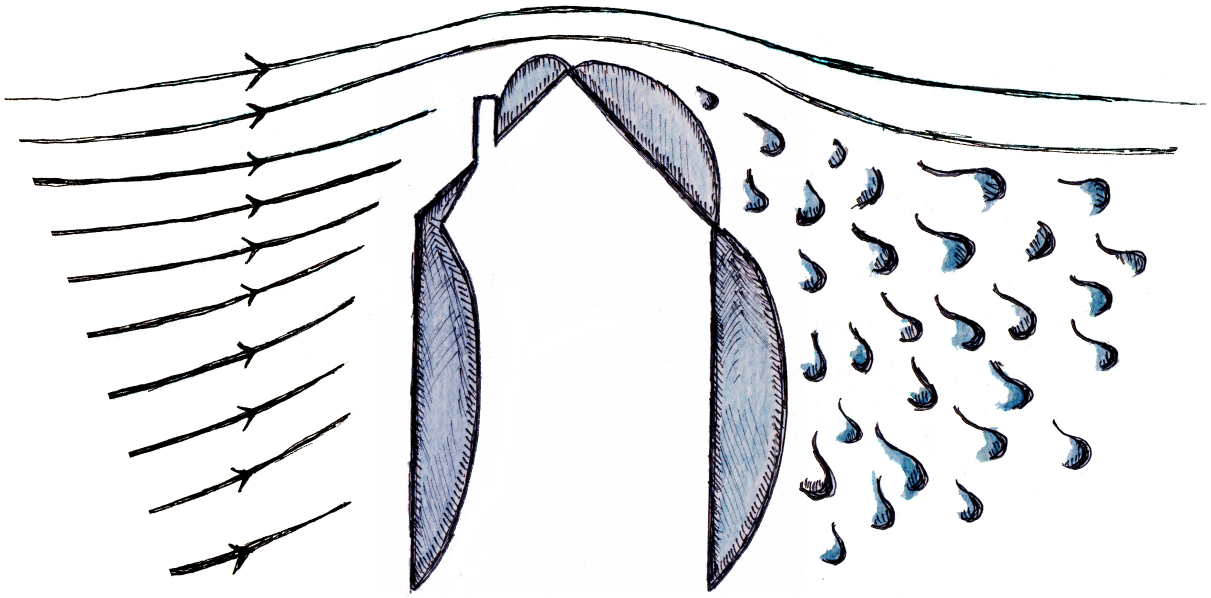
CHALMERS



Jämförelse av innemiljöutredningar i skolor med SWESIAQ-modellen

En undersökning om utredningsmetodik inom innemiljö med fokus på tryck och luftrörelser

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

ADAM LENNELL

ALI KARIM

ERIKA KARLBERG

STINA ÅKESSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2016

Förord

Den här rapporten beskriver vårt kandidatarbete som är utfört på Chalmers tekniska högskola som en del av vår utbildning. Arbetet är utfört på avdelningen för byggnadsteknologi vid institutionen bygg- och miljöteknik och i samarbete med lokalförvaltningen i Göteborg.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare på Chalmers, Paula Wahlgren, som har under hela arbetet bidragit med värdefull kunskap och vägledning inom ämnet.

Vi vill även tacka Maria Alm på lokalförvaltningen i Göteborg som har försett oss med utredningsrapporter och skapat oss möjligheten att besöka samt utföra mätningar på Björkåsskolan och Trollängsskolan.

Ett Stort tack till alla andra som har bidragit i vårt arbete och genom sina betydelsefulla kunskaper och erfarenheter gett oss möjligheten att kunna utföra arbetet.

Göteborg, maj 2016

Adam, Ali, Erika och Stina

Sammanfattning

Idag finns tydliga indikationer på att dålig inneluftskvalitet leder till sjukdomar som exempelvis astma och allergier. Ett stort bestånd av byggnader där det är problem med inneklimatet är skolor. Det läggs mycket resurser på att undersöka fel i skolor samt att åtgärda dessa, utan att det alltid ger önskvärd effekt. SWESIAQ-modellen är en standardiserad metod för innemiljöutredningar och i följande rapport jämförs två utredningar med modellen för att se hur arbetet kring innemiljöutredningar skulle kunna förbättras. Vidare finns indikationer på att konsulter inte reflekterar över hur luftrörelser kan bidra till en sämre inneluftskvalitet när en innemiljöutredning genomförs. Därför analyseras också hur tryckskillnader, som ger upphov till luftrörelser, förändras beroende på vindförhållanden och temperaturskillnader med hjälp av programvaran CONTAM. En intervjustudie har också bedrivits med syfte om att skapa en tydligare bild av hur konsulter i allmänhet reflekterar kring innemiljöutredningar och speciellt tryckskillnader.

Resultaten visar att det finns delar av SWESIAQ-modellen som saknas i de båda innemiljöutredningarna för skolorna, bland annat hur luftrörelserna i de undersökta byggnaderna ser ut samt tydligare beskrivningar av besvär och byggnadernas historik. I en av skolorna gjordes en kompletterande läckagesökning som visade att de upplevda problemen troligtvis inte kommer från källaren, vilket motsäger utredarens slutsats. Dock har utredningen inte undersökt vidare vad som orsakar besvären. CONTAM-simuleringarna visade att vind och temperaturskillnader har stor betydelse för hur eventuella föroreningar förflyttas i en byggnad. Vidare har de intervjuade bekräftat att konsulter i vissa fall inte beaktar alla tänkbara faktorer eftersom de enklast ser problem utifrån sin egna expertis, då de bedriver innemiljöutredningar.

Rapporten visar att det kan finnas vissa brister i hur konsulter reflekterar över tryckskillnader och dess påverkan på inneklimatet. Vidare dras slutsatsen att mer omfattande utredningar kan förbättras om SWESIAQ-modellen tillämpas eftersom inga förhastade slutsatser dras och otillräckliga åtgärder undviks till en större grad.

Abstract

Today there are clear indications that bad indoor air quality causes diseases such as asthma and allergies. A great number of buildings with existing problems are schools. A lot of resources are used in order to examine and treat problems, treatments which sometimes are not resulting in the desired effect. The SWESIAQ model is a standardized method for conducting indoor air quality investigations and in this report two investigations are compared with the model in order to analyze how the investigations may improve. Furthermore there are indications that investigators are not thinking about pressure differences and air movements when they are conducting an investigation. Therefore pressure differences, which can cause air movements, are analyzed in how they change depending on wind and temperature differences with the software CONTAM. An interview study was also made with the purpose of gaining an idea about how consults are thinking generally when they are conducting an indoor air quality investigation and especially pressure differences.

The results show that there are parts of the SWESIAQ model that are missing in both the investigations of the schools, for example how air moves through the buildings and a better description on how people in the building experience health and comfort issues. In one of the schools a complementary air leakage experiment was conducted showing that the contaminations are not emitted from the cellar, which contradicts the investigator's conclusion. Although, this report has not examined where the contaminations possibly could come from. The CONTAM simulations showed that wind and temperature differences are of importance in how eventual contaminations are transported. Furthermore the interviews have confirmed that consults in some cases, when conducting investigations, are not taking all factors into consideration because they sometimes want to solve problems within their own expertise.

The report shows that the investigators of indoor air quality problems have shortcomings when they reflect over how pressure differences could affect the indoor air quality. Furthermore it concludes that more extensive investigations could benefit from implementing the SWESIAQ model, due to the fact that no immediate conclusions are drawn and wrong or unnecessary actions are more likely to be avoided.

Innehållsförteckning

1 Inledning 1
1.1 Bakgrund: betydelsen av god innemiljö 1
1.1.1 SWESIAQ: en förening som förmedlar kunskap om innemiljö 2
1.2 Syfte 2
1.3 Genomförande av studien 2
1.4 Rapportens disposition 3

2 Luftens drivkrafter och strömningsvägar i byggnader 3
2.1 Tryckskillnader över en byggnad och hur de beräknas 4
2.1.1 Temperaturskillnaders inverkan på tryckbilden 4
2.1.2 Vindens inverkan på tryckbilden 6
2.1.3 Ventilationssystemens inverkan på tryckbilden 6
2.2 Luftens rörelser i och omkring en byggnad 8
2.2.1 Krav på luftomsättning i en byggnad 8
2.2.2 Otätheter i klimatskalet och hur de beräknas 9

3 Orsaker till problem och föroreningar i en byggnad 9
3.1 Fuktfenomen som kan orsaka problem 10
3.2 Byggnadsmaterial som kan orsaka föroreningar och dålig lukt 10
3.2.1 Risker med fukt i trä: Mögel och tryckimpregnering 11
3.2.2 Risker med kvarvarande byggfukt i betong 11
3.2.3 Användning av fuktskydd 12
3.2.4 Sammanställning av andra material som kan ge hälsofarliga effekter 12
3.3 Konstruktionsdelar i hus: utformning och risker ur fuktsynpunkt 13
3.3.1 Tak: kall- och varmtakskonstruktioner 14
3.3.2 Husgrunder: platta på mark, källarväggar och krypgrunder 14

4 Skadliga ämnen i en byggnad och dess hälsopåverkan på människan 17

5 Innemiljöutredningar i skolor: SWESIAQ-modellen och skolors byggnadstekniska status idag 19
5.1 SWESIAQ-modellen: en standardiserad metod för innemiljöutredningar 20
5.2 Byggnadsteknisk status på Sveriges skolor 21
5.3 Beskrivning av Björkåsskolan och Trollängsskolan i Göteborg 23

6 Metodik för genomförande av projektet 24
6.1 Innemiljöutredningar jämförs med SWESIAQ-modellens mall för slutrapport 24
6.2 Läckagesökning på Björkåsskolan för att undersöka luftflöden till Eken 25
6.3 Genomförande av CONTAM-simuleringar för analys av luftrörelser 26
6.4 Genomförande av intervjustudie med innemiljökonsulter i Göteborg 29

7 Resultat 29
7.1 Jämförelse av innemiljöutredningar med SWESIAQ: Trollängsskolan och Björkåsskolan 30
7.2 CONTAM-simuleringar med varierande vind- och temperaturförhållanden 32
7.3 Resultat av läckagesökning i Björkåsskolan 34
7.4 Analys av intervjuer med innemiljöutredare 35

8 Diskussion 37

9 Slutsatser 40
Referenser 41
Bilaga 1 - Innemiljöutredning Trollängsskolan 44
Bilaga 2 - Innemiljöutredning Björkåsskolan 56
Bilaga 3 – SWESIAQ:s mall för slutrapport och mall för granskning 70
Bilaga 4 - Vindberäkningar och resultat från CONTAM-simuleringar 74
Bilaga 5 - Intervjufrågor till konsulter 81

1 Inledning

En byggnad benämns som en problembyggnad då en eller flera personer som vistas där upplever innemiljöproblem (SWESIAQ, 2012). Innemiljöproblem kan yttra sig på många olika sätt, allt ifrån viss lukt till allvarliga luftvägsproblem. Vad som orsakar dessa upplevelser är upp till en innemiljöutredare att ta reda på, det är även dennes uppgift att ta fram eventuella åtgärder för att få bukt med problemen.

Upplevda problem i innemiljön beror ofta på de föroreningar och gaser som kan finnas i luften. För att hitta källan till problemet krävs kontroll över hur luften rör sig inuti samt runt omkring byggnaden (Bankvall, 2013). Det krävs även kännedom om vilka föroreningar luften bär med sig och var de härstammar från. I rapporten redogörs för luftens drivkrafter, föroreningskällor samt deras påverkan på människor.

Rapporten undersöker hur väl innemiljöutredningar utförs idag. Granskning av färdiga utredningar tillsammans med en läckagesökning, simuleringar och intervjuer kommer att ge en bild av hur innemiljöutredningar utförs. Vikt läggs specifikt vid hur tryckskillnader och luftrörelser beaktats.

1.1 Bakgrund: betydelsen av god innemiljö

Tuberkulos var en sjukdom uppmärksammad i mitten av 1800-talet. En amerikansk kirurg beskrev i samband med detta människors behov av frisk luft, eftersom sjukdomen hade varit mer utbredd bland patienter som vistats i trånga sovrum (Sundell, 2004). Det var under denna tid fenomenet innemiljö blev en aktualitet. Under de nästkommande sextio åren genomfördes undersökningar och experiment för att främst förbättra lukten inomhus, hälsa togs ej i beaktning.

Idag finns ett annat synsätt på inneklimatet, eftersom dålig lukt inte är det enda problemet som uppstår när inneklimatet är undermåligt. Det finns starka indikationer på att sjukdomar som astma, andningsproblem, allergier och hosta kan relateras till ett dåligt inneklimat (Sundell, 2004). Sedan 1970-talet har dessa hälsoproblem ökat i samhället, något som inte kan bero på genetiska förändringar hos människan eftersom tidsintervallet är för kort. Därför har det blivit viktigare att säkerhetsställa en god innemiljö i våra byggnader.

Ett stort bestånd av byggnader där det idag finns innemiljöproblem är skolor. En anledning till problemen är att när många personer vistas på en liten yta genereras en högre halt av föroreningar i form av koldioxid (och andra ämnen). Dessutom är barn mer mottagliga för sjukdomar än vad vuxna är (Annesi-Maesano m.fl, 2013). I en rapport från Socialstyrelsen (2013) fastställs att regler och rekommendationer för hur en bra innemiljö ska vara inte uppfylls vilket bidrar till att barn med allergiproblem eller överkänslighet klarar skolgången sämre än övriga. Vidare i rapporten från Socialstyrelsen dras slutsatsen att det föreligger risk för att dessa problem inte behandlas på ett systematiskt sätt. För att kunna få effektivare åtgärder krävs standardiserade modeller för hur innemiljöproblem ska behandlas.

1.1.1 SWESIAQ: en förening som förmedlar kunskap om innemiljö

Det finns en mängd litteratur som visar hur olika föroreningar påverkar vår hälsa men var dessa föroreningar kommer ifrån kan vara svårt att fastställa. Enligt Burroughs och Hansen (2011) är det riskabelt att som innemiljöutredare vara nöjd efter att en möjlig källa till ett problem har hittats, eftersom det kan vara en annan källa som problemet härrör från.

SWESIAQ, som står för Swedish Chapter of International Society of Indoor Air Quality and Climate, är en ideell, tvärvetenskaplig och oberoende förening vars mål är att förmedla kunskap om innemiljö och hälsa. En arbetsgrupp inom SWESIAQ har tagit fram en modell för hur en bra innemiljöutredning ska utföras (SWESIAQ, 2012). I denna rapport kommer två innemiljöutredningar att granskas och jämföras med SWESIAQ-modellen.

Enligt Asikainen (2009) är det svårt att bli av med innemiljöproblem i skolor. Många renoveringar misslyckas och ibland har det gått så långt att skolor rivits då problemen kvarstått efter ett antal åtgärdsförsök. För att undvika detta krävs att innemiljöutredaren fastslår korrekt orsak. Det finns kunskapsbrister i hur tryckskillnader påverkar byggnaden enligt Maria Alm[1], innemiljöspecialist på Lokalförvaltningen i Göteborg. Då de flesta innemiljörelaterade problem beror på dålig lukt, anser Alm att kontroll över hur luften och därmed lukten rör sig är av största vikt. I SWESIAQ-modellen finns rekommendationer om att tryckskillnader bör utredas eftersom de potentiellt kan leda till ett sämre inneklimat (SWESIAQ, 2012). Därför ska rapporten utreda huruvida tryckskillnader tas i beaktning vid innemiljöutredningar.

1.2 Syfte

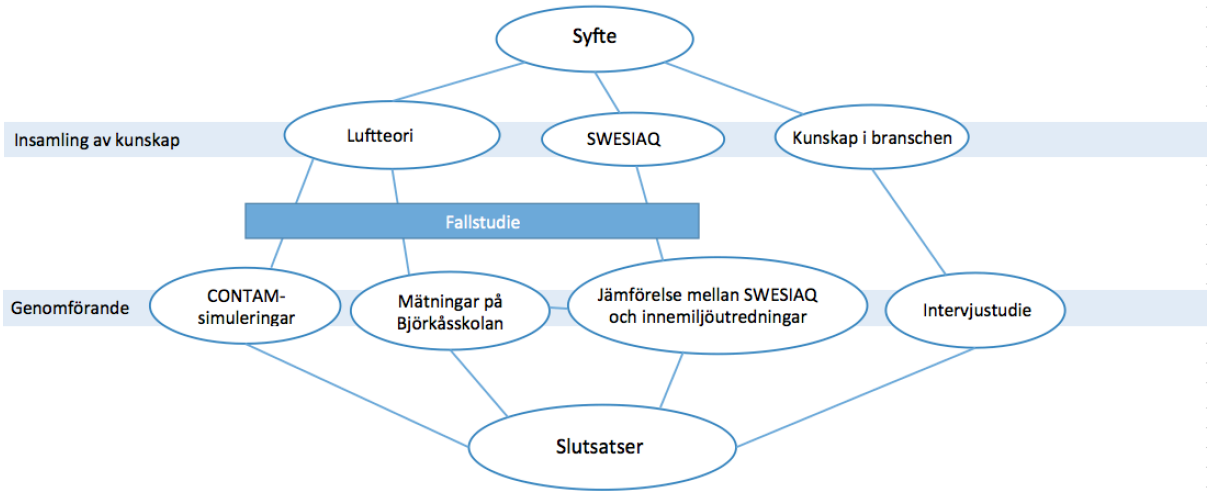
Rapporten redogör för hur luftrörelser och tryckskillnader påverkar inneklimatet och hur väl dessa faktorer tas i beaktning vid innemiljöutredningar. Utredningar kommer att jämföras med SWESIAQ-modellen och intervjuer med konsulter kommer skapa en bild av hur arbetet bakom en utredning ser ut. Vidare ska rapporten undersöka huruvida konsulters kunskaper behöver breddas på området för att kunna möjliggöra en effektivare fastighetsförvaltning.

1.3 Genomförande av studien

Utifrån syftet behövdes kunskaper om luftteori, SWESIAQ-modellen och kännedom om innemiljöutredares vetskap om innemiljöproblem, se figur 1. För att uppnå detta gjordes en litteraturstudie i byggnadsfysik och luftteori som följdes av simuleringar i programvaran CONTAM. SWESIAQ-modellen jämfördes sedan mot

[1] Alm, Maria; innemiljöspecialist vid Lokalförvaltningen i Göteborg. 2016. Intervju 27 april.

innemiljöutredningarna från Trollängsskolan och Björkåsskolan. Efter granskning av materialet från Björkåsskolan genomfördes en luftläckagesökning för att kontrollera antaganden i utredningen. Kunskapsnivån i branschen undersöktes främst genom att intervjua innemiljöutredare, men även forskare och sakkunniga har redogjort för sina tankar kring innemiljö.



Figur 1 Schematisk bild över genomförandet av studien utifrån rapportens syfte

1.4 Rapportens disposition

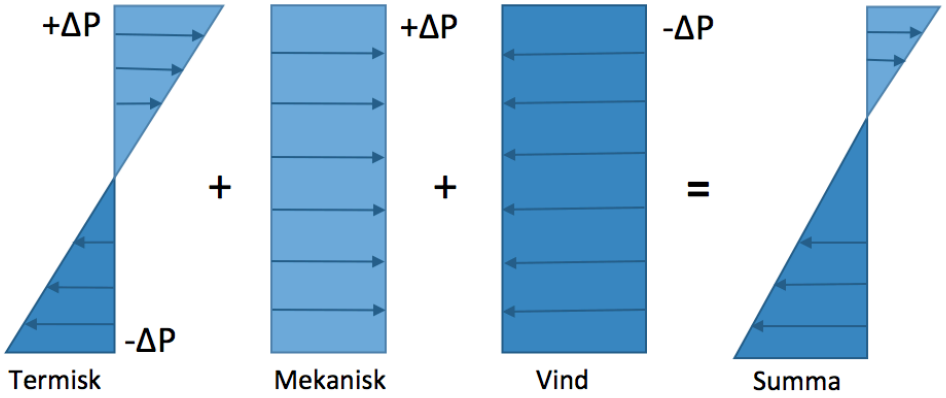
Rapporten inleds med tre kapitel helt baserade på litteraturstudien. Dessa kapitel behandlar luftrörelser, de föroreningar luften för med sig och hur dessa föroreningar påverkar människan. Nästkommande kapitel redogör för hur en SWESIAQ-utredning går till och de skolor som berörs i rapporten. Avsnittet som behandlar genomförande går igenom de tillvägagångsätt som använts och sedan presenteras resultaten. Resultatdelen är uppdelad i tre delar: granskning av utredningar, egna mätningar och simuleringar samt intervjustudien. Efter resultatdelen följer diskussion och slutsatser.

2 Luftens drivkrafter och strömningsvägar i byggnader

Luften i en byggnad kan bära med sig partiklar, föroreningar, fukt och lukter som leder till att brukarna upplever ett dåligt innemiljöklimat (Bankvall, 2013). Då luften i en byggnad är i rörelse kan det leda till att innemiljöproblem upplevs i andra delar av byggnaden än där problemen finns. Därför är det viktigt att ha kontroll över hur och varför luften rör sig i och omkring byggnaden. Luftens rörelser kopplas till drivkrafter och strömningsvägar, det vill säga tryckskillnader och otätheter. Genom att ha kännedom kring hur dessa faktorer påverkar luftflödet kan frisk inomhusluft säkerställas.

2.1 Tryckskillnader över en byggnad och hur de beräknas

Luftflöden i och runt omkring en byggnad beror på tryckskillnader (Hagentoft, 2012). Tryckskillnader i en byggnad kan härstamma från temperaturskillnader, anblåsande vind och tryckskillnader skapade av ventilationssystem. För att få det totala lufttrycket över fasaden summeras bidragen från de olika drivkrafterna enlig figur 2 (Hagentoft, 2012).

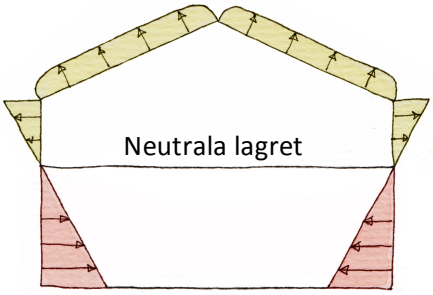


Figur 2 Totalt lufttryck fås då samtliga bidragande faktorer, termiska drivkrafter, mekaniska drivkrafter och vindens drivkraft summeras

Nedan redogörs för drivkrafter orsakade av temperatur, vind och ventilation. Formler för beräkningar samt olika ventilationssystem presenteras.

2.1.1 Temperaturskillnaders inverkan på tryckbilden

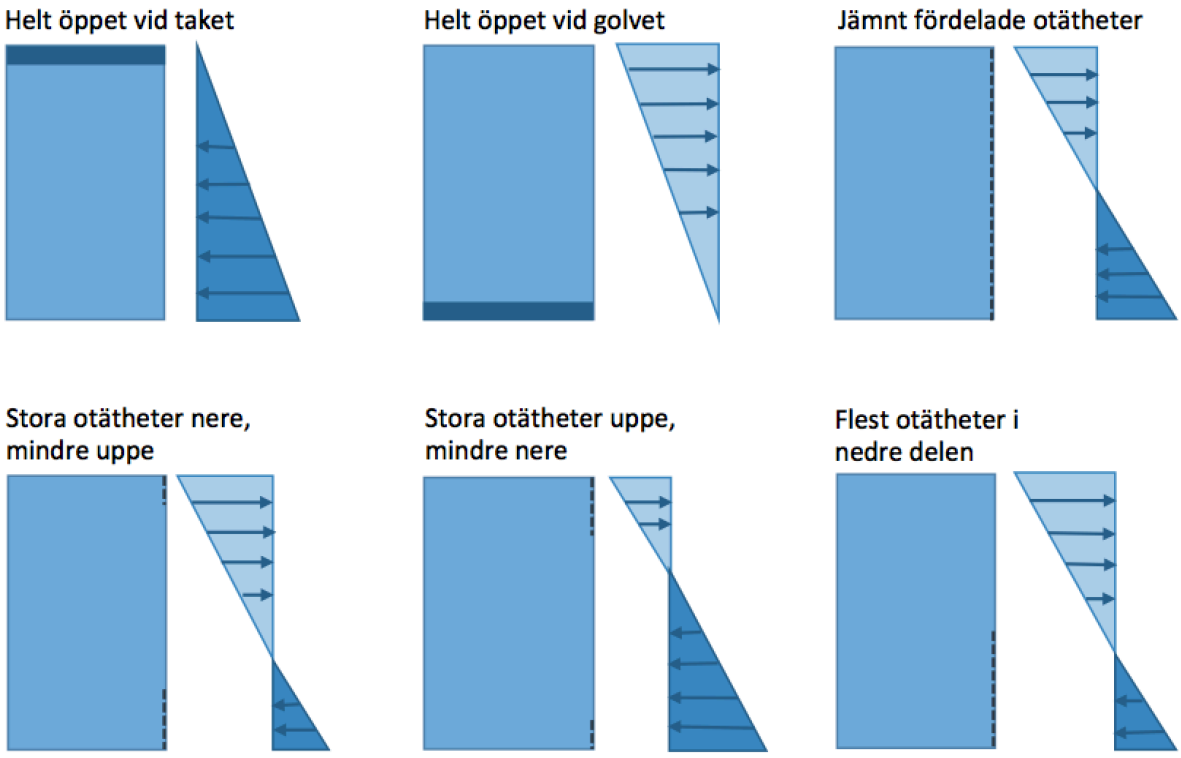
Varm luft, som jämfört med kall luft har lägre densitet, stiger uppåt i byggnaden. Detta fenomen kallas skorstenseffekten (Petersson, 2009). I och med att inomhusluften ofta har högre temperatur än utomhusluften uppstår det en tryckskillnad över klimatskärmen med övertryck i byggnadens övre delar och undertryck i de nedre, se figur 3. Nivån där tryckskillnaden är noll kallas för det neutrala lagret (Hagentoft, 2012).



Figur 3 Skorstenseffekten, på grund av termiska drivkrafter fås ett övertryck högst upp och ett undertryck längst ner i byggnaden

I figur 4 beskrivs hur tryckskillnaderna och neutrala lagrets placering varierar beroende på otätheternas placering. När otätheterna är jämnt fördelade i höjdled, hamnar det neutrala lagret på byggnadens halvhöjd (Hagentoft, 2012). Då fås det övertryck i byggnadens övre del och ett undertryck i byggnadens nedre del. Ett undertryck resulterar i att luft vill flöda in i byggnaden medan ett övertryck pressar luft inifrån ut i

klimatskalet. Om otätheterna inte är jämnt fördelade flyttas det neutrala lagrets placering till den del av byggnaden där flest otätheter finns, enligt figur 4. Ett undertryck i golvnivå kan exempelvis leda till att föroreningar från krypgrunden infiltrerar inomhusluften (Bankvall, 2013).



Figur 4 Beskrivning av tryckfördelning över en yttervägg beroende på otätheternas placering

Beräkning av tryckdifferensen mellan inom- och utomhus kan göras antingen med avseende på luftens densitet eller med avseende på luftens temperatur (Hagentoft, 2012).

Tryckdifferens mellan inne- och utomhusluft med avseende på luftens densitet:

$$\Delta P_s = z \times (\rho_e - \rho_i) \times g \qquad (1)$$

z: Vertikalt avstånd från neutrala lagret [m]
ρ_e: Utomhusluftens densitet [kg/m^3]
ρ_i: Inomhusluftens densitet [kg/m^3]
g: Tyngdacceleration [m/s^2]

Tryckdifferens mellan inne- och uteluft med avseende på luftens temperatur:

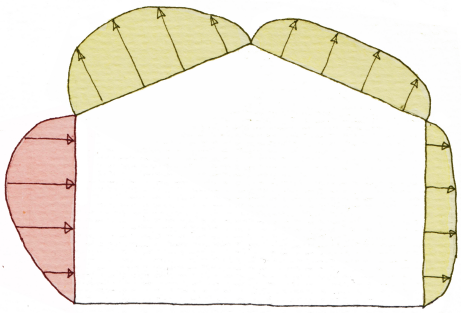
$$\Delta P_s = z \times 3456 \times \left(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_i}\right) \qquad (2)$$

z: Vertikalt avstånd från neutrala lagret [m]
T_e: Uteluftstemperatur [K]
T_i: Inneluftstemperatur [K]

2.1.2 Vindens inverkan på tryckbilden

Vindtrycket beror på vindhastighet, anblåsningsvinkel mot byggnaden samt byggnadens form. Dessa faktorer kan variera från fall till fall, vilket gör att lufttrycket kan ha omväxlande storlek.

Vind skapar normalt övertryck på lovartsidan, den anblåsta sidan, och undertryck på byggnadens övriga sidor, se figur 5 (Petersson, 2009). På tak kan det bildas både övertryck och undertryck beroende på takets lutning. Ett flackt tak, likt figur 5, skapar ett invändigt undertryck. Då en byggnad har anblåsande vind på en sida kan föroreningar från denna del av byggnaden genom luftrörelser förflyttas till motstående sida (Bankvall, 2013).



Figur 5 Tryckskillnad på grund av vind, undertryck fås på den anblåsta sidan, till vänster, och övertryck fås i övriga delar

Tryckdifferens mellan ute och inne med avseende på vindtryck kan beräknas enligt (Hagentoft, 2012):

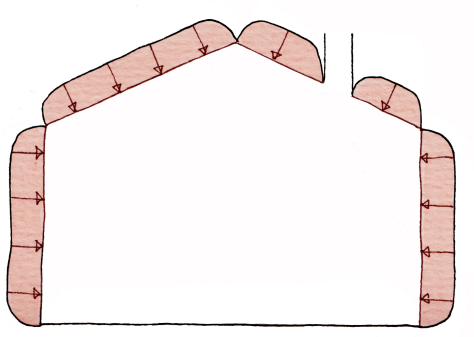
$$\Delta P_w = \left(C_p - C_{pi}\right) \times \frac{\rho_a \times v^2}{2} \qquad (3)$$

C_p: Formfaktor [-]
C_{pi}: Formfaktor [-]
ρ_a: Luftens densitet [kg/m^3]
v: Vindhastighet [m/s]

Där C_p beror på anblåsningsvinkel och byggnadens geometri och C_{pi} på byggnadens otätheter. Vid en negativ tryckdifferens pressas luften ut ur byggnaden medan den vid en positiv sugs in genom klimatskalet.

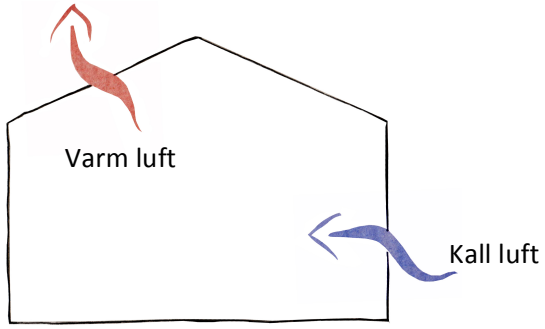
2.1.3 Ventilationssystemens inverkan på tryckbilden

Fläktar i ventilationssystem påverkar tryckskillnaderna beroende på förhållandet mellan från- och tilluft. Ett rent frånluftssystem skapar vanligtvis invändigt undertryck i byggnaden, se figur 6 (Bankvall, 2013). Ett balanserat ventilationssystem med både från- och tilluft ger möjlighet att skapa ett optimalt luftutbyte där byggnaden sätts i ett lågt undertryck. Det finns flera typer av ventilationssystem, nedan redogörs för självdrag, frånluftsventilation samt från- och tilluftsventilation.



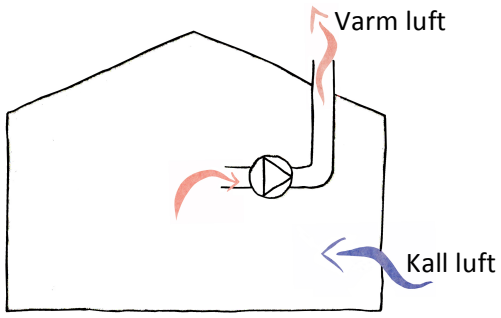
Figur 6 Tryckskillnad på grund av ventilation, ett lätt undertryck fås i hela byggnaden

Självdragsventilation bygger på temperaturens drivkrafter mellan inne- och uteluft (Svensk ventilation, 2016). Den varma inneluften stiger uppåt och lämnar byggnaden. Detta skapar ett undertryck längst ner i byggnaden vilket leder till att utomhusluft sugs in via öppningar och otätheter, se figur 7. Självdragsystem fungerar bra under vinterhalvåret då det är kallare utomhus, men på sommaren när temperaturen är högre ute än inne försvinner drivkraften till luftombytet och systemet fungerar inte alls. En annan nackdel med systemet är att det inte går att bestämma luftflödet vintertid, vilket kan bidra till ökade energiförluster och drag då flödet är för stort (Bankvall, 2013).



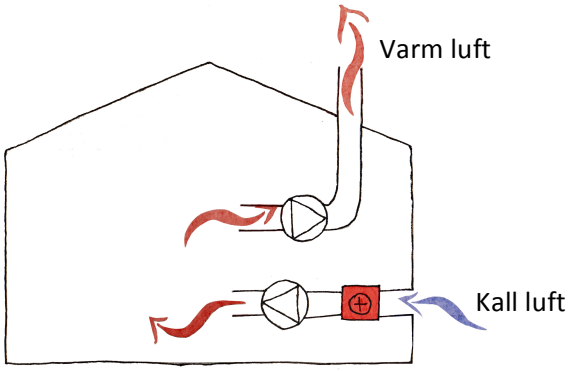
Figur 7 Självdrag, luft tar sig in och luft tar sig ut genom byggnadens otätheter med hjälp av skorstenseffekten

I ett mekaniskt frånluftssystem, F-system, ansluts utsugningspunkter till en fläkt via ett gemensamt kanalsystem (Svensk ventilation, 2016), se figur 8. Då luft sugs ut ur byggnaden skapas ett undertryck som gör att luft tillförs byggnaden på samma sätt som vid självdrag. Fördelen med frånluftssystem är att flödet kan regleras och påverkas inte av årstidsvariationer.



Figur 8 Frånluftsventilation, luft förs ut ur byggnaden med hjälp av en frånluftsfläkt och ny luft tar sig in via otätheter

Ventilationen i ett från- och tilluftssystem, FT-system, drivs med mekaniska från- och tilluftsfläktar (Svensk ventilation, 2016), se figur 9. Dessa fläktar styr både till- och frånluften vilket ger kontroll över luftflödena. Filter vid tilluftfläkten kan också rena uteluften från eventuella föroreningar.



Figur 9 Från- och tilluftsventilation, fläktar driver luft både ut och in i byggnaden

Från- och tilluftssystemet kan kompletteras med värmeåtervinning, så kallat FTX-system (Svensk ventilation, 2016). Då passerar den varma frånluften ett värmeåtervinningsaggregat. På så sätt används värmen från frånluften för att värma upp tilluften. Detta system kan minska energianvändningen med 50-80 %. I lokaler, bland annat i skolor, är från- och tilluftssystem med värmeväxling det vanligaste (Boverket, 2009).

2.2 Luftens rörelser i och omkring en byggnad

Ovan beskrevs hur tryckskillnader skapas i en byggnad vilket är drivkraften för luftrörelser. Men för att luften ska förflytta sig krävs att det finns strömningsvägar, eller otätheter där luften kan transporteras (Bankvall, 2013). En liten mängd luftströmning är bra för att späda ut andelen föroreningar i inomhusluften, från ventilation. Oönskade luftrörelser kan däremot leda till en försämrad luftkvalitet, därför är det av stor vikt att ha kontroll på hur luften rör sig.

2.2.1 Krav på luftomsättning i en byggnad

För att få en bra inomhusmiljö där personer i byggnaden ska trivas, krävs en viss luftomsättning med frisk utomhusluft (Boverket, 2015). I byggnader sker luftomsättningen både avsiktligt och oavsiktligt. Den avsiktliga omsättningen utgår ifrån ventilationssystemet som dimensionerats för att ge en viss luftomsättning. Den oavsiktliga luftomsättningen beror på luftläckage genom otätheter i klimatskärmen. Luftläckage kan, till skillnad från ventilation, inte styras vilket kan leda till allt för hög grad av luftomsättning i byggnaden där värmeenergi går förlorad. Luftomsättningen anses vara tillräcklig när inneluften håller god kvalitet och halten föroreningar späds ut till en acceptabel nivå (Petersson, 2009).

Luftflöden via ventilationen bör, enligt Folkhälsomyndigheten (2015b), vara kontinuerliga då byggnaden används och uteluftsflödet bör vara minst 0,35 l/sm2 golvarea och utöver det 7 l/s per person som vistas i utrymmet. För luftflöden via otätheter i en byggnad, mäts övertrycksflödet genom klimatskärmen med 50 Pa tryckskillnad (Petersson, 2009). Luftläckaget bör, enligt en tidigare version av Boverket (2015), inte överstiga 0,8 l/sm^2 golvyta för bostäder och 1,6 l/sm^2 golvyta för andra utrymmen. Idag finns endast ett värde på luftläckage för passivhus som ligger på 0,3 l/sm^2 vid 50 Pa tryckskillnad (SP Sveriges tekniska forskningsinstitut, u.å. b).

2.2.2 Otätheter i klimatskalet och hur de beräknas

Otätheterna återfinns vanligtvis kring anslutningar, skarvar och genomföringar i konstruktionen (Bankvall, 2013). Anslutningar kan exempelvis vara kring väggar, golv, tak, fönster, dörrar samt kring pelare och balkar och mellan prefabricerade element. Skarvar, till exempel i plastfolien, kan utföras på olika sätt som ger olika täthet och beständighet. Genomföringar återfinns vid ventilation, vatten, avlopp, el, fjärrvärme etcetera (Bankvall, 2013). Utförandet av dessa anordningar är avgörande för byggnadens lufttäthet. Idag finns väl utvecklade tillvägagångssätt för att göra dessa anslutningar, genomföringar och skarvar i princip helt lufttäta (Bankvall, 2013).

Det finns flera formler för att beskriva läckage i byggnader men "Power-law"-formeln är den vanligast förekommande (Herrlin, 1992). "Power-law"-funktionen beskriver hur massor rör sig genom öppningar. Formeln används för att beskriva hur luft och eventuella föroreningar rör sig genom läckor mellan olika rum eller genom klimatskalet.

3 Orsaker till problem och föroreningar i en byggnad

Luftrörelser och tryckskillnader gör att föroreningar transporteras från en del av byggnaden till en annan. Men orsaken till problemen beror på andra faktorer, exempelvis materialval och fukt. Vissa material som användes förr har idag konstaterats vara farliga såsom vissa material kan i kombination med höga fukthalter avge giftiga emissioner och andra material kan ha en för kort livslängd i relation till byggnadens.

I en rapport från Sveriges provnings- och forskningsinstitut finns vanliga fel i skolor sammanfattade (Hilling, 1998). Rapporten visar att de mest påtagliga skadorna i de behandlade skolorna har uppkommit på grund av fukt. Vidare konstateras det att det inte finns några typiska fuktkällor eller speciella konstruktionstyper som orsakar problem och ger upphov till föroreningar. Av dessa anledningar är det viktigt att ha en grundkunskap om hur fukt beter sig och vilka vanliga material och konstruktionstyper som används.

Det här kapitlet kommer att beskriva fukt som förekommer i byggnader samt vilka material och konstruktionstyper som kan ge upphov till föroreningar.

3.1 Fuktfenomen som kan orsaka problem

Då fukt kommer i kontakt med byggnadsmaterial leder det till förslitningar och förfall (Hagentoft, 2012), vilket kan få förödande konsekvenser för en byggnad. De fuktkällor som är relevanta inom byggnadsteknologi är luftfuktighet utomhus, fuktproduktion inomhus, byggfukt, nederbörd, vattenläckor samt markfukt (Burström, 2014).

Fuktigheten i luften kan beskrivas med ånghalt (Hagentoft, 2012). Ånghalten uppger hur många kilo vattenånga som finns per kubikmeter luft (kg/m^3). Mättnadsånghalten är ett mått på hur mycket vattenånga luften maximalt kan innehålla. Överskrids mättnadsånghalten kondenseras en del av vattenångan till flytande vatten. Mättnadsånghalten beror på luftens temperatur, ju högre temperatur desto mer vattenånga kan luften innehålla. Givet luftens ånghalt och mättnadsånghalten kan den relativa fuktigheten beräknas. Relativ fuktighet, RF, är kvoten mellan uppmätt ånghalt och mättnadsånghalten vid aktuell temperatur. Med andra ord, ett utrymme med konstant ånghalt men med sjunkande temperatur kommer få en stigande relativ fuktighet. Sjunker temperaturen tillräckligt kommer fukten att kondensera. Detta är ett fenomen som bör undvikas i en fuktkänslig byggnadskonstruktion.

Fukt i byggnadsmaterial benämns hygroskopisk fukt (Burström, 2014). Det finns fyra olika varianter av hygroskopisk fukt: kemiskt bundet vatten, adsorberat vatten, kapillärt vatten och fritt vatten. Kemiskt bundet vatten är en del av det torra materialet och kan ej avgå utan att den kemiska strukturen hos materialet förstörs. Det kemiskt bundna vattnet räknas därför inte som fukt. Det vatten som räknas som fukt är det adsorberade vattnet som ligger som ett tunt skikt kring porernas ytor, det kapillärt bundna vattnet som finns i mindre porer samt det fria vattnet som finns i de grövsta porerna och omkring materialet.

Fukttransport kan ske i vätskefas genom kapillärsugning eller i ångfas genom antingen diffusion eller konvektion (Burström, 2014). Kapillärsugning uppstår på grund av att den krökta vattenytan ger upphov till en dragkraft som skapar ett undertryck. När ett byggnadsmaterial med porer kommer i kontakt med fritt vatten uppstår alltså ett porvattenundertryck som suger upp vatten in i materialets porer, likt en tvättsvamp. Diffusion kallas fenomenet som gör att vattenmolekylerna rör sig för att balansera ånghalten. De rör sig från områden med hög ånghalt till områden med låg ånghalt. Konvektion beror på luftens rörelser snarare än vattnets. Då luftens drivkrafter och strömningsvägar orsakar en rörelse transporteras även de vattenmolekyler som finns i luften. Detta kan orsaka problem då fuktig inomhusluft, genom ett invändigt övertryck, pressas ut i byggnadskonstruktionen.

3.2 Byggnadsmaterial som kan orsaka föroreningar och dålig lukt

Emissioner från byggnadsmaterial har en nära koppling till att konstruktionsdelar är utsatta för fukt och/eller att det skett fel val av byggnadsmaterial (Burström, 2014). Vid en ogynnsam tryckbild kan dessa emissioner infiltrera byggnaden och försämra luftkvaliteten. Idag testas och certifieras material av bland annat SP, Sveriges tekniska

forskningsinstitut, för att garantera dess funktion och hållbarhet (SP Svergies tekniska forskningsinstitut, u.å. a). Enligt Thorbjörn Gustavsson[2] anställd på SP, finns det ett behov av att förutom enskilda certifieringar av material även utforma och testa kombinationer av dessa för att säkerställa att materialen även är funktionsdugliga då de sätts samman. Detta är någon som just nu är under framtagning av SP och som Gustavsson själv är delaktig i. Han har förhoppningar att genom detta öka beständigheten i byggnadsdelar och samtidigt förenkla byggprocessen.

Nedan redogörs för olika material och i vilka förhållanden de kan vara källor till emissioner och dålig lukt.

3.2.1 Risker med fukt i trä: Mögel och tryckimpregnering

Trä har alltid används i stor utsträckning inom byggnadsindustrin (Burström, 2014). Trä är ett organiskt material som är känsligt för fukt och kritisk relativ fuktighet för trämaterial ligger på 75-80 % (Johansson m.fl. 2005). Fukt tillsammans med en lämplig temperatur och tillgång till syre utgör stor risk för att träkonstruktionen ska angripas av svampar och bakterier (Burström, 2014). Mögelsvampen är en missfärgande svamp som ofta avger en obehaglig lukt och kan framkalla allergier. Även om mögelsvampen i sig inte påverkar hållfastheten i träet så tyder förekomsten av mögelsvamp på att förhållandena är gynnsamma även för rötsvampar. För att undvika fuktskador i trä bör konstruktionen vara utformad på ett sådant sätt att de förutsättningar som krävs för svamptillväxt inte uppfylls, så kallat konstruktivt träskydd.

Ett sätt för att säkerställa hållfastigheten hos trä är att använda tryckimpregnering (Burström, 2014). Tryckimpregnerat virke är dock ofta giftigt och kan skada människors hälsa (Kemikalieinspektionen, 2015), därför är användningen idag strängt reglerad (Burström, 2014). Redan på 70-talet gjordes studier som visade att trä som impregnerats med bland annat boliden (Åberg, 2014), som är ett vattenlösligt salt bestående av zink, krom och arsenik (Länsstyrelsen, 2016), skapade dålig lukt om det installerades med för hög fuktkvot eller utsattes för fukt (Åberg, 2014). Ett annat träskyddsmedel som förbjöds 1978 efter 23 års användning är pentaklorfenol. I kontakt med fukt kan ämnet brytas ner till kloranisoler vilket avger en lukt som påminner om mögel.

3.2.2 Risker med kvarvarande byggfukt i betong

Betong är ett material som består av cement, ballast, vatten och tillsatsmedel (Burström, 2014). Fördelen med betong är att det går att anpassa och forma efter behov och byggnation. Materialet har dessutom en god beständighet och hållfasthet vilket gör det till ett av våra viktigaste byggnadsmaterial idag.

[2] Gustavsson, Thorbjörn; anställd vid SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. 2016. Intervju 25 april.

Betong är inte känsligt för fukt (Burström, 2014), kritisk relativ fuktighet ligger därför upp mot 90-95 % (Johansson m.fl. 2005), däremot kan byggfukt från betong orsaka problem i en byggnad om det inte hanteras på rätt sätt. Om en gjuten betongplatta inte får torka ut innan golvet läggs så kan fuktproblem i golven uppstå (Burström, 2014).

3.2.3 Användning av fuktskydd

Fuktskydd kan uppdelas i fuktspärr och ångspärr (Burström, 2014). Fuktspärren hindrar kapillärsugning och ångspärren hindrar enbart fukttransport i form av vattenånga. Fuktskydden utgörs olika plastfolier som används för att skydda fuktkänsliga material i en konstruktion.

I byggnader från 60- och 70-talet finns idag ofta stora otätheter (Bankvall, 2013). Detta består delvis av den för tiden gällande kunskapsbrist i hur ett fuktskydd skulle utformas och dels på grund av att de plastfolier och tätande material som användes idag har brutits ner och därmed fått en försämrad tätande effekt.

3.2.4 Sammanställning av andra material som kan ge hälsofarliga effekter

I byggbranschen utgör materialkostnaden mer än 40 % av den totala byggkostnaden (Burström, 2014). Att få ner kostnaden har därför varit av hög prioritet vid val av material och ibland har detta resulterat i att hälsofarliga material installerats i våra byggnader. I tabell 1 redovisas ett antal ämnen och material som i efterhand visat sig vara skadliga för människor.

Tabell 1 Hälsofarliga material och ämnen med användningsområden och påverkan.

Material	Beskrivning	Användningsområde	Påverkan
Asbest[1]	Asbest är ett samlingsnamn för ett antal olika mineralfibrer. Materialet kännetecknas av tålighet och beständighet.	Isolering, golvmaterial, fasadbeklädnad, takplattor, ledningsrör	Skadad lungvävnad och cancer
Asfaboard[2]	Asfaboard är en typ av träfiberskiva som i syfte att öka fuktresistensen har ytbehandlats med asfalt.	Vindskydd i ytterväggar	Dålig lukt
Flamskyddsmedel[3]	Flamskyddsmedel används för att förhindra att brand uppstår och sprider sig.	Brandskyddsfärger, tapeter, golvmaterial bl.a.	Reproduktions-störningar, cancer
Formaldehyd[4]	Bindemedel	Spånskivor, lacker och laminat	Dålig lukt och atopi hos barn
Freon[5]	Isolerande material	Isolering i byggnader, kylanläggningar och fjärrvärmerör	Skador på hjärtat och centrala nervsystemet
Ftalater[6]	Mjukgörande medel	PVC-mattor, målarfärg, lim, tätningsmedel, fogmassor bl.a.	Reproduktions-störningar, astma, eksem och allergiproblem
Stenkolstjära[7]	Stenkolstjära har i gamla byggnader använts som fuktspärr.	Källarvånings-konstruktioner	Dålig lukt och cancer

[1](KOMIN u.å. a)
[2](Burström, 2014)
[3](KOMIN u.å. b)
[4](KOMIN u.å. i)
[5](KOMIN u.å. d)
[6](KOMIN u.å. e)
[7](KOMIN u.å. h)

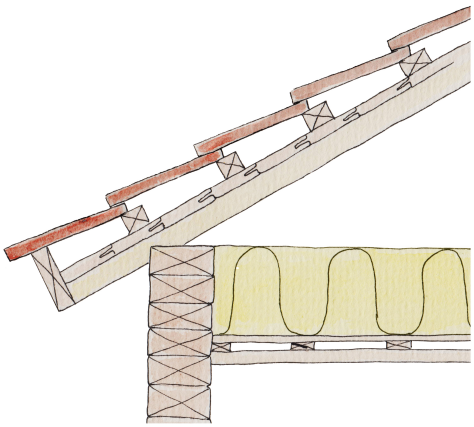
3.3 Konstruktionsdelar i hus: utformning och risker ur fuktsynpunkt

Konstruktioner ska utformas så att de ingående materialen inte riskerar att brytas ner eller avge föroreningar på grund av ogynnsamma förhållanden vad gäller fukt och temperatur. Grunder är känsliga för byggfukt och markfukt medan tak är mer känsliga

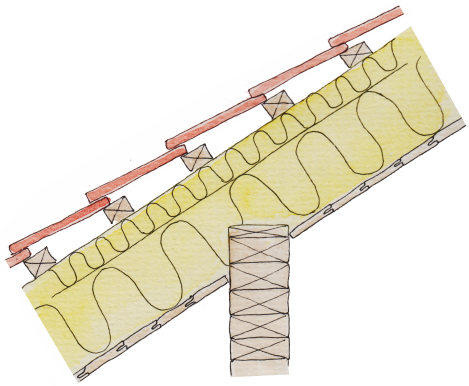
för fukt från inomhusluften och nederbörd (Burström, 2014). Avgörande i dessa fall är placering av isolering och tätskikt. Alla konstruktioner har sina svagheter, nedan listas de vanligaste konstruktionsdelarna för tak och grunder.

3.3.1 Tak: kall- och varmtakskonstruktioner

Takkonstruktioner kan delas in efter hur dess ventilationsförhållande ser ut; kalltak med full ventilation och varmtak som är helt oventilerade (Petersson, 2013). I kalltak finns ett yttertak placerat ovanpå ett isolerat vindsbjälklag, se figur 10 (Petersson, 2013). På så vis fås ett kallt utrymme, ventilerat med uteluft, däremellan. För att denna konstruktion ska fungera krävs att ingen fukt tar sig igenom yttertaket och att det eventuella fukttillskott som kommer från inomhusluften samt byggfukt får möjlighet att ventileras ut. Varmtaken utgörs av en kompakt takkonstruktion helt utan ventilation, se figur 11 (Petersson, 2013). Varmtaken kan utformas på olika sätt med olika material. Gemensamt för de flesta varmtakskonstruktionerna är att ingen fukt ska ta sig in genom varken yttertaket eller innertaket.



Figur 10 Kalltak, takutrymmet ventileras med utomhusluft för att ventilera ut fukt från nederbörd och inomhusluft. I bilden saknas plastfolien mellan isolering och bjälklag som krävs för att hindra fuktig inomhusluft att nå vinden.



Figur 11 Varmtak, en kompakt takkonstruktion utan ventilation. I bilden saknas plastfolien isolering och innertak.

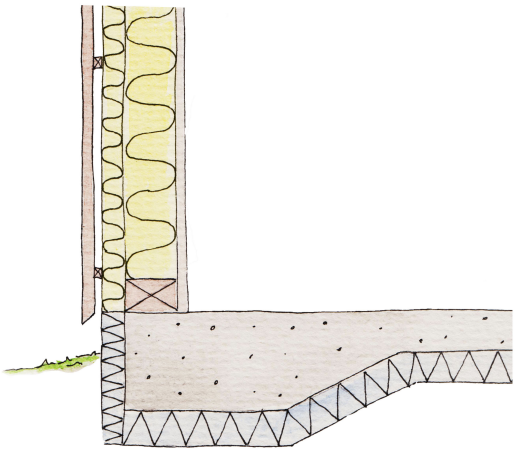
3.3.2 Husgrunder: platta på mark, källarväggar och krypgrunder

De vanliga grundkonstruktionerna i byggnader är platta på mark, källarväggar samt krypgrunder (Petersson, 2013). Gemensamt för samtliga grundläggningstyper är att marken måste dräneras och avvattnas. Ett dränerande lager placeras direkt under grundkonstruktionen för att undvika direktkontakt med markvatten. Avvattningen sker genom att marken runt huset lutar bort från huset för att transportera bort regnvatten.

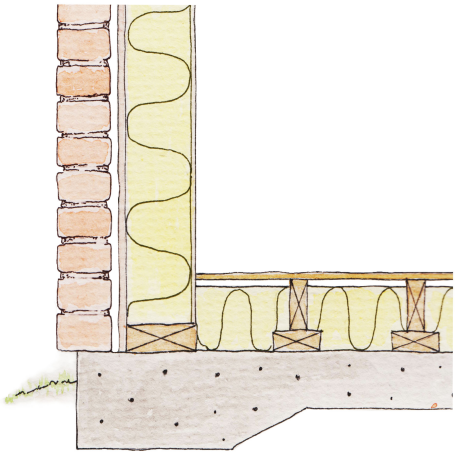
Platta på mark är, som det låter, en betongplatta placerad ovanpå det dränerande lagret (Petersson, 2013). Konstruktionen kan utformas på två sätt; värmeisolering över eller under betongplattan. Att placera isoleringen under plattan ger en varm och därmed torr betongplatta. Gemensamt för bägge varianter är att varken kapillärt suget vatten från undergrunden eller

byggfukt får förekomma samt att fukt från marken och inneluften måste tas hänsyn till, annars kan problem uppstå i golvet så som förtvålning av mattlim.

Med isoleringen placerad under betongplattan, se figur 12, blir plattan varmare än undergrunden vilket gör att fukt från mark inte ger en lika hög relativ fuktighet som om plattan vore kallare (Petersson, 2013). Isolering placerad ovan betongplattan, se figur 13, ger att plattan har samma temperatur som undergrunden och markfukten kommer därför motsvara 100 % relativ ånghalt. Mellan den fuktiga betongen och isoleringen placeras en fuktspärr. Då denna fuktspärr är kall finns risk att fuktig inneluft kondenserar och skadar träreglar som ligger i anslutning till plastfolien (Petersson, 2013,167)

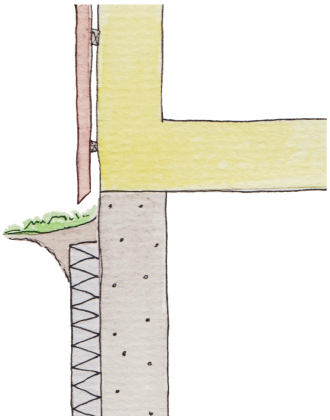


Figur 12 Platta på mark med isoleringen placerad under betongplattan, under isoleringen mot marken placeras en plastfolie.

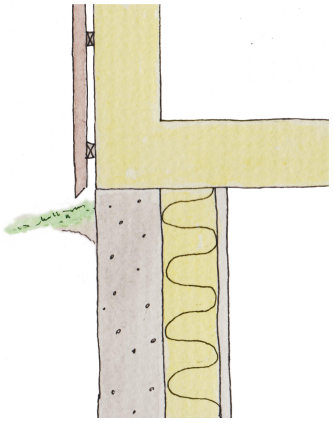


Figur 13 Platta på mark med isoleringen placerad ovan betongplattan. Ovanpå betongen placeras plastfolien.

Källarväggen ligger likt platta på mark ständigt i kontakt med marken (Petersson, 2013). Även här kan isoleringens placering variera: utvändig, se figur 14, eller invändig, se figur 15. Gemensamt för bägge typer är att vatten inte får tränga in från utsidan av väggen, varken fritt vatten eller kapillärt suget, inneluftens fukt och byggfukt får inte orsaka för hög fukthalt inuti väggen.



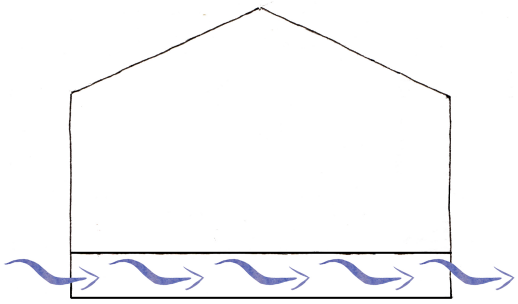
Figur 14 Källarvägg med isoleringen på utsidan, plastfolien placeras mellan isolering och mark.



Figur 15 Källarvägg med isoleringen placerad på insidan, plastfolien placeras mellan betongen och isoleringen.

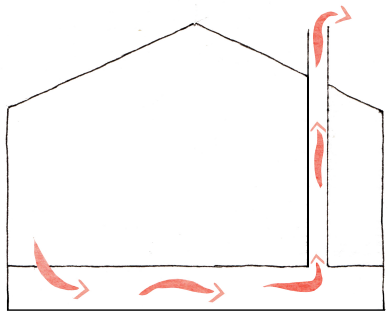
I en krypgrund står byggnaden på ett par grundmurar (Petersson, 2013). Byggnaden står då inte i kontakt med marken vilket ger att kapillärsugning ej kan uppstå. Krypgrunden kan vara ventilerad med utomhusluft, inomhusluft eller sakna ventilation.

De vanligaste krypgrunderna är uteluftsventilerade (Petersson, 2013). Eventuell fukt i krypgrunden ventileras bort med hjälp av uteluften, se figur 16, alltså har grunden och uteluften samma ånghalt. Sommartid kan detta vara ett problem, då krypgrunden är kall och varm uteluft med hög ånghalt kyls ner inne i krypgrunden och kondenserar mot bottenbjälklaget. Därför är det viktigt att tänka på materialval och att skydda de material som är fuktkänsliga, vilket kan ske med hjälp av värmeisolering.



Figur 16 Uteluftsventilerad krypgrund, en kall krypgrund där uteluft ventilerar ut eventuella fukttillskott

I en inneluftsventilerad krypgrund placeras värmeisoleringen mot marken och på så sätt skapas en varm krypgrund, se figur 17 (Petersson, 2013). Den fukt som når krypgrunden kommer då uteslutande från mark och inneluft och då krypgrunden har samma temperatur som inneluften undviks eventuella fuktproblem. Om någon konstruktionsdel däremot håller en lägre temperatur kan problem uppstå i och med fukten som inneluften för med sig. Men ett undertryck i grunden minskar risken för att lukt och skadliga ämnen kan ta sig in i byggnaden.



Figur 17 Inneluftsventilerad krypgrund, en varm krypgrund där inneluft ventilerar ut eventuella fukttillskott

4 Skadliga ämnen i en byggnad och dess hälsopåverkan på människan

I tidskriften Journal of Toxicology and Health sammanställer Annesi-Maesano m.fl. (2013) information om hälsoeffekter i skolor. Barn är mer känsliga mot skadliga ämnen än andra individer, vilket beror på att deras andningssystem, immunförsvar och centrala nervsystem inte är fullt utvecklade, i motsättning till vuxna personer. I det här kapitlet redogörs för de vanligaste skadliga ämnena i en byggnad samt vad de har för effekter på hälsan utifrån sammanställningen. Det ska dock nämnas att det fortfarande finns många oklarheter kring hur hälsa och inneklimat hänger ihop (Sundell, 2004).

Den enda oorganiska föroreningen som behandlades i sammanställningen var koldioxid. Alla studier i sammanställningen har på något sätt mätt hur stor koldioxidhalten inomhus var, men få redogör för vilka negativa hälsoeffekter som kan förekomma vid för höga halter. Det enda som påvisades var att höga halter av gasen kan orsaka astmaanfall hos individer med astma.

De organiska föroreningarna som har visat sig ha negativa effekter på hälsan kallas VOC. VOC står för Volatile Organic Compound och utgörs av organiska gaser som alkaner, alkener och aromater (Abel och Elmroth, 2008). I sammanställningen har VOC visat sig kunna orsaka allergier samt att risker för att få astma ökar med högre koncentrationer av ämnet. Ett specifikt ämne som ingår i VOC är formaldehyd. Formaldehyd uppmättes sällan i skolorna i sammanställningen, men hälsoeffekter till följd av exponering har kunnat påvisas. Ämnet bidrar till bland annat ökad astma och i större koncentrationer kan även formaldehyd associeras med luftvägsnedsättning.

De partikelformiga föroreningarna som redogörs för i sammanställningen är partiklar, allergener, bakterier, mögel och radon. Partiklar kan delas upp i PM10 (partiklar mindre än 10

mikrometer) och PM2,5 (partiklar mindre än 2,5 mikrometer). PM10 påvisades kunna orsaka hosta i stor utsträckning. PM2,5 var enbart beaktad i en studie där det visades att partiklar av den storleken kan utlösa andningsbesvär hos astmatiker.

I samtliga studier hittades höga koncentrationer av allergener, speciellt från katt och hund. Allergener utgör en risk för barn med allergier, vilka ofta upplever återkommande symptom i skolor i form av nysningar, nästäppa, rinnande näsor och kliande och röda ögon. Kattallergiska barn löper dessutom högre risk för att utveckla astma i miljöer med allergener. Mögelsporer i luften orsakar hosta och i vissa fall även försämrade luftvägar. Effekter av luftburna mikroorganismer har inte blivit undersökta i skolor, dock har bakterier i andra miljöer visat sig kunna utveckla astma.

Radon är en radioaktiv gas som vid långvarig exponering kan orsaka lungcancer hos människor (Folkhälsomyndigheten, 2015a). Radon redogjordes ej för i sammanställningen av Annesi-Maesano m.fl (2013), men enligt Folkhälsomyndigheten (2015a) är lungcancer en konsekvens av höga radonhalter och årligen beräknas cirka 500 fall av lungcancer vara kopplat till radonexponering.

Tabell 2 Sammanfattning av skadliga ämnen, vilken typ av ohälsa de kan ge och i vilka material de förekommer

Förorening	Symptom	Källa
Formaldehyd	Astma och luftvägsnedsättning	Spånskivor, färg, lim[1]
Flyktiga organiska ämnen, VOC	Allergier och astma	Byggnadsmaterial, människor[2]
Kvävedioxid	Allergier och andningssjukdomar	Förbränning, t.ex. från biltrafik[3]
Koldioxid	Astmaanfall hos astmatiker	Förbränning, utandningsluft[4]
Partiklar	Hosta	Människor, byggnadsmaterial, förbränning[5]
Allergener	Nysningar, nästäppa, rinnande näsor, irritation i ögon och astma	Djur, insekter, kvalster, mikroorganismer[6]
Mögel	Hosta och försämrade luftvägar	Fuktangripna organiska byggnadsmaterial[7]
Bakterier	Astma	Människor[8]
Radon	Lungcancer	Mark, vatten och luft[9]

[1](KOMIN u.å. i) [4](Elding u.å.) [7](Burström, 2014)
[2](KOMIN u.å. c) [5](KOMIN u.å. f) [8](Folkhälsomyndigheten, 2016)
[3](Naturvårdsverket, 2016) [6](Folkhälsomyndigheten, 2016) [9](Folkhälsomyndigheten, 2015a)

Undersökningen påvisar att ett dåligt inneklimat kan orsaka många olika sjukdomar. De vanligaste sjukdomarna som kommer från föroreningar i inomhusluften är nedsättning av andningssystemet. Sammanställningen visar också att barn med redan utvecklade allergier löper större risk för att utveckla nya sjukdomar.

5 Innemiljöutredningar i skolor: SWESIAQ-modellen och skolors byggnadstekniska status idag

Renoveringar av skolor för att få bukt med innemiljöproblem har visat sig vara komplicerade (Asikainen, 2009). Många renoveringar misslyckas vilket leder till att en byggnad kan behöva ett flertal renoveringar innan problemen åtgärdats. Skolor, som i övrigt varit fullt funktionsdugliga, har till och med rivits för att innemiljöproblemen kvarstått efter upprepade renoveringar. För att spara in både tid, pengar och miljö krävs att innemiljöutredningen fastställer korrekt orsak och föreslår en effektiv åtgärd.

Ett exempel på där innemiljön i en skola orsakat stora problem är Henåns skola på Orust (Jacobsson, 2015). Skolan invigdes 2011 och kostade 186 miljoner att bygga, drygt ett år senare fick den tömmas på grund av hälsoproblem. Skolan planeras att öppna igen hösten 2016 efter renoveringar av bland annat tak, golv och ventilationssystem, kostnaderna för dessa är sammanlagt budgeterade till över 90 miljoner kronor.

Maria Alm[3], innemiljöspecialist på Lokalförvaltningen i Göteborg, påtalar att många utredningskonsulter inte har tillräcklig kompetens. Då innemiljöfrågor är komplexa med många möjliga orsaker, önskar Alm, en ökad ödmjukhet från konsulterna inför problemen. Alm menar att det finns konsulter vars utbildning och bakgrund inte är bred nog för att kunna hantera givna frågor. Ett annat problem ligger i okunskap hos beställaren av utredningen, fastighetsägaren, som utan kunskap om byggnaden eller erfarenhet om innemiljöutredningar går in och riktar konsulten i vad som ska undersökas. Det har till och med funnits fall i skolor där föräldrar till eleverna krävt vissa mätningar utav rektorn utan någon som helst kunskap om hur mätningarna genomförs eller tolkning av resultaten. I dessa fall ligger bristen hos beställaren av utredningen. Men Alm menar, att med kompetenta konsulter undviks dessa problem då de kan påtala brister i beställarens krav.

Alm ser också en brist i att få konsulter dokumenterar luftrörelser på liknande sätt som vid exempelvis fuktmätningar. På samma sätt som att normala fuktkvoter skrivs in och reflekteras kring borde också ett tätt klimatskal beskrivas och uteslutas som transportväg av en förorening. Som utredningar ser ut idag kan det vara svårt att se hur en konsult tagit hänsyn till eventuella luftrörelser.

Vid anlitande av en utredare skiljs det på innemiljöutredningar och skadeutredningar. Skadeutredningar, menar Alm, handlar främst om då en incident orsakat problemen medan en innemiljöutredning är bredare och mer omfattande. Alm berättar att det här finns brister hos konsulter; skadeutredningar benämns ofta som innemiljöutredningar trots att bara enskilda och avgränsade undersökningar genomförts. Alm menar också att det är vanligt att konsulter tar sig an innemiljöutredningar trots att de inte har kompetensen som krävs vilket leder till att källan till problemen inte alltid kan fastställas.

SWESIAQ-modellen utgör en arbetsgång för utredare för att säkerställa att inga möjliga orsaker förbises (SWESIAQ, 2012). Alm menar att alla utredare bör ha SWESIAQ-modellen i åtanke när en utredning genomförs även om den inte uttalat är en SWESIAQ-utredning.

[3] Alm, Maria; innemiljöspecialist vid Lokalförvaltningen i Göteborg. 2016. Intervju 27 april.

Problemen vid användning av modellen, menar Alm, är då oerfarna utredare fastnar för detaljer som inte påverkar innemiljön. Detta kan leda till långdragna utredningar där kostnaderna blir stora.

Nedan redogörs för SWESIAQ-modellen som är en sammanställning av hur en bra innemiljöutredning bör utföras enligt dem. I kapitlet redogörs också för skolor i allmänhet och specifikt de skolor vars utredningar som har granskats i den här rapporten.

5.1 SWESIAQ-modellen: en standardiserad metod för innemiljöutredningar

SWESIAQ, Swedish Chapter of International Society of Indoor Air Quality and Climate, är en nationell avdelning inom ISIAQ, International Society of Indoor Air Quality and Climate, som är en internationell innemiljöorganisation (SWESIAQ u.å.). SWESIAQ-modellen är en generell metod för hur en innemiljöutredning bör utföras (SWESIAQ, 2012). Modellen är applicerbar på såväl arbetsplatser och skolor som bostadshus. Syftet med SWESIAQ-modellen är att visa den som beställer utredningen vilka krav som bör ställas på den anlitade innemiljöutredaren, ge innemiljöutredaren riktlinjer för hur en effektiv innemiljöutredning bör utföras och informera brukare om vilka orsaker som kan ge innemiljöproblem.

Utredningar enligt SWESIAQ-modellen baseras på en generell arbetsgång och uppdraget består alltid i att försöka hitta orsaker till det upplevda innemiljöproblemet (SWESIAQ, 2012). Orsaker kan härstamma från byggnaden eller verksamheten i byggnaden. När orsaken är fastställd föreslås åtgärder för att bli av med eller minska problemen. Om en beställare i tidigt skede vill begränsa uppdraget och fokusera utredningen på ett specifikt område kan inte utredningen kallas för en SWESIAQ-utredning.

Efter att uppdraget fastställts och innan en inventering kan påbörjas skapas en kontaktgrupp bestående av fastighetsägaren, en brukarrepresentant och innemiljöutredaren (SWESIAQ, 2012). Inventeringen utgår sedan enligt ett antal, av modellen, givna punkter (SWESIAQ, 2012):

1. *Fukt i byggnadskonstruktionen*
2. *Mikrobiell växt i byggnadskonstruktionen*
3. *Icke-mikrobiellt orsakade emissioner (gaser/partiklar) från byggnad och fast inredning*
4. *Luftföroreningar (gaser/partiklar) som alstras av verksamhet, möbler mm*
5. *Otillräcklig luftväxling/luftutbyteseffektivitet*
6. *Luftföroreningar som tillförs via tilluften*
7. *Förorenad luft som tränger in via tryckskillnader i byggnaden*

Samtliga punkter ska förutsättningslöst undersökas och utvärderas. Sedan sammanställs den insamlade informationen i en inventeringsrapport, som skrivs enligt angiven mall. Resultatet av inventeringen redovisas för kontaktgruppen och beställaren beslutar vilka ytterligare

undersökningar och eventuella åtgärder som ska genomföras. Fördjupade utredningar utförs och alla resultat redovisas i kontaktgruppen. Då samtliga utredningar slutförts sammanställer utredaren en slutrapport, enligt angiven mall. Slutrapporten ska innehålla all information som kommit från inventeringen samt de fördjupade utredningarna. Utredaren redovisar, utgående från denna information, vad som tros vara orsaken och ger därefter åtgärdsförslag. Efter diskussion i kontaktgruppen beslutar sedan beställaren om vilka åtgärder som ska utföras.

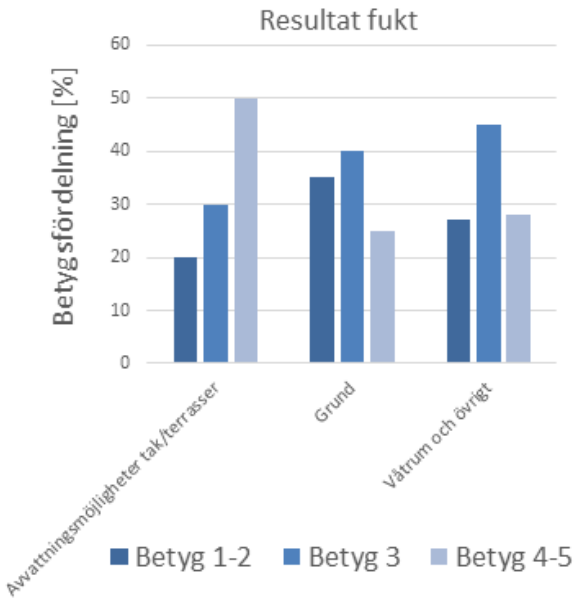
För bästa resultat bör sedan utredaren även anställas för att undersöka att åtgärderna utförts på ett korrekt sätt. För att kunna utvärdera resultatet av åtgärderna bör tekniska mätningar utföras före och efter åtgärden. Brukarnas hälsobesvär bör även undersökas. Efter denna uppföljning diskuteras om åtgärderna gett önskad effekt inom kontaktgruppen eller om ytterligare undersökningar och åtgärder är nödvändiga.

5.2 Byggnadsteknisk status på Sveriges skolor

Problem med innemiljön i skolor är idag vanligt förekommande. Då barn är känsligare än andra individer borde det vara av största vikt att få bukt med dessa problem. Statens energimyndighet har tillsammans med Boverket sammanställt en rapport, STIL2, för att ta fram förbättrad statistik om energianvändning samt inneklimat i lokaler (Statens energimyndighet, 2007). Rapporten är baserad på inventeringar i 131 skolor och förskolor som är statistiskt utvalda. Skolorna är utvärderade enligt ett antal punkter där de betygsatts enligt en betygsskala från 1-5. 1-2 innebär dålig status, 3 är normal status och 4-5 innebär god status.

Risken för fuktproblem har kontrollerats enligt tre punkter (Statens energimyndighet, 2007):

Avvattningsmöjligheter tak/terrasser
Grund
Våtrum och övrigt



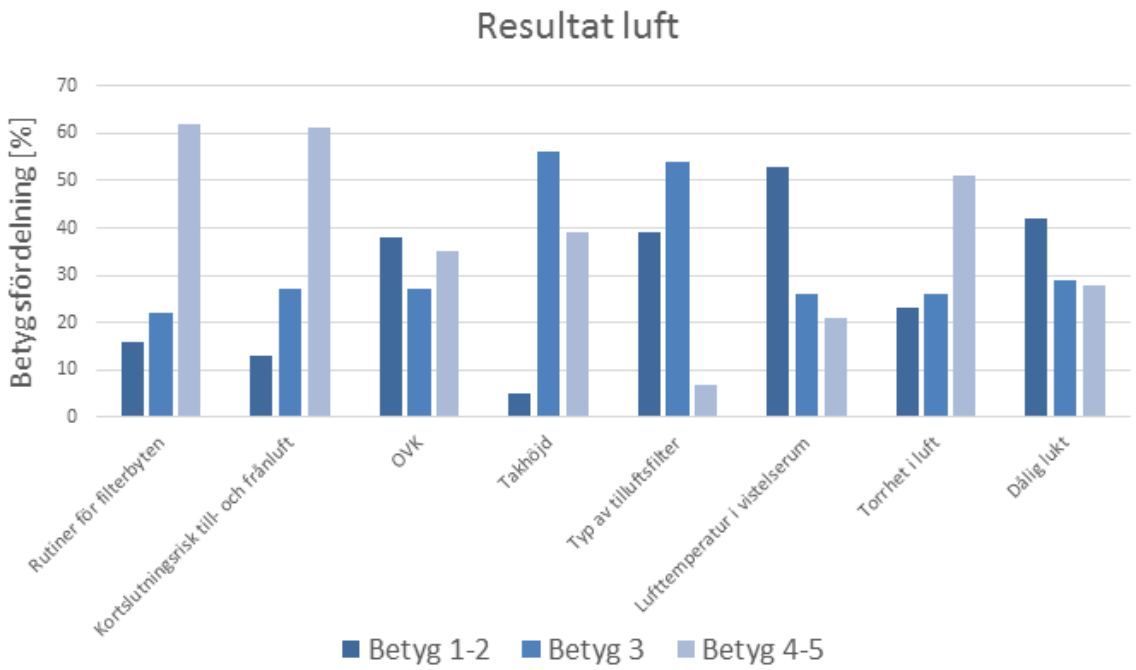
Figur 18 Resultat från fuktinventeringen från STIL2. Stor andel av fuktproblem (Betyg 1-3) märks i grunderna.

I figur 18 presenteras den procentuella andelen som fått respektive betyg i fuktinventeringen. I betygsättning av grunden innebär betyg 1-2 konstaterad fuktskada och betyg 3 innebär att det föreligger risk för skada. 75 % av de undersökta skolorna har fått betyget 3 eller lägre och i 35 % av fallen har fuktskada konstaterats (betyg 1-2), se figur 18. Av de skolor som fått betyg 3 eller lägre hade ca 60 % av dessa krypgrunder och detta utgör ca 80 % av de krypgrunder som studerats totalt sett. Totalt har 81 % av de studerade skolorna någon form av fuktproblem eller riskkonstruktion ur fuktsynpunkt (betyg 1-2 m.a.p. avvattningsmöjligheter, betyg 1-3 m.a.p. grund eller betyg 1-2 m.a.p. våtrum och övrigt).

Samband mellan de låga betygen på byggnaderna och byggår har setts i samtliga fuktfrågor. Problem med avvattning är vanligast på de byggnader som uppförts från 60-talet till 80-talet. Skolor byggda innan 90-talet är de som har störst problem med grunder och våtrum. Detta kan förklaras med att tätskiktens livslängd är begränsad.

Luften i skolorna har utvärderats efter åtta punkter (Statens energimyndighet, 2007):

Rutiner för filterbyten
Kortslutningsrisk till- och frånluft
OVK (obligatorisk ventilationskontroll)
Takhöjd
Typ av tilluftsfilter
Lufttemperatur i vistelserum
Torrhet i luft
Dålig lukt



Figur 19 Resultat från luftinventeringen i STIL2. Stor andel av betyg 1-2 märks i lufttemperatur i vistelserum och dålig lukt.

I figur 19 redogörs för betygen i varje inventeringspunkt. Av de studerade skolorna har 66 % fått betyg 1 eller 2 i någon av dessa frågor. De frågor där skolorna klarat sig allra sämst är "lufttemperatur i vistelserum", där 53 % fått betyg 1 eller 2, och "dålig lukt", där 42 % fått betyg 1 eller 2.

Samkörningar i databasen visar även att av de skolor där det upplevs luktproblem så finns det i ca 60 % av fallen en konstaterad fuktskada och 44 % har dessutom en icke-godkänd OVK. Risken för luktproblem tycks alltså öka om det redan finns fuktproblem och ytterligare om ventilationen är undermålig.

5.3 Beskrivning av Björkåsskolan och Trollängsskolan i Göteborg

I förra avsnittet konstaterades det att statusen på skolbeståndet idag inte är tillräckligt bra gällande innemiljö. I denna rapport undersöks därför statusen på två specifika skolor, dels genom studier av färdiga innemiljöutredningar och dels genom besök och mätningar. Nedan sammanställs bakgrund och förutsättningar gällande konstruktion och klimat för dessa skolor samt vad som framkommit i innemiljöutredningarna.

Trollängsskolan är belägen i Askim, Göteborg och byggdes på 1970-talet. I den aktuella byggnaden finns gymnastiksal med omklädningsrum samt sy- och träslöjd[4]. Byggnadskonstruktionen består av en trästomme med varmtak och en uteluftsventilerad krypgrund. Byggnaden ventileras med från- och tilluftsfläktar. Personal i skolan har klagat på att de upplever en obehaglig lukt. Den anlitade innemiljöutredaren har fastslagit att de upplevda problemen härrör från krypgrunden, se bilaga 1. I krypgrunden påträffades riklig påväxt på bjälklagets undersida. En slumpmässigt vald bit från en bräda i bjälklagets undersida har analyserats och det konstaterades att det förekom kloranisoler, som kommer från träskyddsmedel. Transportväg från krypgrunden till ovanliggande omklädningsrum har visats med hjälp av rökutvecklingsflaska, som avger en synlig rök som följer luftens rörelser, som indikerade ett tydligt luftdrag. För att åtgärda detta rekommenderar utredaren att installera en fläkt i krypgrunden för att generera ett undertryck mot ovanliggande rum.

Björkåsskolan byggdes på 1950-talet och är belägen i Västra Frölunda, Göteborg. Problem har upplevts bland annat i ett klassrum, Eken. Byggnaden består av en betongkonstruktion med varmtak[5]. Delar av byggnaden vilar på en krypgrund som med en kulvert är sammankopplad med det källarplan som övriga byggnaden vilar på, däribland Eken. Byggnaden har ett antal olika ventilationssystem, i Eken sker ventilationen med hjälp av självdrag. I skolan förekommer det dålig lukt i lokalerna och personalen upplever hälsoproblem. Speciellt dåligt inneklimat upplevs i Eken. En besiktning har gjorts av källaren, krypgrunden, rörkulverten och de ovanliggande klassrummen, se bilaga 2. I källaren under Eken har en spormätning gjorts som visade förhöjd halt av mögelsvampen aspergillus. Utöver detta har en mängd bråte hittats, kartonger lagrade mot väggar och golv, skräp på golvet samt affischer med påväxt. Inga transportvägar till rummen ovanför har hittats, men utredaren tror att de dåliga lukterna kommer från källaren i alla fall, eftersom luft brukar röra sig nerifrån

[4] Trollängsskolan i Göteborg. 2016. Platsbesök 26 februari.
[5] Björkåsskolan i Göteborg. 2016. Platsbesök 26 februari.

och upp. I krypgrund och rörkulvert uppmättes höga relativa fuktigheter och lokalt fanns det även fritt vatten på marken. Värdena för den relativa fuktigheten ligger vid de vedertagna gränsvärdena för mikrobiell tillväxt.

I krypgrunden och rörkulverten har mikrobiell påväxt påträffats på ett antal ställen. Spillning från gnagare påträffades också i krypgrunden. Från krypgrunden till rörkulverten har luftdrag observerats med hjälp av rökutvecklingsflaska. På entréplanet har fuktmätningar genomförts, vilket gav normala värden. Mögelsvampen aspergillus påträffades även i Eken, tillsammans med svampen penicillium, vilket utredaren anser vara avvikande mot övrig miljö.

Det rekommenderas av utredaren att källaren töms på skräp och bråte samt att det installeras ett avdunstningsskydd i krypgrunden, så att rätt klimat erhålls. Vidare rekommenderas noggrannare undersökningar av spormätningsresultat i Eken samt att de utrymmen som ännu inte är undersökta undersöks.

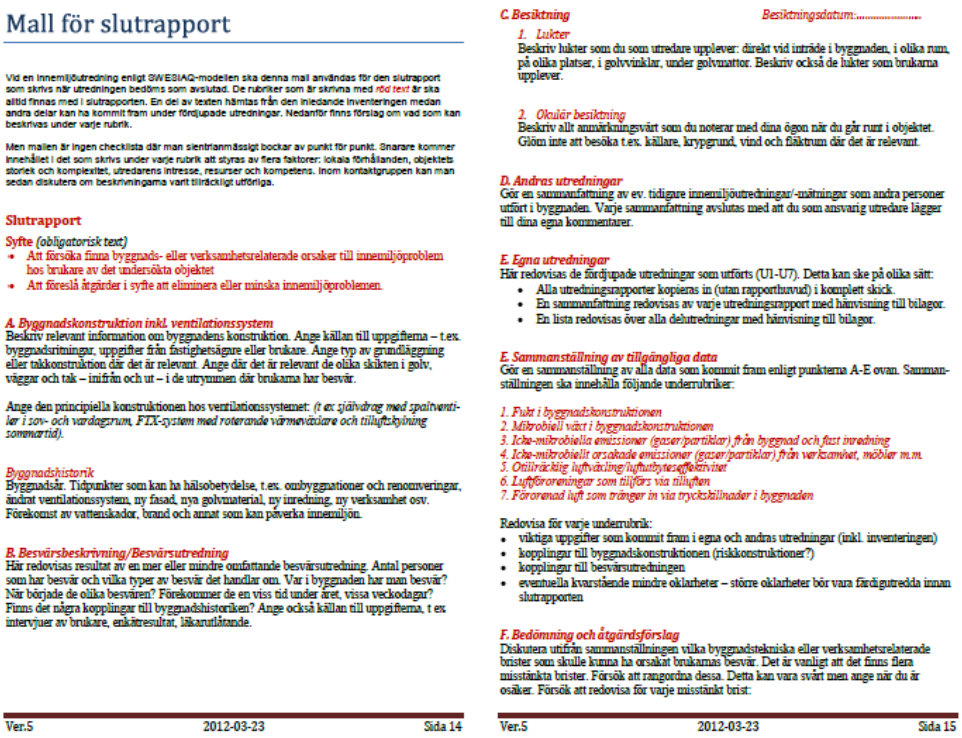
Bägge skolorna är belägna i Göteborg. Närhet till havet ger att relativt stora vindkrafter kan förekomma, vilket kan leda till oönskade luftrörelser. Normala vindförhållanden i området är uppmätta till 5-6 m/s för skyddad terräng (SMHI, 2014). Göteborg har ett årsmedelvärde i temperatur på 7,9 °C, ett lägsta värde på -4,0 °C i februari och ett högsta värde på 21,1 °C i juli (Petersson, 2013, 248). Variationer i temperatur påverkar de termiska drivkrafterna genom klimatskalet. Normalnederbörden för Göteborg ligger på 758 mm per år och antalet nederbördsdagar år 2015 var 184 stycken (SMHI, 2015). Nederbörd tillsammans med stark vind orsakar slagregn vilket ökar risken för fuktskador i ytterväggar.

6 Metodik för genomförande av projektet

Genomförandet kan delas i fyra delar. Första delen utgjordes av en granskning av innemiljöutredningar och jämförelse av dessa med SWESIAQ-modellens slutrapport för att påvisa eventuella brister. En läckagesökning genomfördes på Björkåsskolan för att kontrollera de antaganden som gjorts i innemiljöutredningen. En modell gjordes i CONTAM för att undersöka vind och temperaturskillnaders påverkan på luftflödena. Den avslutande delen bestod i en intervjustudie där erfarna innemiljöutredare fick delge sin uppfattning om rådande problem.

6.1 Innemiljöutredningar jämförs med SWESIAQ-modellens mall för slutrapport

Då enbart slutrapporter av innemiljöutredningar har analyserats har jämförelsen utgått från SWESIAQ:s mall för slutrapport, se figur 20. För att kunna bedöma hur väl utredningarna stämmer överens med SWESIAQ-modellen upprättades 24 påståenden, vilka speglar innehållet i mallen. De besvarades med ja, nej eller delvis uppfyllt, se bilaga 3.



Mall för slutrapport

Vid en innemiljöutredning enligt SWESIAQ-modellen ska denna mall användas för den slutrapport som skrivs när utredningen bedöms som avslutad. De rubriker som är skrivna med röd text är ska alltid finnas med i slutrapporten. En del av texten hämtas från den inledande inventeringen medan andra delar kan ha kommit fram under fördjupade utredningar. Nedanför finns förslag om vad som kan beskrivas under varje rubrik.

Men mallen är ingen checklista där man slentrianmässigt bockar av punkt för punkt. Snarare kommer innehållet i det som skrivs under varje rubrik att styras av flera faktorer: lokala förhållanden, objektets storlek och komplexitet, utredarens intresse, resurser och kompetens. Inom kontaktgruppen kan man sedan diskutera om beskrivningarna varit tillräckligt utförliga.

Slutrapport

Syfte (obligatorisk text)
- Att försöka finna byggnads- eller verksamhetsrelaterade orsaker till innemiljöproblem hos brukare av det undersökta objektet
- Att föreslå åtgärder i syfte att eliminera eller minska innemiljöproblemen.

A. Byggnadskonstruktion inkl. ventilationssystem
Beskriv relevant information om byggnadens konstruktion. Ange källan till uppgifterna – t.ex. byggnadsritningar, uppgifter från fastighetsägare eller brukare. Ange typ av grundläggning eller takkonstruktion där det är relevant. Ange där det är relevant de olika skikten i golv, väggar och tak – inifrån och ut – i de utrymmen där brukarna har besvär.

Ange den principiella konstruktionen hos ventilationssystemet: *(t ex självdrag med spaltventiler i sov- och vardagsrum, FTX-system med roterande värmeväxlare och tilluftskylning sommartid).*

Byggnadshistorik
Byggnadsår. Tidpunkter som kan ha hälsobetydelse, t.ex. ombyggnationer och renoveringar, ändrat ventilationssystem, ny fasad, nya golvmaterial, ny inredning, ny verksamhet osv. Förekomst av vattenskador, brand och annat som kan påverka innemiljön.

B. Besvärsbeskrivning/Besvärsutredning
Här redovisas resultat av en mer eller mindre omfattande besvärsutredning. Antal personer som har besvär och vilka typer av besvär det handlar om. Var i byggnaden har man besvär? När började de olika besvären? Förekommer de en viss tid under året, vissa veckodagar? Finns det några kopplingar till byggnadshistoriken? Ange också källan till uppgifterna, t ex intervjuer av brukare, enkätresultat, läkarutlåtande.

Ver.5 2012-03-23 Sida 14

C. Besiktning Besiktningsdatum:.....

1. Lukter
Beskriv lukter som du som utredare upplever: direkt vid inträde i byggnaden, i olika rum, på olika platser, i golvvinklar, under golvmattor. Beskriv också de lukter som brukarna upplever.

2. Okulär besiktning
Beskriv allt anmärkningsvärt som du noterar med dina ögon när du går runt i objektet. Glöm inte att besöka t.ex. källare, krypgrund, vind och fläktrum där det är relevant.

D. Andras utredningar
Gör en sammanfattning av ev. tidigare innemiljöutredningar/-mätningar som andra personer utfört i byggnaden. Varje sammanfattning avslutas med att du som ansvarig utredare lägger till dina egna kommentarer.

E. Egna utredningar
Här redovisas de fördjupade utredningar som utförts (U1-U7). Detta kan ske på olika sätt:
- Alla utredningsrapporter kopieras in (utan rapporthuvud) i komplett skick.
- En sammanfattning redovisas av varje utredningsrapport med hänvisning till bilagor.
- En lista redovisas över alla delutredningar med hänvisning till bilagor.

E. Sammanställning av tillgängliga data
Gör en sammanställning av alla data som kommit fram enligt punkterna A-E ovan. Sammanställningen ska innehålla följande underrubriker:

1. Fukt i byggnadskonstruktionen
2. Mikrobiell växt i byggnadskonstruktionen
3. Icke-mikrobiella emissioner (gaser/partiklar) från byggnad och fast inredning
4. Icke-mikrobiellt orsakade emissioner (gaser/partiklar) från verksamhet, möbler m.m.
5. Otillräcklig luftväxling/luftutbyteseffektivitet
6. Luftföroreningar som tillförs via tilluften
7. Förorenad luft som tränger in via tryckskillnader i byggnaden

Redovisa för varje underrubrik:
- viktiga uppgifter som kommit fram i egna och andras utredningar (inkl. inventeringen)
- kopplingar till byggnadskonstruktionen (riskkonstruktioner?)
- kopplingar till besvärsutredningen
- eventuella kvarstående mindre oklarheter – större oklarheter bör vara färdigutredda innan slutrapporten

F. Bedömning och åtgärdsförslag
Diskutera utifrån sammanställningen vilka byggnadstekniska eller verksamhetsrelaterade brister som skulle kunna ha orsakat brukarnas besvär. Det är vanligt att det finns flera misstänkta brister. Försök att rangordna dessa. Detta kan vara svårt men ange när du är osäker. Försök att redovisa för varje misstänkt brist:

Ver.5 2012-03-23 Sida 15

Figur 20 SWESIAQ-modellens mall för slutrapport

6.2 Läckagesökning på Björkåsskolan för att undersöka luftflöden till Eken

På Björkåsskolan har det upplevts problem i bland annat ett rum, Eken, som används som fritids. Enligt utredaren härrör de upplevda problemen i fritidsutrymmet från problem som finns i källaren under, se bilaga 2, trots att luftvägar mellan utrymmena inte kunnat påvisats.

För att undersöka möjliga transportvägar från källaren till rummet Eken har det utförts en läckagesökning, en spårgasmätning. Spårgasen används för att upptäcka läckor (Sherman, 1990) och den bör vara lätt att koncentrationsmäta. Vid mätningen användes koldioxid som spårgas, en hög koncentration skapades i ett rum i källaren rakt under Eken. En koncentrationsmätning utfördes sedan i Eken för att upptäcka eventuella läckagevägar.

Läckagesökningen utfördes under eftermiddagen den 22 april 2016 och pågick i cirka 2,5 timmar. Till mätningen användes en brandsläckare för att sprida koldioxid i källaren, tejp och plastfolie för tätning, två spårgasmätare av modellen "Testo 535" för att mäta koldioxidhalterna i rummen samt en omblandningsfläkt för att blanda koldioxiden med rumsluften i källarutrymmet. För att underlätta luftens transport upp till Eken skapades det dessutom ett kraftigt undertryck i Eken. Undertrycket skapades med hjälp av en blower door-fläkt, se figur 21, som är en utrustning för att utföra trycktest (Gorse, Johnston och Pritchard, 2013).

Figur 21 Blower-door monterad i ett fönster i Eken, fläkten driver ut luften och skapar ett invändigt undertryck

Det första som gjordes på plats var tätning av alla otätheter i de bägge rummen, så som fönster, dörrar och ventiler, för att förhindra att luft förflyttade sig till övriga utrymmen. Sedan släpptes koldioxid ut upp till en halt på cirka 5300 PPM i källaren. Samtidigt startades blower door-fläkten i Eken. Klockan 16:15 då koldioxidhalten i källarutrymmet hade legat oförändrad runt 5300 PPM i cirka 30 minuter, släpptes ännu mer koldioxid ut upp till 10000 PPM. Koldioxidhalten låg sedan oförändrad i cirka 20 minuter innan alla tätningarna i källaren togs bort.

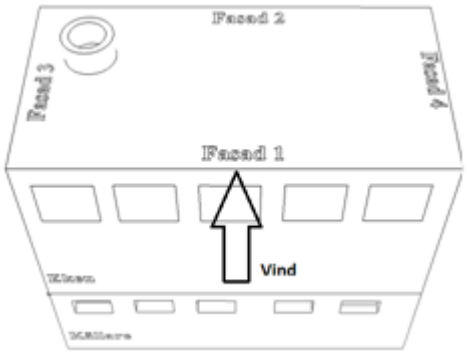
Under tiden mätningen pågick, registrerades halterna kontinuerligt både i Eken och källaren. Mätningen avslutades klockan 17:10 samma dag.

6.3 Genomförande av CONTAM-simuleringar för analys av luftrörelser

CONTAM är ett datorprogram med syfte att modellera luftflöden och partikelkoncentrationer i en byggnad (NIST, 2013). Luftflödena beräknas med hänsyn till infiltration, exfiltration, mekaniska luftflöden, vindtryck på ytterväggar samt skorstenseffekten. Partikelkoncentrationerna beror på hur luften transporterar luftburna partiklar.

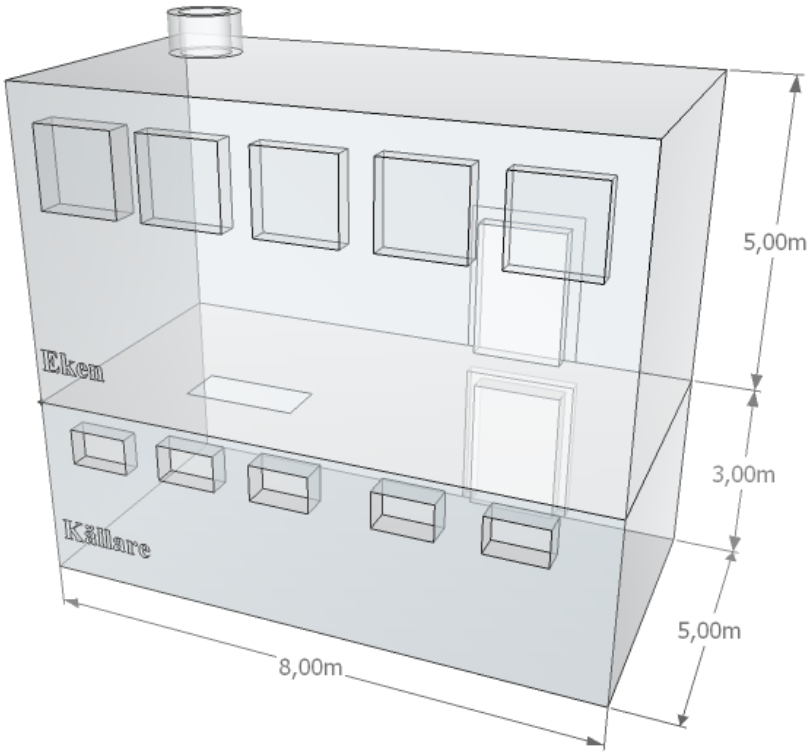
Användaren ritar upp en förenklad byggnadsmodell och ansätter geometri, otätheter, temperaturer samt ventilation. Med hänsyn till givna indata görs sedan en simulering där CONTAM, med hjälp av "Power law", se avsnitt 2.2.2, beräknar tryck och luftflöden mellan zoner i byggnaden (NIST, 2013). CONTAM är baserat på en rad antaganden; välblandade zoner, lagen om massans bevarande och CONTAM tar ej hänsyn till termiska effekter annat än skorstenseffekten (NIST, 2013).

Som komplettering till läckagesökningen på Björkåsskolan har det gjorts 27 simuleringar i CONTAM. Samtliga simuleringar har utförts under stationära förhållanden, vid 10 av dessa har det med hjälp av en fläkt skapats ett undertryck i Eken på cirka 50 Pa. Testerna undersöker luftflöden från källaren till Eken vid olika inne- och utetemperaturer samt med och utan vindpåverkan. Gällande vindens inverkan så antas att vinden ha en hastighet på 10 m/s (från lokal väderstation), för vindberäkningar se bilaga 4, och blåsa (sydligt) rakt mot långsidan av byggnaden, se figur 22.



Figur 22 Överblick över CONTAM-modellen med vindriktning mot fasad 1

Den byggda modellen består av två zoner som representerar klassrummet Eken på övervåningen och ett lika stort rum i källaren, se figur 23. Måtten på byggnaden baseras på information från tillgängliga ritningar på skolan samt platsbesök. I modellen ingår varken närliggande rum till Eken eller övriga rum i källaren. Denna förenkling grundar sig i avsaknaden på information om andra rum och hur luftotätheterna ser ut där. Den nuvarande modellen med två zoner baseras på ett antal antaganden gällande bland annat val av dörr, fönster, täthetsförhållanden i rummen med mera. Att ta med fler rum skulle kräva fler antaganden och därmed ge en större osäkerhet kring modellen.



Figur 23 Överblick över CONTAM-modellen med mått och läckage. Rummet har tre sidor som angränsar till närliggande klassrum och korridor samt en sida som vetter mot uteluften. Läckage finns kring fönster och dörrar såväl som ett i taket och ett mellan rummen.

De läckage som har placerats i de olika zonerna i modellen redovisas i tabell 3. I källaren har det placerats en föroreningskälla med en alstring på $2{,}15\times10^{-19}$ kg/s för att kunna undersöka om någon luft kan transporteras upp från källaren till Eken. De två zonerna är kopplade till varandra med ett litet läckage på 1 cm^2, då otätheterna i rummen är okända. Efter genomförd läckagemätning var det meningen att modellen skulle uppdateras med de faktiska läckagevärdena, men då mätningen inte visade på några flöden mellan rummen gjordes inga ändringar i modellen, se avsnitt 7.3.

Tabell 3 Antal och storlek på läckage i Eken och källaren. Dörrläckagen är modellerade med öppen dörr.

	Fönsterläckage	Dörrläckage	Takläckage	Läckage Källare-Eken
Antal, Källare	5	1	-	1
Läckagestorlek per enhet	2 cm^2	2,1 m^2	-	1 cm^2
Antal, Eken	5	1	1	1
Läckagestorlek per enhet	4 cm^2	2,1 m^2	1,6 cm^2	1 cm^2

6.4 Genomförande av intervjustudie med innemiljökonsulter i Göteborg

Med syfte att se hur konsulter inom innemiljö- och skadeutredningar reflekterar kring olika konstruktionstyper och byggnadsmaterial och vilka innemiljöproblem som är relaterade till dessa har en intervjustudie genomförts. Vidare har det också undersökts hur väl de reflekterar kring luftrörelser och tryckskillnader. Genom att intervjua konsulter vars arbetsuppgift omfattar eller har omfattat innemiljöutredningar fås en bild av hur arbetet ser ut.

Totalt har fyra, drygt en timma långa intervjuer genomförts med konsulter på deras kontor i Göteborg. Dessa konsulter valdes ut genom en sökning över företag som gjorde innemiljöutredningar i närområdet. Före intervjuerna sammanställdes ett frågeformulär, se bilaga 5, och samma frågor har ställts till de olika konsulterna för att få ett så likartat underlag som möjligt vid sammanställning och jämförelse av de olika svaren. Deltagande konsulter är Jim Althinsson[6], VD för byggskadeutredningsföretaget NOBAB, Patrik Andersson[7] anställd på Dry-IT, en konsultfirma inom energi, fukt och miljö, Mattias Ivarsson[8] anställd hos byggföretaget NCC och Lars Ekberg[9], anställd hos Chalmers dotterföretag CIT.

Frågorna är formulerade så att det framgår vilken bakgrund och utbildning varje konsult har och vilka arbetsuppgifter de har i dagsläget. Fokus har sedan varit att få konsulten att så fritt som möjligt beskriva sina arbetsmetoder och vilka svårigheter och utmaningar det finns inom yrket.

7 Resultat

I resultat presenteras jämförelsen med SWESIAQ:s slutrapport, vilken visar att skolorna uppfyller 50 % av de krav som slutrapporten ställer. I läckagesökningen i Björkåsskolan hittades inga läckagevägar och i CONTAM-modellen, där samma skola har använts som mall, visas att lufttransporten blir 1,61 gånger större när det blåser. Resultat och analys av intervjustudierna stärker tesen om att utredningsmetodiken kan vara enkelspårig.

[6] Althinsson, Jim; VD för NOBAB i Göteborg. 2016. Intervju 22 mars.
[7] Andersson, Patrik; anställd hos Dry-IT i Göteborg. 2016. Intervju 8 mars.
[8] Ivarsson, Mattias; anställd hos NCC i Göteborg. 2016. Intervju 22 mars.
[9] Ekberg, Lars; anställd hos CIT i Göteborg. 2016. Intervju 15 april.

7.1 Jämförelse av innemiljöutredningar med SWESIAQ: Trollängsskolan och Björkåsskolan

Tabell 4 Beskrivning av vilka delar av utredningen för Trollängsskolan som görs i linje med SWESIAQ-modellens slutrapport Andelen uppfyllda påståenden uppgår till 50 %.

Trollängskolan			
Påstående	Ja	Nej	Delvis
Det finns namn på utredningen.	X		
Det beskrivs vilken verksamhet som bedrivs i byggnaden samt hur många och vilken typ av brukare som förekommer.			X
Byggnadens adress och fastighetsbeteckning anges samt eventuella avgränsningar.	X		
Uppgifter om fastighetsägare och beställare anges.	X		
Namn och kontaktuppgifter på de som ansvarar för utredningen.	X		
Typ av ventilationssystem i objektet anges.		X	
Där det är relevant beskrivs typ av byggnadskonstruktion.	X		
Byggnadshistorik i form av byggår, ombyggnationer och renoveringar redogörs för.		X	
En besvärsbeskrivning görs.		X	
Besiktning beskrivs där utredaren beskriver lukter.	X		
En okulär besiktning beskrivs.	X		
Tidigare utredningar med tillhörande kommentarer från ansvarig utredare finns.		X	
Egna utredningar och delutredningar som har gjorts har sammanfattats i utredningen.			X
Hela egna utredningar och delutredningar som har gjorts har lagts in som bilagor.			X
En beskrivning av fukt i byggnadskonstruktionen har gjorts.	X		
En beskrivning av mikrobiell växt i byggnadskonstruktionen har gjorts.	X		
En beskrivning av icke-mikrobiella emissioner från byggnad och fast inredning har gjorts.	X		
En beskrivning av icke-mikrobiella orsakade emissioner från verksamhet, möbler, etc. har gjorts.		X	
En beskrivning av otillräcklig luftväxling/luftutbyteseffektivitet har gjorts.		X	
En beskrivning av luftföroreningar som tillförs via tilluften har gjorts.		X	
En beskrivning av förorenad luft som tränger in via tryckskillnader i byggnaden har gjorts.		X	

Byggnadstekniska eller verksamhetsrelaterade brister som har orsakat de upplevda besvären redogörs för.	X		
Vilka de olika tänkta åtgärderna kan vara beskrivs.	X		
En kostnadsuppskattning för åtgärderna anges.		X	
Antal	12	9	3
Andel	50 %	37,5 %	12,5 %

I tabell 4 har vissa påståenden besvarats med ett delvis. Det beror bland annat på att det i utredningen inte anges hur många brukare som använder sig av byggnaden. Dock framgår det att det är en skola samt en slöjdsal det handlar om. Vidare beror det på att de egna utredningarna som sammanfattas är vad de kemiska analyserna redogjorde för och att det saknas sammanfattningar av hur de upplevda besvären utreddes.

Tabell 5 Beskrivning av vilka delar av utredningen för Björkåsskolan som görs i linje med SWESIAQ-modellen. Antal uppfyllda påstående uppgår till 50 %.

Björkåsskolan			
Påstående	Ja	Nej	Delvis
Det finns namn på utredningen.	X		
Det beskrivs vilken verksamhet som bedrivs i byggnaden samt hur många och vilken typ av brukare som förekommer.			X
Byggnadens adress och fastighetsbeteckning anges samt eventuella avgränsningar.	X		
Uppgifter om fastighetsägare och beställare anges.	X		
Namn och kontaktuppgifter på de som ansvarar för utredningen.	X		
Typ av ventilationssystem i objektet anges.	X		
Där det är relevant beskrivs typ av byggnadskonstruktion.	X		
Byggnadshistorik i form av byggår, ombyggnationer och renoveringar redogörs för.		X	
En besvärsbeskrivning görs.			X
Besiktning beskrivs där utredaren beskriver lukter.	X		
En okulär besiktning beskrivs.	X		
Tidigare utredningar med tillhörande kommentarer från ansvarig utredare finns.		X	
Egna utredningar och delutredningar som har gjorts har sammanfattats i utredningen.			X
Hela egna utredningar och delutredningar som har gjorts har lagts in som bilagor.			X
En beskrivning av fukt i byggnadskonstruktionen har gjorts.	X		
En beskrivning av mikrobiell växt i byggnadskonstruktionen har gjorts.	X		
En beskrivning av icke-mikrobiella emissioner från byggnad och fast inredning har gjorts.		X	

En beskrivning av icke-mikrobiella orsakade emissioner från verksamhet, möbler, etc. har gjorts.		X	
En beskrivning av otillräcklig luftväxling/luftutbyteseffektivitet har gjorts.			X
En beskrivning av luftföroreningar som tillförs via tilluften har gjorts.		X	
En beskrivning av förorenad luft som tränger in via tryckskillnader i byggnaden har gjorts.		X	
Sammanställning av byggnadstekniska eller verksamhetsrelaterade brister som orsakat de upplevda besvären redogörs för.	X		
Vilka de olika tänkta åtgärderna kan vara beskrivs.	X		
En kostnadsuppskattning för åtgärderna anges.		X	
Antal	12	7	5
Andel	50 %	29,2 %	20,8 %

Här följer en förklaring till varför vissa påståenden har besvarats med ett delvis i tabell 5. Det anges inte i utredningen hur många brukare som använder sig av byggnaden. I besvärsbeskrivning framkommer det inte hur många det är som upplever besvären eller hur länge besvären har funnits. Alla hela utredningar och delutredningar finns ej med i utredningen, enbart vissa. Otillräcklig luftutbyteseffektivitet kontrolleras inte, men en slutsats om luftväxling dras i och med att fukttillskottet inomhus är för högt.

7.2 CONTAM-simuleringar med varierande vind- och temperaturförhållanden

De framtagna värdena från simuleringar i CONTAM visar på variationen i luftflöde vid ändring av temperaturer och vind. Resultaten från alla 27 tester redovisas i tabell 6.

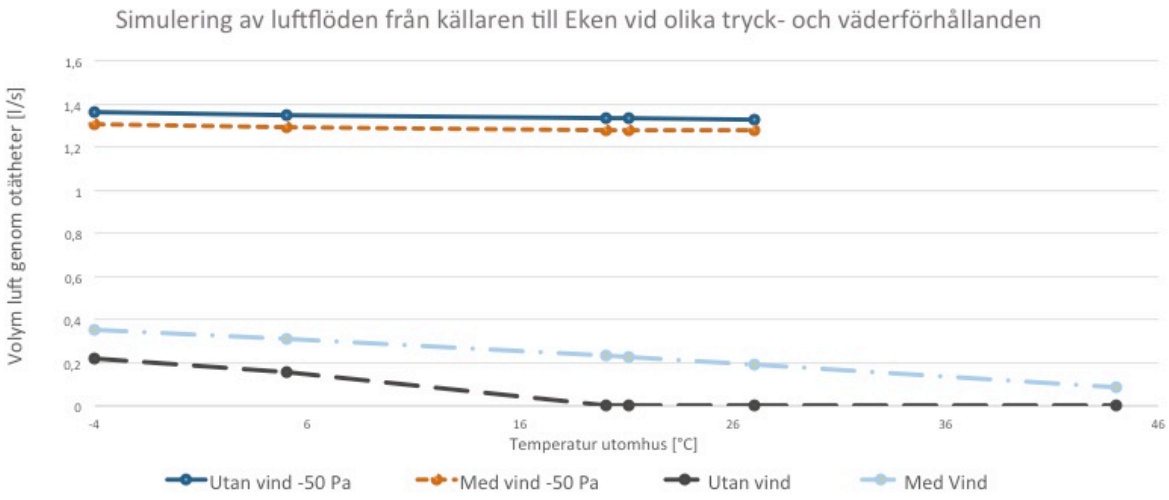
Tabell 6 Resultat från CONTAM-simuleringar. Test 6 visar att i fallet utan vind fås störst flöde vid en låg utetemperatur. Test 17 med samma förutsättningar men med vind fås en ytterligare ökning i flöde. Test 26 visar på att eventuella temperaturskillnader mellan Eken och källaren är av ringa betydelse. Fullständig in- och utdata återfinns i bilaga 4.

Test nr.	Förut-sättning i Eken (Pa)	Eken (℃)	Källare (℃)	Ute-temperatur (℃)	Vind-hastighet ($\frac{m}{s}$)	ΔP över läckaget mellan rummen (Pa)	Luftflöde Källare➔ Eken ($\frac{l}{s}$)
1		20	20	44	0	2,7	0
2		20	20	27	0	0,8	0
3		20	20	21.1	0	0,1	0
4		20	20	20	0	– 0,0	0
5		20	20	5	0	– 1,9	0,160
6		20	20	– 4	0	– 3,2	0,221
7	– 50	20	20	27	0	– 49,6	1,33
8	– 50	20	20	21.1	0	– 49,9	1,33

9	– 50	20	20	20	0	– 50	1,34
10	– 50	20	20	5	0	– 51,0	1,35
11	– 50	20	20	– 4	0	– 51,6	1,36
12		20	20	44	10	– 0,7	0,0848
13		20	20	27	10	– 2,6	0,194
14		20	20	21.1	10	– 3,3	0,227
15		20	20	20	10	– 3,4	0,233
16		20	20	5	10	– 5,3	0,311
17		20	20	– 4	10	– 6,6	0,357
18	– 50	20	20	27	10	– 46,7	1,28
19	– 50	20	20	21.1	10	– 47,0	1,28
20	– 50	20	20	20	10	– 47,0	1,28
21	– 50	20	20	5	10	– 47,5	1,29
22	– 50	20	20	– 4	10	– 48,8	1,31
23		20	2	5	0	– 4,2	0,27
24		20	17	– 4	0	– 3,0	0,214
25		20	17	– 4	10	– 6,4	0,352
26		20	– 1	– 4	0	– 1,8	0,159
27		20	– 1	– 4	10	– 5,2	0,318

Resultaten visar att luftflödet mellan källare och Eken är beroende av inom- och utomhustemperaturer. Flödet är som störst när utetemperaturen är lägst, alltså under vintertid, och när vinden blåser mot byggnaden. Skillnaderna i värden från de olika testerna visar att vinden har betydelse för hur stora luftflödena mellan källare och Eken blir. Vid test 6, där utetemperaturen är -4°C och ingen vind blåser mot byggnaden är luftflödet från källare till Eken 0,221 l/s. Vid samma utetemperatur när vinden blåser mot byggnaden, test 17, är luftflödet 0,357 l/s vilket är 1,62 gånger större än flödet vid test 6. Vindens påverkan på luftflödena ses i figur 24.

Test 12, där utetemperaturen är 44°C och 20°C inomhus, gjordes för att undersöka hur lika stora temperaturskillnader, det vill säga 24°C, som i fallet där utetempraturen var -4°C och innetemperaturen 20°C, skulle påverka luftflödet mellan rummen. Resultatet visar att luftflödet blir lägre vid en hög utetemperatur än en låg utetemperatur. Detta kan förklaras med att luftens densitet $\rho(T)$ är beroende av luftens temperatur, när temperatur sjunker ökar densiteten icke-linjärt. Luftens densitetsskillnad för temperaturer på -4°C och 20°C är större än densitetsskillnaden för temperaturer på 20°C och 44°C. Dessutom, i vinterfallet, där kall luft med högre densitet tar sig in i byggnaden, expanderar luften och skapar ett större tryck. Medan i sommarfallet då varm uteluft, med lägre densitet, kyls ner i byggnaden komprimeras den vilket inte leder till något övertryck.

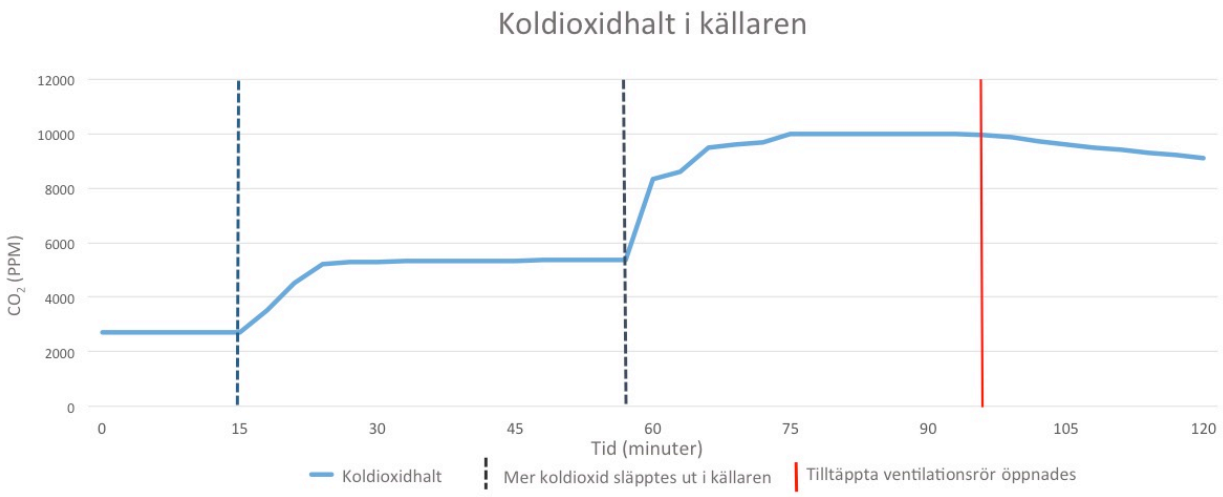


Figur 24 Diagram över luftflöden från källaren till Eken beroende på tryck och vind. Här visas betydelsen av vindens påverkan, som uppgår till 10 m/s. Med ett undertryck på 50 Pa i Eken blir vind och temperaturernas betydelse mindre.

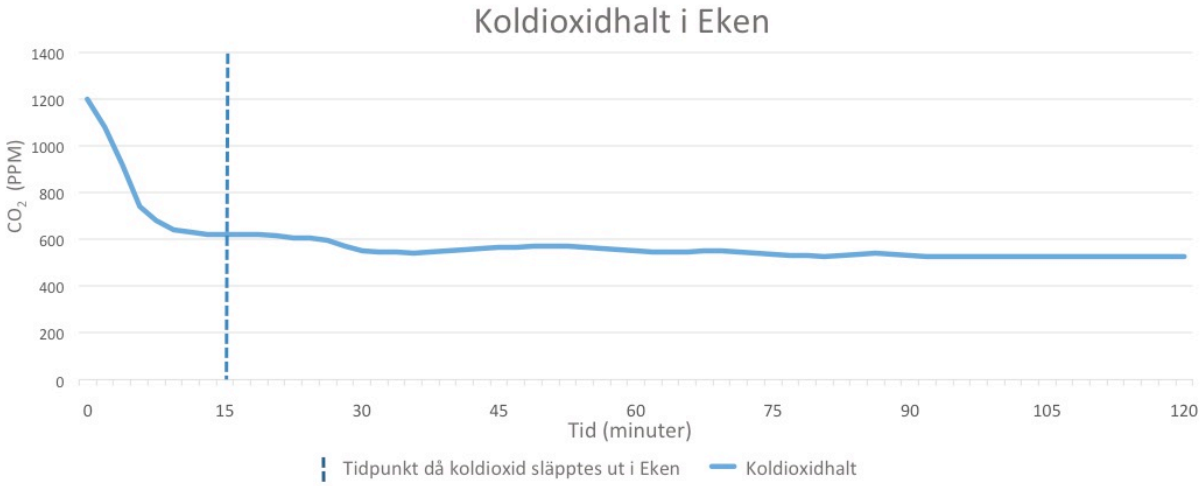
Simuleringar med ett undertryck på 50 Pa i Eken visar att temperaturförhållanden inte påverkar luftflödet från källare till Eken avsevärt, med en ökning på cirka 2 % från lägsta till högsta värdet. Det spelar alltså ingen stor roll när under året läckagesökningen utförs. Mätresultatet bör bli det samma oavsett utetemperatur. Detta syns i grafen ovan.

7.3 Resultat av läckagesökning i Björkåsskolan

Trots väldigt höga halter av koldioxid i källaren under väldigt lång tid, upptäcktes inga haltökningar i Eken. Resultatet från mätningen tyder på att det inte finns några lufttransportvägar mellan rummet i källaren och Eken. Koldioxidhalterna i källaren och Eken redovisas i figur 25 och figur 26. Det höga värdet som syns tidigt i Eken beror på en hög koncentration vid start som vädrades ut innan mätningen påbörjades.



Figur 25 Diagram över hur koldioxidhalten förändras i källaren. Ingen koncentrationsminskning märktes förrän tätningar avlägsnats.



Figur 26 Diagram över hur koldioxidhalten förändras i Eken. Det initiala höga värdet uppmättes innan mätningen startades och vädrades ut innan koldioxid släpptes i källaren. Ingen koncentrationsökning märktes i Eken.

7.4 Analys av intervjuer med innemiljöutredare

I resultatet av intervjustudien framgår det att alla konsulter känner till SWESIAQ-modellen, även de som inte använder modellen i sitt arbete. Det finns en samsyn att modellen på grund av sin omfattning ökar chanserna för att alla tänkbara orsaker till ett innemiljöproblem ska upptäckas. Två av fyra konsulter har använt sig av modellen i sitt arbete och ett av företagen profilerar sig som ett företag som gör innemiljöutredningar enligt SWESIAQ. Det framgår också att det, för konsulter inriktade på fuktskadeutredningar, finns en annan välutvecklad arbetsmodell kallad "Diagnosmetodik för fuktskador" skriven av Lars-Olof Nilsson, professor vid Lunds universitet.

Resultatet visade på enighet om vikten av att få så mycket information som möjligt om byggnaden för att kunna påbörja en effektiv utredning. Brister finns framför allt i äldre fastigheter där information om ombyggnader och tillbyggnader inte dokumenterats eller då dokumentationen försvunnit under årens gång. Det är också viktigt att tydligt klargöra för varför en innemiljöutredare har anlitats. I det arbetet förs samtal med både fastighetsägare och brukare för att få information om vilka problem som finns, var de förekommer, vilka dagar och vilka tider. I dessa samtal framgår också viktig information om specifika händelser i byggnadens historia så som ombyggnader, vattenläckage eller olyckor.

Det framgår i resultatet att det är viktigt för en innemiljöutredare att inte ha förutfattade meningar och utan dokumentation härröra ett problem till en viss källa. Ett problem som beskrivs är hur utredare har enklare att se problem kopplat till sin expertis och på så sätt missa andra bidragande faktorer. Detta är något som i större utsträckning skulle kunna undvikas om en utredning utförs enligt SWESIAQ-modellen. Det fanns också enighet om att vanliga fel en utredare kan göra är att inte undersöka vidare då en problemkälla upptäckts och på så sätt missa ytterligare orsaker till problemet. Detta ger Althinsson exempel på när han på uppdrag att kontrollera en sanering av fuktskadade fönster inser att golvmattan också skulle kunna vara en orsak till den obehagliga lukten. Efter provtagning visade det dig mycket riktigt att den tio år gamla mattans lim var förtvålat och gav ifrån sig höga nivåer av emissioner. Utbytet av alla fönster kan ha varit en helt onödig utgift för företaget. Samma problematik beskriver Andersson då han berättar om hur material kan luktsmittas av t.ex. tryckimpregnerat virke. För att en sanering i detta fall ska få önskat resultat kan mer material än själva luktkällan behöva tas bort.

Det finns enighet kring att både brukare och förvaltares kunskap behöver öka kring de tekniska system som finns i byggnaden då de blir mer och mer avancerade. Detta för att korrekta injusteringar ska göras men också för att minska risken att någon omedvetet försämrar systemets verkningsgrad. Andersson nämner här fallet då ventilationen sänks eller täcks för då brukare upplever drag. Resultatet blir här för låg luftomsättning och sänkt luftkvalitet.

På samma sätt som kunskap behöver öka kring byggnadens tekniska system och dess begränsningar framgår också i resultatet att brukares användning av lokalen kan vara en bidragande orsak till upplevd ohälsa. Här nämner flera konsulter bristande eller felaktig städning som upphov till problem. Exempel ges på våttorkning av äldre linoleummattor och felaktig förvaring av material som orsak till dålig lukt. Althinsson påtalar också fenomenet att oro för att det kan finnas en källa till ohälsa kan ge upphov till samma hälsoproblem som om det funnits en. Detta problematiserar ytterligare innemiljöutredarens uppgift och ställer krav på saklighet och att inte uttrycka sig så att oro skapas eller ökar bland brukare.

Det finns en spridning i resultatet i hur konsulterna uttryckte tryckskillnader och luftrörelser. Få introducerade begreppet innan specifika frågor ställdes men visar sedan kunskap i hur luftrörelser påverkas av temperatur, vind, ventilation och otätheter och hur spridning av dålig lukt har en direkt koppling till luftens rörelser. Exempel på hur detta tas hänsyn till i praktiken är då Althinsson genom enkäter får brukare att under längre tid beskriva var i byggnaden dålig lukt påträffas för att sedan koppla detta till aktuella väderförhållanden. Genom att studera vindriktning kan han på så sätt lokalisera luktkällan då tryckskillnaden över byggnaden

orsakad av vind kan få föroreningar att transporteras från ena sidan av byggnaden till den andra.

Resultaten av intervjuerna förstärker bilden av att innemiljöutredningar är komplext, dock har för få konsulter intervjuats för att kunna dra några generella slutsatser kring hur innemiljöutredare resonerar. Dock så stämmer svaren som ges i intervjuerna överens med den problematik rapporten har sitt ursprung i.

8 Diskussion

Resultaten från CONTAM-simuleringarna visar att tryckskillnader kan ha stor inverkan på inneklimatet. De ger en klar bild av hur tryckskillnaderna och således luftflödet mellan två rum förändras beroende på temperaturer och vind. Exempelvis kan det betyda att inneluftskvaliteten i en lokal upplevs annorlunda på en blåsig vinterdag än på en stilla sommardag, även om föroreningstillskotten är lika stora vid båda tillfällena.

Vidare visar resultaten att delar av utredningarna går att jämföra med SWESIAQ-modellens slutrapport, men att de undersökta utredningarna brister i vissa hänseenden. Det var endast 50 % av påståendena i tabell 4 och tabell 5 som var helt uppfyllda, vilket kan anses vara ganska lågt. Dock har endast två utredningar utvärderats, vilket gör att denna siffra inte kan antas gälla generellt. Gemensamt för bägge utredningar är att ingen behandlar hur föroreningar kan komma att tränga in i byggnaden på grund av tryckskillnader. Enligt intervjuerna är detta något som de flesta innemiljöutredarna tänker på, dock visas det inte i utredningarna. Ingen av utredningarna om Trollängsskolan och Björkåsskolan beskriver heller tidigare eventuella renoveringar eller annan relevant byggnadshistorik. Detta kan vara till nackdel om det senare visar sig att föreslagna åtgärder inte var tillräckliga och en annan utredare konsulteras. Då har denna utredare inte någon tidigare dokumentation att luta sig mot och tvingas då att börja om från början. Mot den bakgrunden är SWESIAQ-modellen bättre att använda jämfört med när utredarna själva väljer hur de bedriver sina utredningar. Dock bör tilläggas att ingen av skolorna planeras vara i bruk under en längre framtid, vilket kan ha begränsat budget och omfattning på utredningarna och dess undersökningar.

I exemplet Trollängsskolan saknas delar som SWESIAQ anser ska vara med i en slutrapport. Exempelvis finns det tveksamheter kring i hur stor utsträckning som brukarna upplever det beskrivna problemet, var någonstans det upplevs samt vilka tider på dygnet det är aktuellt. En besvärsbeskrivning innehållande vilka problem som upplevs samt antal personer som besväras av det kan vara en viktig del i att identifiera varifrån problemen härrör.

Då utredningen för Trollängsskolan inte diskuterar andra orsaker till problemen än krypgrunden, fås känslan av att det tidigt bestämdes att detta var den enda orsaken till de upplevda besvären. Enligt SWESIAQ är det av denna anledning deras modell ska användas, för att inte dra förhastade slutsatser, eftersom det nödvändigtvis inte är ifrån krypgrunden problemen kommer. Träslöjdssalen, där färger och lösningsmedel används, kan eventuellt också bidra till dålig lukt i den intilliggande syslöjdssalen. Enligt utredningen har en okulär

besiktning av träslöjdssalen och utsidan av byggnaden gjorts, men utredningen redogör inte för hur det faktiskt ser ut där. Andra möjliga orsaker kan vara otillräcklig eller felaktig städning, emissioner och damm från tyger som förvaras i syslöjdssalen, otillräcklig eller felmonterade ventilationssystem, emissioner från plastmattan på golvet eller inredningen etcetera. På grund av stora antal möjliga orsaker kan en specificerad innemiljöutredning enbart inriktad på exempelvis krypgrunden vara ett riskfyllt antagande.

Maria Alm, innemiljöspecialist på Lokalförvaltningen, gjorde klart att det var skillnad mellan innemiljöutredningar och skadeutredningar. I fallet Trollängsskolan kan utredaren ha fått uppdraget att explicit undersöka krypgrunden med angränsande syslöjdssal och således kan utredaren inte lastas för att inte ha redogjort för något utöver detta.

Åtgärderna som föreslagits för Trollängsskolan är att installera fläktar i krypgrunden för att skapa ett undertryck och på så sätt få inomhusluften att röra sig inifrån och ut i krypgrunden snarare än tvärtom. Varm och fuktig inomhusluft rör sig ner genom golvkonstruktionen där den kyls ner vilket gör att den relativa fuktigheten stiger. Detta fenomen skulle i Trollängskolan leda till att mögelpåväxten ökar ytterligare och är därför inte en långsiktig lösning. På grund av att skolan inte planeras att användas under en längre tid är åtgärderna begränsade, men med den brist på lokaler som råder idag kan det inte uteslutas att skolan kommer behållas i bruk under ett flertal år framöver och då har insatta åtgärder kanske snarare skapat än löst problemen.

Utredning för Björkåsskolan saknade mycket av samma saker som utredningen för Trollängsskolan gjorde. Intrycket som Björkåsskolans utredning framförallt lämnar är att det finns mycket föroreningar som härrör från källaren, samtidigt som det inte är i denna del av skolan som problemen upplevs. Utredaren har identifierat samma typ av mögelsvamp i källaren som i ovanliggande klassrum, dock har inga transportvägar hittats. Att samma mögelsvamp har uppmätts på båda platserna kan förklaras vid att exempelvis utredaren själv har transporterat upp svamparna alternativt att de kommer från utomhusluften och transport via kläder och dylikt kan ha stört spormätningen. Frågan som ställs blir huruvida det räcker med erfarenhet och rutin när en utredare enbart påstår att luften tar sig nerifrån och upp utan att underbygga det med fakta.

I Trollängsskolan har utredaren påvisat att luft tar sig upp från krypgrunden. I Björkåsskolan har luftflöden inte kunnat fastställas och således är det tvivelaktigt om de föroreningar som hittats i källaren orsakar de upplevda innemiljöproblemen i rummen ovan. Vid läckagesökningen som utfördes på Björkåsskolan hittades inga lufttransportvägar mellan källaren och Eken. Trots det kan det inte med all säkerhet uteslutas att luft från källaren kan komma upp till Eken, då alla rum inte undersökts. Teoretiskt sett kan luft från andra rum i källaren transporteras upp via otätheter i konstruktionen till Eken. Men då samtliga rum i källaren är utformade av samma betongkonstruktion som i aktuellt rum tyder det på att läckagen från källaren är försumbara. Utredarens åtgärdsförslag på en utrensning av gammalt material i källaren bör alltså inte påverka inneklimatet på våningen över nämnvärt. Innan läckagesökningen påbörjades uppmättes koldioxidvärden i Eken på upp emot 1200 PPM, vilket är väldigt högt. Dessa värden tyder på att ventilationen i Eken är kraftigt underdimensionerad, vilket borde kommenteras mer i utredningen.

Simuleringarna i CONTAM visade att luftflödena mellan Eken och källaren är beroende av inom- och utomhustemperaturer. Störst flöde erhålls vid låga utetemperaturer och anblåsande vind. Resultaten anses vara rimliga då luftrörelser beror på tryckskillnader, ju större temperaturskillnader och ju kraftigare vind är desto större blir tryckskillnaderna och därmed också luftflödet.

I modellen antas att källaren och Eken har samma innetemperatur, vilket inte är helt korrekt då källaren normalt är något svalare än rummen ovanför. För att kontrollera detta antagande och se hur detta kan påverka luftflödena har fem simuleringar gjorts med lägre temperaturer i källaren (test 22-27). Dessa tester visar att luftflödet mellan källaren och Eken ändras något, men störst flöde erhålls fortfarande vid -4°C utomhus, alltså vintertid. I modellen valdes att undersöka sydlig vind som blåser mot långsidan av fasaden eftersom det finns flera fönster placerade på denna sida. Övriga riktningar har inte undersökts, vilket innebär att det inte med säkerhet kan påstås att vind i andra riktningar har samma effekt på luftflödet mellan Eken och källaren.

Få konsulter i intervjustudien tar själva upp luftrörelser och tryckskillnader som ett problem, något som också Maria Alm påtalar. Ofta fokuserar de på själva källan och inte på vilket sätt föroreningarna transporteras, vilket inte heller är fel. Många föroreningar ger endast obehaglig lukt och är inte hälsofarliga för människan. Då det exempelvis finns en otäthet mot bar mark där luft strömmar upp är det luftrörelsen och otätheten som är problemet och inte lukten från marken. Ett ökat fokus på luftrörelser som möjlig källa till problemet kan minska misstagen bland innemiljöutredare.

Felet med att för snabbt nöja sig då ett problem uppdagats och missa andra bidragande faktorer kan ha sitt ursprung i att många innemiljöutredare vill vara beställaren till lags och ge en snabb lösning på problemet. Många utredare, som har intervjuats, är i grunden ingenjörer och har som vana att kunna ge exakta svar. Innemiljö är väldigt komplext och det kan ofta vara svårt att veta exakt vad som var orsaken, även när problemen försvunnit. Enligt de intervjuade kan det alltid finnas en annan lösning till problemet. Det är en balansgång mellan att använda sig av sin erfarenhet, men att samtidigt inte gå på känsla utan att ordentligt undersöka alla möjliga orsaker till ett problem.

En utförligare utredning, som en utredning enligt SWESIAQ-modellen kräver, ger naturligtvis ökade kostnader. Å andra sidan är en renovering som inte leder till ett förbättrat inneklimat både tidskrävande och kostsam varför det i slutändan ändå kan vara lönsammare att gå vidare med en utredning enligt SWESIAQ då det är mer sannolikt att åtgärderna ger resultat. Det hade varit intressant att undersöka vilka totalkostnader som läggs på åtgärder där problemen kvarstår och jämföra dessa med vad en utförligare utredning, där korrekt orsak fastställs, skulle kosta. Dokumentationen som sker vid en SWESIAQ-utredning förenklar också framtida renoveringar, påbyggnader och utredningar då byggnadens historia finns väl dokumenterad. Det kan dock påpekas att SWESIAQ-modellen är relativt ny inom branschen och att ingen utvärdering av modellen har utförts hittills. Därför kan det inte säkerställas att modellen är helt felfri.

Maria Alm har uppgett att något som kan få förödande konsekvenser är när innemiljöutredningar med bristande formuleringar läses och tolkas på fel sätt. För att inte skapa onödig oro eller missförstånd bör uppmätta värden sättas i sammanhang till omgivande

miljöer och jämföras med väsentliga referensvärden för hälsorisker. Det är också viktigt att tydligt beskriva vilken omfattning skadan har då "mögel i väggen" kan tolkas på många olika sätt. Jim Althinsson säger att oron för att det ska finnas ett problem kan skapa samma symptom som om det funnits ett. Detta är något alla innemiljöutredare bör ha i beaktning då de skriver utredningar.

Det är svårt att jämföra resultaten som har erhållits i denna rapport med tidigare studier eftersom utbudet av litteratur inom området är begränsat. Då innemiljöproblem är starkt kopplade till människans välbefinnande borde det vara av högsta prioritet att få bukt med eventuella problem och förebygga dess uppkomst.

9 Slutsatser

Rapporten undersöker hur väl tryckskillnader och luftrörelser tas i beaktning vid utförande av innemiljöutredningar. Syftet är att undersöka huruvida konsulters kunskaper inom området behöver breddas för att kunna effektivisera förvaltningen av fastigheter. Rapporten har delvis baserats på jämförelser av innemiljöutredningar med SWESAIQ-modellen för att undersöka eventuella brister i utredningarna. Dessa jämförelser har kompletterats med en läckagesökning på en av de undersökta skolorna och med hjälp av simuleringar i programvaran CONTAM har temperatur och vinds inverkan på tryckbilden undersökts. Ytterligare information har insamlats med hjälp av en intervjustudie där konsulter själva fått delge tankar och erfarenheter kring givna problem.

Undersökningen tyder på att bristande kunskaper angående tryckskillnader och luftrörelser råder i branschen. Utredare tycks, trots kunskap om hur luft beter sig, inte se problematiken i oönskade luftrörelser och dess påverkan på inneklimatet. I granskade innemiljöutredningar förblir dessa faktorer okommenterade trots en, av SWESIAQ, framtagen modell för att undvika just detta. Andelen konsulter som använder modellen i sitt arbete och tankesätt bedöms vara få vilket kan få konsekvenser i utredningarnas kvalitet. Vissa utredningar misslyckas i att fastställa korrekt orsak till problemet vilket kan leda till overksamma åtgärder som leder till att tid och pengar går förlorade. För att undvika att resultatlösa och ineffektiva utredningar genomförs krävs en ökad kunskap hos allmänheten tillsammans med att större krav ställs på anlitade utredare. För att undersöka i hur stor omfattning den bristande kunskapen är ett problem behövs mer forskning inom området.

Referenser

Abel, E. och Elmroth, A. 2008. *Byggnaden som system*. 2. uppl. Gävle: AlfaPrint.

Annesi-Maesano I., Baiz N., Banerjee S., Rudnai P and Rive S. 2013. *Indoor Air Quality and Sources in Schools and Related Health Effects*. Journal of Toxicology and Health, Part B.

Asikainen, Vesa. 2009. *Renovering av skolbyggnader vid problem med inomhusklimatet Del 1 – Fastighetsägarens handbok för undersökning och renovering av skolbyggnader vid problem med inomhusklimatet*. Sastamala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Bankvall, Claes. 2013. *Luftboken: Luftrörelser och täthet i byggnader*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur AB.

Boverket. 2009. *Så mår våra hus – Redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m.* Boverket. http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2009/sa_mar_vara_hus.pdf (Hämtad 2016-04-26)

Boverket. 2015. Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd, BBR. Boverket. http://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/bbr-bfs-2011-6-tom-bfs-2015-3-konsoliderad.pdf (Hämtad 2016-02-13)

Burroughs, H. E. och Hansen, Shirley J. 2011. *Managing indoor air quality.* 5. uppl. Atlanta: Fairmont Press, Inc.

Burström, Per Gunnar. 2014. *Byggnadsmaterial: Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. 2:12. uppl. Lund: Studentlitteratur AB.

Elding, Lars Ivar. *Koldioxid*. Nationalencyklopedin. http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/koldioxid (Hämtad 2016-05-11)

Folkhälsomyndigheten. 2015a. *Hälsoeffekter av radon.* Folkhälsomyndigheten. http://www.folkhalsomyndigheten.se/amnesomraden/halsoskydd-och-miljohalsa/inomhusmiljo/radon/halsoeffekter/ (Hämtad 2016-02-13)

Folkhälsomyndigheten. 2015b. *Kompletterande vägledning om ventilation*. Folkhälsomyndigheten. http://www.folkhalsomyndigheten.se/amnesomraden/halsoskydd-och-miljohalsa/inomhusmiljo/luftkvalitet/kompletterande-vagledning-om-ventilation/ (Hämtad 2016-02-18)

Folkhälsomyndigheten. 2016. *Luftkvalitet.* Folkhälsomyndigheten. https://www.folkhalsomyndigheten.se/amnesomraden/halsoskydd-och-miljohalsa/inomhusmiljo/luftkvalitet/ (Hämtad 2016-05-11)

Gorse, Christopher, Johnston, David och Pritchard, Martin. 2013. Blower door. *A Dictionary of Construction, Surveying and Civil Engineering.* http://www.oxfordreference.com.proxy.lib.chalmers.se/view/10.1093/acref/9780199534463.001.0001/acref-9780199534463-e-0796 (Hämtad 2016-02-19)

Hagentoft, Carl-Eric. 2012. *Introduction to building physics.* 1:7 uppl. Lund: Studentlitteratur AB.

Herrlin, Magnus K. 1992. *Air-flow studies in multizone buildings - Models and Applikation*. Stockholm: Kungliga tekniska högskolan.

Hilling, Rolf. 1998. *220 skolor: skador och fel i skolbyggnader*, SP Rapport 1998:34

Jacobsson, Carin. 2015. Nära 20 miljoner extra till Henåns skola. *Göteborgs-Posten.* 10 oktober.

Johansson, Pernilla, Samuelson, Ingemar, Ekstrand-Tobin, Annika, Mjörnell, Kristina, Sandberg, Per Ingvar och Sikander, Eva. 2005. *Kritiskt fukttillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial – kunskapssammanfattning*. Borås: SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Kemikalieinspektionen. 2015. Träskyddsmedel. Kemikalieinspektionen. http://www.kemi.se/hitta-direkt/bekampningsmedel/biocidprodukter/regler-for-nagra-vanliga-typer-av-biocidprodukter/traskyddsmedel (Hämtad 2016-02-13)

KOMIN. a. *Asbest*. Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa. http://www.kominmiljo.eu/asbest (Hämtad 2016-03-29)

KOMIN. b. *Flamskyddsmedel*. Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa. http://www.kominmiljo.eu/flamskyddsmedel (Hämtad 2016-03-29)

KOMIN. c. *Flyktiga organiska ämnen - VOC.* Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa. http://www.kominmiljo.eu/flyktiga-organiska-amnen---voc (Hämtad 2016-05-11)

KOMIN. d. *Freon*. Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa. http://www.kominmiljo.eu/freon (Hämtad 2016-03-29)

KOMIN. e. *Ftalater*. Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa. http://www.kominmiljo.eu/ftalater (Hämtad 2016-03-29)

KOMIN. f. *Partiklar.* Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa. http://www.kominmiljo.eu/partiklar (Hämtad 2016-05-11)

KOMIN. g. *PVC och 2-etyl-1-hexanol*. Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa. http://www.kominmiljo.eu/pvc-och-2-etyl-1-hexanol (Hämtad 2016-03-29)

KOMIN. h. *Stenkolstjära*. Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa. http://www.kominmiljo.eu/stenkolstjara (Hämtad 2016-03-29)

KOMIN. i. *Träbaserade skivor och formaldehyd.* Kompetenscentrum för inomhusmiljö och hälsa. http://www.kominmiljo.eu/trabaserade-skivor-och-formaldehyd (Hämtad 2016-03-29)

Naturvårdsverket. 2016. *Fakta om kväveoxider i luft*. Naturvårdsverket. https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/Kvaveoxider/ (Hämtad 2016-05-11)

Petersson, Bengt-Åke. 2013. *Byggnaders klimatskärm: Fuktsäkerhet, energieffektivitet och beständighet*. 2:2. uppl. Lund: Studentlitteratur AB.

Petersson, Bengt-Åke. 2009. *Tillämpad byggnadsfysik*. 1:4 uppl. Lund: Studentlitteratur AB.

Sherman, M. H. 1990. *Tracer-Gas Techniques For Measuring Ventilation in a Single Zone*. Buildning and Environment 25 (4): 365-374. doi: 10.1016/0360-1323(90)90010-O

Socialstyrelsen. 2013. *Allergi i skola och förskola.*

Statens energimyndighet. 2007. *Energianvändning & innemiljö i skolor och förskolor – Förbättrad statistik i lokaler, STIL2*. ER 2007:11.

Sundell, Jan. 2004. On the history of indoor air quality and helath. *Indoor Air* 14 (7): 51-58.

Svensk ventilation. *Olika sätt att ventilera*. Svensk ventilation. http://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/ (Hämtad 2016-02-23)

SMHI. 2014. *Normala vindenergiförhållanden*. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/vind/normala-vindenergiforhallanden-1.4078 (Hämtad 2016-02-19)

SMHI. 2015. *Nederbörd, solsken och strålning - Året 2015*. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. http://data.smhi.se/met/climate/time_series/year/vov_pdf/SMHI_vov_precipitation_sunshine_15.pdf?76658 (Hämtad 2016-04-20)

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. a. *Byggprodukter*. SP Sveriges Tekniska Forskninginstitut http://www.sp.se/SV/UNITS/CERTIFICATION/SP_SITAC/Sidor/default.aspx (Hämtad 2016-05-16)

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. b. *Krav och uppföljning*. Fuktsäkra byggnader. http://www.fuktsakerhet.se/sv/luft/krav/Sidor/default.aspx (Hämtad 2016-05-11)

SWESIAQ. *SWESIAQ Swedish Chapter of International Society of Indoor Air Quality and Climate*. SWESIAQ. http://www.swesiaq.se (Hämtad 2016-02-17)

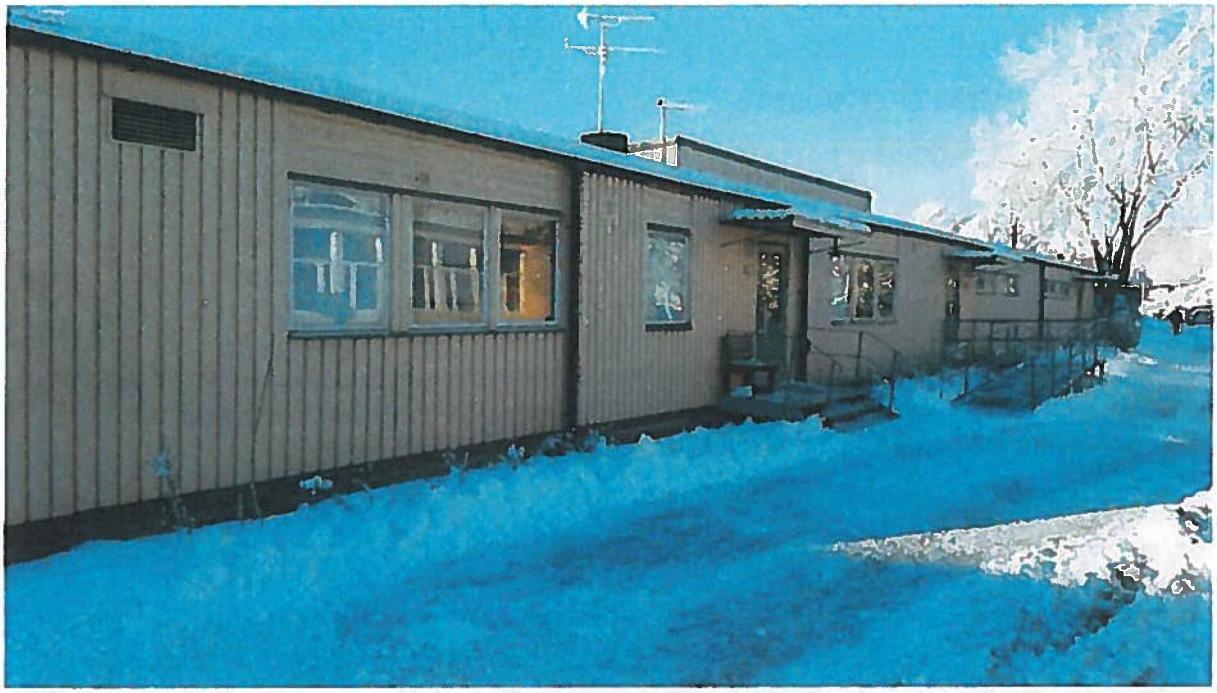
SWESIAQ. 2012. *SWESIAQ-modellen: SWESIAQ:s metod för innemiljöutredningar*. SWESIAQ. http://www.swesiaq.se/media/4626/swesiaqmodellen5.pdf (Hämtad 2016-02-17)

NIST. 2013. *CONTAM*. The National Institute of Standards and Technology. http://www.nist.gov/el/building_environment/CONTAM_software.cfm (Hämtad 2016-02-19)

Åberg, Olle. 2014. Krypgrunder. Bygg och teknik. 8. 12-14.

Bilaga 1 - Innemiljöutredning Trollängsskolan

Trollängsskolan hus C, Askim



Undersökning av krypgrund samt slöjdsalar

2016-02-05

Uppdragsbeskrivning
har fått i uppdrag av Lokalförvaltningen att utföra en undersökning av krypgrunden på Trollängsskolan Hus C med avseende på fukt och avvikande lukt. Även okulär besiktning av slöjdsalarna samt en utvändig översyn ingår i uppdraget (dock ej taket).

Uppdraget utfört
Platsbesök 2016-01-20

Uppdraget utfört av

Utförande
Undersökningen gjordes genom följande:
Okulär besiktning i krypgrunden, i slöjdsalarna och utomhus.
Samtal med brukare.
Bedömning av lukt i rumsluft och i byggnadsdelar.
Mätning av fuktkvot i trä med Protimeter Timbermaster.
Kontroll av luftriktningar med hjälp av rökutvecklingsflaska.
Materialprovtagning för mikrobiell samt kemisk analys.

Konstruktioner
Huset är byggt i början på 70-talet i sektioner/moduler med trästomme. Grundläggningen är en uteluftsventilerad krypgrund med grundmurar av hålstensblock. Träbjälklag där undersidan består av spåntade brädor som är rötskyddsbehandlade. Mineralullsisolering mellan golvbjälkarna. Marken består av sand/grus med en ovanliggande plastfolie.

Besiktning/undersökningar

Krypgrund:

- Avvikande lukt upplevs i krypgrunden. Nedanför nedstigningsluckan som finns vid entrén till flickornas omklädningsrum är lukten främst av kemisk karaktär likt träskyddsmedel. Grunden består av tre längsgående fack där det i det mittersta facket mer luktar mikrobiellt.
- Mikrobiell påväxt finns på bjälklagets undersida i skiftande omfattning i de olika delarna. Genom materialprov och mikrobiologisk analys bekräftades riklig ytlig påväxt. Provet togs ut stickprovsmässigt.
- Brädorna på bjälklagets undersida är bestrukna med rötskyddsmedel. En bit bräda samt en bit isolering ur golvbjälklaget togs med till annan, luktneutral, miljö för luktbedömning. Från båda proverna upplevdes tydliga lukter av kemisk karaktär. Proverna skickades på analys och provsvaren visade på förekomst av kloranisoler som är kända för att avge karaktäristiska mögelliknande lukter men kommer från träskyddsmedel.
- Även syllarna kan antas vara rötskyddsbehandlade då dessa är färgade, detta har dock inte konstaterats via analys.
- På marken finns en plastfolie utlagd. Denna täcker dock inte hela markytan då den ligger i oordning på några ställen. Marken är uppfuktad och delvis missfärgad där plast saknas. Ett stickprovsmässigt materialprov från marken togs med för mikrobiologisk analys. Denna visade att missfärgningarna till största del är utfällningar men även innehåller bakterier.
- Innanför ventilationsöppningar (numera med galler) finns en del skräp på marken.
- Salt/kalkutfällningar noterades på grundmurarna. Detta är ett vanligt tecken på fuktgenomslag.
- I golvbjälklaget finns otätheter dels i form av sektionsskarvar och dels vid genomföringar för rör.
- Spår efter gnagare konstaterades (ett kadaver, spillning och nedriven isolering).
- Fuktkvotsmätning i bjälklagets undersida visade på 12-15 % FK vilket får ses som normalt för årstiden. Fuktkvoter över 17 % över en längre tid anses innebära förhöjd risk för mikrobiell tillväxt på organiskt material såsom trä. Den konstaterade påväxten visar dock att grunden understundom är/har varit fuktigare. En uteluftsventilerad krypgrund är normalt sett fuktigast under den varma årstiden.
- Upphängnings-stag för vattenrör saknas på ett par ställen vilket kan leda till brott på ledningarna.

Påväxt på bjälklaget

Bestrukna brädor, sektionsskarv

Plast i oordning, utfällningar på marken och på grundmuren samt "skräp" innanför öppning i muren

Spår efter gnagare

Upphängningen av rör har brister

Invändigt:

- **Vid inträde till huset upplevs en lukt av kemisk karaktär.**
- **Med hjälp av rökutvecklingsflaska noterades ett tydligt luftdrag från grunden till innemiljön. Luft drog in dels vid nedstigningsluckan och dels utmed golv/väggvinklar i slöjdsalarna.**
- **Nedstigningsluckan är i sämre skick då den är sliten och otät.**

Luftdrag vid luckan

Utvändigt:

- Rötskador förekommer i fasadpanelens nedre delar.
- Ett hål i hängrännan noterades.
- Ett av stuprören är inte anslutet till dagvattenledning och i ett av stuprören synes det vara stopp då vatten har runnit på utsidan av stupröret.

Rötskadad panel

Hål i hängrännan

Stuprör ej anslutet

Sannolikt stopp i stuprör

Bedömning

Avvikande lukter av kemisk karaktär upplevdes i slöjdsalarna, entréerna och i flickornas omklädningsrum (övriga rum undersöktes ej). De upplevda lukterna bedöms komma från krypgrunden där rötskyddsbehandlade byggdelar samt mikrobiell påväxt konstaterats. Det har konstaterats att luft tillförs inomhusmiljön från krypgrunden vilket bekräftar denna bedömning.

Åtgärdsförslag

rekommenderar att åtgärder görs stegvis:

Steg 1:

Ordna så att krypgrunden garanterat sätts i undertryck i förhållande till inomhusmiljön. Detta kan göras genom att installera en mekanisk frånluftsventilation i krypgrunden. Undertrycket bör säkerställas genom mätningar efter åtgärden som kontroll. En ventilationstekniker bör kontaktas för dimensionering och installation.
Denna åtgärd är ingen sanering och har heller ingen fuktsänkande inverkan i krypgrunden utan syftar till att förhindra avvikande lukter från grunden att nå inomhusmiljön.

Steg 2:

Om ovanstående åtgärd inte får önskvärt resultat måste sannolikt luktande byggnadsdelar rivas ut och ersättas samt fuktsänkande åtgärder i grunden utföras. Omfattningen av detta arbete får i så fall undersökas närmare i fall det blir aktuellt.

I övrigt bör upphängningen av rören i krypgrunden ses över och åtgärdas samt att nedstigningsluckan byts ut. Luckan bör förutom att vara lufttät utföras så att inte obehöriga kan öppna den.

De noterade bristerna/skadorna utvändigt bedöms inte i nuläget ha någon menlig effekt på inomhusmiljön men bör ändå givetvis åtgärdas.

Bilagor (2 st.)

Bilaga 1: Mikrobiologisk analys

Mikrobiologisk analys

Objekt: Trollängsskolan, hus C

Provtagningsdatum: 2016-01-20

Provtagare:

Prov	Mikroorganismer	Frekvens	Övriga noteringar
1. Trä, blindbotten, krypgrund	Aktinomyceter Basidsvampshyfer* Mögelsvamphyfer Sporer	Sparsam Måttlig Riklig Riklig	Mögelsvamssläktet *Aspergillus* dominerar i provet. Unken lukt.
2. Markmaterial, krypgrund	Aktinomyceter Sporer	Sparsam Sparsam	Provet består till helt övervägande del av utfällningar. Relativt stor mängd bakterier

Övriga noteringar (forts.)

*) Basidsvampen i prov nr. 1 är en skinnsvamp (Corticiaceae s.l.). Sannolikt är detta inte en rötsvamp.

Bilaga 2: Kemisk analys (5 sidor)

Provsvar till **Faktura till**

RESULTATREDOVISNING AV KEMISKA ANALYSER

Denna rapport med bilagor får endast återges i sin helhet om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

Objekt	Trollängsskolan Hus C
Provnummer (2 st)	177-2016-01220477 - 177-2016-01220478
Ansvarig provtagare	
Provtagningsdatum	2016-01-20
Ankomst till laboratoriet	2016-01-22
Analysansvarig	
Uppdragsnummer	

Denna analysrapport är elektroniskt signerad.

Resultatsammanställning

Objekt: Trollängsskolan Hus C

Provkommentarer

177-2016-01220477. 1. Krypgrund. Blindbottenbräda. Impregneringsmedel i trämaterial
I detta prov har klorfenoler och kloranisoler påvisats.

177-2016-01220478. 2. Krypgrund. isolering. Emissioner/lukter från byggnadsmaterial, SPME
I detta prov har klorfenoler och kloranisoler påvisats.
Då isolering inte behandlats med klorfenolinnehållande träskyddsmedel är det sannolikt att detta material har "luktsmittats" av impregnerat trämaterial.

2,4,6-Triklorfenol och andra klorerade fenoler användes fram till och med 1970-talet som träskyddsmedel.
Kloranisoler kan bildas när trämaterial behandlat med impregneringsmedel innehållande klorfenoler, utsatts för fukt och mikroorganismer.
Kloranisoler kan lukta starkt även i mycket låga halter. Om man upplever luktproblem i dessa lokaler är det sannolikt att emissioner av ovanstående ämnen är en av orsakerna till luktproblemen.

Denna analysrapport är elektroniskt signerad.

Analysresultat

SPME (Internal Method PSK05) (LU¹)

Objekt: Trollängsskolan Hus C

Provmärkning	Provmärkning	Provvikt (g)
177-2016-01220477	1. Krypgrund. Blindbottenbräda	32

Aromatiska kolväten	cymen, div. aromatiska kolväten, div. naftalener
Alifatiska kolväten	hexadekan, heptadekan
Terpener	a-pinen, d-3-karen, p-cymen-8-ol (7%), verbenon
Aldehyder och ketoner	heptanal, vanillin
Alkoholer	1-hexanol, 1-oktanol, bensylalkohol, kresoler
Klorföreningar	2,3,4-triklorfenol, 2,3,4,6-tetraklorfenol, 2,4,5-trikloranisol, 2,3,4,6-tetrakloranisol (7%), pentakloranisol (21%), pentaklorfenol
Glykoletrar	2-butoxietanol, 2-(2-etoxietoxi)-etanol
Glykoleterestrar	2-(2-butoxietoxi)-etylacetat
Övrigt	butansyra, pentansyra, heptansyra, div. ftalater, hexametylcyklotrisiloxan, butyrolakton, div. laktoner, metoxifenyloxim, hexansyra (14%), oktansyra, nonansyra

Denna analysrapport är elektroniskt signerad.

Analysresultat

SPME (Internal Method PSK05) (LU¹)

Objekt: Trollängsskolan Hus C

Provmärkning	Provmärkning	Provvikt (g)
177-2016-01220478	2. Krypgrund. isolering	7,3

Aromatiska kolväten	div. aromatiska kolväten, naftalen
Alifatiska kolväten	pentadekan, hexadekan, heptadekan, 2,2,4,6,6-pentametylheptan
Terpener	-
Aldehyder och ketoner	dekanal, acetofenon, nerylaceton
Alkoholer	etylenglykol, fenol
Klorföreningar	2,3,4,6-tetraklorfenol, pentaklorfenol, 2,3,4,6-tetrakloranisol (8%), pentakloranisol (30%)
Glykoletrar	2-(2-etoxietoxi)-etanol, 2-(2-butoxietoxi)-etanol, 2-fenoxietanol
Glykoleterestrar	2-(2-butoxietoxi)-etylacetat
Övrigt	propansyra, hexansyra, oktametylcyklotetrasiloxan, div. laktoner, triacetin, metoxifenyloxim, hexametylcyklotrisiloxan

Denna analysrapport är elektroniskt signerad.

ANSVAR

ansvarar för provets hantering från ankomsten till laboratoriet till dess att provsvaret är klart, skickat till kund och arkiverat. ansvarar inte för provets hantering vid provtagning och transport till laboratoriet.

Tänk på att provsvaret endast avser det insända provet. Åtgärder bör alltid planeras tillsammans med en byggnadstekniskt kunnig person som kan sätta resultatet i sitt rätta sammanhang.

Vid förfrågan om denna analysrapport ring ((vxl), begär Kemisupport.

[1]Utförande laboratorium

Denna analysrapport är elektroniskt signerad.

Bilaga 2 - Innemiljöutredning Björkåsskolan

Björkåsskolan, Göteborg

Utredning inomhusmiljö

2016-01-11

Kontaktinformation

Uppdragsgivare **Uppdragsansvarig**

Uppdragsbeskrivning

. har fått i uppdrag av Göteborgs Stad, Lokalförvaltningen genom Charlotta Rydstern att utreda orsaken till upplevda inomhusmiljöproblem i rubricerad skola.

Uppdraget utfört

December 2015.

Uppdraget utfört av

Utförande

Genomgång av Lokalförvaltningens inomhusmiljöenkäter samt övrig dokumentation så som ritningar, spormätningsresultat mm.
Intervju med personal i lokalerna.
Okulär besiktning inomhus samt fuktindikering vilken utfördes med Protimeter Surveymaster.
Bedömning av lukt i rumsluft och i byggnadsdelar.
Okulär besiktning samt fuktmätning i krypgrunden. Alla kryputrymmen är dock inte undersökta.
Mätning av Relativ fuktighet (RF), mätning utförd med Gann Hydromette.
Kontroll av luftrörelser med hjälp av rökutvecklingsflaska.
Spormätningar med utrustning från och analys av
Materialprover har tagits ut och lämnats in för mikrobiologisk analys till

I samråd med LF utfördes loggning av temperatur, RF och CO2. Loggningen utfördes av LF och resultatet har skickats till .
Utvändig översyn.
Sammanställning, analys och rapportskrivning med åtgärdsförslag samt förslag på ytterligare undersökningar.

Bakgrund

Personal i lokalerna har klagat på avvikande lukter samt att de har upplevt hälsobesvär i lokalerna. Rektorn uppgav på plats att det gäller hela skolan.

Konstruktioner

Byggnadsdelen i vinkel är grundlagd på en uteluftsventilerad krypgrund med grundmurar samt golvbjälklag av betong. Bjälklagets undersida är klätt med isolerande lättbetong. Ovan betongbjälklaget ligger linoleummattor som ytskikt. I "mysrummet "(111) ligger det en flytande konstruktion med matta som ytskikt.
Övrig del av huset har en källare som grundläggning.
Murade ytterväggar i hela huset.

Besiktning/Undersökningar

Källare:

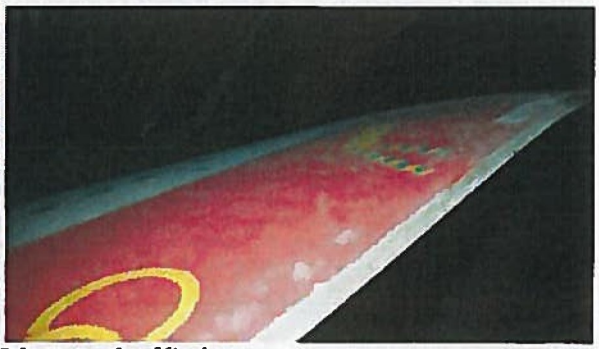
Omklädningsrummen, förråden och gymnastiksalen har inte undersökts vid detta tillfälle.
I resten av källaren noterades följande fuktrelaterade fel och brister:

- Lokala fuktgenomslag noterades på de motfyllda väggarna i korridorerna. Fuktkvotsmätning i golvlist visade på enstaka plats på 17 % FK vilket är det vedertagna gränsvärdet för mikrobiell tillväxt vid 20°C. Dock var detta endast väldigt lokala observationer, generellt var det låga fuktkvotsvärden.
- På en plats i korridoren (rum 002) lagras kartonger dikt an golvet och dikt an den motfyllda ytterväggen (framför radiator).
- I korridorens ena ände finns ett förråd (rum 030) med gamla skolaffischer. I detta rum luktar det tydligt mikrobiellt. Lokalförvaltningen har här gjort spormätning vilken visade förhöjd frekvens av framförallt *Aspergillus*. Skolaffischer undersöktes närmare och de har en synlig påväxt. Ett prov lämnades in för analys på Botaniska Analysgruppen vilket visade på måttlig till riklig frekvens av mögelsporer samt måttlig frekvens av mögelsvamphyfer (Aspergillus m fl.)
- Det finns fler förråd där stora mängder gammalt skolmaterial förvaras. I ett av dessa förråd (rum 020) var tilluftsventilationen stängd och ingen värme var på. Ingen avvikande lukt upplevdes dock vid besök.
- I ett mindre förråd mitt i korridoren (rum 031) upplevdes en avvikande lukt av mikrobiell karaktär. Här ligger det papperssäckar och annat skräp på golvet.

Lokala fuktgenomslag på källarvägg

Kartonger lagras olämpligt

Förråd med affischer



Påväxt på affisch

Mindre förråd (031) med skräp och bråte

Krypgrunder och rörkulvert (rum 028):

I rörkulverten upplevs en tydlig mikrobiell lukt liksom vid öppnandet av luckorna till krypgrundsdelarna.

Under skolsalarna är det tre sektioner i grunden och under matsalen är det fyra sektioner.

I två av sektionerna under salarna samt i rörkulverten finns det mekanisk frånluftsventilation installerad.

Rörkulvert med ventilationsaggregat

Frånluftsdon i kulverten

Fuktindikering på väggar och tak i kulvert och i krypgrundsdelarna visade på höga indikationer. På grundmurarna inne i krypgrundsdelarna noterades kraftiga fuktgenomslag samt att det på en plats upptäcktes fritt vatten i en större "grop".

Kraftig mikrobiell påväxt på marken i de tre sektionerna under salarna.

Utrymmena under matsalen inspekterades endast från luckan då dessa delar är svårtillgängliga. Det konstaterades rikligt med spillning från gnagare alldeles innanför luckan under matsalen.

Våt grundmur och påväxt på marken

Närbild av påväxten på marken

"Grop" med fritt vatten i krypgrund

Spillning från gnagare (under matsalen)

I rörkulverten varifrån man når krypgrundsdelarna via träluckor upplevs som nämnts ovan en kraftig mikrobiell lukt. På rörisolering runt rören som är upphängda i taket i kulverten noterades en riklig mikrobiell påväxt vilket även bekräftades (exceptionellt kraftig enligt analyssvaret) genom materialprov som analyserades av
Även på träluckorna till krypgrunden noterades en mikrobiell påväxt. Fuktmätning i dessa träluckor visade på fuktkvotsvärden (17,6 %) överstigande gränsvärdet (17 %) för mikrobiell tillväxt. Med hjälp av rökutvecklingsflaska konstaterades att det är ett luftdrag från samtliga krypgrundssektioner ut till rörkulverten via otätheter i träluckorna.
Vid rörgenomföringar i golvbjälklaget kontrollerades också eventuella luftrörelser. Inga otätheter med luftrörelser kunde upptäckas i kulverten.

Mikrobiell påväxt på rörsiolering

Mikrobiell påväxt på trälucka till krypgrund

Fuktmätning i trälucka

Luftrörelser från krypgrund till kulvert

Entréplan:

I flertalet skolsalar gjordes okulär besiktning samt fuktindikering. Matsalen undersöktes inte. Det är blandade ventilationssystem i huset. En del har ett självdragssystem men det saknas helt tilluftsventiler i vissa salar, t ex rum C2 och C3.
I salarna ovan krypgrundsdelen finns mekanisk frånluft. Tilluft sker via spaltventiler under fönstren. I sal 116 var två av tre tilluftsventiler stängda vid besök

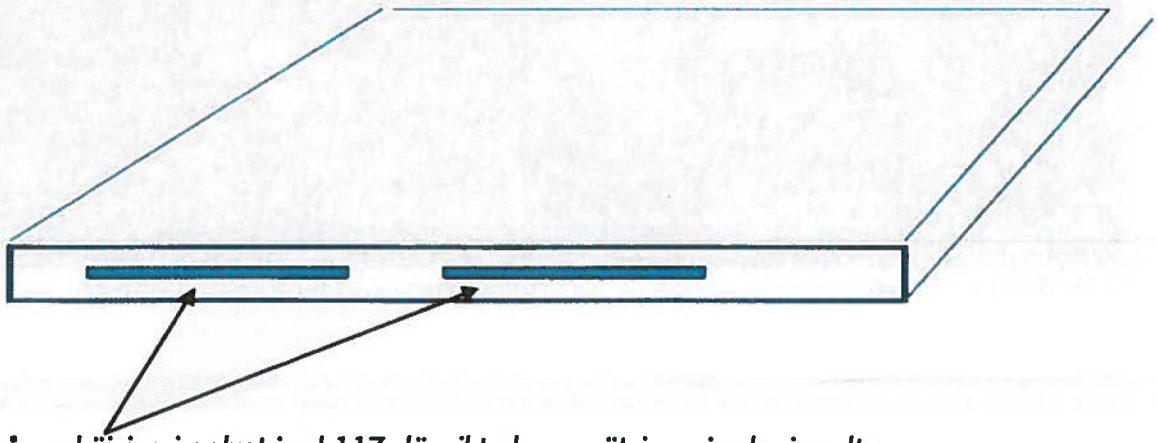
Fuktindikeringen på golv och väggar visade generellt på låga (torra) indikationer. Undantaget var sal 116 där det var lokalt förhöjda indikationer på golvet utmed ytterväggen. En bit av golvmattan skars bort och lämnades in på mikrobiologisk analys på Resultatet visade på sparsam frekvens av sporer på detta prov vilket kan anses som normalt. En fuktmätning i betongbjälklaget rekommenderas dock.

Vidare konstaterades höga fuktindikationer på väggen, golvet och i golvlisten i rum 111. Puts-och färgsläpp finns på ytterväggen här. Detta bör undersökas närmare.

Sal 117 översikt. Tilluftsventil under fönster

Rum 111, fuktgenomslag på gavelyttervägg

Med hjälp av rökutvecklingsflaska kontrollerades eventuella luftrörelser genom golvbjälklaget in till klassrummen115-117.
Inga sådana luftrörelser kunde noteras vid besök. Däremot noterades ett påtagligt luftdrag från spalterna i den upphöjning som finns i golvet (tidigare plats för kateder?) i sal 117. En viss avvikande lukt upplevds också från dessa spalter.
Spormätningar utfördes av i denna sal, dels allmänt i rumsluften och dels riktad mot spalten i upphöjningen. Resultatet visade på avvikelse, detta redovisas nedan under särskild rubrik.



Skiss på upphöjning i golvet i sal 117 där riktad spormätning gjordes i spalter

Fuktmätningar

Den Relativa Fuktigheten och temperaturen uppmättes utomhus, inomhus samt i krypgrunden. Vedertaget gränsvärde för mikrobiell tillväxt är ca 75 % RF vid 20°C.
Mätningarna gjordes vid två olika tillfällen varför utomhusvärdena skiljer sig åt.

Mätning 1:

	RF, %	Temperatur, °C	Ånghalt, g/m³	Fukttillskott, g/m³
Utomhus	86	5,4	6,0	
Rörkulvert	74	13,5	8,6	2,6
Krypgrund under 116	78	11,1	7,8	1,8
Krypgrund under 117	89	13,3	10,2	4,2
Krypgrund under matsal	60	14,5	7,4	1,4
Förråd (031)	52	13,5	6,0	----

I krypgrunden uppmättes vid undersökningstillfället över 75 % RF vilket är vedertaget gränsvärde för mikrobiell tillväxt och får därmed ses som förhöjt. Fukttillskott på upp till 4,2 g/m³ uppmättes i grunden jämfört med utomhus viket får ses som mycket högt och kan förklaras med markfukt beroende på avsaknad av avdunstningsskydd samt fuktiga grundmurar. Lokalt finns ju även fritt vatten på marken. I rörkulverten uppmättes också högt RF, 74 %, vilket är på gränsen för mikrobiell tillväxt samt ett stort fukttillskott.

Mätning 2:

	RF, %	Temperatur, °C	Ånghalt, g/m³	Fukttillskott, g/m³
Utomhus	89	8,1	7,4	
Sal 117	47	21,1	8,6	1,2
Sal 116	50	21,2	9,2	1,8
Korridor 239	50	20,1	8,7	1,3

I salarna och korridoren uppmättes ett fukttillskott på 1,2 -1,8 g/m³. I sal 117 var lektionen precis avslutad och lokalen tömd på elever. Ett fönster hade stått öppet under lektionen.
I sal 116 pågick verksamhet med mellan 5-10 personer i rummet.
I korridor 239 fanns inga människor vid mättillfället.
Ett fukttillskott inomhus beror på fuktproduktionen i lokalerna (framför allt från människor i detta fall) och ventilationen. Fukttillskottet som uppmättes tyder på att ventilationen inte förmår att ta hand om fuktproduktionen.

Spormätningar
Spormätningar har utförts dels av Lokalförvaltningen och dels av . Analyssvaren finns samlade nedan under rubriken Bilagor.
Proverna visar på avvikelser i vistelsemiljöer i sal 116, 117 och "Eken" men även i källarkorridoren. I källarkorridoren har samma art av mögel (*Aspergillus*) konstaterats i materialprov som i spormätningen.

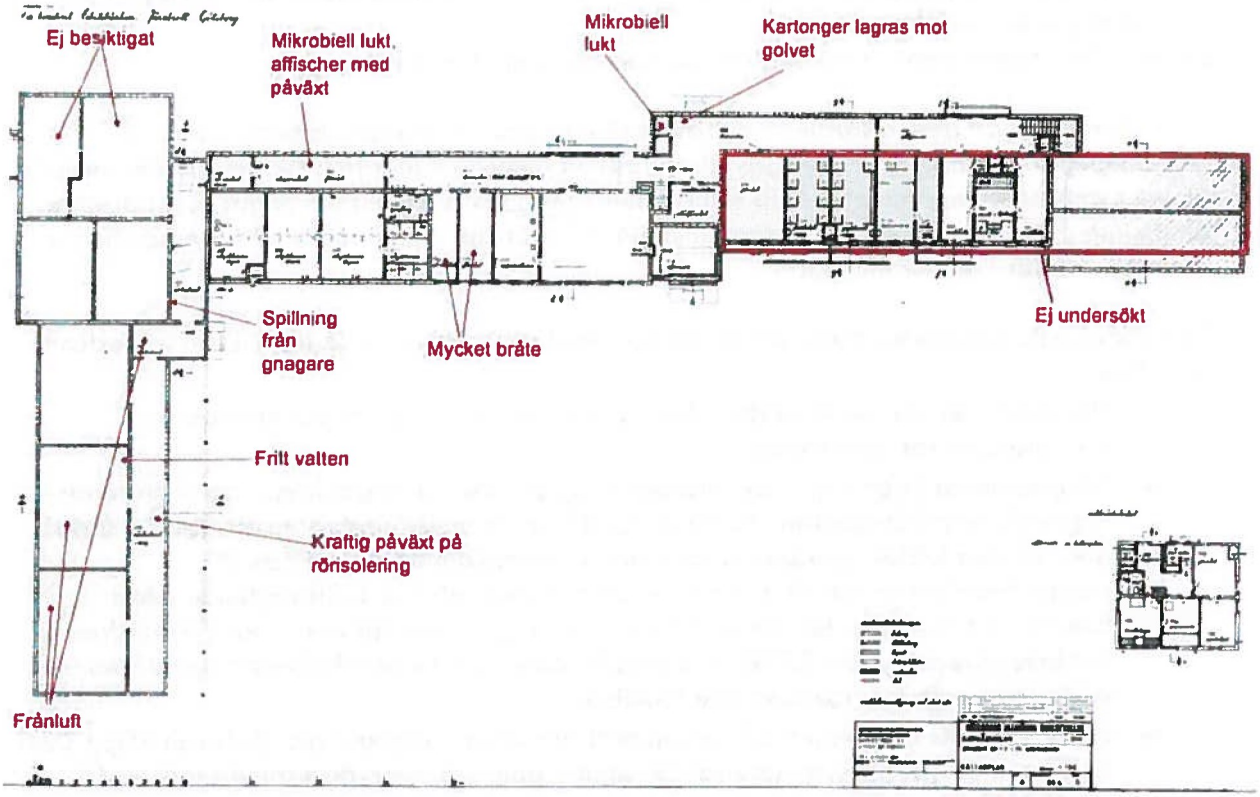
I sal 117 gjordes förutom spormätning "allmänt" i rumsluften även en riktad mot spalter i en förhöjning i golvet. I analyssvaret från 2015-12-11 som finns som bilaga nedan är märkningen fel. Mätplatserna 1 och 2 är från sal 117.
Denna mätning visar en avvikelse gällande frekvensen av *Cladosporium*.

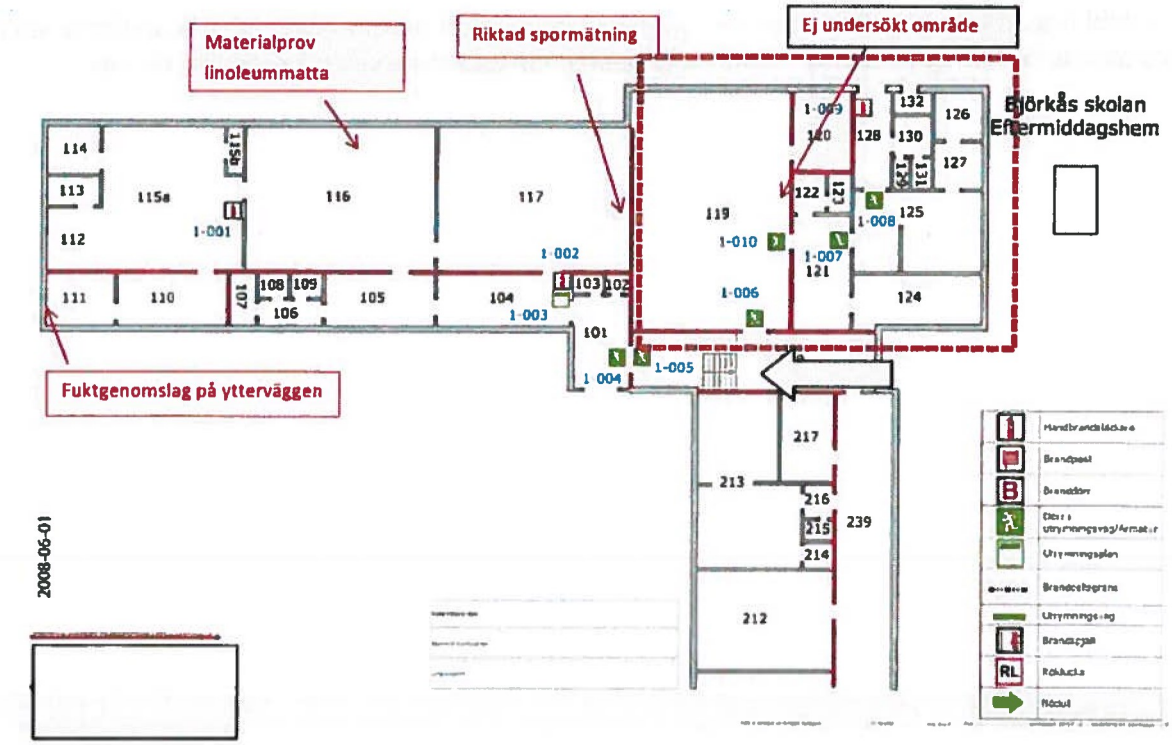
I sal "Eken" förekommer *Penicillium* vilket helt saknas i utomhusprovet och därför kan ses som avvikande.

Mikrobiologiska analyser
Även dessa analyssvar finns under rubriken Bilagor nedan.
I rörkulverten konstaterades riklig frekvens av både mögelsvamphyfer och sporer på rörisolering. Rören sitter upphängda i taket.
På linoleummatta i sal 116 konstaterades sparsam frekvens av sporer vilket får ses som normalt.
På papper från gammal skolaffisch som förvarats i källarkorridor konstaterades måttlig frekvens av hyfer men måttlig till riklig frekvens av sporer.

Klimatloggning
Den loggning av temperatur, RF och CO2 som LF genomförde i sal 116 samt i sal 4E 209 visar att CO2-halten under lektionstid allt som oftast är mellan 1000 och 2000 ppm och i vissa fall upp emot 3000 ppm (högsta notering över 3000). Som en indikator på tillfredsställande luftkvalitet brukar man eftersträva att ha under 1000 ppm i lokaler där luftföroreningar huvudsakligen uppkommer genom personbelastning. CO2-halten kan därför ses som avvikande och tyder på att ventilationen i dessa salar är bristfällig. I sal 116 var vid besök två av tre tilluftsventiler stängda, inte känt hur det var vid tiden för loggningen.
Fullständigt resultat av loggningen redovisas inte i denna rapport.

Ritningar med iakttagelser





Bedömning

I krypgrunderna, rörkulverten och i källarkorridoren har avvikande lukter, hög fuktighet och mikrobiell påväxt konstaterats.
Det har även konstaterats avvikande mikrobiell aktivitet i skolsalarna.

bedömer att den mikrobiella aktiviteten i skolsalarna som konstaterats via spormätningarna härrör från krypgrunderna och utrymmena i källaren. Det finns samband i sammansättningen av svamptyperna som styrker detta. Exakta transportvägar för sporerna kunde inte påvisas med rök vid undersökningen, dock är det ju normalt att luft transporteras från lägre delar i ett hus till högre.

Den mikrobiella (till)växten beror på en för hög fuktbelastning. Orsakerna till fukten bedöms vara flera:

- Markfukt dels via markbädden i krypgrunderna och dels via grundmurarna i krypgrunder och rörkulverten.
- Temperaturen i den uteluftsventilerade krypgrunden är något högre på vintern och något lägre på sommaren i förhållande till uteluften. Det betyder att vintertid sänks den relativa luftfuktigheten i krypgrunden i förhållande till uteluften. På sommarhalvåret är det dock tvärtom. Då höjs den relativa luftfuktigheten vilket betyder att krypgrunden får ett klimat som är gynnsamt för mikrobiell tillväxt (relativ fuktighet överstigande 75 %). Den installerade frånluftsventilationen i grunderna och kulverten har ingen fuktsänkande funktion.
- I källaren finns ouppvärmt och oventilerat rum samt kartonger mot golv och vägg. Det är olämpligt att placera material direkt mot golv och ytterväggar med tanke på markfukt.

Fukttillskotten i inomhusmiljön samt de uppmätta koldioxidhalterna tyder på att ventilationen i skolan inte är tillfredsställande. Det har ju även konstaterats okulära brister på denna.

Rekommendation

Innan ett fullständigt åtgärdsförslag kan lämnas bör ytterligare/kompletterande undersökningar göras då det fortfarande finns några "lösa trådar":

- Undersökning av fuktgenomslagen i rum 111. Vidare har inte rum 113 och 114 undersökts som är belägna mot samma gavel som rum 111.
- Fuktmätning i betongbjälklaget ovanför krypgrunderna.
- Ytterligare materialprover för mikrobiologisk analys på golvbeläggningen i skolsalarna ovan krypgrundsdelarna.
- Fullständig undersökning av gymnastiksalen, omklädningsrummen och förråden i detta område samt matsalen och kringliggande rum.
- Undersökning av orsaken till de kraftiga fuktgenomslagen på grundmurarna.
- Fullständig undersökning till spormätningsresultatet i "Eken".

Oavsett resultat från ovanstående kompletterande undersökningar rekommenderar följande åtgärder:

- Översta marklagret i krypgrundsdelarna sugs ut. Gropen med fritt vatten fylls med makadam.
- Sanering av påväxten på rörisolering samt sanering av väggar, golv och tak i rörkulverten. Utrivning av de mikrobiellt angripna träluckorna till krypgrunderna.
- Montage av avdunstningsskydd på markytan i alla delar av grunden samt installation av hygrostatstyrd sorptionsavfuktare i hela krypgrunden och rörkulverten. Det är mycket viktigt att krypgrundsavfuktarlösningen projekteras på ett noggrant sätt så att rätt flöden och klimat erhålls i grunden. På så sätt kan man även få ett svagt undertryck i grunden i förhållande till inomhusluften vilket gör att eventuella lukter från grunden inte kan nå inomhusmiljön. Det installerade frånluftsaggregatet i krypgrunderna och kulverten demonteras.
- De mikrobiellt angripna skolaffischerna slängs och eventuellt kvarvarande material saneras liksom golv, väggar och tak i rum 030.
- Rum 031 töms på bråte.
- Kartonger som staplas dikt an golv och vägg lyfts upp och placeras tillexempel på hyllsystem av oorganiakt material. De placeras förslagsvis mot en mellanvägg istället.
- I rum 020 och 021 där massor av gammalt skolmaterial förvaras säkerställs att uppvärmning och luftväxling sker konstant. Möjligen kan materialprover lämnas på mikrobiologisk analys från rum 020.
- Skadedjurstekniker bör kontaktas för kontroll och åtgärd av gnagaras framfart i krypgrunderna.

Bilagor
Spormätningsresultat (2 sidor)

Mätning av sporhalt i luft

Objekt: Björkåsskolan
Provtagningsdatum: 2015-12-02
Provtagare:
Mätmetod: RCS Air Sampler. exponeringstid: inomhus 4 min.. utomhus 2 min. riktad mätning (prov 2) 2 min.

Resultat efter 8 dagars tillväxt i rumstemperatur:

Mätplats	Svamptyp	Antal sporer/m³	Totalt per mätplats
1. Sal A1, rumsluft	*Aureobasidium*	13	
	Cladosporium	63	
	Mucor	6	
	Jästsvamp	25	
	Övriga	94	188 sporer/m³
2. Sal A2 (riktad mätning)	*Alternaria*	13	
	Aspergillus	13	
	Aureobasidium	13	
	Cladosporium	138	
	Jästsvamp	38	
	Övriga	75	290 sporer/m³*
3. Utomhus (referens)	*Aspergillus*	38	
	Cladosporium	25	
	Jästsvamp	25	
	Övriga	675	775 sporer/m³
4. Eken, rumsluft	*Cladosporium*	19	
	Penicillium	81	
	Jästsvamp	25	
	Övriga	63	188 sporer/m³
5. Krypgrund	*Aspergillus*	25	
	Cladosporium	38	
	Penicillium	38	
	Jästsvamp	13	
	Övriga	675	789 sporer/m³

Allmänt om mätmetoden: Med RCS-sampler mäts sporhalterna, genom att en känd luftvolym får strömma över en agar behållare med fast näringsmedium en s.k. strip. Efter ca 7-10 dagars tillväxt på agar kan antal och typ av svamp bestämmas. De uppmätta sporhalterna inomhus jämförs med utomhusprovet, så att man kan se i vilken utsträckning svampsporer nyproduceras i lokalerna. Det normala förhållandet är att inomhusluften i stort har liknande sammansättning av olika svamptyper men lägre sporhalter än utomhusluften.

Kommentar: Totalhalten i samtliga inomhusprov (bortsett från krypgrunden) är klart lägre än motsvarande för utomhusprovet (referens). Den totala sporhalten i krypgrunden är något högre än i luften utomhus och både i krypgrund och i uteprovet dominerar "övriga" svampar (som inte bildar sporer på agar strips).
Mätresultaten från mätpunkt 2 en s.k. riktad mätning (*) har enbart kvalitativ karaktär, därför den totala halten sporer i den aktuella mätpunkten är inte jämförbar med de övriga mätpunkterna. Resultaten visar dock att andelen *Cladosporium* är dominerande, vilket avviker från övriga inomhuspunkter inklusive från punkten 1, där halten *Cladosporium* är mycket lägre.
Förekomsten av *Penicillium*-sporer i mätpunkt 4 är högre än i krypgrunden och saknas i referensprovet. Även om halterna av *Penicillium*-sporer inte är mycket höga i prov 4, så kan det ses som en indikation på fuktproblem och därför kan resultaten inte räknas som normala.

Materialanalys (1 sida)

Datum/*Date* 2015-12-11

Sida/*Page* 1 (1)

Mikrobiologisk analys

Objekt: Björkåsskolan

Provtagningsdatum: 2015-12-11

Provtagare:

Prov	Mikroorganismer	Frekvens	Övriga noteringar
1. Papper	Mögelsvamphyfer Sporer	Måttlig Måttlig-Riklig	*Aspergillus*, m.fl.
2. Linoleum	Sporer	Sparsam	
3. Rörisolering	Mögelsvamphyfer Sporer	Riklig! Riklig!	*Aspergillus*, *Alternaria*, m.fl.

Prov 3 måste betraktas som en exceptionell kraftig mögelhärd.

Bilaga 3 – SWESIAQ:s mall för slutrapport och mall för granskning

Skola			
Påstående	Ja	Nej	Delvis
Det finns namn på utredningen.			
Det beskrivs vilken verksamhet som bedrivs i byggnaden samt hur många och vilken typ av brukare som förekommer.			
Byggnadens adress och fastighetsbeteckning anges samt eventuella avgränsningar.			
Uppgifter om fastighetsägare och beställare anges.			
Namn och kontaktuppgifter på de som ansvarar för utredningen.			
Typ av ventilationssystem i objektet anges.			
Där det är relevant beskrivs typ av byggnadskonstruktion.			
Byggnadshistorik i form av byggår, ombyggnationer och renoveringar redogörs för.			
En besvärsbeskrivning görs.			
Besiktning beskrivs där utredaren beskriver lukter.			
En okulär besiktning beskrivs.			
Tidigare utredningar med tillhörande kommentarer från ansvarig utredare finns.			
Egna utredningar och delutredningar som har gjorts har sammanfattats i utredningen.			
Hela egna utredningar och delutredningar som har gjorts har lagts in som bilagor.			
En beskrivning av fukt i byggnadskonstruktionen har gjorts.			
En beskrivning av mikrobiell växt i byggnadskonstruktionen har gjorts.			
En beskrivning av icke-mikrobiella emissioner från byggnad och fast inredning har gjorts.			
En beskrivning av icke-mikrobiella orsakade emissioner från verksamhet, möbler, etc. har gjorts.			
En beskrivning av otillräcklig luftväxling/luftutbyteseffektivitet har gjorts.			
En beskrivning av luftföroreningar som tillförs via tilluften har gjorts.			
En beskrivning av förorenad luft som tränger in via tryckskillnader i byggnaden har gjorts.			
Sammanställning av byggnadstekniska eller verksamhetsrelaterade brister som orsakat de upplevda besvären redogörs för.			
Vilka de olika tänkta åtgärderna kan vara beskrivs.			

En kostnadsuppskattning för åtgärderna anges.			
Antal			
Andel			

Mall för rapporthuvud

Här följer ett förslag till standardiserad inledning med fasta uppgifter. Samma rapporthuvud kan kopieras och användas för alla rapporter som ingår i utredningen. Rubriker mm med röd skrift är obligatoriska.

Innemiljöutredning

Rapportnummer: (internt nummer) **Rapportdatum:**

Typ av rapport *(sätt ett kryss)*

- ○ Inventeringsrapport
- ○ Fördjupad utredning, typ: T.ex.: *"U6. Luftföroreningar som tillförs via tilluften"*
- ○ Slutrapport

Namn på utredningen

T ex: *"Innemiljöutredning av förskolan Sjölejonet, Mögellunda".*

Verksamhet och brukare

Här anges hur objektet/byggnaden används, vilken verksamhet, hur många och vilka typer av personer/brukare som normalt vistas i objektet t.ex.
"Flerbostadshus med kemtvätt i bottenplanet. Totalt ca 150 boende i 97 lägenheter samt 5 personer arbetande i kemtvätten." eller *"Förskoleverksamhet. Normalt ca 25 personal samt 48 förskolebarn."*

Uppgifter om objektet

Byggnadens adress, ev. fastighetsbeteckning. Ev. begränsning av objektet, t.ex. *"Gäller endast plan 7 och 8"* eller *"Gäller förskolan Sjölejonet".*

Uppgifter om fastighetsägare och beställare

Namn och kontaktuppgifter för fastighetsägare och uppdragsgivare.

Ansvarig utredare

Namn och kontaktuppgifter på de personer och det företag som ansvarar för utredningen.

Mall för slutrapport

Vid en innemiljöutredning enligt SWESIAQ-modellen ska denna mall användas för den slutrapport som skrivs när utredningen bedöms som avslutad. De rubriker som är skrivna med *röd text* är ska alltid finnas med i slutrapporten. En del av texten hämtas från den inledande inventeringen medan andra delar kan ha kommit fram under fördjupade utredningar. Nedanför finns förslag om vad som kan beskrivas under varje rubrik.

Men mallen är ingen checklista där man slentrianmässigt bockar av punkt för punkt. Snarare kommer innehållet i det som skrivs under varje rubrik att styras av flera faktorer: lokala förhållanden, objektets storlek och komplexitet, utredarens intresse, resurser och kompetens. Inom kontaktgruppen kan man sedan diskutera om beskrivningarna varit tillräckligt utförliga.

Slutrapport

Syfte *(obligatorisk text)*

- Att försöka finna byggnads- eller verksamhetsrelaterade orsaker till innemiljöproblem hos brukare av det undersökta objektet
- Att föreslå åtgärder i syfte att eliminera eller minska innemiljöproblemen.

A. Byggnadskonstruktion inkl. ventilationssystem

Beskriv relevant information om byggnadens konstruktion. Ange källan till uppgifterna – t.ex. byggnadsritningar, uppgifter från fastighetsägare eller brukare. Ange typ av grundläggning eller takkonstruktion där det är relevant. Ange där det är relevant de olika skikten i golv, väggar och tak – inifrån och ut – i de utrymmen där brukarna har besvär.

Ange den principiella konstruktionen hos ventilationssystemet: *(t ex självdrag med spaltventiler i sov- och vardagsrum, FTX-system med roterande värmeväxlare och tilluftskylning sommartid).*

Byggnadshistorik

Byggnadsår. Tidpunkter som kan ha hälsobetydelse, t.ex. ombyggnationer och renomveringar, ändrat ventilationssystem, ny fasad, nya golvmaterial, ny inredning, ny verksamhet osv. Förekomst av vattenskador, brand och annat som kan påverka innemiljön.

B. Besvärsbeskrivning/Besvärsutredning

Här redovisas resultat av en mer eller mindre omfattande besvärsutredning. Antal personer som har besvär och vilka typer av besvär det handlar om. Var i byggnaden har man besvär? När började de olika besvären? Förekommer de en viss tid under året, vissa veckodagar? Finns det några kopplingar till byggnadshistoriken? Ange också källan till uppgifterna, t ex intervjuer av brukare, enkätresultat, läkarutlåtande.

C. Besiktning

Besiktningsdatum:.....

1. Lukter

Beskriv lukter som du som utredare upplever: direkt vid inträde i byggnaden, i olika rum, på olika platser, i golvvinklar, under golvmattor. Beskriv också de lukter som brukarna upplever.

2. Okulär besiktning

Beskriv allt anmärkningsvärt som du noterar med dina ögon när du går runt i objektet. Glöm inte att besöka t.ex. källare, krypgrund, vind och fläktrum där det är relevant.

D. Andras utredningar

Gör en sammanfattning av ev. tidigare innemiljöutredningar/-mätningar som andra personer utfört i byggnaden. Varje sammanfattning avslutas med att du som ansvarig utredare lägger till dina egna kommentarer.

E. Egna utredningar

Här redovisas de fördjupade utredningar som utförts (U1-U7). Detta kan ske på olika sätt:

- Alla utredningsrapporter kopieras in (utan rapporthuvud) i komplett skick.
- En sammanfattning redovisas av varje utredningsrapport med hänvisning till bilagor.
- En lista redovisas över alla delutredningar med hänvisning till bilagor.

E. Sammanställning av tillgängliga data

Gör en sammanställning av alla data som kommit fram enligt punkterna A-E ovan. Sammanställningen ska innehålla följande underrubriker:

1. Fukt i byggnadskonstruktionen
2. Mikrobiell växt i byggnadskonstruktionen
3. Icke-mikrobiella emissioner (gaser/partiklar) från byggnad och fast inredning
4. Icke-mikrobiellt orsakade emissioner (gaser/partiklar) från verksamhet, möbler m.m.
5. Otillräcklig luftväxling/luftutbyteseffektivitet
6. Luftföroreningar som tillförs via tilluften
7. Förorenad luft som tränger in via tryckskillnader i byggnaden

Redovisa för varje underrubrik:

- viktiga uppgifter som kommit fram i egna och andras utredningar (inkl. inventeringen)
- kopplingar till byggnadskonstruktionen (riskkonstruktioner?)
- kopplingar till besvärsutredningen
- eventuella kvarstående mindre oklarheter – större oklarheter bör vara färdigutredda innan slutrapporten

F. Bedömning och åtgärdsförslag

Diskutera utifrån sammanställningen vilka byggnadstekniska eller verksamhetsrelaterade brister som skulle kunna ha orsakat brukarnas besvär. Det är vanligt att det finns flera misstänkta brister. Försök att rangordna dessa. Detta kan vara svårt men ange när du är osäker. Försök att redovisa för varje misstänkt brist:

- Orsakssamband, händelseförlopp och kopplingar till besvären. Orsakssambanden är viktiga för att inte problemen uppstå igen.
- Förslag till åtgärder för att avhjälpa bristerna
- Ev. kostnadsuppskattning

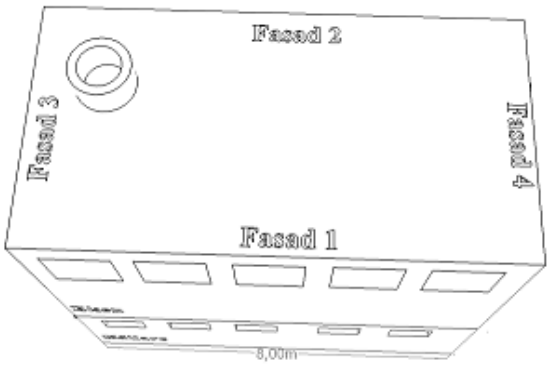
Det är givetvis viktigt att åtgärderna är realistiska och inte bryter mot gällande byggnadslagstiftning. Avslutningsvis bör det även finnas en beskrivning av hur själva åtgärds-/saneringsarbetet ska gå till så att brukare och saneringspersonal skyddas.

Det bör också finnas en beskrivning av hur åtgärderna ska följas upp. Ofta finns det ett visst osäkerhetsmoment i bedömningen – man kan alltså inte vara helt säker på att man kommer att lyckas. Då är det viktigt att redan från början göra klart hur man ska veta om allt gått bra. Det bör redan från början finnas en plan för *hur* och *när* man:

- undersöker om brukarna mår bättre efter åtgärderna
- undersöker tekniskt om åtgärderna lyckats (mätning av fukt, luftföroreningar m.m.).

Bilaga 4 - Vindberäkningar och resultat från CONTAM-simuleringar

Beräkning av vindtryck ($\boldsymbol{P_w}$) för insättning i CONTAM-modellen.



$$P_w = C_p \cdot \frac{\rho_a \cdot V_z^{\,2}}{2}$$

$$\rho_a = 1{,}2\ \frac{kg}{m^3}$$

$$V_z = V_m \cdot k \cdot z^a$$

$V_m = 10\,\frac{m}{s}$ (antas)

$k = 0{,}52$ (tabell 4.1 Hagentoft, 2012)

$a = 0{,}20$ (tabell 4.1 Hagentoft, 2012)

Vinden antas blåsa vinkelrätt mot fasad 1 → Vindriktning mot fasad 1: 0 grader

(Från figur 4.2 Hagentoft, 2012)

$C_{p(fasad1)} = 0{,}4$

$C_{p(fasad2)} = -0{,}2$

$C_{p(fasad3)} = -0{,}3$

$C_{p(fasad4)} = -0{,}3$

$C_{p(tak)} = -0{,}35$

$V_{z(källare)} = 10 \cdot 0{,}52 \cdot 1^{0{,}20} = 5{,}2\,\frac{m}{s}$

$V_{z(eken)} = 10 \cdot 0{,}52 \cdot 6^{0{,}20} = 7{,}44\,\frac{m}{s}$

Källare:

$$\Delta P_{w.1} = (0{,}4) \cdot \frac{1{,}2 \cdot 5{,}2^2}{2} = 6{,}49\ Pa$$

$$\Delta P_{w.2} = (-0{,}2) \cdot \frac{1{,}2 \cdot 5{,}2^2}{2} = -3{,}24\ Pa$$

$$\Delta P_{w.3} = (-0{,}3) \cdot \frac{1{,}2 \cdot 5{,}2^2}{2} = -4{,}86Pa$$

$$\Delta P_{w.4} = (-0{,}3) \cdot \frac{1{,}2 \cdot 5{,}2^2}{2} = -4{,}86\ Pa$$

Eken:

$$\Delta P_{w.1} = (0{,}4) \cdot \frac{1{,}2 \cdot 7{,}44^2}{2} = 13{,}28\ Pa$$

$$\Delta P_{w.2} = (-0{,}2) \cdot \frac{1{,}2 \cdot 7{,}44^2}{2} = -6{,}64\ Pa$$

$$\Delta P_{w.3} = (-0{,}3) \cdot \frac{1{,}2 \cdot 7{,}44^2}{2} = -9{,}96\ Pa$$

$$\Delta P_{w.4} = (-0{,}3) \cdot \frac{1{,}2 \cdot 7{,}44^2}{2} = -9{,}96\ Pa$$

$$\Delta P_{w,tak} = (-0{,}35) \cdot \frac{1{,}2 \cdot 7{,}44^2}{2} = -11{,}62\ Pa$$

Delar/$\Delta P_w (Pa)$	**Fasad 1**	**Fasad 2**	**Fasad 3**	**Fasad 4**	**Tak**
Källare	6,49	−3,24	−4,86	−4,86	-
Eken	13,28	−6,64	−9,96	−9,96	−11,62

Indata till CONTAM

TEST	SIMULATION METHOD (Pa)	EKEN (C)	KÄLLARE(C)	AMB.TEMP (C)	WIND SPEED (m/s)	WIND DIREC. (deg)
TEST1	STEADY	20	20	44	0	0
TEST2	STEADY	20	20	27	0	0
TEST3	STEADY	20	20	21,1	0	0
TEST4	STEADY	20	20	20	0	0
TEST5	STEADY	20	20	5	0	0
TEST6	STEADY	20	20	-4	0	0
TEST7	STEADY, (Eken : -50 pa)	20	20	27	0	0
TEST8	STEADY, (Eken : -50 pa)	20	20	21,1	0	0
TEST9	STEADY, (Eken : -50 pa)	20	20	20	0	0
TEST10	STEADY, (Eken : -50 pa)	20	20	5	0	0
TEST11	STEADY, (Eken : -50 pa)	20	20	-4	0	0
TEST12	STEADY	20	20	44	10	0
TEST13	STEADY	20	20	27	10	0
TEST14	STEADY	20	20	21,1	10	0
TEST15	STEADY	20	20	20	10	0
TEST16	STEADY	20	20	5	10	0
TEST17	STEADY	20	20	-4	10	0
TEST18	STEADY, (Eken : -50 pa)	20	20	27	10	0
TEST19	STEADY, (Eken : -50 pa)	20	20	21,1	10	0
TEST20	STEADY, (Eken : -50 pa)	20	20	20	10	0
TEST21	STEADY, (Eken : -50 pa)	20	20	5	10	0
TEST22	STEADY, (Eken : -50 pa)	20	20	-4	10	0
TEST23	STEADY	20	2	5	0	0
TEST24	STEADY	20	17	-4	0	0
TEST25	STEADY	20	17	-4	10	0

TEST26	STEADY	20	-1	-4	0	0
TEST27	STEADY	20	-1	-4	10	0

Resultat från CONTAM

TEST	Källare(Pa)	EKEN(Pa)	dp(Pa)	EKEN→KÄLLARE(kg/s)	EKEN→AMBT(kg/s)
TEST1	1,3	1,3	2,7	0.000239259	0.00160307
TEST2	0,4	0,4	0,8	0.000111326	0.000769844
TEST3	0,1	0,1	0,1	3.38683e-005	0.000236878
TEST4	0	0	0	0	1.48815e-012
TEST5	-1	-1	-1,9	0	0.00153751
TEST6	-1,6	-1,6	-3,2	0	0.00213197
TEST7	0,4	-50	-49,6	0	33.4739
TEST8	0,1	-50	-49,9	0	33.6425
TEST9	0	-50	-50	0	33.6786
TEST10	-1	-50	-51	0	34.1723
TEST11	-1,6	-50	-51,6	0	34.4372
TEST12	-1,9	-5,3	-0,7	0	0.0172916
TEST13	-2.8	-6.2	-2,6	0	0.0177282
TEST14	-3.2	-6.6	-3,3	0	0.0178756
TEST15	-3.2	-6.6	-3,4	0	0.017903
TEST16	-4.2	-7.6	-5,3	0	0.0182774
TEST17	-4.8	-8.2	-6,6	0	0.0185033
TEST18	-2.8	-50.3	-46,7	0	30.7045
TEST19	-3.2	-50.3	-47	0	30.8249
TEST20	-3.2	-50.2	-47	0	30.8249
TEST21	-4.2	-49.8	-47,5	0	30.9935
TEST22	-4.8	-50.0	-48,8	0	31.3065
TEST23	-3	-7,6	-4,2	0	0.0182324
TEST24	-1,4	-1,6	-3	0	0.00213197
TEST25	-4,6	-8,2	-6,4	0	0.0184977
TEST26	-0,2	-1,6	-1,8	0	0.00213197
TEST27	-3,5	-8,2	-5,2	0	0.018457

TEST	EKEN→AMBT(kg/s)	KÄLLARE→EKEN(kg/s)	KÄLLARE→AMBT(kg/s)	AMBT→EKEN(kg/s)	AMBT→KÄLLARE(kg/s)
TEST1	0.00160307	0	0.000957016	0.00184233	0.000717758
TEST2	0.000769844	0	0.000454622	0.00088117	0.000343296
TEST3	0.000236878	0	0.000139349	0.000270746	0.000105481
TEST4	1.48815e-012	0	0	0	3.46944e-018
TEST5	0.00153751	0,000191969	0.000599002	0.00134554	0.00079097
TEST6	0.00213197	0,000266191	0.000830599	0.00186578	0.00109679

TEST7	33.4739	0,00159395	0	33.4721	0.00159396
TEST8	33.6425	0,00160053	0	33.6407	0.00160054
TEST9	33.6786	0,00160201	0	33.6768	0.00160202
TEST10	34.1723	0,00162316	0.000598984	34.1705	0.00222215
TEST11	34.4372	0,00163544	0.000830584	34.4354	0.00246603
TEST12	0.0172916	0.000101744	0.00537337	0.0171899	0.00547512
TEST13	0.0177282	0,000233016	0.00528331	0.0174952	0.00551634
TEST14	0.0178756	0,000272116	0.00525669	0.0176035	0.00552885
TEST15	0.017903	0,000279234	0.00525177	0.0176238	0.00553106
TEST16	0.0182774	0,000373109	0.00518367	0.0179043	0.00555678
TEST17	0.0185033	0,000427997	0.00513943	0.0180753	0.00556744
TEST18	30.7045	0,00153297	0.00398337	30.703	0.00551635
TEST19	30.8249	0,0015391	0.00398976	30.8234	0.00552886
TEST20	30.8249	0,00153924	0.00399183	30.8234	0.00553107
TEST21	30.9935	0,00155065	0.00400614	30.9919	0.00555679
TEST22	31.3065	0,00156831	0.00399914	31.305	0.00556745
TEST23	0.0182324	0,000328178	0.00537576	0.0179043	0.00570395
TEST24	0.00213197	0,000257375	0.000770608	0.00187459	0.00102798
TEST25	0.0184977	0,000422357	0.00516905	0.0180753	0.00559141
TEST26	0.00213197	0,000191128	0.000234155	0.00194084	0.000425283
TEST27	0.018457	0,000381607	0.00536339	0.0180753	0.00574503

Bilaga 5 - Intervjufrågor till konsulter

Vem är du och vilken bakgrund har du?

Hur tänker du när du ska göra en innemiljöutredning, vilken information om byggnaden vill du ha först?

Vilka frågeställningar sätter du upp för att besvara?

Varför tror du att det finns så många "sjuka hus"?

Vad i inneluften tror du orsakar mest problem?

Beskriv vanliga typiska problem, risker och vanliga åtgärder kopplade till:

- Ventilation
- Typ av byggnad, konstruktionstyper
- Byggnadsmaterial
- Brukares användning av lokalen
- Yttre omständigheter (placering, undergrund, etc)
- Samverkan av ovanstående

Känner du till SWESIAQ-modellen? Vad anser du om den?

Vilka problem ser du kopplat till årstider, finns det tillfällen man ska vara extra vaksam?

Vilka vanliga fel gör innemiljöutredare?

Vi har studerat äldre byggnader, 50-70-tal. Vad har man lärt sig byggtekniskt sedan dess och vilka nya fel för man idag?

Hur vanligt är det att luft kommer in i byggnaden från ställen det inte borde?

Hur reflekterar du kring luftrörelser och tryckskillnader?

Tänker du att det är ett vanligt bakomliggande problem med tryckskillnader?

Hur tänker du om hur luftrörelser och tryckskillnader förändras efter ombyggnader/åtgärd och vilka risker finns då?

Vilka uppföljningar görs?

Om du haft obegränsat med tid och resurser, vad hade du gjort för åtgärder då?

Vad tycker du att vi ska ta med oss?