

# God inomhusmiljö i förskola och skola

– En handbok för  
ljus, ljud och luft



EUROPEAN  
REGIONAL  
DEVELOPMENT  
FUND



**EFFECT4buildings**





Vi spenderar i genomsnitt 90 % av vår tid inomhus och kvalitén på inomhusmiljön har stor betydelse för både hälsa och produktivitet. Det gäller inom alla områden, inte minst skolor och förskolor. Smarta elever kräver smart skolmiljö!

Samtidigt är det komplexa frågor att skapa en bra inomhusmiljö som samtidigt är energieffektiv. Syftet med denna guide är därför att vara en hjälp i vardagen för fastighetsförvaltare och planerare i planering, upphandling och uppföljning av projekt.

EU-projektet EFFECT4buildings har tillsammans med övriga länder kring Östersjön arbetat gemensamt för att ta fram verktyg och metoder som leder till ökad energieffektivitet i byggnader. Verktyg finns för nio områden; Lönsamhetsberäkningar, paketering, finansiering, beslutsfattande, EPC-kontrakt, MSC-kontrakt och Gröna hyresavtal. Dessutom har projektet spridit kunskap om olika tekniska lösningar. Mer information om projektet finns på [www.effect4buildings.se](http://www.effect4buildings.se)

Med MSC-kontrakt (Multi Service Contracts) menas ny- och ombyggnadsprojekt som strävar efter mer än bara energieffektivisering och där förbättrad inomhusmiljö är en central del. Denna guide är en del av verktygen som tagits fram inom detta område.

### Länsstyrelsen Dalarna, april 2020

**Marit Ragnarsson**  
Projektledare  
EFFECT4buildings

**Hans Ahlin**  
Metodutvecklare  
EFFECT4buildings

**UTGIVEN AV**  
**LÄNSSTYRELSEN I DALARNAS LÄN**  
**MAJ 2020**

**RAPPORTEN KAN LADDAS NER FRÅN**

[www.effect4buildings.se](http://www.effect4buildings.se)

**UPPLAGA**  
Första upplagan

### SAKKUNNIGA

Isabel Villar, Ljus, White arkitekter  
Viktor Sjöberg, Ljus, White arkitekter  
Filiz Coskun, Lärmiljöer, White arkitekter  
Jonas Christensson, Ljud, Saint Gobain  
Charlotta Berggren, Luft, By Demand

### BILDRÄTTIGHETER

Bildrättigheter finns angivna för respektive bild

# INNEHÅLL



<b>VÄRDET AV EN GOD INOMHUSMILJÖ .....</b>	<b>4</b>
FRAMTIDENS SKOLA	
SKOLLOKALER FRÅN OLIKA TIDER	



<b>LJUS.....</b>	<b>10</b>
VÄRDET AV LJUSKVALITET	
HUR UPPNÅS EN GOD LJUSMILJÖ? - TEKNISKA ASPEKTER	
KRAVSPECIFIKATION I UPPHANDLINGAR	
UTVÄRDERING OCH UPPFÖLJNING	
LAGAR, REGLER OCH RIKTLINJER	



<b>LJUD.....</b>	<b>20</b>
VÄRDET AV LJUDKVALITET	
HUR UPPNÅS EN GOD LJUDMILJÖ? - TEKNISKA ASPEKTER	
KRAVSPECIFIKATION I UPPHANDLINGAR	
UTVÄRDERING OCH UPPFÖLJNING	
LAGAR, REGLER OCH RIKTLINJER	



<b>LUFT.....</b>	<b>30</b>
VÄRDET AV LUFTKVALITET	
HUR UPPNÅS EN GOD LUFTMILJÖ? - TEKNISKA ASPEKTER	
KRAVSPECIFIKATION I UPPHANDLINGAR	
UTVÄRDERING OCH UPPFÖLJNING	
LAGAR, REGLER OCH RIKTLINJER	



<b>BYGGPROCESSEN.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERENSER.....</b>	<b>44</b>





# Värdet av en god inomhusmiljö



**Skolan är Sveriges största arbetsplats. Genom den pedagogiska verksamheten, social trygghet och kvalitativa fysiska miljöer lägger skolan grunden för god folkhälsa.**

Det tidiga livets villkor och god arbetsmiljö är två av Folkhälsopolitikens huvudmål (1). Fokus ligger på att vidta åtgärder för en jämlik hälsa som stöttar och stärker en god start i livet och jämlika uppväxtvillkor. Centrala aspekter för en god och jämlik hälsa är likvärdig utbildning och goda lärmiljöer.

Skolan är Sveriges största arbetsplats med ca 1 500 000 elever, och ca 125 000 lärare (2). En god miljö i förskola och skola är en viktig förutsättning för barns och ungas skolprestationer (1). Barn och unga som saknar slutbetyg från grund- eller gymnasieskola har sämre möjligheter i arbetslivet och riskerar i högre utsträckning hamna i framtida utanförskap. En tidig exkludering och frånvaro kan leda till stora kostnader för samhället i form av senare insatser för utbildning, vård mm. En god skolmiljö ger istället förutsättningar för en god hälsa och samhällsinkludering senare i livet, vilket motiverar preventiva satsningar i skolans miljöer.

## VAD ÄR EN GOD INOMHUSMILJÖ?

Det finns många faktorer i inomhusmiljön som har effekt på människors hälsa, på ett direkt eller indirekt sätt. Idag tillbringar vi majoriteten av vår tid inomhus, i snitt mer än 21 av dygnets timmar (3). Inomhusmiljön har därför sannolikt större betydelse för vår hälsa och vårt välbefinnande än någonsin förut.

Särskilt viktigt för en god inomhusmiljö i skolbyggnader är en förståelse för komplexiteten i miljöns sammansättning. Byggnadens placering, proportioner, skala, vånings- och rumshöjder, ytskikt och materialval har alla stark påverkan på upplevelsen av rum och hur väl vi fungerar i dem. Miljöerna utformas därför bäst i tvärprofessionella team där ett helhetstänk avseende gestaltning och kvalitet i miljöerna är rådande.

Ljusinsläpp, ljudnivåer och luftkvalitet är några av de viktigaste faktorerna för en god arbetsmiljö (4) och utgör därför fokus för den här guiden.

## VIDARE LÄSNING:

### ARBETSMILJÖVERKET (5)

Arbetsmiljöverket ansvarar för att inspektera att det inte finns risker i den fysiska miljön. Arbetsmiljölagen gäller både för elever och för personal i grund- och gymnasieskolan.

### SKOLINSPEKTIONEN (6)

Skolinspektionen ansvarar för att inspektera att skolans lokaler är ändamålsenligt utformade för den pedagogiska verksamheten.

### SKR

Sveriges kommuner och regioner (SKR) har givit ut ett flertal texter och rapporter för planering av lärmiljöer och god inomhusmiljö:

- SKR - Skollokalernas betydelse för lärande (7)
- God innemiljö - faktorer som påverkar inomhusmiljön i våra skolor (3)
- Förskolans fysiska miljö (8)



# Framtidens skola

**Kraven på inomhusmiljön styrs i hög grad av verksamhetens förutsättningar och behov. I dagens och framtidens skolor ställs krav på varierade lärmiljöer, flexibel rumsanvändning och långsiktigt hållbarhet.**

Det traditionella klassrummet framhävs ofta som exempel då skolans lokaler diskuteras. Men faktum är att klassrum, eller basrum, som de ibland kallas, endast är en av många rumsfunktioner som krävs för att kunna bedriva modern pedagogisk verksamhet. Idag arbetar många skolor med en problemlösande och kollaborativ pedagogik och lärarna arbetar oftare teambaserat. Det samarbetsbaserade arbetssättet hos elever och lärare skapar behov av en större variation av rum och ställer samtidigt andra krav på befintliga klassrum, framför allt avseende akustiska förutsättningar.

## **Informella lärmiljöer**

Olika rum för olika användning ger en större flexibilitet i undervisningen och möter bättre de varierade behov som finns i dagens elevgrupper. Exempel på detta är informella lärmiljöer som efterfrågas som komplement till grupp- och klassrum. Informella miljöer ska stödja självständigt arbete, enskilt eller i grupp, där eleverna kan hitta relevant information och diskutera lösningar med varandra. Informella miljöer förläggs ofta i anslutning till formella miljöer som klassrum eller grupprum

och kan vara en större öppen yta eller en breddad korridor. Öppet utformade miljöer är svårare att planera eftersom de ska kunna hysa flera olika aktiviteter - fokusarbete, mindre genomgångar i grupp och en hög genomströmning i samma rumslighet. Det ställer högre krav på planeringen av kvalitetsaspekter för både belysning, ljud och luft.

## **SAMNYTTJANDE OCH FLEXIBILITET**

Att bygga nya skolor innebär stora investeringar varför ökade krav på yteffektivitet och flexibilitet ses i direktiv inför om- och nybyggnation. Ett sätt att skapa yteffektiva lösningar och samtida samhällsvinster är att skolbyggnader tillgängliggörs för fler aktörer än enbart skolverksamheten. Samnyttjande kan ske genom att skolan är öppen för exempelvis föreningsliv, bibliotek, idrott och kultur etc. Någoting som ställer nya krav på skolers inomhusmiljöer avseende omställbarhet, både på daglig basis och över tid -dvs nya krav på flexibiliteten.

I önskan om att skapa flexibla skolor eftersträvas generella rumslösningar, där miljöerna ska kunna hysa olika

verksamheter och aktiviteter. Ett klassrum kan fungera både som undervisningsrum dagtid och som fritids efter skoltid. Matsalar förläggs idag ofta i öppna entrérum där de också kan fungera som mötesplats kvällstid eller som skolans aula. Den typen av rumsplanering ställer höga krav på att vara förutseende gällande både flöden, inredning och utrustning samt grundläggande robusthet i byggnadstekniska system.

## **EN SUND SKOLA**

En hållbar och hälsosam livsstil hänger ihop med skolans livslärande uppdrag och hållbarhet bör manifesteras och synliggöras i byggnaden. Skolgårdar och inomhusmiljöer ska uppmuntra till rörelse och aktivitet, men också erbjuda lugna och trygga miljöer för mentalt fokus och återhämtning. Miljöerna ska vara giffria, det växande barnet är extra känsligt för gifter och hormonstörande ämnen.

Energi- och klimatmål i nya byggnader är i dag grundläggande och manifesteras i en rad certifieringssystem. Kraven kommer att behöva skärpas ytterligare för uppnå klimatomfattigt hållbara samt hälsofrämjande och giffria miljöer.



*Idag finns ett behov av varierade rumsligheter i skolans miljöer. Det är vanligt förekommande med mer eller mindre öppna rum i nära anslutning till formella klass- och grupprum. De öppna miljöerna utformas för individuellt fokusarbete och/eller arbete i grupp. Klassrummen utrustas i större utsträckning med varierad möblering för att passa olika inlärningsstilar.*





2000-TAL

BILLINGSKOLAN, SKÖVDE. © WHITE ARKITEKTER, FOTOGRAF IVAN BRODEY



FÖRE 1930

ÖSTERMALMS LÄROVERK 1910. STOCKHOLMS STADSMUSEUM  
FOTONUMMER C 1899 ; FOTONUMMER FA 33742



1940-60-TAL

FOTOGRAF: PETERSENS, LENNART AF, STOCKHOLMS STADS-  
MUSEUM, FOTONUMMER F 42132 (1913-2004)



2000-TAL

TEGELHAGENS SKOLA, SOLLENTUNA © WHITE ARKITEKTER  
FOTOGRAF ANDERS BOBERT



1990-TAL

BRUNNS SKOLA © WHITE ARKITEKTER





# Skollokaler från olika tider

Möjligheten att skapa bra ljus-, ljud- och luftförhållanden påverkas av vilken tidsålder byggnaden är ifrån.

## FÖRE 1930

Byggnader från början av 1900-talet uppfördes i robusta material och upplevs ofta som pampiga. Byggnadstekniskt präglas de av höga våningshöjder och äkta material, som tegel, sten och trä.

Den primära ljuskällan var dagsljus och därför utformades byggnaderna med generösa och höga fönsteröppningar för att få in ljus långt in i lokalerna.

Skolor från den här tiden är akustiskt svåra då de inte försågs med ljudabsorbenter, men också för att de inte är planerade efter nutidens kollaborativa pedagogiska ideal.

Den höga takhöjden bidrog till goda luftförhållanden. Skolorna värmdes ofta med kalorifer-system vilket innebar att man värmdes luft som fördes in i klassrummen via inmurade kanaler. Luften släpptes ut via självdragskanaler som också de låg inmurade i väggarna. Det är inte ovanligt att tilluftssystemen blev bortbyggda då man kompletterade med radiatorsystem på 40-talet.

## 1940-60-TAL

Under mitten av 1900-talet uppfördes många skolbyggnader efter typförlagor framtagna av Skolöverstyrelsen. Byggnaderna präglas av demokratiska värderingar, en folkhemssyn och en god rådande samhällsekonomi. Den tidigare pampigheten tonades ner och ersattes av en mer nedtonad, men tydlig och kvalitativ gestaltning.

Interiört präglas dessa byggnader av klassrum placerade på rad längs långa korridorer, med stora fönster mot söder. Ett upplägg som inte överensstämmer väl med dagens pedagogiska ideal då de helt saknar grupprum och informella miljöer. Skolorna ventilerades ofta på 40-talet med självdragsssystem som även byggde på vädring på rasterna. Senare blev fläktdrift mer och mer vanligt.

## 1960-90-TAL

Vid den här tiden förändrades byggmetoder och den pedagogiska verksamheten radikalt mot tidigare förhållanden. Skolorna byggdes med prefabricerade element för minskade kostnader och förhöjd energiprestanda. Fönsterstorlekar och våningshöjder minskade och så även planlösningar och flöden. Man frångick att varje klass hade egna "hemklassrum" och skåpförvaring för varje elev placerades i de långa korridorerna. Skolbyggnader från den här tiden är ofta låga med centralt placerade korridorer kantade av långa rader av klassrum och grupprum. Byggnaderna är idag inte sällan slitna, p.g.a. mindre kvalitativa ursprungsmaterial, men de fungerar relativt väl ihop med nutidens pedagogiska kollaborativa ideal.

I slutet av 70-talet började ventilationssystemen ha värmeåtervinning. Ventilationssystemen är ganska lika från 70-talet till 90-talet undantaget några av de moderna självdragsskolorna som byggdes i början av 90-talet.

## 2000-TAL

De senaste årens pedagogiska förändringar har drivit utvecklingen av nya skoltypologier. Tidigare kommunikationsytor som korridorer, omprogrammeras nu ofta för att husera informella miljöer. Gemensamma ytor värdesätts högt och också personalen arbetar mer i team på ett flexibelt sätt. Detta möjliggör en mer effektiv lokalanvändning än tidigare. Byggnadstekniskt har man återgått till mer generösa våningshöjder och större glasarea i fönsteröppningarna.

Skolor från den här tiden håller byggnadstekniskt relativt hög nivå avseende energieffektivitet. Under senare år har många av ventilationssystemen utrustats med avancerade system för behovsstyrning. Många öppna ytor ställer dock högre krav på planeringen av ljudmiljöerna.



## VIDARE LÄSNING:

### 1. DAGSLJUSKRAV OCH UTBLICK

DagsljuskraV och utblick på arbetsplatsen: effekter på hälsa och beteende. Arbetsmiljöverket. (7)

### 2. LJUS OCH HÄLSA

Ljus och hälsa – en kunskaps-sammanställning med fokus på dagsljusets betydelse i inomhusmiljö. Folkhälsomyndigheten. (8)

### 3. LJUS OCH RUM

Ljus och rum – Planeringsguide för belysning inomhus. (9)

### 4. ENERGIEFFEKTIVA LÖSNINGAR

Energy saving potential for integrated daylighting and electric lighting design via user-driven solutions: A literature review. Lund University. (10)

### 5. BELYSNINGsutmaningen

Sammanställning av arbetet med en nationell kraftsamling inom belysningsområdet. Energimyndigheten (11).

# Ljus



## Värdet av ljuskvalitet

Ljus påverkar vår hälsa och vårt välbefinnande, både utifrån biologiska och psykologiska aspekter. En varierad och välplanerad ljussättning är ett starkt verktyg för skapandet av inspirerande, hälsosamma och energieffektiva miljöer där människor trivs.

Vi vistas mindre utomhus än någonsin, mer än 90% av vår tid spenderas inomhus. Vårt välmående är tätt kopplat till ljusintaget och vår nya livsstil gör att vi vistas mer i elektriskt ljus än i dagsljus, vilket har visat sig ha en negativ påverkan på hälsan (1).

Ljus bidrar både till vårt seende och synkroniserar den biologiska klockan som styr våra sömn- och vakenhetscykler. Ett högt intag av dagsljus förbättrar vår sömn, prestationsförmåga samt vårt humör och minskar sömnighets-känslor dagtid. Dagsljuset och dess skuggverkan bidrar också aktivt till hur vi upplever den byggda miljön, rummets naturliga karaktär och skiftningar i färg och form. Sveriges nordliga breddgrader ger mindre naturligt dagsljus och global solinstrålning under höst- och vinterhalvåret vilket innebär att elektriska belysningsalternativ behövs också under dagtid (2).

### BRISTANDE LJUS I SKOLAN

I skolor är det inte ovanligt med felaktig placering av armaturer, flimmer samt bländning från belysning, vilket har visat

sig ha negativa effekter för hälsa och inläring. Det är vanligt att klassrum ljussätts med en helt jämn belysningsfördelning, vilket skapar monotona rum som försvårar rumsuppfattningen. Hur dagsljus och belysning utformas i förhållande till människors behov är därför avgörande i skapandet av goda lärmiljöer.

### Ljus och hälsa i skolan

Forskning visar att barn i skolor som prioriterar utomhusvistelse rör sig mer, har bättre Body Mass Index (BMI) och längre nattsömn än andra barn (3).

I inomhusmiljön ger högt dagsljusinsläpp, genom stora fönster med hög glasarea och ljusgenomsläpplighet, positiva effekter på elevers och personals prestation, både på kort och lång sikt (4). Dessutom ses positiva effekter för inlärningshastigheten i rikligt dagsljusförsedda klassrum (5).

Utblick mot vegetation verkar positivt för inläringen och studieresultaten.

En ljussättning som gör att man enkelt kan avläsa lärarens och elevers minspel underlättar kommunikationen i

klassrummet och ger förutsättningar för samtal medan ett mer dämpat ljus kan skärpa lyssnandet (6).

Det upplevda värdet av en inomhusmiljö som utformats med hjälp av dagsljuset kan vara stort. Dagsljusets konstanta variation i kombination med väl valda, kulörer, material och ytskikt kan bidra till mervärden i forandandet av skolans rum och för hur rum upplevs. Gestaltningen av utomhusmiljön har stor effekt på ljusstillgången på platsen och på hur mycket av ljuset som letar sig in i byggnaderna.

### ENERGIEFFEKTIVITET

Lysrör kom starkt på marknaden som en ersättning för dagsljus under energikrisen på 1970-talet. Det ledde till en betydande minskning av både fönstorstorlekar och ljuskvaliteten i skolmiljöer. Energieffektiva lösningar kan idag skapas genom god ljusplanering utan att ge avkall på ökat välbefinnande. Detta genom att prioritera god tillgång till dagsljus samt en väl genomtänkt belysning där adekvata styrsystem fungerar som komplement.



# Hur uppnås en god ljusmiljö?

## Tekniska aspekter

Arbetsmetoder som omfattar ljusets kvalitativa och kvantitativa värden i tidiga projekteringsskeden, där dagsljus och belysning nyttjas och planeras på bästa sätt skapar synergieffekter för både välbefinnande och energiförbrukning. I avsnittet beskrivs grundläggande förutsättningar för att uppnå goda ljusmiljöer samt förklaringar av tekniska begrepp och aspekter.

### NYBYGGNATION

Vid nybyggnation finns goda möjligheter att säkra god dagsljusstillgång där den behövs. Möjligheten att skapa en väl gestaltad dagsljusmiljö finns vid nybyggnation där dagsljuskoncept för det specifika projektet kan tas fram. Med kunskapen om vilka faktorer som påverkar dagsljusstillgången samt utblickar i en byggnad kan dagsljuset optimeras när byggnaden projekteras.

I de flesta skolprojekt görs initiala dagsljusberäkningar redan i förstudie- och programhandlingsskedet, för optimal placering och programmering av en byggnad på en utvald tomt. Det kan dock ske redan i detaljplaneskede. Beräkningarna säkerställer byggnadens dagsljusförsörjning samt preliminärt uppfyllande av myndighetskrav gällande exempelvis dagsljusfaktor. Särskilt viktigt är dessa simuleringar i tätbebyggda områden där förutsättningarna att tillgodose bra dagsljus kan vara knepiga.

I systemhandlingsskedet görs vanligtvis en mer detaljerad dagsljusberäkning som analyserar hur mycket dagsljus som når in i den föreslagna byggnaden på rumsnivå. Beräkningen utgör ofta underlag för bygglovsansökan och kan krävas för att få startbesked för byggnation. Beräkningarna används av projektet för att ge input till hur väl dagsljuset når rum där stadigvarande vistelse är tänkt att ske. Om inte tillräckligt med

dagsljus når får fasad, fönstersättning, planlösning, eventuella balkonger m.m. formas om för att nå ett bättre resultat. Detta är ett iterativt arbete som bedrivs i designprocessen av arkitekt och dagsljusspecialist tillsammans.

I bygghandlingsskedet görs en verifierande beräkning med den slutliga utformningen och för att säkerställa att bra dagsljus och gestaltning uppnåtts, samt att myndighetskrav uppfylls. Denna beräkning används ofta som redovisning vid miljöcertifieringar av byggnader.

Arbetet med belysningen utgår från förutsättningar i dagsljusstudierna, men också ifrån byggnads- och rumsutformningen samt inredningsarkitekturen och rummens funktionalitet. Informationen analyseras med målsättning att skapa ett ljusdesignkoncept som möter både kvalitativa samt kvantitativa aspekter av belysning.

I programskedet beskrivs belysningsprinciper till olika rumstyper genom illustrationer, text och referensbilder, typ av armatur med tekniska beskrivningar, samt styrningsprinciper.

Ljusdesignkonceptet vidareutvecklas i systemhandlingsskedet där placeringen av armaturer, ljusberäkningar, armaturförteckning ingår. I samma skede genomförs eventuella provbelysningar i nära samarbete med arkitekter, inredningsarkitekter och dagsljusspecialister men också i



vissa fall med fastighetsägare, förvaltare och användare. Provbelysningar är ett avgörande steg i processen där flera olika belysningsförslag kan utvärderas utifrån kvalitativa och kvantitativa effekter.

Under bygghandlingskedet utvecklas ljusdesignkonceptet mer i detalj och samordnas med de olika konsulterna för att säkerställa att det kan byggas som det är tänkt. Belysningsplaner, armaturförteckning och styrningsprinciper projekteras vidare av en elkonsult för planeringen av elinstallationer. Uppföljning under byggtiden är viktig eftersom många detaljer beslutas på plats.

Involvering av ljusdesigner genom hela byggprocessen, också då systemet utvärderas, är avgörande för att en god ljusmiljö planeras och byggs, men också för att säkra kostnadsstyrningen.

Programmeringen av belysnings-scenarierna görs innan hyresgästerna flyttar in och bör kontinuerligt anpassas över tid efter inflyttning för att möjliggöra justeringar efter användarnas utvärdering.

Flexibilitet är en viktig del av belysningsplanering i nybyggnationer, att säkerställa att belysningsarmaturer kan bytas, flyttas och regleras i framtiden utan stora förändringar beror också på ett system där el och styrning planeras med plats för förändringar. Att specificera armaturer som är framtidssäkra ur underhållspunkt men också för att bevara ljusets egenskaper över tid är viktigt både ur ett kvalitets- och kostnadsperspektiv.

## OMBYGGNATION

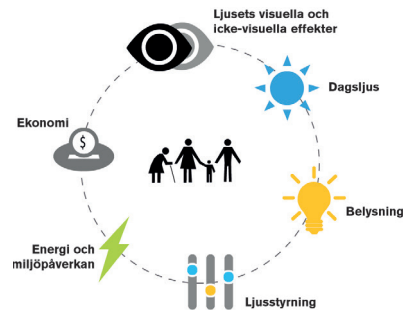
Att förbättra dagsljusinsläppet vid mindre ombyggnationer av befintliga skolor kan vara svårt då fönster redan "sitter där de sitter". Arkitekter och inredningsarkitekter kan dock genom förslag till ny planlösning, bearbetning av ytskikt avseende struktur, material och kulör samt ny planering av möbleringen optimera positiva effekter av befintligt dagsljusinsläpp i äldre byggnader.

Förutsättningarna för dagsljusinsläppet är svårt att reglera vid ombyggnation, men så är inte fallet för belysningen. Belysningen går bland annat att använda för att återskapa ett så naturligt ljus som möjligt (12). Men också för att förbättra en befintlig ljusättning av en skolmiljö. Begränsningar för belysningen vid ombyggnation handlar främst om möjlig placering av armaturer.

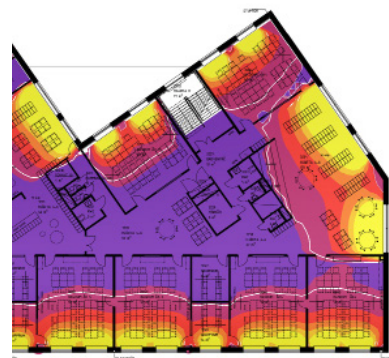
## PLANERING OCH BERÄKNING

### Beräkningar och simuleringar

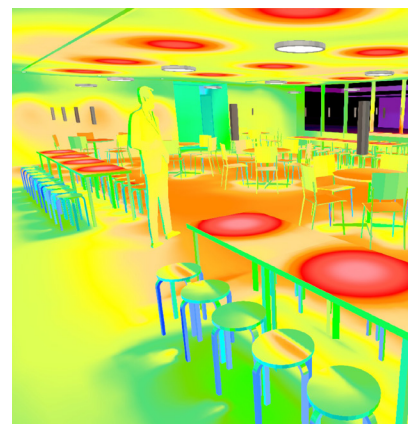
Dagsljusberäkningar och simuleringar blir allt vanligare i projekt för att visa att man uppfyller krav och regler. Det viktiga är att hitta en bra process som följer byggnads- och designprocessen. I tidiga skeden är budgetar ofta mindre och då gäller det att anpassa beräkningsnivån efter denna så att man ändå kan styra ritningsarbetet i rätt riktning så förutsättningarna för att uppfylla skarpa krav inte går förlorade.



Faktorer som påverkar en bra ljusmiljö



Invändig dagsljusberäkning i en skola



Beräkningsbild av belysningsstyrka (lux)

## **Dagsljusberäkningar**

Det vanligaste sättet att beräkna dagsljus är genom det kvantitativa begreppet dagsljusfaktor. Den beräknas som förhållandet mellan belysningsstyrka (mäts i lux) inne och ute och anges i procent. Dagsljusfaktorn är definierad för en helt molnig dag, dvs. endast det diffusa ljuset tas med, vilket gör att måttet inte blir väderstrecsberoende. Dagsljusfaktorn går att simulera med datorprogram och mäts antingen i en specifik punkt i rummet, som ett medelvärde eller ett medianvärde.

Ett annat sätt att beräkna dagsljus är genom en mer avancerad simulering som tar hänsyn till både det diffusa ljuset samt det direkta solljuset på platsen för projektet. Detta kallas dagsljusautonomi. Det är ett mått på hur många timmar under en årsarbetstid som en byggnad når tillräckligt höga luxnivåer utan att använda elektriskt ljus. Detta mått är således mer inriktat mot att också spara energi.

I tidigt skede på en stadsbyggnadsskala är kan nämnas två metoder att också beräkna dagsljus. Dessa är VSC (Vertical Sky Component) som mäter dagsljusstillgången på fasaden samt VDF (Vertikal Dagsljusfaktor) som är en något mer avancerad version av VSC och kräver mer information då den bland annat tar hänsyn till reflekterat ljus.

## **Beräkning av belysning**

Numera beräknas belysning mestadels digitalt med hjälp av programvaror. Dessa mjukvaror är användbara för att beräkna bl.a. belysningsstyrka, luminans, belysningsstyrkans jämnhet, bländning, energiförbrukning men även för att visualisera hur ljuset kommer att spridas i ett rum. Beräkningarna används för att säkerställa att kvantitativa krav uppfylls, men kan endast till viss del mäta kvalitativa krav. För att säkerställa kvalitativa aspekter som t.ex. bländning, färgåtergivning och flimmar rekommenderas att en visuell bedömning och mätning utförs.

## **GENERELLA FAKTA OM LJUS**

### ***Belysningsstyrka (LUX) & luminans (cd/m<sup>2</sup>)***

Belysningsstyrka mäter ljusflöde i enheten lux och avspeglar det infallande ljus som belyser en yta. Belysningsstyrka är ett kvantitetsbegrepp som är enkelt att mäta digitalt och med en

luxmätare, men som ofta överskattats inom ljusplanering.

Luminans mäter hur mycket ljus som reflekteras från en yta utifrån i en viss riktning i enhet cd/m<sup>2</sup>. Ljusa och blanka ytor reflekterar mer ljus än mörka och matta ytor, vilket kommer att påverka ljusbilden. Luminans kan mätas både digitalt och med en luminansmätare.

### ***Varierad belysning***

Både för dagsljus och elektriskt ljus gäller att en varierad ljussättning, som förhåller sig till platsens förutsättningar samt till brukarnas varierade behov och aktiviteter, ger bättre och attraktivare studie- och arbetsmiljöer.

Varierat ljus används som begrepp för belysning vars belysningsstyrka och färgtemperatur kan justeras. Begreppet kan också användas i förhållande till ett rum där man har tillgång till olika belysningskaraktärer såsom en kombination av direkt belysning och indirekt belysning.

I en dansk pilotstudie undersöktes hur nedpendlad belysning, som ett tillägg till allmänbelysningen i ett klassrum påverkade den auditiva miljön positivt (13). Den nedpendlade belysningen skapade en upplyst yta på själva arbetsplatsen och ett mjukt ljus mellan arbetsplatserna. Resultatet visade, förutom förhöjd koncentration och förbättrad inlärningsförmåga hos eleverna, att ljudnivåerna minskade i klassrummet.

Ur ett hälsoperspektiv och i vistelsemiljöer med dålig dagsljusstillgång, kan varierad belysning, som inkluderar cirkadiska belysningsprinciper, vara ett hjälpmedel för att kompensera för bristen på dagsljus. Viktigt att betona är dock att den primära målsättningen alltid måste vara att rum för långvarig vistelse förses med dagsljus.

### ***Färgtemperatur (Kelvin)***

Färgtemperaturen, det vill säga ljusets färg, ger en uppfattning om färgupplevelsen av ljuset från ljuskällan. Ljusfärgen kan vara varmtonad, neutralt vit eller kall vit. Valet av färgtemperatur är en fråga om psykologi, estetik och vad som ser naturligt ut. Vilken färgtemperatur man väljer är också kopplat till rummets färg och inredning, belysningsstyrka, användningsområde och klimat (15). De mest använda färgtemperaturerna i inomhusmiljöer i nordiska länder är mellan 2700K - 4000K.

### Färgåtergivning (Ra)

Ljuskällors färgåtergivning är mycket viktig för ljusets kvalitet. Ju högre färgåtergivning desto bättre ljuskällorna återspeglar naturliga färger. För att gradera färgåtergivningsförmåga används Ra-index, ett medelvärde på avvikelserna hos åtta definierade testfärger. Ra-index kan vara högst 100. Ljuskällor med Ra < 80 ska inte användas i miljöer där människor arbetar eller vistas annat än kortvarigt (14).

### Bländning (UGR, Luminans)

Bländning uppstår när ljuset från en armatur eller yta i lokalen är märkbart ljusare än rummets omgivning. Ögat utsätts då för ett starkare ljus än det är adapterat för. Tolerans för bländning är troligen större om det kommer från dagsljus och fönster än motsvarande elektriskt ljus (16).

UGR (Unified Glare Rating) är en metod för att beräkna graden av obehagsbländning i en inomhusanläggning ur ett brukarperspektiv. Beräkningen utgår från betraktarens öga (dess position och vinkel) i förhållande till armaturens lysande yta samt omgivningsljuset. En viktig sak att komma ihåg är att det är ett beräknat värde av en anläggning i sin helhet, inte ett mått på om en armatur är bländande eller ej (17). UGR kan mätas digitalt, men bländning kan också visuell utvärderas samt mätas med hjälp av en luminansmätare.

### Flimmer (Hz/s)

Flimmer, eller ljusmodulation, från ljuskällor och armaturer kan orsaka tydliga besvär som huvudvärk och ögonbesvär. Experter bedömer också att det osynliga flimret påverkar vårt nervsystem och därmed kan utgöra en bidragande faktor bakom mer svårdefinierade symtom på stress och elöverkänslighet. Flimmer tillför ingenting positivt och ska absolut undvikas i våra ljusmiljöer. Flimmer kan mätas med en flimmermätare (18).

### Lysdioder (LED)

Lysdioder finns idag för både färgskiftande applikation, (s.k. RGB-teknik), färgtemperaturskiftande och fast vitt ljus. Energieffektiviteten är idag på en sådan nivå att de kan användas i nästan alla sammanhang. Ljus kvaliteten på lysdioder idag är god, och lösningar med Ra över 90 blir allt vanligare.



Variation av färgtemperatur från varmt vitt (10000K) till kallt vitt ljus (10000K)

OHSURIYA, ADOBE STOCK

Lysdioder har många fördelar jämfört med konventionell belysningsteknik, bl.a. hög energieffektivitet, lång livslängd, att de är väldigt robusta samt att de är enkla att styra (19).

### Ljusreglering (ljusstyrning)

Att kunna reglera ljuset vid sin arbetsplats ökar trivseln. Det handlar både om möjligheten att kunna tända och släcka belysningsarmaturer, samt att kunna ställa in en belysningsstyrka som är anpassad efter brukarens ålder och arbetsuppgifter.

Det finns flera olika system för ljusreglering av belysningsanläggningar, både för styrning av enstaka armaturer eller för grupper av armaturer (20). Några typer av styrningsprotokoler är DALI, 1-10V, DSI, Bluetooth. Belysning kan också regleras automatiskt via fördefinierade ljusscener, närvarosensorer, frånvarosensorer och dagsljussensorer etc.

### Cirkadiskt ljus

Cirkadiskt ljus är ett sätt att använda belysning för att stimulera vår dygnsrytm. Tanken är att kompensera för vår otillräckliga exponering för dagsljus över dagen och det överskott av ljus från belysning vi får kvällstid. Effekten av ljusets stimuli beror på intensitet, ljusfördelning, färgtemperatur och spektralkomposition av ljuskällor samt placeringen av armaturer i förhållande till arbetsplatser och tid som en viss ljuskvalitet och kvantitet ges över dagen. Metrika som Circadian Stimulus (CS) och Equivalent Melanopic Light (EML) testas som ett verktyg för att hjälpa belysningsplanering för att säkerställa att icke-visuella belysningskrav möts.



# Kravspecifikation i upphandlingar

## UPPGIFT OCH PROJEKTBESKRIVNING

I projektbeskrivningen är det viktigt att formulera krav på dagsljus och belysning samt att beskriva projektets viktiga utmaningar, begränsningar, eventuella miljöcertifieringar och övergripande målformuleringar.

## LJUSKOMPETENS

I upphandlingen bör konsulter efterfrågas som kan uppvisa stor kompetens och erfarenhet av att arbeta med dagsljus- och belysningsfrågor utifrån kvalitetsperspektivet och som kan visa på förståelse för komplexiteten i en sammansatt miljö som skolbyggnader. Referensuppdrag som styrker detta bör lämnas in.

Konsulternas CV ska kunna uppvisa relevant högskole- utbildning alternativt väldokumenterad erfarenhet inom ljusdesign och dagsljusberäkning. Personerna ska också kunna uppvisa god kännedom om forskning, lagstiftning och praxis inom området.

## RÅD VID NYBYGGNATION

- Genomför dagsljusberäkning tidigt i projektet för att möjliggöra optimal volymhantering och byggnadsplanering på den aktuella tomten.
- Maximera dagsljuset i klassrum så mycket som möjligt och behandla dagsljuset som en del av belysningssystemet

- Prioritera att placera arbetsplatser där människor vistas länge i de delar med bäst tillgång på dagsljus.
- Prioritera fönsterglas med hög ljustransmission för maximalt ljusinsläpp. Detta påverkar fönstrets egenskaper att stänga ute solljus vilket balanseras med genomtänkta val av solavskärmning.
- Undvik djupa balkonger eller utskjutande partier precis ovanför fönster där ett bra dagsljusinsläpp önskas.
- Ta fram ett belysningsprogram för varje rum i byggnaden med hjälp av en ljusdesigner eller belysningsplanerare och tänk på helheten, inte enbart på enskilda armaturer.
- Säkerställ att ljusstyrning samt individuell ljusreglering används för att optimera energianvändning, flexibilitet och komfort.
- Se till att använda armaturer med följande tekniska krav:
  - » *Energieffektiva och högkvalitativa LED*
  - » *Färgåtergivning (Ra) över 90*
  - » *Jämn färgtemperatur över tid och vid olika intensitet*
  - » *Färgtemperaturer mellan 2700K - 4000K*
  - » *Flimmerfri, både avseende osynligt och synligt flimmer*
  - » *Låg bländning*
  - » *Dimmbar, reglerbar via ljusstyrning*
  - » *Lång livslängd som bibehåller ljuskvaliteten över tid*
- Belysningsstyrkan i klassrummet ska vara 500 lux på arbetsområdet med 60% jämnhet. Den omedelbara



omgivningen kring arbetsplatsen ska ha 300 lux med 40% jämnhet. Den yttre omgivningen kring arbetsplatsen ska ha 100 lux med 10% jämnhet. I andra typer av rum bör belysningsstyrkan vara lägre med ett minimivärde av 100 lux beroende på vilka uppgifter som ska utföras.

- Använd indirekt ljus, omfältsljus, vilket reflekteras i tak och väggar, i kombination med direkt ljus riktat ner på arbetsytan.
- I fall av dålig tillgång till dagsljus, implementera cirkadiska belysningsprinciper för att säkerställa att icke-visuella belysningskrav uppfylls.
- Säkerställ att de angivna armaturerna och styrenheterna inte ersätts av produkter som inte möter kvalitetskraven på grund av kostnadsbesparingar vid inköp.
- Följ upp installationer kontinuerligt under byggnationen eftersom många detaljer beslutas på plats
- Gör en visuell utvärdering av belysningsanläggningen avseende exempelvis synupplevelsen, skuggor och reflexer samt kontrollera ljusinställningarna i varje rum
- Utvärdera belysningsssystemet genom att mäta belysningsstyrka, flimmer, färgåtergivning och färgtemperatur i alla rum efter färdigställande.
- Kom ihåg att programmering av ljusscenarier bör anpassas och justeras regelbundet över tid.

## RÅD VID OMBYGGNATION

Förutom de råd kring nybyggnation som kan tillämpas olika väl för ombyggnation kan följande lyftas fram:

- Eftersträva hög ljustransmission vid fönsterbyte. Balanseras med solavskärmning.
- Ljusa färger inomhus på väggar och möbler reflekterar och för dagsljuset vidare
- Fönstersmyggar kan vinklas från fönstren ut mot rummen för att reflektera in mer dagsljus utifrån
- Definiera fysiska begränsningar och utmaningar som kan påverka nya belysningen.
- Ta möjligheten att tänka över belysningen i rummen för att se till att belysningen i sin helhet möter användarnas behov. Istället för att helt enkelt byta ut armaturerna för samma typ men med mer energieffektiva lampor i dem.
- Om det finns historiska lampor som är en del av byggnadens identitet, undersök möjligheten att ersätta tekniken i armaturen för högre kvalitativa och energieffektiva ljuskällor.
- Numer är vissa ljusstyrningsprotokoll trådlösa, vilket ger större möjlighet att enkelt kontrollera LED-armaturer och underlätta installationen vid ombyggnation.



# Utvärdering och uppföljning

## RUTINER FÖR UPPFÖLJNING

Belysningsanläggningar bör dokumenteras och kontrolleras så att alla kvantitativa och kvalitativa parametrar av belysningen är uppfyllda.

## DET MÄTBARA

Efter genomförd installation bör konsulternas underliggande beräkningar följas upp och kontrollmätningar av installerad effekt, belysningsstyrka, bländning och flimmer ska göras. Mätningar kan utföras med luxmätare, luminansmätare, spektromätere och flimmermätare. Utvärdera ljusstyrningen för varje rum för att säkerställa att ljusscenarier, sensorer och fördefinierade inställningar fungerar som avsett. Programmeringen av ljusscenarierna bör anpassas och justeras regelbundet efter aktuella arbetsuppgifter och användarnas behov. Det är därför viktigt att konstatera att verksamheten som använder utrustningen känner till hur den manövreras.

Dagsljus är generellt svårare att mäta. Det går att mäta en dagsljusfaktor i ett rum men för att kunna kontrollera den mot beräkningar behövs att dagsljuset mäts samtidigt inne och ute under förutsättningarna av en "perfekt" mulen himmel. Detta går att göra i teorin men i praktiken är det svårt att jämföra mot simuleringsresultat. Detta är också ett tidskrävande arbete.

## DET OMÄTBARA

Visuell bedömning och utvärdering av ljuset kan göras genom att gå igenom byggnaden rum för rum. Regelbundna användarundersökningar kan hjälpa till att utvärdera hur ljuset upplevs och fungerar. En öppen dialog mellan användare och förvaltare, för att vid tekniska fel eller missnöje av ljusanläggningen, omedelbart vidta åtgärder är avgörande.



# Lagar, regler och riktlinjer

## **BBR**

Boverkets krav för dagsljus behandlas i avsnitt 6:322. BBR hänvisar till bilagan i SIS-standarden SS 91 42 01 som i sin tur hänvisar till boken Räkna med dagsljus. Den beräkningsmetoden utgår ifrån dagsljusfaktorn (DFpunkt) i en punkt 0,8 m över golv, på hälften av rumsdjupet, 1 meter från mörkaste sidovägg. För belysning hänvisar BBR till SS-EN 12464-1 Ljus och belysning - Belysning av arbetsplatser.

## **SS-EN 17037:2018**

Dagsljus i byggnader. Den Europeiska standarden EN 17037:2018, blev fastställd i december 2018 för Sverige och ersätter SS 91 42 01. Boverket anger dock att den gamla standarden ändå kan användas för verifiering av dagsljuskravet i BBR. Rekommendationen i denna standard är att "50% av ytan i de rum där människor uppehåller sig mer än tillfälligt bör ha en belysningsstyrka inomhus av minst 300 lux under 50% av den tid då det finns dagsljus samt

att även resterande yta bör ha en viss belysningsstyrka. Detta korresponderar mot ett målvärde för en dagsljusfaktor". Den korresponderande dagsljusfaktorn mäts som dagsljusfaktor median och varierar från 2,1 % i södra Sverige till 2,6 % i norra.

## **AFS 2009:05**

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning. Här återfinns generella riktlinjer rörande belysning och dagsljus.

## **Stadigvarande vistelse**

Begreppet stadigvarande vistelse används ofta för att beskriva var i en byggnad dagsljuskrav ska tillämpas. Det finns ingen bestämd definition för detta begrepp utan det beskrivs som "där människor vistas mer än tillfälligt". I en skola kan rum med stadigvarande vistelse t.ex. vara klassrum, kontor och grupprum. Motsatsen är rum avsedda att vistas tillfälligt i, exempel på sådana rum är hygienrum.

## **EU-direktiv**

För både dagsljus och belysning är EU-standarder framtagna som nämnts här intill. Ett EU-direktiv om Ekodesign är framtagen för armaturtillverkare för arbeta med energieffektivitet och klimatpåverkan.

## **Miljöcertifieringssystem**

Det finns ett antal olika certifieringssystem som ställer krav på dagsljus, utblickar och belysning. De största som används i Sverige är Miljöbyggnad, BREEAM, LEED och WELL. Dessa system behandlar frågorna ganska olika samt värdesätter aspekterna på olika sätt. För att läsa mer rekommenderas att gå in på respektive systems hemsidor och leta upp krav för de poäng som projektet är intresserat av att ta.

## **Ljus & Rum**

En innehållsrik planeringsguide för belysning inomhus, till hjälp för planerare, beställare, arkitekter och andra beslutsfattare som hänvisar till SS-EN 12464-1.







# Ljud



## Värdet av ljudkvalitet

Många skolors ljudmiljö är inte anpassad efter aktuell pedagogik och besiktningar av ljudmiljön visar på stora brister vid planering och byggande. En bra ljudmiljö underlättar inläring, skapar en bättre arbetsmiljö för både lärare och elever och bidrar till en mer likvärdig skola.

Under tusentals år har vi utvecklat vår hörsel utomhus, i en miljö fylld av naturliga ljud som fågelkvitter, porlande bäckar, vindsus från trädkronor och mänskliga röster. Hörseln ger oss hela tiden information om vad som orsakar ljudet, varifrån ljudet kommer, om det är på väg mot mig eller på väg bort. I en skog finns förutsättningar för vår hörsel att ge oss värdefull information om vad som händer omkring oss. Denna information gör oss trygga. Trygghet är en förutsättning för inläring, otrygga elever har svårare att lära sig saker.

Problemet är att en stor del av dagens undervisning sker inomhus, i en miljö med väldigt få naturliga ljud. Detta har stor inverkan på både elever och lärare.

**Många skolor håller inte måttet**  
Besiktningar av Boverket, kontrollmätningar av Region Skåne och inventeringar av Specialpedagogiska skolmyndigheten, SPSM, visar att en

hög andel av de undersökta undervisningslokalerna inte uppfyller Boverkets krav på ljudmiljön (1). I en onaturlig ljudmiljö är det svårt för eleverna att höra vad läraren säger. En annan effekt är att många lärare får röstproblem. Vi vet att elever som inte undervisas på sitt modersmål har ett större behov av en bra ljudmiljö. I många skolor är ljudmiljön så dålig att den utgör ett hinder för en likvärdig skola.

### VAD ÄR EN BRA LJUDMILJÖ?

För att lyckas i skolan är det viktigt att eleverna kan höra, förstå och minnas vad som sägs. För att uppnå detta är det viktigt att ljudnivån från ventilationen är låg, att rummets ljudreflexer inte förstör taluppfattbarheten och att rummet har tillräckligt bra ljudisoleringen. Ljudnivån i klassrummet påverkas av också av eleverna, stora elevgrupper skapar högre ljudnivåer mindre grupper ger en lägre ljudnivå.

### VIDARE LÄSNING:

#### 1. STÖRANDE BULLER (2)

Rapport från arbetslivsinstitutet.  
Landström et. al.

#### Lightversion film (3)

SPSM:s film om Auditiv miljö

#### 2. LJUD I FÖRSKOLOR (4)

Forskning från Umeå universitet.  
Fredrik Sjödin.

#### Lightversion film (5)

Se [Prevent.se/ljudguideforskolan](http://Prevent.se/ljudguideforskolan)

#### 3. HUR VÄL HÖR VI TAL I ETT KLASSRUM? (6)

Rapporten Akustikförsök  
Forskarfredag 2010

#### Lightversion: Föreläsning om skolans ljudmiljö (7)

Från Kunskapsdag om skolans ljudmiljö, SPSM, 2016



# Hur uppnås en god ljudmiljö?

## Tekniska aspekter

I avsnittet beskrivs hur man skapar bra ljudmiljö samt förklaringar av akustiska begrepp.

### PLANERING AV LJUDMILJÖN

Boverket ställer krav på ljudmiljön i skolbyggnader. Kraven hämtas från SS 25268, en svensk ljudklassningsstandard för bland annat undervisningslokaler. Med hjälp av SS 25268 kan beställaren bestämma vilken ljudkvalité skolbyggnaden ska uppfylla. Standarden består av 3 olika "kvalitetsklasser" A, B och C (även ljudklass D finns, men den används mest för tillfälliga byggnader).

- Ljudklass C uppfyller minimikraven enligt Boverkets byggregler, BBR.
- Ljudklass B ger bättre ljudmiljö än ljudklass C och är lämplig om skolan har flerspråkiga elever som undervisas på sitt andraspråk.
- Ljudklass A ger bättre ljudmiljö än ljudklass B och är lämplig om skolan har elever med hörselnedsättning, synnedsättning eller inlärningsproblem.

SS 25268 ställer krav på 5 funktionskrav:

1. Luftljudsisolering

2. Stegljudsnivå

3. Rumsakustik

4. Ljud från installationer

5. Ljud från trafik och andra ljud utanför byggnaden

Kraven varierar i de olika ljudklasserna. När det gäller exempelvis luftljudsisolering sätts kraven beroende på vilka aktiviteter det är i de olika rummen, och människors behov av koncentration. Kravet på ljudisolering i ljudklass B mellan två klassrum är 44 dB. Medan kravet mellan ett klassrum och en korridor är 40 dB.

Eftersom alla klassrum någon gång kommer att ha en elev som är flerspråkig bör de uppfylla kraven i ljudklass B.

Nedan följer en beskrivning av de 5 funktionskraven:

### ***1. Luftljudsisolering - att hindra luftburet ljud att spridas i byggnaden***

Luftljudsisolering handlar om att förhindra luftburet ljud som exempelvis röster att gå igenom väggar och bjällklag för att inte störa människor i angränsande rum. Behovet av ljudiso-

lering är beroende på vilka ljudkällor som finns i angränsande rum och behovet av koncentration. Tabell 1 visar sambandet mellan ljudet från en aktivitet, byggnadens ljudisolering och störningsgrad. Tabellen illustrerar att ett högröstat samtal inte hörs om ljudisoleringen är 48 dB. Om ljudisoleringen är 35 dB hörs ett normalt samtal. Luftljudisoleringskraven är så kallade fältvärden och betecknas  $R'_{w}$  eller  $D_{nT,w}$ . Fältvärdet mäts i den färdiga byggnaden och ska inte förväxlas med laborativärdet. Väggers ljudisolering redovisas ofta med ett  $R_w$ -värde.  $R_w$  är ett laborativvärde som visar väggens ljudisolering när väggen mäts i ett ljud-laboratorium.

Bild 1 visar ljudisoleringsmätning av en vägg i ett laboratorium. Stommen i labbet är "ljudsäkrad" så att inget ljud kan gå förbi väggen via stommen.  $R_w$  redovisar enbart hur mycket ljud som går genom väggen.

Bild 2 visar en fältmätning. Fältvärdet betecknas  $R'_{w}$  och påverkas förutom av väggens ljudisolering också av alla så kallade flanktransmissioner. Kraven i SS 25268 är fältvärden.

## 2. Stegljudsnivå - att hindra ljud som uppstår när man går på ett golv att spridas i byggnaden

När en person går på ett hårt golv uppstår ett ljud. Om man är i ett angränsande rum och hör att någon går på golvet, kallas detta ljud för stegljud. När man mäter stegljudsnivån i en byggnad använder man en standardiserad hammarapparat. Hammarapparatens har 5 metallkolar som slår på golvet för att efterlikna effekten av en människa som går på golvet. Man placerar hammarapparatens på golvet i sändarrummet och mäter sedan ljudnivån i de angränsande rummen. Stegljud kan spridas både vertikalt och horisontellt.

Bild 3 föregående sida visar hur stegljud kan spridas i en byggnad. Om man mäter en låg stegljudsnivå i rummen har bjälklaget en hög stegljudsisolering. Kraven när det gäller stegljudsnivå är ett fältvärde och betecknas  $L'_{nT,w}$ .

Det ställs olika krav på stegljudsnivån beroende på vald ljudklass. Ljudklass C ställer krav på stegljudsnivån ner till 100 Hz. Ljudklass B och A ställer krav på stegljudsnivån ner till 50 Hz. Lågfrekventa ljud är störande, därför är det bättre att välja ljudklass B eller A. Behovet av stegljudsisolering varierar beroende på om angränsande rum har hög eller låg stegljudsbelastning. En korridor i en skola har en högre

$D_{nT,w}$ $R'_{w}$	Sort	Normalt tal, kontorsmaskiner i lugn miljö	Normalt tal, kontorsmaskiner	Högröstat samtal	Skrik	Högtalarljud, mättningsnivå	Diskodunk
35 dB							
40 dB							
44 dB							
48 dB							
52 dB							
60 dB							

■ Ljudet hörs  
 ■ Ljudet kan höras men stör normalt inte  
 □ Ljudet hörs inte

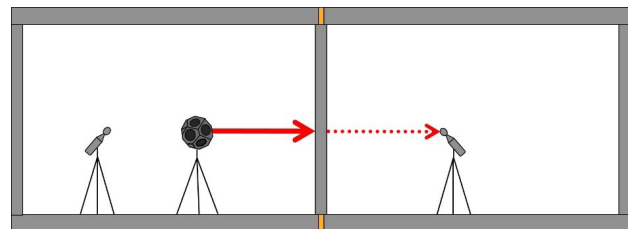


Bild 1: Mätning av ljudisolering i ett ljud-laboratorium.

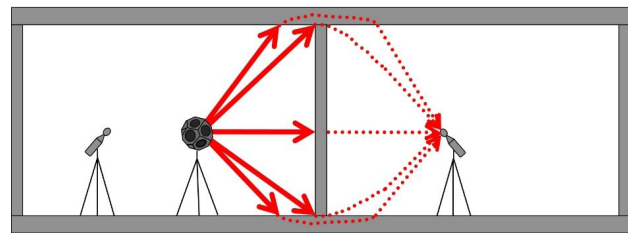


Bild 2: Mätning av ljudisolering i en byggnad.

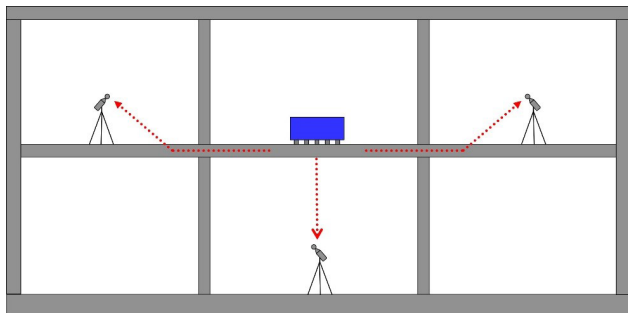


Bild 3: Stegljudsmätning i en byggnad.

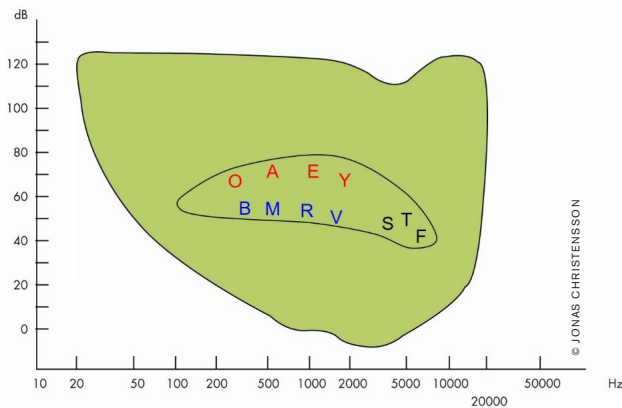


Bild 4: Hörbarhetsområdet för en frisk tonåring. Y-axeln visar dB och x-axeln frekvens (Hz).

stegljudsbelastning än ett sovrum. Vilka rum som har hög eller låg stegljudsbelastning ska analyseras tillsammans med akustiker och brukare. Vissa skolor är skofria, det innebär dock inte att stegljudsbelastningen blir låg.

Om byggnadens stomme uppförs i trä istället för betong ska stegljudsproblematiken beaktas särskilt, både vid projektering och under byggnation.

### 3. Rumsakustik – rummets ljudreflexer

När man lyssnar på en människa som pratar i ett rum hör man direktljudet (rösten) och rummets alla ljudreflexer. En röst innehåller vokaler (A,O,E,Y) tonade konsonanter (B,M,R,V) och tonlösa konsonanter (S,T,F). Det gröna området i bild 4 visar en ung människas hörbarhetsområde. Mitt i hörbarhetsområdet ligger rösten som består av vokaler och konsonanter. De flesta vokaler är starka i styrka (dB) och låga i frekvens (Hz). De flesta konsonanterna är låga i styrka (dB) och höga i frekvens (Hz). Konsonanterna bär informationen i det Svenska språket, därför är det viktigt att eleverna kan höra konsonanterna.

Svensk standard, SS 25268, ställer krav på rumsakustiken med ett mått som heter efterklangstid. När man mäter efterklangstiden har man en högtalare som skapar en ljudnivå i rummet (ca 100 dB). Sen stänger man av högtalaren och mäter hur lång tid det tar för ljudnivån att sjunka 60 dB.

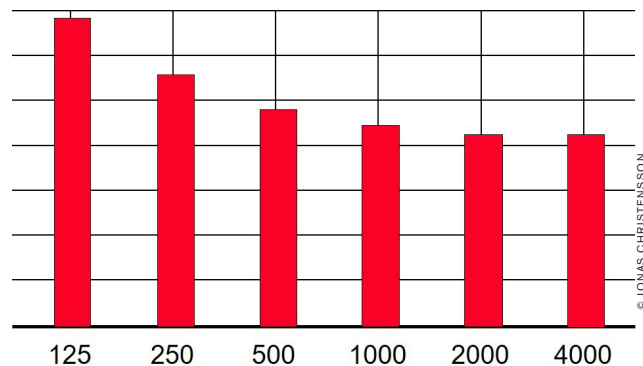


Bild 5: Ljudreflexer i ett klassrum. Y-axeln visar tid (sek) och x-axeln visar frekvens (Hz).

Denna tid kallas efterklangstid.

Bild 5 med de röda staplarna beskriver efterklangstiden i ett typiskt klassrum. Många klassrum har lång efterklangstid i de låga frekvenserna. Hårda plana parallella ytor gör att ljudvågorna studsar i rummet och skapar en lång efterklangstid, speciellt i de låga frekvenserna. I dessa rum förstärks de lågfrekventa vokalerna och då blir det svårt att uppfatta de informationsbärande konsonanterna. I dessa rum är taluppfattbarheten dålig.

Bild 6, med de gröna staplarna, visar efterklangstiden i en skog. I skogen finns det inga hårda plana parallella ytor. Däremot vimlar det av konvexa trädstammar som sprider ljudet åt olika håll och skapar diffusa ljudreflexer. Trädstammarnas dimension (bredd) gör att de enbart reflekterar högfrekventa ljud. Lågfrekventa ljud har lång våglängd och går runt trädstammarna. Trädstammarnas högfrekventa ljudreflexer gör att konsonanterna förstärks och då ökar taluppfattbarheten.

För att skapa bra taluppfattbarhet i ett klassrum är det viktigt att installera absorberer som dämpar de låga frekvenserna. Det är också viktigt att undvika hårda plana ytor. Att vinkla whiteboarden så att ljudet styrs upp i ett akustiktak är ett bra exempel på att undvika stående horisontella ljudvågor. Ett annat sätt är att använda väggabsorberer.



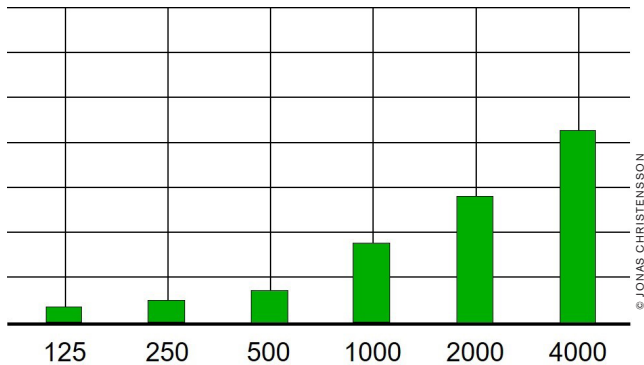


Bild 6: Ljudreflexer i en skog. Y-axeln visar tid (sek) och x-axeln visar frekvens (Hz).

#### 4. Ljud från installationer

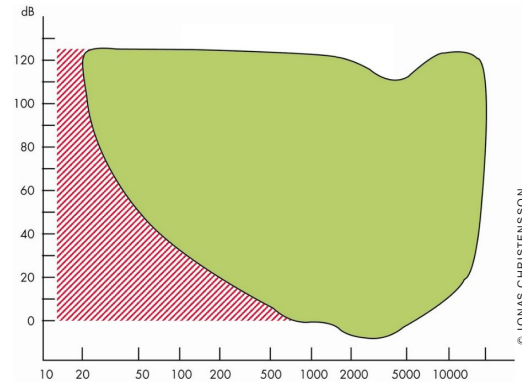
Höga ljudnivåer från installationer påverkar elever och personal negativt. Ofta innehåller installationsljuden mycket lågfrekventa ljud som gör oss trötta. SS 25268 ställer två krav på ljudnivån från installationer, dBA och dBC. När man mäter ljudnivån i dBA används ett filter i ljudmätaren som filtrerar bort de lågfrekventa ljuden.

I bild 7 visar det gröna området en ung människas hörbarhetsområde. Den undre gränsen av hörbarhetsområdet kallas hörtröskeln. De ljud som är under hörtröskeln är inte hörbara för människor, men de påverkar oss ändå. Höga nivåer av lågfrekventa ljud gör oss trötta.

En enkel förklaring är att när man mäter ljudnivån i dBA filtreras de lågfrekventa ljuden bort (det röststreckade området). När ljudnivån mäts i dBC filtreras inte de lågfrekventa ljuden bort. En mätning i dBC avslöjar om det finns lågfrekventa ljud i ett rum. Det är därför viktigt att mäta ljudnivån, både i dBA och dBC.

#### 5. Ljud från trafik och andra ljud utanför byggnaden

Om skolan är placerad nära trafikleder är det viktigt att byggnadens fasad har tillräcklig ljudisolering för att ljud utifrån inte ska störa undervisningen. Fönster och tilluftsdon är ofta



Ljud under hörtröskeln som inte är hörbara. Y-axeln visar dB och x-axeln frekvens (Hz).

den "svaga" länken i en fasad. Om skolbyggnaden ligger nära gator där dieseldrivna lastbilar och bussar ofta står stilla på tomgång är det viktigt att byggnaden har en bra ljudisolering i fasaden, speciellt i de låga frekvenserna.

Aktiva elever på skolgården kan generera höga ljudnivåer som också ska beaktas vid projektering av fasadens ljudisolering. Om ljud utanför byggnaden kommer in i ett klassrum kan det störa undervisningen.

#### RUM SOM KRÄVER SPECIELL AKUSTISK OMTANKE

I stora rum med många elever blir ofta ljudnivån hög och olika elevgrupper kan störa varandra. Att skapa lugna platser för individuella studier i stora rum är en akustisk utmaning och ställer höga krav på rummets utformning och materialval. En annan miljö som dras med höga ljudnivåer är matsalar. Ljud från bestick och tallrikar, ljud från stolar som dras på golvet (stolsskrap) och ljud från elever och personal som pratar skapar höga nivåer och förhindrar matro. Ljud från köksmaskiner kan också bidra till en hög ljudnivå. För att säkra god rumsakustik i mer komplexa miljöer är det lämpligt att anlita en akustiker som kan hjälpa till i valet av ytskikt för golv och väggar samt möbler och köksmaskiner.



# Kravspecifikation i upphandlingar

Hur ska man agera som beställare när det gäller ljud? Hur ska man kommunicera med projektörer och entreprenörer så att de verkligen förstår vilka krav man ställer på skolbyggnaden?

## TA IN RÄTT KOMPETENS – TIDIGT

För att kunna göra en bra upphandling är det viktigt att välja en akustiker med erfarenhet av att projektera skolor. Konsultföretag har ofta flera anställda, kontrollera att det är en person med rätt kompetens som ansvarar för projektet. Detta görs bäst genom att begära personligt CV och referensprojekt från anbudsgivaren.

## STÄLL TYDLIGA KRAV – INNAN KONTRAKTSKRIVNING

Det är viktigt att tydligt kommunicera till projektörer, entreprenörer och de kontrollansvariga vilken akustisk kvalitet byggnaden ska uppfylla. Genom att sätta 10 kryss i tabell 30 i SS 25268 ger du som beställare tydliga instruktioner om vilka ljudkrav byggnaden ska uppfylla och hur de ska verifieras när byggnaden är färdigbyggd. För att ljudmiljön i klassrummen ska bli bra krävs det nästan alltid väggabsorbenter. Det blir ofta diskussion om väggabsorbenterna tillhör byggnaden eller inredningen. För att undvika detta ska det tydligt framgå i kontraktet att väggabsorbenterna tillhör byggentreprenaden. I kontraktet ska det också framgå hur rummen ska möbleras eftersom möblerna påverkar rumsakustiken. Anlita en akustiker för att få hjälp med att kvantifiera möblernas absorptionsmängd.

Om man väljer totalentreprenad är det speciellt viktigt att de akustiska kraven tydligt framgår i kontraktet både när det gäller ljudklass och verifieringsmetod. Även vid totalentreprenader är det viktigt att det framgår hur rummen ska möbleras.

Ljudklassning av verksamheten XX	Ljudklass (A är bäst)				Verifiering	
	A	B	C	D	Med projekterings- och utförandekontroll	Med mätning
Funktionskrav						
Luftljudsisolering		×			-----	
Stegljudsnivå		×			-----	
Rumsakustik		×				
Ljudtrycksnivå inomhus från installationer		×			-----	
Ljudtrycksnivå från trafikbuller		×				

*Exempel 1. Ljudklass B har valts för alla funktionskrav. Nu kan projektörer och entreprenörer se vilka krav som ska uppfyllas för att byggnaden ska klara ljudklass B.*

Ljudklassning av verksamheten XX	Ljudklass (A är bäst)				Verifiering	
	A	B	C	D	Med projekterings- och utförandekontroll	Med mätning
Funktionskrav						
Luftljudsisolering	×				-----	
Stegljudsnivå			×		-----	
Rumsakustik		×				
Ljudtrycksnivå inomhus från installationer			×		-----	
Ljudtrycksnivå från trafikbuller		×				

*Exempel 2. Det är också möjligt att välja olika ljudklasser för olika funktionskrav.*

Ljudklassning av verksamheten XX	Ljudklass (A är bäst)				Verifiering	
	A	B	C	D	Med projekterings- och utförandekontroll	Med mätning
Funktionskrav						
Luftljudsisolering	×				-----	×
Stegljudsnivå			×		-----	×
Rumsakustik		×			×	
Ljudtrycksnivå inomhus från installationer			×		-----	×
Ljudtrycksnivå från trafikbuller		×			×	

*Exempel 3. De tio kryssen visar tydligt för projektörer, entreprenörer och de kontrollansvariga vilken ljudklass de olika funktionskraven ska uppfylla, och hur de ska verifieras.*

## GENERELLA AKUSTISKA ASPEKTER

Det finns några grundläggande akustiska aspekter att tänka på vid nybyggnation, men som i hög grad gäller även för ombyggnationer:

**Luftljudsisolering:** Tunga täta väggar har bra ljudisolering. Dörrar, fönster och överluftsdon är en utmaning.

**Stegljud:** Byggnader med trästomme (lätta stommar) är en akustiks utmaning när det gäller stegljud. Tänk på att stegljud även kan spridas horisontellt.

Väggars lab-värde betecknas  $R_w$ . Resultatet i den färdiga byggnaden, fältvärdet, betecknas  $R'w$ . Fältvärdet blir lägre än lab-värdet.

**Rumsakustik:** För att skapa bra taluppfattbarhet krävs ett bra akustiktak och bra väggabsorbenter.

**Ljud från installationer:** Ställ krav på ljudnivån från ventilationsanläggning och andra installationer. Ställ krav i dBA och framförallt i dBC.

**Ljud från trafik och andra ljud utanför byggnaden:** Beakta ljudnivån från trafik mm när byggnadens placering väljs.

## RÅD VID NYBYGGNATION

Redan på plannivå finns möjlighet att påverka förutsättningarna för en god ljudmiljö inomhus. Vid nybyggnation kan noggrann planering av byggnadens placering, både i staden/omgivningarna och på tomten undvika kostsamma byggnadstekniska lösningar mot t.ex. trafikbuller.

### 1. Anlita akustiker med erfarenhet från skolprojekt

### 2. Välj ljudklass

Välj ljudklass i SS 25268. Byggnaden bör uppfylla ljudklass B. SS 25268 ställer krav på fem funktioner (Luftljudsisolering, stegljudsnivå rumsakustik, ljud från installationer, ljud från trafik och andra ljud utanför byggnaden).

**Tips:** Utöver de 5 ljudkraven i SS 25268 kan krav även ställas på taluppfattbarhet. I ett undervisningsrum är det viktigt att eleverna kan uppfatta vad talaren säger. Man kan kontrollera taluppfattbarheten genom att mäta STI (Speech Transmission Index). STI mäts enligt en standard (IEC

60268-16). STI-kravet varierar beroende på vem som lyssnar. I standarden framgår att om en elev lyssnar på sitt modersmål ska STI-värdet vara högre än 0,60. Om eleven inte lyssnar på sitt modersmål ska STI vara högre än 0,68. Krav på STI ingår inte som ett funktionskrav i SS 25268.

### 3. Välj verifieringsmetod

Verifiering av resultatet kan ske på två sätt:

1. Med mätning: En akustiker gör ljudmätningar i den färdiga byggnaden. Luftljudsisolering, stegljudsnivå och ljudnivå inomhus från installationer ska mätas. Ljudnivån från installationer ska redovisas i både dBA och dBC. Rumsakustik och ljud från trafik verifieras med mätning eller med kontroll av projekteringen och utförandet.
2. Med projekterings och utförandekontroll: En akustiker kontrollerar att huset är byggt enligt den projektering som är gjord. Rumsakustik och ljud från trafik kan verifieras med mätning eller med kontroll av projekteringen och utförandet. Välj projekterings och utförandekontroll när det gäller rumsakustik och ljud från trafik.

Vilka standarder som gäller för verifiering av de olika funktionskraven framgår i SS 25268. Se punkt 2 "Normativa hänvisningar".

### 4. Ljud från tekniska hjälpmedel

Ljudnivån påverkas också av tekniska hjälpmedel i rummen, exempelvis dataprojektorer och smartboards. Många elektriska maskiner innehåller fläktar som ofta ger ljud ifrån sig. Om du vill att ljudnivån från maskinen ska vara låg ska du ställa krav på ljudeffektsnivån. EN ISO 7779 är en standard som utvärderar hur hög ljudeffekten är från olika maskiner. En låg ljudeffektsnivå ger en låg ljudtrycksnivå.

Om leverantören av en projektor skriver att ljudtrycksnivån är låg (exempelvis 25 dBA), måste leverantören också ange på vilket avstånd från projektorn ljudtrycksnivån mätts.

En projektor som ger en ljudtrycksnivå på 40 dBA på en meters avstånd, ger kanske en ljudtrycksnivå på 25 dBA, på 10 meters avstånd. Ljudtrycksnivån från en projektor blir lägre då avståndet från projektorn ökar. Ljudeffektsnivå däremot är inte beroende på avståndet mellan ljudkälla och



# Utvärdering och uppföljning

Ljudnivåmätare.

- A-vägt ljudeffektsnivå anges i LwA
- A-vägd ljudtrycksnivå anges i LpA
- Seriösa leverantörer redovisar ljudeffektsnivå

## RÅD VID OMBYGGNATION

I ss 25268 framgår det vilka akustiska krav en byggnad ska uppfylla. Vid nybyggnation är det relativt enkelt att projektera för att nå rätt ljudklass men när det gäller ombyggnad måste man först ta reda vilken kvalitet den befintliga byggnaden har för att göra rätt projektering. Därför är det viktigt att rådfråga en akustiker om byggnadens "akustiska status". Vissa åtgärder är mer kostsamma än andra. Att byta en ventilationsanläggning eller komplettera en "klen" stomme kan kosta mycket. Att förbättra rumsakustiken kräver sällan stora ingrepp och är därför inte så kostsamt. Nedan ges några exempel på akustiska utmaningar när det gäller ombyggnation.

Förutom råden vid nybyggnation bör följande betäckas:

### **1. Anlita akustiker med erfarenhet av renoveringar av skolbyggnader**

Den befintliga byggnadens akustiska standard gör att vissa ljudkrav kan bli kostsamma att åtgärda.

Rådgör därför med akustikern om kostnad och värde av de olika åtgärder som kan behövas.

### **2. Efter utvärdering av akustikern - Välj ljudklass och verifieringsmetod**

## VERIFIERING OCH MÄTNING

Verifiering av resultatet kan ske på två sätt:

1. Med mätning: En akustiker gör ljudmätningar i den färdiga byggnaden.
2. Med projekterings och utförandekontroll: En akustiker kontrollerar att huset är byggt enligt den projektering som är gjord.

Luftljudsisolering, stegljudsnivå och ljudnivå inomhus från installationer ska verifieras med mätning.

Det är viktigt att ljudnivån från installationer redovisas i både dBA och dBC. Rumsakustik och ljud från trafik kan verifieras med mätning eller med kontroll av projekteringen och utförandet.

Beroende på vilken ljudklass som valts ställs det olika krav på de fem funktionskraven. Kontrollera att kravvärdena uppfylls och att de är mätta och verifierade enligt vald verifieringsmetod.

- Mätprotokoll ska visa att luftljudsisoleringen är tillräckligt hög.
  - Mätprotokoll ska visa att stegljudsnivån är tillräckligt låg.
  - Beräkningar ska visa att kraven på efterklangstiderna uppfylls. Både för 125 Hz och medelvärdet för 250-4000 Hz.
  - Mätprotokoll ska visa att ljudnivån från installationer understiger kraven både i dBA och dBC.
  - Beräkningar ska visa att kraven från trafikbuller uppfylls.
- Kontrollera även att mätningar och beräkningar är utförda enligt de standarder som framgår under punkt 2 SS 25268.





# Lagar, regler och riktlinjer

## TALUPPFATTBARHET

Om ni ställt krav på taluppfattbarheten ska STI-kravet verifieras med mätning enligt (IEC 60268-16). STI-kravet varierar beroende på vem som lyssnar. I standarden framgår att om en elev lyssnar på sitt modersmål ska STI-värdet vara högre än 0,60. Om eleven inte lyssnar på sitt modersmål ska STI vara högre än 0,68.

## Tekniska hjälpmedel

3. Kontrollera att apparaterna har rätt ljudeffektsnivån (LwA)

## Arbetsmiljölagen AFS

Arbetsmiljöverkets författningssamling. AFS 2005:16

## Folkhälsomyndigheten

Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus. FoHMFS 2014:13

## Naturvårdsverket

Riktvärden för buller på skolgård från väg- och spårtrafik. NV-01534-17 2017.

## Miljöbalken

Reglerar exempelvis ljudnivåer från fasta installationer och lågfrekvent buller. Socialstyrelsen ger med stöd av miljöbalken ut föreskrifter, allmänna råd och annan vägledning.

## SPSM

Specialpedagogiska skolmyndigheter har många publikationer om ljud i skolan på [www.spsm.se](http://www.spsm.se)

## BBR

Boverkets byggregler, BBR ställer i kapitel 7 krav på ljudmiljön i skolbyggnader. Kraven hämtas från Svensk standard SS 25268.

## SISAB

Skolfastigheter i Stockholm AB, SISAB, har flera projekteringsanvisningar för ljud i skolan. [www.sisab.se](http://www.sisab.se)

## SKR

Sveriges Kommuner och Regioner har tagit fram skriften Ljudlig miljö - att arbeta med ljudmiljö i förskolor och skolmatsalar. Skriften ger exempel på hur fastighetsägare och verksamhet kan verka för en bättre ljudmiljö.

## SGBC Miljöbyggnad Guld Silver Brons

Ställer krav på 4 akustikparametrar. Ställer inte krav på efterklangstid.



## **VIDARE LÄSNING:**

### **1. DÅLIG LUFT & SJUKFRÅNVARO I SKOLAN**

Dålig inomhusluft kan ligga bakom hög sjukfrånvaro i förskolan. Läkartidningen 30-32/2017 (1).

### **2. LUFTTEMPERATUR & LUFTFUKTIGHET**

"Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance". Forskningsartikel (2)

### **3. ENERGIEFFEKTIV SKOLA**

Drifterfarenheter från en energieffektiv skola: Vargbroskolan i Storfors (2010) (3)

### **4. LUFTFUKTIGHET & VIRUS**

A viruses indoors and dependence on humidity. (4)

### **5. LUFTFUKTIGHET & VIRUS**

Burden of disease from ambient air pollution for 2012. Summary of results. WHO (5)

### **6. LUFTKVALITENS BETYDELSE FÖR PRESTATION I SKOLAN**

Forskning av William Fisk (6)

# Luft



## Värdet av luftkvalitet

Luften har betydelse för hälsa och välbefinnande. Rätt temperatur, relativ fuktighet samt låg partikelhalt är avgörande viktigt för koncentrationsförmåga och effektivitet samt att hålla sig frisk. Behovsstyrning är det enskilt bästa sättet att nå en god inomhusmiljö i kombination med låg energianvändning.

När vi pratar om inomhusklimat pratar vi ofta om temperatur och luftkvalitet som två olika parametrar men forskning visar att dessa delar är väl sammanflätade i varann. I vårt kalla klimat är ett väl injusterat värmesystem lika viktigt för klimatet som ett väl fungerande ventilationssystem. Att värma och ventilerar en skollokal är bland de mest komplexa miljöer att ta hand om. Från att på morgonen ha en tom skollokal när det plötsligt kommer in en värmelast i form av elever på oftast mer effekt än vad lokalen har i värmebehov när det är som kallast ute. Samtidigt är vikten av att hålla samma temperatur hela lektionen av stor vikt för hur pigga eleverna känner sig och hur mycket de orkar ta in. Nyckeln till ett kunna hålla ett bra inomhusklimat är behovsstyrning av värme och ventilation, vilket dessutom ger mycket goda resultat på energianvändningen.

### VAD ÄR BRA LUFT?

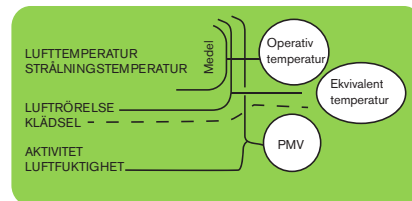
Bra luft handlar i huvudsak om termiska faktorer och hygieniska faktorer.

### Termiska faktorer består av:

- Lufttemperatur (den temperatur du läser av på termometern, bör ligga nära 21 grader vintertid för stillasittande arbete så som skolarbete)
- Strålningstemperatur (ytor med annan temperatur än rumstemperaturen, exempelvis ett kallt fönster, påverkar upplevds temperatur, sammanvägning av lufttemperatur och strålningstemperatur benämns operativ temperatur)
- Luftrörelser (lufthastigheten från don bora vara max 0,2 m/s , 0,2 m/s från ett luftdon innebära att du måste mäta en temperatur på 22,5 °C för att uppleva den som 21°C. Detta kan även utnyttjas positivt på sommaren genom att exempelvis en bordsfläkt känns som kyleffekt. Termen ekvivalent temperatur (upplevd temperatur) är en sammanvägning av lufthastighet, strålningstemperatur och lufttemperatur.

- Relativ fuktighet (bör ligga på 40-60%)

En sammanvägning av alla fyra faktorerna ger det man brukar kalla PMV (se även nedan).



©LOKALFÖRVALTNINGEN  
GÖTEBORG

### Hygieniska faktorer består av:

- Luftens halt gasformiga föroreningar
- Luftens halt partikelformiga föroreningar

### FORSKNINGN / FAKTA

Att vi behöver ha en jämn upplevd rumstemperatur för att fungera bra finns samlad forskning. En jämn rumstemperatur ökar vår koncentrationsförmåga och produktivitet. Vad som också framkommer mer och mer är betydelsen av den relativa fuktigheten ihop med partikelhalt i klassrummen.



## Hur uppnås god luftmiljö? Tekniska aspekter

Hur gör man då för att uppnå rätt temperatur, relativ fuktighet och låg partikelhalt? Då behovet av luftomsättning varierar mycket sett över året är behovsstyrning det enskilt bästa sättet att nå en god inomhusmiljö i kombination med låg energianvändning. På sommaren kan en 3 gånger så hög luftomsättning behövas mot på vintern. Ventilering med konstanta flöden med utgångspunkt vad som behövs på sommaren blir resultatet ett torrt inomhusklimat på vintern till onödigt hög energianvändning.

För att ta hand om partiklar genom ventilationen rekommenderas normalt lägsta filterklass F7. Dessa tar dock inte hand om de partiklar som följer med kläder, städ, inredning och byggmaterial in i lokaler.

Detta kan ske genom ett recirkulerande system som bättre filtrerar partiklar från både uteluften och den befintliga inomhusluften. Med en blandning av aktiva och passiva filter kan inomhusluften i praktiken nästan helt befrias från fritt svävande partiklar. Passiva filter fångar in och lagrar partiklar, baciller och virus. Aktiva filter förbränner dem.

Klimatanläggningen består inte bara av de tekniska systemen. Minst lika viktigt är utformningen av lokalerna: volym, solinstrålning, materialval mm. För att kunna ta fram riktigt bra lokaler krävs samverkan redan i tidigt skede.

### **HUR GÖR MAN I PRAKTIKEN?**

Först och främst bör Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation, FoHMFS 2014:18, följas, dvs att uteluftsflödet inte bör understiga 7 l/s per person. Ett tillägg på minst 0,35 l/s per m<sup>2</sup> golvarea bör göras så att hänsyn också tas till föroreningar från andra källor än människor.

När det gäller värme och ventilationsanläggningar skall

samtliga anläggningar, oavsett systemval, utformas med behovs- och årstidsanpassad ventilation där behovet av ventilationsflöde regleras i sekvens med värmereglering i alla rum. Behovsstyrning kan vara allt från enkla system där läraren själv kan vädra då temperaturen stiger i klassrummet till avancerade styrsystem som mäter närvaro och temperatur i alla lokaler och värmer och ventilerar sedan vid behov. Systemen skall också ha en anpassning efter årstid så att exempelvis tryckstyrning av fläktar sker med olika börvärden beroende på utetemperatur.

Detta går att utföra med olika tekniska lösningar i alla former av ventilationssystem: naturlig ventilation, FTX-aggregat eller



hybridventilation. Gemensamt är att man då inte behöver eftervärma luften då vi i princip i alla skollokaler (framför allt nybyggda) har ett värmeöverskott i form av elever och lärare. Att tillföra kall luft (ca 12°C) innebär dock omsorg om hur man luften tillförs. Tilluftsdon skall väljas med omsorg så att man med säkerhet undviker drag.

### Nybyggnation

Vid nybyggnad finns alla möjligheter att utforma system för riktigt bra inomhusklimat.

Den vanligaste lösningen är FTX ventilation där energi i frånluften utnyttjas för att värma den inkommande tilluften. Då det i nybyggda skolor i princip alltid finns värmeöverskott så länge det är elever i klassrummet behövs inte luften eftervärmas om man samtidigt har ett styrsystem för att behovsstyra luftflödet i samtliga rum med hjälp av sensorer.

Finns möjlighet att bygga en luftkammare under byggnaden och därmed ta in luften via markkanal (det som ibland kallas termitventilation eller hybridventilation) kan man få mycket jämn temperatur över hela året. Kanalen mot mark fungerar som en värmeväxlare som växlar lufttemperaturen mot markens jämna temperatur och vinner på så sätt värme på vintern och kyla på sommaren.

### Ombyggnation

Vid ombyggnad är det bra att gå tillbaka för att se hur byggnaden var tänkt att fungera från början. Äldre byggnader (sent 1800-tal-1920-tal) hade ofta ett kalorifersystem för uppvärmning och ventilering i kombination med självdrags-system. Ibland kan dessa system vara bortbyggda men väldigt ofta kan man restaurera dessa gamla system och komplettera med modern styrteknik för att få en energisnål anläggning med bra resultat på inomhusklimatet.

### Specifika rumsliga förutsättningar

Det som framför allt beskrivits ovan är rum för lärande (klassrum, gruppum, öppna studiemiljöer etc). Andra miljöer kan kräva andra åtgärder för inneklimatet:

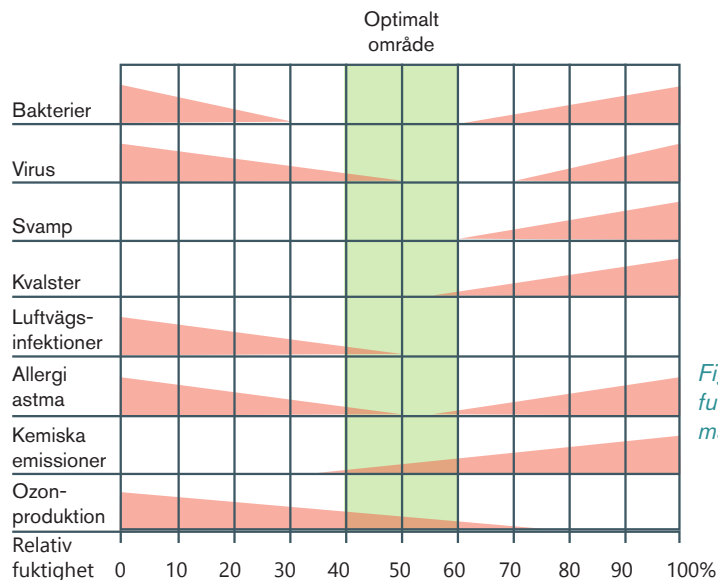
**Slöjd/bildsalar:** finns maskiner för träslöjd bör man ha en spånsuganläggning. Textilslöjd bör förses med cirkulerande filter då det förekommer extremt mycket partiklar ihop med



*De gamla spjällen motoriserades vid ombyggnad av kalorifersystemet 100 år efter skolan byggdes.*



*I bilden syns ett exempel på hur gamla vädringsfönster kan kompletteras med motor.*



Figur 1. Faktorer som påverkas av relativ fuktighet (RF) och som påverkar inneklimatet. Scolfield -Sterling diagram (7)

textilier. Keramikugnar etc kan också kräva annan ventilation än den för komfort.

**Matsal:** Matsalen ligger ofta ihop med köket. Är så fallet kan det vara rimligt att ventilera matsalen ihop med köket.

**Idrottshallar:** Idrottshallar har ofta hög takhöjd och kan då med fördel ventileras delvis med cirkulationsluft och på så sätt kan den naturliga temperaturgradienten utnyttjas. Omklädningsrum med duschrum bör förses med tillräckligt frånluftsflöde från duschar och varm tilluft.

## FAKTORER FÖR PLANERING OCH BERÄKNING

### Ekvivalent temperatur

När vi pratar behovsstyrning pratar vi om att styra efter den temperatur vi kan mäta, dvs lufttemperatur. Det är ju dock den ekvivalenta temperaturen som är den upplevda temperaturen. Det är därför av stor vikt att vi planerar kring strålning och luftrörelser. Donval är av stor vikt. Många don är bra vid maxluftmängd men fungerar sämre om man drar ner luftflödena (drag). Av erfarenhet skall man välja ett don med samma

hastighet oavsett flöde alternativt ett stratifierande don.

### Luftfuktighet

Luftfuktighet påverkar inte bara det termiska klimatet utan har en direkt koppling till hälsa. Det finns en anledning till att det finns en ökad smittorisk vintertid och tidig vår då det är som kallast och därmed också som torrast inomhus.

När det blir torrt inomhus ökar dessutom den elektrostatiska uppladdningen vilket leder till att vi personer drar till oss laddade partiklar.

Våra flimmerhår fungerar också sämre vid låg relativ fuktighet vilket gör att vi får ner partiklar i våra lungor, partiklar som dessutom kan bära virus och bakterier.

En optimal relativ fuktighet ligger mellan 40 - 60%, vilket är mycket svårt att uppnå i Sverige vintertid då vi har en låg absolut fuktighet i uteluften. Ju mer luft vi tar in och värmer upp vintertid desto torrare blir inomhusklimatet. Då man styr ner trycket på vintern och ökar det på sommaren samtidigt som man blåser in kallare luft på vintern innebär detta minskade flöden på vintern och därmed en bättre relativ fuktighet.

## **Partiklar**

Vår kunskap om luftföroreningars betydelse har ökat och enligt WHO är de en hälsorisk. Fina ( $< 2,5 \mu\text{m}$ ) och ultrafina ( $< 100 \text{nm}$ ) partiklar förorsakar ett inflammatoriskt svar med oxidativ stress när de andas in.

Idag finns också kunskapen och metoderna att mäta fina och ultrafina partiklar. Mätningar visar att intagsfilter i ventilationen inte tar dessa partiklar men en stor del av de partiklar vi har inomhus kommer med våra kläder och på annat sätt. Även större partiklar ser man öka i lokalerna trots filter. Filter har tillkommit för att skydda de tekniska apparaterna och inte oss människor. Man bör därför inrikta sig på cirkulationsrenare i rummen så att man kan ta hand om de partiklar som kommit in på annat sätt än via ventilationen. Tyngre partiklar, så som mineralullsfibrer mm lägger sig ofta på ytor medan lättare partiklar som mikrosand och mikroplast finns i luften, framför allt vid torr luft.

## **Koldioxid**

Koldioxidhalt ( $\text{CO}_2$ ) i luften har sedan 1800-talet använts som indikator på god ventilation.

Bakgrunden till 1000 ppm  $\text{CO}_2$  som riktvärde går tillbaka till den tyske professorn i hygien Max von Pettenkofers skrift "Über de Luftwechsel in Wohngebäuden". Han baserade sitt förslag på hygienisk gräns av 1000 ppm  $\text{CO}_2$  på odören av de individer som vistades i lokalerna. Dock finns också samband mellan temperatur och lukt i samband med hög koldioxidhalt vilket på senare år uppmärksammat.

Fortfarande anses en koldioxidhalt över 1000 ppm vara en tydlig indikation på att ventilationens funktion inte är tillräcklig för att ventilerat ut föroreningar i luften och att ytterligare kontroller och åtgärder behövs. Portabla mätidosor kan användas för att ge en indikation på luftkvaliteten. Numera finns också robusta och noggranna  $\text{CO}_2$ -sensorer som kan integreras i ventilations-systemet för att behövsstyra luftflödet. Som indikator fungerar koldioxidhalten bäst i stora lokaler som skolor och idrottshallar med många personer eller i små rum. Utomhushalten av koldioxid är ca 400 ppm och inomhus brukar halten vara 600–800 ppm i väl ventilerade bostäder eller lokaler.

## **BEGREPP:**

### **1.FTX**

Tillufts- och frånluftsaggregat med värmeåtervinning.

### **2. VAV, CAV**

VAV (Variable Air Volume) variabla flöden.

CAV (Constant Air Volume) konstanta flöden.

DCV (Demand Controlled Ventilation) behovsstyrda flöden.

### **3. BEHOVSSTYRNING**

Att styra värme och ventilationsflöden efter behov, temperatur eller  $\text{CO}_2$ .

### **5.NATURLIG VENTILATION**

Självdrag, dvs ventilation utan fläktar.

### **6.TERMITVENTILATION, HYBRIDVENTILATION**

Man leder luften via kanaler i mark och använder markens temperatur för att värma och kyla luften.



# Kravspecifikation i upphandlingar

## UPPGIFT OCH PROJEKTBESKRIVNING

Vid projektbeskrivningen är det viktigt att formulera krav på inomhusklimat (termiskt och hygieniska krav).

Det är viktigt att tekniska konsulter och entreprenörer förstår att det krävs mer än att skriva in en luftmängd per person för att skapa ett bra inomhusklimat. Innan upphandling skall man istället för att enbart gå på lägsta pris kalla till sig konsulterna/entreprenörerna hur man tänkt sig sina systemval och hur man tänkt att klara ställda klimatkrav. Ställda klimatkrav bör rikta in sig på en jämn rumstemperatur (20 - 21°C) samt en god relativ fuktighet på vintern. Kraven skall klaras till en viss utetemperatur uppnås på vår/sommar.

Vid ombyggnad är det bra om entreprenörerna har erfarenhet av liknande projekt, exempelvis vid ombyggnad av kalorifer-system bör entreprenören ha erfarenhet av liknande system sedan tidigare.

## TEKNISKA ANVISNINGAR

Formulera vilka tekniska anvisningar som skall gälla. Kraven bör innehålla funktionskrav så långt som möjligt, dvs temperaturkrav i varje typ av lokal.

### CAV

Om man vill ha CAV-flöden i mindre rum måste dessa rum förses med eftervärmning men den följd att det inte går att få lika jämnt inomhusklimat i dessa rum.

### VAV

Samtliga rum skall ha VAV-styrning. Luftflödet kan variera över drifttiden och anpassas efter t.ex. temperatur eller luftkvalitet

Denna lösning innebär ofta lägre investeringskostnad för mindre projekt jämfört med DCV och uppfyller ofta kravställ-

ningen för enklare projekt, så som förskolor och mindre skolor. VAV ger ofta en bra energibesparing jämfört med CAV.

### DCV

Vid mer avancerad behovsstyrning anpassas luftflöden och temperatur beroende på behov och närvarostatus i lokalerna, t.ex. med olika driftfall. Det ger större möjlighet att anpassa komfort efter behov och det är ofta möjligt att kombinera luft- och vattenburna produkter för ett komplett inneklimatsystem. DCV är en starkt bidragande faktor till en bra klassificering i olika certifieringsprogram så som BREEAM, WELL och LEED. Det ger större möjligheter till energibesparing, vilket framför allt är en fördel i byggnader med hög energiförbrukning för ventilation och klimatisering.

CO2 är en indikator på hur ofta man byter luften i ett rum. Det kan vara bra att mäta CO2 för kontrollera att luftflödet är tillräckligt i lokalen och att 1000 ppm enbart överskrids under få timmar. Det är även en bra indikator på lukt/föroreningar i luften. Styrning av ventilationen kan ske utifrån temperatur eller CO2. Då det ger olika för- och nackdelar behöver lösningen anpassas utifrån varje enskild byggnadstyp.

## RÅD VID NYBYGGNATION

- Behovs- och årstidsanpassning av luftflöden skall alltid vara grund till en bra ventilationsanläggning. Blir det alltför kostsamt med behovsanpassad ventilation så bör man åtminstone använda sig av årstidsanpassade luftflöden. Tänk på att maximala luftflöden för sommarårstid kan behöva vara dubbelt så höga som normflöden för att möjliggöra ett gott inomhusklimat.

För förbättrad partikelrening, efterfråga system som recirkulerar luften genom valbara kombinationer av aktiva och passiva

filter.

- Vintertid är värmesystemet lika viktigt för inomhusklimatet som ventilationsanläggningen. Värmen skall styras i sekvens med ventilationen och vara väl injusterat.
- Genom ett nära samarbete mellan beställare, arkitekt och VVS-konsult säkras att rätt systemval görs för det aktuella byggnadsprojektet. Exempelvis är en stor volym mer förlåtande för inomhusklimatet än vad låg takhöjd är.
- Arbeta med goda materialval som kan buffra fukt och temperatur.
- Genomtänkta val av solavskärmning och val av belysning påverkar inomhusklimatet i stor utsträckning varför ett nära samarbete med sakkunnig inom dagsljusberäkning är att föredra.

## RÅD VID OMBYGGNATION

Förutom de råd kring nybyggnation som kan tillämpas även för ombyggnation kan följande lyftas fram:

Byggnader byggda före 1930-talet

- Dessa skolor byggdes ofta för självdrag med gott om murade kanaler i väggar och höga rumshöjder. Dessa kan användas för frånluft även fortsatt.
  - Ofta fanns kalorifer-system, dvs värmning via uppvärmd tilluft i kanaler, som kan användas för ventilation med modern styranläggning. Man kan då komplettera med moderna fläktar och förvärma luften via den värmekälla man har i fastigheten (fjärrvärme, värmepump etc). Befintliga frånluftskanaler används för passiv frånluft.
  - De spjäll som satt på vinden för att motverka drag vintertid Rekommendationer kan ibland motoriseras. Är spjällen i dåligt skick byter man ut dem mot moderna spjäll. Spjäll skall alltid finnas på frånluften.
  - Om man behövsstyr ventilation och värme i sekvens, vilket kan vara lätt att göra i ovanstående typ av system, vinner man inte bara ett bra inomhusklimat utan även en låg energi-användning, faktiskt ofta lika låg som med aggregat med värmeåtervinning och konstanta luftflöden.
- Byggnader byggda mellan 1940-talet och 1970-talet
- Dessa skolor var ofta byggda för självdrag, frånluftsventilation eller separata till- och frånluftsaggregat
  - Vid självdrag: De spjäll som satt på vinden för att motverka

drag vintertid kan ibland motoriseras. Är spjällen i dåligt skick byter man ut dem mot moderna spjäll. Spjäll skall alltid finnas på frånluften.

- Ibland byggde självdragsventilationen på vädring på raster. Dessa vädringsfönster kan motoriseras i en modern anläggning genom avancerade styrsystem. Styrsystemet mäter rumstemperatur, utetemperatur, vindriktning, vindhastighet mm och styr öppningsgrad efter detta.
- Om man har till- och frånluftsaggregat kan aggregaten kompletteras med moderna fläktar, och man inför behovsstyrning i varje lokal. Luften bör värmas till 10-12 grader och bra donval är viktigt (bra don för variabelflöde och stora undertemperaturer).

Senare byggnader:

- Senare byggnader har ofta aggregat med värmeåtervinning. Om det är konstanflödesfläktar bör dessa kompletteras med frekvensomriktare för varvtalsstyrning alternativt ersättas med varvtalsstyrda fläktar.
- Man inför behovsstyrning i varje klassrum. Luften bör värmas till 10-12 grader, vilket den stora delen av året är efter värmeväxlaren och bra donval är viktigt (bra don för variabelflöde och stora undertemperaturer).

## ENERGIKRAV

Boverkets byggregler, BBR25, utgör baskrav för energieffektivitet i ny- och ombyggnationer. Det finns bland annat gränser för högsta tillåtna energianvändning som anger hur mycket energi per m<sup>2</sup> som en byggnad får använda per år. Det finns också krav på värmeisolering, värmesystem, ventilationsaggregat, effektiv elanvändning och mätsystem för energianvändningen. Utgångspunkten är att samma krav gäller för ombyggnationer.

Som ett komplement till att i upphandlingar hänvisa till endast Boverkets regler, kan man med fördel hänvisa till beställarstödet FEBY18.

Kriterier finns för tre nivåer att välja på utifrån ambitionsnivå:

FEBY Guld motsvarar kraven för passivhus

FEBY Silver motsvarar kraven för minienergihus

FEBY Brons motsvarar BBR-nivå, men utan möjligheten att kompensera en dålig isolering och stora köldbryggor med solvärme på sommaren eller genom att välja en värmepump.



FEBY fokuserar på låga värmeförluster som det viktigaste för att uppnå en energieffektiv byggnad och paketerar de viktigaste kraven som måste beaktas när man bygger med FTX-system.

- Fokus på låga värmeförluster
- Ljudkrav. Inget ventilationsbuller
- Solskydd
- Fuksäkert byggande
- Grundläggande kontrollinsatser i entreprenaden ger säkrare resultat
- Certifiering av tredje part

Ett annat system att hänvisa till i upphandlingar är Miljöbyggnad. Det täcker fler miljöaspekter och har på så sätt fördelar, men vad gäller energikrav så gynnar systemet värmepumpar framför fjärrvärme och har lösligare krav på värmeförluster än Feby18.

### UPPFÖLJNING AV ENERGIANVÄNDNING

Enligt BBR ska en byggnads energianvändning följas upp och redovisas 24 månader efter att byggnaden tagits i bruk. För att säkerställa att energiprestandan verkligen kommer att uppnås behövs ett system för uppföljning. Ett sådant system, för nybyggnation och större ombyggnationer, är framtaget av SVEBY. I systemet ingår bl a avtalsmallen Energiavtal 12 som kan användas som en överenskommelse mellan byggherren och entreprenören i om energiprestanda och hur den ska följas upp på ett rättvist sätt. Standardiserade värden för energipåverkan från personer som vistas i lokalerna används. Energiavtal 12 bör bifogas förfrågningsunderlaget så att anbudslämnare kan lämna sina priser utifrån gällande förutsättningar. Avtalet ska vara en bilaga till kontraktet för att dess särskilda villkor (som innebär avvikelser i förhållande till ABT 06) ska gå före ABT06 och bli gällande.



## Utvärdering & uppföljning

Kräv att konsulter och entreprenörer medverkar vid uppföljningen av skolan. Följ upp med mätning och enkäter. Vid ombyggnad gör enkäter före och efter ombyggnaden så att man kan se resultat av ombyggnad, framför allt om orsaken till ombyggnaden är dåligt inomhusklimat.

### RÄTT FRÅN START

Jämför systemval från början med beräkningar som sedan följs upp i varje skede. Låt sedan entreprenören ta del av dessa beräkningar. Konsulten skall ta fram rutiner för uppföljning, injustering och driftoptimering.

### UPPFÖLJNING

#### *Injustering av värmesystem*

Det bästa är om man kan ställa krav på att det skall göras en lågflödesinjustering (gäller om man har fjärrvärme alternativt pelletspanna ed). Efter rörarbeten och noggrann avluftning så skall värmesystemet injusteras enligt lågflödesmetoden. I injusteringsarbetet ingår även att montera termostater. Dessutom skall termostaterna maxbegränsas att hålla lämplig rumstemperatur. Det ingår i injusteringsarbetet att ta fram förinställningsvärden, grovinjustera, kontrollinjustera vid kall väderlek samt montering av termostater/ställdon. Vid kontrollinjusteringen skall lokalerna vara tomma dörrarna stängda och temperaturen skall mätas i varje enskild lokal. Har man ett avancerat styrsystem kan möjlighet till loggning av temperaturer och relativ fuktighet finnas.

#### *Driftoptimering*

Efter injustering måste driftoptimering av klimatanläggningen utföras. Driftoptimeringen skall följas upp under ett års tid så att man får med alla årstider. Under driftoptimering skall man simulera att det är elever i lokalen (dvs stoppa in rätt värme-last) och justera alla börvärden efter detta. Efter ett antal år kan man behöva göra om driftoptimeringen.



## Lagar, regler och riktlinjer

### **Energimätning**

Skilj på mätning av energi till fastighetsel och övrig el samt värmen. Detta underlättar också framtidens arbete med energideklarationer. SVEBY har system för uppföljning som kan följas.

### **Partiklar**

Mätningen ska genomföras dygnet runt i 2 veckor för att undanröja slumpmässiga händelser. Mätintervall ska vara tillräckligt noggrant för att belysa förhållanden under både korta och långa lektioner. Luften inomhus påverkas i stor utsträckning av utomhusluften varför en parallell mätning och korrelation med utomhusklimatet är viktig. Mätning av både mängd och antal partiklar är att rekommendera. Upplevelsebaserad utvärdering

### **Enkäter**

Efter ett års drift skall enkätundersökningar utföras (vid ombyggnad gör man dessa före och efter ombyggnad). Enkätundersökningarna kan utföras enligt exempelvis Örebro-modellen.

## **FÖRVALTNINGSRUTINER OCH UNDERHÅLL**

### **Rengöring av ventilationssystemen**

Om man har ventilationssystem med filter bör dessa bytas efter pollensäsong. Om man har intagskulvert (markkanal) verkar denna som gravitationsfilter och skall därför städas efter pollensäsong.

## **RUTINER FÖR KUNSKAPSÅTERFÖRING**

Mätning är viktigt för kunskapsåterföringen men minst lika viktigt är brukarenkäter. Genom att göra brukarenkäter ser man vilka parametrar som är de viktiga att styra gällande inomhusklimat.

### **Boverkets byggregler BBR BFS 2016:6**

Boverkets föreskrifter och allmänna råd om funktionskontroll av ventilationssystem och certifiering av sakkunniga funktionskontrollanter BFS 2011:16

### **Självdragsventilation utgiven av Boverket**

### **AFS 2009:2 Arbetsplatsens utformning**

Arbetsmiljöverkets riktlinjer för att få en god arbetsmiljö.

### **BBR 2011:6 Boverkets byggregler**

### **Svensk Standard SS-EN ISO 7726.**

Ergonomi för termiskt klimat - Instrument för mätning av fysiska storheter.

### **FoHMFS 2014:18 Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation.**

Tillämpliga lagar och förordningar samt beslutade allmänna råd:

- Fukt och mikroorganismer (FoHMFS 2014:14)
- Radon (FoHMFS 2014:16)
- Ventilation (FoH MFS 2014:18)
- Temperatur inomhus (FoHMFS 2014:17)

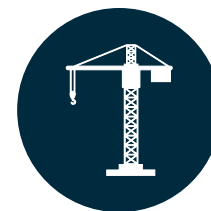


## VIDARE LÄSNING:

### FRÅN SKR:

- Bygga vackert - att bygga med kvalitet och estetiska värden. Rapport om vision och mål, program och planprocess, genomförande - projektering och entreprenad samt förvaltning och drift (1).
- Strategisk lokalresursplanering - Praktiska verktyg för balanserat utbud av lokaler. Rapport om lokalresursplanering för kommuner (2).

# Byggprocessen



För att uppnå hög kvalitet i inomhusmiljön krävs professionella och välplanerade processer. Tydliga krav behöver ställas på både form, funktion samt social och ekonomisk hållbarhet.

## SKEDEN OCH PROCESS

- Förstudie
- Projektering
- Produktion
- Användning

### Långa processer

Förändringar i skolors lokalbestånd kräver långa processer och god framförhållning från kommuners och beställares sida. Möjligheten att påverka slutresultatet är allra störst i processens inledande skeden, varför tid och resurser bör förläggas i förstudien. Förstudien kan omfattas av allt från tidig behovsutredning till analys, förslag, dimensionering och skissalternativ på en angiven tomt eller av en befintlig miljö. Gedigna analyser genererar stora långsiktiga mervärden i form av säkrare investeringar och ökad kvalitet.

I förstudien finns möjlighet att ta fram viktiga underlag för att säkra att kvalitet eftersträvas genom hela processen och i det färdiga resultatet. Ett sådant underlag utgörs av en tydlig verksamhetsbeskrivning eller verksamhetsplan. Med fördel tas projektmål fram i bred samverkan och förankring mellan

beställare, verksamhet och projektets övriga aktörer. I de fall verksamheten inte finns på plats vid start är projektet väl hjälpt av kommungemensam lokal- och funktionsplanering med tydliga kvalitetsmål för utformning av framtidens lärmiljöer.

### Kontinuitet, tillit och förankring

Kontinuerlig avstämning mot målbilden bör ske genom projektets samtliga skeden och hos nytillkomna aktörer. Exempelvis kan en lokalplanerare och/eller projektsamordnare säkra en transparent och ändamålsenlig kommunikationen mellan processens olika aktörer som verksamhet, arkitekt, teknikonsulter, projektledare, entreprenörer och byggherrar.

## DEFINIERA KVALITET

Genom att tidigt i processen formera tvärdisciplinära team kan kvalitetskrav som utgår från både pedagogiska, arkitektoniska, tekniska och ekonomiska förutsättningar tas fram och implementeras på ett effektivt sätt. För varje enskilt projekt bör också eventuella certifieringssystem och önskad efterlevnad

efter viss kravnivå i aktuella standarder definieras och dokumenteras.

Anledning till behovet av brett sammansatta team är att en skolmiljö också är en intrikat sammansatt helhet där många aspekter bidrar till kvalitet. En arkitekt som i det grundläggande arbetet med volymhantering och rumsutformning ges förutsättningar att samarbeta med experter inom ex. ljus, ljud och luft samt kan inhämta brukarnas perspektiv och behov får bättre förutsättningar att skapa goda helhetslösningar från start redan i förstudie- och programskedet.

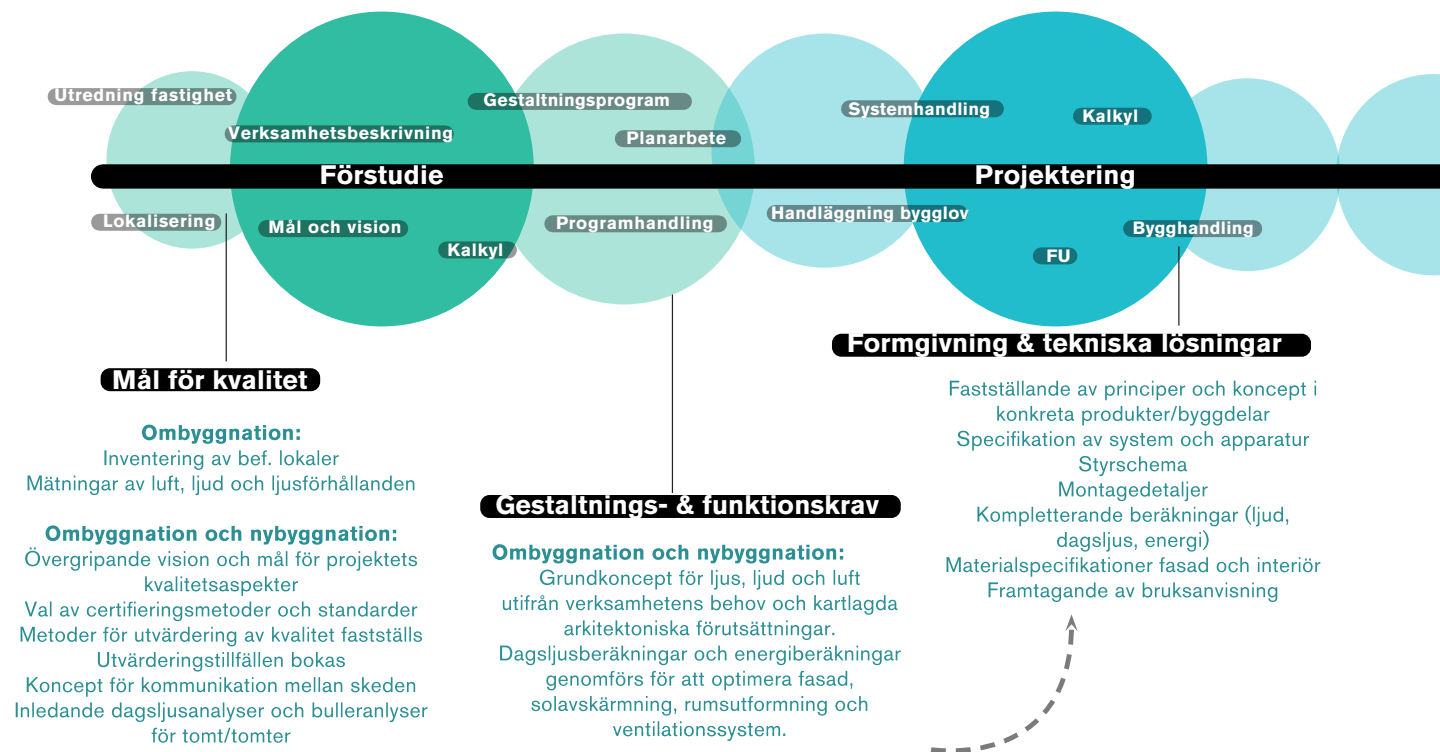
En beskrivning av hur kvalitetsaspekter bäst utvärderas och följs upp genom mätningar – både under byggtiden och i den färdiga byggnaden, bör tas fram och adderas till tidplanen.

## KRAVSTÄLLAN VID OLIKA ENTREPRENADFORMER

### Totalentreprenad

Vid en totalentreprenad ansvarar entreprenören för såväl projekteringen som utförande av arbetena. Entreprenören har ett ansvar för att byggnaden upp-





fyller avtalad funktion, det vill säga ett funktionsansvar. I en totalentreprenad är det därför oerhört viktigt att beställaren noga anger i avtalet med tillhörande handlingar vilka funktionskrav som ställs på entreprenaden. Funktionskraven ska beskrivas så utförligt att det inte finns utrymme för entreprenören, att exempelvis av kostnadsskäl, välja en lösning av sämre kvalitetsnivå än den som eftersträvas i projektet.

### Utförandeentreprenad

Vid en utförandeentreprenad är det istället beställaren som ansvarar för projekteringen och entreprenören

endast för utförandet av entreprenaden. Utgångspunkten är då att beställaren, genom egen utredning och noggrann projektering anger vad entreprenören ska göra. Entreprenören ska sedan utföra arbetet enligt de ritningar, beskrivningar etc. som presenterats av beställaren. Det innebär att entreprenören saknar funktionsansvar, även om utförandet ska vara fackmässigt.

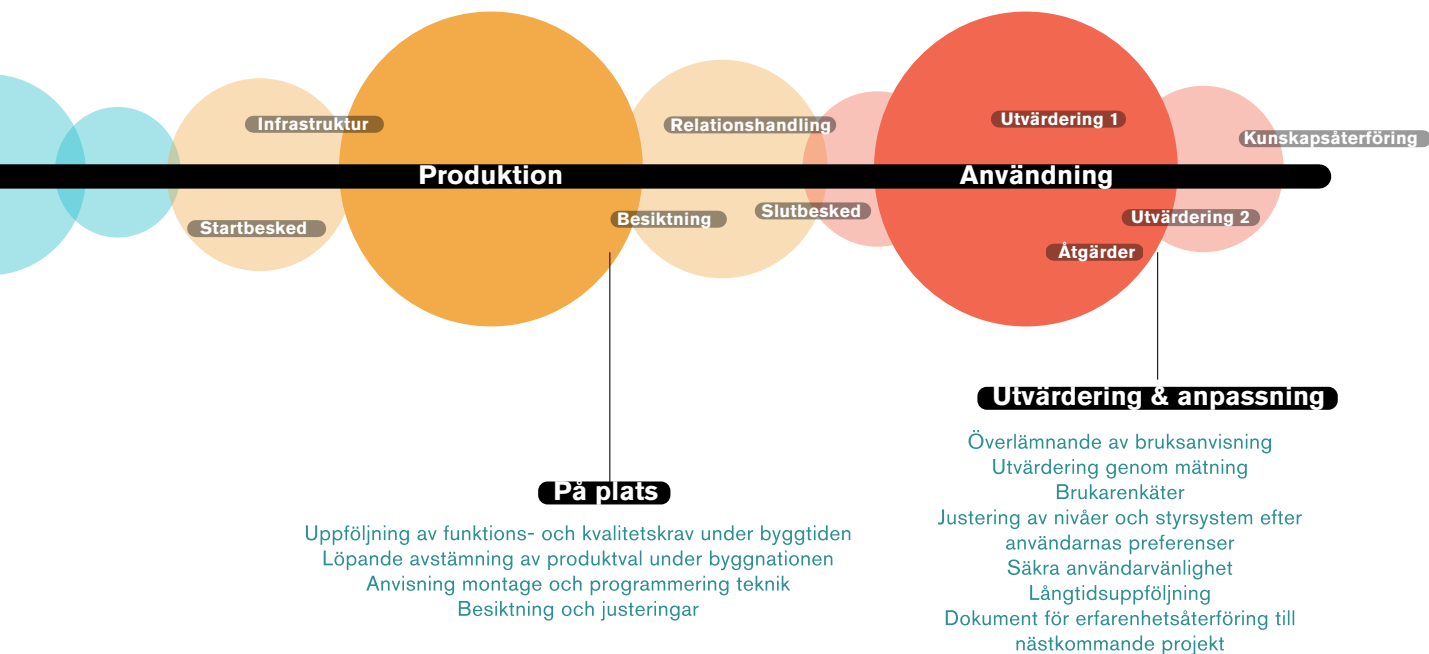
Vid en utförandeentreprenad ställs därför stora krav på beställaren när projekteringsunderlaget tas fram. Beställaren måste säkra att projekteringsunderlaget är tillräckligt specifikt och detaljerat beskriver hur

önskad kvalitet uppnås. Vidare krävs det att beställaren inspekterar att entreprenören utför arbetet enligt det underlag som beställaren tagit fram.

### Kombinerade entreprenadformer

Det är vanligt med totalentreprenadslösningar där beställaren förbehåller sig rätten att föreskriva delar av arbetsutförandet - en sorts kombination av entreprenadformer. En sådan kombination kan vara fördelaktig ur ett kvalitetsperspektiv då specifika tekniska lösningar kan förespråkas av beställaren och därmed också måste utföras av entreprenören enligt anvisning.





## UPPFÖLJNING

Efter genomfört projekt överlämnas lokalerna till kunden och byggnaden övergår i förvaltning. Trots gedigen kravställan är det vanligt att utvärdering och uppföljning i projekt brister. Genom en tydlig och väl förankrad plan för hur kontroll av det färdiga projektet ska genomföras kan detta undvikas. Möten bör därför bokas in för att reda ut eventuella ouppklarade frågor.

Vald verifieringsmetod av kvalitetsaspekter i miljön ska efterföljas och mätningarna utföras av kompetent personal inom respektive utvärderat område. I de fall det framkommer att

miljön inte lever upp till ställda krav ska åtgärder vidtas och ansvar utkrävas.

Driftsinstruktioner och instruktioner för förebyggande underhåll ska upprättas, och omfattningen bestämmas, efter särskild beställning. Det kan exempelvis handla om att definiera åtkomlighet för service, utrymning, serviceåtaganden samt metoder och material för lokalvård eller utvändigt underhåll.

Utvärdering av byggnaden i form av brukarintervjuer och enkäter görs bäst när byggnaden varit i bruk i några månader. Optimalt är att tillfråga verksamheten vid både en korttidsuppföljning och en långtidsuppföljning.

I de fall verksamheten involverats i utvärderingar ska det tydligt framgå vilka åtgärder som kommer att göras i relation till utfallet samt när åtgärder kommer att genomföras.

## KUNSKAPSÅTERFÖRING

Transparenta och lättillgängliga dokument om processens beslut och bakgrund kan tas fram för att överföra erfarenheter till nytillkomna tjänstemän, politiker och brukare. En bruksanvisning där grundläggande idéer om lärmiljön samt dess olika funktioner och tänkta användande beskrivs kan vara värdefull för en verksamhet i förändring.

# Referenser



## VÄRDET AV EN GOD INOMHUSMILJÖ

1. Regeringens proposition 2017/18:249 God och jämlik hälsa – en utvecklad folkhälsopolitik. Folkhälsomyndigheten. <http://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2018/04/prop.-201718249/> hämtad: 2020-03-20 10:06
2. Arbetsmiljöansvar i skolan. Arbetsmiljöverket. <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/arbetsgivarens-ansvar-for-arbetsmiljon/arbetsmiljoansvar-i-skolan/>. hämtad: 2020-03-20 10:35
3. God inommiljö – Faktorer som påverkar inomhusmiljön i våra skolor. SKR, 2019. ISBN-nummer:978-91-7585-710-7
4. Inomhusmiljö. Arbetsmiljöverket 2014. Webbaserad källa.
5. Arbetsmiljöverket. Webbaserad källa. <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/arbetsgivarens-ansvar-for-arbetsmiljon/arbetsmiljoansvar-i-skolan/> hämtad: 2020-03-20 10:35
6. Inspektion. Skolinspektionen. Webbaserad källa. <https://www.skolinspektionen.se/> hämtad: 2020-03-20 10:25
7. Skollokalernas betydelse för lärande. SKR, 2018. ISBN: 978-91-7585-494-6
8. Förskolans fysiska miljö. SKR, 2018. ISBN: 978-91-7585-643-8 n
9. Funktionsprogram för grundskola och fritidshem. Fastighet Miljö- och Hälsoskydd, Umeå kommun. 2016. s.15-20



## LJUS

1. Folkhälsomyndigheten. Ljus och hälsa. En kunskaps-sammanställning med fokus på dagsljusets betydelse i inomhusmiljö. 2017.
2. Arbetsmiljöverket. Dagsljuskrav och utblick på arbetsplat-sen: Effekter på hälsa och beteende. 2019.
3. ibid (1)
4. ibid (1)
5. Heschong Mahone Group. Daylight in schools. An in-vestigation into the relationship between daylighting and human performance. Fair Oaks, CA, USA 1999.
6. Ejhed, J. Dagsljus och belysning. Att se höra och andas i skolan - En handbok. Hellberg, A. Publikationsservice, Falköping 1996.
7. ibid (2)
8. ibid (1)
9. Ljus & Rum. Planeringsguide för belysning inomhus. 2013.
10. Gentile, N., Osterhaus, W., et al. 2019. Energy saving potential for integrated daylighting and electric lighting design via userdriven solutions: A literature review. In Pro-ceedings of the 29th Session of the CIE: CIE x046:2019 (Vol. 1, pp. 205-215). CIE, Vienna.
11. Energimyndigheten. 2018. Belysningsutmaningen. Redo-visning uppdrag om en nationell kraftsamling inom belys-ningsområdet. Eskilstuna.
12. Sveriges Kommuner och Landsting. God inommiljö. Fakto-rer som påverkar inomhusmiljön i våra skolor. 2018.
13. van Mil IW, et al. Light at eye level is a means to create energy savings and space for learning, focus and concen-tration: Research report for the Danish Electricity Research Fund. Elforsk, 2018.
14. ibid (9)
15. ibid (8)
16. Borisuit, et al. Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood. 2015
17. ibid (8)
18. Arbetsmiljöverket. Arbetsplatsens utformning (AFS 2009:2), föreskrifter.2019.
19. ibid (8)
20. ibid (8)



## LJUD

1. Sjöström, M. 2007. Anpassningar i praktiken för elever med hörselnedsättningar – en utvärdering av hinder och möjligheter. Delrapport 1. Örebro: Riksförbundet för döva, hörselskadade och språkstörda barn.
2. Störande buller 1999:27, Arbetslivsinstitutet, Ulf Landström Stig Arlinger Staffan Hygge Örjan Johansson Anders Kjellberg Kerstin Persson Waye ISBN 91-7045-548-1
3. Informationsfilm utgiven av SPSM. <https://www.youtube.com/watch?v=dkAGoG2JtDg>
4. Sjödin, F. Ljud i förskolor Umeå Universitet. ISBN 978-91-7459-518-5
5. Informationsfilm utgiven av Prevent "Ljudguide för förskolan". Webbkälla: <https://www.prevent.se/ljudguideforsskolan>. Hämtad 2020-03-26
6. Waye, K P. Akustikförsök. Forskarfredag 2010. Rapport nr 8:2011, Enheten för Arbets- och miljömedicin, Avdelningen för Samhällsmedicin och folkhälsa, Göteborgs universitet. ISBN 978-91-86863-01-2.
7. Konferensdokumentation från Kunskapsdag om skolans ljudmiljö, SPSM. Föreläsning av Viveka Lyberg Åhlander och Kerstin Persson Waye (presentation utan ljudfiler). Webbaserad källa: <https://hrf.se/vad-vi-gor/skolkonferens2016/presentationer/>, hämtad 2020-04-07 10:40



## LUFT

1. Gustafsson P, Abbas M, Alm M, Andersson JE, Bengtsson M, Blad S, Dahl Å, Melkstam J, Olin AC, Wetterlund H, Rosén KG. Dålig inomhusluft kan ligga bakom hög sjukfrånvaro i förskolan. Läkartidningen 30-32/2017.
2. Fang, L; Wyon, DP; Clausen, G; Fanger, P. Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance. Indoor Air. 2004;14 Suppl 7:74-81.
3. Beiron, J. (2010). Drifterfarenheter från en energieffektiv skola : Vargbroskolan i Storfors (Arbetsrapport). Karlstad: Karlstads universitet. Hämtad från <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kau:diva-5124> 2020-03-26
4. Yang W, Marr LC. Dynamics of airborne influenza A viruses indoors and dependence on humidity. PLoS One. 2011;6(6):e21481.
5. Burden of disease from ambient air pollution for 2012. Summary of results. Geneva: World Health Organization; 2014.
6. Fisk, W. Indoor, Environment Energy Technologies Area, Berkeley Lab. Publications <https://indoor.lbl.gov/people/william-fisk>
7. Bildkälla figur 1: Anthony V. Arundel, Elia M. Sterling, Judith H. Biggin and Theodor D. Sterling. Environmental Health Perspectives. I: The National Institute of Environmental Health Sciences. Vol. 65 (Mar., 1986), s. 351-361



## BYGGPROCESSEN

1. Bygga vackert - att bygga med kvalitet och estetiska värden. SKR, 2019. ISBN: 978-91-7585-786-2
2. Strategisk lokalresursplanering - Praktiska verktyg för balanserat utbud av lokaler. SKR, 2009. ISBN-nummer:978-91-7164-404-6

---

Vi spenderar i genomsnitt 90 % av vår tid inomhus och kvalitén på inomhusmiljön har stor betydelse för både hälsa och produktivitet. Det gäller inom alla områden, inte minst skolor och förskolor. Smarta elever kräver smart skolmiljö!

Samtidigt är det komplexa frågor att skapa en bra inomhusmiljö som samtidigt är energieffektiv. Syftet med denna guide är därför att vara en hjälp i vardagen för fastighetsförvaltare och planerare i planering, upphandling och uppföljning av projekt.

EU-projektet EFFECT4buildings har tillsammans med övriga länder kring Östersjön arbetat gemensamt för att ta fram verktyg och metoder som leder till ökad energieffektivitet i byggnader. Verktyg finns för nio områden; Lönsamhetsberäkningar, paketering, finansiering, beslutsfattande, EPC-kontrakt, MSC-kontrakt och Gröna hyresavtal. Dessutom har projektet spridit kunskap om olika tekniska lösningar. Mer information om projektet finns på [www.effect4buildings.se](http://www.effect4buildings.se)

Med MSC-kontrakt (Multi Service Contracts) menas ny- och ombyggnadsprojekt som strävar efter mer än bara energieffektivisering och där förbättrad inomhusmiljö är en central del. Denna guide är en del av verktygen som tagits fram inom detta område.