

ECOPHON AKUSTIKLOFTER MED

DIFFUS VENTILATION

SIMPEL, EFFEKTIV OG USYNLIG



04 HVAD ER DIFFUS VENTILATION

06 FORDELE VED DIFFUS VENTILATION

07 VENTILATIONSMETODER

07 DIFFUS VENTILATION UDEN MERPRIS

08 ANVENDELSESOMRÅDER

09 INDEKLIMA

09 BÆREDYGTIGHED

10 REFERENCEPROJEKTER

14 MONTAGEANVISNING

16 PROJEKTERINGSANVISNING

Udarbejdet i samarbejde med
Uffe Jespersen, rådgivende ingeniør og indeklimaentreprenør,
JRI ApS og Indeklimaentreprise ApS.

Alle billeder, beskrivelser, illustrationer og dimensioner indeholdt i denne brochure er generel information og udgør ikke en del af en kontrakt. Denne brochure indeholder produkter fra Ecophons produktsortiment og fra andre leverandører. Ecophon er ikke ansvarlig for trykfejl. Ecophon forbeholder sig ret til at ændre produkter uden forudgående varsel. Anbefalinger om brug og montage samt opbevaring, vedligeholdelse og indeklimaforhold skal altid respekteres. Se venligst gældende teknisk dokumentation, såsom teknisk datablad og installationsvejledninger. For seneste information, se da venligst www.ecophon.dk eller kontakt din Ecophon repræsentant.

©Saint-Gobain Ecophon AB, 2024

Forsidebillede: DLG domicil Fredericia

HVAD ER

DIFFUS VENTILATION?

Diffus ventilation er et ventilationsprincip, hvor indblæsningsluften blæses ind i hulrummet over et nedhængt loft, hvorefter den langsomt siver gennem loftsystemet og danner et reservoir af frisk luft under loftet, som er til rådighed for brugerne af lokalet.

Opblandingen i lokalet sker ved den luft som helt naturligt stiger op omkring mennesker og andre varmekilder. Det er en slags varmepumpe, som sender varm luft op og trækker en tilsvarende mængde rumluft ned og rundt.

Den friske luft, som ligger under loftet vil dermed blive trukket ned mod gulvet og hen til de personer, som har sat gang i varmepumpen. Det er det samme, der sker ved traditionel ventilation, hvor luften blæses ind under loftet.

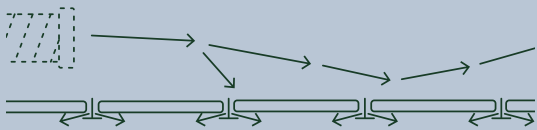
Den store forskel er, at med diffus ventilation foregår indblæsning og fordeling af luften i hulrummet over det nedhængte loft, hvor der ikke er risiko for, at det kan give træk i lokalet.

Æstetisk stilrent

AKUSTIKLOFT

UDEN SYNLIGE
INDBLÆSNINGSARMATURER





Optimal

AKUSTIK

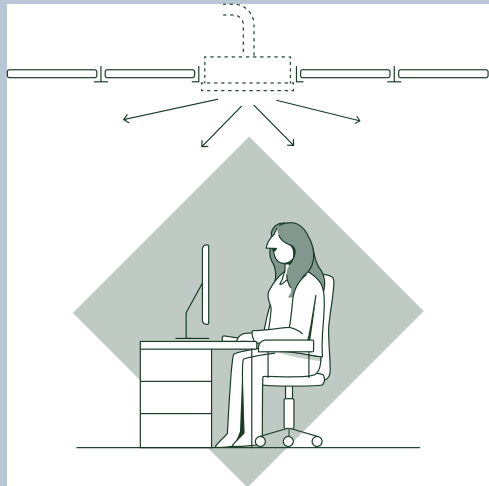
KOMBINERET MED OPTIMAL VENTILATION

FORDELE PÅ DRIFT OG ANLÆG

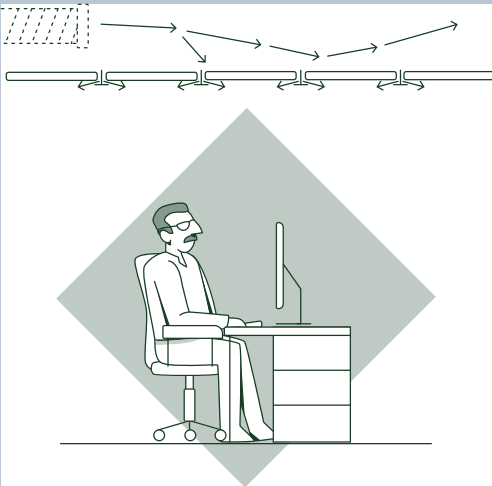
- Et system med diffus ventilation er enklere at designe og installere end traditionel ventilation, fordi indblæsningskanalerne blot skal føres ind over det nedhængte loft, og det er stort set uden betydning, hvor de placeres.
- Med diffus ventilation kan man uden risiko for træk blæse ind med kold luft, og dermed er det effektivt til køling, ligesom man ikke behøver at forvarme kold indblæsningsluft.
- I selve loftet er der færre synlige komponenter, fordi det meste foregår

over loftet. Det betyder også, at installationen er hurtigere at udføre, samtidig med at der er mindre behov for koordinering mellem håndværksfagene.

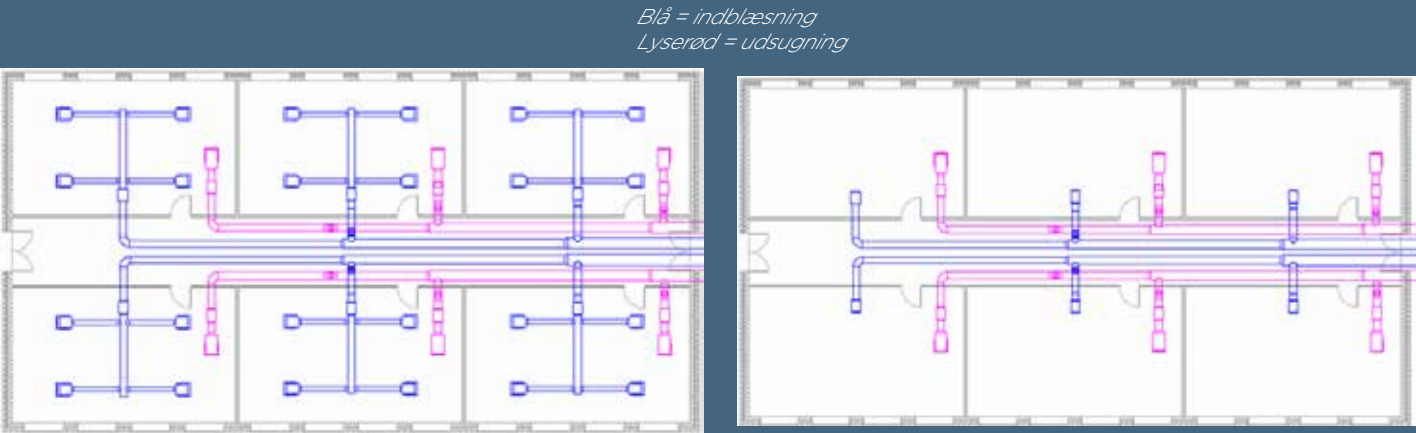
- Højden over det nedhængte loft kan reduceres da der ikke er behov for så meget plads til indblæsningskomponenterne. Derfor er det med diffus ventilation muligt at bevare lofthøjden i eksisterende byggeri - og mindske den dyre byggehøjde ved nybyggeri.
- Jo højere volumenstrømmen er gennem systemloftet, desto lavere tryk er der behov for i indblæsningskanalerne. Dette giver bygherren en potentiel besparelse på ventilationsdriften.



Traditionel ventilation



Diffus ventilation



Plantegning af ventilationskanaler til 6 klasselokaler med traditionel ventilation

Plantegning af ventilationskanaler til 6 klasselokaler med diffus ventilation

FÅ AKUSTIK OG VENTILATION UDEN MERPRIS

Som det fremgår af plantegningen så skal der anvendes færre ventilationskomponenter med diffus ventilation, og det giver en besparelse både på materialer og installation. Størrelsen af denne besparelse afhænger naturligvis af det konkrete projekt.

I eksemplet er der 6 klasselokaler og her vil besparelsen være omkring 35.000 kr. pr. lokale eller mere end 500 kr. pr. m². Det svarer stort set til den omkostning, der er, ved installation af et nyt akustikloft.

Med diffus ventilation kan man både få god ventilation og akustik for samme pris som traditionel ventilation alene.

Få et akustikloft

UDEN MERPRIS

MED DIFFUS VENTILATION

HVOR KAN DIFFUS VENTILATION ANVENDES?

Mange af Ecophons systemlofter er særdeles velegnede til diffus ventilation. Det er eftervist og gennemtestet både i laboratorie og i talrige projekter. Pladerne er lette og presses dermed ikke tæt ned på profilerne.

Det efterlader en masse små åbninger langs alle pladekanter/profiler. Derfor vil luften sive igennem loftet langs skinnesystemet over hele loftet, og det giver en god fordeling af indblæsningsluften. Da der typisk er 6,7 m spalte pr. m² loft, bliver lufthastigheden gennem disse spalter meget lav og det er netop pointen og fordelene ved diffus ventilation.

Det betyder også, at der ikke bør være områder, hvor loftet er meget mere utæt end andre steder, for så vil der her komme for meget luft igennem.

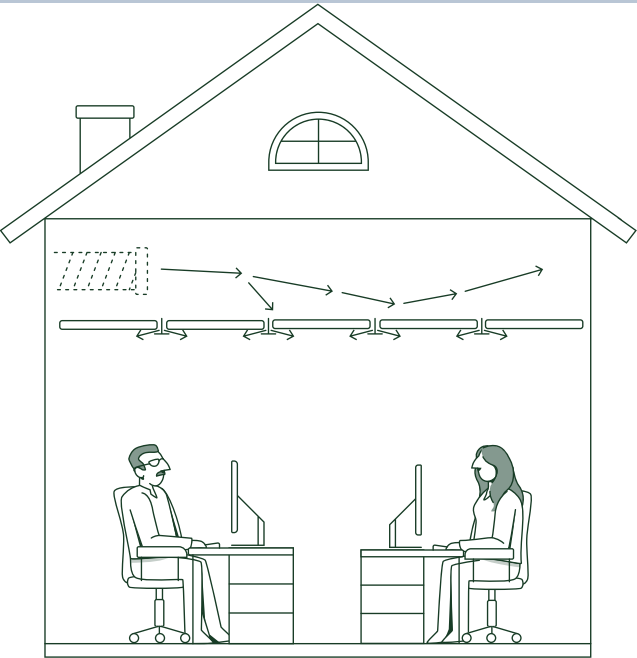
- **Besparelser i drift og anlæg**
- **Æstetisk stilrent loft**
- **100% aktivt loft, både hvad angår akustisk absorption og ventilation**
- **Ingen støj eller trækgener**

Diffus ventilation er særligt velegnet til lokaler med mange mennesker, som på skoler, kontorer eller andre steder hvor der er behov for et stort luftskifte. Diffus ventilation giver frie muligheder for indretning af lokalet, uden hensyntagen til indblæsningskomponenter.



AKUSTIK OG VENTILATION I EN LØSNING

Kombinationen af et standard Ecophon akustikloft og diffus ventilation har den fordel, at man ikke behøver at gå på kompromis med akustik og god ventilation – hele loftet kan anvendes aktivt til både akustikregulering og ventilation.



INDEKLIMA



I dag tilbringer vi mere end 90% af vores tid indendørs. Som en konsekvens påvirker kvaliteten af indeklimaet os enormt på sundhed og effektivitet. Forurening af indeklima kan være forårsaget af kemiske stoffer, der frigøres fra materialer anvendt i interiøret. Disse kaldes VOC (Volatile Organic Compounds - flygtige organiske stoffer).

Byggematerialer kan være betydelige kilder til VOC. Det er derfor vigtigt at vælge produkter med lav udledning. Det er også vigtigt at sikre sig, at de valgte produkter ikke indeholder forurenende stoffer, som kan påvirke helbred eller ydeevne negativt.

VOC-indholdet i Ecophons produkter testes af eksterne laboratorier i overensstemmelse med europæiske forskrifter. Resultaterne af disse test fremgår af udledningsmærkningen.

Find dokumentation for indeklimamærkninger samt REACH-compliance i vores downloadcenter på ecophon.dk



MOD KLIMANEUTRAL AKUSTIK

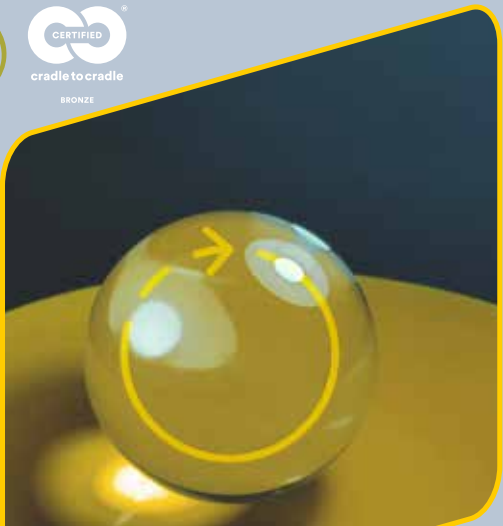
Hos Ecophon er bæredygtighed drevet af vores ambition om at opnå laveste udledning på produkter og i produktionen. En forpligtelse til at rapportere transparent om vores fremskridt i dag og fremover. Og vores lidenskabelige overbevisning om, at vi sammen kan bringe klimaneutral akustisk design til verden.

SoundCircularity er vores cirkulære forretningsmodel til at inspirere og lede bæredygtighedstransformationen af vores branche. Vi udvider løbende vores cirkularitetsprogram. Og involverer alle vores partnere og interessenter i rejsen mod klimaneutral akustik. SoundCircularity er baseret på cirkulære løsninger, såsom vores prisvindende Genanvendelsesservice, Reuse (genbrug af paneler) og ReFAB.

Hver service repræsenterer et væsentligt fremskridt imod ansvarlig livscyklushåndtering af akustikprodukter.

Ethvert løfte om mål for netto-nuludledning af kulstof, valideres efter den globale standard Science Based Targets Initiative (SBTI).

Læs om vores bæredygtige profil på Ecophon.dk



DESIGN MED DIFFUS VENTILATION

Der er mange gode eksempler på anvendelse af diffus ventilation.

Her har vi fremhævet 3, som på hver deres måde viser fleksibiliteten ved diffus ventilation.

Ventilationen får en underordnet rolle i design af løsningen. På den måde bliver ventilation ikke noget, som man lægger mærke til.

Man lægger knapt nok mærke til, at der er frisk luft, for alt er bare, som det burde være.



DTU SCIENCE PARK, HØRSHOLM

I løbet af 2019-2023 har DTU Science Park renoveret et større kontorbyggeri på Agern Alle 5A i Hørsholm på i alt 2000 m². Etagehøjden var kun 2,6-2,65 m, så for at få så meget højde under det nedhængte loft som muligt, måtte man gøre sig ekstra umage med design af løsningen for indblæsning.

Valget faldt på diffus ventilation i kombination med Ecophon kant E, 600x600 mm. systemloft.

Med en højde på det nedhængte loft på kun 18 cm (underkant loft til underkant dæk) var der ikke plads til ventilationskanaler. Derfor lavede man to hule gipsskørter over de langsgående skille vægge. Skørterne blev så brugt til fremføring af indblæsningsluften, som kunne fordeles til de enkelte kontorer.

Det er endda let efterfølgende at tilføje eller fjerne indblæsningsspjæld. Med diffus ventilation har man sikret, at brugerne ikke generes af ventilationen – heller ikke når der køles. Ventilationen kan hverken ses eller høres, men effekten af den friske luft kan tydeligt mærkes.



HERSTEDØSTER SKOLE, ALBERTSLUND

På Herstedøster skole blev 10 klasselokaler renoveret i løbet af 2019-2021. Der var et eksisterende ventilationssystem med indblæsning gennem 4 ventilationsarmaturer i et træloft og udsugningsriste i 2 lysskakte til ovenlys. Ønsket var at få en bedre akustik og samtidig forbedre lyset.

I forbindelse med renoveringen blev indblæsningen ændret til diffus ventilation i kombination med et Ecophon kant A, 600x600 mm. systemloft samt 50% Extra Bass for at sikre en rigtig god akustik.

Det eksisterende træloft var ikke helt tæt, derfor blev der først opsat en brandklassificeret folie under loftet, så man var sikker på, at den luft, som blev blæst ind over det nedhængte loft, ikke forsvandt op og ud i tagrummet. De eksisterende indblæsninger blev bevaret, men i stedet for at blæse ind under træloftet, blæste de nu ind i hulrummet over det nedhængte loft. Resultatet er undervisningslokaler med et indeklima, som samlet set er rigtigt godt - så godt at tosprogede elever og elever med hørehandicap nu har fået væsentligt bedre betingelser for at kunne følge med i undervisningen.

ROSKILDE PRIVATE REALSKOLE

20 klasselokaler blev renoveret i løbet af sommer og efterår 2023. Oprindeligt var ønsket at forbedre ventilationen, men når man alligevel var i gang med et renoveringsprojekt, var meromkostningen ved også at forbedre akustik og belysning relativt lille. Specielt set i forhold til den store forskel et samlet set godt indeklima har for elever og lærere.

I alle klasselokaler blev der installeret diffus ventilation i kombination med et Ecophon kant E, 600x600 mm. systemloft. I halvdelen af klasserne er diffus ventilation koblet på det centrale ventilationsanlæg og i den anden halvdel er det i forbindelse med ventilationsanlæg opsat i hvert enkelt klasselokale. Med diffus ventilation er det ikke så vigtigt, hvor indblæsningen sidder i hulrummet over det nedhængte loft og det betyder, at ventilationsanlæg i et klasselokale kan placeres, hvor det giver bedst mening i forhold til placering af friskluft- og afkastriste. I dette projekt er indtag og afkast placeret i et vindue, ved at to ruder er taget ud og erstattet med riste.

I SFO er der lagt Extra Bass over hele det nedhængte loft for at sikre ekstra god akustik. Det fungerer også uden problemer med diffus ventilation.

MONTAGE

ANVISNING

Forberedelse inden montage

Inden montage af det nedhængte loft, men efter installation af diverse tekniske installationer, skal det sikres, at det, som bliver hulrummet over det nedhængte loft, er tæt. Det kan i første omgang gøres ved visuel inspektion. Især samlinger mellem væg og loft, samt gennemføringer af kabler, rør og kanaler skal kigges grundigt efter og fuges/tættes efter behov.

Det skal også sikres, at der ikke er materialer eller overflader over det nedhængte loft, som man ikke ville ønske i et færdigt lokale. Det kan f.eks. være blottet isolering, meget grove overflader eller lignende, hvorfra der let kan udskilles partikler.

Er man i forbindelse med renovering i tvivl, om lokalet er tæt, kan der udføres en blowerdoor-test. Kravene til lokalets tæthed er ikke lige så høje, som til husets ydervægge og tag

fordi trykket fra diffus ventilation normalt vil være under 10 Pa. Desuden skal det vurderes, hvilken betydning en evt. utæthed får for funktionen af diffus ventilation og bygningens energiforbrug. Utæthed mod et gangareal er typisk ikke lige så kritisk som en utæthed mod et uopvarmet tagrum.

I forbindelse med diffus ventilation er hulrummet over loftet en del af ventilationssystemet. Derfor er det nødvendigt at oprydde og støvsuge lokalet inden montage af loftet, så støv og snavs ikke ender i hulrummet over det nedhængte loft.

MONTAGE

Ventilationskomponenterne installeres ud fra projekteringsanvisningerne, i det efterfølgende afsnit, dog er hverken placering af indblæsningen over det nedhængte loft eller udsugninger særlig kritisk for funktionen af diffus ventilation. Som ved alle ventilationssystemer skal der være særlig opmærksomhed på dæmpning af støj fra ventilationsanlægget. Selvom man måske skulle forvente, at et akustikloft kan dæmpe støjen fra indblæsningen, så er akustikloftets funktion at regulere akustikken i lokalet og ikke at dæmpe støj fra installationer.

Det nedhængte standardloft monteres iht. Ecophon montageanvisning. Dog skal man være ekstra opmærksom på steder med større huller, f.eks. ved gennemføring af rør eller lignende. Er væggen ujævn kan det desuden være nødvendigt at fuge mellem kantliste og væg for at sikre en passende tæthed. Det nedhængte loft skal ikke være meget tæt, men snarere lige utæt over hele arealet, så luften kommer ensartet igennem. I den forbindelse skal man være særlig opmærksom på lamper, projektorer og lignende, hvor der kan være huller mod hulrummet over det nedhængte loft, som man ikke umiddelbart kan se.

Der kan være projekteret skørter til sektionering eller røgskørter over loft. Ecophon kan anviser løsninger til dette.

Loftet kan monteres som et sædvanligt akustikloft uden særlige hensyn. Det er ikke nødvendigt at kantforsegle eller anvende akustikplader med malede kanter.

KONTROL AF MONTAGE

I forbindelse med installation og forberedelse for diffus ventilation kan følgende kontrolpunkter anvendes:

- **Visuel kontrol af tætheden af hulrummet over det nedhængte loft med speciel fokus på samlinger mellem vægge og loft, samt gennemføringer af kabler, rør og kanaler**
- **Visuel kontrol af om der er støv og snavs over det nedhængte loft**
- **Visuel kontrol af om der er steder med større utætheder i det nedhængte loft – ser gennemføringerne pæne ud, er de typisk også tætte nok.**
- **Ingen ekstra arbejdsgange i forhold til almindelig montage af et akustikloft**

Efter idriftsætning af ventilationssystemet kan man med et termisk kamera tjekke for utætheder ved at indblæse kold luft over loftet.

Udvalgte

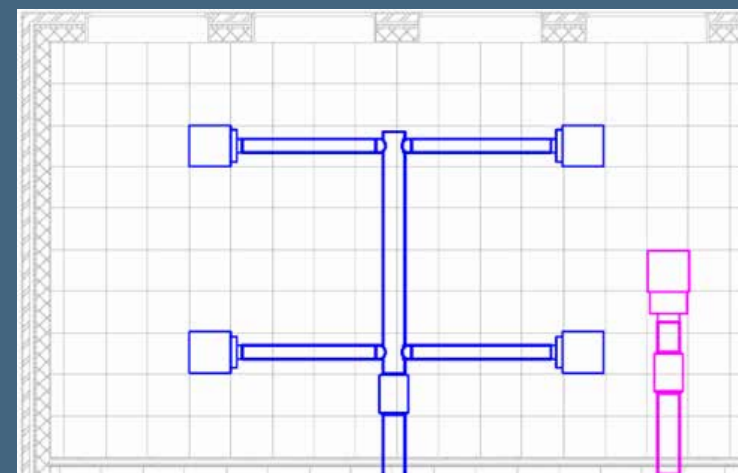
ECOPHON

AKUSTIKPLADER ER TESTET
TIL DIFFUS VENTILATION

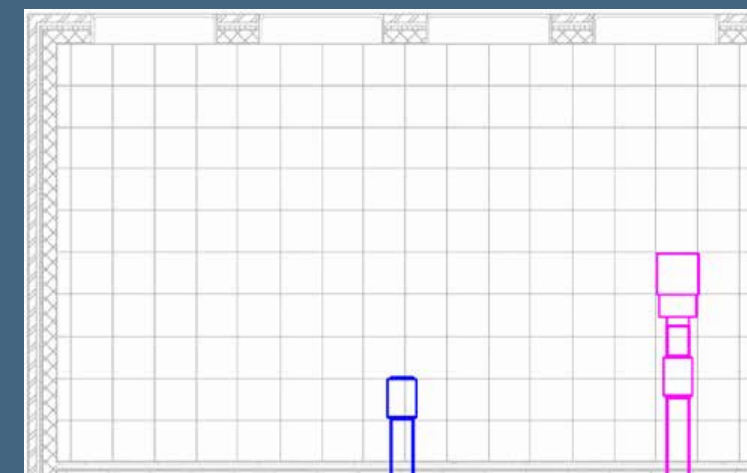
DIFFUS VENTILATION PROJEKTERINGSANVISNING

Design af ventilationssystemet

Blå = indblæsning
Lyserød = udsugning



Figur 1a: Lokale med konventionel ventilation



Figur 1b: Lokale med diffus ventilation

Design af ventilationssystemet

Indblæsningsluft

Med diffus ventilation tilføres luften i hulrummet over det nedhængte loft uden behov for indblæsningsarmaturer eller ventiler. For eksempel i et lokale på 70 m² med behov for 900 m³/h, er tilførslen bare en ø315 kanal, der ender i hulrummet over det nedhængte loft med en lyddæmper og ingen yderligere komponenter. I et konventionelt system ville der være behov for 4-6 armaturer og tilsvarende kanalarbejde i hulrummet for at sikre en god spredning af den tilførte luft under loftet (Figur 1a)

Diffus ventilation fungerer med alle former for ventilationsanlæg, da den eneste forskel fra konventionel ventilation, er hvordan luften tilføres lokalet og hvor meget indblæsningsluften skal konditioneres.

Da indblæsningsluften opnår lokalets temperatur, når den passerer gennem det nedhængte loft, behøver den ikke at blive forvarmet om vinteren. Det giver dog god

mening at bruge energien fra udsugningsluften til at opvarme den friske luft med, via en varmeveksler.

Mange undersøgelser og praktisk erfaring har vist, at luft under 5°C kan tilføres uden ubehag i lokalet, forudsat at varmekilderne kan kompensere for varmetabet. I konventionelle systemer opvarmes luften normalt til cirka 21°C for at undgå risiko for træk. Det betyder, at lokalet også tilføres varme, selvom temperaturen allerede er for høj.

Med diffus ventilation kan luften f.eks. tilføres med en temperatur under 19°C året rundt (svarende til, at der ikke er installeret varmekilde i ventilationsanlægget), således at varmekilderne i hvert lokale har autoriteten i forhold til styring af temperaturen.

Da trykmodstanden gennem det nedhængte loft er meget lavere (3-6 Pa) sammenlignet med et standard indblæsningsarmatur (30-60 Pa), kan det totale tryk i indblæsningskanalen reduceres - hvis alle lokaler har diffus ventilation. Dette vil reducere hastigheden på indblæsningsventilatoren og dermed reducere elforbruget.

I et konventionelt ventilationsanlæg skal indblæsningsarmaturerne placeres meget præcist for at sikre den nødvendige gode spredning af luft under loftet. Dette vil ofte konflikte med belysningsarmaturer, da de også skal placeres præcist for at sikre en god lysfordeling i lokalet. Denne konflikt er helt væk med diffus ventilation, da der ikke er indblæsningsarmaturer i loftet.

Samtidig vil indblæsningsarmaturer i det nedhængte loft og ventilationskanaler i hulrummet over loftet reducere arealet med akustisk dæmpning. Denne modsætning mellem ventilation og god akustisk dæmpning er fjernet med diffus ventilation - begge dele kan optimeres uafhængigt af hinanden.

- Ingen behov for indblæsningsventiler i loftet
- Ingen behov for opvarmning af indblæsningsluften
- Reduceret tryk i indblæsningskanalen
- Ingen installationskonflikt med belysningsarmaturer
- Ingen kompromis mellem ventilation og god akustik

Udsugningsluft

Der er ikke meget forskel mellem diffus ventilation og konventionel opblandingsventilation, når det kommer til udsugningsluft. Den primære forskel er, at med konventionel ventilation kan placering af udsugningsarmaturerne komme i konflikt med tilførslen af luft, hvis de er placeret forkert. Også med diffus ventilation, vil de opadgående varmestrømme omkring varmekilderne i et lokale (f.eks. mennesker) skubbe den friske luft, under loftet, til side.

Lufthastigheden i disse varmestrømme er så høj, at et udsugningsarmatur ikke vil være i stand til at absorbere luftstrømmen og stoppe "varmepumpen". Det betyder, at placeringen af udsugningsarmaturer ikke gør meget forskel for luftens opblanding. Undtagelser er aflange lokaler med lavt luftskifte (korridorer), hvor udsugningsarmaturer og indblæsning ikke bør placeres i samme ende.

- Udsugningsarmaturer kan placeres næsten hvor som helst i loftet og i væggene
- I korridorer bør indblæsning og udsugning ikke placeres i samme ende af lokalet

Køling

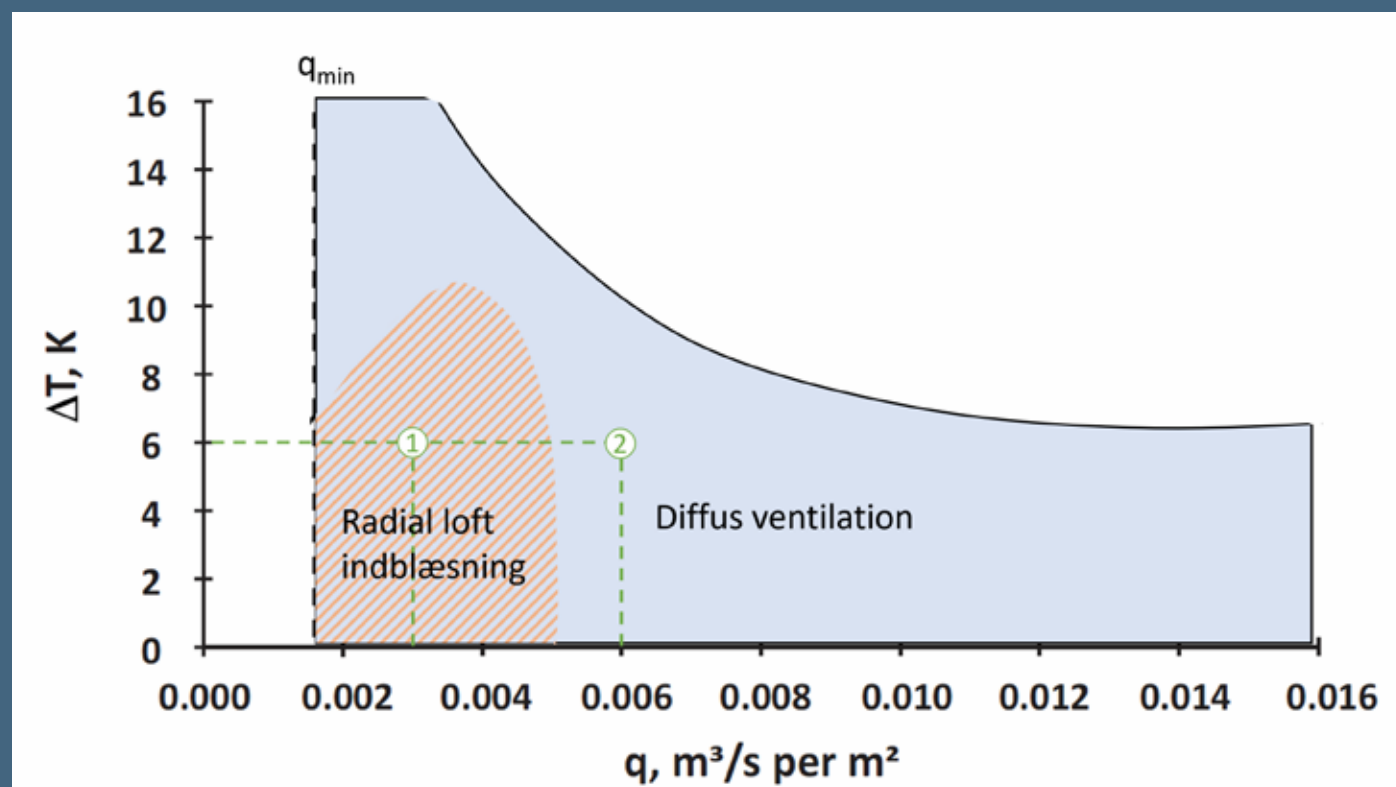
Diffus ventilation virker rigtig godt med køling. Det er endda muligt at placere køleenheder direkte i hulrummet over det nedhængte loft for at styre temperaturen i lokalet nedenunder. Det er kun vigtigt at overveje risiko for kondens. Om sommeren har den udendørs luft en relativt høj luftfugtighed, og hvis den ikke nedkøles for at fjerne vandet fra luften, inden den kommer ind i hulrummet over det nedhængte loft, kan fugtigheden i luften kondensere på eller nær en køleenhed i hulrummet.

For at vurdere risiko for dårlig komfort i lokalet som følge af ventilation, kan man anvende et diagram med luftmængden på den ene akse og temperaturforskellen mellem indblæsnings- og rumtemperatur på den anden akse. Praktiske forsøg og simuleringer har ført til diagrammet i figur 2, som illustrerer, hvor overlegent diffus ventilation er som princip for indblæsning

af frisk luft. Den sædvanlige metode med indblæsningsarmaturer under loftet er her benævnt "Radial loft indblæsning".

- Diffus ventilation er meget velegnet til køling
- Køleenheder kan placeres direkte i hulrummet over det nedhængte loft som supplement
- Som ved al køling skal risiko for kondens overvejes

FIGUR 2: Q-T DESIGNCHART FOR KOMFORT VED VENTILATION



EKSEMPLER I DESIGNCHART:

1. Kontor på 100 m² og en luftmængde på 1.100 m³/h (25-30 personer) - dvs. $q = 0,003 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$. Indblæsning ved 17°C og rumtemperatur på 23°C - dvs. $\Delta T = 6 \text{ K}$.

Hverken med diffus ventilation eller traditionel indblæsning vil der være risiko for dårlig komfort.

2. Mødelokale på 20 m² og en luftmængde på 430 m³/h (10-12 personer) - dvs. $q = 0,006 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$. Indblæsning ved 17°C og rumtemperatur på 23°C - dvs. $\Delta T = 6 \text{ K}$.

Med diffus ventilation vil der ikke være risiko for dårlig komfort, men det vil der med traditionel indblæsning.

Design af hulrum

Ved design af hulrummet over det nedhængte loft til diffus ventilation, handler det grundlæggende om at bruge almindelig sund fornuft: Når indblæsningsluften er strømmet ind i hulrummet, skal den have lov til at sprede sig i hele hulrummet, før den trænger igennem det nedhængte loft og ned i lokalet.

Tæthed af hulrum

Det første punkt, der skal sikres, er, at hulrummet over det nedhængte loft er tilstrækkeligt tæt for at sikre, at indblæsningsluften strømmer ned i lokalet nedenunder og ikke alle mulige andre steder hen. Lokalet skal, uanset hvad, være tæt for både at reducere risikoen for røgspredning i bygningen i tilfælde af brand og for at reducere støjoverførsel fra rum til rum - samt for at reducere varmetab, hvis rummet vender mod det fri eller uisolerede områder i bygningen. Det kan ses som en ulempe ved diffus ventilation, men denne kvalitetskontrol af tæthed bidrager til at forbedre bygningens samlede ydelse - det skal være tæt, uanset hvilken ventilationstype der anvendes.

- Hvis lokalets tæthed er tilstrækkelig til at forhindre støjoverførsel og spredning af røg, er det tilstrækkeligt tæt til diffus ventilation

Energivenlig luftudskiftning

Det er svært at give et enkelt svar på designet af hulrummet over det nedhængte loft, men der er nogle tommelfingerregler.

Med et system, der arbejder med variabel luftmængde (VAV), vil luftstrømmen ændre sig i løbet af dagen alt efter belastningen i rummet. For at sikre en faktisk effekt i lokalet med den skiftende luftstrøm, skal systemets reaktionstid overvejes: Hvor lang tid tager det for luften at bevæge sig fra indblæsning til den fjerneste ende af hulrummet over det nedhængte loft og ned i lokalet? Erfaring har vist, at hvis afstanden holdes under 10 m fra indblæsning til den fjerneste ende, vil systemet reagere hurtigt

nok. Dette svarer til et område på op til 100 m², hvis indblæsningen er placeret i den ene ende. Området kan øges med flere indblæsninger i hulrummet. Normalt vil lokalet nedenunder alligevel blive opdelt i zoner for at kompensere for uens brug. Dette kan gøres med et lodret skørt, der går fra dæk til det nedhængte loft.

Hulrummets højde er også vigtig at overveje. En lav højde giver en hurtigere reaktionstid - muligheden for en lav højde er endda en af de vigtigste funktioner ved diffus ventilation. Hvor lavt hulrummet kan gøres, vil afhænge af den luftmængde, som skal blæses ind, og i praksis vil både kanaldimension og plads til ophængning af det nedhængte loft sætte begrænsningen.

Det er også muligt at anvende diffus ventilation ved skrå lofter. De opadgående luftstrømme fra mennesker sørger under alle omstændigheder for opblandingen. Dog, kan der være risiko for træk ved gulvet i høje lokaler, hvor luftstrømmene kan få ekstra fart på, som det også er tilfældet ved traditionel ventilation.

Er rumhøjden under 4,5 m vil der normalt ikke være problemer med træk ved gulvet. Ved højere rumhøjde, eller lokaler i direkte forbindelse mod en atriumgård, er det nødvendigt at overveje tiltag for at undgå trækgener.

- Afstanden fra indblæsning til den fjerneste ende af hulrummet bør ikke overstige 10 m
- For store lokaler opdeles hulrummet normalt med fysiske skørter fra dæk til nedhængt loft
- Højden af hulrummet over det nedhængte loft har betydning for systemets reaktionstid
- Diffus ventilation kan også anvendes ved skrå lofter
- I lokaler med en lofthøjde på 4,5 m vil der normalvis ikke være risiko for trækgener ved gulv

Isolering af etagedækket

Når diffus ventilation bruges til køling, vil hulrummet over det nedhængte loft blive brugt som det første kammer til overførsel af varme. Her er det vigtigt at overveje, om afkøling af hulrummet kan have nogle uforudsete bivirkninger. F. eks. om gulvet ovenover også afkøles og lokalet ovenover ikke har brug for køling. Erfaring har også vist, at isolering af dækket vil sikre, at kølesystemet har en kortere reaktionstid - det tager mindre tid for afkølingen at nå lokalet. På den anden side vil isolering af dækket begrænse, at dækket bliver en del af den termiske masse, som kan bruges til at forhåndsafkøle bygningen. For eksempel ved at bruge kold udeluft om natten.

- Isolering af dækket giver en kortere reaktionstid for køling, men reducerer effekten af køling om natten
- Med et ikke-isoleret etagedæk vil noget af køleeffekten gå til køling af etagen ovenover

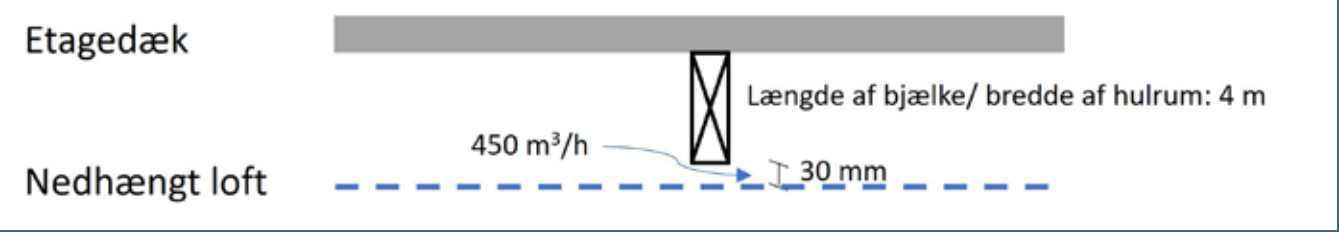
Installationer i hulrum

Hulrummet over det nedhængte loft er ofte fyldt med alverdens installationskomponenter, der konkurrerer om pladsen. Med diffus ventilation kan de fleste ventilationskomponenter udelades. Spørgsmålet er derefter, i hvilket omfang resten af komponenter vil forstyrre den diffuse ventilation? Generelt set er der ikke noget problem overhovedet: Indblæsningsluften passerer gennem hulrummet med lav hastighed, og hvis der er forhindringer, forårsager den resulterende turbulens ikke træk eller lignende.

Det eneste, der bør overvejes, er, om de andre installationer helt blokerer hulrummet over det nedhængte loft og forhindrer luften i at nå den anden ende af hulrummet. Tommelfingerreglen her er “Faktor 10”. Luftens mulighed for at passere forhindringer i hulrummet skal være 10 gange lettere end ned gennem loftet. Det betyder, at hvis trykmodstanden gennem loftet er 5 Pa, skal trykmodstanden forbi forhindringer være mindre end 0,5 Pa - beregnet ud fra luftstrømmen, der passerer forhindringen, og det frie areal omkring forhindringen. Erfaring viser, at hulrummet skal være virkelig blokeret før det er et problem.

- Trykmodstanden fra luft, der passerer forhindringer i hulrummet over det nedhængte loft, skal holdes under ca. 0,5 Pa

EKSEMPEL: 40 m² lokale med en bredde på 4 m



I hulrummet går en bjælke med en bredde på 150 mm på tværs af hulrummet over det nedhængte loft og efterlader en afstand på 30 mm mellem underside af bjælke og overside af loftpladerne.

Samlet luftmængde for lokalet er 900 m³/h, som blæses ind i hulrummet på den ene side af bjælken, det vil sige at der skal passere 450 m³/h under bjælken. Trykfaldet beregnes som for en firkantkanal LxBxH 150x4000x30 mm. Lufthastigheden under bjælken bliver således 1 m/s og trykfaldet 0,2 Pa (Reynolds tal er sat til 500).

Risiko for kondens

Da hulrummet over det nedhængte loft er en del af ventilationssystemet, er det også vigtigt at overveje, om indblæsningsluften vil medføre problemer i hulrummet. Den største risiko er risikoen for kondens. Kondens kommer fra luft med en høj luftfugtighed der køles ned under eller nær dugpunktet. Over en længere periode bør den relative luftfugtighed i hulrummet holdes under 75% for at undgå risiko for skimmel.

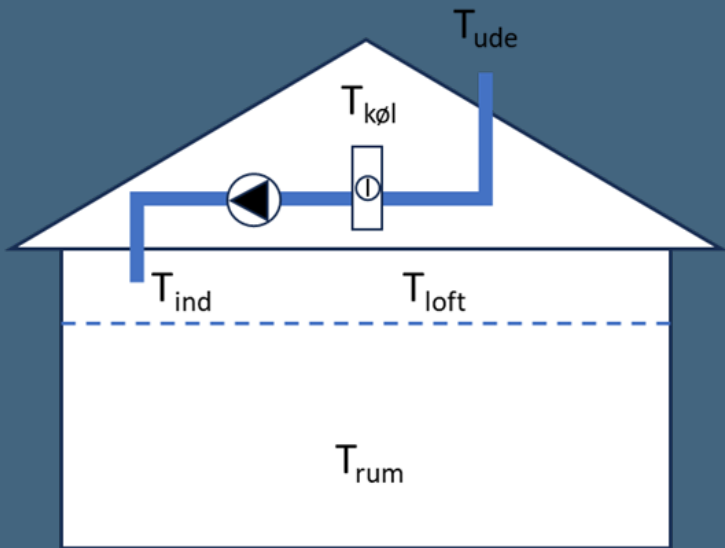
Dette betyder også, at man i kort tid kan have en højere luftfugtighed, forudsat at luftfugtigheden hurtigt falder til et stykke under grænsen. Det er vigtigt at huske på, at temperaturen i hulrummet er omtrent gennemsnittet af indblæsningstemperaturen og rumlufttemperaturen. Temperaturen på den udeluft, der blæses direkte ind over det nedhængte loft, kan godt være meget lav, fordi den absolutte fugtighed samtidig er lav.

- Den relative luftfugtighed i hulrummet over det nedhængte loft bør holdes under 75%
- Temperaturen i hulrummet over det nedhængte loft er sædvanligvis gennemsnittet af indblæsnings- og rumlufttemperaturen



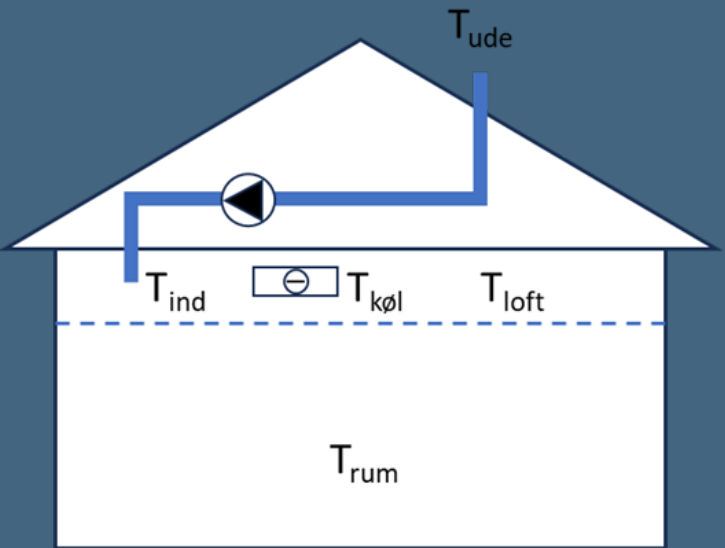
Widex, Allerød 2010

EKSEMPLER PÅ KØLING OG RISIKO FOR KONDENS



FIGUR 3A
Køling af indblæsningsluften

I dette eksempel køles der direkte på udeluften, inden den blæses ind over det nedhængte loft. Det betyder, at en del af luftens fugtighed forsvinder som kondensvand i kølefladen, og dermed vil der normalt ikke være risiko for kondens.



FIGUR 3B
Køling direkte i hulrummet

I dette eksempel sidder kølefladen i hulrummet over det nedhængte loft – det kan f.eks. være i form af en fancoil. Det betyder, at der ikke er fjernet fugt fra udeluften inden den kommer ind i hulrummet, og derfor er der risiko for kondens over loftet. Skal denne metode anvendes, bør man overvåge den relative fugtighed i hulrummet over det nedhængte loft og tilpasse kølingen derefter. Og så eventuelt ventilere om natten så hulrummet tørres ud, samtidig med, at bygningen nedkøles, som forberedelse til næste dags varmebelastning. Fordelen ved denne metode er dog, at luftmængden kan tilpasses behovet for frisk luft, hvilket sædvanligvis vil være en del mindre end, hvis luftmængden også skal kunne fremføre tilstrækkelig køling til lokalet.

	T ude	T køl	T ind	T loft	T rum
3A	20°C / 90%RF	16°C / 98%RF	17°C / 90%RF	20°C / 75%RF	23°C / 63%RF
3B	20°C / 90%RF	16°C / 98%RF	20°C / 90 %RF	20°C / 90%RF	23°C / 75%RF

DESIGN AF DET NEDHÆNGTE LOFT

Det nedhængte loft er afgørende for at diffus ventilation fungerer korrekt, og primært skal der tages hensyn til to ting:

- 1. Indblæsningsluften skal skabe et jævnt og ensartet overtryk i hulrummet over det nedhængte loft
- 2. Indblæsningsluften skal trænge ensartet gennem loftet

Det er oplagt, at hvis der mangler en loftplade, vil al luften passere gennem denne store åbning. På samme måde kan mindre revner eller åbninger i loftet tillade mere luftpassage og øge risiko for træk eller andre uønskede bivirkninger i lokalet. I bund og grund skal loftet være jævnt tæt for at sikre en ensartet luftstrøm. Det anbefales at sikre en tæt samling mellem væg og loft og være opmærksom på kabler, rør og andre elementer, der går gennem loftet for at forhindre for stor luftstrøm gennem disse åbninger.

I et Ecophon systemloft passerer størstedelen af luften mellem profiler og plader. Denne type loft er ideel til diffus ventilation, da profilerne skaber et ensartet luftmønster. Figur 4 illustrerer, at trykfaldet gennem loftet varierer en smule, afhængigt af pladens kanttype og placering i skinneresystemet. Trykfaldet stiger lidt, når Extra Bass (tillægsabsorbent indpakket i plastik) tilføjes oven på loftet. Det er dog vigtigt at bemærke, at selv med 50% Extra Bass forbliver trykfaldet under 5 Pa for en standard luftstrøm (4 l/s pr. m² svarende til 1000 m³/h i et lokale på 70 m²). Dette indebærer, at der ikke er noget kompromis mellem luftkvalitet og akustik med diffus ventilation - begge aspekter kan optimeres.

Et nedhængt loft indeholder flere komponenter, der potentielt kan påvirke effekten af diffus ventilation f.eks. belysningsarmaturer, sensorer, projektorer, osv.

Som beskrevet tidligere skal loftet være jævnt tæt/utæt, dette gælder også for tekniske komponenter, der installeres i loftet. Især belysningsarmaturer skal adresseres, fordi de ofte har valgfrie huller til ledninger, og de skal være lukkede/tætnede, ellers vil mere luft komme igennem belysningsarmaturet. På samme måde skal en delvist skjult projektor i loftet installeres i en lukket boks.

For at røgdetektoren kan fungere korrekt i tilfælde af brand, må strømmen af rumluft til detektor ikke blokeres af frisk indblæsningsluft, der ”vasker” rumluften væk fra detektoren. Dette er (normalt) ikke et problem med diffus ventilation, da indblæsningsluften kommer ind i lokalet med en meget lav lufthastighed og spredes over hele overfladen. Dette betyder, at enhver luftstrøm i lokalet fra varmekilder vil skubbe indblæsningsluften til side. Derudover er røgen fra en brand varm og den har derfor en endnu højere lufthastighed. Det eneste man skal være opmærksom på, er utilsigtede åbninger/ sprækker i loftet over eller lige ved siden af røgdetektoren - for eksempel huller til ledninger i selve detektoren.

AKUSTIK

Et nedhængt Ecophonloft installeres for at forbedre rumakustikken. Loftet vil også dæmpe ventilationsstøjen, men der bør stadig anvendes lyddæmpere i kanalsystemet. Kombinationen af dette samt den lave indblæsningshastighed gør, at diffus ventilation er kendt, som et meget støjsvagt system.

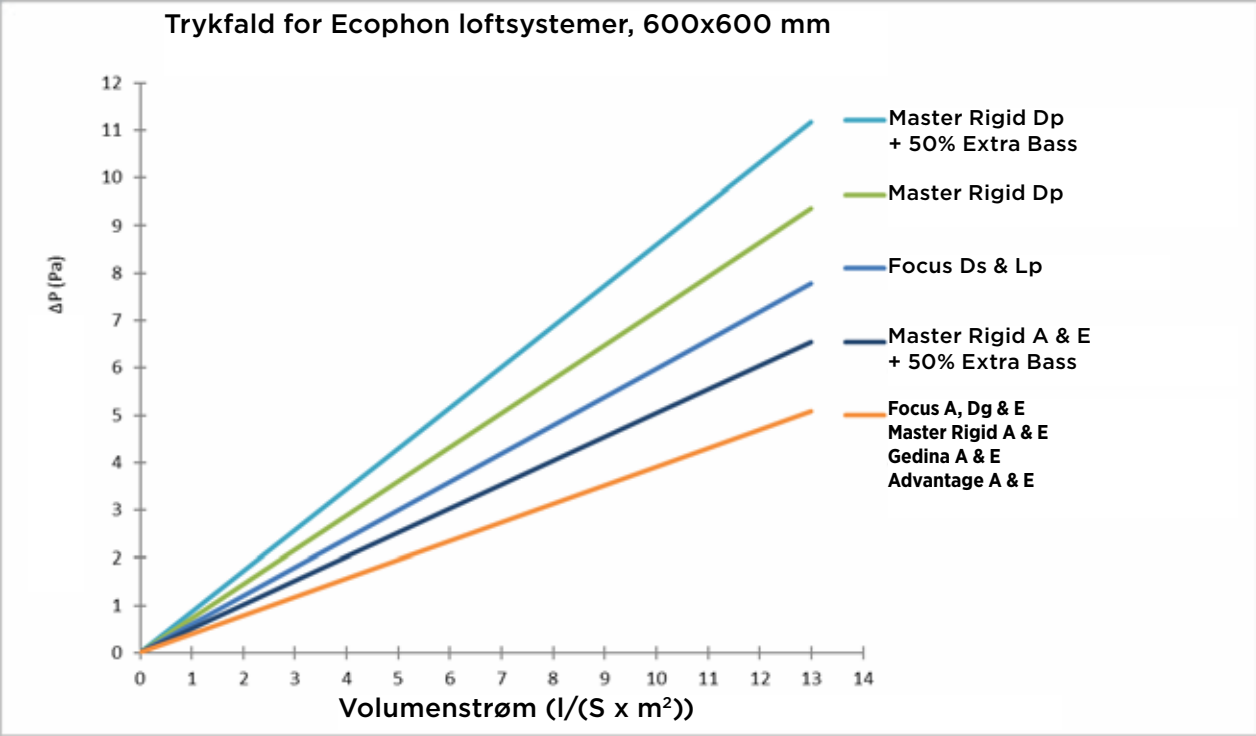
- Trykfaldet gennem det nedhængte loft er <5 Pa
- Større åbninger i loft og installation vil øge risikoen for træk
- Røgdetektorer kan normalt uden problemer installeres i et nedhængt loft med diffus ventilation
- Lyd skal altid dæmpes ved kilden, også selvom akustikloftet er en del af ventilationssystemet
- Ecophon har testet akustikplader med og uden kantforsegling i synligt skinneresystem (kant A). Partikelafgivelsen er langt under grænseværdien, hvorfor begge typer kan anvendes.

OPTIMAL UDBYTTE AF DIFFUS VENTILATION

Strømningsmodstanden i Ecophons forskellige nedhængte loftsystemer afhænger af en række forskellige faktorer som kantdesign, pladestørrelse og evt. anvendelse af Ecophon Extra Bass.

Diagrammet viser intervallet af trykfald målt for forskellige flows i laboratorier og i rigtige installationer. Som det ses er trykfaldene små, selv det øverste niveau, hvilket er langt under den nøjagtighed, der bruges ved planlægning og styring af installerede ventilationsanlæg. Vi anbefaler at der anvendes et gennemsnitligt trykfald i planlægningen.

Tabellen viser målt trykfald ved nogle flowniveauer ved forskellige nedhængte loftsystemer. Ønskes mellemværdier eller flowværdier større end 6 l/(s x m²), kan der foretages lineær interpolation/ekstrapolation.



Figur 4

UDVALGTE VÆRDIER FRA MÅLINGER AF TRYKFALD PÅ ECOPHON LOFTSYSTMER

Gældende for loftplader 600x600x15/20 mm*

Trykfald (Pa)	Focus A, Dg & E Master Rigid A & E Gedina A & E Advantage A & E	Master Rigid A & E + 50% Extra Bass	Focus Ds & Lp	Master Rigid Dp	Master Rigid Dp + 50% Extra Bass
2	5,1	4,0	3,3	2,8	2,3
4	10,2	8,0	6,7	5,6	4,7
6	15,3	11,9	10,0	8,3	7,0
8	20,4	15,9	13,3	11,1	9,3
10	25,5	19,8	16,6	13,9	11,6

*Anvendes plader i størrelsen 1200 x 600 mm skal flowet reduceres med ca. 30%.

HYGIEJNE ASPEKTER

I hulrummet over et nedhængt loft kan der være meget snavset, og det er oplagt at være bekymret for støv i forbindelse med diffus ventilation. Spørgsmålet er, hvor støvet kommer fra? Det meste af støvet eller endda snavset kommer fra installationsperioden, især hvis loftet blev installeret i den meget snavsede fase af byggeperioden. Der er tilrådeligt at støvsuge lokalet, før loftet monteres, og fjerne alt støv, der genereres efter montage. Det kan ses som en ulempe ved diffus ventilation, men snavs og støv over et nedhængt loft er et problem under alle omstændigheder, og derfor er diffus ventilation en måde at forbedre bygningens generelle kvalitet på.

Med diffus ventilation er luftens hastighed gennem loftet så lav, at der ikke transporteres støv eller fibre med ned. Derfor vil eventuelle problemer med støv over loftet ikke forværres med diffus ventilation. Og er støvet på nogen måde farligt, er det et problem uanset ventilationsprincip.

- **Snavs og støv over det nedhængte loft skal undgås, uanset ventilationsprincip**

COMMISSIONING OG VEDLIGEHOLDELSE

Med diffus ventilation er det nedhængte loft en del af ventilationssystemet og bør derfor inkluderes i idriftsættelsen. Det eneste problem er, at luftens hastighed gennem loftet er lav og svær at måle med almindelige måleinstrumenter. Derudover spredes luftstrømmen over hele loftets overflade, hvilket betyder, at der ikke kan anvendes konventionelle målemetoder. Det er muligt at måle strømmen i indblæsningskanalen, f. eks. hvis der er installeret et VAV-spjæld eller en flowmåler.

I nogle bygninger er det ikke sikkert, at al luft når ned i lokalet, men noget af luften kan forsvinde et andet sted hen fra hulrummet over det nedhængte loft. Her er der behov for en yderligere måde at vurdere ventilations-effektiviteten på. Som nævnt tidligere afhænger luftopblandingen af varmekilderne i lokalet, så disse skal også være til stede for at måle ventilations-effektiviteten. Den nemmeste måde er at anvende sensorer, der overvåger CO2-niveauet og anvende lokalet som tiltænkt.

Hvis antallet af personer i lokalet er kendt, kan luftskiftet beregnes ud fra udviklingen af CO2-niveauet over tid.

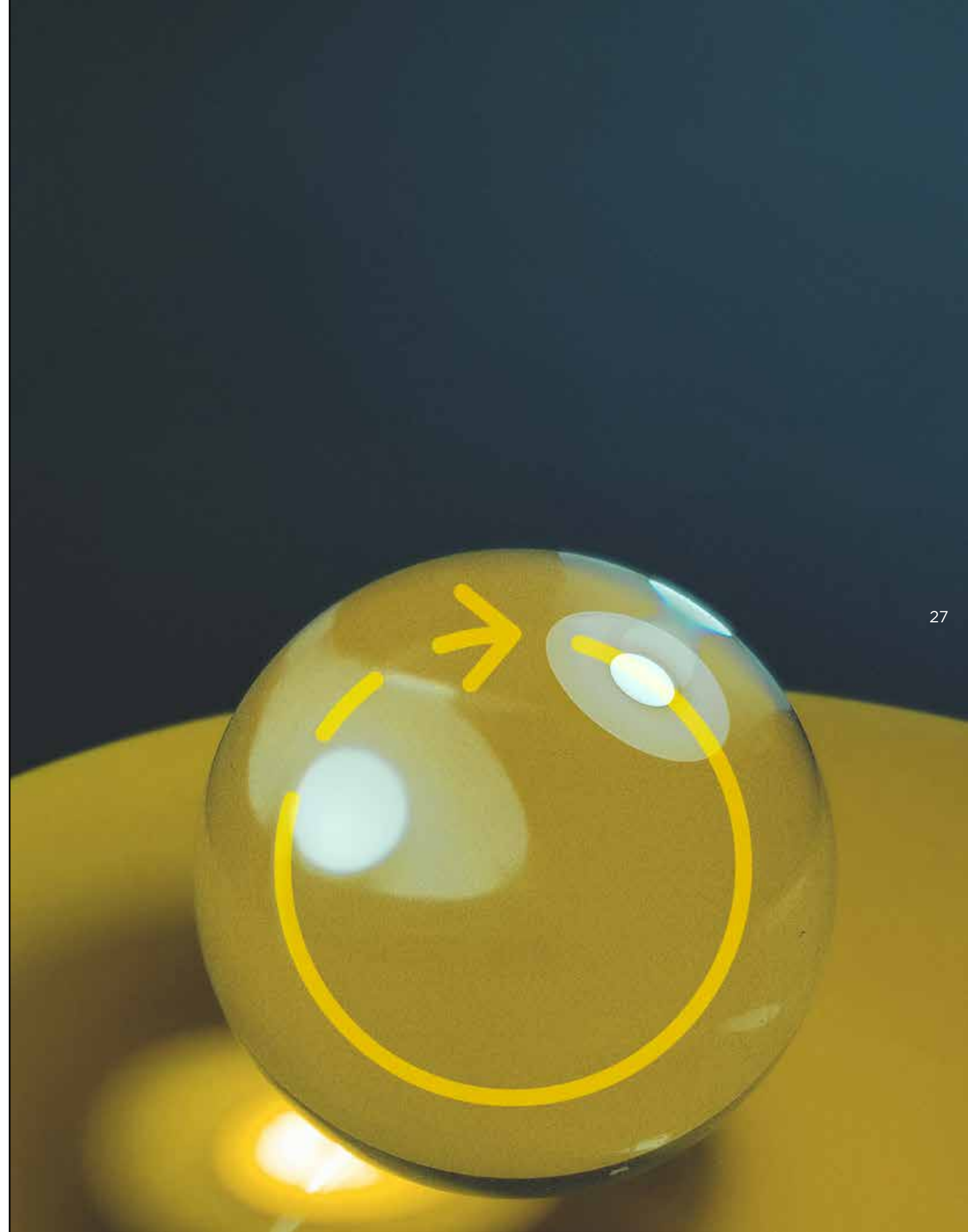
- **Mål luftmængden i indblæsnings- og udsugningskanalen**
- **Mål CO2-niveau, når lokalet er i brug, for at vurdere ventilations-effektiviteten**
- **Alternativt kan der tilføres CO2, i stedet for at lade det komme fra brugen af lokalet**

VEDLIGEHOLDELSE OG EFTERSYN

Overvågning af CO2-niveauet er også den bedste metode til årligt eftersyn af ventilationssystemet. Det vil både afsløre, om luftskiftet er utilstrækkeligt - men også hvis det er for højt. Ved det årlige eftersyn anbefales det også at inspicere loftets overflade for at se, om alt er i orden og udskifte eventuelle beskadigede loftplader, da de kan efterlade større åbninger i loftet, som kan føre til træk. Under normale omstændigheder er det ikke nødvendigt at rengøre hulrummet over det nedhængte loft, men hvis der er støv på toppen af det nedhængte loft, er det let at støvsuge. Og så skal kilden til støvet også findes.

- **Overvåg CO2-niveau over tid for at vurdere ventilationseffektiviteten og juster luftmængden**
- **Visuel inspektion af det nedhængte loft og udskiftning af beskadigede loftplader**
- **Visuel inspektion af hulrummet over det nedhængte loft**

Kontakt din Ecophon repræsentant for professionel rådgivning til diffus ventilation i dit næste projekt.





Ecophon er den førende leverandør af indendørs akustikløsninger, der forbedrer effektivitet og livskvalitet. Vi tror på den forskel, som lyd kan gøre for vores hverdag, og er passionerede fortalere for, hvor vigtig rumakustik er for menneskers trivsel - uanset sted, aktivitet eller behov.

Vores løfte "A sound effect on people" er vejledende for alt, hvad vi gør. Vi er stolte over den medmenneskelige tilgang, som dette løfte er baseret på. Vores kompromisløse engagement i transparent bæredygtig praksis. Og, som en del af Saint-Gobain koncernen, gør vi vores til, at verden bliver et bedre hjem.

Saint-Gobain Ecophon A/S
Hammerholmen 18 E
2650 Hvidovre
Tlf.: 3677 0909
ecophon.dk

Skal du projektere nyt eller trænger det eksisterende ventilationsanlæg til udskiftning, så kontakt os for professionel rådgivning.