvert år for å dekke renter og avskrivninger på kapitalen pluss de årlige FDVU-kostnader. Levetidskostnaden omfatter verdien av prosjektkostnad (K_0) + neddiskontert verdi av kostnader til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU) for å opprettholde teknisk og funksjonell standard $\pm$ neddiskontert verdi av eventuell restverdi/rivningskostnad (R). Se figur neste side.

Beregningene kan gjøres på flere nivåer, avhengig av i hvilken fase av prosjektet en befinner seg. Likeledes vil detaljeringsgrad og tilgjengelig informasjon være bestemmende. Hovedprinsippet er at nivået på beregning av årskostnader tilsvarer detaljeringsgrad som en benytter ved beregning av prosjektkostnaden.

Kontoplan på nivå 1 (ett siffer) og nivå 2 (to sifre). Fra NS 3454

1 Kapitalkostnader	2 Forvaltningskostnader	3 Driftskostnader	4 Vedlikeholdskostnader	5 Utviklingskostnader
10 (Ledig)	20 (Ledig)	30 (Ledig)	40 (Ledig)	50 (Ledig)
11 Prosjektkostnader	21 Skatter og avgifter	31 Løpende drift	41 Planlagt vedlikehold	51 Løpende ombygging
12 Restkostnad	22 Forsikringer	32 Renhold	42 Utskiftinger	52 Offentlige krav og pålegg
13	23 Administrasjon	33 Energi	43	53 Oppgradering
14	24	34 Vann og avløp	44	54
15	25	35 Avfallshåndtering	45	55
16	26	36 Vakt og sikring	46	56
17	27	37 Utendørs	47 Utendørs	57 Utendørs
18	28	38	48	58
19 Diverse	29 Diverse	39 Diverse	49 Diverse	59 Diverse

6 Ledig	7 Service-/støttekostnad til kjernevirksomheten	8 Potensial i eiendom	9 Ledig
60 (Ledig)	70 (Ledig)	80 (Ledig)	90 (Ledig)
61	71 Administrativ kontorledelse	81 Ombygging	91
62	72 Sentralbord- og resepsjonstjeneste	82 Påbygg/tilbygg	92
63	73 Kantine-/cateringstjeneste	83	93
64	74 Møbler og inventar	84	94
65	75 Flytting/roking arbeidsplasser	85	95
66	76 Tele- og IT-tjenester	86	96
67	77 Post- og budtjeneste	87 Utendørs	97
68	78 Rekvisita- og kopieringstjeneste	88	98
69 Diverse	79 Diverse	89 Diverse	99



Sammenhengen mellom kostnadsbegreper som inngår i livssyklus-kostnader for en bygning. Levetidskostnaden lagt ut som annuitet blir årskostnaden.

Nivå 1: Nøkkeltallsnivå

Dette nivået brukes innledningsvis, men man bør vite litt om standard (kvalitet), materialbruk, omfang av tekniske anlegg og energiløsninger. Dette gir grunnlag for tosiffernivå på FDVU-kostnadene.

Nivå 1 gir et godt bilde av framtidig FDVU-kostnad. Nøkkeltall på tosiffernivå er tilgjengelig fra flere kilder, blant annet fra NBEF. Noen store byggforvaltere opererer med egne nøkkeltall, mens andre benytter de som er tilgjengelige. Sammen med FDVU-tallene må investeringskostnaden tas med over en vedtatt tidshorisont og kalkylerente for å få den totale årskostnaden.

Nivå 2: Bygningsdelsnivå

Dette er et detaljert nivå, hvor alle mengder osv. er kjent. Det benyttes i prosjektering, bygging og drift. Kalkylen forutsetter at hver bygningsdel har kjent investering, frekvenser for levetid og vedlikehold. Ressursforbruk kalkuleres som for nivå 1 eller basert på en grundig energianalyse e.l.

Nivå 2 gir et detaljert bilde av konsekvensene av investeringen totalt og for de enkelte bygningsdelene. Når mengdeberegningen er delt opp på en driftsmessig god måte (etasjer, avsnitt, bygninger osv.), får man et forventet kostnadsbilde over tid, det vil si et FDVU-budsjett.

Betraktningstid, levetid og total brukstid

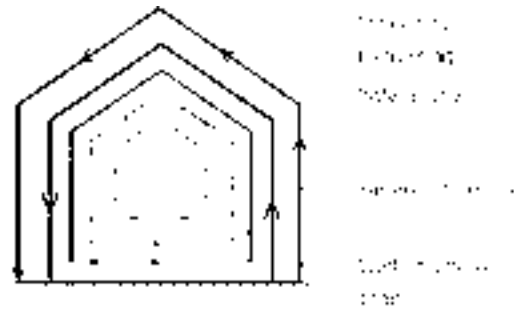
I en kalkyle av livssyklus-kostnader er kostnadene avhengig av:

- vedlikeholdsintervall og -kostnad
- levetid og utskiftingskostnad
- kalkulasjonsrente og total brukstid

Sammenhengen mellom bygningsdelenes levetid og bygningens totale brukstid er viktig. Bygningsdeler som forutsettes å være «livet ut», har en levetid som er minst like lang som den totale brukstiden. Dette vil først og fremst være primære konstruksjoner som grunn, fundamenter og bæresystemer.

Sammenhengen mellom levetid og total brukstid er synliggjort i lagdelingsmodellen, som viser de forskjellige hovedelementene i en bygning som har ulik levetid. Se figuren på denne siden.

I en livssyklus-kalkyle er det derfor ikke nødvendig å ha levetidsdata for de primære konstruksjonene (skjelettet). Ved prosjektering av nybygg forutsetter man at disse ikke har behov for utskiftning. I enkelte tilfeller vil de primære konstruksjonene imidlertid ha behov for vedlikehold, eksempelvis rustbeskyttelse på synlige stålkonstruksjoner, eller puss og maling på bærende betong.



Lagdelingsmodell som illustrerer levetider for bygningens ulike deler. Jo flere piler, jo raskere livsløp (etter Brand).

Betraktningstiden er det tidsbildet man ønsker å betrakte kalkylen i. Neddiskontering av en utskiftingskostnad i en fjern framtid blir et meget lite beløp i nåverdi, og gjør med andre ord ikke stort utslag i LCC-kalkylen. Derfor er det viktig å vurdere hvilken betraktningstid man ønsker å benytte. Normalt vil dette avhenge av formålet.

Ved investeringer innen offentlig sektor er det vanlig å benytte en betraktningstid på seksti år. Bygningens totale brukstid er normalt vesentlig lengre. Det betyr at enkelte bygningsdeler har en teknisk levetid som er kortere enn betraktningstiden, mens andre har lengre.

For vedlikeholdsplanlegging er det vanlig å benytte en betraktningsperiode på tjue år, det vil si å få synliggjort hva som er nødvendig av forventede kostnader i de neste tjue årene.

Levetidsbegreper

Levetiden tilsvarer den tiden en bygningsdel oppfyller de kravene som er stilt til den. Ulike kriterier vil avgjøre når en bygning eller bygningsdel ikke tilfredsstiller ett eller flere av disse kravene. De vanligste og mest aktuelle levetidsbegrepene er teknisk levetid, funksjonell levetid, estetisk levetid og økonomisk levetid.

Teknisk levetid er den tiden en bygningsdel eller komponent opprettholder sine kritiske tekniske egenskaper, for eksempel bruddstyrke, tetthet og u-verdi. Den tekniske levetiden er avhengig av de beskrevne påvirkningsfaktorene, materiale, design, utførelse, miljø, bruk og vedlikehold, og vil i alle tilfeller være den levetiden som løper ut sist (se nedenfor). Når den tekniske levetiden er utløpt, må bygningsdelen skiftes uansett preferanser.

Funksjonell levetid utløper når bygningsdelen ikke tilfredsstiller opprinnelige krav eller funksjon, eller som følge av endrede krav fra brukerne (virksomheten) i bygningen, til tross for at den fortsatt fungerer rent teknisk. Erfaring viser at for enkelte bygningsdeler vil det som oftest være den funksjonelle levetiden som løper ut først. Det vil i så fall innebære at bygningsdeler skiftes før endt teknisk levetid er nådd, grunnet funksjonelle tilpasninger.

Estetisk levetid vil som regel avhenge av trender, vedlikehold og design. Når en bygningsdel ikke lenger tilfredsstiller det som i dag forventes av utseende, vil det initiere utskiftning av komponenter som fremdeles har resterende teknisk levetid. Dårlig vedlikehold vil medføre at den tekniske levetiden blir kortere, men det vil for enkelte bygningsdeler være den estetiske levetiden, eller det estetiske akseptnivået, som nås først og således er utslagsgivende. I de fleste tilfeller vil et estetisk uakseptabelt nivå være grunnlag for vedlikehold, for eksempel avflassende maling.

Økonomisk levetid tilsvarer reell levetid, uansett hvilket akseptkriterium som legges til grunn. Den vil være begrenset oppad til teknisk levetid som den øvre grensen og den lengste levetiden. Forutsatt at estetiske årsaker ikke initierer utskiftningen, kan økonomisk levetid sies å være nådd når totaløkonomien ved å beholde og vedlikeholde en bygningsdel er mindre gunstig enn totaløkonomien ved å skifte den ut med en tilsvarende bygningsdel. I dette ligger økonomi knyttet til både investering og vedlikehold, men også økonomi i forhold til bygningsdelens påvirkning for kjernevirksomheten og dens produksjon.

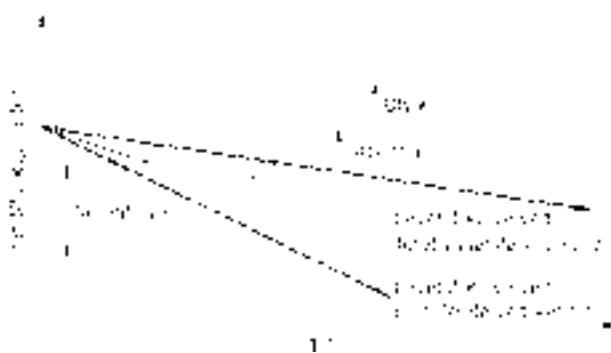
Erfaring tilsier at enkelte bygningsdeler ofte blir skiftet ut som følge av funksjonelle eller estetiske forhold, mens andre vanligvis blir benyttet i hele sin tekniske levetid. Forslag til levetider er gitt i Byggforskeren, Byggforvaltning 700.307 og 700.320. Den tekniske levetiden bestemmes av fem hovedparametre:

- Materialtekniske egenskaper – styrke, E-modul etc.
- Design – prosjekteringsmessig utdeltaljing fra arkitekt, rådgiver etc.
- Utførelse – den fysiske utførelsen av bygningen, det vil si den håndverksmessige standarden

■ Påkjenninger – alle former for nedbrytende krefter fra brukere, vær og vind, kjemiske og biologiske påvirkninger

■ Vedlikehold – det vedlikeholdet den enkelte bygningsforvalter utfører, spesielt preventivt vedlikehold. I denne sammenhengen må vedlikehold oppfattes som alle tiltak som har betydning for funksjonaliteten.

De tre første parametrene bestemmer hvilken motstand mot nedbrytning som er til stede i utgangspunktet. Påkjenninger representerer de nedbrytende kreftene i omgivelsene. Godt utført vedlikehold kan bremse nedbrytningen slik at levetiden forlenges.



Forholdet mellom utvikling av tilstand, vedlikehold, utbedring og oppgradering (etter Bjørberg, Multiconsult)

Figuren viser to situasjoner av levetidskurven – ved manglende vedlikehold og med forebyggende vedlikehold. Om man etter mange år uten vedlikehold velger å rette opp situasjonen og gjenskape utgangskvaliteten, defineres det som utbedring.

Levetiden bestemmes av det akseptnivået for tilstand som velges, det vil si når levetidskurven bryter dette nivået. Kriterier for akseptnivået kan for eksempel være funksjonelle, tekniske, økonomiske eller estetiske.

Som regel er det ikke selve materialene eller komponentene som gir størst vedlikeholdsbehov, men overgangen mellom de ulike bygningsdelene.

Les mer

- BNL byggemiljø. Veileder: Livsløpskostnader
- Byggforskserien:
 - Bygghetninger 470.101 Livsløpsvurdering av bygninger og bygningsdeler
 - Byggforvaltning 700.307 Definisjoner, etablering og bruk av levetidsdata for bygg og bygningsdeler
 - Byggforvaltning 700.320 Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler
 - Byggforvaltning 700.330 levetider for sanitærinstallasjoner
- Rådgivende Ingeniørers Forening. Livssyklus-kostnader for bygninger. Oslo, 2002
- Standarder:
 - NS 3454 Livssyklus-kostnader for byggverk, prinsipper og struktur

Energi

Generelt

Målsetningen for enhver bygning må være at den påfører omgivelsene så liten belastning som mulig. I en ressurseffektiv bygning vil blant annet energi utnyttes optimalt, og det såkalte «vugge til grav»-prinsippet, med minimalisering av bygningens utslipp og bruk av miljøskadelige stoffer gjennom tilblivelse, drift og avskaffelse, skal gjelde.

Bygningen må heller ikke gi helseplager for de menneskene som skal oppføre, bruke, vedlikeholde eller rive den. TEK stiller strenge krav til bygningers energieffektivitet. Samtidig som kravene skal tilfredsstilles, er det viktig at hensyn til et godt innemiljø blir ivarettatt.

EU-direktivet om bygningers energiytelse har som målsetning å synliggjøre energibruk og miljøbelastning ved å energimerke bygningene, foreta jevnlig inspeksjon av tekniske anlegg, stille høyere krav til hva bygningene skal kunne ha av energibruk samt hvilken energibærer som skal benyttes.

Arkitektene har tradisjonelt hatt føringen i byggesaker og som oftest langt på vei lagt premissene for bygningenes framtidige energiforbruk før andre rådgivere har blitt involvert. Bruk av store glassfasader og glassgårder har vist seg å være energi- og effekt-krevende for å unngå lav temperatur og kald trekk for de som oppholder seg inne. For å tilfredsstille forskriftskravene både til energieffektivitet og innemiljø må arkitektene få de tekniske rådgiverne inn i prosessen på et tidligere tidspunkt, slik at helhetlige løsninger blir ivarettatt. Det må legges vekt på flerfaglig in-

tegrerte løsninger, da ett fagområde alene ikke kan ivareta kravene.

De reviderte tekniske forskriftene (TEK), som trådte i kraft 1. februar 2007, gjelder fra 1. august 2009. Bygninger skal være så energieffektive at de enten tilfredsstiller kravene som er angitt til energitiltak (energitiltaksmetoden) eller til samlet netto energibehov (energirammemetoden). Statens bygningstekniske etat (BE) har bestemt rammekravet for til sammen 13 bygningskategorier, og har opplyst at denne skjerpingen forbedrer energibehovet til bygninger med rundt 25 %.

I forhold til TEK av 1997 er U-verdier for blant annet tak, yttervegger og vinduer skjerpet. I tillegg er det krav til kuldebroverdier og spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg. Ved å benytte energirammemetoden, som inkluderer alle energipostene for bygningen, kan man beregne netto energibehov. Ved å forutsette systemvirkningsgrader for oppvarmingssystemet får man beregnet «levert energi» til bygningen, som kan sammenliknes med de energiregningene man får fra energileverandørene.

Fra myndighetenes side legges det vekt på større energifleksibilitet ved oppvarming av bygningsmassen, med ønske om blant annet redusert bruk av elektrisitet til oppvarming. Energifleksibilitet innebærer å kunne utnytte flere energikilder til oppvarming av en bygning. Bygningens utforming og plassering i terrenget vil avgjøre hvordan den påvirkes av ytre forhold som sol og vind. For å kunne være sikker på hvilket system for oppvarming med aktuelle energikilder som bør velges, må man beregne det årlige energi- og effektbudsjett for bygningen.

Den kommende energimerkeordningen som skal gjelde ved salg eller utleie for private boliger og næringsbygninger samt for alle offentlige bygninger over 1 000 m², vil dokumentere bygningens energiytelse ut fra «levert energi», samt et «oppvarmingsmerke» som reflekterer energibærerens utslipp av klimagasser.

Ved planlegging av lavenergiboliger og passivhus snakker man om passiv energidesign og har introdusert «Kyoto-pyramiden» som viser framgangsmåten som skal benyttes. Den har fem trinn hvor rekkefølgen er viktig, og metoden bør kunne benyttes i et hvert bygge- og ombyggingsprosjekt:

- Steg 1 er å redusere varmetapet fra bygningen mest mulig. Det innebærer vanligvis kompakt bygningsform med arealeffektiv planløsning, ekstra isolert klimaskjerm, superisolerte vinduer og dører, meget lufttett klimaskjerm og balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinner.
- Steg 2 er å redusere elektrisitetsforbruket ved å benytte energieffektivt utstyr og belysning.

- Steg 3 er å utnytte gratis solvarme gjennom bygningens utforming, plassering og orientering av fasader og vinduer. Solfangere for forvarming av tappevann er for eksempel aktuelt for boliger.
- Steg 4 er å velge et system som gir brukerne enkel og lettforståelig tilbakemelding på energiforbruk og bruksmønster. Det er aktuelt med systemer for behovsstyring av oppvarming, belysning, utstyr og ventilasjon. For boliger kalles slike systemer for smarthusteknologi eller intelligente hjem.
- Steg 5 er å velge riktig energikilde og oppvarmingsystem. Det resterende oppvarmingsbehovet er nå meget lavt. Energikilden bør velges ut fra eksisterende infrastruktur og lokal tilgjengelighet, og kan for eksempel være fjernvarme i større byer og biobrensel i distriktene. Også elektrisk oppvarming kan være akseptabelt for passivhus på grunn av det lave oppvarmingsbehovet.

Passiv energidesign og «Kyoto-pyramiden» påpeker at den mest miljøvennlige energien er den som ikke blir brukt.

Energifleksibilitet – energi- og effektbudsjett for bygningen

Etter oljekrisen i 1973 ble de fleste bygninger utstyrt med elektrisk oppvarming. Dette ga lave kostnader til installasjon og drift av anleggene. Norge var selvforsynt med elektrisitet basert på vannkraft, som var den reneste energien. Nå er situasjonen en helt annen. Norge er en del av det nordeuropeiske kraftmarkedet, og vi produserer i et normalår mindre elektrisk kraft enn det vi bruker. Derfor er Norge nå avhengig av å importere elektrisk energi, som dels produseres ved kullfyrte kraftverk. Enhver ny kWh som benyttes i Norge, vil ikke være «ren energi». Av dette følger myndighetenes investeringsstøtte til utstyr som benytter nye, fornybare energikilder som bioenergi, solvarme og bruk av varmepumper.

For å kunne gjøre riktige valg av energiløsninger må energimengden beregnes parallelt med annen planlegging i byggesaken. I første omgang vil forenklete beregninger, etter at byggets geometri og funksjon er bestemt, kunne vise ett eller flere alternativer. I tidligfasen i prosjektet bør man engasjere en rådgiver innenfor energi for å få fram alle relevante konsekvenser samt utføre nødvendige beregninger før viktige beslutninger om bygget blir tatt. Energi til oppvarming, ventilasjon og kjøling, varmtvann, vifter og pumper, belysning og utstyr kan beregnes med forholdsvis enkle dataverktøy. Programmene viser også følsomheten ved alternative utførelser og tilstand, for eksempel endring av U-verdier, byggets form, store

eller små vindusflater, innetemperatur og ventilasjonsluftsmengder. Endringer vises i kWh/m² år, og programmene beregner også det samlede energi- og effektbudsjettet for alle budsjettposter til bygningen. Dette viser samtidig hvor mye energi som må dekkes med elektrisitet og hva som kan dekkes med for eksempel vannbåret varme basert på bioenergi. Resultatene er nødvendige for på et tidlig tidspunkt å kunne vurdere energiforsyning fra kun netteier, fjernvarmeleverandør eller fra egen energisentral for bygningen.

Etter at bygget er konkretisert i detalj og bruken er avklart, foretas det mer nøyaktige beregninger som ivaretar varme- og kjølebehovet og fordelingen mellom det som må være elektrisk energi/effekt og annen energi/effekt. Slik unngår man å låse seg til kun elektrisk energi, som allerede i dag er et knapphetsgode og som i framtiden høyst sannsynlig vil bli dyrere enn alternative oppvarmingskilder, relativt sett.

Oppvarmingsprinsipper

Tidligere var vi vant med oppvarming av bygninger ved hjelp av en punktkilde, for eksempel en vedovn hjemme eller en kakkelovn i forsamlingslokalet og skolehuset. Senere ble det vanlig med flere radiatorer og panelovner, gjerne plassert under hvert vindu for å unngå kald trekk i rommet. De siste årene har man begynt å produsere lavenergiboliger og passivhus med gode vinduer som tillater bruk av kun én punktvarmekilde i hver etasje.

Med punktoppvarming menes romoppvarming der energiomformingen skjer i det rommet som skal varmes opp. Elektriske ovner og parafinkaminer er to eksempler på punktoppvarming. Sentral oppvarming er et system hvor energiomformingen skjer i ett rom, i en varmesentral eller et fyrrom, og hvor varmen enten med vann eller luft blir ført ut til de ulike delene av bygningen. Fordelen med sentral oppvarming er at man ikke er bundet til én energikilde, men kan utnytte den energikilden som til enhver tid er billigst.

De fleste varmekildene som benyttes til romoppvarming, avgir varmen ved en kombinasjon av stråling og konveksjon. Stråling er varmeoverføring mellom to legemer av ulik temperatur, mens konveksjonsvarme er ren luftoppvarming ved at varmekilden varmer opp lufta i nærheten og setter den i bevegelse rundt i rommet.

Elektriske gjennomstrømningsovner og panelovner baserer seg på elektriske varmeelementer med egenmotstand som avgir strålevarme eller varmer opp romlufta ved konveksjon. De er som oftest plassert under vinduer for å kunne kompensere for kaldras samtidig med at de skal dekke bygningens totale

transmisjonstap. På denne måten gir de en jevn temperatur i hele bygningen. Radiatorer avgir varmen primært som strålevarme, installeres i prinsippet som elektriske ovner og gir en god varmefordeling i bygningen.

Punktkilder som baserer seg på ved eller parafin, avgir varmen primært som strålevarme. Andelen konveksjon er avhengig av kildens utforming og arealet som grenser mot romlufta. Slike punktkilder har en høyere effekt per enhet, og fordi de vanligvis er plassert på innervegg kan de gi relativt dårlig varmedistribusjon i bygningen og mulighet for kaldras fra vinduer. Det kan være begrenset mulighet for å regulere effekten lavt nok.

Golvvarme avgir varme både ved konveksjon og ved stråling. Varmeanlegget må dimensjoneres for å hindre kaldras fra store vindusflater. Golvvarme har stor treghet, men kan i kombinasjon med elovner, som motvirker kaldras, og nattsinking være en god reguleringsteknisk løsning. Golvvarme gir optimal energifordeling i en bygning.

Takvarme avgir all varme som strålevarme. Takvarme har liten treghet, og romtemperaturen påvirkes raskt. Arealer som ikke bestråles, kan oppleves som kalde.

Energipriser og priskonsekvenser ved ulike varmesystemer

Prisen for elektrisk energi består av tre ledd: kraftpris, nettleie og avgifter. Disse tre leddene er i samme størrelsesorden. Kraftprisen er konkurranseutsatt, og strømkundene kan velge mellom mange leverandører. Det fins gode oversikter som viser kraftprisen de enkelte leverandørene tilbyr på sine produkter, som kan være standard variabel kraftpris, markedskraft (med påslag på spotpris) og ett eller tre års fastprisavtaler.

Nettleien bestemmes av den lokale netteieren, som har ansvaret for ledningsnettet fram til den enkelte abonnent. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har ansvar for å kontrollere at inntektene fra nettleien samsvarer med kostnadene for utbygging og vedlikehold av nettet. Avgiftene bestemmes av offentlige myndigheter og består i tillegg til merverdiavgift av en forbruksavgift på ca. 12 øre/kWh. Denne avgiften skal blant annet benyttes for å få riktig prisforskjell i markedet mellom ulike energibærere.

Energi utgjør i størrelsesorden 20–30 % av de totale FDV-kostnadene for en bygning. Derfor er det viktig å vurdere fleksibilitet ved alternative energibærere.

Distribusjonsanlegg for vannbåret varme i nye bygninger har tradisjonelt vært dyrere enn direkte elekt-

riske varmeanlegg. For store boliger begynner investeringskostnadene å nærme seg hverandre hvis man ser bort fra varmesentralen. Dersom varmesentralen består av enklere varmepumper som henter varmen fra uteluft eller biokjeler, kan lønnsomheten bli bedre. Man må alltid huske at tekniske installasjoner krever utgifter til drift og vedlikehold i tillegg til selve brenselkostnaden. Som regel må det gjøres konkrete beregninger for det enkelte anlegget før man vet hva som er mest lønnsomt.

Miljøkonsekvenser

De reviderte tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven (TEK) krever at bygninger skal prosjekteres og utføres slik at en vesentlig del av varmebehovet kan dekkles med annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker. Dette gjelder imidlertid ikke for bygninger med særlig lavt varmebehov eller der det fører til merkostnader over bygningens livsløp. Lavenergiboliger, som er unntatt fra kravet om annen energiforsyning, skal ha skorstein og lukket ildsted.

Dette har sin bakgrunn i at Norge i dag ikke er selvforsynt med elektrisk energi og at en stor del av den importerte energien produseres i kullkraftverk med høyt utslipp av CO₂. Lokal bruk av for eksempel biomasse vil redusere de globale utslippene betydelig, og dette forutsetter anlegg for vannbåret varme med mulighet for flere energibærere.

REN – Veiledning til TEK –, utarbeidet av Statens bygningstekniske etat (BE), konkretiserer krav til energiforsyning hos sluttbruker med at rundt halvparten (minimum 40 %) av beregnet netto energibehov til romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) og varmtvann, beregnet etter NS 3031, skal dekkes av annet enn elektrisitet og/eller fossile brensler. I følge BE kan typiske løsninger for å tilfredsstille kravet være solfanger, nær- og fjernvarme, varmepumper, pelletskamin, vedovn, biokjel eller biogass.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Planlegging 222.220 Planlegging av boliger med lavt energibehov
 - Planlegging 222.230 Planlegging av energieffektive kontorbygg
 - Byggetal 471.018 Energikrav til bygninger. Dokumentasjonsmåter. Energiltak
 - Byggetal 471.019 Dokumentasjon av forventet energibruk i bygninger. Varmetapsrammer
 - Byggetal 471.020 Dokumentasjon av forventet energibruk i bygninger. Energirammer
 - Byggetal 552.102 Oppvarming av boliger. Metoder og systemer
- Standarder:
 - NS 3031 Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data

eventuelt arbeidsmiljøutvalg er en naturlig part i planleggingen av renholdssystemet og kan bidra til et riktig system. Forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler krever at alle innendørs arealer skal ha et forsvarlig og hygienisk tilfredsstillende renhold, og at hovedrengjøring skal gjennomføres årlig. Dessuten skal støvbelastningen være minst mulig, og man skal forhindre uheldig vekst av mikroorganismer. Forskriften krever at skoler og barnehager skal være godkjent av kommunestyret. De lokale helsemyndighetene ved kommunelegen står i praksis for godkjenningen, som også skal omfatte gjennomgang av renholdsrutinene. Forskriften inneholder krav om internkontroll og informasjonsplikt, og internkontrollsystemet skal blant annet omfatte renholdsplaner og eventuelle kvalitetskrav til renhold. Statens helsetilsyn har utarbeidet en veileder til forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skole. Veiledningen utdyper forskriftens krav blant annet til innredning/utforming og rengjøring/vedlikehold.

Renhold

En av hovedhensiktene med renhold er å fjerne støv og andre forurensninger fra innemiljøet. Riktig renhold er derfor avgjørende for et godt innemiljø. Riktig renhold skaper trivsel, gir bedre produktivitet og kan forebygge helseproblemer. Trivsel og godt arbeidsmiljø hos brukerne av en bygning har en positiv innvirkning på deres produktivitet, og derved på økonomien i bedriften. En undersøkelse SINTEF Byggforsk gjennomførte i 2000–2001, viste at redusert støvmengde i lokalene ga en reduksjon i kortidsfravær innenfor arbeidsgiverperioden (1–16 dager) på 39 %. Produktivitetsberegninger viste at reduksjonen i sykefravær medførte en besparelse på hele kr 80 000 per kvartal. Til sammenlikning var de totale renholdskostnadene for lokalene ca. kr 60 000 per kvartal. Det lønner seg altså å investere i riktig renhold.

Renhold er ressurskrevende, og kan utgjøre mer enn 25 % av FDV-kostnadene for en bygning, altså omtrent som energikostnadene. Manuell arbeidskraft utgjør den største andelen av renholdskostnaden, og det er derfor lønnskostnadene som har størst innvirkning på kostnadsutviklingen. Tiden til renholdsarbeid, og dermed renholdskostnadene, kan reduseres med minst 20–30 % ved å sørge for rengjøringsvennlig prosjektering, se også kapittel 3 om bygningsutforming.

Krav til renhold er ivarettatt i lovverket. Arbeidsmiljøloven stiller krav om tilfredsstillende renhold av både arbeidsrom, andre oppholdsrom og sanitærrom. Et

Les mer

- Nilsen, Steinar K. mfl. Sammenhenger mellom innemiljørelaterte helseplager, produktivitet og rengjøringskvalitet. Rapport O 9774, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 2001
- Sosial- og helsedepartementet. Forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler m.v., 15.12.1995

Støv og innemiljø

Vanlig støv innendørs kan være sammensatt av for eksempel partikler, bakterier, sopp, pollen, hudavfall fra mennesker og dyr, husstøvmidd, hår, tekstilfibre, papirfibre, mineralullfibre og små partikler av plast, maling, tre, metaller, sement og silikater. Støvpartiklene kan også fungere som absorpsjonskjerner for andre stoffer som gasser, lukstoffer, bakterier og virus. Støvets sammensetning og støvmengde påvirkes av materialvalg, aktiviteter, smussforebyggende tiltak og ventilasjon. Smuss og støv gjør romluftas kvalitet dårligere og kan forårsake allergier og andre reaksjoner. Smuss i fuktig og varmt miljø, for eksempel i baderom, gir dessuten god grobunn for mugg og andre mikroorganismer. Husstøv som svis på overflater varmere enn ca. 200 °C (elektriske gjennomstrømningsovn), avgir irriterende og luktende gasser og damper.

Høyt partikkelinnhold i romlufta utgjør en potensiell helsefare, og spesielt partikkelstørrelsen er av betydning. Det er de innåndingsbare (respirable) parti-

klene under ca. 1 μm (1 mikrometer = 0,001 mm) som er mest risikable ut fra et helsemessig synspunkt. Så små partikler er vanskelige å avskille, de holder seg svevende lenge og kan følge med innåndingslufta langt ned i lungene. De aller fineste partiklene, ultrafine partikler (UFP), er mindre enn 0,1 μm (100 nanometer, nm) og stammer fra menneskeskapte kilder. Inhalering av UFP kan føre til kraftigere betennelser (inflammasjon) i lungevev enn inhalering av større partikler av samme stoff. Helseeffekten ser ut til å øke med avtakende partikkeldiameter. Jo mindre partiklene er, desto lengre ned i lungene føres de. UFP kan trenge inn i luftveiene og videre føres via blodet til hele kroppen. I byer kommer mye UFP fra utelufta. UFP kan også dannes innendørs ved for eksempel brenning av stearinlys og ved bruk av gasskomfyr, og fins for eksempel i stekeos, tobakksrøyk, duftspray og duftlys.

De større partiklene kan imidlertid også føre til innemiljøproblemer. Grovstøv følger av slitasje på overflater og synker lett ned. Når det virvles opp, puster vi det inn og kan bli tette og irritert i nesen. Slikt støv er blant annet en av årsakene til klager på «tørr luft». Partikler under ca. 10 μm kommer ned i lungene i økende grad med redusert diameter.

I en dansk undersøkelse hvor man så på sammenhenger mellom støvets sammensetning og forekomsten av symptomer som kjennetegner såkalt inneklimasykdom, ble det funnet klare sammenhenger mellom bakteriesammensetning og forekomst av både generelle, diffuse symptomer (som hodepine og trøtthet) og slimhinneirritasjoner i nedre del av øvre luftveier. I tillegg fant man sammenhenger mellom høyt innhold av uorganiske støvpartikler (mineraler fra byggematerialer, veistøv og annet) og slimhinneirritasjoner generelt, og innhold av flyktige organiske forbindelser fra kjemikalier (TVOC) og sykdomssymptomet «tung i hodet».

I en annen dansk undersøkelse hvor man har utsatt forsøkspersoner for kontorstøv i klimakammer, fant man en rekke effekter av økt støvforekomst i romlufta. Det ble registrert:

- økt følsomhet for trekk
- opplevelse av dårligere luftkvalitet
- økt forekomst av øye- og slimhinneirritasjoner
- økt følelse av svetting
- «dagen derpå»-symptomer ved høye doser

Reaksjonene var avhengig av blant annet alder (økt følsomhet ved høyere alder) og temperatur.

Smusskildene er som nevnt mange. Blant annet avgir mennesker ca. 500 000 partikler per minutt ved stillesittende aktivitet som følge av hudavskallinger (det ytterste hudlaget skiftes helt i løpet av to til tre

dager) og avgivelse av tekstilfibre. I tillegg kommer eventuelle forurensninger fra våre aktiviteter. Ventilasjon kan ikke fjerne alt støv alene. Mens 50 % av partikler med størrelse 3–4 μm fjernes ved én luftveksling per time, må man ha ti luftvekslinger for å fjerne 50 % av partikler med størrelse 10 μm . Mye av forurensningene avsettes derfor på overflatene i lokalene våre, og må fjernes ved hjelp av forskjellige rengjøringsmetoder, slik at oppbygging av smussdepoter unngås.

Les mer

- Gyntelberg, Finn mfl. Dust and the Sick Building Syndrome. *Indoor Air* 1994, no. 4, s. 223–238
- Møhlave, L., Kjærgård, S.K. og Attermann, J. Sensory and other neurogenic effects of exposure to airborne office dust. *Proceedings Healthy Building 2000*, Vol. 1, s. 501–505

Renhold og innemiljø

Oppmerksomheten rundt renholdets betydning for innemiljøet økte vesentlig etter at resultatene fra den danske «Rådhusundersøkelsen» ble kjent på slutten av 1980-tallet. Her ble det grundig dokumentert at tilrettelegging for renhold kan bidra til et bedre innemiljø. Undersøkelsen viste at i bygninger hvor det ikke var godt nok tilrettelagt for renhold, var det dobbelt så stor risiko for å få høy forekomst (overhyppighet) av slimhinneirritasjoner blant brukerne. Det viste seg også at smussdepoter som tekstiler og tepper («loddenfaktor») og åpne, fylte hyller og skap («hyllefaktor») hadde stor betydning for innemiljøets kvalitet. Oppvirvling av støv fra slike depoter kan forårsake innklimaproblemer i form av klager på «tørr luft» og hud- og slimhinneirritasjoner. Undersøkelser har vist at tepper kan inneholde opp til 1 kg smuss per kvadratmeter før dette kan ses på overflaten.

Statens Arbeidsmiljøinstitutt gjennomførte på slutten av 1990-tallet en undersøkelse av effekten av hovedrengjøring av kontorlokaler. De fant at grundig rengjøring av tepper (ekstraksjonsrens) og åpne, fylte bokhyller, inklusive hyllefyll, ga stor reduksjon (28 %) av svevestøv i romlufta. Dette resulterte i 33 % reduksjon av slimhinneirritasjoner blant brukerne. Medisinske undersøkelser viste at brukerne hadde mer åpen passasje i nesehulen etter at rengjøringstiltaket var gjennomført.

Som tidligere nevnt har undersøkelser foretatt av SINTEF Byggforsk vist at heving av rengjøringskvaliteten i et kontormiljø kan gi store reduksjoner i syke-

fravær selv i en bygning uten kjente innemiljøproblemer. Undersøkelsen omfattet innføring av kvalitetsstyrt renhold med måling av støv, og spesielt fokus på støv i depoter som åpne, fylte hyller og høye vannrette flater. Effektene av økt rengjøringskvalitet ble undersøkt ved hjelp av spørreundersøkelser, registrering av sykefravær og psykologiske tester for undersøkelse av stressnivå. Rengjøringskvalitet ble fulgt opp ved hjelp av en nordisk standard for måling av rengjøringskvalitet, NS-INSTA 800. Se nærmere om tale i eget avsnitt.

Les mer

- Nilsen, Steinar K. mfl. Sammenhenger mellom innemiljørelaterte helseplager, produktivitet og rengjøringskvalitet. Rapport O 9774, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 2001
- Skov, Peder, Valbjørn, Ole, Gytelberg, Finn og DISG. Rådhusundersøkelsen – Indeklima i kontorer. København, 1989
- Skulberg, Knut R. mfl. Inneklima på kontoret – Hjelper støvsanerende tiltak? Rapport fra Statens Arbeidsmiljøinstitutt, 1998
- Standarder:
 - NS-INSTA 800 Rengjøringskvalitet – System for å fastlegge og bedømme rengjøringskvalitet

Renhold kan forurense

Renhold kan medføre risiko for økt forurensning av romlufta, blant annet som følge av oppvirvling av støv og bruk av kjemikalier. All rengjøring må derfor utføres på riktig måte, og rengjøringsmidler, maskiner og metoder må velges med omhu. Oppgaver som kan medføre fare for forurensning er blant annet:

- hovedrengjøring, som kan gi støvspredding og frigjøring av løsemidler
- rens av tepper, der rester av kjemikalier og fuktighet kan gi økt forurensning og oppblomstring av mikroorganismer
- polishbehandling av harde golv, som kan medføre luktproblemer og frigjøring av løsemidler
- maskinpolering av harde golv, som kan gi støvspredding og frigjøring av løsemidler
- støvsuging, som kan gi støvspredding og luktproblemer

Renholdsbehov

Renhold er viktig av både estetiske og hygieniske grunner. Renholdsopplegget bør omfatte alle flater og

alt utstyr i en bygning, og dekke behovet for renholdsrelatert vedlikehold samt tilfredsstille kravene til hygiene/helse, trivsel og produktivitet. Behovet vil variere avhengig av blant annet belastning, romtype, overflatelyper og ønsket kvalitetsnivå.

For å oppnå et riktig og rasjonelt renhold er det nødvendig å vurdere renholdsbehovet grundig. Det er også viktig å foreta beslutninger om hvilken rengjøringskvalitet man ønsker. Vurderingen bør alltid ta utgangspunkt i et godt tegningsunderlag med beskrivelser av lokalene, og det må foretas befaringer i lokalene for å avdekke alle forhold som kan ha betydning for valg av rengjøringstekniske løsninger og renholdsøkonomi. Viktige faktorer er blant annet smussbelastning, materialvalg og møbleringsgrad.

Smussmengde

Tilsmussingen av lokalene spiller en stor rolle for valg av rengjøringsmetode og rengjøringsfrekvenser. Tilsmussingen avhenger av bruksintensitet og aktiviteter i og utenfor bygningen. Bruksintensitet kan måles, for eksempel som antall brukere per kvadratmeter og dag. Tilsmussingsgrad kan måles i form av støvfallsrate, se NS-INSTA 800 og tilhørende veiledning.

Overflater

Overflatetyper har også betydning for valg av riktige rengjørings- og vedlikeholdsmetoder. Tepper krever helt andre rengjøringsmetoder enn harde golv, og forskjellige typer golvbelegg har forskjellige vedlikeholdsbehov, se Byggforskserien, Byggforvaltning 741.203 og 741.204.

Renholdsvennlighet

Renholdsvennligheten har innvirkning både på mulighetene til å fjerne støv og forurensninger og på tidsforbruket. Renholdsvennligheten påvirkes av tilstanden på inventar, vegger og golv, farge, mønster og type golvbelegg, og møblering og annet som påvirker tilgjengelighet for rengjøringsmaskiner og utstyr. Tiltak for å bedre renholdsvennligheten er beskrevet i kapittel 3 om bygningsutforming. Se også anbefalinger gitt i Byggforskserien, Planlegging 379.243.

Orden

Brukernes vaner og holdninger er også av stor betydning. Renholdspersonalet skal av sikkerhetsmessige grunner ikke flytte på papirer og gjenstander, og god orden vil gjøre overflatene tilgjengelige for renhold og dermed bidra til et bedre renhold og innmiljø.

Rengjøringskvalitet

Entydige kvalitetskrav og muligheter for å vurdere resultatet er en forutsetning for å planlegge og utføre



God orden letter renholdet og gir bedre innemiljø.

et tilfredsstillende renhold. Kvalitetskravene kan variere fra lokale til lokale. Renholdsbehov og kvalitetskrav må vurderes på bakgrunn av:

- estetiske forhold
- hygieniske forhold
- innemiljømessige forhold

Eksempler på rengjøringsfrekvenser og kvalitetskrav for renhold er gitt i Byggforskserien, Byggforvaltning 700.211.

Estetiske forhold. Den estetiske siden av renholdet tar først og fremst hensyn til hvordan overflatene ser ut etter renhold. Her betyr forhold som fingermerker, kaffeflekker og større partikler som papirbiter og binders mer enn støv og fibre. Renhold basert på tankegangen «det man ikke ser, har man heller ikke vondt av» har vært vanlig, men slike renholdsopplegg er ikke alltid like gunstige for innemiljøet. Blant annet kan tepper se rene ut og samtidig inneholde store mengder støv og forurensninger som kan virvles opp.

Estetiske krav kan stilles med utgangspunkt i hvilken synlig renhetsgrad man ønsker på de forskjellige overflatene. Kravene ivaretas ved at renholdet utføres med fokus på synlig smuss. Kontroll foretas ved visuell inspeksjon av overflatene etter rengjøring. Det fins mange forskjellige varianter av krav og kontroll-opplegg, fra de helt enkle hvor kvalitetsgrader beskrives kortfattet med ord og illustrasjoner, til mer avanserte teknikker med systematisk registrering og bedømmelse som bidrar til å redusere graden av subjektivitet. Se eget avsnitt om NS-INSTA 800.

Hygieniske forhold. God hygiene er viktig i sanitærrom, kjøkken, sykehus og andre steder hvor man ønsker å unngå vekst og spredning av sopp og bakterier. Det er også her viktig at man ikke glemmer

skjulte flater som golv under badekar og dusjkabinetter, oppvaskbenker og liknende steder hvor skitt og fuktighet ofte legger seg.

For å tilfredsstille hygieniske krav må det rengjøres med faste frekvenser, og spesielle metoder og kjemikalier må ofte benyttes. Se også Byggforskserien, Byggforvaltning 700.214 om renhold i sykehus og helseinstitusjoner.

Innemiljømessige forhold. Et renhold som tar hensyn til innemiljøet, innebærer jevnlig rengjøring av alle overflater inklusive usynlige støvdepoter som tepper, himlingsrom, bøker i bokhyller, høye hyller og skap-topper. Man må også rengjøre tekstiler som gardiner, tekstiltapeter og skjermvegger med jevne mellomrom.

I det daglige renholdet må man gi nærområdet rundt brukeren første prioritet. Eksempler på slike personnære overflater er golv i barnehager og barnerom, senger og arbeidsbord. Vi tilbringer nesten 30 % av vår tid i senga, og her trives husstøvmiddene godt. Støvsuging av senger og lufting av sengetøy er derfor viktig for å holde husstøvmiddene i sjakk.

Et bevisst valg av rengjøringstekniske løsninger (se egne avsnitt om rengjøringsmidler, maskiner og metoder) og gode rutiner for å fjerne støv fra alle støvsamlende overflater kan bidra til å skape et godt innemiljø. I lokaler hvor vi oppholder oss over lengre tid, bør det i tillegg stilles krav til maksimumsnivåer for støv på forskjellige overflater. Måling av støv med måleinstrumenter bør brukes som en del av kvalitetsoppfølgingen. Støv kan ikke følges opp godt nok ved visuell kontroll fordi støvets synlighet avhenger av en rekke forhold som underlagets farge og overflatestruktur, og belysningsnivå og retning på innfallende lys. For å sikre et godt innemiljø bør renholdsopplegget utformes slik at det medfører:

- minst mulig opphoping av støv og fibre i nærområdet rundt brukeren (personnære overflater)
- minst mulig bruk av fuktighet og kjemikalier (tørre metoder)
- god skylling og opptørking der hvor fuktighet og kjemikalier benyttes
- effektiv fjerning av støv fra tepper, også fra teppebunnen (jevnlig teppebørstesuging)
- periodisk fjerning av støv og forurensninger fra alle støvsamlende overflater, for eksempel gardiner, åpne, fylte bokhyller og over åpne, nedsenkede himlinger
- høy visuell rengjøringskvalitet: minimum nivå 3 i henhold til NS-INSTA 800 (7) og støvnivå 4 med måling av støv ved høyeste belastning, det vil si før rengjøring, se eget avsnitt
- årsplan for renhold som omfatter alle overflater i lokalene



Et støvmessig godt innemiljø kan sikres ved å stille krav til maksimumsnivåer for støv på overflater og kontrollere rengjøringskvalitet ved hjelp av støvmålinger. Foto: SINTEF Byggforsk

Nordisk standard for rengjøringskvalitet. NS-INSTA 800 er en felles nordisk standard for å fastlegge krav til og bedømme rengjøringskvalitet. Den kan benyttes for alle typer bygninger og lokaler. Standarden

angir nivåer for visuelt og instrumentelt målbar kvalitet, og beskriver hvordan rengjøringskvaliteten skal kontrolleres og vurderes.

Standarden beskriver fem nivåer for visuell kvalitet, der nivå 5 er høyeste kvalitetsnivå. Hvert kvalitetsnivå er definert i form av en maksimal mengde tillatt smuss, og smussmengder angis i antall forekomster av smusstypen eller i prosentandel av overflaten som er dekket av smuss. Visuell kvalitetskontroll skal foretas umiddelbart etter rengjøring ved å telle eller vurdere forekomst av fire typer smuss (støv, avfall og løst smuss, flekker, flatesmuss) på henholdsvis inventar, vegger, golv og himling. I tillegg beskriver standarden seks metoder for måling av rengjøringskvalitet ved hjelp av måleinstrumenter, deriblant en metode for måling av støv på overflater. Standarden beskriver også tilhørende kvalitetskrav i form av fem støvnivåer. Undersøkelser har vist at renholdsopplegg hvor støvmengder på overflater gitt i støvnivå 4 ikke overskrides vil bidra til et støvmessig godt innemiljø.

Eksempler på kvalitetsprofiler

Forskjellige typer lokaler i skoler og barnehager. Kvalitetsstyrt renhold i henhold til NS-INSTA 800. For flere profiler, se Byggforskserien, Byggforvaltning 700.211

	KVALITETSPROFIL															
	A					C					E					
Lokaltype	Korridorer, trapper, fellesarealer					Oppholdsrom i barnehage og fritidshjem, undervisningsrom, kontorer					Kjøkken og spiserom, toaletter, dusjer og andre sanitærrom					Kommentarer
VISUELL KVALITET	Nivå					Nivå					Nivå					
INVENTAR	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Fylte, åpne hyller i oppholdsrom i barnehager rengjøres av brukerne.
– Avfall / løst smuss, støv, flekker																
– Flatesmuss																
VEGGER	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
– Avfall / løst smuss, støv, flekker																
– Flatesmuss																
GOLV	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
– Avfall / løst smuss, støv, flekker																
– Flatesmuss																
HIMLINGER	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
– Avfall / løst smuss, støv, flekker																
– Flatesmuss																
INSTRUMENTELT MÅLBAR KVALITET	Nivå					Nivå					Nivå					
METODE	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
– Støv på overflater																Måles før renhold
– Friksjon på golv																Måles etter rengjøring og eventuelt vedlikehold

Kvalitetskravene for forskjellige typer lokaler kan beskrives ved hjelp av en kvalitetsprofil som består av opp til åtte visuelle kvalitetskrav og eventuelle instrumentelt målbare krav, se tabellen under. For at renholdet i rommet skal kunne godkjennes, må samtlige kvalitetskrav være oppfylt.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Planlegging 379.243 Tilrettelegging for rasjonelt renhold
 - Byggforvaltning 700.211 Renholdsplanlegging
 - Byggforvaltning 700.214 Renhold i sykehus og andre helseinstitusjoner
 - Byggforvaltning 741.203 Renhold av teppegolv. Midler og metoder
 - Byggforvaltning 741.204 Renhold av myke, halvharde og harde golv. Midler og metoder
- Schneider, Thomas mfl. «Quality of cleaning quantified», Building and Environment, Vol. 29 (1994), No. 3, s. 363–367
- Standarder:
 - NS-INSTA 800 Rengjøringskvalitet – System for å fastlegge og bedømme rengjøringskvalitet

Riktig renhold

Renhold må legges opp slik at smuss fjernes på en mest mulig effektiv måte uten at miljøet tilføres nye forurensninger. Man må derfor være bevisst i valg og bruk av:

- rengjøringsmidler
- maskiner og utstyr
- metoder, omfang og frekvenser
- rengjøringstidspunkt

Rengjøringsmidler

Valg av produkter. Det fins flere tusen forskjellige rengjøringsmidler på det norske markedet. Det kan derfor være vanskelig å velge blant slike kjemikalier. Rengjøringsmidler kan også være sammensatt av mange typer kjemiske forbindelser, blant annet syrer, alkalier, løsemidler, konserveringsmidler, parfymer og fargestoffer. En rekke av disse forbindelsene er nødvendige for et effektivt renhold, men de fleste rengjøringsmidler inneholder også ikke-aktive forbindelser som parfymer og fargestoffer. Slike unødvendige tilsetningsstoffer kan medføre en ekstrabelastning på

innemiljøet og bør generelt unngås. Utvikling av nye tensider har medført at vi ikke lenger trenger å tilsette løsemidler til rengjøringsmidler. Ved valg av kjemikalier, bør man stille seg følgende spørsmål:

- Kan det avsettes forbindelser på overflaten som kan virke irriterende?
- Inneholder produktet forbindelser som kan fordampe og forurens romlufta?

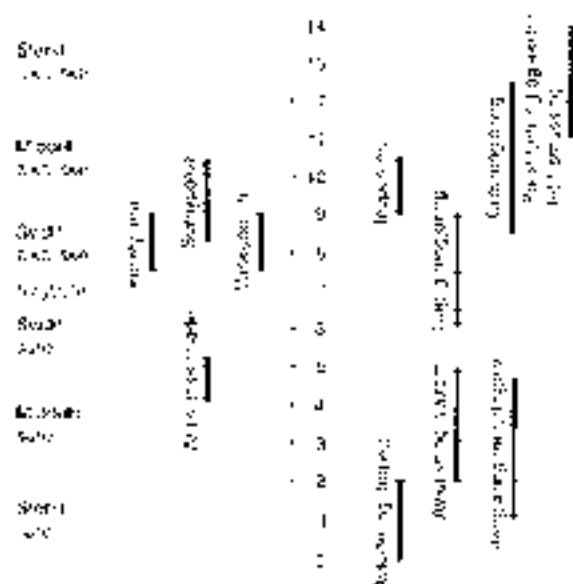
Stoffer som avsettes på inventaroverflater eller golv (for eksempel i barnehager), kan lett smitte av på fingre og derfra overføres til følsomme områder som ansiktshud og øyne. Forbindelser som man bør være oppmerksom på, er:

- sterke alkalier eller sterke syrer, det vil si produkter med høy pH (12–14) eller lav pH (0–2), se figuren under
- enkelte tensider og konserveringsmidler som kan være allergiframkallende eller giftige for hud og også skade det ytre miljøet
- silikonolje, som ofte er en bestanddel i inventarpleiemidler

Grønnsåpe er et eksempel på rengjøringsmidler som inneholder irriterende forbindelser. Rester av lut fra såper kan avsettes på overflatene og forårsake hud- og øyeirritasjoner dersom de smitter av på hendene til brukeren.

Mange rengjøringsmidler inneholder løsemidler og andre flyktige forbindelser. Eksempler er polish-fjernere, grovrengjøringsmidler, glassrengjøringsmid-

pH-skalaen



pH-skalaen med pH-området for renholdskjemikalier til ulike oppgaver

ler, flekkfjerningsmidler, graffitijernere, golv- og møbelpolisher. Spesielt skal man være oppmerksom på kjemikalier som importeres fra land som ikke stiller de samme kravene til arbeidsmiljø og innemiljø som Norge. Be derfor om opplysninger om sammensetning og riktig bruk når du skal kjøpe rengjøringsmidler. Slik informasjon er gitt i HMS-datablader og bruksanvisninger. Informasjonen skal være på norsk.

Miljøriktige rengjøringsmidler er ofte også bra for innemiljøet. Det fins miljømerkeordninger for en rekke typer rengjøringsmidler, se tabellen under. De fleste oppgaver innen renhold kan altså utføres ved hjelp av miljømerkede produkter eller produkter som tilfredsstill disse kriteriene.

Miljømerkeordninger for forskjellige typer rengjøringsmidler

Merkeordning	Svannen	Blomsten	Bra Miljøval
Produktgruppe			
Universalrengjøringsmidler	X	X ¹⁾	X
Håndoppvaskmidler	X	X	X
Sanitærrengjøringsmidler	X	X	X
Golvpleiemidler	X		
Industrielle rengjøringsmidler	X		
Tekstilvaskemidler	X	X	X

¹⁾ EUs kriterier for rengjøringsmidler omfatter både universalrengjøringsmidler og sanitærrengjøringsmidler.

Riktig bruk av rengjøringsmidler vil alltid innebære en ekstrabelastning for både innemiljøet og det ytre miljøet, og bør derfor begrenses til et minimum. Mye smuss lar seg imidlertid fjerne helt uten bruk av vann og kjemikalier, se avsnitt om rengjøringsmetoder. Riktig dosering er også viktig dersom man skal ha optimal effekt. Overdosering vil legge igjen kjemikalieresester på overflaten og gi risiko for avsmittning til hud og slimhinner. Man må derfor sette seg inn i bruksanvisninger og HMS-datablader.

Rengjøringsmaskiner

Vær kritisk og ta hensyn til innemiljøet ved valg av rengjøringsmaskiner. Det er spesielt viktig når det gjelder maskiner og utstyr for arbeidsoppgaver som kan medføre risiko for oppvirvling av støv, som støvsuging, teppebørstesuging og vedlikeholdsmetoder for harde golv (for eksempel spraypolering og high-speed-polering).

Støvsugere og teppebørstesugere må ha effektive mikrofiltre, helst plassert etter motor, dersom spredning av finstøv skal unngås. Ikke alle såkalte mikrofiltre er like effektive, men de fleste moderne hushold-

ningsmaskiner kan utstyres med effektive mikro- eller hepafiltre. Be om dokumentasjon på filtreringseffektivitet før innkjøp, for eksempel i form av et sertifikat som viser at filtret tilfredsstill krav gitt i NS-EN 1822-1, ved anskaffelse av støvsugere og liknende rengjøringsmaskiner. Sjekk også tester i forbrukermagasiner som Forbrukerrapporten.

Vanlige støvsugere rengjør bare i overflaten av tepet. Dersom man skal få fjernet støv, sand og rester også fra teppebunnen, må man i tillegg bruke teppebørstesuger eller teppebanker jevnlig. Mange vanlig støvsugere kan utstyres med spesialmunnstrykker for slik bruk. Rene teppebørstesugere fins også, men disse brukes mest til profesjonelt renhold. Slikt utstyr bør benyttes minst én gang i uka på alle belastede arealer (som gangbaner, ved kontorpulter og ved sittegrupper).

Et godt alternativ til vanlige støvsugere er sentralstøvsugere, hvor returlufta trekkes ut av rommet slik at mikro-støv ikke frigjøres innendørs. I yrkesbygninger er det viktig å dimensjonere anleggene slik at man kan bruke flere uttak samtidig (minst ett per etasje).

Bruk av såkalte blankemaskiner til polering av golvbelegg som vinyl og linoleum kan også føre til støvproblemer. De høye poleringshastighetene kan føre til at støv og kjemikalier virvles opp slik at mengden irriterende stoffer i lufta øker. For å unngå slike problemer bør blankemaskiner utstyres med støvsuger-



Polering med super-high-speed-maskin uten støvavsug kan øke mengden irriterende stoffer i lufta.

kappe og støvsuger med effektive mikrofiltre.

Alle maskiner krever tilsyn og vedlikehold. Fulle støvsugerposer og tette slanger og rør kan redusere effekten på støvsugeren betydelig. Man må derfor bytte mikrofiltre og støvsugerposer før de er fulle. En god regel er å bytte støvsugerpose straks det begynner å lukte vondt av returlufta fra støvsugeren. Vond lukt tyder på mikrobiologisk aktivitet og at risikoen for

spredning av allergiframkallende stoffer øker. Ved poseskift må man også rengjøre maskinen innvendig.

En rekke rengjøringsmaskiner har vanntank. Eksempler er vannstøvsugere, tepperensmaskiner og såkalte kombinasjonsmaskiner (vaskemaskiner for golv). For å unngå vekst av muggsopp og andre mikroorganismer må man sørge for å rengjøre og tørke tank og slanger etter bruk.

Les mer

- Bakke, J. mfl. Airway hypersensitivity related to incorrect polishing procedures. Indoor Air 2002, Monterey 30 june–5 july 2002, Conference proceedings, vol 1, s. 131–136
- Standarder:
 - NS-EN 1822-1 Høyeffective luftfiltre (HEPA og ULPA) – Del 1: Klassifisering, ytelsesprøving og merking ved anskaffelse av støvsugere og lignende rengjøringsmaskiner

Rengjøringsmetoder

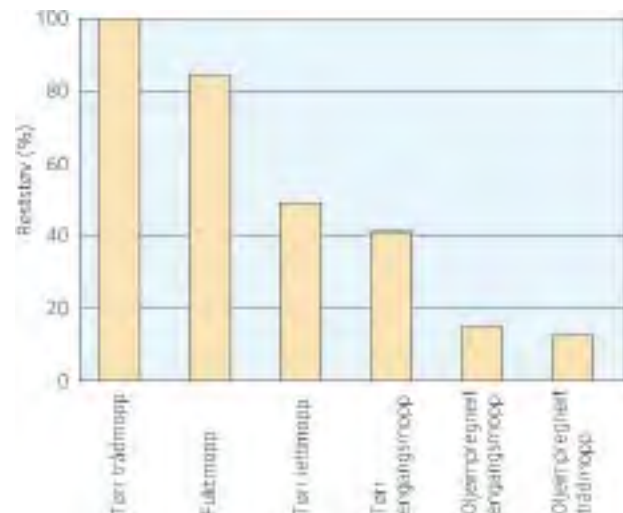
Ved moderne renhold brukes forskjellige typer mopper i stedet for den tradisjonelle skurekosten og kluten. Behovet for å bruke vann og kjemikalier er som regel lite i en moderne og godt vedlikeholdt bygning, og ved å bruke såkalte tørre rengjøringsmetoder reduseres kjemikaliebelastningen i både innemiljøet og det ytre miljøet. Undersøkelser har vist at oljeimpregnerte mopper og andre tørre rengjøringsmetoder har bedre rengjørings effekt enn tradisjonelle mopper ved rengjøring av golv. Også ved inventar rengjøring har de tørre metodene vist god rengjørings effekt. Til fjerning av flekker må imidlertid noe fuktighet brukes. På inventar har mikrofiberkluter vist meget god rengjørings effekt.



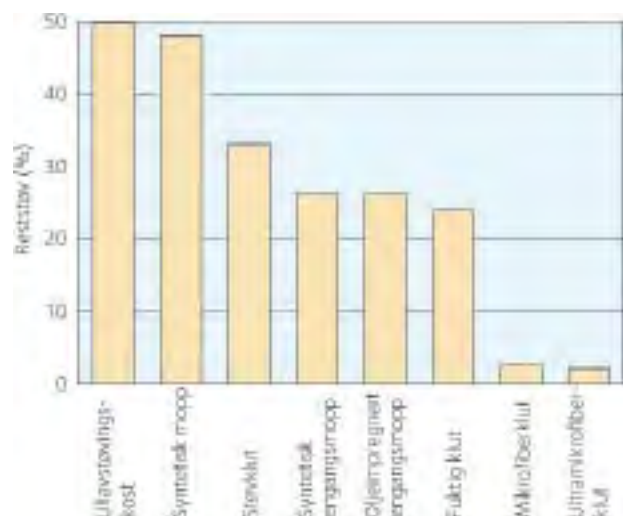
Rengjøring med mopp

ringseffekt. Slike kluter «høvler» bort smusset uten bruk av kjemikalier og kan brukes til å fjerne de fleste smusstyper helt uten bruk av rengjøringsmidler. Mikrofiberkluter er derfor den beste metoden for rengjøring av inventar i forhold til både innemiljø og ytre miljø.

Overdreven bruk av våte rengjøringsmetoder kan skade overflatene og forårsake innemiljøproblemer. Linoleum er et materiale som i seg selv har lave emisjoner, men feil behandling kan gi problemer. Linoleum er følsom for alkalier med pH større enn 9 og kraftig påvirkning av vann. Risikoen for problemer øker dersom belegget og skjøter er slitt. Alkalisk fukt kan forårsake en såkalt hydrolyse av belegget, med ubehagelig lukt som følge. Ved å unngå påvirkning av fukt



Rengjørings effekten til forskjellige typer mopper

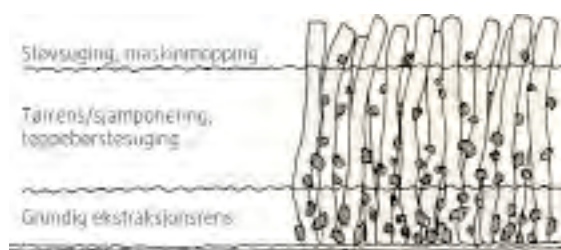


Rengjørings effekten til forskjellig utstyr for rengjøring av inventar

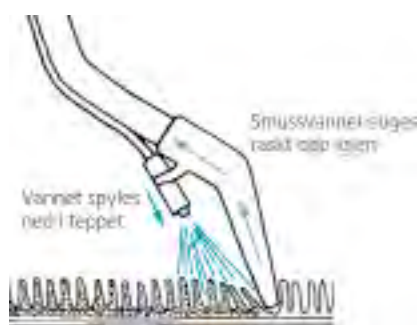
tighet, blant annet ved å bruke minst mulig vann ved rengjøring, unngår man dette problemet. Man må imidlertid utføre tørt renhold riktig, slik at det ikke virvles opp støv, det vil si unngå feiebevegelser. Våte metoder er fortsatt best til fjerning av store mengder støv, fett og inntørkede væsker.

Alle harde overflater trenger vedlikehold slik at de blir lette å rengjøre. Polishbehandling og polering med vannbaserte polisher benyttes i stor utstrekning, og her er det viktig å velge produkter slik at avgassingsproblemer unngås. Enkelte materialer, for eksempel oljede tregolv og porøs klinker, må man imidlertid tilføre løsemiddelholdige oljer med jevne mellomrom.

Vedlikehold av harde golv kan medføre en viss risiko for forurensning av lokalene med flyktige organiske forbindelser, som VOC og løsemidler. Tidspunkter for slike arbeider må velges slik at miljøet er mest mulig utluftet når brukeren igjen skal benytte lokalene. Skuring og polishbehandling medfører også bruk av forholdsvis store mengder vann. Undersøkelser foretatt i Finland har vist at hyppig skuring, det vil si én til to ganger per år, og overdreven bruk av vann kan gi fuktskader og muggvekst på gipsvegger. Polishbehandlede golv bør vedlikeholdes jevnlig med spraypolering eller tørrpolering, slik at man unngår hyppig skuring.



Dybdevirkning ved forskjellige metoder for rengjøring av tepper



Tepperensing ved ekstraksjon (dyrens)

Støvsugere fjerner normalt bare finstøv og mindre partikler fra den øverste delen av teppeluven. For å få tak i matrester og andre forurensninger som kan ligge nede i teppebunnen, er det nødvendig å benytte teppebørstesuger av og til. Dette er spesielt viktig i gangbaner. Teppene må også renses jevnlig. Best egnet er våtreng med såkalte ekstraksjonsmaskiner hvor vann og kjemikalier spyles ned i teppet og deretter skylles ut igjen. Det er viktig å skylle med rent vann etter bruk av kjemikalier, og mest mulig vann må suges opp igjen slik at teppet tørker hurtig, for å unngå risiko for muggsopp. Metoder som tørrens og sjamponering gir teppene et bra utseende, men etterlater mye kjemikalier i teppet. Dette har i flere tilfeller forårsaket inneklimateproblemer, og sjamponering mistenkes også for å kunne forårsake såkalt Kawasaki Disease, en langvarig febersykdom hos barn.

Les mer

- Bakke, J. mfl. Airway hypersensitivity related to incorrect polishing procedures. *Indoor Air* 2002, Monterey 30 June–5 July 2002, Conference proceedings, vol 1, s. 131–136
- Kujanpää, L. Reiman, M. og Kujanpää, R. Mold damages caused by water used in cleaning – Microbiological aspects. *Indoor Air* 2002, Monterey 30 June–5 July 2002, Conference proceedings, vol. 1, s. 773–777
- Nilsen, Steinar K. mfl. Cleaning with micro-fibre cloths – A good alternative to cleaning with chemicals? *Proceedings Indoor Air'99*, vol. 2 (1999), s. 62–67
- Nilsen, Steinar K. mfl. «Micro-fibre and ultra-micro-fibre cloths, their physical characteristics, cleaning effect, abrasion on surfaces, friction and wear resistance». *Building and Environment* 37 (2002), s. 1373–1378

Renholdsomfang og rengjøringsfrekvenser

Tidligere var det vanlig at det regelmessige, løpende renholdet bare omfattet frie, tilgjengelige flater opp til 180 cm over golvet. Etter innføringen av nye moppesystemer for rengjøring av høye flater og kvalitetsstyrt renhold har det blitt mer vanlig å utvide omfanget for regelmessig renhold til å omfatte for eksempel alle overflater opp til 3 m over golvet. Dette sikrer jevnlig rengjøring av høyereliggende støvdepoter. For å sikre et godt innemiljø er det imidlertid viktig at man i tillegg til det regelmessige renholdet legger opp en årsplan for periodiske renholdsarbeider. Årsplanen bør omfatte alle støvdepoter samt rengjørings- og

vedlikeholdsoppgaver som ikke omfattes av det regelmessige renholdet, for eksempel:

- rengjøring av overside av åpen nedsenket himling
- rens av tepper
- rengjøring av åpne hyller med innhold
- gardiner
- radiatorer og konvektorkasser
- vinduspusning
- skuring og polishbehandling av harde og halvharde golvbelegg

Rengjøringsfrekvensene må velges på bakgrunn av smussbelastningen i lokalene. Forhold som arbeidsprosesser, personbelastning og materialvalg har stor innflytelse på dette. Undersøkelser foretatt i Danmark har vist direkte sammenhenger mellom frekvenser for regelmessig renhold og øyeirritasjoner. Undersøkelsen viste at omfanget av øyeirritasjoner økte og tåreproduksjonen ble dårligere etter at frekvenser for grundig rengjøring av golv og inventar ble redusert fra henholdsvis tre og én gang per uke til henholdsvis én og en halv gang per uke. Undersøkelser av tårefilmen viste at både kvalitet og levetid ble betydelig redusert ved redusert rengjøringsprogram. På den annen side viste det seg at forbedringene var forholdsvis små dersom renholdsfrekvensene ble økt til fem ganger grundig golvrengjøring og to ganger grundig inventar-rengjøring per uke. Undersøkelsen ble foretatt i tre barnehager og viste at frekvenser for rengjøring av golv har størst betydning i slike miljøer.

Anbefalinger vedrørende renholdsomfang og frekvenser for regelmessig og periodisk renhold er gitt i Byggforskserien, Byggforvaltning 700.211.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggforvaltning 700.211 Renholdsplanlegging
- Hansen, Jan Holmegaard. Barberet rengjøringsbudget giver øjengener. COWIconsult, Danmark, 1992

Hensyn til det ytre miljøet

Hvert år slippes det mer enn 10 000 tonn rengjørings-kjemikalier (målt som konsentrerte aktive forbindelser) ut til norske vassdrag via kloakknettet. Undersøkelser foretatt i Norden har avdekket at profesjonelt renhold av bygninger bidrar med følgende miljøbelastning (per år):

- utslipp av ca. 73 000 tonn kjemikalier, hvorav ca. 11 000 tonn tørrstoff
- forbruk av ca. 4,5 millioner tonn vann (4,5 milliarder liter)
- forbruk av ca. 140 millioner kWh strøm til rengjøringsmaskiner
- forbruk av ca. 100 millioner liter fossilt brennstoff til transport
- produksjon av ca. 35 000 tonn avfall (blant annet emballasje, plastposer, mopper og kluter)

Sammen med kjemikaliene helles det ut en ikke ubetydelig mengde smuss. Miljøbelastningen kan reduseres vesentlig ved å gå over til tørrere rengjøringsmetoder, bruke mikrofiberkluter, bruke plastposer i avfallsbøtter og ved å bruke miljøvennlige rengjøringsmidler dersom en må benytte kjemikalier. Forsvarsbygg har vist at det nytter gjennom en omstillingsprosess for renholdstjenesten. Prosessen, kalt «Beste Praksis Renhold», ble startet i 2002 og omfattet kompetanseheving i hele renholdsfunksjonen og innføring av et moderne, kvalitetsstyrt renholdssystem. Prosessen ga blant annet følgende miljøgevinster:

- 32 % reduksjon av støvbelastningen i lokalene
- 46 % reduksjon i forbruk av rengjøringsmidler (fra 100 tonn per år til 46 tonn per år)
- 86 % reduksjon i forbruk av innstikkposer (plast, fra 20 tonn per år til 2,6 tonn per år)

I tillegg ble det registrert en vesentlig reduksjon i sykefraværet blant renholderne. Prosjektet ble i 2006 tildelt miljøprisen «Glassbjørnen».

Les mer

- Statens Forurensningstilsyn. Tensider i vaske- og rengjøringsmidler – Materialstrømsanalyse. Rapport TA-770A/1991, 91:06A
- Nilsen, Steinar K. Markedsundersøkelse – Bistand til utarbeidelse av miljømerkinskriterier for rengjøringstjenester. Rapport O-9893, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 2001
- Nilsen, Steinar K. mfl. Best practice Cleaning – Reducing costs, dust levels and chemical load by introducing a modern cleaning concept. Healthy Buildings 2006, Lisboa 4–6 june 2006, Proceedings vol. A, s. 572

Informasjon og opplæring

Renholdsplaner

Gode renholdsplaner og -instrukser og god opplæring

av renholdspersonalet er viktige forutsetninger for et godt innemiljø.

For å få klare og oversiktlige planer for renholdet bør man utarbeide planer for ulike nivåer som detaljeres ut fra hvem som er mottaker. Det bør utarbeides en overordnet plan som klargjør hovedtrekkene i renholdsarbeidet og gir en oversikt over totale arealer og grupper av arealer med forskjellige renholdsbehov og tilhørende kvalitetsnivåer og frekvenser. Planen kan være en del av tilbudsgrunnlaget og danne grunnlag for avtale mellom renholdsfirma og oppdragsgiver, og kan være et bilag til kontrakten mellom partene.

Den overordnede planen danner grunnlaget for instruksene til renholderne. Instruksene bør beskrive hva arbeidet omfatter i de forskjellige romtypene, hvilke rengjøringstekniske løsninger som skal brukes og når arbeidet skal utføres. Instruksene bør spesifisere hvilke kvalitetskrav som er stilt, hvor ofte kvaliteten skal være oppnådd og hvordan renholderen skal vurdere rengjøringsbehovet og resultatet av arbeidet. Som en del av instruksene bør man ha metodebeskrivelser for de forskjellige arbeidsoperasjonene, bruksanvisninger for kjemikalier, maskiner og utstyr, eventuelle vedlikeholdsinstrukser for maskiner og HMS-datablader for alle merkepliktige kjemikalier. Ved kvalitetsstyrt renhold bør man også utarbeide arbeidsplaner for de enkelte typene lokaler som viser hva man normalt må utføre av rengjøringsaktiviteter for å oppfylle kvalitetskravene.

Brukerne av bygningen har som regel bare behov for forenklede renholdsplaner. Orientering om renholdet til brukerne av bygningen bør være lett tilgjengelig for alle interesserte, og kan for eksempel henges opp på en oppslagstavle i lokalene. Det er viktig at ansatte er kjent med renholdsrutinene og vet når renholderen kommer, slik at denne kan slippe til og få gjort jobben sin. Da slipper en også mange av klagen på dårlig renhold.

Instrukser for renhold bør også inngå i en bruksanvisning for beboere. Det er viktig at instruksene utformes slik at de er motiverende og lette å forstå, ellers blir de ofte ikke fulgt.

Opplæring

Riktig kunnskap har stor betydning både for arbeidsmiljøet og for totalkostnadene. Renholdsutgiftene tilsvarer mindre enn 5 % av kapitalkostnadene per kvadratmeter, og under 1 % av lønnskostnadene per kvadratmeter i en kontorbygning. Disse kostnadene må ses i sammenheng med betydning av renholdet for menneskers trivsel, helse og yteevne. Det er mye som tyder på at det renholdet som foretas i dag er

utilstrekkelig. Det er altså viktig for både helse og økonomi at renholdet utføres så effektivt som mulig og med metoder og rengjøringsmidler som i seg selv ikke er uheldige for innemiljøet. For å oppnå dette må det legges mer vekt på opplæring og instruksjon av renholdspersonalet, og det praktiske arbeidet bør ledes av medarbeidere med nødvendig fagkompetanse, for eksempel fagbrev som renholdsoperatør. Det er i dag mulig å ta utdanning innen renhold helt opp til mastergradsnivå.

9 Lovverk, hjelpeverktøy og kontrakter

Hensikten med dette kapitlet er å gi en oversikt over hvilke konkrete krav til innemiljøet man må forholde seg til ved planlegging, bygging, ombygging og drift av bygninger, og hvilke verktøy som kan bidra til å oppfylle kravene. Kapitlet gir også en oversikt over hjelpemidler som relevante norske standarder og anvisninger i Byggforskserien.

LOVSYSTEMET	174	GODKJENNINGS- OG KONTROLL- ORDNINGER.....	176
PLAN- OG BYGNINGSLOVEN (PBL)	174	ARBEIDSTILSYNETS KRAV	177
BYGGEFORSKRIFT OG VEDTEKTER	174	KONTRAKTER	177
ANDRE LOVER MED VIRKNING FOR INNEMILJØET	175	TILTAKSHAVERENS SIKRING AV INNEMILJØET	178
LOVER OG FORSKRIFTER FOR		INNEMILJØUNDERSØKELSE.....	178
SPESIELLE BYGNINGSKATEGORIER	175	INNEMILJØUNDERSØKELSE – SKJEMAER.....	179
NORSK STANDARD (NS)	176	UNDERSØKELSE AV MULIG MUGGSOPPSKADE.....	180
BYGGFORSKSERIEN FRA SINTEF BYGGFORSK	176		

Lovsystemet

Lover blir vedtatt av Stortinget og har som regel gyldighet for hele landet. Lover kan endres. Det er derfor viktig å bruke ajourførte lovtekster.

Forskrifter gir utfyllende regler og detaljerte bestemmelser til lover og gjelder som regel for det samme området som loven. Også forskrifter endres og må ajourføres.

Vedtekter er lokale forskrifter. Kommunale vedtekter vedtas av kommunestyret. Noen må stadfestes av det departementet som har ansvar for loven. Kommunale vedtekter kan ha gyldighet innen en kommune eller innen deler av en kommune. I arbeidet med ny plan- og bygningslov, jf. Ot.prp. nr. 32 og 45 (2007–2008) er det foreslått å fjerne muligheten til å gi vedtekter. Det kan være aktuelt å innføre hjemmel for at noen slike lokale regler i stedet gis i planbestemmelser.

Rundskriv og meldinger brukes ofte av departementene for å fortelle om endringer i lover eller forskrifter, gi veiledning eller fortolkning av lovbestemmelser eller formidle annen informasjon.

Veiledninger brukes for å klargjøre lov- eller forskriftsbestemmelser ved hjelp av retningslinjer eller anbefalinger. En veiledning kan for eksempel vise eksempler på løsninger som vil tilfredsstillende lov- eller forskriftskrav.

Plan- og bygningsloven (pbl)

Plan- og bygningsloven er den viktigste loven for bygge- og anleggsvirksomheten. Den gjeldende utgaven er datert 14. juni 1985, nr. 77, med endringer senest 27. juni 2008. Planbestemmelsene i loven administreres av Miljøverndepartementet, mens bygnings- og byggesaksbestemmelsene er forankret i Kommunal- og regionaldepartementet.

Kommunen ved kommunestyret skal påse at plan- og bygningslovgivningen overholdes i kommunen.

§ 16-1 pålegger myndighetene å drive aktiv opplysningsvirksomhet og gi informasjon om utførte eller pågående planleggingsarbeider i stat, fylkeskommune og kommune.

Følgende paragrafer i pbl omfatter forhold som har sammenheng med bygninger og helse spørsmål:

- § 65. Vannforsyning. Bygning til opphold for mennesker eller dyr skal ha tilfredsstillende adgang til hygienisk betryggende og tilstrekkelig drikkevann.
- § 66. pkt. 2. Avløp. Bygning skal ha bortledning av avløpsvann sikret i samsvar med forurensningsloven.

- § 68. Byggegrunn. Miljøforhold. Byggegrunn skal ha tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold.
- § 69. Ubebygget del av tomt. Bebyggelse skal ha tilfredsstillende lysforhold, sikring mot brann, oppholdssted i det fri mv.
- § 74. Planløsning og utseende. Bygninger skal ha forsvarlig planløsning med tilfredsstillende lysforhold, oppvarming, isolasjon, ventilasjon og brannsikring.
- § 76. Tilleggsrom. Bygninger skal ha nødvendige rom for renhold og oppbevaring.
- § 77. Utføring av byggearbeid. Byggearbeider skal være fagmessig utført, med bruk av gode materialer som er skikket til formålet.
- § 78. Plassering (lokalisering) av bedrifter og anlegg mv. i kommunen. Plassering av bedrifter og anlegg som kan være til vesentlig ulempe for beboere i strøket.
- § 80. Bygning og virksomhet som medfører fare eller særlig ulempe er underlagt særlige bestemmelser og krav.

I forslag til ny lov er det gjort mindre endringer, blant annet krav om vannforsyning ved opprettelse eller endring av eiendom samt krav om sløkkevann, jf. Ot.prp. nr. 45 (2007–2008). Forurensningsloven § 23 om rett til å ekspropriere tilgang til eksisterende avløpsledning er foreslått tatt inn i pbl. Det kan etter forslaget fortsatt kreves tilknytning til fjernvarmeanlegg, men med mulighet for kommunen til å gjøre unntak dersom tiltakets energiløsning er mer miljøvennlig.

Det foreslås noen innstramminger i utformingskravene til bygninger, blant annet krav om universell utforming i nye bygninger, konstruksjoner og anlegg, samt mulighet for å gi forskrift om krav til universell utforming av utearealer.

Byggeforskrift og vedtekter

Byggeforskriften – teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) – stiller krav til søknad om byggetilatelset. Den stiller videre krav til utforming og utførelse av bygninger og installasjoner, både funksjonskrav og konkrete, tallfestede krav. Brannvernbestemmelsene står sentralt, likeledes konstruktive bestemmelser, bæreevne og sikkerhet, og lyd- og varmeisolering. Når det gjelder installasjoner, har TEK bestemmelser for heisanlegg, sanitæranlegg, ventilasjonsanlegg og varmeanlegg.

TEK administreres av Statens bygningstekniske

etat (BE). Rett og Slett, veiledningen til TEK, utarbeides av BE. Den gir utfyllende kommentarer til forskriftens bestemmelser og viser eksempler på løsninger. Veiledningen henviser til andre publikasjoner, for eksempel Byggforskserien og Norsk Standard.

Vedtekter til plan- og bygningsloven kan inneholde lempninger, skjerpselser, tillegg eller unntak fra bestemmelsene i loven. Vedtektene skal ikke inneholde tekniske krav til bygninger. Det er viktig å undersøke om det foreligger kommunale vedtekter og hva de eventuelt omfatter.

Kapitler i TEK som berører inneklimate, er:

- Kap. 41, Krav til rom, omfatter krav til romhøyder, volum, dagslys og utsyn, krav til sanitærrom, vern mot ulykker i industriarbeidsrom mv.
- Kap. 42, Grunn og fundamenter, går i det vesentlige ut på sikring mot fukt.
- Kap. 43, Bygningsdeler, omhandler i forskjellige punkter beskyttelse mot fuktskader og luftlekkasjer.
- Kap. 46, Sanitæranlegg, inneholder blant annet krav om sikring mot forurensning.
- Kap. 47, Ventilasjonsanlegg, krever at bygninger skal ha et ventilasjonsanlegg som sikrer et forsvarlig inneklimate. Ventilasjonsanlegg skal ikke avgi/forplante sjenerende støy og skal kunne rengjøres.
- Kap. 49, Røykkanal og varmeanlegg, krever blant annet at det skal sikres forsvarlig mot forgiftning og forurensning.
- Kap. 52, Lydforhold, inneholder krav som skal sikre tilfredsstillende lydforhold i bygninger.
- Kap. 53, Varmeisolering og tetthet, gir minimums-krav til varmeisolering og tetthet.

Andre lover med virkning for innemiljøet

Lov om tilsyn med elektriske anlegg (24. mai 1929 nr. 4). Med hjemmel i loven er det utarbeidet Forskrifter for elektriske bygningsinstallasjoner m.m. som både gjelder utførelse, drift og vedlikehold av elektriske installasjoner.

Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (arbeidsmiljøloven – 17. juni 2005). Loven har til formål å sikre arbeidstakere et trygt arbeidsmiljø, blant annet ved krav til utforming og innredning av arbeidslokaler. Direktoratet for arbeidstilsynet har utarbeidet en rekke forskrifter og veiledninger til loven.

Lov om helsetjenesten i kommunene (19. november 1982 nr. 66). Loven omfatter blant annet miljørettet helsevern, det vil si tilsyn med faktorer som direkte eller indirekte kan ha innvirkning på helsen, for

eksempel drikkevann og hygieniske forhold i boliger, andre bygninger, lokaler, innretninger og enhver form for virksomhet. En rekke forskrifter dekker disse områdene.

Lov om vern mot tobakkskader (9. mars 1973 nr. 14) har til formål å begrense de helseskadene som bruk av tobakk medfører.

Lov om produktkontroll (11. juni 1976) har til formål å forebygge at produkter medfører helseskade eller miljøforstyrrelser i form av avfall, støy e.l. Loven krever blant annet at den som tilvirker, innfører, bearbeider, omsetter, bruker eller på annen måte behandler produkter som kan medføre helseskade eller miljøforstyrrelser, skal vise aktsomhet og treffe rimelige tiltak for å forebygge og begrense slik virkning.

Lover og forskrifter for spesielle bygningskategorier

Bygningskategori	Lov	Forskrift mv.	Administrativ myndighet
Barnehager	Barnehageloven (2005)	Forskrifter (2005)	KD
Biblioteker	Folkebibliotekloven (1985)	Forskrifter (1987)	KKD
Boliger	Husbankloven (1946)	Div. forskrifter for lån og tilskott	KRD
	Eierseksjoneringsloven (1997)	Forskrifter (1997)	KRD
Kirker	Kirkeloven (1996)		KKD
Næringsmiddelvirksomhet	Matloven (2003)		HOD
Personalrom mv.	Arbeidsmiljøloven (2005)		AID
Skoler	Opplæringslova (1998)		KD
	Privatskolelova (2003)		KD
Sykehjem	Kommunehelsetjenesteloven (1982)	Forskrift for sykehjem og boform for hel-døgn omsorg og pleie (1988)	HOD

KD: Kunnskapsdepartementet

KRD: Kommunal- og regionaldepartementet

AID: Arbeids- og inkluderingsdepartementet

HOD: Helse- og omsorgsdepartementet

KKD: Kultur- og kirkedepartementet

Norsk Standard (NS)

I følge TEK, kapittel VI, vil metoder, materialer og utførelser etter NS oppfylle de tekniske kravene i plan- og bygningsloven og kravene i TEK. Bygningsmyndighetene kan imidlertid ikke kreve metoder, materialer, og utførelser etter NS dersom kravene kan oppfylles på annen måte.

Ennå fins det bare et beskjedent antall norske standarder som angår innemiljøet direkte, men det pågår arbeid internasjonalt og spesielt mot den europeiske standardiseringsorganisasjonen CEN, der alle europeiske land er med. I CEN gjøres det et betydelig arbeid med å formulere en rekke standardtekster på innemiljøområdet som er forpliktende for medlemslandene. Nasjonale standarder skal erstattes av CEN-standarder innen et halvt år etter at CEN-standardene er ferdig utarbeidet og godkjent.

Det er grunn til å framheve NS-EN ISO 7730, som omhandler ergonomi i termisk miljø, analytisk bestemmelse og tolkning av termisk velbefinnende ved kalkulering av PMV- og PPD-indeks og lokal termisk komfort. (PMV er forkortelse for «Predicted Mean Vote»: Forventet middelvurdering. PPD er forkortelse for «Predicted Percentage of Dissatisfied»: Forventet prosentdel misfornøyde). NS-EN 15251 angir et klassifiseringssystem for inneklimateparametre for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse, inkludert inneluftkvalitet, temperatur, belysning og akustikk.

Det foreligger også en standard for bestemmelse av formaldehydinnhold i trebaserte sponplater etter erforatormetoden, NS-EN 120. Videre er det utgitt en CEN-rapport, CR 213 (1984) – Particle boards. Determination of formaldehyde emission under specified conditions. Method called formaldehyde emission method.

Aktuelle komiteer som arbeider med utvikling og vedlikehold av standarder knyttet til innemiljø, er:

- CEN/TC¹⁾ 89 Thermal performance of building and building components
- CEN/TC 130 Space heating appliances without integral heat sources
- CEN/TC 156 Ventilation for buildings
- CEN/TC 159 Air filters for general air cleaning
- CEN/TC 228 Heating systems in buildings
- CEN/TC 243 Cleanroom technology
- CEN/TC 247 Building Automation, Controls and Building Management
- CEN/TC 350 Sustainability of construction works
- CEN/TC 351 Construction Products – Assessment of release of dangerous substances

1) TC er forkortelse for Technical Committee.

Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk

Byggforskserien er det mest sentrale oppslags- og referanseverket som gir praktiske anvisninger om utforming av arealer og utførelse av konstruksjoner og detaljer. Forslagene til løsninger tilfredsstiller funksjonskravene i TEK og gjelder i praksis som dokumentasjon på at forskriftskravene er oppfylt. Anvisningene i Byggforskserien fungerer også som referanse til hva som kan betegnes som god håndverksmessig utførelse. Byggforskserien består av rundt 800 enkeltanvisninger. Serien leveres først og fremst i en nettutgave under navnet Byggforsk kunnskapssystemer, der også pbl med tilhørende forskrifter og veiledninger er med, men den er også tilgjengelig på cd og i papirutgave. Det er tre delserier:

- Planløsning omhandler planlegging og prosjektering av bygninger, byggesaksbehandling, arealdisponering og dimensjonering og utforming av rom og utearealer.
- Byggdetaljer dekker de fleste bygningsdetaljene som er aktuelle ved nybygging, fra fundament til takteking og tekniske installasjoner.
- Byggforvaltning behandler vedlikehold og drift av eksisterende bygninger, rehabilitering, ombygging osv.

En lang rekke anvisninger omhandler forhold som har betydning for inneklimate. Der det er aktuelt, er det referert til relevante anvisninger under de enkelte avsnittene i denne boka.

Godkjennings- og kontrollordninger

Tidligere var en rekke frivillige og tvungne ordninger for godkjenning av byggevarer og bygningsdeler hjemlet i kapittel 77 i plan- og bygningsloven. Disse ordningene har eksistert helt siden 1965, men er nå avløst av et nytt regelverk som er nedfelt i plan- og bygningsloven § 77-2 om dokumentasjonsplikt for byggevarer og som er nærmere beskrevet i TEK med veiledning i kapittel V fra 1997.

Kontroll med byggevarer er lagt til flere statlige etater. Statens bygningstekniske etat har ansvar for vanlige byggevarer og konstruksjoner. Elektriske artikler, gassapparater og større fyrkjeler hører til Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, kjemikalier til Statens forurensningstilsyn, sikkerhetsutstyr til Arbeidstilsynet og laserverktøy til Statens strålevern.

Plan- og bygningsloven inneholder bestemmelser knyttet til produsentansvar for dokumentasjon av byg-

gevarers egenskaper. Dokumentasjonen er lovpliktig og følger av Byggeveddirektivet 89/106/EØF. Direktivet angir noen overordnede krav som skal oppfylles, samt at varens tekniske egenskaper skal beskrives for det bruksområde den skal anvendes til. I tillegg skal det være monteringsveiledning og vedlikeholdsanvisning. All dokumentasjon skal være på et nordisk språk som svensk, dansk eller norsk.

Dokumentasjonen kan være utarbeidet i henhold til harmoniserte europeiske standarder, ETA (Europeisk Teknisk Godkjenning), norske standarder eller være en teknisk godkjenning fra for eksempel SINTEF Byggforsk. Produkter med CE-merke viser at produsenten har gjennomført dokumentasjonen etter gjeldende regelverk og at produktet fritt kan omsettes i Norge, men dette er ingen garanti for at produktet oppfyller særskilte nasjonale forskriftskrav. Et eksempel er vedovner, hvor Norge har særskilte krav til utslipp av gasser.

Frivillige kontrollordninger består innenfor en rekke bransjer, for eksempel betong og betongelementer, sanitærmateriell, våtrom, dører og vinduer og limtre. Disse ordningene driftes på frivillig basis og gir retningslinjer for produktkvalitet og/eller korrekt utførelse og bruk.

Dokumentasjon av produktegenskaper er nærmere beskrevet i kapittel 5 om byggematerialer, som også omtaler noen ordninger for innemiljømerking av byggematerialer.

Les mer

- Byggforskserien:
 - Byggdetaljer 570.001 Dokumentasjon av egenskaper for byggprodukter

Arbeidstilsynets krav

Arbeidstilsynet kan i henhold til arbeidsmiljølovens § 19 kreve opplysninger som grunnlag for vurderinger i forbindelse med samtykke. Det er en grunnleggende forutsetning for Arbeidstilsynets vurderinger at kravene til inneklima fastlegges tidlig i planprosessen.

Arbeidsgiver og/eller den som oppfører bygning har ansvaret for å følge arbeidsmiljøloven. Ansvaret for resultatet – et godt innemiljø – må imidlertid deles:

- Den som har plikt til å innhente samtykke, har ansvar for at krav spesifiseres (tiltakshaver/arbeidsgiver).

- Rådgiver har et ansvar overfor tiltakshaver for at riktige krav stilles og at kravene går fram av anbudsgrunnlaget.
- Leverandøren har et garantiansvar overfor tiltakshaver for at spesifikasjonene oppfylles.
- Den som har plikt til å innhente samtykke har ansvar for å framlegge dokumentasjon på at kravspesifikasjonene oppfylles.

Arbeidstilsynet baserer sitt samtykke på kravspesifikasjoner og kriterier fra veiledningen «Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen».

Arbeidstilsynet stiller krav om dokumentasjon som vilkår for samtykke. Normale frister for dokumentasjon vil være:

- Innreguleringsrapport: en måned etter overtakelse
- Funksjonskontroll (avleveringsprøve): senest ett år etter overtakelse
- Ved spesiell helserisiko: individuelle frister

Les mer

- Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen. Arbeidstilsynet, www.arbeidstilsynet.no

Kontrakter

Når det gjelder kontrakten med arkitekt eller rådgivende ingeniør om utførelse av prosjektering, bør man benytte NS 8401, eller NS 8402. Disse standardkontraktene gir bestemmelser om partenes generelle forpliktelser, den prosjekterendes ansvar for forsinkelse og mangler, betaling mv.

For å sikre seg en gunstigst mulig kontrakt for utførelse av byggarbeidene kan det være fornuftig å innhente flere anbud gjennom en anbudskonkurranse. Regler for anbudskonkurranser fins i NS 8400 og NS 8410.

Når man skal inngå kontrakt med entreprenøren, kan man bruke NS 8405. Denne standardkontrakten gir en omfattende og detaljert regulering av kontraktsforholdet. Kontrakten krever profesjonell oppfølging fra begge parter og bør kun brukes i større byggekontrakter.

For mindre byggekontrakter kan det være hensiktsmessig å bruke NS 8406. Selv om denne kontrakten tar sikte på mindre og enklere bygg, er den ikke utarbeidet med sikte på forbrukerforhold.

Dersom byggherren ikke selv ønsker å utføre prosjekteringen ved hjelp av innleide arkitekter og rådgivende ingeniører, kan hun eller han også overlate pro-

sjekteringen til entreprenøren. Man bør da bruke NS 3431.

I forbrukerforhold har man lovgivning gjennom bustadoppføringslova, og det er lagd egne kontraktsblanketter som er tilpasset loven. De mest aktuelle forbrukerblankettene er Byggblankett 3425 og Byggblankett 3426.

Når man inngår kontrakt på grunnlag av noen av standardkontraktene nevnt ovenfor, bør kontrakten skrives på egne kontraktsblanketter som er utarbeidet særskilt for de ulike standardene. Disse blankettene har egne felter for de ulike forholdene som kontrakten bør inneholde.

Uansett hvilken kontrakt som brukes, er det viktig at man fyller ut alle punkter om innemiljø.

Les mer

■ Forbrukerrådet:

- Byggblankett 3425 Kontrakt om planlegging og oppføring av selveierbolig, herunder fritidshus
- Byggblankett 3426 Kontrakt om utførelse av arbeider i forbindelse med oppføring av selveierbolig, herunder fritidshus

■ Standarder:

- NS 3431 Alminnelige kontraktsbestemmelser for totalentrepriser
- NS 8400 Regler for anskaffelser til bygg og anlegg ved anbudskonkurranser
- NS 8401 Alminnelige kontraktsbestemmelser for prosjekteringsoppdrag
- NS 8402 Alminnelige kontraktsbestemmelser for rådgivningsoppdrag honorert etter medgått tid
- NS 8405 Norsk bygge- og anleggskontrakt
- NS 8406 Forenklet norsk bygge- og anleggskontrakt
- NS 8410 Regler for anskaffelser til bygg og anlegg ved konkurranse med forhandlet prosedyre

som er selve formålet med byggeoppgraden, med andre ord til byggets funksjon.

Et planlagt kvalitetsarbeid gjør det lettere for en tiltakshaver å kontrollere at byggeoppgraden oppfyller både egne og samfunnets krav. En overgripende kvalitetsplan kan blant annet inneholde noe om tiltakshaverens arbeidsoppgaver og organisasjon, grenseoppgang mellom partene, kvalitetsmål, krav til prosjekterende og entreprenører, krav om verifisering og egenkontroll og oppfølging og erfaringstilbakeføring.

Tiltakshaveres forhold til sikring av innemiljøet kan oppsummeres i en rekke momenter:

- formulere kvalitetsmål
- beskrive virksomheten som skal foregå i bygningen og lage oppgave over funksjoner og personalbelastning
- formulere kvalitetskrav for innemiljøet
- velge arkitekter og konsulenter med egne kvalitetssystemer
- prosjektering. Kontrollere at arkitekter og konsulenter dokumenterer i sitt materiale at oppsatte krav vil bli innfridd.
- velge entreprenør(er). Vurdere ulike entreprenørs kvalitetsystem. Vurdere under arbeidets gang hvordan entreprenører oppfyller sine kvalitetsplaner. Samråd i byggemøter og under kvalitetsrundt bør sørge for å gi en høy kvalitetsbevissthet blant bygningsarbeidere.
- kontroll og besiktigelse gjennomføres i henhold til program
- innregulering/igangsetting av installasjoner. Oppfølging i innkjøringsperioden
- forvaltning. Garantitider skal overvåkes og følges opp. Funksjonsprøving skal være utført. Opplæring av personale til å håndtere anlegg og installasjoner skal være gjennomført. Man må lage en plan med intervaller for systematisk vedlikehold. Driftskort for bygget skal vise hvilke tekniske anlegg og installasjoner bygget har.
- evaluere bygget og sørge for erfaringstilbakeføring

Tiltakshaverens sikring av innemiljøet

Både profesjonelle tiltakshavere og engangstiltakshavere er avhengige av ansvarlige parter å samarbeide med. Forskjellen mellom dem er at den profesjonelle byggherren allerede i utgangspunktet bør ha innarbeidet og være fortrolig med kvalitetssikring i sitt system. Det fortrinnsvis en engangstiltakshaver kan ha, er at hun eller han har sin ekspertise knyttet til det

Innemiljøundersøkelse

I eksisterende bygninger kan det melde seg behov for å påvise og dokumentere hvordan innemiljøet er. Det kan gjøres ved å undersøke og registrere omfanget av klimarelaterte plager blant beboere / daglige brukere av bygningen, og å finne ut om det er en sammenheng mellom ofte forekommende symptomer

og lokalene. En fullstendig analyse krever svar på tre spørsmål:

- symptom- og sykdomsdiagnose
- innemiljødiagnose (inneklimate diagnose)
- sjekke om det er årsakssammenheng mellom diagnosene i de to første punktene

De to første kan være lette å identifisere, men årsakskoblingen mellom dem kan være vanskeligere å finne.

Arbeidet med å utvikle modeller for innemiljøundersøkelser har foregått i ulike fagmiljøer nasjonalt, nordisk og internasjonalt. Flere modeller fins dokumentert. Den mest brukte metoden i Norge er den såkalte Örebro-modellen, som er svensk. Örebro-

modellen er også omtalt i kapittel 2. I hovedsak er modellen basert på et helsesymptomskjema, et skjema med klimarelaterte spørsmål og en rosettmessig figurframstilling av resultatene. Tabellene nedenfor gir oversikt over spørsmålene som inngår i undersøkelsen. Figuren viser eksempel på innplotting av resultater. Eksemplet er hentet fra en undersøkelse av omfanget av inneklimate problemer i Norge (se «Les mer» nedenfor). Rapporten danner i sin helhet et godt eksempel på praktisk anvendelse av Örebro-metoden i innemiljøundersøkelser.

Det er viktig å alltid benytte profesjonell hjelp til slike undersøkelser for å få fram relevante resultater og for å kunne sammenlikne resultatene med andre undersøkelser.

Innemiljøundersøkelse – skjemaer

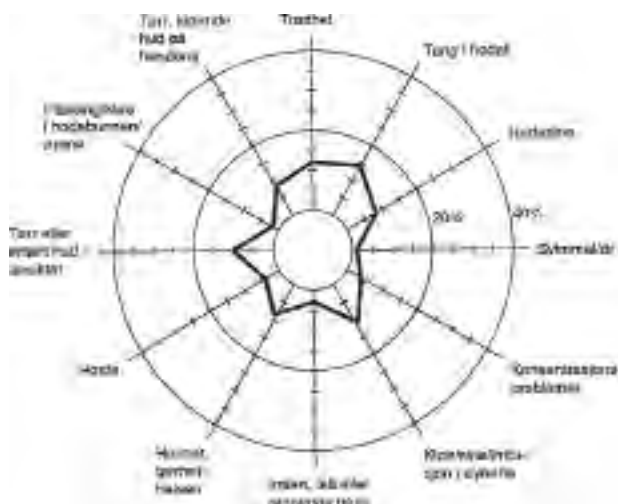
Har du i løpet av de siste tre måneder hatt noen av nedenstående symptomer/plager?
(De kursiverte overskriftene for de tre symptomgruppene står ikke i skjemaet.)

	Ja, ofte (hver uke)	Ja, iblant	Nei, aldri	(Hvis ja) Tror du at dette skyldes inneklimate?	
				Ja	Nei
Allmentssymptomer:					
Trøtthet					
Tung i hodet					
Hodepine					
Svimmel/ør					
Konsentrasjonsproblemer					
Slimhinnesymptomer:					
Kløe/svie/irritasjon i øynene					
Irritert, tett eller rennende nese					
Heshet, tørrhet i halsen					
Hoste					
Hudsymptomer:					
Tørr eller irritert hud i ansiktet					
Flassing/kløe i hodebunnen/ørene					
Tørr, kløende hud på hendene					
Annet					

Spørsmål om klager på inneklimafaktorer

Har du i løpet av de siste tre måneder vært plaget av noen av disse faktorene her i huset?

	Ja, ofte (hver uke)	Ja, iblant	Nei, aldri
Trekk			
For høy romtemperatur			
Temperaturvariasjoner (over dagen)			
For lav romtemperatur			
Innestengt/»dårlig» luft			
Tørr luft			
Ubehagelig lukt			
Statisk elektrisitet med småstøt			
Tobakksrøyk fra andre			
Støy			
Belysning, svak eller blendende			
Støv og smuss			
Annet			



«Innemiljørosen». Eksempel på framstilling av resultater fra skjemaene vist ovenfor

Undersøkelse av mulig muggsoppskade

Av og til opptrer muggvekst som et lett synlig, lod-dent belegg. Det er da enkelt å avgjøre hvor proble-met opptrer, og hva som bør vaskes eller fjernes. I andre tilfeller er det kanskje bare lukt eller allergiske reaksjoner hos brukerne som tyder på at noe er galt. I så fall må man gå grundigere til verks. Følgende punkter kan inngå i en undersøkelse:

- Er det misfarginger eller belegg som kan skyldes biologisk vekst? I tvilstilfeller kan mikroskopiana-lyse gi svar på om misfarginger skyldes biologisk vekst eller andre årsaker.
- Er det registrert allergiske reaksjoner som kan knyttes til bruk av bygningen? Er disse sympto-mene i så fall spesielt påfallende i enkelte rom?
- Er det registrert fuktproblemer under bygging el-ler bruk?
- Er svaret ja på ett eller flere av disse spørsmålene, kan det være grunn til å gjøre grundigere under-søkelser.
- Spesielt fuktutsatte punkter i bygningen må iden-tifiseres. For å lokalisere mugg- eller bakterievek-sten skal man ta prøver fra punkter man mistenker er utsatt. Prøver mikroskopieres eller dyrkes opp.
- Undersøk eventuelt sporeinnhold i luft med spe-sialutstyr. Oppdyrking er nødvendig for å finne fram til artssammensetning.
- Vurder resultatene opp mot kunnskap om de en-kelte sopptyper. Det har ingen hensikt å skifte ma-

Les mer

- Blom, P., Levy, F. og Skåret, E. Omfanget av inneklimaproblemer i Norge. Prosjektrapport nr. 97, Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 1992

terialer som er angrepet av mange blåvedsopper, som verken kan spre seg eller frigjøre sporer eller lukt til inneluft, mens et nærmest usynlig muggbelegg kan produsere millioner av sporer.

Følgende tiltak gjennomføres:

- Dersom fuktkilden som har muliggjort vekst fremdeles finnes, må man bedre fuktforholdene.
- Materialer som er angrepet av lukt- eller sporeproduserende organismer må skiftes ut.

Mugglukt, allergiske reaksjoner, utslett, trøtthet og hodepine er problemer som kan knyttes til dårlig inneluft i bygninger.

Innemiljøproblemer kan oppstå i alle typer bygninger og lokaler, og selv i nye og nyrenoverte hus kan folk bli syke av innelufta.

Fortsatt fins det ubesvarte spørsmål om sammenhengen mellom hus og helse, men en god del problemer kan løses med den kunnskapen vi allerede har. For å skape et godt inneklima er det viktig å:

- velge materialer det er gode erfaringer med
- bygge tørt og velge gode tekniske løsninger
- sørge for god ventilasjon
- sørge for godt og riktig renhold
- unngå forurensninger i innelufta, for eksempel tobakksrøyk
- drive preventivt vedlikehold av bygningen

Denne boka er en grundig bearbeiding og oppdatering av Hus og helse fra 1993. Ny kunnskap fra forskning og praksis er kommet med – ikke minst når det gjelder konsekvensene av uønsket fukt. Boka viser hvordan man kan gjøre betingelsene for formering og vekst av husstøvmidd og muggsopp så dårlige som mulig ved å unngå høy fuktighet og fuktskader.

Hus og helse er blitt til i samarbeid mellom SINTEF Byggforsk, Husbanken og Statens bygningstekniske etat.

