

Inneklima i skoler og barnehager

Helsemessig betydning for barn og unge

Rune Becher

Marianne Bjerke

Finn Martinsen

Johan Øvrevik

Utgitt av Folkehelseinstituttet
Smittevern, miljø og helse
Oktober 2016

Tittel:

Inneklima i skoler og barnehager: Helsemessig betydning for barn og unge

Forfattere:

Rune Becher
Marianne Bjerke
Finn Martinsen
Johan Øvrevik

Bestilling:

Rapporten kan lastes ned som pdf
på Folkehelseinstituttets nettsider: www.fhi.no

Grafisk designmal:

Per Kristian Svendsen og Grete Sjøimer

Layout omslag:

Unni Harsten

Foto omslag:

Colourbox

ISBN elektronisk utgave: 978-82-8082-778-4

Forord

I Meld. St. 19 (2014–2015) Folkehelsemeldingen ble det varslet at regjeringen ville foreta en gjennomgang og oppdatering av regelverket for fysisk og psykososialt miljø i barnehager og skoler. Gjennomgangen skulle ha som mål å etablere et helhetlig regelverk som tydeliggjør ansvar og krav til barnas arbeidsmiljø, sikrer barnas rettigheter og samordner tilsynsordninger. Det er i den sammenheng behov for bedre kunnskapsgrunnlag for å dokumentere helsekonsekvenser av manglende etterlevelse av krav til innemiljø i barnehager og skoler.

Helse- og omsorgsdepartementet ba høsten 2015 Folkehelseinstituttet og Helsedirektoratet sammen å vurdere i hvilken grad en sammenstilling av eksisterende kunnskapsgrunnlag kan gi nødvendig dokumentasjon for å estimere **helsekonsekvenser** og **sykdomsbyrde** dersom det foreligger avvik fra ønsket tilstand i skoler og barnehager.

Det var ønskelig at man gjennomførte et forprosjekt med en gjennomgang og kunnskapsoppdatering av eksisterende vitenskapelig litteratur knyttet til helseskadelige effekter av dårlig inneklima med spesiell vekt på barn (i skoler og barnehager). Det var i den sammenheng behov for å se på de mest kritiske faktorene som bidrar til å skape et dårlig inneklima i skoler og barnehager, og vurdere disse faktorene i lys av eventuelt ny kunnskap når det gjelder disse faktorenes betydning for uønskede helseutfall hos barn.

En sykdomsbyrdeanalyse i tilknytning til dårlig inneklima krever kunnskap om hvor mange som rammes, hvor alvorlig sykdomsutfallet er for dem som rammes og om det fører til for tidlig død. I tilknytning til dette vil vi trenge kunnskap om eksponeringsforhold, ventilasjon, CO₂-nivåer, læringseffekt målt både før og etter utbedringer, lysforhold og luftkvalitet. I stor grad mangler vi kunnskap om slike forhold i Norge. Sykdomsbyrdeperspektivet er således ikke mulig å bringe inn på det nåværende tidspunkt.

Oppdatert kunnskap om mulige helse- og trivselsmessige konsekvenser av dårlig inneklima i skoler og barnehager er sammenstilt i denne rapporten, som bygger dels på kunnskap fra Folkehelseinstituttets «Anbefalte faglige normer for inneklima», revidert versjon fra 2015, og innspill fra Helsedirektoratet og Arbeidstilsynet. I tillegg har vi gjort oppdaterte litteratursøk for helseeffekter av fukt, mugg og flyktige organiske forbindelser.

Per E. Schwarze
avdelingsdirektør
Luft og støy

Folkehelseinstitutt
Helsedirektoratet
Oktober 2016

Innhold

FORORD	3
INNHold	4
SAMMENDRAG	6
1. INNEKLIMAETS BETYDNING FOR BARNES HELSE OG TRIVSEL I SKOLER OG BARNEHAGER	7
1.1. INNLEDNING.....	7
1.2. BARN ER EN FØLSOM GRUPPE FOR DÅRLIG INNEKLIMA OG INNEKLIMAFORURENSNINGER.....	7
1.3. HELSEKVALITETSVURDERINGER AV INNEKLIMA	8
1.4. METODER FOR KUNNSKAPSGENERERING	9
1.4.1. Forsøk med celler og dyr.....	9
1.4.2. Forsøk med mennesker.....	9
1.4.3. Epidemiologiske studier.....	9
1.4.4. Erfaringsbasert kunnskap.....	10
2. INNEKLIMAFORHOLD I NORSKE SKOLER OG BARNEHAGER – EKSPONERINGSKARAKTERISERING	11
2.1. INNLEDNING.....	11
2.2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER.....	11
2.3. NYE INTERESSANTE FUNN INTERNASJONALT	12
2.4. FOR LITE RESSURSER TIL DRIFT OG VEDLIKEHOLD ER EN VIKTIG UNDERLIGGENDE ÅRSÅK TIL DÅRLIG INNEKLIMA I SKOLENE.	13
3. HELSEUTFALL SOM KAN PÅVIRKES AV INNEKLIMAFORHOLD	14
3.1. INNLEDNING.....	14
3.2. HUD- OG SLIMHINNEIRRITASJON, HODEPINE OG LUKTPLAGER.....	14
3.3. LUFTVEISSYKDOMMER OG ALLERGISKE REAKSJONER I LUFTVEIENE (ALLERGI OG ASTMA)	15
3.3.1. Innledning	15
3.3.2. Forekomst av astma og allergi	16
3.3.3. Årsaker til utvikling av astma og luftveisallergi.....	16
3.3.4. Faktorer som kan forverre sykdomsbildet	17
3.3.5. Astma som barn - kronisk obstruktiv lungesykdom (KOLS) som voksen?.....	17
3.4. KREFT	17
3.5. FORVERRING AV VIRUSINDUSERT OG BAKTERIELLE LUFTVEISINFEKSJONER.....	18
3.5.1. Virus.....	18
3.5.2. Bakterier.....	18
4. AKTUELLE FORURENSNINGER I INNEMILJØER SOM MEDFØRER AT BARN OG UNGE KAN UTSETTES FOR HELSEKVALITETSRISIKO	19
4.1. FUKT, FUKTSKADER OG MUGGSOPP	19
4.1.1. Årsaker til fuktproblemer.....	19
4.1.2. Vekstbetingelser for muggsopp.....	19
4.1.3. Forekomst av fukt- og muggproblemer i norske innemiljøer.....	19
4.1.4. Helsekadelige effekter.....	20
4.1.5. Kan andre forurensninger i fuktige innemiljøer bidra til helseeffekter?	21
4.1.6. Risikovurdering.....	21
4.2. ALLERGENER I INNEMILJØER - HUSSTØVMIDD OG KJÆLEDYR	21
4.2.1. Forekomst.....	21
4.2.2. Helseeffekter.....	22
4.2.3. Risikovurdering.....	22
4.3. SVEVESTØV	22
4.3.1. Forekomst.....	22
4.3.2. Helseeffekter.....	23
4.3.3. Risikovurdering.....	24
4.4. ASBEST	25
4.4.1. Forekomst og kilder.....	25
4.4.2. Helseeffekter.....	25

4.4.3.	Risikovurdering.....	26
4.5.	SYNTEKISKE MINERALFIBRE	26
4.5.1.	Forekomst og kilder.....	26
4.5.2.	Helseeffekter.....	26
4.5.3.	Risikovurdering.....	27
4.6.	FLYKTIGE ORGANISKE FORBINDELSER (VOC)	27
4.6.1.	Forekomst.....	27
4.6.2.	Helseeffekter.....	28
4.6.3.	4.6.3. Risikovurdering.....	30
4.7.	RADON.....	30
4.7.1.	Forekomst.....	30
4.7.2.	Helseeffekter.....	31
4.7.3.	Risikovurdering.....	31
4.8.	KARBONDIOKSID (CO ₂)	31
4.8.1.	Forekomst.....	31
4.8.2.	Helseeffekter.....	31
4.8.3.	Risikovurdering.....	32
4.9.	STØY	32
5.	VENTILASJON OG TERMISKE FORHOLD - VIKTIGE INNEKLIMAPARAMETERE SOM KAN KNYTTES TIL HELSEEFFEKTER, PLAGER OG NEDSATT TRIVSEL, LÆRING OG YTELSE I SKOLEN.....	34
5.1.	VENTILASJON	34
5.2.	LUFTTEMPERATUR.....	35
5.3.	LUFTFUKTIGHET	35
5.4.	LUFTHASTIGHET	35
5.5.	BELYSNING	35
6.	HVA BØR PRIORITERES FOR Å SKAPE GODE INNEKLIMAFORHOLD I SKOLER OG BARNEHAGER?.....	37
6.1.	TILSTREKKELIG VENTILASJON	37
6.2.	FORHINDRE OG UTBEDRE FUKT- OG MUGGSKADER	37
6.3.	SØRG FOR ET GODT RENHOLD	37
6.4.	KONTROLL PÅ RADONNIVÅER OG ASBESTMATERIALER	37
6.5.	GODE SANITÆRFORHOLD	39
6.6.	RIKTIG BELYSNING	39
6.7.	TEMPERATURFORHOLD	39
6.8.	LUFTFUKTIGHET	39
6.9.	VURDER OM BRUK AV HELDEKKENDE TEPPEGULV BØR/KAN UNNGÅS	40
6.10.	STØY	40
7.	KONKLUSJON.....	41
8.	REFERANSER.....	42

Sammendrag

Barn og unge er følsomme grupper med hensyn til eksponering for luftforurensninger. Dette skyldes i stor grad aldersbetingede forskjeller i fysiologi og toksikokinetikk (opptak, fordeling, omdanning og utskillelse) samt eventuelle eksisterende sykdommer og arvelige faktorer. Barn, spesielt de minste, puster også inn mer luft i forhold til kroppsvekt, har større grad av hånd-til-munnkontakt, og er generelt dårligere til å unngå eksponeringssituasjoner. Dette er faktorer som øker den relative eksponeringen for luft og støvbårne forurensninger.

Godt inneklima i skoler og barnehager har stor betydning for helse, trivsel og læring for barn og unge. Både befolkningsstudier og toksikologisk/biologisk forskning har vist at flere risikoforhold i inneklimasammenheng kan knyttes til uønskede helseeffekter. Eksempler på slike risikoforhold er fuktproblemer og muggvekst, en del kilder til flyktige organiske forbindelser, høy partikkelforurensning, radon og allergener. De uønskede helseeffektene synes særlig å være knyttet til luftveissykdommer (infeksjoner, astma og luftveisallergi), irritasjon av slimhinner og hodepine. Det gjør det viktig å forebygge og utbedre de risikoforhold som har sterkest sammenheng med helserisiko i inneklimasammenheng. Flere studier har videre vist at uheldige inneklimaforhold knyttet til ventilasjon, temperatur og belysning i skoler og barnehager kan påvirke skoleprestasjoner og arbeidsevne.

Selv om vi med dagens kunnskap ikke kan angi eksakte tall for hvor mange som kan bli eller er syke som følge av dårlig inneklima, vet vi nok til å ta barn, unge og inneklima i skoler og barnehager alvorlig. Ut fra de utvalgsundersøkelser som er gjort fremgår det at svært mange skoler i Norge har et dårlig inneklima på grunn av manglende vedlikehold. Eksempelvis er det gjennom Arbeidstilsynets arbeid avdekket at ca halvparten av 301 skoler hadde eller hadde hatt problemer med vannlekkasjer og/eller fuktproblematikk. Utdannings- og helsemyndighetenes kartlegginger av landets skoler i senere tid viser at ca. 900 skoler mangler godkjenning etter regelverket om miljørettet helsevern i barnehager og skoler.

Vi mener det er god grunn til å anta at antall barn som opplever uønskede helseutfall, plager og nedsatt trivsel på grunn av dårlig inneklima er relativt høyt. Det er også grunn til å anta at dårlige inneklimaforhold i skoler kan gå ut over barnas skoleprestasjoner. Svært ofte synes inneklimaproblemene i skoler og barnehager å være knyttet til sviktende forvaltning, drift og vedlikehold. Med det vi vet i dag, vil sannsynligvis de fleste inneklimaproblemer kunne reduseres eller unngås helt forutsatt at både samfunnet og enkeltpersoner er villig til å bruke tid og ressurser på dette.

1. Inneklimaets betydning for barns helse og trivsel i skoler og barnehager

1.1. Innledning

Med dagens kunnskap vet vi at et godt inneklima har stor betydning for helse og trivsel for barn og unge. Flere studier har vist at uheldige inneklimaforhold knyttet til ventilasjon, temperatur og belysning i skoler og barnehager kan påvirke skoleprestasjoner og arbeidsevne. Fra epidemiologisk og toksikologisk/biologisk forskning vet vi at risikoforhold knyttet til kjemisk og biologisk forurensning inne kan medføre fare for uønskede helseutfall.

Noen eksempler på slike risikoforhold er fuktproblemer og muggvekst, en del kilder til flyktige organiske forbindelser, høy partikkelforurensning, radon og allergener. De uønskede helseeffektene synes særlig å være knyttet til utløsning og/eller forverring av luftveissykdommer (infeksjoner, astma og luftveisallergi), irritasjonseffekter og hodepine.

Selv om mange av disse sykdommene kan ha andre og/eller sammensatte årsaker, er det mye som tyder på at risikoforhold inne kan bidra til de uønskede helseutfallene hos mange individer. **Det er derfor viktig å forebygge og utbedre de risikoforhold som har sterkest sammenheng med helserisiko i inneklimasammenheng, ikke bare i boligen men også i skoler og barnehager hvor mange barn og unge oppholder seg store deler av dagen.**

1.2. Barn er en følsom gruppe for dårlig inneklima og inneklimaforurensninger

Barn tilhører sårbare/følsomme grupper med hensyn til eksponering for luftforurensninger (TNO and RIVM, 2006). Årsaken til dette skyldes i stor grad aldersbetingede forskjeller i fysiologi og toksikokinetikk (hvordan fremmedstoffer tas opp i bl.a. lunger, via huden og tarm, fordeles i kroppen, tas opp i cellene, lagres, omdannes (metabolisme, biotransformasjon) og utskilles fra kroppen), eventuelle eksisterende sykdommer som f.eks. astma eller andre luftveissykdommer samt arvelige faktorer (IPCS 1993, Tamburlini et al., 2002, Pediatrics 2004).

Barn, spesielt de minste, puster også inn mer luft i forhold til kroppsvekt, har større grad av hånd-til-munnkontakt, og er generelt dårligere til å unngå eksponeringssituasjoner. Dette er faktorer som øker den relative eksponeringen for luft- og støvbårne forbindelser. Høyere inntak/eksponering (f.eks. sedimentert støv) på grunn av spesifikke eksponeringsmønstre (f.eks. hånd-til-munnaktivitet hos barn) kan også bidra til økt helserisiko hos for barn.

Luftforurensning kan negativt påvirke spedbarnets lunger, føre til spedbarnsdødelighet på grunn av luftveissykdommer, forårsake hoste og bronkitt og forverre astma (WHO 2005). Effektene på lungene vil vedvare gjennom oppveksten og senere i livet. I dyreforsøk er det vist at eksponering for forurensninger i fosterlivet kan ha skadelige effekter på lungene. Tilsvarende indikerer nye data at skadelige effekter også kan opptre i lungene hos mennesker ved at eksponering midtveis i fosterlivet for høye nivåer av partikkelforurensning (PM_{2.5}) ga økt risiko for astmautvikling ved 6 årsalder (Hsu et al., 2015).

Effekten på lungefunksjonen under utvikling har blitt observert under de konsentrasjoner av enkelte luftforurensninger som gir effekter hos voksne, noe som tyder på en høyere mottakelighet for barn. Den utløsende forurensning har ikke blitt identifisert, men en sammenheng med skadevirkninger har blitt oppdaget mest konsekvent med utendørs svevestøv (PM), nitrogendioksid og ozon (WHO 2005). Studier som omhandler spesifikt innemiljø, der konsentrasjonene er forskjellige, er så langt begrenset.

1.3. Helserisikovurderinger av inneklima

For å få en mest mulig presis oversikt over helse-, trivsels- og ytelsesmessige konsekvenser for barn av dårlig inneklima i skoler og barnehager, bør det ideelt sett foretas vitenskapelig baserte risikovurderinger av de forhold som vi tror kan ha størst innvirkning på disse faktorene.

Hensikten med slike risikovurderinger er å vurdere om en miljøpåvirkning eller eksponering kan utgjøre en risiko (sannsynlighet) for uønskede helseeffekter eller plager i en befolkning. Størrelsen på risikoen omfatter *ikke* helseskadens alvorlighetsgrad, den vil først bli tatt hensyn til når det skal iverksettes tiltak for å redusere risikoen for helseskader. En helserisikovurdering gjennomføres tradisjonelt i flere trinn:

- **Eksponeringskarakterisering:** Beskrivelse av befolkningens (her barnas) eksponering, dvs. eksponeringens karakter, styrke og omfang, så godt dette lar seg gjøre.
- **Beskrivelse av helseskader som kan oppstå som følge av eksponeringen:** Dette trinnet består gjerne av to deler:
 - *Helsefareidentifisering:* Hvilke skadelige effekter kan oppstå og hvordan oppstår de (årsaksmekanismer).
 - *Helsefarekarakterisering:* Ved hvilke eksponeringsbetingelser, (hvor mye, hvor hyppig, hvor lenge og tidsvindu) kan helseskader opptre.
- **Risikoberegning:** Beskrivelse av risiko. Dette innebærer å sammenstille kunnskapen i trinnene over.

Kan man gjennomføre slike risikovurderinger for forurensninger eller forhold som kan føre til dårlig inneklima i skoler og barnehager? Bygningsmessige forhold eller eksponeringssituasjoner av betydning for inneklimateet har i noen grad blitt kartlagt i skoler og barnehager i Norge, og det har blitt påvist en relativt stor andel med slike bygg som har inneklimateproblemer. Disse kartleggingene sier mye om bygningenes tilstand, men vi så langt mangelfull kunnskap om barns faktiske eksponeringssituasjon i Norge, dvs. **hvor mye** og av **hva** er de faktisk eksponert for.

Mye av kunnskapen vi har om helseskadelige effekter av inneklimate har vi fra store internasjonale befolkningsstudier. Mye av denne kunnskapen kan overføres til norske forhold. Noe av denne kunnskapen underbygges av eksperimentelle studier først og fremst i forsøksdyr og celler, men ofte er årsaksmekanismene som ligger bak de helseskadelige effektene mindre kjent. På grunn av manglende **eksponeringskarakterisering**, samt manglende kunnskap om **årsaksmekanismer** og **eksponeringsbetingelser** (hvor mye, hvor hyppig, hvor lenge og tidsvindu), vil det være vanskelig å gjøre presise helserisikoberegninger knyttet til inneklimate for barn og unge i skoler og barnehager i Norge.

Tatt i betraktning de rapporterte dårlige inneklimateforholdene ved mange skoler og barnehager sammen med kunnskapen om helseskadelige effekter fremkommet i internasjonale epidemiologiske studier, må ikke manglende detaljkunnskap forhindre oss fra å gjøre tiltak for å utbedre risikoforhold inne.

1.4. Metoder for kunnskapsgenerering

Økt kunnskap om eksponeringsforhold, årsaksmekanismer og eksponeringsbetingelser er viktig for å gjøre de rette forebyggende tiltak. Styrket kunnskap må bygge på en kombinasjon, bedre eksponeringskarakterisering, befolkningsstudier og eksperimentelle studier der disse kan underbygge og gi en plausibel forklaring på de observasjoner man eventuelt gjør i befolkningsstudiene. De forskjellige typer av studier har sine styrker og svakheter som vil påvirke sikkerheten i den kunnskapen som genereres. Disse studiene vil kort beskrives i det følgende, i tillegg til de forskjellige metodenes betydning for den kunnskap vi har om inneklimate og helse.

1.4.1. Forsøk med celler og dyr

Eksponeringsforsøk gjøres først og fremst på forsøksdyr og celler. Slike eksperimentelle studier har stor betydning for å avdekke mekanismer bak helseskader. Kunnskap om mekanismer er oftest helt nødvendig for å kunne vurdere helserisiko. Virkninger på integrerte funksjoner i hele organismer eller organsystemer lar seg best studere på hele dyr. Virkninger på celle- eller organellenivå, som f.eks. DNA-skader, genregulering, enzymaktiviteter, hormon-/reseptor-vekselvirkninger og membranegenskaper, studeres på molekylært nivå i cellekulturer. Resultater fra slike studier må vurderes sammen med funn i hele organismer. En rekke studier der man eksponerer cellekulturer og forsøksdyr for inneklimate relaterte forurensningskomponenter er gjort. Slike studier har gitt verdifull kunnskap om hvordan slike forurensninger kan påvirke oss og hvilke mekanismer som er involvert i responsene man observerer i epidemiologiske studier, men det er en ulempe at betydningen for den menneskelige organisme kan være uklar.

1.4.2. Forsøk med mennesker

Eksperimentelle studier med mennesker (frivillige forsøkspersoner) kan være forsvarlige i tilfeller der virkningene er forbigående og lite alvorlige. Slike studier er spesielt nyttige for å undersøke effekter som oppstår kort tid etter eksponeringen. Flere studier er gjort der man har brukt frivillige forsøkspersoner i studier av forbigående plager knyttet til inneklimateforhold. Dette gjelder særlig studier der man endrer konsentrasjonen av CO₂, og parametere som temperatur, lys og luftfuktighet.

1.4.3. Epidemiologiske studier

Epidemiologiske studier (befolkningsstudier) brukes for å avdekke sammenhenger mellom ulike former for påvirkning og opptreden av sykdom hos mennesker. Eksempelvis kan man følge en gruppe mennesker over tid og beregne om de oftere rammes av en spesiell sykdom etter å ha vært utsatt for en eller flere miljøpåvirkninger, sammenlignet med individer som ikke har vært utsatt for de samme miljøpåvirkningene. Slike studier er spesielt relevante når det gjelder å undersøke mulige effekter av kjemikalier, mat, miljø, arbeid og livsstil på menneskets helse. En rekke befolkningsstudier har sett på inneklimateets betydning for helse og trivsel. Når gjentatte befolkningsundersøkelser av høy kvalitet viser sammenheng mellom sykdom og eksponering, vil man kunne konkludere

med at det eksisterer en sannsynlig årsakssammenheng, selv om de biologiske mekanismene bak de observerte funnene ikke er kjent.

1.4.4. Erfaringsbasert kunnskap

Mange av tiltakene for å oppnå et godt inneklima tar utgangspunkt i en kombinasjon av kunnskaps- og erfaringsbasert *forebyggingsstrategi*, der råd og tiltak dreier seg om å unngå risikoforhold, dvs. antatte ugunstige forhold som er observert i forbindelse med innemiljøer der mange har vært plaget. Ut fra slik kunnskap er det generell enighet i fagmiljøene om at det er viktig med tiltak som sørger for tilstrekkelig ventilasjon med ren uteluft. Videre ønsker man å forhindre røyking inne, forhøyede radonkonsentrasjoner, allergener, fukt- og råteskader, dårlig rengjøring og støvsanering, uheldige valg av bygnings- og innredningsmaterialer og kjemikaliebruk og uheldig brukeratferd.

2. Inneklimaforhold i norske skoler og barnehager – eksponeringskarakterisering

2.1. Innledning

I forbindelse med regjeringens mål om å etablere et helhetlig regelverk som tydeliggjør ansvar og krav til barnas arbeidsmiljø, sikrer barnas rettigheter og samordner tilsynsordninger, er det behov for bedre kunnskapsgrunnlag for å dokumentere helsekonsekvenser av manglende etterlevelse av krav til innemiljø i barnehager og skoler. Det krever bedre kunnskap om inneklimaforholdene i norske skoler og barnehager.

I dette forprosjektet vil Helsedirektoratet og Folkehelseinstituttet i samarbeid utarbeide en oversikt over foreliggende relevant kunnskap relatert til inneklimaets betydning for barn og unges helse og trivsel på skoler og i barnehager. Dette arbeidet vil danne grunnlaget for en målsetting for og avgrensning av et hovedprosjekt for nødvendig oppfølging. Det er ønskelig og viktig at flere vinklinger tas med, og at mer enn bare astma og allergi inkluderes i forprosjektet.

2.2. Tidligere undersøkelser

Erfaringsmessig er det enkelte typer klager på inneklimaforhold som går igjen, disse er knyttet til: luft, temperatur, fukt og lys. Kanskje kan dette reduseres ytterligere til problemer med fukt, renhold og ventilasjon. Har man god kontroll på disse faktorene, tror vi at det kan ha mye å si for inneklimaforholdene i norske skoler og barnehager.

Inneklima i ikke-industrielt arbeidsmiljø gir eksponering for lave nivåer av gasser, damper, partikler, allergener og andre biologisk aktive stoffer. Også trekk og temperatur, støy, vibrasjon, lys, radon, ioniserende og ikke-ioniserende stråling inngår. Opplevd inneklima påvirkes også sterkt av organisatoriske og psykososiale forhold. Undersøkelser av det fysiske og kjemiske arbeidsmiljøet fra 2000 til 2009 viste samlet noe bedring for inneklima fra 2000.

Selv om en del er gjort, foreligger det relativt lite data om inneklima og helseplager i norske skoler og barnehager. I forbindelse med en internasjonal tverrsnittstudie undersøkte Simoni og medarbeidere (2010) hvordan skolemiljøet var i fem europeiske land; Norge, Sverige, Danmark, Frankrike og Italia. De fant at 78 % av elevene var eksponert til PM₁₀ høyere enn 50 µg/m³ og 66 % av elevene var eksponert for CO₂-konsentrasjoner høyere enn 1000 ppm. Dette tyder på at mange elever har et fysisk inneklima som ikke er godt nok i forhold til anbefalinger, lover og forskrifter (forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler, folkehelseloven). Samme studie fant at symptomer/sykdommer som tørrhoste og rhinitt var assosiert med høy konsentrasjon av CO₂ og PM₁₀.

Turunen og medarbeidere (2014) studerte assosiasjonen mellom det fysiske inneklima og helseplager og læring hos finske 6. klassinger. De fysiske faktorene i inneklima som ble sett i sammenheng med et dårlig inneklima var høy temperatur, støy, dårlig/innestengt luft. De hyppigste symptomer som ble rapportert om hver uke var trøtthet, tett nese og hodepine. Skulberg og medarbeidere (2009) studerte inneklimaplager hos pedagogisk personale i barne-, ungdoms- og videregående skole. Undersøkelsen viser at generelle symptomer som tretthet, tung i hodet og hodepine var dominerende blant de ansatte i skolen. Ca. 20 % av de ansatte lærerne rapporterer om en eller flere av disse plagene hver

uke. Dette var hyppigere forekommende blant pedagogisk personale enn hos kontoransatte.

Eksperimentelle studier har påvist en reduksjon i læring ved dårlig inneklime i kontorbygg. Det er foretatt langt færre eksperimentelle studier på dette feltet i skoler. Wargocki og Wyon (2007) gjennomførte to større blindede, intervensjonsstudier i skolen. Intervensjonstiltakene var reduksjon i temperatur fra 25 °C til 20 °C og en økning i lufttilførsel fra 5,2 til 9,6 l/s i klasserommene. Det ble rapportert opplevelse av inneklime og det ble utført seks kortere elektroniske tester, der man studerte evnen til å gjennomføre gitte oppgaver. Ved reduksjon av temperaturen ble det funnet statistisk signifikant bedre resultat på to språktester. Ved øket lufttilførsel fant de statistisk signifikant bedre resultater på fire tallopgaver.

Svært mange skoler i Norge har et dårlig inneklime på grunn av manglende vedlikehold. Dette er beskrevet i flere rapporter, sist i Arbeidstilsynets rapport «Inneklime i norske skoler. Hovedfunn 2011-2012» (Arbeidstilsynet, 2013). De skriver der: «46 % av skolene var godkjente etter forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler mv. Ved flere av disse var det mangler på systemer som ga dårlig inneklime. I mange av tilsynene ble det avdekket at kommunen ikke har gjennomført tiltak der det var gitt godkjenning på vilkår. Mange hadde heller ikke fulgt opp rapporter etter tilsyn gjennomført av Miljørettet helsevern (MHV)».

Gjennom Arbeidstilsynet arbeid er det avdekket at mange av skolene hadde eller hadde hatt problemer med vannlekkasjer og/eller fuktproblematikk. I Arbeidstilsynets rapport 2013 ble det spurt om det er eller har vært synlig fukt- eller råteskader eller muggluk i lokalene og om dette var utbedret. I alt 51 % av skolene svarte ja på spørsmålet. Undersøkelsen omfattet 143 kommuner/skoleeiere og 301 skoler. Sviktende forvaltning, drift og vedlikehold var viktigste underliggende årsak til problemene i de mest alvorlige sakene som hadde til dels omfattende fuktskader. Noen av disse skolene måtte stenges.

Miljøforholdene i norske skoler og barnehager tilfredsstill ikke regelverkets krav til arbeids- og læringsmiljø. Vi kjenner fortsatt ikke den reelle situasjonen for barns fysiske arbeidsmiljø i norske skoler og barnehager.

Dagens formelle godkjenningsstatus er for vilkårlig til å gi et reelt bilde av tilstanden for skoler og barnehager. Det skyldes manglende kapasitet, kompetanse og systematikk i tilsyns- og registreringsarbeidet. Tross manglende inspeksjon av bygningene er likevel NRK/FBI/Mycoteams utvalgsstudie (NRK; Mycoteam) eneste kjente representative utvalg av barnehager i Norge. NRK trakk 100 deltakere fordelt på 50 barnehager fra de 10 mest folkerike byene og 50 tilfeldige kommuner blant de resterende 418 av landets kommuner. I hver av kommunene ble det trukket en tilfeldig barnehage. For å redusere feilmarginene trakk de ekstra respondenter. Totalt 102 stikkprøver ble analysert.

Arbeidstilsynets tilsynsprosjekt var basert på 1-3 skoler i hver kommune som ble inspisert, hvorav én skulle være den største. Dette gir et bilde av forholdene, men er likevel ikke fullt ut representativ. SSBs Arbeidsmiljøundersøkelse bekrefter at inneklimeforhold for ansatte i undervisningssektoren ligger dårligere an enn gjennomsnittet i arbeidslivet.

2.3. Nye interessante funn internasjonalt

En nylig publisert artikkel (Barrett et al., 2015) oppsummerer resultatene fra et større forskningsprosjekt (Holistic Evidence and Design (HEAD)), om skolebygningens

påvirkning på elevens læring. En hovedkonklusjon er at det fysiske læringsmiljøet forklarer 16 % av variasjonen i elevenes læringsutvikling. Av de ti parameterne som prosjektet forsket på, har syv av disse tydelige effekter på elevenes læring i barneskolen - dette er lys, temperatur, luftkvalitet, eierskap, fleksibilitet, kompleksitet og farger.

I en dansk rapport (Sundhedsstyrelsen, 2012) angis det at danske skoleelever rapporterer i stort omfang «utilfredshet» med inn klimaet på sine skoler og symptomer som ubehag og «konsentrasjonsbesvær» som følge av dette. Særlig varme, trekk og dårlig luft er det som plager barna mest. 49 prosent av elevene rapporterer at det er for varmt i klasserommet hver dag eller et par ganger i uken. Herav opplever 42 prosent at de har konsentrasjonsproblemer hvis lokalet er for varmt eller kaldt. Selv små svingninger i temperaturen oppfattes som ubehagelig. 77 prosent av elevene opplever mye støy i klasserommet minst et par ganger i uken. Rundt 33 prosent opplever at det er mye støy hver dag. Av disse har 83 prosent ofte eller av og til vanskelig for å konsentrere seg på grunn av støyen. Det er rimelig å anta at tilsvarende tall vil finnes i norske skoler.

2.4. For lite ressurser til drift og vedlikehold er en viktig underliggende årsak til dårlig inn klima i skolene.

Arbeidstilsynets tilsynsprosjekt 2009-2012 viste at mangelfullt vedlikehold og sviktende HMS-systemer var en vesentlig årsak til dårlig inn klima og fysisk arbeidsmiljø i skolen (Arbeidstilsynet 2013, Bakke 2009, Bakke 2013, Bakke 2014). Dårlig forvaltning, drift og vedlikehold (FDV) kan ha konsekvenser for inn klimaet i form av:

- Mer fuktskader
- Dårlig renhold – forurenset luft
- Sviktende temperaturkontroll, for varmt, for kaldt, trekk
- Dårlig ventilasjon
- Dårligere luft

Det har igjen konsekvenser for helse, produktivitet og læring (Bakke 2014). Det koster mer å ikke vedlikeholde enn å sikre løpende vedlikehold. Riksrevisjonen har tidligere rettet sterk kritikk mot kommunenes forsømmelse av vedlikehold av skolebygninger (Dokument nr. 3:13, 2004/2005). I tillegg kommer kostnadene av konsekvensene for arbeidsmiljø, helse og læring.

KS-Nøkkeltallsrapport for 2014 viste at kommunenes vedlikeholdsutgifter er betydelig lavere enn i 2009 (kr 120/m²) med ca. 80 kr/m² i 2011 og 2012 og i 2013 ca. 90,- kr/m² og betydelig lavere enn anbefalt nivå for et verdibevarende vedlikehold. Normtall fra Multiconsult i 2013 er 200 kr/m² for vedlikehold av denne type bygg. Drift- og vedlikeholdsutgiftene, korrigert for byggekostnadsindeks fra 2009 til 2013, viste at kommunesektoren sett under ett hadde redusert innsatsen på drift- og vedlikehold med 6,6 % i perioden. Langsiktig gjeld økte fra 2013 (utenom pensjon) med 6,8 % til 360 milliarder kroner i 2014.

Det ble brukt for lite til verdibevarende vedlikehold. Samtidig var det massiv økning i investeringer og gjeld. Dette en svært kostbar bruk av offentlige ressurser som gir lite helsegevinst og store tap i verdien av offentlig eiendom (NFBIB 2012). Hovedproblemet er sviktende FDVU (Forvaltning, Drift, Vedlikehold og Utvikling) som er underfinansiert og ville gitt betydelig større gevinst i bedre læringsmiljø, helse og bevaring av offentlige verdier.

3. Helseutfall som kan påvirkes av inneklimaforhold

3.1. Innledning

Helseproblemer som oftest knyttes til inneklima er i stor grad sykdommer eller plager som er vanlig forekommende i befolkningen. Som oftest har slike sykdommer eller plager sin primære årsak i andre forhold enn inneklima. Påvirkning fra innemiljøfaktorer, hvis disse er tilstrekkelig store og langvarige, kan imidlertid være en årsak, ofte sammen med andre faktorer. Her omtaler vi plager og sykdomsutfall hos barn som kan påvirkes av miljøfaktorer i inneklimasammenheng.

Disse kan grovt deles inn i 3 hovedkategorier:

- Hud- og slimhinneirritasjon, hodepine og luktplager
- Luftveissykdommer og allergiske reaksjoner i luftveiene (luftveisallergi og astma)
- Forverring av virusinduserte og bakterielle luftveisinfectionsjoner

Det er ikke faglige grunnlag for at inneklimaforhold generelt bidrar i stor grad til alvorlige, livstruende folkesykdommer som kreft eller hjerte- og karsykdom hos barn. Vi redegjør i dette kapitlet imidlertid for to inneklimaforhold (radon og asbest) som i noen tilfeller kan bidra til kreftutvikling og hvor eventuell eksponering skal være under tiltaksgrense (radon) eller eksponering for frie asbestfibre ikke skal forekomme inne i konsentrasjoner over 0,001 fibre per milliliter luft (praktisk anbefalt faglig norm for asbest).

3.2. Hud- og slimhinneirritasjon, hodepine og luktplager

Opplevelser av dårlig inneklima synes ofte å være knyttet til plager og ubehag, som følelse av tørr luft og irriterte slimhinner i øyne og luftveier samt luktplager. Noen individer opplever også hudplager, hodepine og tretthet. Enkelte rapporterer betydelige plager. Som oftest er det vanskelig å finne hva som er årsaken til de plagene som rapporteres. Ofte mangler også objektive medisinske funn. Der plagene forsvinner ved fravær eller opphold i andre lokaler kan det være en sammenheng med innemiljøet.

Det finnes flere risikoforhold inne som kan bidra til slike plager. Disse inkluderer partikkelforurensning, flyktige organiske forbindelser, fuktskader og innendørs oppvekst av muggsopp som alle kan bidra til slimhinneirritasjon. I tillegg kan mangelfull ventilasjon, trekk og ugunstige temperatur- og lysforhold bidra til ubehagsfølelse.

Ofte er det imidlertid flere andre mulige årsaksforhold enn inneklima som kan gi symptomene som oppleves. Dette kan også være tilfelle når personen selv opplever en sammenheng mellom inneklimaforhold og plager. Uansett årsaken til symptomene man opplever, er det viktig at opplevelsene tas alvorlig, og at de som plages får bistand. I de fleste tilfellene med f.eks. lett hodepine eller hudkløe finner man imidlertid ikke en klar årsak slik at man kunne gi en årsaksrettet behandling.

Luktplager

Lukt er en vanlig årsak til opplevd ubehag. Luktterskelen og hva som oppleves ubehagelig er individuell. Økt vektlegging av at uønskede helseeffekter kan forårsakes av forhold i inneklima, kan kanskje bidra til at folk i større grad enn tidligere både legger merke til og opplever bekymring for ukjent eller sjenerende lukt.

Luktplager kan også forårsakes av det mange forbinder med god lukt. Et typisk eksempel på dette er parfymelukt som en del mennesker (særlig astmatikere) plages av. Vanligvis har ikke luktplager i seg selv direkte sammenheng med helseeffekter, men mer med følelse av ubehag. Det er imidlertid vist at forsøkspersoner som har blitt eksponert for parfymestoffer i øynene uten at de har kjent lukten, opplever øyeirritasjon. Det kan indikere at enkelte luktstoffer også kan ha irriterende egenskaper (Elberling et al, 2006; Millqvist et al, 1999).

Hos noen kan lukt via det kjemiske sanseapparatet i luftveiene utløse åndenød, hoste, slimdannelse, irritasjon av øyne, snue, hodepine og tretthet. Visse grupper av luktstoffer, deriblant hydrokarboner, kan gi plager hos enkelte personer med høy følsomhet. Kanskje er det slik at lukt også kan bidra til å forverre plagene gjennom en ubevisst innlært reaksjonsmåte. Det vil kunne skje hvis et astmaanfall inntreffer samtidig som en person kjenner en spesiell lukt, deretter vil et astmaanfall kunne utløses av lukten alene.

3.3. Luftveissykdommer og allergiske reaksjoner i luftveiene (allergi og astma)

3.3.1. Innledning

Luftveisallergi kan opptre i øvre luftveier (allergisk rhinitt, høysnue) og nedre luftveier (hovedsakelig astma). Ved allergisk rhinitt opptre en betennelsestilstand i neselinhinnen som gir tett eller rennende nese, kløe rundt nesen og i ganen og episoder med kraftig nysing. Symptomene sees ofte i sammenheng med irritasjon av øynene (rinokonjunktivitt). Slike symptomer opptre hos mange i forbindelse med pollensesongen. Hos andre kan symptomene opptre hele året og skyldes overfølsomhet mot allergener som alltid er til stede i deres omgivelser. Selv om allergisk rhinitt sjelden er et alvorlig helseproblem, kan symptomene være svært ubehagelige og medføre redusert livskvalitet og arbeidsevne i det daglige. **Slike symptomer kan forstyrre enkeltindividets prestasjoner på skole og i arbeidsliv.** Personer som har allergisk rhinitt har også oftere astma, atopisk eksem og konjunktivitt (Bertelsen et al., 2010).

Luftveiene kan også reagere med allergilignende tilstander uten påvisbar allergi (ikke-allergisk rhinitt og astma). Det skyldes ofte økt irritabilitet (hyperreaktivitet) overfor forskjellige luftforurensninger. Hyperreaktivitet er en følge av betennelsesreaksjoner (inflammasjon) i luftveiene som kan skyldes allergi, infeksjon eller kjemisk indusert skade (f.eks. på grunn av tobakksrøyking).

Astma, enten den er allergisk eller ikke allergisk betinget, er karakterisert av langvarig betennelse i luftveiene og overfølsomhet i nedre luftveier. Dette gir varierende grad av anfall med reversibel hevelse i slimhinnene, økt slimproduksjon og reversibel sammentrekning av musklene som omslutter luftrøret og luftrørsforgreningene. Ofte gir dette hoste, brystet føles trangt, og det blir vanskeligere å puste, spesielt ut. Pusteproblemene kan føre til pipelyder fra luftveiene som er karakteristisk for astmatikere. Det er store forskjeller i sykdommens alvorlighetsgrad, og de fleste har mild astma. For enkelte kan imidlertid anfallene være svært dramatiske og livstruende, og noen med alvorlig kronisk astma er nærmest invalidisert av sykdommen. Alle med astma må være på vakt overfor forskjellige miljøforhold og må styre unna forhold og miljø som erfaringsmessig forverrer sykdommen. Symptomene ved astma kan variere, både fra dag til dag og gjennom livet. Diagnosen kan være vanskelig å stille, derfor benyttes ofte betegnelsen astmalignende plager, spesielt i sped- og småbarnsalderen.

3.3.2. Forekomst av astma og allergi

Astma

Astma er den hyppigste kroniske sykdommen i barnealder og en av de viktigste årsakene til innleggelse i norske barneavdelinger (Jonasson et al., 2000). En tverrsnittsundersøkelse blant barn i alderen 7-14 år fra Nordland viste at forekomsten av selvrappportert astma var 18 prosent i 2008 (Hansen, 2013). Dette er i samsvar med resultater fra en undersøkelse i Oslo, der forekomsten ble målt til 20 prosent blant tiåringer og 26 prosent ved 16 år (Lødrup Carlsen, 2006). Forekomst er i begge undersøkelsene beregnet ut fra om barnet noen gang har hatt astma. Av dem som får astma, vil omtrent tre av fire ha utviklet sykdommen før skolealder. En stor andel av disse blir fri for symptomer i løpet av skolealderen, men nye tilfeller dukker opp i løpet av barne- og ungdomsårene, og i voksen alder.

Allergi

Forekomsten av allergisk sykdom og sykdommer som skyldes annen overfølsomhet er ikke lett å tallfeste, fordi det er vanskelig å spesifisere entydige krav til diagnoser som samtidig er så enkle at de egner seg til å beregne sykdomsforekomsten i befolkningen. Noen tilfeller blir heller ikke registrert med aksepterte diagnoser. Mange barn og unge har imidlertid høysnue og atopisk eksem. Resultatene fra flere norske studier tyder på at livstidsforekomsten av høysnue (rhinitt) ligger på omtrent 25 prosent hos barn i skolealder og 30 prosent hos unge i puberteten (Selnes, 2005; Hansen, 2013; Hovland, 2014). Forekomsten av atopisk eksem er 17 prosent hos 2 år gamle barn og mellom 21 og 35 prosent hos barn i alderen 9-16 år (tall fra norske studier i perioden fra 2000).

3.3.3. Årsaker til utvikling av astma og luftveisallergi

Allergi og astma oppstår gjennom et samspill mellom arv og miljøpåvirkning (Contopoulos-Ioannidis et al., 2007; Barnes and Marsh, 1998). Arvelig predisponering for allergiske reaksjoner (atopi) er en av de viktigste kjente risikofaktorer for astma som er identifisert (Peden, 2000; Blumenthal, 1998). En del er også kjent om viktige immunologiske mekanismer ved allergisk sykdom. Disse synes å involvere overaktivitet av bestemte celletyper i immunforsvaret. Noen nyere eksperimentelle studier indikerer at eksponering for miljøfaktorer som tobakksrøyk, dieselsoos, polyaromatiske hydrokarboner (PAH), ftalater, svevestøv, ozon og endotoksin kan påvirke bestemte immuncellers utvikling, øke frigivningen av betennelsesmarkører og gi et allergisk responsmønster (Pacheco, 2012). Den kliniske betydningen av disse mekanismene ved eksponering for miljøfaktorer er imidlertid uavklart.

Familiær forekomst av både atopisk allergi og av astma med og uten allergi tyder på et vidt spektrum av mer eller mindre dominerende genetiske faktorer. Det dreier seg om gener som kanskje aktiveres av miljøfaktorer. Selv om miljøfaktorer sannsynligvis spiller en viktig rolle, vet man fremdeles lite om i hvor stor grad enkeltfaktorer bidrar ved utvikling av ny sykdom. Det kan dreie seg om samvirke mellom flere forhold.

Virusinfeksjoner i luftveiene i første leveår er en viktig risikofaktor for senere astmautvikling (Guilbert and Denlinger 2010; Busse et al., 2010; Brunetti et al., 2007; Sigurs et al., 2005; Holt and Sly, 2002). Det har også vært foreslått at økt forekomst av astma og luftveisallergi blant barn og ungdom har sammenheng med forurensninger i inne- og uteluften. De siste årene har den samlede kunnskapen knyttet til helseeffekter av fuktskader og muggsopp i inneklimateaet sterkere indikert at slik eksponering er knyttet opp

til utvikling og ikke bare forverring av astma og allergisykdom (Mendell et al., 2011, Vesper et al., 2007; Bornehag et al., 2002).

3.3.4. Faktorer som kan forverre sykdomsbildet

Hos personer som allerede har astma kan pusteproblemer utløses når slimhinnene i luftveiene blir irritert. Hos astmatikere er det en rekke kjente miljøfaktorer som kan gi slik irritasjon eller forverre eksisterende irritasjon. Slike faktorer kan f.eks. være relatert til inneluft og arbeidsrelaterede forurensninger (Leira et al., 2006), både i industrielt og ikke-industrielt arbeidsmiljø, og inkluderer eksponering for svevestøv, kjemikalier, sterke lukter eller allergener.

Når det gjelder fukt, er det verdt å merke seg at det i kontrollerte intervensjonsstudier er vist at bygningsmessig tiltak blant annet rettet mot ventilasjon og fuktproblemer gir klar bedring av både allergisk og ikke-allergisk luftveissykdom hos beboerne (Thomson et al 2001, 2009, Free et al 2010, Howden Chapman 2011, WHO 2011, Sauni et al 2011).

3.3.5. Astma som barn - kronisk obstruktiv lungesykdom (KOLS) som voksen?

KOLS er en samlediagnose for flere beslektede sykdommer med kronisk og mer eller mindre irreversibel nedsettelse av lungefunksjonen. En kjenner ikke de underliggende årsakene til at KOLS oppstår, men i tillegg til arvelige faktorer kan forhold gjennom hele livet ha betydning. Faktorer i søkelyset er blant annet fødselsvekt og luftveisinfeksjoner i barndommen og miljøfaktorer som kosthold, luftforurensning og boligstandard. Det foreligger data som indikerer at astma i barnealder øker risikoen for å få KOLS i samme størrelsesorden som det å røyke gjør (Svanes et al., 2010). Disse funnene støttes av resultatene fra en undersøkelse i Australia, som viser at barn med alvorlig astma har betydelig økt risiko for å utvikle KOLS senere i livet (Tai, 2010). Ser vi bort fra eksponering for passiv røyking er det usikkert hvor stor betydning forurensning i inneluft sammenheng har for senere utvikling av KOLS. Den rapporterte samvariasjon mellom barneastma og senere utvikling av KOLS antyder at reduksjon/fjerning av risikofaktorer i innemiljøet (f.eks. fukt/muggsopp), som kan utløse eller forverre astmasykdom hos barn, kan ha betydning for å redusere risikoen for å utvikle KOLS.

3.4. Kreft

I de fleste omgivelser, både ute og inne, vil det i noen grad finnes forurensningskomponenter som kan være kreftfremkallende. Sett i lys av befolkningens samlede helse, er det viktig å redusere eksponeringen for slike stoffer der det er praktisk gjennomførbart. Oftest er det imidlertid vanskelig å redusere eksponeringen helt, siden den er et resultat av det samfunnet vi lever i (f.eks. utslipp fra biltrafikk, industri, noen forbruksprodukter). Imidlertid vil risikoen for at denne eksponeringen skal bidra vesentlig til den samlede kreftrisiko for hver enkelt av oss vanligvis være svært liten ved de konsentrasjoner man normalt finner av slike stoffer både ute og inne.

Innendørs forurensninger annet enn passiv røyking som man skal være oppmerksom på når det gjelder kreftrisiko er radoneksponering og i sjeldne tilfeller asbesteksponering. Asbest eksponering kan gi kreft i brysthinnen (mesoteliom) i tillegg til at passiv røyking, radon og asbest kan gi lungekreft. Det er viktig at radon nivåene i norske skoler ligger under tiltaksgrensen. I de tilfeller man har mistanke om asbestholdige materialer i eldre skole må disse behandles forsvarlig etter gjeldende regelverk.

3.5. Forverring av virusinduserte og bakterielle luftveisinfeksjoner

3.5.1. Virus

Virusinfeksjoner i luftveiene har stor betydning for både sykkelighet og dødelighet i befolkningen. Virusinfeksjoner spres i innemiljøer ved dråpesmitte ved hosting og nysing og hånd-til-håndkontakt. I tillegg kan man smittes ved håndkontakt med innendørs overflater som kraner, dørhåndtak, telefoner og andre overflater som tidligere er berørt av en smittet person og der viruset kan overleve en viss tid (Eccles 2000; Goldman 2000). Berører man enten neseslimhinnen eller øynene med viruskontaminerte hender, kan dette føre til infeksjon. Lufttemperatur og relativ fuktighet er viktige faktorer for luftveivirusets overlevelse og potensial til å gi sykdom. Dermed kan disse faktorene bidra til smitteoverføring og sykdomsforekomst (Steel et al., 2011; Tang, 2009; Lowen et al., 2007). I tillegg vil andre inneklimateforhold som f.eks. ventilasjonsforhold og antall personer i små rom også kunne ha betydning for spredning av virusinduserte infeksjoner.

Luftforurensning kan bidra til økt forekomst av luftveisinfeksjoner (Cienczewicki and Jaspers, 2007). I inneklimasammenheng er dette klart dokumentert hos barn som en følge av passiv røyking, der man ser økt forekomst/forverring av virusrelaterte luftveisinfeksjoner (DiFranza et al., 2012; Öberg et al., 2011). Også for annen forurensning som NO₂, ozon og svevestøv er det i befolkningsundersøkelser i utviklingsland med høye forurensningsnivåer inne vist sammenheng med økt risiko for virusinfeksjoner i luftveiene (Cienczewicki and Jaspers, 2007). Mekanismene bak de forsterkende responsene er lite kjent, men vil variere med både virustype og type luftforurensning samt påvirkes av individuelle forskjeller i følsomhet hos de eksponerte individer.

3.5.2. Bakterier

Bakterier i innemiljøer kan gi luftveissykdom. Innånding/eksponering for bakterier kan medføre betennelsesreaksjoner i luftveienes slimhinner. Dyreforsøk indikerer at samtidig forekomst av luftforurensning som svevestøv og tobakksrøyk kan forsterke betennelsesprosessen (Sigaud et al., 2007; Harrod et al., 2005; Drannik et al., 2004). Men ikke bare dyreforsøk har vist slike sammenhenger. Forekomsten av halsinfeksjon forårsaket av streptokokker er rapportert å være høyere blant barn i hjem der det røykes (Nandi et al., 2001). Andre studier viser at også annen forurensning enn passiv røyking kan påvirke forekomsten av bakterielle infeksjoner. Studier i land der forurensningsnivåene i inneluft er betydelig høyere enn i Norge pga bruken av fast brennstoff (kull) i matlaging/oppvarming, viser at forekomsten av bakteriell lungebetennelse hos barn under 5 år er økt. Vi kan heller utelukke at annen luftforurensning kan gi slike samvirkeeffekter også hos utsatte personer.

4. Aktuelle forurensninger i innemiljøer som medfører at barn og unge kan utsettes for helserisiko

4.1. Fukt, fuktskader og muggsopp

4.1.1. Årsaker til fuktproblemer

Fuktproblemer i bygninger skyldes ofte ulike kombinasjoner av årsaksforhold som for eksempel lekkasjer fra røranlegg, dårlige tak, vinduer eller inntrengning av fuktighet fra grunnen forårsaket av mangelfull drenering eller feil i fundamentering. Mangelfullt vedlikehold kan også bidra til at fuktproblemer oppstår. Videre kan fuktighet bygges inn i konstruksjonen på grunn av manglende uttørring av materialer før tildekking med tette overflater.

Høy fuktproduksjon fra kilder som dusj, badstue, vaskemaskiner, uventilerte tørketromler og tørkeskap og utilstrekkelig ventilasjon kan også være årsak til fuktproblemer. Andre ganger ser man at fuktproblemene oppstår i forbindelse med kuldebroer, kaldtvannsrør og andre punkter der fuktighet kondenseres. Dette kan skyldes eller forsterkes av konstruksjonsfeil ved boligen. Skjulte fukt- og muggsoppskader kan forekomme i krypkjellere, utlektede kjellervegger, yttervegger og takkonstruksjoner.

4.1.2. Vekstbetingelser for muggsopp

Muggsopp finnes normalt i alle miljøer, ute og inne, men forekomsten av muggsporer varierer sterkt med årstiden med det høyeste antall i uteluften på sommeren og høsten. Da er uteluften hovedkilden til mugg også i inneluften. Vekst av muggsopp på materialer inne avhenger av fysiske og kjemiske egenskaper i materialene, næringsinnhold, hva de er forurenset av og fremfor alt hvorvidt de tilfredsstillende de forskjellige arter mikroorganismers varierende krav til fuktighet. Normalt skal det ikke være vekstvilkår for muggsopp innendørs.

Når overflatetemperaturer regelmessig faller under duggpunktet (den temperaturen hvor vanddamp går over til væske) kan kondens medføre gode vekstbetingelser for muggsopp. Slike forhold kan oppstå ved kuldebroer. Regelmessig relativ fuktighet over 70 % kan være tilstrekkelig for muggvekst. Næring som skitt, støv eller hudrester på konstruksjoner eller overflater kan gi muggvekst ved lavere fuktighet. Kondens inne i bygningsmaterialer som betong, murstein og gips kan fungere som et reservoar for fuktighet og derved føre til muggvekst, selv under forhold hvor overflaten tørker ut.

4.1.3. Forekomst av fukt- og muggproblemer i norske innemiljøer

Samlet sett har anslagene for hvor omfattende problemer med fukt og muggsopp er i den norske boligmassen variert mellom 10 og 20 % med noen anslag opp mot 50 %. I en nylig studie av et utvalg av 10 112 boliger gjennomgått, hadde 3125 boliger anmerkninger for fukt eller muggsoppskader. Samlet sett synes andelen boliger med fuktskader i det analyserte utvalget av boliger å ligge på ca. 30 %, det vil si noe over de tidligere vanligste anslag. Så langt har vi mindre kunnskap om omfanget av fuktproblemer i skoler og barnehager, men i Arbeidstilsynets gjennomgang av 301 skoler finner nåværende eller tidligere fuktskader i rundt halvparten av de undersøkte skolene

4.1.4. Helsekadelige effekter

Flere store studier har påvist sammenheng mellom luftveisrelaterte sykdomsutfall og forekomst av fuktskader eller muggsopp inne. Studiene fastslår imidlertid ikke hva det faktisk er i de fuktige innemiljøene som gir helseeffektene eller hvilke biologiske mekanismer som ligger bak det at man kan bli syk av å oppholde seg i innemiljøer med fuktproblemer eller muggsopp.

På bakgrunn av befolkningsstudier har tidligere rapporter fra både Institute of Medicine (IOM, 2004) og WHO (WHO, 2009) fastslått at beboere i fuktige hus eller hus med fukt- og muggproblemer er utsatt for en økt risiko for luftveissykdom/luftveissymptomer, luftveisinfeksjoner og forverring av astma. Det har blitt anslått at det foreligger en 30 -50 % økning i luftveisplager i forbindelse med fuktrelaterte risikofaktorer i boliger (Fisk et al., 2007). Selv om slike estimater må tolkes med forsiktighet, indikerer de at fuktrelaterte risikofaktorer kan bidra i betydelig grad til omfanget av luftveislidelser i befolkningen.

Intervensjonsstudier der man har sett på astmasykdom før og etter utbedring av fuktskader, underbygger at det er en sammenheng mellom fukt og/eller mugg innendørs og sykdomsutfall. Blant annet har man observert en reduksjon i astmaanfall hos barn etter fuktutbedring (Kercsmar et al. 2006). Videre har flere undersøkelser påvist økt forekomst av nye astmadiagnoser blant beboere etter vannskader (Laney et al. 2009, Pekkanen et al. 2007; Cox-Ganser et al. 2005).

Resultatene fra en senere stor gjennomgang (Mendell et al., 2011) har styrket de samvariasjoner man tidligere hadde påvist, samt tilføyde mulige sykdomsutfall som kan være relatert til fuktproblemer eller muggsopp (blant annet bronkitt og eksem). Det har således blitt slått fast at det foreligger tilstrekkelig data til å si at fukt eller muggsopp gjennomgående samvarierer med allergi og helseeffekter i luftveiene inkludert astmautvikling og forverring, astma nå, astma i løpet av livet, pustebesvær, hoste, piping i brystet, luftveisinfeksjoner, bronkitt, allergisk rhinitt og andre symptomer fra øvre luftveier samt eksem. Helseeffektene synes å være både av allergisk og ikke-allergisk karakter. Det foreligger videre økt evidens for at spesifikke muggsopparter kan bidra til utvikling eller forverring av helseeffekter (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* og *Cladosporium*). Mangel på eksperimentelle studier gjør imidlertid at faktisk årsakssammenheng fremdeles er uklar. (Jaakkola et al., 2013; Kanchongkittiphon et al., 2015).

Nye studier indikerer at fukt- og muggsoppskader i primære oppholdsrom (soverom, stue, kjøkken, bad, etc) er av større betydning for utvikling av uønskede helseeffekter, enn fukt- og muggsoppskader i rom som i mindre grad benyttes til opphold (f.eks. uinnredete kjellere og loft) (Karvonen et al., 2015; Mustonen et al., 2015). Antagelig vil større, mer alvorlige fukt- og muggsoppskader medfører økt risiko for utvikling eller forverring av helseplager og sykdom (Karvonen et al., 2009; Park et al., 2004; Williamson et al., 1997).

Sammenhengen mellom fukt og muggsopp og luftveisplager, inklusiv astma, rhinitt og eksem i befolkningsstudier er således sterk. Denne sammenhengen støttes av resultater fra eksperimentelle studier som viser en rekke toksiske og betennelsesrelaterte responser etter eksponering for mikroorganismer (inkludert sporer, metabolitter og komponenter) som kan forekomme i fuktige hus.

4.1.5. Kan andre forurensninger i fuktige innemiljøer bidra til helseeffekter?

Flere typer forurensninger kan finnes i høyere grad i fuktige innemiljøer. Flere av disse kan tenkes å bidra som årsaksfaktorer ved de sykdomsutfall som beskrives i befolkningsundersøkelser. Dette kan f.eks. være annen biologisk forurensning som husstøvmidd, bakterier, celleveggkomponenter fra muggsopp, flyktige organiske forbindelser produsert av muggsopp og bakterier, virus og endotoksiner. I tillegg kan fuktproblemer bidra til høyere nivåer av enkelte andre kjemiske forurensninger som kan tenkes å forårsake luftveisplager hos følsomme individer. Det har også vært spekulert om hvorvidt det kan være et samspill mellom de enkelte fuktrelaterede biologiske og kjemiske forurensningskomponenter som bidrar til de helseeffekter som ofte rapporteres der det er fuktproblemer. Muggsopp produserer i tillegg flyktige organiske forbindelser (MVOC). For de aller fleste vil konsentrasjonene inne av MVOC være så lave at de ikke utløser uønskede helseeffekter eller bare utløser forbigående irritasjonssymptomer fra slimhinner. Man kan imidlertid ikke utelukke at hos følsomme individer kan MVOC bidra til de plager som disse individene opplever i hus med fukt- og muggsoppproblemer.

4.1.6. Risikovurdering

Det er en klar samvariasjon mellom fuktproblemer og muggsoppforekomst innendørs og risiko for luftveissykdom og allergi i befolkningen. Individer som er atopiske eller allergikere er særlig utsatt for å få plager i fuktige innemiljøer, men også den ikke-atopiske delen av befolkningen rammes. Den økte forekomsten av astma og allergier gjør at antall mennesker som kan være ekstra følsomme for effekten av fukt og muggsopp i innemiljøer også øker. En samlet vurdering av studiene på feltet tilsier at mange mennesker i større eller mindre grad har helseplager knyttet til fuktproblemer eller muggsopp. Forebygging og utbedringstiltak for å redusere innendørs fukt er viktig, fordi dette sannsynligvis kan bedre befolkningens helse.

4.2. Allergener i innemiljøer - Husstøvmidd og kjæledyr

4.2.1. Forekomst

Husstøvmidd

Husstøvmidd har vanligvis ikke vekstmuligheter i skoler. Tidligere studier har imidlertid vist at man likevel finner allergener også i støv på gulv og møbler i klasserom, men mest i tepper (Simpsons et al., 2002; Luczynska et al., 1998; Sundell og Kjellmann, 1994; Dybendahl og Elsayed, 1992; Dybendahl et al., 1991). Dette skyldes at allergener blir transportert i klærne hjemmefra til skole og arbeid. I de boliger hvor det er høy forekomst av midd, er midd en av de viktigste årsakene til sensibilisering (allergitviking).

Dyreallergener

Dyreallergener er assosiert med mikroskopiske hudrester fra dyret samt spytt og urin. Andre allergener finnes i sekreter fra kjertler nær endetarmsåpningen. Når dyret slikker pelsen kan allergenene feste seg i pelsen og deretter på møbler etc. Dyreallergener kan bli luftbårne og innåndes. Hunder og katter er de vanligste kjæledyrene mennesker kommer i nær kontakt med, men også andre dyr kan gi allergiske reaksjoner. Hvor mye dyreallergener som finnes i hus hvor man har kjæledyr, er avhengig av renholdet, men også forhold som fuktighet og temperatur er av betydning. Dyreallergener kan bringes inn i innemiljøet via klær, slik at allergener kan påvises i innemiljøer der det ikke har vært eller er kjæledyr (Bertelsen et al., 2010; Instanes et al., 2005; Ormstad og Løvik, 2002;

Bollinger et al. 1996;). Allergener fra katt synes å spre seg særlig lett og være ekstra vanskelig å bli kvitt, og kan finnes også i hjem der det ikke er katt, samt i støv fra skolegulv (Bjørksten, 1994; Munir et al., 1994; Dybendahl et al., 1991).

4.2.2. Helseeffekter

Husstøvmidd

Middallergener er en viktig årsak til luftveisallergi, og er en alvorlig risikofaktor for astmautvikling og astmaforverring (IOM, 2000; Milián and Díaz, 2004; Janson et al., 2001).

Dyreallergener

Mange mennesker har allergi mot dyr, og kan reagere med rennende nese og øyne eller astmaanfall når de utsettes for allergenene de reagerer på. Dyreallergener er vidt utbredt, både i hjem, skoler og barnehager, og selv nivåer av katteallergener på steder uten katt kan være høye nok til å kunne sensibilisere eksponerte individer (Kelly et al., 2012) og fremprovosere allergiske reaksjoner. Allergi mot dyreallergener er vanlig blant astmatikere og forekommer ofte sammen med middallergi. Særlig eksponering for katteallergener er en vesentlig risikofaktor for astma hos individer med eksisterende allergi mot katt.

4.2.3. Risikovurdering

Husstøvmidd

Ved eksponering for middallergennivåer over 2 µg/g støv synes det å være grunnlag for å si at det er en sammenheng mellom økende allergeneksponering og økt risiko for middallergi (Institute for Environment and Health, 1996). Ved nivåer over 10 µg allergen/g støv risikerer man å utløse alvorlige eller akutte astmaanfall hos individer allergiske overfor midd. Imidlertid tyder mye på at middallergeneksponering under 2 µg/g støv også kan påvirke risikoen for sensibilisering. Sannsynligvis er det store individuelle variasjoner i følsomhet slik at det er lite hensiktsmessig å sette en tallfestet norm for husstøvmidd.

Dyreallergener

For de mange som er allergiske mot dyreallergener, kan eksponering være et stort problem. Den viktigste kilden til eksponering for dyreallergener (kjæledyr) er dyrehold, men dyreallergener kan imidlertid påvises også i innemiljøer der det ikke har vært dyr, som f.eks. skoler og barnehager, ved at allergenene bringes inn med folk som har dyr (Instanes et al., 2005). De nivåene som fremkaller en allergisk reaksjon kan være svært lave, men følsomheten varierer betydelig.

4.3. Svevestøv

4.3.1. Forekomst

Forekomsten av partikler i innendørsluft avhenger av bygningens ventilasjonstekniske forhold og mengden partikler i den uteluften som tas inn i huset, samt dannelse av partikler innendørs. Bidraget fra partikkelforurensning i uteluften avhenger av bygningens beliggenhet i forhold til trafikkerte veier, industri og tettbebyggelse. I strøk med høy utendørs forurensning vil svevestøv fra uteluften kunne dominere

partikkelforurensningen innendørs, og forurensningssituasjonen kan forverres ytterligere under ugunstige meteorologiske forhold (inversjon).

Det er i første rekke de fine partiklene ($PM_{2,5}$; partikler mindre enn 2,5 mikrometer), og i mindre grad grovfraksjonen ($PM_{10-2,5}$; partikler mellom 10 og 2,5 mikrometer) som trenger inn fra uteluft. Ved tilstedeværelse av spesifikke partikkelkilder innendørs, vil disse ofte dominere partikkelforurensningen, spesielt gjelder dette såkalte ultrafine partikler mindre enn 0,1 mikrometer (Wallace et al., 2008). Typiske innendørskilder er ulike forbrenningsprosesser (røyking, ovner og peiser som ikke benyttes på optimal måte med tilstrekkelig oksygentilførsel, bruk av stearinlys og røkelse) Der det røykes, er tobakksrøyk den klart dominerende kilden til partikkelforurensning inne.

Det foreligger begrenset med måledata for partikkelnivåer i inneluft i norske skoler og barnehager, men en undersøkelse i Oslo viste et gjennomsnittsnivå på $8,5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ (Rakkestad et al., 2007). Målinger av partikler i inneluft varierer med tilstedeværelse av kilder, men generelt sett pleier $PM_{2,5}$ -konsentrasjonen i inneluft å være tilsvarende eller lavere enn $PM_{2,5}$ i uteluft (Lazaridis et al., 2008). Årsmiddel for $PM_{2,5}$ i trafikkerte deler av Oslo og Bergen sentrum i henholdsvis 2010 og 2009 var i overkant av $10 \mu\text{g}/\text{cm}^3$. På tross av få måledata, er det derfor rimelig grunn til å anta at gjennomsnittlige $PM_{2,5}$ -nivåer i skoler og barnehager der det ikke røykes ligger rundt $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eller lavere, selv i trafikkerte strøk.

4.3.2. Helseeffekter

Svevestøv kan skade celler i alle deler av luftveiene, direkte ved toksisk påvirkning av cellene, eller indirekte ved å aktivere betennelsesreaksjoner som igjen kan føre til skade på celler og vev. Partikler kan også være bærere for allergener, kreftfremkallende, organiske stoffer eller andre kjemiske stoffer. Eksponering for svevestøv i uteluft er i global sammenheng et av de mest alvorlige miljørelaterte helseproblemene, og kan bidra til både utvikling av sykdom og forverring av eksisterende sykdom (Prüss-Ustün 2011).

Resultater fra flere studier tyder på at akutt eksponering for økende konsentrasjoner av PM_{10} har sammenheng med redusert lungefunksjon hos følsomme individer i befolkningen, økt hoste, bronkitt, bihulebetennelse, falsk krupp, astmaanfall samt økt innleggelse på sykehus/legebesøk og økt forekomst av dødsfall på grunn av respiratoriske problemer og hjerte- og karsykdom. Personer med eksisterende lunge- eller hjertekarsykdom synes å være spesielt utsatte. Barn under skolealder, eldre og syke mennesker regnes også blant de mest sårbare gruppene i befolkningen.

En rekke studier viser at eksponering for svevestøv i uteluft er assosiert med forverring og muligens også utvikling av astma (Tzivian, 2011). Nyere funn indikerer at barneastma kan være den viktigste årsaksfaktor for utvikling av KOLS senere. Dermed er det også grunnlag for å anta at svevestøv indirekte kan bidra til KOLS-utvikling ved forverring eller utvikling av astma.

Forøvrig synes eksponering for grove partikler ($PM_{10-2,5}$) å være minst like sterkt eller sterkere assosiert med sykdom (akutte innleggelser/legebesøk ved luftveissykdommer) som fine partikler ($PM_{2,5}$), mens de fine partiklene synes sterkere assosiert med dødelighet (hovedsakelig hjerte- og karsykdom) enn grove partikler (Brunekreef & Forsberg 2005). Dette understreker at ulike partikkeltyper kan ha ulike effekter.

Undersøkelser av eksponering for svevestøv innendørs er fremdeles relativt få sammenliknet med studier av partikler i uteluft, men enkelte problemer er relativt godt

studert. Innendørs forbrenning av kull og tre ble nylig rangert av WHO som verdens største miljøkemikalierelaterte helseproblem (Prüss-Ustün 2011). Dette er hovedsakelig basert på tall fra utviklingsland i forbindelse med innendørs bruk av åpen ild som forårsaker ekstremt høye nivåer av svevestøv, karbonmonoksid og nitrogendioksid, med påfølgende effekter på lungefunksjon/-sykdom som lungekreft, økt mottakelighet for akutte infeksjoner i luftveiene, og KOLS. Intervensjonsstudier med installasjon av ventilerte ovner viser klar effekt i form av bedret helse. Dette er nivåer av svevestøv man sjelden eller aldri vil finne i norske husstander, men det illustrerer alvorlighetsgraden av høye nivåer av forbrenningspartikler i inneluft. Det er også grunn til å påpeke at bruk av åpen ild i gammer og lavvoer vil kunne gi eksponering for sammenlignbare nivåer av svevestøv, men eksponeringstiden i slike tilfeller antas normalt å være vesentlig kortere.

Mer generelle studier på partikler i inneluft viste sammenhenger mellom innendørsnivåer av svevestøv og økt sannsynlighet for obstruktiv bronkitt hos barn. Dette gjaldt i størst grad for partikler med aerodynamisk diameter mindre enn 1 μm (Franck et al., 2011). Videre synes innendørs $\text{PM}_{10-2,5}$ og $\text{PM}_{2,5}$ å forverre astma hos både atopiske og ikke-atopiske barn (McCormack et al., 2011).

Deponert støv kan også bidra til effekter på menneskers helse. Deponert støv kan virvles opp igjen ved menneskers aktiviteter innendørs, f. eks. støvsuging med dårlig filter. Støvpartikler med diameter over 10 μm (ofte generelt omtalt som "husstøv") vil i liten grad trenge ned i luftveiene med inhalering, men kan føre til irritasjon på øye- og neseslimhinner ved at man får støv på hendene. Slike større partikler som kun avsettes i de øvre luftveiene, ovenfor strupehodet, kan tenkes å bidra til ubehagsfølelser og plagethet. I en stor dansk undersøkelse ble det påvist en sammenheng mellom slimhinneirritasjonsrelaterte klager og "loddenhetsfaktoren" (Skov et al., 1990). Dette begrepet går på gulvs, veggens og inventars evne til å samle opp støvpartikler, som i sin tur kan virvles opp eller overføres ved at man får støv på hendene. Støv deponert i munnhulen vil også kunne svelges. Dette gjelder i særlig grad for spedbarn som tilbringer mye av tiden liggende på gulvet, og som gjerne putter leker og andre gjenstander inn i munnen. Husstøv antas å være en hovedkilde til spedbarns eksponering for allergener, tungmetaller og organiske miljøgifter, og det er estimert at spedbarn "spiser" dobbelt så mye støv (100 mg vs 50 mg/dag) som voksne og er opptil ti ganger mer sårbare for støveksponering (U.S. EPA, 2002). Ulike intervensjonsstudier tyder på at reduksjon av husstøv ved jevnlig og riktig utført renhold, reduserer astmasymptomer hos barn (Roberts et al. 2009).

4.3.3. Risikovurdering

Det er ikke kunnskapsgrunnlag til å foreta en separat risikovurdering av partikler i inneluft, da det foreligger for få studier. Risikovurderingen må derfor baseres på studier av partikler i uteluft, selv om partikler av ulik opprinnelse og ulik sammensetning kan ha ulik grad av effekter.

Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet har utarbeidet nye luftkvalitetskriterier for svevestøv i uteluft på henholdsvis 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (døgnmiddel) og 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (årsmiddel) for PM_{10} , og 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (døgnmiddel) og 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (årsmiddel) for $\text{PM}_{2,5}$ (Rapport 2013:9, Folkehelseinstituttet). Luftkvalitetskriteriene er kun basert på anbefalinger i forhold til helseeffekter, og er ikke juridisk bindende. De norske luftkvalitetskriteriene er basert på de laveste nivåene der effekter er funnet å øke med økende partikkelkonsentrasjoner. Enkelte studier tyder imidlertid på at det kan være en lineær sammenheng mellom $\text{PM}_{2,5}$ og akutt dødelighet helt ned til noen få $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pope et al., 2009; Schwartz et al., 2002). Da dette innebærer at enhver reduksjon i svevestøv forventes å ha en positiv effekt på

befolkningens helse, samtidig som det vil være praktisk umulig å fjerne alt svevestøv fra luften, vil det være vanskelig å sette noen absolutte grenseverdier for $PM_{2,5}$. Man må imidlertid anse helserisikoen ved konsentrasjoner av $PM_{2,5}$ under det nye luftkvalitetskriteriet på $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som minimal for det store flertallet av befolkningen.

I inneluft vil PM_{10} -fraksjonen være dominert av små partikler ($PM_{2,5}$ eller mindre), enten partiklene kommer fra uteluften eller genereres inne. I denne risikovurderingen ser vi derfor bort fra partikler over $PM_{2,5}$. Basert på vurderingen fra WHO og de nye luftkvalitetskriteriene for uteluft utarbeidet av Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet, anbefales en ny årsmiddelnorm for $PM_{2,5}$ i inneluft på $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Spesielt sårbare grupper inngikk i de undersøkelsene som er inkludert i vurderingene foretatt av WHO og Folkehelseinstituttet/Miljødirektoratet, og betydningen av samspill med andre luftforurensningskomponenter er til en viss grad tatt hensyn til ved bruken av befolkningsundersøkelser. Det er derfor vurdert at det ikke er grunn til å benytte noen usikkerhetsfaktorer i beregningene.

4.4. Asbest

4.4.1. Forekomst og kilder

Asbest ble tidligere benyttet som isolasjon i rørvlutninger og -bend, likeså rundt fyrkjeler og ekspansjonskar og bruken nådde i Norge størst utbredelse mellom 1940 og 1980. Materialet er også anvendt som armering i vinylfliser og lyd- og brannhemmer i bygningsplater til vegger og himlinger inne og ute. Fra begynnelsen av 1980-årene fikk man et generelt import- og bruksforbud i Norge. Såkalt sprøyteasbest (hvit asbest med bindemiddel) er påført tak- og stålkonstruksjoner som isolasjon og korrosjonsbeskyttelse. Asbestement er benyttet i rør i drikkevannsforsyningen og i tak- og veggplater ute (eternitt) og inne (internitt). Andre anvendelsesområder for asbest er i eternitt-kanaler i ventilasjonsanlegg og som isolasjon i varmegjenvinnere.

Godt vedlikeholdte asbestmaterialer avgir ikke asbest. Kildene til målbare asbest-fiberkonsentrasjoner i inneluft har oftest vært materialer hvor overflaten ikke er tilstrekkelig forseglet, f.eks. som følge av direkte mekanisk påvirkning, fuktskader eller forsømt vedlikehold. Konsentrasjonen av asbest i luft i bygninger med asbestholdige materialer, er imidlertid langt lavere enn i arbeidsatmosfære hvor det ble arbeidet med asbest.

Forekomst av asbestholdige materialer innendørs varierer mye avhengig av om det finnes asbestholdige bygningsmaterialer i bygget, hvordan asbest ble brukt, f.eks. som isolering eller i tak- eller gulvfliser samt de asbestholdige materialenes tilstand. Luftmålinger i innemiljøer har imidlertid påvist generelt svært lave nivåer av asbestfibre (Dong et al., 1994), også i bygninger der det finnes asbestholdige bygningsmaterialer (ATSDR 2001).

4.4.2. Helseeffekter

Asbestfibre deponert på overflater kan komme i kontakt med hud. Fiberholdig støv kan også overføres til øyne, nese og munnslimhinner via fingrene eller ved oppvirling. Luftbårne fibre kan inhaleres, og den respirable delen av fibre kan avsettes helt nede i lungeblærene.

Undersøkelser som dokumenterer sammenheng mellom eksponering for asbest og økt risiko for fibrose og kreft er i hovedsak fra industriarbeidsplasser, der bearbeiding og bruk

av asbest medførte at det var mye asbestfibre i innåndingsluften. Etter at bruk og import av asbest ble forbudt, kan slike mengder asbest i luften kun forekomme i forbindelse med større rivningsarbeider som involverer asbestholdige materialer. Et omfattende regelverk for asbestsanering er innført for å beskytte arbeidstakere mot slike situasjoner. I alle andre tenkelige situasjoner er det snakk om eksponering for vesentlig lavere asbestnivåer, oftest over betydelig kortere tidsperioder.

4.4.3. Risikovurdering

Asbest har kreftfremkallende egenskaper (IARC 2009), men dette er i hovedsak et problem knyttet til yrkeseksponering før begrensninger og forbud i bruken av asbest ble innført. Det kan imidlertid ikke utelukkes at noen få krefttilfeller kan oppstå som følge av eksponering for lavere nivåer av asbestfibre enn det man ser ved typisk yrkeseksponering. Dette underbygges blant annet av studier i Italia og Japan (Kurumatani and Kumagai, 2008; Magnani et al., 2001) der det ble vist at eksponering for asbest i nærheten av asbestementfabrikker, men i luftkonsentrasjoner langt lavere enn det man ser ved yrkeseksponering, kunne forårsake kreft i brysthinnen (mesoteliom).

Luftmålinger i innemiljøer har imidlertid påvist generelt svært lave nivåer av asbestfibre (Dong et al., 1994) også i bygninger der det finnes asbestholdige bygningsmaterialer (ATSDR 2001). I mange tilfeller synes utendørs bakgrunnsnivåer å ligge i samme størrelsesorden som det man finner inne, men variasjoner forekommer. Ved slike lave nivåer vil risikoestimatene være preget av usikkerhet, slik at det er vanskelig å anslå hvor mange som faktisk kan bli syke, men antallet er sannsynligvis svært lavt. Vi vil fremheve at det bør legges stor vekt på forebygging av eksponering og betydningen av riktig og grundig sanering der det er mistanke om at skadede asbestmaterialer kan avgi asbestfibre til omgivelsene.

4.5. Syntetiske mineralfibre

4.5.1. Forekomst og kilder

Syntetiske mineralfibre benyttes til rørisolering og til isolering av tak og vegger. Videre blir syntetiske mineralfibre benyttet som luftfilter og til støydemping i ventilasjonsanlegg. Man antar at avgivelse av mineralfibre er høyest i forbindelse med installasjon, men at også ødelagte eller utildekkete isolasjonsmaterialer kan være en kilde for eksponering av den generelle befolkningen.

4.5.2. Helseeffekter

Syntetiske mineralfibre avsatt på overflater kan komme i kontakt med hud. Slikt fiberholdig støv kan også overføres til øyne, nese og munnslimhinner via fingrene eller ved at det virvles opp. Luftbårne fibre vil inhaleres, og den respirable delen av fibreene kan avsettes helt nede i lungeblærene. Fibre som deponeres i luftveiene vil fjernes ved mukociliær transport, der celler med cilier (små flimmerhår) sørger for kontinuerlig å bevege et slimlag opp luftveiene til strupen. Her vil mesteparten av fibreene svelges og passere gjennom mage-/tarmsystemet. På denne måten fjernes deponerte fibre relativt raskt.

Manglende fjerning av inhalerte fibre kan forårsake kronisk betennelse og utvikling av bindevevsdannelse i lungevevet. Fiberens biooppløselighet, dvs. i hvilken grad den brytes ned i kroppen (kjemisk ved oppløsning eller mekanisk ved brekking), er også viktig, da

dette sammen med retensjon påvirker hvor lenge en fiber kan gjøre skade. Om fiberen har høy biooppløselighet vil den raskt løses opp eller brytes ned til kortere fibre som så kan omsluttet og fjernes. Dermed blir perioden med påvirkning på omgivelsene kort. Som følge av produktutvikling har de syntetiske mineralfibrene som produseres i dag og brukes som vanlige isolasjonsmaterialer, en høyere biooppløselighet enn eldre produkter, dvs de brytes relativt raskt ned i kroppsvæsker.

Eksponering for syntetiske mineralfibre kan forårsake hudirritasjon, og denne kan være mer plagsom hos personer med atopisk eksem. Dette vil være en forbigående effekt, men kan oppleves ubehagelig. Effekten er rent mekanisk, da fiberen i seg selv ikke reagerer med huden, men bare gnis mot den. Hudeksponering kan skje via direkte hudkontakt ved håndtering av fibermaterialer, indirekte gjennom kontakt med kontaminerte overflater, klær og utstyr og ved deponering av luftbårne fibre. I tillegg er det funn som tyder på at eksponering for syntetiske mineralfibre kan irritere øyne, kanskje ved å påvirke stabiliteten til tårefilmen i øynene.

Fibre som avgis fra materialer som f.eks. er skadet, kan innåndes av personer i nærheten. Fibre som kommer inn i luftveiene kan forårsake reversibel irritasjon på samme måte som de gjør det ved hudkontakt. Kroppens normale reaksjoner på fremmede materialer som fibre i lungene er lokal irritasjon av sensoriske nerver og betennelsesreaksjoner. Dette er akutte forsvarsmekanismer og er vanligvis av forbigående karakter. Det er rimelig grunn til å anta at individer med astma kan være mer følsomme for slike irritasjonseffekter. Det er for øvrig generell enighet om at risikoen for kronisk lungesykdom ved de eksponeringsnivåer for syntetiske mineralfibre som forekommer i vanlige innemiljøer, er neglisjerbar (Schneider, 2000).

Med unntak av enkelte tilfeller med luftveissymptomer og dermatitt knyttet til mineralfibereksposering og begrensede tverrsnittstudier av øye- og luftveissymptomer i kontorer og skoler, er effekter av mineralfibre ikke rapportert i befolkningen generelt.

4.5.3. Risikovurdering

Samlet vurdert kan frie syntetiske mineralfibre forårsake irritasjon av hud, øyne og slimhinner. Dette er i hovedsak et problem knyttet til yrkesrelatert eksponering. Nivåene i vanlige innemiljøer av slike fibre er i de aller fleste tilfeller svært lave og medfører minimal risiko for slike irritasjonseffekter hos de fleste.

4.6. Flyktige organiske forbindelser (VOC)

4.6.1. Forekomst

I vanlige innemiljøer kan det finnes et stort antall flyktige organiske forbindelser (Volatile Organic Compounds, VOC). Hvilke som finnes og mengdene varierer med kilder og ventilasjonseffektiviteten i de respektive lokalene. Nærmere vurdering av alle disse stoffene hver for seg er ikke hensiktsmessig, dels fordi detaljkunnskap om mange av stoffene mangler, dels fordi inneluftnivåene av de stoffene der kunnskap eksisterer ligger langt under nivåer som vil forventes å utløse helseeffekter. Stoffgruppen vurderes derfor samlet.

Undersøkelser viser at de fleste påvisbare organiske forbindelser forekommer i høyere konsentrasjoner i inneluft enn i uteluft. Mange av de viktigste kildene til eksponering for disse stoffene finnes innendørs, selv om uteluften også bidrar til totalmengdene inne.

Kildene innendørs kan grovt inndeles i *stasjonære* kilder som f. eks. avgassing fra bygningsmaterialer og *variable* kilder som er knyttet til menneskers aktivitet (røyking, rengjøringsartikler, kosmetikk, løsemidler, malingrester og forskjellige hobbyprodukter). Under og en tid etter bruk kan slike variable kilder føre til høye nivåer av enkelte spesielle flyktige stoffer.

Det finnes svært lite informasjon om innendørsnivåer av ulike VOC'er i Norge, og identifisering av mulige problemstoffer må derfor baseres på studier fra andre land. I den forbindelse må man ta hensyn til at det i land med varmere klima luftes betydelig mer med åpne vinduer enn i Norge. En praktisk konsekvens av dette er at innendørs VOC-nivåer i Sør-Europa i større grad er påvirket av utendørskilder, mens de i Nord-Europa domineres av innendørskilder.

4.6.2. Helseeffekter

Blant de flyktige kjemiske forbindelsene som kan forekomme i inneluften finner man stoffer som i høye konsentrasjoner kan føre til helseskader hvis de pustes inn. Kunnskap om slike effekter har man fra epidemiologiske undersøkelser, som regel i sammenheng med yrkeseksponering, eller fra dyrestudier. Effektene vil imidlertid for de fleste av disse stoffene først kunne utløses etter langvarig eksponering for vesentlig høyere luftkonsentrasjoner enn dem man finner i inneluft. Det finnes imidlertid individer som hevder å reagere med forskjellige subjektive symptomer (særlig hodepine) ved eksponering for kjemiske luftforurensninger, også i konsentrasjoner langt under nivåer der vi med toksikologiske metoder kan sannsynliggjøre at helseeffekter kan opptre.

4.6.2.1. Slimhinneirritasjon

Det har vært spekulert mye om hvorvidt forekomst av VOC kan bidra til plager som forbindes med opphold i innemiljøer. Slike plager kan være sensoriske irritasjonssymptomer som involverer irritasjon av slimhinner i øyne, nese og hals samt hudirritasjon. Dette skjer ved at de kjemiske forbindelsene kan påvirke frie nerveender i slimhinnene. Kammerstudier har påvist økt forekomst av slike symptomer hos eksponerte individer når flyktige organiske forbindelser har blitt tilført kammerluften. Disse studiene har imidlertid benyttet konsentrasjoner langt over det man finner i vanlige innemiljøer. Ved disse nivåene vil lukt gjøre at forsøkspersonene er klar over at eksponeringen er høy. Dette kan påvirke resultatene, siden både lukt og slimhinneirritasjon er viktig for hvordan man oppfatter luftkvaliteten.

Forskjellige beregninger for hvilke luftkonsentrasjoner av flyktige organiske forbindelser som må til for å fremkalle slimhinneirritasjon har også blitt utviklet. Holder man formaldehyd utenfor, er de beregnede konsentrasjonene av flyktige organiske forbindelser som skal til for å utløse irritasjon generelt langt over de konsentrasjoner som normalt påvises av disse forbindelsene i inneluft. Det er således klart at selv om flere flyktige organiske forbindelser kan forårsake sensorisk irritasjon når luftkonsentrasjonen er høy nok, er det lite trolig at de konsentrasjoner som finnes av de fleste flyktige forbindelser i vanlige innemiljøer vil bidra til slike symptomer.

Selv om enkeltstoffer av VOC, med mulig unntak av formaldehyd og akrolein, normalt ikke er til stede i konsentrasjoner i inneluft som er tilstrekkelig til å gi slimhinneirritasjon, har det vært foreslått at samtidig eksponering for flere av disse forbindelsene kan føre til additive eller synergistiske effekter, slik at f. eks. irritasjon av slimhinnene utløses.

Mulige sammenhenger mellom TVOC og sensoriske irritasjonssymptomer har blitt undersøkt i flere store studier der deltakerne har rapportert helseplager i spørreskjemaer. Mange av de eldre studiene er imidlertid mangelfulle (Anderson et al., 1997). Kun tre av 10 egnede tverrsnittstudier fant en sammenheng mellom høye nivåer av TVOC og et helseutfall, henholdsvis økt rapportering av såkalte Sick Building Syndrom (SBS) symptomer, astmasymptomer og en følelse av tørr, støvete luft. Brasche og medarbeider, som i en tverrsnittsundersøkelse i kontorer fant at TVOC-nivåer over 666 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ var assosiert med tørr hud (selvrapportert og objektivt målt) (Brasche et al., 2004), mens Pitten og medarbeidere som fant at nivåer over 990 mg/m^3 var knyttet til slimhinneirritasjon, sår hals, hodepine og utmattelse/tretthet (Pitten et al., 2000). Samtidig er det andre som ikke finner slike sammenhenger (f.eks. Nagda et al., 1991 og Skov et al., 1990). Samlet sett er det usikkert om det er noen sammenheng mellom høyere TVOC-konsentrasjoner og slimhinneirritasjon.

4.6.2.2. Allergi, astma og relaterte luftveissymptomer

Sammenhenger mellom innendørs VOC og allergisk sykdom, astma eller symptomer i nedre luftveier som kan indikere astma, har også blitt undersøkt. Hos personer med astma vet man at pusteproblemer kan utløses når slimhinnene i luftveiene blir irritert. Slik irritasjon kan være relatert til faktorer i inneklime som blant annet tobakksrøyk, enkelte kjemikalier eller sterke lukter.

En gjennomgang av relevante vitenskapelige studier (Mendell, 2007) fant en klar økning i respiratoriske og allergiske helseeffekter blant barn i hjem med høyere konsentrasjoner av visse forbindelser, deriblant formaldehyd og noen typer ftalater (plastmyknere). Samme sammenheng ble påvist der det var betydelige kilder til slike forbindelser. Studiene påviste samvariasjoner mellom helseeffekter og høye VOC-konsentrasjoner/sannsynlige kilder, men kunne ikke fastslå at VOC var årsaken til helseeffektene. Environmental Protection Agency (EPA) i California foretok en mer omfattende gjennomgang av tilgjengelige studier (California EPA, 2007). Her fant man en sammenheng mellom eksponering for forholdsvis lave formaldehydkonsentrasjoner og økninger i astmaliknende luftveissymptomer.

En tredje gjennomgang (Nielsen et al., 2007) som så mer på dyrestudier og kort-tids kammerstudier med mennesker, fant ikke grunnlag for noen sammenheng mellom luftveisallergi eller astma og innendørs eksponering for VOC. Her ble ikke formaldehydeksposering vurdert. Zock og medarbeidere viste at hyppig bruk av renholdspray, som er en kilde til høye konsentrasjoner av VOC, medførte økt forekomst av hvesing med 40 %, astmasymptomer eller medisinerbruk med 50 % og legediagnostisert astma med 100 % (Zock et al., 2007). I en undersøkelse fra USA fant man at eksponering for VOC, og særlig aromatiske forbindelser, var assosiert med økt forekomst av astmasymptomer (Arif and Shah, 2007). Dette indikerer at daglig eksponering for disse forbindelsene kan gi uønskede helseeffekter.

I en nyere review artikkel (Nurmatov et al., 2015) angis det at tilgjengelig data for å anslå betydningen av inneklimeassosiert VOC-eksponering for utvikling og/eller forverring av astma og allergi er av mindre god kvalitet og at dataene er inkonsistente og at mer kunnskap er nødvendig (eksperimentelle data, prospektive studier/intervensjonsstudier) for å kunne gi sikrere kunnskapsbaserte råd.

En annen studie viste at spedbarn eksponert for høye VOC-konsentrasjoner i innemiljøet hadde økt risiko for atopisk dermatitt ved 3 års alder (Kwon et al., 2015).

Sammenhengen mellom VOC og astma kompliseres av at mange slike forbindelser kan gi lukt selv ved lave konsentrasjoner. Lukt i seg selv kan utløse astmaanfall hos noen. Datagrunnlaget her er mangelfullt, men enkle tiltak for å redusere forekomst og eksponering for flyktige organiske forbindelser der astmatikere bor og oppholder seg må anses som et godt og erfaringsbasert råd. Konklusjonen så langt er at mer forskning er påkrevd før man kan avgjøre betydningen av VOC i innemiljøer både i boliger og på skoler for utvikling eller forverring av allergi og astma.

4.6.2.3. Kreft

Noen av de flyktige organiske forbindelsene som kan påvises i inneluft, f.eks. formaldehyd, benzen, naftalen, trikloretylen, tetrakloretylen paradiklorbenzen, kloroform og akrolein, er vurdert til å være kreftfremkallende eller mulig kreftfremkallende for mennesker (IARC 2006; US EPA 2005; Wallace 2000). Kreftrisikovurderingene av disse stoffene bygger i stor grad på en kombinasjon av resultater fra dyreforsøk og på en observert økning i kreftforekomst hos yrkeseksponerte. Disse yrkesrelaterte konsentrasjonene ligger langt over dem man finner i ikke-industrielle innemiljøer. **Flere av stoffene over er mest sannsynlig lite aktuelle som forurensninger i norske innemiljøer og vil neppe utgjøre noen kreftrisiko i norske innemiljøer.**

4.6.3. Risikovurdering

Med unntak av enkelte stoffer er det ingen sikre holdepunkter for at nivået av VOC i norske innemiljøer, verken når det gjelder enkeltstoffer eller vurdert samlet, utgjør en helseisiko. Det kan imidlertid ikke utelukkes at VOC-eksponering kan påvirke forekomst/alvorlighetsgrad av astmasykdom, men mer kunnskap er nødvendig før dette kan fastslås. Kammerstudier viser at høye TVOC-konsentrasjoner (>25 mg/m³) kan forårsake akutte irritasjonseffekter og andre forbigående effekter. Slike konsentrasjoner vil imidlertid bare kunne forekomme i forbindelse med malingsarbeid eller utstrakt bruk av løsemidler.

4.7. Radon

4.7.1. Forekomst

Byggegrunnen er den klart viktigste kilden til forhøyede radonkonsentrasjoner i bygninger. Radon dannes naturlig i grunnen og siver inn med jordluften gjennom sprekker og utettheter mellom byggegrunnen og bygningen. Slike utettheter kan forekomme i sålekonstruksjon og grunnmur, rundt rørgjennomføringer, sluk, ledningssjakter etc. Selv små og usynlige sprekker, som først viser seg når huset er blitt noen år gammelt, kan føre til stor innstrømning av radon.

Viktige faktorer som påvirker radonkonsentrasjonene i inneluft er byggets konstruksjon og tetthet mot byggegrunnen, ventilasjon, geologiske forhold, og klima. Oppvarming av bygninger i vinterhalvåret fører til at varm luft stiger opp, og det kan dannes et undertrykk i de laveste etasjene. I en bygning som ikke er tett mot grunnen, og der det er trykkforskjell mellom jordluften i byggegrunnen og inneluften, vil den radonholdige jordluften kunne strømme inn og gi forhøyede konsentrasjoner i inneluften. I områder med løsmasser og berggrunn som inneholder uran-/radiumrike bergarter som f.eks. alunskifer, granitter og pegmatitter vil det kunne forekomme svært høye radonnivåer innendørs. Så langt vi har funnet vet vi lite om radonnivåene i norske skoler og barnehager.

4.7.2. Helseeffekter

Radon er klassifisert som sikkert kreftfremkallende for mennesker, og vurderes til å være den viktigste risikofaktor for lungekreft etter røyking (IARC, 1988). Store vitenskapelige studier av radon og lungekreft i den allmenne befolkningen viser at radon bidrar til økt risiko for lungekreft, og det er sterke grunner til å anta at risikoen er proporsjonal med radoneksponering uten en nedre terskelverdi. Dette betyr at radoneksponering ved alle nivåer forårsaker lungekreft, også for nivåer under tiltaksgrensen på 200 Bq/m³ (WHO, 2009b).

4.7.3. Risikovurdering

Risikoen for lungekreft ved radoneksponering er proporsjonal med både radonkonsentrasjonen og oppholdstiden (ICRP, 1994). Røyking sammen med radoneksponering øker effekten av begge risikofaktorene, slik at den samlede risikoen for lungekreft langt overstiger summen av hver av risikofaktorene. Risikoen for lungekreft blant ikke-røykere pga radon er betydelig lavere enn for røykere.

Total radonrisiko for befolkningen i Norge skyldes summen av all radoneksponering. Individets radonrisiko skyldes summen av eksponering fra ulike bygninger ved jobb, skole og fritid. Alle reduksjoner av radonkonsentrasjon i inneluft har en positiv effekt på det totale risikobildet.

Statens strålevern har anslått at ca 300 nye tilfeller årlig av lungekreft i den norske befolkning har radon i innemiljøet som medvirkende årsak. Disse tilfellene omfatter både røykere og ikke-røykere, men klart flest røykere. Radonnivåene i norske bygninger varierer mye, men de aller fleste bygninger har moderate radonkonsentrasjoner. Grunnet det store antallet som lever ved moderate radonnivåer, er det nettopp i denne gruppen de fleste tilfellene av radonindusert lungekreft vil komme. For å redusere antall lungekrefttilfeller er det derfor ikke bare et mål å redusere de høyeste radonkonsentrasjonene, men å holde radonkonsentrasjonen så lav som mulig i alle bygninger.

Radonholdig husholdningsvann vil, foruten å bidra til økt radonkonsentrasjon i inneluften og dermed økt risiko for lungekreft, også kunne medføre økt stråledose ved direkte inntak. Likevel kommer det største bidraget til bestråling fra slikt vann ved at radongassen avgis fra vannet og kan pustes inn ved f.eks. dusjing.

4.8. Karbondioksid (CO₂)

4.8.1. Forekomst

Karbondioksid (CO₂) dannes ved forbrenning og produseres ved stoffskiftet i organismen, og finnes derfor i utåndingsluften. Gassen er fargeløs og luktløs. Bekymringer og klager på innklimaet er ofte relatert til høye nivåer av CO₂ (og mangelfull ventilasjon).

4.8.2. Helseeffekter

Ved nivåer som er vanlig forekommende i inneluft sees ingen toksikologiske, fysiologiske, psykologiske eller adaptive forandringer. CO₂ har imidlertid vært brukt som generell hygienisk indikator på luftskifte for å hindre ubehagelig nivå av kroppslukt, idet studier fra testkammer har vist at CO₂-konsentrasjonen kan korreleres til intensiteten av kroppslukt. Ved en CO₂- konsentrasjon på ca 1880 mg/m³ vil ca 20 % av alle personer som

kommer inn i et rom oppleve sjenerende lukt. For personer som allerede oppholder seg i rommet, vil tilsvarende konsentrasjon være 3700 mg/m³, dvs. at 20 % av personene i rommet bedømmer luktintensiteten som sjenerende ved denne konsentrasjonen (Persily, 1997).

Flere studier har påvist sammenhenger mellom høye konsentrasjoner av CO₂ inne og oppfattet dårligere inneklimate, nedsatt arbeidsutførelse og økt forekomst av helseplager (hodepine, slimhinneirritasjon) (Erdmann and Apte 2004; Federspiel et al. 2004; Milton et al. 2000; Seppanen et al. 1999; Shendell et al. 2004; Wargocki et al. 2000). Høye konsentrasjoner av CO₂ tyder på dårlig ventilasjonskapasitet i forhold til personbelastningen. De observerte sammenhengene tilskrives høyere konsentrasjoner av andre luftforurensningskomponenter, der nivåene også vil påvirkes av ventilasjonseffektiviteten (Mudarri 1997; Persily 1997). Konsentrasjoner av CO₂ opptil rundt 9000 mg/m³ har i seg selv ikke vært ansett for å ha uønskede effekter på helse, sanseoppfattelse eller arbeidsytelse.

Betydningen av lavere konsentrasjoner av CO₂ alene for kognitive funksjoner, dvs. mentale funksjoner som omfatter sanseoppfattelse, konsentrasjonsevne, hukommelse og logiske evner, problemløsning og språk, er mindre kjent. I en nylig undersøkelse (Satish et al., 2012) fant man blant annet at ved å øke CO₂-nivåer til 1800 mg/m³ (**den anbefalte faglige normen i Norge**) i ellers normale miljøer, var det moderate men statistisk signifikante reduksjoner i 6 av 9 parametere benyttet for å måle evnen til å gjennomføre beslutninger. Ved 4500 mg/m³ var evnen til strategisk tenkning og å ta initiativ tydelig redusert. Resultatene må bekreftes i andre studier, men indikerer at selv moderate CO₂-nivåer i det område man finner i vanlige innemiljøer kan ha en viss effekt.

4.8.3. Risikovurdering

CO₂ utgjør ingen helserisiko under normale forhold i inneklimate sammenheng. Høye nivåer også fra de konsentrasjonene man finner i vanlige innemiljøer kan ha en negativ effekt på enkelte kognitive funksjoner knyttet til blant annet læring og konsentrasjonsevne.

4.9. Støy

Mistrivsel og mangel på gode miljøforhold på grunn av støy utgjør en risikofaktor for sykdomsutvikling som man nasjonalt og internasjonalt ønsker å redusere. Den eneste dokumenterte direkte helseskaden på grunn av støy er hørselsskade. Andre helseskader med støy som medvirkende årsak er mer indirekte og ikke så åpenbare. Støy samvirker med en rekke andre årsaker til dårligere helse. Støy har også direkte og indirekte sosiale konsekvenser. Alle former for kommunikasjon og samvær mellom mennesker kan forstyrres. Kommunikasjon er viktig for personlig utvikling, sosial læring, kunnskap, forståelse og kontakt mellom mennesker.

Psykiske reaksjoner på støy har betydning for menneskets trivsel, velvære og helse. Reaksjoner kommer ofte uten at vi selv er klar over det. Reaksjonene er heller ikke entydig definerte eller lette å måle. Søvnforstyrrelser, redusert kognitiv funksjon, egenopplevelse av plage, og stress er eksempler på psykiske virkninger. Noen få studier har funnet en sammenheng mellom støyeksponering og diagnostiserte psykiske lidelser som angst og depresjon (Rocha, 2012; Hardoy et al., 2005), men de fleste studier har ikke funnet en slik sammenheng. Best dokumentert er støyplage og virkninger på søvn.

Effekter av støy på kognitiv yteevne hos barn er vist gjennom flere studier. Kognitive effekter er imidlertid vanskelige å studere og det finnes relativt få virkelig gode studier.

Mulig sosial ulikhet i støyeksponering er en utfordring for slike studier. I forbindelse med nedleggelsen av gammel flyplass og bygging av ny i München i 1992 kunne man omgå denne vanskeligheten ved å sammenligne de samme barna med seg selv, i en situasjon med mye og lite støy. Dette er fortsatt en av de metodisk beste studiene som har vært gjennomført på dette temaet (Hygge et al., 2002; Evans et al., 1998; Evans et al., 1995). Man fant at skolebarn (8-12 år) som fikk ny flyplass i nærheten presterte dårligere på tester av leseferdigheter og langtidshukommelse sammenlignet med før flyplassen ble åpnet. Omvendt forbedret barna som bodde ved den gamle flyplassen sine leseferdigheter etter stengningen av flyplassen. Nyere studier av skolebarn (9-10 år) i nærheten av flyplasser i England, Spania og Nederland (RANCH-studien) har kommet til tilsvarende resultater (Clark et al., 2012; Stansfeld et al., 2005). Mest konsistente er resultatene som gjelder sammenhengen mellom flystøy og reduserte leseferdigheter, men det er også funnet at flystøy kan virke negativt inn på ulike former for hukommelse, spesielt gjenkjenningshukommelse. De fleste studier av kognitive effekter gjelder flystøy (WHO, 2011). Studier som har sett på veitrafikkstøy (Clark et al., 2012; Stansfeld et al., 2005; Lercher et al., 2003) indikerer at flystøy har større innvirkning på barns kognisjon. En årsak kan være at flystøy har høyere maksimalt støynivå og er varierende og mer uforutsigbar i karakter enn veitrafikkstøy. Flystøy påkaller derfor trolig lettere barns oppmerksomhet og virker mer distraherende enn den mer jevne og forutsigbare veitrafikkstøyen.

Man har funnet at kronisk støyeksponerte barn utvikler kognitive strategier for å mestre distraherende støy. De filtrerer bort for mye lyd, inklusive viktig taleinformasjon. Det er vist at barn som utsettes for støy over lang tid viser sviktende evner til å forstå lyd eller tale. Disse barna gir også lettere opp forsøk på å løse utfordrende oppgaver. Videre rapporterer lærere fra skoler med støyende omgivelse om større vanskeligheter med å motivere barna i deres skolearbeid, enn lærere fra relativt stille skoler (Hygge et al., 2002; Evans et al., 1998; Evans et al., 1995).

5. Ventilasjon og termiske forhold - viktige inneklimateparametere som kan knyttes til helseeffekter, plager og nedsatt trivsel, læring og ytelse i skolen

5.1. Ventilasjon

Ventilasjonsbehov avhenger ikke bare av personbelastning, men også av annen forurensning i lokalene. Fuktighet er en særlig viktig kilde. Høy fuktighet er sterkt knyttet til fare for kondens på kuldebroer, som igjen ikke bare er avhengig av hvor godt bygningen er ventilert, men også temperaturdifferansen mellom ute og inne og hvor godt huset er isolert i vegger og tak, fuktsperre, kuldebroer med kalde flater og kvaliteten på vinduene. En enkel markør for dårlig ventilasjon er nettopp kondens på innsiden av dobbeltvinduer.

Eksperimentelle studier i laboratorium og feltstudier har vist at redusert ventilasjon og økt forurensning, bl.a. fra tepper, reduserer arbeidstakt og øker feilhandlinger (Fanger 2006). Effekter i størrelsesorden 6-9 % er ikke uvanlige (Wyon 2004). Andre litteraturoversikter viser at økende ventilasjon bedrer produktiviteten og at dårlig inneklimate reduserer læreevne og ytelse og øker fravær hos elever og studenter (Daisey et al 2003; Mendell & Heath 2005; Sundell et al 2011; Satish et al 2012; Maddalena et al 2014).

Flere internasjonale studier fra skoler har sett på betydningen av ventilasjon for opplevelsen av godt inneklimate/plager og ytelsesevne. Europastudien fra 21 skoler med 654 ti år gamle elever i 46 klasserom i Norge, Sverige, Danmark, Frankrike og Italia (Simoni et al., 2010) viste overhyppighet av tørrhoste, snue og nesetetthet i klasserom med CO₂-konsentrasjoner over 1000 ppm sammenlignet med klasserom der konsentrasjonen var under 1000 ppm.

I California ble det i løpet av to år gjort en studie med 2358 elever i 162 klasserom i 28 skoler (Mendell et al., 2013). De fant at daglig sykefravær var assosiert med ventilasjonsrate. For hver liter økt ventilasjon sank sykefraværet. På grunnlag av sine data kunne de beregne at å øke gjennomsnittlig ventilasjon fra 4 til 7,1 l/s/person vil senke fraværet med 3,4 %. Økonomiske beregninger viser at et slikt tiltak er svært lønnsomt. I 54 grunnskole 5. klasser ble CO₂ målt over 4-5 timer på en typisk skoledag. Det var signifikant sammenheng mellom ventilasjonen og testresultater i matematikk (Shaughnessy et al 2006). Tilsvarende sammenheng mellom økt ventilasjonsrate og resultater i matematikk og lesing ble funnet blant 5. klassinger i en studie fra USA (Haverinen-Shaughnessy 2011). I en videreføring av denne studien ble det i 2015 publisert data basert på 70 grunnskoler, 140 klasserom, data for 3109 elever om sosioøkonomiske variable og standardiserte testskår (Haverinen-Shaughnessy 2015). Matematikkskår økte med bedre ventilasjon og reduksjon i temperatur. God ventilasjon og temperaturkontroll gir bedre resultater.

Også flere andre internasjonale studier finner liknende resultater (Wargocki 2007; Twardella et al., 2012; Petersen et al 2015). Den samlede konklusjonen fra denne forskningen synes å være at bedret ventilasjon gir god gevinst for læring, produktivitet og helse.

5.2. Lufttemperatur

Lufttemperaturen er det viktigste målet for varmekomfort. Den lufttemperaturen vi oppfatter er imidlertid også avhengig av de øvrige faktorer som inngår i begrepet termisk komfort. I tillegg spiller aktivitetsnivå og bekledning en betydelig rolle. Det har f.eks. vært antydning at lav temperatur, trekk og kuldestråling fra vegger, gulv og tak kan påvirke symptomforekomst hos bl.a. reumatikere samt gi nedsatt muskelfunksjon. Slike effekter kan medføre redusert arbeidsprestasjoner og økt ulykkesrisiko. For høy temperatur kan bl.a. gi nedsatt velvære, trøtthet og nedsatt prestasjonsevne (Lan et al., 2011; Witterseh et al., 2004).

Mulighet for å åpne vinduer for lufting i alle oppholdsrom er viktig. Hvis temperaturen overstiger 22 °C i fyringssesongen, bør den senkes. Dette kan gi en betydelig reduksjon i antall personer som opplever tørr luft og andre inneklimalager. Ved høy luftfuktighet og/eller dersom temperaturen om sommeren oppleves som svært ubehagelig, anbefales det at man foretar en skjønnsmessig vurdering/ligger i nedre del av det angitte området. Dette fordi flere studier har vist signifikante sammenhenger mellom romtemperaturer over 22 °C og forekomst av inneklimalerterte plager. Ved temperaturer over 24 °C er det vist redusert mental arbeidskapasitet. Disse forholdene bør det tas hensyn til ved vurdering av akseptable inneklimaltemperaturer.

5.3. Luftfuktighet

Variasjoner i luftfuktighet tolereres godt av mennesker, og under normale forhold har variasjoner i luftens fuktighet innenfor 20-60 % RF liten innflytelse på hvordan inneklimaler opplever. For høy luftfuktighet (>70 %) kan imidlertid bidra til lukt, mugg, bygningsskader o.l. Ekstremt lav luftfuktighet (< 20 %) bør unngås av hensyn til problemer med bl.a. statisk elektrisitet, slimhinne- og øyeirritasjon samt uttørring av huden. Opplevelse av tørr luft er vanlig ved inneklimalproblemer. Følelse av tørr luft øker både med økende temperatur og med økende luftbevegelse. Man bør være klar over at den trolig vanligste årsaken til at inneluften oppfattes som tørr er forhøyede nivåer av irritanter (partikler, avdampning og gasser), mer enn at luften faktisk er for tørr. Høy temperatur kan også øke avgassingene fra materialer og dermed øke irritanteffekten.

5.4. Lufthastighet

Lufthastigheten er den hastigheten luften beveger seg med i rommets oppholdssone. Luftbevegelse som gir generende avkjøling av kroppen, kalles trekk. Kjølevirkningen øker med økende lufthastighet. Opplevelse av inneklimaler som behagelig er avhengig av at høy lufthastighet kombinert med lav lufttemperatur ikke medfører for stor avkjøling av kroppen. Utettheter i bygningsskonstruksjonen må tettes dersom de gir trekkproblemer. Ved å gjøre bygningene stadig tettere, blir imidlertid behovet for annen form for friskluftstilførsel (mekanisk ventilasjon) større. "Kaldras" vil si at luft avkjøles av kalde vindusflater, "raser ned" og gir trekk langs gulvet. Effektive varmekilder bør være plassert under vinduene for å motvirke dette. Særlig viktig er dette i barnehager og skoler og i andre bygninger der små barn oppholder seg på gulvet.

5.5. Belysning

Belysningen har først og fremst betydning for trivsel og helhetsinntrykket i bygningen. Uheldige belysningsforhold kan imidlertid også føre til symptomer som såre, anstrengte øyne, trøtthet og hodepine samt nedsatt produktivitet (Edwards and Torcellini, 2002;

Aarås, 1995; Cakir and Cakir, 1991). I en svensk undersøkelse anga både personalet og elever i ungdomsskolen mer tretthet i de skoler der det ble målt lavere belyningsstyrke (Smedje, 1996). Personalet rapporterte også mer øyebesvær i samme lokaler. Belysning påvirker også forhold som synsytelse, aktivitetsnivå og sikkerhet. Det er viktig at belysningen tilpasses de aktuelle oppgaver og slik at den integreres harmonisk i rommet. I henhold til arbeidsmiljølovens krav til fysisk arbeidsmiljø skal arbeidsplassen innrettes slik at arbeidsmiljøet blir fullt forsvarlig ut fra hensynet til arbeidtakernes sikkerhet, helse, miljø og velferd. Dette innebærer bl.a. at det skal sørges for gode lysforhold.

6. Hva bør prioriteres for å skape gode inneklimateforhold i skoler og barnehager?

6.1. Tilstrekkelig ventilasjon

Høye konsentrasjoner av CO₂ tyder på dårlig ventilasjonskapasitet i forhold til personbelastningen. Vi vet at det er sammenhenger mellom høye konsentrasjoner av CO₂ inne og oppfattet dårligere inneklimate, nedsatt arbeidsutførelse og økt forekomst av hodepine og slimhinneirritasjon. Disse sammenhengene tilskrives høyere konsentrasjoner av andre luftforurensningskomponenter, der nivåene også vil påvirkes av ventilasjonseffektiviteten. Nye forskningsfunn indikerer at selv moderate CO₂-nivåer i det område man finner i vanlige innemiljøer kan ha en viss effekt på strategisk tenkning og evnen til å ta initiativ, noe som kan være av betydning i en lære-/skolesituasjon.

6.2. Forhindre og utbedre fukt- og muggskader

Fuktproblemer og mikrobiologisk forurensning i skoler og barnehager kan ha helsemessige konsekvenser i form av utvikling/forverring av luftveissykdommer/allergi. Så langt har vi mindre kunnskap om omfanget av fuktproblemer i skoler og barnehager. Gjennom Arbeidstilsynets arbeid er det imidlertid avdekket at mange av skolene hadde eller hadde hatt problemer med vannlekkasjer og/eller fuktproblematikk (rundt 50 % av de undersøkte skolene). Det er viktig at man er bevisst på denne type inneklimateproblemer, og at man sørger for at problemene følges opp med inspeksjon og eventuell utbedring eller endring i fuktgenererende aktiviteter.

6.3. Sørg for et godt renhold

Renhold er viktig for luftkvalitet og ivaretagelse av det estetiske og det fysiske miljøet. Riktig renhold kan redusere ulike forurensninger i inneluft som mikroorganismer, allergener, partikler og andre irriterende stoffer. Husstøv kan også bidra til innendørs eksponering for miljøgifter (Roberts et al., 2009, Bornehag et al., 2004). En kvantifisering av den helsemessige gevinsten av et godt renhold i skoler og barnehager er ikke mulig med det vi vet i dag. Riktig renhold med vekt på støvsanering er også viktig for å redusere smitteoverføring, spesielt ved sanitæranlegg og ved avfallshåndtering. Den estetiske opplevelsen av renholdet og av avfallshåndteringen rundt oss påvirker oss på ulike måter uten at dette direkte kan knyttes opp mot helseeffekter. Godt og riktig renhold er også viktig for å opprettholde en akseptabel standard på innvendige overflater i bygg; f. eks. gulv, teknisk anlegg, sanitærutstyr, og tekstiler. Manglende vedlikehold og slitasje over tid kan gjøre det vanskeligere å holde overflater tilfredsstillende rene.

6.4. Kontroll på radonnivåer og asbestmaterialer

Asbest

Vi er ikke kjent med omfanget av asbestforekomst i norske skoler og barnehager, men det må nødvendigvis være i bygg satt opp før 1980, da det generelle forbudet mot bruk av asbestholdige materialer trådte i kraft i Norge. Dermed er antall barn som vil kunne være eksponert for asbestholdige materialer i skoler og barnehagers innemiljø heller ikke kjent, men sannsynligvis er det relativt få barn. De potensielle helsefarene ved en eksponering kan imidlertid være alvorlige, og denne type problematikk må derfor tas på alvor. Der hvor asbest eventuelt påvises, er det viktig å huske at ikke all asbest nødvendigvis må

fjernes og at arbeid med asbest medfører fiberspredningsrisiko, som i verste fall kan få helsemessige konsekvenser, dersom forskriftsmessige forholdsregler ikke følges.

Ved rivnings- og reparasjonsarbeider eller der asbestholdige materialer er skadet, kan nivåene av asbestfibre i luften øke dramatisk og nå potensielt risikable nivåer. Alt arbeid med asbest og asbestholdige produkter, herunder omfattende vedlikeholdsarbeid, rivning og sanering må derfor utføres av kyndig personell med tillatelse fra Arbeidstilsynet og meldes for godkjenning til Arbeidstilsynet (Arbeidstilsynets forskrift om asbest). I bygg der barn (publikum) også skal ferdes, anbefaler vi at Folkehelseinstituttets anbefalte faglige norm skal etterleves, dvs. at frie asbestfibre ikke skal forekomme. I praksis vil det si at det ikke skal påvises asbestfibre i konsentrasjoner høyere enn 0,001 fibre/ml luft. Denne praktiske normen er en måleteknisk nullverdi som innebærer at hvis målemetoden skal være gjennomførbar i praksis så er dette deteksjonsgrensen. Nivåer over denne grensen viser at det er asbestfibre i miljøet. Nivåer under vil ikke nødvendigvis si noe om at miljøet er "asbestfritt", men viser et miljø med svært lav risiko for å utvikle asbestrelatert sykdom.

Vår overordnede norm er at frie asbestfibre ikke skal forekomme i innemiljøer. Vi mener også at asbestmålinger ikke nødvendigvis må gjøres som en rutinemessig del av en inneklimatekartlegging, men kun der det er en berettiget mistanke om forhøyede asbestkonsentrasjoner i luften, dvs. indikasjon på tilstedeværelsen av skadete asbestmaterialer i bygningen.

Radon

Det er viktig at barn, ungdom og ansatte ikke eksponeres for radonnivåer over de anbefalte tiltaksgrenser i skoler og barnehager. Radonreduksjon er det viktigste grepet for å redusere antall radoninduserte lungekrefttilfeller. Strålevernforskriften stiller krav til radonnivået i grunn- og videregående skoler og barnehager, både offentlige og private. Alle skoler og barnehager skal ha så lave radonnivåer som det er praktisk mulig å få til, og årsmiddelverdien skal være under 200 Bq/m³ (becquerel per kubikkmeter) i oppholdsrom. Dette nivået kalles grenseverdi i strålevernforskriften.

I tillegg skal tiltak for å redusere radonnivået alltid gjennomføres dersom det overstiger 100 Bq/m³. Dette nivået kalles tiltaksgrense i strålevernforskriften. Det betyr at dersom målingene viser radonnivåer høyere enn 100 Bq/m³, må det sørges for at det blir gjort tiltak for at nivåene skal bli så lave som praktisk mulig. Nivåene skal uansett ikke overstige grenseverdien på 200 Bq/m³. Etter at det er gjennomført tiltak for å redusere radon, må det måles på nytt for å kontrollere at tiltakene har hatt tilstrekkelig effekt.

Radonkravene i strålevernforskriften er en styrking av reguleringen i forskrift om miljørettet helsevern i skoler og barnehager. Den primære tilsynsmyndigheten er kommunene, men Statens strålevern kan også føre tilsyn med at grenseverdi og tiltaksgrense overholdes. For å finne radonnivåene i en skole eller en barnehage, må den som er ansvarlig for bygget eller den daglige driften sørge for at det blir utført en radonmåling.

I en undersøkelse i regi av NRK ble det funnet at rundt 8 prosent av norske skoler og barnehager ligger i områder med høy eller særlig høy radonaktomhet – dvs. ca. 750 skoler/barnehager. Ifølge Statens strålevern er det ingen myndigheter i Norge som fører noen landsomfattende oversikt over om skolene og barnehagene følger pålegget om å kontrollere for radon. Det finnes derfor ingen nasjonal oversikt. Det er hver kommunes ansvar å kontrollere skolene og barnehagene.

6.5. Gode sanitærforhold

Erfaringsmessig synes det å være en del skoler der de sanitære forholdene (toaletter og dusj soner i tilknytning til gymsaler) er mangelfullt vedlikeholdt og der det kan forekomme fuktskader og muggskader. Antall skoler der dette er tilfelle har Folkehelseinstituttet ikke kunnskap om. Dette fører til uverdige forhold estetisk, hygienisk og luktmessig som voksne arbeidstakere neppe hadde godtatt på sin arbeidsplass. De uhygieniske forholdene kan innebære eksponering for mikrobiologisk forurensning som kan gi helseplager (forverre luftveisallergi).

6.6. Riktig belysning

Belysningen har først og fremst betydning for trivsel og helhetsinntrykket i bygningen. Uheldige belysningsforhold kan imidlertid også føre til symptomer som såre, anstrengte øyne, trøtthet og hodepine samt nedsatt produktivitet. Belysning påvirker også forhold som synsytelse, aktivitetsnivå og sikkerhet. Det er viktig at belysningen tilpasses de aktuelle oppgaver og slik at den integreres harmonisk i rommet. I henhold til arbeidsmiljølovens krav til fysisk arbeidsmiljø skal arbeidsplassen innrettes slik at arbeidsmiljøet blir fullt forsvarlig ut fra hensynet til arbeidstakernes sikkerhet, helse, miljø og velferd. Dette innebærer bl.a. at det skal sørges for gode lysforhold.

6.7. Temperaturforhold

Lufttemperaturen er det viktigste målet for varmekomfort. For høy temperatur kan bl.a. gi nedsatt velvære, trøtthet og nedsatt prestasjonsevne. Mulighet for å åpne vinduer for lufting i alle oppholdsrom er viktig. Hvis temperaturen overstiger 22 °C i fyringssesongen, bør den senkes. Dette kan gi en betydelig reduksjon i antall personer som opplever tørr luft og andre inneklimalplager. Ved høy luftfuktighet og/eller dersom temperaturen om sommeren oppleves som svært ubehagelig, anbefales det at man foretar en skjønnsmessig vurdering/ligger i nedre del av det angitte området. Dette fordi flere studier har vist signifikante sammenhenger mellom romtemperaturer over 22 °C og forekomst av inneklimate relaterte plager. Ved temperaturer over 24 °C er det vist redusert mental arbeidskapasitet. Disse forholdene bør det tas hensyn til ved vurdering av akseptable inneklimateperaturer.

6.8. Luftfuktighet

De fleste tåler variasjoner i luftfuktighet godt, men for høy (>70 %) eller for lav (< 20 %) luftfuktighet. Samtidig er opplevelse av tørr luft en vanlig klage ved inneklimateproblemer. Følelse av tørr luft øker både med stigende temperatur og med økende luftbevegelse. Man bør være klar over at den trolig vanligste årsaken til at inneluften oppfattes som tørr er forhøyede nivåer av irriteranter (partikler, avdampning og gasser), mer enn at luften faktisk er for tørr.

Innen virusforskning har det kommet økende kunnskap om luftfuktighetens betydning for overlevelse, spredning og sykdomsfremkallende egenskaper hos virus som også kan påvises og spres i innemiljøer. Eksempelvis er det for influensavirus, coronavirus og RS-virus (som alle gir luftveisinfectionsjoner av varierende alvorlighetsgrad, særlig i vintersesongen) vist at de beholder sine smitteegenskaper betydelig lengre ved en luftfuktighet mellom 20 og 30 %, mens luftfuktighet over 40 % inaktiverer viruspartiklene i løpet av minutter.

Det er viktig å presisere at det frarådes å bruke luftfuktere, dette fordi de medfører risiko for forurensning av inn klimaet. Foreløpig er vi noe tilbakeholdende med praktiske råd knyttet til denne kunnskapen, men det kan ikke utelukkes at man bør anbefale en luftfuktighet inne på rundt 40 %

6.9. Vurder om bruk av heldekkende teppegulv bør/kan unngås

Bruk av heldekkende teppegulv synes å øke, særlig for å dempe støy i åpne kontorlandskap. Det er påvist negative effekter av heldekkende teppegulv på opplevd inn klima, luftkvalitet og plager hos brukere med astma og allergi. Studier finner imidlertid mer støy og allergener i tepper sammenlignet med glatte gulv. Teppegulv kan i tillegg avgi flyktige organiske forbindelser som kan lukte og virke irriterende på slimhinnene hos følsomme individer. Sammenlignet med glatte gulv krever teppegulv mer omfattende renhold med høyere økonomiske kostnader. I praksis blir dette ofte forsømt.

Det synes ikke å foreligge vitenskapelig dokumentasjon for at teppegulv er uproblematisk for innemiljøet. Derimot indikerer litteraturen at bruk av teppegulv kan knyttes til økt risiko for uønskede helseutfall i form av forverret astma, allergi og inflammatoriske responser. Det bør derfor fortsatt utvises varsomhet ved bruk av (heldekkende) teppegulv i skoler, barnehager og kontorer, med mindre særskilte behov gjør at teppegulv er å foretrekke. Fortsatt er det behov for mer kunnskap om mulige helsemessige konsekvenser ved bruk av teppegulv, særlig de nyeste produktene.

6.10. Støy

Støy kan føre til nedsatt konsentrasjon og læring. Det er viktig at støyproblemer i skoler og barnehager tas alvorlig og reduseres.

7. Konklusjon

Barn og unge er følsomme grupper med hensyn til eksponering for luftforurensninger. God folkehelse legges i barndommen.

Vi vet at godt inneklima i skoler og barnehager har stor betydning for helse, trivsel og læring for barn og unge. Barn og unge oppholder seg lenge i barnehagen og på skolen. Barn og unge har rett til et godt fysisk innemiljø.

Risikoforhold i skoler og barnehager som fuktproblemer og muggvekst, en del kilder til flyktige organiske forbindelser, høy partikkelforurensning, radon og allergener kan bidra til skadelige helseeffekter. Disse synes særlig å være knyttet til utløsning og/eller forverring av luftveissykdommer (infeksjoner, astma og luftveisallergi), irritasjonseffekter (hud, øyne, slimhinner) og hodepine.

Antallet barn med astma og allergi har økt, og alvorlig barneastma synes å være assosiert med KOLS senere i livet. Det gjør det viktig å redusere/fjerne risikofaktorer i innemiljøet som kan utløse eller forverre astmasykdom hos barn.

Flere studier har videre vist at uheldige inneklimaforhold knyttet til ventilasjon, temperatur og belysning i skoler og barnehager kan påvirke skoleprestasjoner og arbeidsevne. Dårlige vedlikeholds- og bygningsmessige standard i skoler og barnehager vil i tillegg til å kunne medføre helserisiko bidra til at både barn og ansatte opplever dårlige arbeidsforhold.

De fleste inneklimaproblemer kan sannsynligvis løses tilfredsstillende med det vi vet i dag, forutsatt at både samfunnet og enkeltpersoner er villig til å bruke tid og ressurser på dette.

Mange av tiltakene for å oppnå et godt inneklima tar utgangspunkt i en kombinasjon av kunnskaps- og erfaringsbasert *forebyggingsstrategi*, der råd og tiltak dreier seg om å unngå risikoforhold. Det enkle gir ofte gode helsegevinster – luft, renhold, lys og begrenset støy. Det er ikke vanskelig å få til, men må prioriteres av barnehage/skoleeier.

Det er viktig at tiltak rettes mot forhold som tilstrekkelig ventilasjon med ren uteluft, forhøyede radonkonsentrasjoner, allergener, fukt- og råteskader, dårlig rengjøring og støvsanering, uheldige valg av bygnings- og innredningsmaterialer, kjemikaliebruk og brukeratferd.

Gode rutiner for forvaltning, drift og vedlikehold vil være et godt forebyggende tiltak mot inneklimaproblemer.

Selv om vi mangler gode eksponeringsdata og kunnskap om årsaksmekanismer, understreker den kunnskapen vi har betydningen av å fortsatt fokusere på tiltak for å sikre et godt inneklima i skoler og barnehager.

8. Referanser

Aarås A. Belysnings- og synsforholdenes betydning for dataskjermoperatører. Nordisk Ergonomi 4/95, s 18-20.

Anderson, K, Bakke, J.V., Bjørseth, O., Bornehag, C.G., Clausen, G., Hongslo, J.K., Kjellman, M., Kjærgaard, S., Levy, F., Mølhøve, L., Skerfving, S. and Sundell, J. (1997) TVOC and health in non-industrial indoor environments, Report from a Nordic Scientific Consensus Meeting, Indoor Air 1997; 7: 78-91.

Arbeidstilsynet 2013. Inneklima i norske skoler. Hovedfunn 2011-2012

<http://www.arbeidstilsynet.no/binfil/download2.php?tid=243215>

Arif AA, Shah SM. Association between personal exposure to volatile organic compounds and asthma among US adult population. Int Arch Occup Environ Health. 2007 Aug;80(8):711-9. Epub 2007 Mar 15. Erratum in: Int Arch Occup Environ Health. 2008 Feb;81(4):503.

ATSDR, Toxicological profile for asbetos. U.S. Department of Health and Human services, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 2001.

<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp61.pdf>

Bakke JV. Inneklima i skoler og barnehager – hva er problemene og hvordan kan de løses? Allergi i Praksis 3; 2009: 14 – 17.

http://www.naaf.no/Documents/Allergi%20i%20Praksis/14_17_Aip_3_09.pdf

Bakke JV. Drift av bygg er viktig helsearbeid. Kommunalteknikk nr 4 – 2013, side 10-12.

<http://www.kommunalteknikk.no/kommunalteknikk-nr-4-2013.5224844-76800.html>

Bakke JV. Samfunnskostnader ved dårlig inneklima i Norge. Helsesrådet nr. 20/2014, 19. november 2014. <http://www.helsebiblioteket.no/samfunnsmedisin-og-folkehelse/helseradet>

Barnes, KC, DG Marsh. 1998. The genetics and complexity of allergy and asthma. Immunol Today 19(7): 325-332.

Barrett P, Davies F, Zhang Y, Barrett L. The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis Building and Environment 89 (2015) 118-133.

Bertelsen RJ, Lødrup Carlsen KC and Carlsen K-H. Rhinitis in children: Co-morbidities and phenotypes. Pediatric Allergy and Immunology. 2010: 21: 612–622.

Bertelsen RJ, Instanes C, Granum B, Lødrup Carlsen KC, Hetland G, Carlsen KH, Mowinckel P, Løvik M. Gender differences in indoor allergen exposure and association with current rhinitis. Clin Exp Allergy 2010;40:1388-97.

Bjørksten B. risk factors in early childhood for development of atopic diseases. Allergy 1994;49:400-407.

Blumenthal MN. Principles of genetics. In: Allergy, Principles and Practice, Vol I, (Middleton E, Reed C, Ellis EF, Adkinson NF, Yunginger JW, Busse WW, eds). St. Louis, MO: Mosby, 1998; 28-39.

Bollinger ME, Eggleston PA, Flanagan E, Wood RA. Cat antigen in homes with and without cats may induce allergic symptoms. J Allergy Clin Immunol. 1996;97(4):907–914.

Bornehag CG, Blomquist G, Gyntelberg F, Jarvholm B, Malmberg P, Nordvall L et al: Dampness in buildings and health. Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to "dampness" in buildings and health effects (NORDDAMP). Indoor air 2002; 11: 72-86.

Bornehag C-G, Sundell J, Weschler CJ, Sigsgaard T, Lundgren B, Hasselgren M and Hägerhed-Engman L. The Association between Asthma and Allergic Symptoms in Children and Phthalates in House Dust: A Nested Case-Control Study. *Environ Health Perspect.* 2004 October; 112(14): 1393-1397.

Brasche, S., et al., "Comparison of risk factor profiles concerning self-reported skin complaints and objectively determined skin symptoms in German office workers". *Indoor Air*, 2004. 14(2): p. 137-43.

[Brunekreef B](#) and [Forsberg B](#). Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *Eur Respir J.* 26(2):309-18. 2005

Brunetti L, Colazzo D, Francavilla R, Tesse R, De Sario V, Lorè M, Armenio L. The role of pulmonary infection in pediatric asthma. *Allergy Asthma Proc.* 2007 Mar-Apr; 28(2):190-3.

Busse WW, Lemanske RF Jr, Gern JE. Role of viral respiratory infections in asthma and asthma exacerbations. *Lancet.* 2010 Sep 4; 376(9743):826-34.

Cakir AE and Cakir G. Light and Health. Influences of lighting on health and well-being of office and computer workers. An investigation on state-of-the-art and future prospects of lighting technology in German office environments. Ergonomic Institute for Social and Occupational Sciences Research Co., Ltd. Berlin, 1991.

California EPA, Formaldehyde reference exposure levels. Public review draft. http://www.oehha.ca.gov/air/hot_spots/pdf/FormaldehydePR.pdf. 2007.

[Ciencewicki J](#), [Jaspers I](#). Air pollution and respiratory viral infection. *Inhal Toxicol.* 2007, Nov;19(14):1135-46.

Clark C, Crombie R, Head J, van Kamp I, van Kempen E, Stansfeld S. 2012. Does traffic-related air pollution explain associations of aircraft and road traffic noise exposure on children's health and cognition? A secondary analysis of the United Kingdom sample from the Ranch Project. *Am. J. of Epidemiol.* 176(4): 327-337.

Contopoulos-Ioannidis DG, Kouri IN, Ioannidis JP. Genetic predisposition to asthma and atopy. *Respiration.* 2007;74(1):8-12.

Cox-Ganser JM, White SK, Jones R, Hilsbos K, Storey E, Enright PL, et al. 2005. Respiratory morbidity in office workers in a water-damaged building. *Environ Health Perspect* 113:485-490.

Daisey, J.M., Angell, W.J. and Apte, M.G. (2003) Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information, *Indoor Air*, 13, 53-64.

[DiFranza JR](#), [Masaquel A](#), [Barrett AM](#), [Colosia AD](#) and [Mahadevia PJ](#). Systematic literature review assessing tobacco smoke exposure as a risk factor for serious respiratory syncytial virus disease among infants and young children. *BMC Pediatr.* 2012; 12: 81.

Dokument nr 3:13. Riksrevisjonens undersøkelse av kommunens ansvar for skolebygninger, (2004-2005).

https://www.riksrevisjonen.no/presserom/Pressemeldinger/Sider/Pressemelding_Dok_3_13_2004_2005.aspx

Dong H, Saint-Etienne L, Renier A, Billon Galland M-A, Brochard P and Jaurand M-C. Air samples from a building with asbestos-containing material: Asbestos content and *in-vitro* toxicity on rat pleural mesothelial cells. *Fundam. Appl. Toxicol.* 22: 178-185, 1994.

- [Drannik AG](#), [Pouladi MA](#), [Robbins CS](#), [Goncharova SI](#), [Kianpour S](#), [Stämpfli MR](#). Impact of cigarette smoke on clearance and inflammation after *Pseudomonas aeruginosa* infection. [Am J Respir Crit Care Med](#). 2004 Dec 1;170(11):1164-71.
- Dybandahl T., Wedberg WC. and Elsayed S. Dust from carpeted and smooth floors. *Allergy* 1991; 46: 427-35
- Dybandahl T. and Elsayed S. Dust from carpeted and smooth floors. V. Cat (Fel d I) and mite (Der p I and Der f I) allergen levels in school dust. Demonstration of the basophil histamine release induced by dust from classrooms. *Clin. Exp. Allergy* 1992; 22: 1100-106.
- Eccles, R. (2000) International Scientific Forum on Home Hygiene. Spread of common colds and influenza. World Wide Web. <http://www.ifh-homehygiene.org/newspage/new05.htm>.
- Edwards L. & Torcellini P. A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants. 2002. <http://www.nrel.gov/docs/fy02osti/30769.pdf>
- Elberling J, Duus Johansen J, Dirksen A, Mosbech H. Exposure to eyes to perfume: a double-blind, placebo-controlled experiment. *Indoor Air* 2006; 16(4):276-281.
- Erdmann CA, Apte MG. 2004. Mucous membrane and lower respiratory building related symptoms in relation to indoor carbon dioxide concentrations in the 100-building BASE dataset. *Indoor Air* 14(s8):127-134.
- Evans GW, Hygge S, Bullinger M. 1995. Chronic noise and psychological stress. *Psychol. Sci.* 6(6): 333-338.
- Evans GW, Bullinger M, Hygge S. 1998. Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress. *Psychol. Sci.* 9(1): 75-77.
- Fanger PO. What is IAQ? *Indoor Air* 2006, 16, 328-34.
- Federspiel CC, Fisk WJ, Price PN, Liu G, Faulkner D, Dibartolomeo DL, et al. 2004. Worker performance and ventilation in a call center: analyses of work performance data for registered nurses. *Indoor Air* 14(s8):41-50.
- Franck U, Herbarth O, Röder S, Schlink U, Borte M, Diez U, Krämer U, Lehmann I. Respiratory effects of indoor particles in young children are size dependent. *Sci Total Environ.* 409: 1621-31. 2011.
- Guilbert TW and Denlinger LC, Role of infection in the development and exacerbation of asthma *Expert Rev Respir Med.* 2010 February 1; 4(1): 71-83.
- Fisk WJ, Lei-Gomez Q, Mendell MJ. 2007. Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes. *Indoor Air* 17(4):284-296.
- Free S, Howden-Chapman P, Pierse N, Viggers H, Study Team HH. Does More Effective Home Heating Reduce School Absences for Children with Asthma? *J Epidemiol Community Health.* 2010; 64: 379-86.
- Goldmann, D.A. (2000) Transmission of viral respiratory infections in the home. *Paediatric Infectious Disease Journal* 19, S97±S102.
- Hansen, R E, Evjenth B, Holt J. Increasing prevalence of asthma, allergic rhinoconjunctivitis and eczema among school children: three surveys during the period 1985-2008. *Acta Pædiatrica* 2013;102:47-52.
- Haverinen-Shaughnessy U, Shaughnessy RJ (2015) Effects of Classroom Ventilation Rate and Temperature on Students' Test Scores. *PLoS ONE* 10(8): e0136165.

- Hardoy MC, Carta MG, Marci AR, Carbone F, Cadeddu M, Kovess V, m.fl. 2005. Exposure to aircraft noise and risk of psychiatric disorders: the Elmas survey. *Soc. Psych. Psych. Epid.* 40(1): 24-26.
- [Harrod KS](#), [Jaramillo RJ](#), [Berger JA](#), [Gigliotti AP](#), [Seilkop SK](#), [Reed MD](#). Inhaled diesel engine emissions reduce bacterial clearance and exacerbate lung disease to *Pseudomonas aeruginosa* infection in vivo. *Toxicol Sci.* 2005 Jan;83(1):155-65. Epub 2004 Oct 13.
- Holt PG, Sly PD. Interactions between RSV infection, asthma, and atopy: unraveling the complexities. *Sly PD. J Exp Med.* 2002 Nov 18;196(10):1271-5.
- Hovland V., A. Riiser, P. Mowinckel, K.H. Carlsen, K.C.L. Carlsen. Asthma with allergic comorbidities in adolescence is associated with bronchial responsiveness and airways inflammation, *Pediatr Allergy Immunol, Pediatr Allergy Immunol.* 2014;25:351-9.
- Howden-Chapman (b) P, Crane J, Chapman R, Fougere G. Improving health and energy efficiency through community-based housing interventions. *Int J Public Health.* 2011 Dec;56(6):583-8. Epub 2011 Aug 20.
- Hsu HH, Chiu YH, Coull BA, Kloog I, Schwartz J, Lee A, Wright RO, Wright RJ. Prenatal Particulate Air Pollution and Asthma Onset in Urban Children. Identifying Sensitive Windows and Sex Differences. *Am J Respir Crit Care Med.* 2015 Nov 1;192 (9):1052-9. doi: 10.1164/rccm.201504-0658OC.
- Hygge S, Evans GW, Bullinger M. 2002. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychol. Sci.* 13(5):469-474.
- ICRP Publication 65: Protection against radon-222 at home and work. *Annals of the ICRP Vol. 23, No. 2.* 1994. ISSN 0146-6453.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 43: Man-made mineral fibres and radon. 1988.
- Instanes C, Hetland G, Berntsen S, Løvik M, Nafstad P. Allergens and endotoxin in settled dust from day-care centers and schools in Oslo, Norway. *Indoor Air.* 2005 Oct;15(5):356-62.
- IOM (Institute of Medicine) 2000. Indoor biologic exposures. In: *Clearing the Air: Asthma and Indoor Air Exposures.* Washington, DC, National Academy Press, 105-222.
- IOM (Institute of Medicine) 2004. *Damp Indoor Spaces and Health.* Washington, DC:National Academies Press.
- IPCS 1993. Principles for evaluating chemical effects on the aged population. *Environmental Health Criteria 144, WHO.*
- Jaakkola MS, Quansah R, Hugg TT, Heikkinen SA, Jaakkola JJ. Association of indoor dampness and molds with rhinitis risk: a systematic review and meta-analysis. *J Allergy Clin Immunol.* 2013 Nov;132(5):1099-1110.e18. doi: 10.1016/j.jaci.2013.07.028. Epub 2013 Sep 10.
- Janson C, Anto J, Burney P, Chinn S, de Marco R, Heinrich J, et al. The European Community Respiratory Health Survey: what are the main results so far? *Eur Respir J.* 2001;18:598-611.
- Jonasson G, Lodrup Carlsen KC, Leegaard J, Carlsen KH, Mowinckel P, Halvorsen KS. Trends in hospital admissions for childhood asthma in Oslo, Norway, 1980-95. *Allergy* 2000 Mar;55(3):232-9.
- Kanchongkittiphon W, Mendell MJ, Gaffin JM, Wang G and Phipatanakul W. Indoor Environmental Exposures and Exacerbation of Asthma: An Update to the 2000 Review by the Institute of Medicine. *Environ Health Perspect*; volume 123, number 1, January 2015 Pages 6-20. DOI:10.1289/ehp.1307922.

- Karvonen AM, Hyvarinen A, Roponen M, Hoffmann M, Korppi M, Remes S, et al. 2009. Confirmed moisture damage at home, respiratory symptoms and atopy in early life: a birth-cohort study. *Pediatrics* 124(2):e329–e338.
- Karvonen AM, Hyvärinen A, Korppi M, Haverinen-Shaughnessy U, Renz H, Pfefferle PI, Remes S, Genuneit J, Pekkanen J. Moisture damage and asthma: a birth cohort study. *Pediatrics*. 2015 Mar;135(3): e598-606.
- [Kelly LA](#), [Erwin EA](#), [Platts-Mills TA](#). The indoor air and asthma: the role of cat allergens. [Curr Opin Pulm Med](#). 2012 Jan;18(1):29-34.
- Kercsmar CM, Dearborn DG, Schluchter M, Xue L, Kirchner HL, Sobolewski J, et al. 2006. Reduction in asthma morbidity in children as a result of home remediation aimed at moisture sources. *Environ Health Perspect* 114:1574–1580.
- Kurumatani N and Kumagai S. Mapping the Risk of Mesothelioma Due to Neighborhood Asbestos Exposure. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Vol. 178, No. 6 (2008), pp. 624-629. doi: 10.1164/rccm.200801-0630C
- Kwon JH, Kim E, Chang MH, Park EA, Hong YC, Ha M, Park H, Kim Y, Park C, Ha EH. Indoor total volatile organic compounds exposure at 6 months followed by atopic dermatitis at 3 years in children. *Pediatr Allergy Immunol*. 2015 Jun;26(4):352-8. doi: 10.1111/pai.12393
- Lan L, Wargoeki P, Wyon DP, Lian Z. Effects of thermal discomfort in an office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance. *Indoor Air*, 21 (2011), pp. 376–390
- Laney AS, Cragin LA, Blevins LZ, Sumner AD, Cox-Ganser JM, Kreiss K, et al. 2009. Sarcoidosis, asthma, and asthma-like symptoms among occupants of a historically water-damaged office building. *Indoor Air* 19(1):83–90.
- Lazaridis M, Aleksandropoulou V, Hanssen JE, Dye C, Eleftheriadis K, Katsivela E. [Inorganic and carbonaceous components in indoor/outdoor particulate matter in two residential houses in Oslo, Norway](#). *J Air Waste Manag Assoc*. 2008 Mar;58(3):346-56.
- Leira et al. Mye arbeidsrelatert sykdom blant astmatikere. *Tidsskr Nor Legeforen* 2006; 126: 2367-9.
- Lowen AC, Mubareka S, Steel J, Palese P (2007) Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLoS Pathog* 3: e151.
- [Luczynska C](#), [Sterne J](#), [Bond J](#), [Azima H](#), [Burney P](#). Indoor factors associated with concentrations of house dust mite allergen, Der p 1 in a random sample of houses in Norwich, UK. [Clin Exp Allergy](#). 1998 Oct; 28(10):1201-9.
- Lødrup-Carlsen KC, Håland G, Devulapalli CS, Munthe-Kaas M, Pettersen M, Granum B, et al. 2006. Asthma in every fifth child in Oslo, Norway: a 10-year follow up of a birth cohort study. *Allergy* 61: 454-460.
- Maddalena R, Mendell MJ, Eliseeva K, Chan WR, Sullivan DP, Russell M, Satish U, Fisk WJ. Effects of ventilation rate per person and per floor area on perceived air quality, sick building syndrome symptoms, and decision-making. *Indoor Air*. 2014 Aug 20. doi: 10.1111/ina.12149.
- Magnani C, Dalmaso P, Biggeri A, Ivaldi C, Mirabelli D and Terracini B. Increased risk of malignant mesothelioma of the pleura after residential or domestic exposure to asbestos: a case-control study in Casale Monferrato, Italy. *Environ Health Perspect*. Sep 2001; 109(9): 915–919.

McCormack MC, Breyse PN, Matsui EC, Hansel NN, Peng RD, Curtin-Brosnan J, Williams DL, Wills-Karp M, Diette GB. Indoor particulate matter increases asthma morbidity in children with non-atopic and atopic asthma. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 106: 308-15. 2011.

Mendell MJ, Heath GA. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air.* 2005 Feb;15(1):27-52.

Mendell MJ. Indoor Residential Chemical Emissions as Risk Factors for Respiratory and Allergic Effects in Children: a Review. *Indoor Air* 2007; 17: 259–277

Mendell MJ, Mirer AG, Cheung K, Tong M, Douwes J. Respiratory and Allergic Health Effects of Dampness, Mold, and Dampness-Related Agents: A Review of the Epidemiologic Evidence. *Environmental Health Perspectives.* Volume 119, number 6, June 2011.

Mendell MJ, Eliseeva EA, Davies MM, Spears M, Lobscheid A, Fisk WJ, Apte MG. Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools. *Indoor Air.* 2013 Dec;23(6):515-28. doi: 10.1111/ina.12042. Epub 2013 Apr 22.

[Milián E, Díaz AM.](#) Allergy to house dust mites and asthma. [P R Health Sci J.](#) 2004 Mar;23(1):47-57.

Millqvist E, Bengtsson U, Löwhagen O. Provocation with perfume in the eyes induce airway symptoms in patients with sensory hyperreactivity. *Allergy* 1999; 54(5):495-499.

Milton DK, Glencross PM, Walters MD. 2000. Risk of sick leave associated with outdoor air supply rate, humidification, and occupant complaints. *Indoor Air* 10(4):212–221.

Munir AK, Bjørksten B et al. Cat (Fel d I), dog (Can f I), and cockroach allergenes in homes of asthmatic children from three different climatic zones in Sweden. *Allergy* 1994a; 49:508-516.

Mustonen K, Karvonen AM, Kirjavainen P, Roponen M, Schaub B, Hyvärinen A, Frey U, Renz H, Pfefferle PI, Genuneit J, Vaarala O, Pekkanen J. Moisture damage in home associates with systemic inflammation in children. *Indoor Air.* 2016 Jun; 26 (3):439-47. doi: 10.1111/ina.12216. Epub 2015 May 23.

Mycoteam. <https://www.mycoteam.no/nyheter/resultater-fra-nrks-barnehageundersokelse>

Nagda N., Koontz MD., Albrecht RJ. 1991. Effect of ventilation rate in a healthy building. *Proc. IAQ '91, Atlanta, Ga., USA: ASHRAE*, pp 101-107.

Nandi S, Kumar R, Ray P, Vohra H, Ganguly NK: Group A streptococcal sore throat in a periurban population of northern India: a one-year prospective study. *Bull World Health Organ* 2001, 79(6):528-533.

NFBIB 2012. Veiledning for arbeid med godkjenning av eksisterende skoler. Momenter og råd for arbeid med godkjenning av eksisterende skoler i henhold til "Forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler m.v. av 1. januar 1996. Helserådet 10/12.

[http://www.innemiljo.net/attachments/article/182/Helseradet-10-12_hi%20\(3\).pdf](http://www.innemiljo.net/attachments/article/182/Helseradet-10-12_hi%20(3).pdf)

Nielsen, G.D., et al., "Do indoor chemicals promote development of airway allergy?" *Indoor Air*, 2007. 17(3): p. 226-255.

NRK. <https://www.nrk.no/livsstil/sjekk-din-barnehage-1.12801856>

Nurmatov UB, Tagiyeva N, Semple S, Devereux G, Sheikh A. Volatile organic compounds and risk of asthma and allergy: a systematic review. *Eur Respir Rev.* 2015 Mar;24(135):92-101. doi: 10.1183/09059180.00000714. Review.

Ormstad H, Løvik M. Luftforurensning, astma og allergi - betydningen av ulike partikler. *Tidsskr Nor Laegeforen.* 2002;122:1777-82.)

[Pacheco KA. Epigenetics mediate environment: gene effects on occupational sensitization. *Curr Opin Allergy Clin Immunol.* 2012 Apr;12\(2\):111-8.](#)

[Park JH, Schleiff PL, Attfield MD, Cox-Ganser JM, Kreiss K. 2004. Building-related respiratory symptoms can be predicted with semi-quantitative indices of exposure to dampness and mold. *Indoor Air* 14\(6\):425-433.](#)

Peden DB. Development of atopy and asthma: candidate environmental influences and important periods of exposure. *Environ Health Perspect.* 2000 Jun;108 Suppl 3:475-82.

Pediatrics 2004. The vulnerability, sensitivity, and resiliency of the developing embryo, infant, child, and adolescent to the effects of environmental chemicals, drugs, and physical agents as compared to adults. *Pediatrics*, 114 (4), Supplement.

Pekkanen J, Hyvarinen A, Haverinen-Shaughnessy U, Korppi M, Putus T, Nevalainen A. 2007. Moisture damage and childhood asthma: a population-based incident case-control study. *Eur Respir J* 29(3):509-515.

Persily AK. 1997. Evaluating building IAQ and ventilation with carbon dioxide. *ASHRAE Transactions* 103(2):193-204.

Petersen S, Jensen KL, Pedersen AL, Rasmussen HS. The effect of increased classroom ventilation rate indicated by reduced CO₂ concentration on the performance of schoolwork by children. *Indoor Air.* 2015 Apr 11. doi: 10.1111/ina.12210. [Epub ahead of print]

Pitten, F.A., Bremer, J., Kramer, A., 2000. Air pollution by volatile organic compounds (VOC) and health complaints. *Dtsch. Med. Wochenschr.* 125, 545-550.

Pope CA 3rd, Ezzati M, Dockery DW. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *N Engl J Med.*;360:376-86. 2009

Prüss-Ustün A, Vickers C, Haefliger P, Bertollini R. Knowns and unknowns on burden of disease due to chemicals: a systematic review. *Environ Health.* 10:9. 2011.

Rakkestad KE, Dye CJ, Yttri KE, Holme JA, Hongslo JK, Schwarze PE, Becher R. Phthalate levels in Norwegian indoor air related to particle size fraction. *J Environ Monit.* 9:1419-25. 2007.

Roberts JW, Wallace LA, Camann DE, Dickey P, Gilbert SG, Lewis RG, Takaro TK. Monitoring and reducing exposure of infants to pollutants in house dust. *Rev Environ Contam Toxicol.* 201:1-39. 2009.

Rocha K, Pèrez K, Rodriguez-Sanz M, Obiols J, Borrell C. 2012. Perception of environmental problems and common mental disorders (CMD). *Soc. Psych. Psych. Epid.* 47(10): 1675-1684.

Satish U, Mendell MJ, Shekhar K, Hotchi T, Sullivan D, Streufert S, Fisk WB Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance. *Environ Health Perspect* 2012; 20:1671-7.

Sauni R, Uitti J, Jauhiainen M, Kreiss K, Sigsgaard T, Verbeek JH. Remediating buildings damaged by dampness and mould for preventing or reducing respiratory tract symptoms, infections and asthma. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011 Sep 7;9:CD007897.

Schneider T. Synthetic vitreous fibers (SVF's). In: Spengler J, Samet JM, McCarthy J, editors. *Indoor air quality handbook.* New York (NY): McGraw-Hill; 2000. P 39.1-39.29.

Schwartz J, Laden F, Zanobetti A. The concentration-response relation between PM_{2.5} and daily deaths. *Environ Health Perspect.* 110: 1025-9. 2002.

- Seppanen O, Fisk WJ, Mendell MJ. 1999. Association of ventilation rates and CO₂ concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor Air* 9(4):226–252.
- Selnes A, Nystad W, Bolle R, Lund E. Diverging prevalence trends of atopic disorders in Norwegian children. Results from three cross-sectional studies. *Allergy*. 2005 Jul;60(7):894-9.
- Shaughnessy, R.J., Haverinen-Shaughnessy, U., Nevalainen, A. and Moschandreas, D. (2006) A preliminary study on the association between ventilation rates in classrooms and student performance, *Indoor Air*, 16, 465–468.
- Shendell DG, Prill R, Fisk WJ, Apte MG, Blake D, Faulkner D. 2004. Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho. *Indoor Air* 14(5):333–341.
- Sigaud S, Goldsmith C-A W, Zhou H, Yang Z, Fedulov A, Imrich A and Kobzik L. Air pollution particles diminish bacterial clearance in the primed lungs of mice. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2007 August 15; 223(1): 1–9.
- Sigurs N, Gustafsson PM, Bjarnason R, Lundberg F, Schmidt S, Sigurbergsson F, Kjellman B. Severe respiratory syncytial virus bronchiolitis in infancy and asthma and allergy at age 13. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;171:137–141.
- Simoni M, Annesi-Maesano I, Sigsgaard T, Norback D, Wieslander G, Nystad W, Canciani M, Sestini P, Viegi G. (2010). School air quality related to dry cough, rhinitis and nasal patency in children. *Eur Respir J*. 35,4,742-749.
- [Simpson A](#), [Simpson B](#), [Custovic A](#), [Cain G](#), [Craven M](#), [Woodcock A](#). Household characteristics and mite allergen levels in Manchester, UK. *Clin Exp Allergy*. 2002 Oct;32(10):1413-9.
- Skov P, Valbjørn O, Pedersen BV. Influence of indoor climate on the sick building syndrome in an office environment. *Scand J Work Environ Health* 16:363-71. 1990.
- Skov P., Valbjørn O., DISG. 1990. The Danish Town Hall Study. A one-year follow-up. In: Walkinshaw D.S. (ed) *Proc. Indoor Air '90, 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. 29 July-3 August 1990, Toronto, vol. 1, pp 787-791.
- Skulberg KR, Høiskar BAK, Kolstad L, Rønning KA, Gjersø L, Torp JE. (2009) Kartlegging av ansattes vurdering av innelima i skoler og barnehager. *Allergi i praksis* 3, 34-38.
- Smedje G. Skolans ljus - en øgontjenare ? Om belysningen i grundskolan och helsoeffekter. *Projektarbete vid Arbetslivsinstitutets utbildning* 1996.
- Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Öhrström E, m.fl. 2005. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: A cross-national study. *Lancet* 365(9475): 1942-1949.
- Steel J, Palese P, Lowen AC (2011) Transmission of a 2009 pandemic influenza virus shows a sensitivity to temperature and humidity similar to that of an H3N2 seasonal strain. *J Virol* 85: 1400–1402.
- Sundell J. och Kjellmann M. Luften vi andas inomhus. Inomhusmiljöns betydelse for allergi och annan overkenslighet. *Vetenskaplig kunskapssammanställning*. Folkhelseinstituttet, Stockholm 1994.
- Sundell, J., Levin, H., Nazaroff, W.W., Cain, W.S., Fisk, W.J., Grimsrud, D.T., Gyntelberg, F., Li, Y., Persily, A.K., Pickering, A.C., Samet, J.M., Spengler, J.D., Taylor, S.T. and Weschler, C.J. (2011) Ventilation rates and health: multidisciplinary review of the scientific literature, *Indoor Air*, 21, 191–204.

Sundhedsstyrelsen, 2012. Forebyggelsepakke – indeklima i Skoler. ISBN – trykt udgave: 978-87-7104-575-8. Elektronisk ISBN: 978-87-7104-571-0.

Svanes C, Sunyer J, Plana E et al. Early life origins of chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2010;65:14–20.

Tai ASN. "Pediatric Origins of Adult Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD): Childhood Asthma", Session A95, Abstract 2206. American Thoracic Society. Meeting 2010. Children with severe asthma have more than 30 times the risk of developing adult chronic obstructive lung disease (COPD): <http://www.disabled-world.com/health/respiratory/asthma/asthma-copd.php#ixzz2C6l082SU>. (Inngår i følgende dr. grads arbeid: Tai, A. S. N. (2010). Longitudinal outcome of childhood asthma into adult life: outcome at 50 years. PhD thesis, Medicine, Dentistry & Health Sciences, Paediatrics (RCH), The University of Melbourne).

Tamburlini G, von Ehrestein OS., Bertollini R. 2002. Children's health and environment: A review of evidence. Environmental issue report 29. WHO and EEA.
<http://www.who.dk/document/e75518.pdf>

Tang JW. The effect of environmental parameters on the survival of airborne infectious agents. *J R Soc Interface*. 2009 December 6; 6(Suppl_6): S737–S746.

Thomson H, Petticrew M, Morrison D (2001) Health effects of housing improvement: systematic review of intervention studies. *Br Med J* 323:187–190

Thomson H, Thomas S, Sellstrom E, Petticrew M. The Health Impacts of Housing Improvement: A Systematic Review of Intervention Studies From 1887 to 2007. *AJPH* 2009; 99:S681-S692

TNO and RIVM. 2006. Tender ENV.D.4/ETU/2005/0074r. "Study on the treatment of vulnerable groups in EU risk assessment" FINAL REPORT. TNO Quality of Life, Food and Chemical Risk Analysis Department, Zeist, The Netherlands and National Institute of Public Health and Environment (RIVM), Bilthoven, The Netherlands.

Turunen M, Toyinbo O, Putus T, Nevalainen A, Shaughnessy R, Haverinen-Shaughnessy U. (2014). Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students. *Int J Hyg Environ Health*, 217(7),733-9.

Twardella D, Matzen W, Lahrz T, Burghardt R, Spiegel H, Hendrowarsito L, Frenzel AC, Fromme H. Effect of classroom air quality on students' concentration: results of a cluster-randomized cross-over experimental study. *Indoor Air*. 2012 Oct;22(5):378-87. doi: 10.1111/j.1600-0668.2012.00774.x. Epub 2012 Mar 21.

Tzivian L. Outdoor air pollution and asthma in children. *J Asthma*. 48: 470-81. 2011.

U.S. EPA. Child specific exposure factors handbook. Report No. 600-P-002B. U.S. EPA, Washington, DC. 2002.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency), Integrated risk information system.
<http://www.epa.gov/iris/>. 2005.

Vesper S, McKinstry C, Ashley P, Haugland R, Yeatts K, Bradham K, et al. 2007. Quantitative PCR analysis of molds in the dust from homes of asthmatic children in North Carolina. *J Environ Monit* 9(8):826–830.

Wallace L, Wang F, Howard-Reed C, Persily A. Contribution of gas and electric stoves to residential ultrafine particle concentrations between 2 and 64 nm: Size distributions and emission and coagulation rates. *Environ. Sci. Technol*. 42: 86418647. 2008

Wallace, L.A., "Chapter 33. Assessing human exposure to volatile organic compounds", in *Indoor Air Quality Handbook*, J.D. Spengler, J.M. Samet, and J.F. McCarthy, Editors. 2000, McGraw Hill: New York. p. 33.1-33.35.

Wargocki P, Wyon DP, Sundell J, Clausen G, Fanger PO. 2000. The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity. *Indoor Air* 10(4):222–236.

Wargocki, P; Wyon, DP. (2007). The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children (RP-1257). *H V A C & R Research*, 13, 2, 193-220.

Williamson IJ, Martin CJ, McGill G, Monie RD, Fennerty AG. 1997. Damp housing and asthma: a case-control study. *Thorax* 52(3):229–234.

Witterseh T, Wyon DP, Clausen G. The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work. *Indoor Air*, 14 (2004), pp. 30–40

WHO 2005. Effects of air pollution on childrens health and development.

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0010/74728/E86575.pdf

WHO (World Health Organization) Europe. 2009. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould. Copenhagen: World Health Organization.

WHO handbook on indoor radon: a public health perspective / edited by Hajo Zeeb, and Ferid Shannoun. 2009b. (<http://www.nrsb.org/pdf/WHO%20Radon%20Handbook.pdf>).

WHO 2011. Health in the green economy: health co-benefits of climate change mitigation – housing sector: http://www.who.int/hia/green_economy/en/index.html

World Health organization, regional Office for Europe. (2011). Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Report 2011.

Wyon DP. The effects of indoor air quality on performance and productivity. *Indoor Air* 2004; 14: 92-101.

[Zock J-P](#), [Plana E](#), [Jarvis D](#), [Antó JM](#), [Kromhout H](#), [Kennedy SM](#), [Künzli N](#), [Villani S](#), [Olivieri M](#), [Torén K](#), [Radon K](#), [Sunyer J](#), [Dahlman-Hoglund A](#), [Norbäck D](#) and [Kogevinas M](#). The Use of Household Cleaning Sprays and Adult Asthma. An International Longitudinal Study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007 Oct 15;176(8):735-41.

[Öberg M](#), [Jaakkola MS](#), [Woodward A](#), [Peruga A](#), [Prüss-Ustün A](#). Worldwide burden of disease from exposure to second-hand smoke: a retrospective analysis of data from 192 countries. *The Lancet*. Volume 377, Issue 9760, 8–14 January 2011, Pages 139–146.