

Energieffektiv facadeintegreret mikroventilation til etagebyggeri

Projekt 351-016



Indhold

Contents

Indhold.....	2
Resume (dansk)	3
Resume (engelsk)	3
Forord	4
Indledning.....	4
Projektets formål.....	6
Kravspecifikation til ventilationssystemet.....	6
Metode	7
Resultater for videreudviklingen af MicroVent systemet	7
Softwareudvikling for bedre komfort og kontrol	7
Avancerede vindkompenseringsalgoritmer	7
Optimeret algoritme til emhættefunktion	8
IoT løsning, med driftsovervågning fra "Skyen"	8
Re-design og -konstruktion for bedre komfort og nemmere installation	12
MicroVent Window	12
MicroVent Box.....	13
Ind- og udvendige covers	15
Støjsvagt transmissionssystem.....	22
Trådløs kommunikation mellem enheder	23
Lyddæmperløsninger.....	23
Lydniveau i bolig:	28
Præmonteret løsning til "plug and play" montage	31
Udvikling af måletragt til funktionsafprøvning.....	32
For hurtigt at kunne måle luftskiftet i forbindelse med funktionsafprøvning er der i et samarbejde mellem Teknologisk Institut og InVentilate udviklet en måletragt til MicroVent.	32
Besparelsespotentiale med mikroventilation	34
Konklusion	35
Perspektivering.....	37
Referencer	38

Resume (dansk)

I projektet er der udviklet en prisbillig, skånsom og energieffektiv facadeintegreret decentral mikroventilationsløsning til etagebyggeri.

Trods mange tilløb, politiske gode intentioner, utallige projekter indenfor renovering af eksisterende etagebyggeri med henblik på substitution af naturlig ventilation og kontroludsugningsanlæg med mere energieffektiv mekanisk balanceret ventilation med varmegenvinding, går det meget langsomt med renoveringen. Teknologisk Institut kan pege på følgende årsager til dette, specielt gældende for eksisterende etagebyggeri:

- Meget besværligt at etablere central ventilation med føring af to ventilationskanaler gennem hele bygningen
- Føring af ventilationskanaler i selve lejligheden møder ofte beboer-modstand
- Decentral ventilation stjæler plads til aggregat og ventilationskanaler i lejligheden
- Skrappe brandkrav i den nye DS428 gør decentral og central ventilation dyrt i brand-/røgkomponenter
- Investering og efterfølgende energibesparelse giver ofte en lang tilbagebetalingstid, som gør renoveringsprojektet svært at "sælge" overfor beboerrepræsentanterne

InVentilate og projektets partnere har på denne baggrund udviklet et reelt alternativ til de traditionelle ventilationstekniske løsninger for herved at skubbe til renoveringen af etagebyggeri. Udviklingen har taget afsæt i erfaring med mikroventilationsløsninger til kontorbygninger og institutioner, som ikke var udviklet eller optimeret til brug i lejligheder, hvor der er emhætter og evt. særskilt ventilation i badeværelse.

Resume (engelsk)

The project has developed an affordable, installation-friendly and energy-efficient facade integrated decentralized micro-ventilation solutions for apartments.

Despite many efforts, political intentions and numerous projects in renovation of existing apartments for the substitution of natural ventilation and control suction systems with more energy efficient mechanical balanced ventilation with heat recovery, renovations progress only slowly. The Danish Technological Institute can point out the following reasons for the this, especially related to existing apartment building:

- Centralized ventilation requires two ventilation ducts throughout the building
- Ventilation ducts within the apartment often meets residents' resistance
- Decentralized ventilation requires space for the unit and ventilation ducts in the apartment
- Strict fire requirements in the new DS428 make decentralized and centralized ventilation expensive in fire/smoke ventilation components
- Investment in ventilation often gives a long repayment period which makes the renovation project difficult to "sell" to resident representatives

InVentilate and the partners of the project have therefore developed a real alternative to the traditional ventilation technology solutions, thus pushing for the renovation of apartments. The development is based

on solid experience with micro ventilation solutions for office buildings and institutions which was not intended for use in apartments where there are cooker hoods and sometimes separate ventilation unit in the bathroom.

Forord

Projekt 351-016 ” Facadeintegreret mikroventilation til etageboliger” startede i april 2019 og sluttede i januar 2022. ELFORSK har støttet projektet med 71% DKK og InVentilate, Teknologisk Institut, Enside og Printtronic har igennem egenfinansiering bidraget med 29%. Projektholdet sætter stor pris på finansieringen og hjælpen fra ELFORSK.

I projektet er der udviklet en arkitektonisk skånsom facadeintegreret decentral rumbaseret mikroventilationsløsning til lejligheder. Løsningen er renoveringsvenlig, energieffektiv og prisbillig sammenlignet med andre centrale- og decentrale løsninger. Vha. intelligent systemsamspil opnås skarp behovsstyring på rumniveau og nem driftsovervågning.

Indledning

Bygninger fra perioden 1980 – 2010 er kun ansvarlig for 18% af varmekonsumet. Det skyldes de første energibestemmelser fra 1979 og giver hermed et begrænset besparelspotentiale. Den helt store udfordring er den ældre bygningsmasse. Ældre etagebyggeri er typisk ventileret med naturlig ventilation. Først med BR1982 kom der krav om mekanisk kontroludsugningsanlæg, og med BR2010 kom der krav om mekanisk balanceret ventilation med varmegenvinding. Virkeprincippet for naturlig ventilation er udnyttelse af de termiske drivkræfter og vindtryk på bygningen. Udeluften kommer ind i boligen gennem åbne vinduer, udeluftriste og utætheder (infiltration), og den brugte luft suges ud gennem lodrette aftrækskanaler.

Ved efterisolering af klimaskærm og udskiftning af vinduer bliver boligens infiltration væsentligt formindsket og der er en reel risiko for underventilering af boligen. Ændrede brugervaner spiller også en rolle.

Der er desuden gennemført mange projekter med henblik på at løse den store udfordring med naturlig ventilation og ikke-eksisterende varmegenvinding. Så vidt vides er prototypesystemer til varmegenvinding i kombination med naturlig ventilation aldrig blevet en kommerciel succes.

Et af de helt store problemer med udeluft til boligen gennem vinduer og udeluftriste er trækproblemer. Uanset hvordan udeluften tilføres boligen er det stort set umuligt at undgå trækgener om vinteren, da gennemsnitstemperaturen i denne periode kun ligger på omkring 4 grader C (årgennemsnittet er omkring 8 grader C).

Etablering af central balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding er forbundet med høje anlægsomkostninger primært på grund af løn- og materialeomkostninger til kanalføring og gennemføringer. Det vil ofte også være nødvendigt at genhuse beboerne på grund af det omfattende

indgreb i boligen. Central ventilation er ligeledes forbundet med højere driftsomkostninger som følge af, at luften transporteres over lange afstande i kanaler med dertilhørende tryktab. Beboerne er generelt ikke tilfredse med at miste skabsplads i boligen til kanalføring og det er næsten umuligt at etablere central ventilation uden efterfølgende problemer/gener for beboerne. Den psykologisk faktor spiller her en ikke uvæsentlig rolle. Hvis beboerne intet selv kan ændre på ventilationen er risikoen for klager højere.

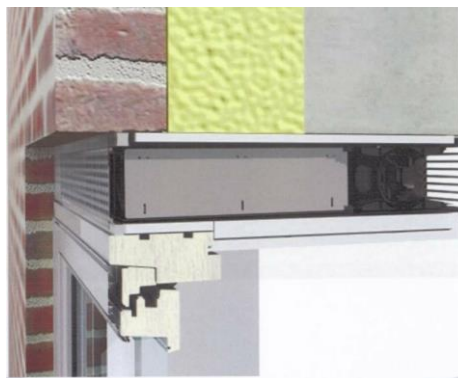
Etablering af decentral ventilation er et alternativ til central ventilation. Her har hver bolig sit eget ventilationsaggregat i boligen. I stedet for 2 lodrette kanalføringer gennem bygningen kan man "nøjes" med én. Udeluften tages gennem facaden. Beboerne har væsentlig mere indflydelse på ventilationen. Denne løsning optager meget plads til aggregatet (placering under loft i entré, i skab, i køkken), og man slipper heller ikke for synlige kanalføringer i lejligheden, hvad mange beboere ikke er specielt tilfredse med, hvis lejligheden fx har smukke stuklofter. Ventilationsaggregatet til decentral ventilation har indbygget højeffektiv modstrømsveksler på grund af BR2018 kravene til varmegenvinding. Varmegenvinderen kræver beskyttelse mod snavs med effektive filtre, men disse filtre skal skiftes 1-3 gange årligt, hvilket er besværligt og forøger de årlige driftsudgifter betydeligt. Indgrebet i lejligheden ved etablering af decentral ventilation er næsten lige så omfattende som ved central ventilation.

Renovering af ældre etageboliger med henblik på reduktion af energiforbruget kalder således på nye ventilationstekniske løsninger, som udfordrer de ovenfor omtalte problemstillinger, og kan anvendes i en markant andel af den ældre boligmasse. Det er et must med stor fleksibilitet, minimalt indgreb i bygningen og uden behov for at genhuse beboerne, markant reduktion i etableringsomkostninger og i den efterfølgende driftsperiode.

InVentilate har i dette projekt videreudviklet mikroventilation til boligmarkedet og vil hermed forhåbentligt accelerere renoveringen.

Mikroventilation er enheder til ventilation med varmegenvinding - uden brug af ventilationskanaler. Frem for at hente luften gennem et kanalsystem hentes luften ind gennem mikroventilationsenheden, som placeres direkte i klimaskærmen. Enhederne har indbygget passiv regenerativ varmegenvinding. Energien tilføres- og fjernes fra den passive regenerator ved at luften skifter retning i mikroventilationsenheden. Der er tale om ventilation på rumniveau, hvilket kræver 2 enheder for at skabe luftbalance i rummet.

Tegning af mikroventilationsenhed:



Med anvendelse af regenerator som varmegenvindingssystem bliver ventilationsenhederne væsentlig mindre. Decentrale enheder med regenerator kan således indbygges væsentligt mindre synligt end kendte decentrale anlæg. Som følge af enhedernes begrænsede størrelse kan enhederne skjules i klimaskærmen, og ventilationsristene kan monteres i sammenhæng med bygningens øvrige komponenter. Når enheden

eksempelvis bygges ind sammen med vinduet, falder ventilationsristene i med vinduets design og skjules derved. Bygningen bliver dermed ikke skæmmet væsentligt af ventilationsenheden.

Udfordringen i projektet var håndtering af kravene til ventilation af en bolig i forhold til ventilering af et kontorlokale eller en institution.

Først og fremmest skulle der findes arkitektoniske gode løsningsmodeller til både udvendigt og indvendigt design, indblæsningsristen skal føre luften langs væggene og transmissionsdæmpningen af støj skal øges.

Systemet skal fungere som et sammenhængende system og sikre den ønskede komfort og luftkvalitet i hele boligen i alle situationer, herunder i spidsbelastninger i køkken og bad. Det skal fungere under alle vejrforhold (enhederne skal automatisk kompensere for eksterne drivkræfter), så der ikke opstår træk pga. uens luftskifte igennem en facade eller reduktion af varmegenvindingsgraden.

Der kan være DCV (behovsstyring) på rumniveau, så behov og ventilationsrate bedre matcher hinanden.

InVentilate modtager ofte forespørgsler på ventilation af lejligheder og ser et marked i at have en løsning optimeret til dette segment; et system til ventilation af ældre lejligheder, som opfylder krav og ønsker fra kunden og som samtidigt er økonomisk rentabelt i anskaffelse og installation.

Projektets formål

Projektet formål var at udvikle en prisbillig, skånsom og energieffektiv facadeintegreret decentral mikroventilationsløsning til etagebyggeri.

Kravspecifikation til ventilationssystemet

For et mekanisk facadeintegreret ventilationssystem, med varmegenvinding skal følgende nedenstående punkter sikres, for at opretholde et godt indeklima og minimalt energiforbrug samt overholdelse af kravene i bygningsreglement og diverse standarder (særligt DS447, DS490 og DS428)

- Erstatningsluft til emhættedrift.
- Overholdelse af brandkrav.
- Luftmængder skal overholde diverse krav, herunder grundluftskifte, emhættedrift, forøget luftskifte i bad/køkken/vådrum.
- Balanceret ventilation.
- Varmegenvindingseffektiviteten.
- Komfort.
- Lydforhold.
- Effektforbrug.

For detaljerede beskrivelse af kravspecifikation samt beregningseksempler på forskellige ventilationsløsninger, herunder MicroVent, se afsnittet "Kravspecifikation til mikroventilation",

”Overholdelse af BR18 ved brug af mikroventilation i etageboliger” og ”Brandkrav for mikroventilation i etageboliger” i bilagsrapporten.

Metode

InVentilate har produceret og leveret mikroventilation til kontorer, institutioner og boliger siden 2012. Derfor har InVentilate adgang til store datamængder af hhv. driftsdata og brugeroplevelser. Disse data anvendes i samspil med teoretiske modeller til udvikling af mere avancerede softwareløsninger, til at sikre bedre komfort, højere varmegenvinding og mere energieffektiv drift.

I projektets undersøges desuden nye indblæsningsprincipper med formålet om at opnå bedre komfort. Ud fra det mest effektive princip designes diskrete skærmløsninger på ind- og udvendige side af væggen.

I 3 testboliger ved Ebeltoft (etagebyggeri) og en testbolig i Sørvad (1 plan) effekten af nye softwareløsninger, der bl.a. tager højde for vindpåvirkninger, testet og verificeret under rigtige forhold. I forskellige testscenarier måles temperaturer og luftfugtighed af Teknologisk Institut.

I en testbolig er lydforholdene målt af Teknologisk Institut under forskellige forhold (møbleret/umøbleret). I forbindelse med målingerne er effekten af forskellige lydabsorptionsløsninger testet. Løsningerne integreres skjult i produktet/produktets skærme.

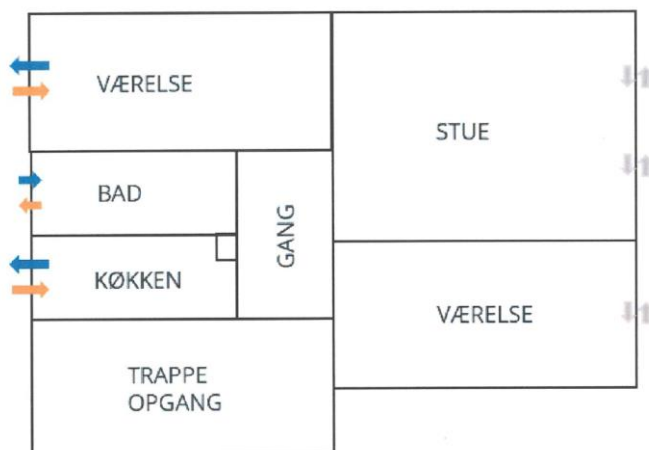
InVentilate har været i dialog med installatører af MicroVent, med både begrænset og meget erfaring i montage og installation af produkterne for at undersøge, hvilke tiltag der tidsmæssigt kan effektivisere montageopgaven. Udgangspunktet i dette er at udvikle installationsforbedringer.

Resultater for videreudviklingen af MicroVent systemet

Softwareudvikling for bedre komfort og kontrol

Avancerede vindkompenseringsalgoritmer

MicroVent-systemet kompenserer automatisk for vindtryk på facaderne, således at balanceret ventilation i boligen opretholdes. Driftstrykket på den enkelte facade registreres i de enkelte enheder, kommunikerer til en koordinerende enhed, hvorefter systemet aktivt styrer, hvilket differenstryk der skal være over hver af MicroVent-enhederne. Systemet kan i visse situationer lukke for enheder på vindsiden af bygningen og så ventilere mere ved de andre enheder, for at sikre minimumsluftskiftet.



Princip for grundluftskifte ved høje vindhastigheder hvor MicroVent enheder i stue og det ene værelse er lukket af pga. for højt vindtryk på den facade, og luftmængde er hævet i værelser og køkken.

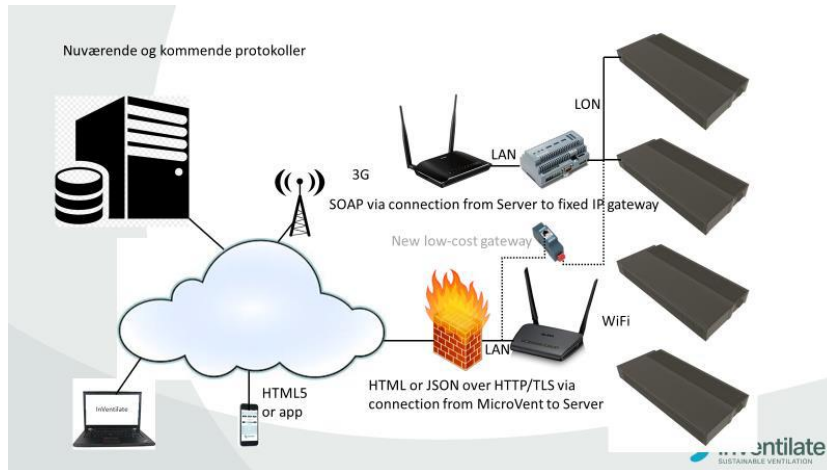
Optimeret algoritme til emhættefunktion


For at sikre erstatningsluft til emhætten, er der i projektet udviklet en løsning, som gør at en MicroVent-enhed tilsluttes start/stop signal for emhætten, for derefter at afbryde dele af vindkompenseringsfunktionen, når emhætten er tændt. Enheder i området nær emhætten vil således ikke lukke i spjældposition, når emhætten er tændt, til trods for store trykforskelte over de specifikke enheder. Denne løsning sikrer erstatningsluft, men vil resultere i ubalance i de specifikke MicroVent enheder. Der vil dog stadig være delvist opvarmning af den indgående luft, da der stadig er udgående luft gennem enhederne.

IoT løsning, med driftsovervågning fra "Skyen"

For at sikre overblik og korrekt drift af ventilationssystemet arbejdes der med en cloudløsning, med en intuitiv brugergrænseflade. Løsningen viser den aktuelle driftssituation, herunder alarmstatus. Alarmstatus kan sættes op til at give besked pr mail. Derudover vil der i denne løsning blive udviklet en funktion der årligt sender en drift/vedligeholdelsesrapport, således der kun er behov for fysisk servicering, når man får besked herom.


Her ses en række billeder af brugergrænsefladen, og infrastrukturen af systemopbygningen.

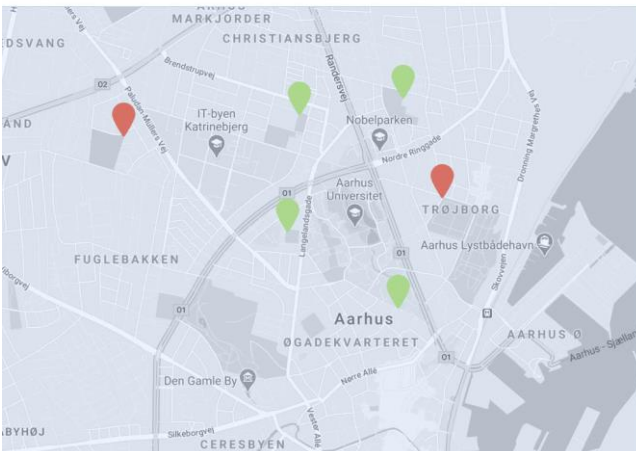


 **AARHUS KOMMUNE**

Email

Password

 **AARHUS KOMMUNE**



Aarhus Kommune

- Status: Der er opstået 2 fejl
- Bygninger i alt: 6
- Områder i bygninger i alt: 26
- Rum: 48
- Enheder: 288

Plantegning over Skt Johannes Børnehave



Områder i Skt Johannes Børnehave

- Børnehave flejen
● Status: Fejl →
- Vuggestue flejen
● Status: OK →
- Kontorrum
● Status: OK →
- Køkken og redskabsrum
● Status: OK →

Indstillinger for alle områder

Børnehave flejen

Service rapport



← Indstillinger Legerum 106

Mode
 Auto Manuel Off

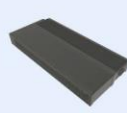
Luftmængde
 Ud 13%
 Ind 20%

Temperatur Offset
 +5°C

CO2-setpunkt
 800 ppm

Anvend i ugekalenderen
 Gem

Børnehave flejen



MicroVent MV8
 ID: MV8 8005008-013020

● Status: Fan unit mangler

Konfiguration

Maksimal tilladt flow: 20 l/s ⚙️
 Aktuelt ønsket flow: 10 l/s
 Retning på flow: Udgående
 Effektorbrug: 2,3 Watt
 Differenstræk: -1,5 Pa

Kontrol af anlægget
 Hjælp til fejlfinding

Erhverder

- Legerum 106
● Status: OK →
- Legerum 117
● Status: OK →
- Legerum 118
● Status: OK →
- Legerum 111
● Status: OK →
- Legerum 112
● Status: OK →
- Legerum 114
● Status: OK →
- Legerum 116
● Status: OK →

Installatøren får et "installatør login" tildelt til det specifikke projekt. Når installatøren logger ind, ser han plantegning med enhederne. Ikonerne ved enhederne er grå når de er offline, grønne ved OK og røde ved fejl. Såfremt alt er ok, kan installatøren generere en indkøringsrapport, hvor det ses at enhederne og sensorer er online.



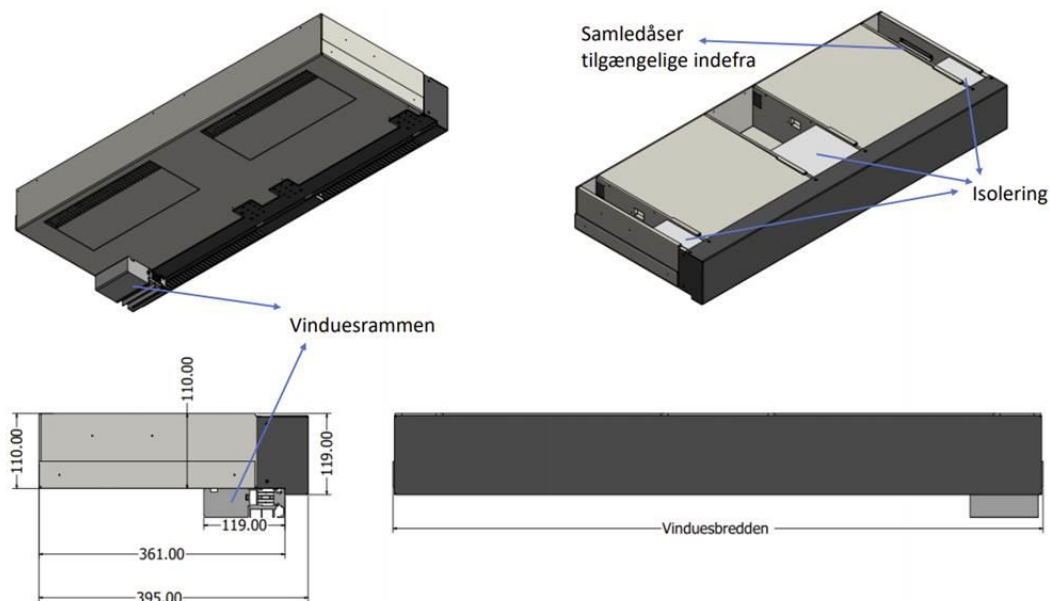
Re-design og -konstruktion for bedre komfort og nemmere installation

MicroVent Window

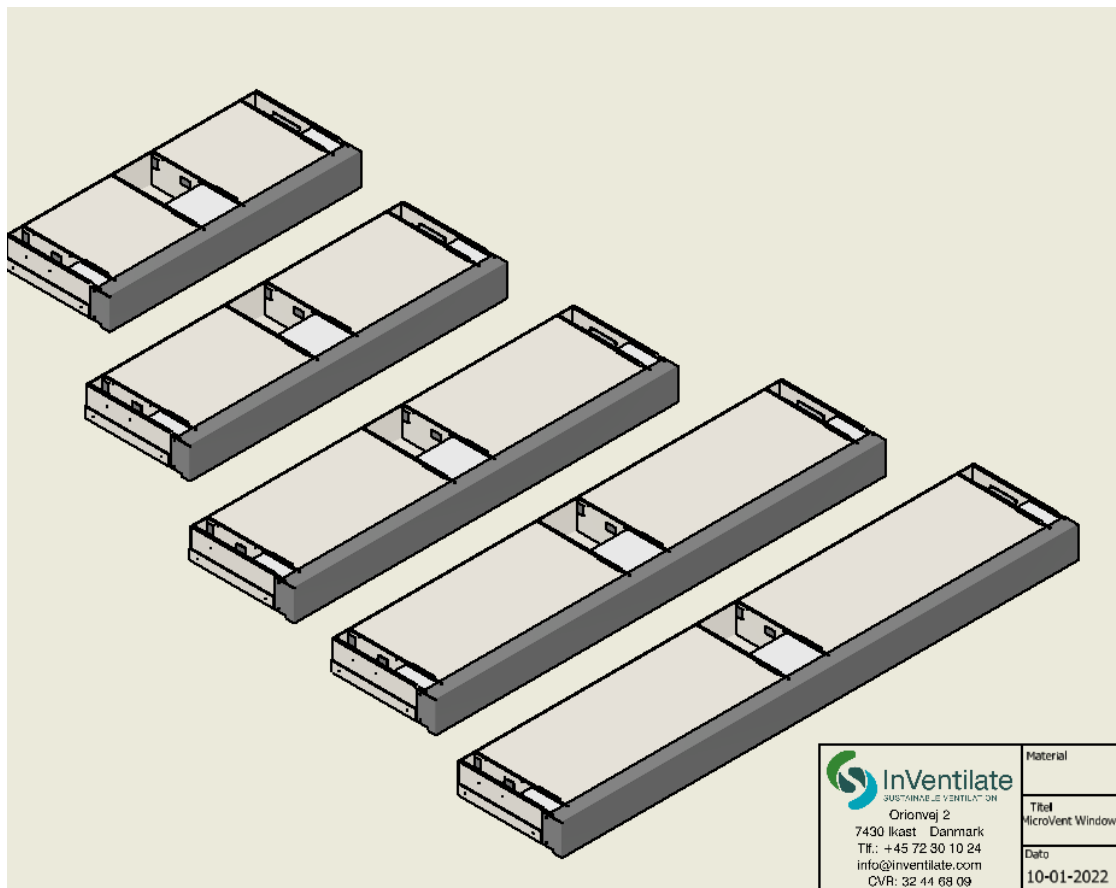
Som led i mange renoveringsprojekter af etageejendomme skiftes vinduerne. I den forbindelse er der i projektet udviklet en coverløsning til MicroVent. Løsningen monteres direkte på vinduet og sættes ind i lysningen. Dette er en diskret, simpel og nem måde at integrere MicroVent i renoveringsprojekter. Løsningen ses her:



Coverløsningen er udviklet med variabelt breddemål og tilpasset vinduesbredden. Servicingen sker nedenfra, hvor det er muligt at tage 2 bundplader af.



Coverløsningen passer til hele MicroVent serien, fra MV2 til MV8. Løsningen laves som udgangspunkt med balanceret ventilation på enhedsniveau, dvs. at der ved hvert vindue er både indblæsning og udsugning.



MicroVent Box

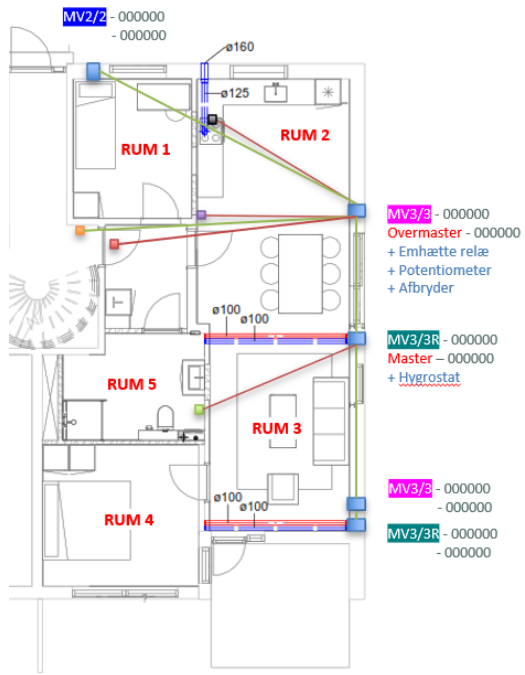
I projektet er der udviklet en facadeintegreret ventilationsløsning med MicroVent, som kan tilsluttes rør, for at opnå ventilation af indlæggende rum. Især i ældre etagebyggeri, ses det ofte at der er indlæggende badeværelser. For at simplificere ventilationsløsningerne i forbindelse med renovering, er der derfor i projektet udviklet en løsning med samme installationsprincipper og komponentopbygning, som det resterende mikroventilationssystem. Idet varmegenvindingsenhederne er integreret i facaden, mod ydermuren, er det ikke nødvendigt at isolere rørføringen fra MicroVent Box til det indlæggende rum.

Løsningen ses her:



Eksempel: plantegning med Box modeller:

Nedenstående løsning en del af et større projekt (Godthåbsparken med 20 boliger).

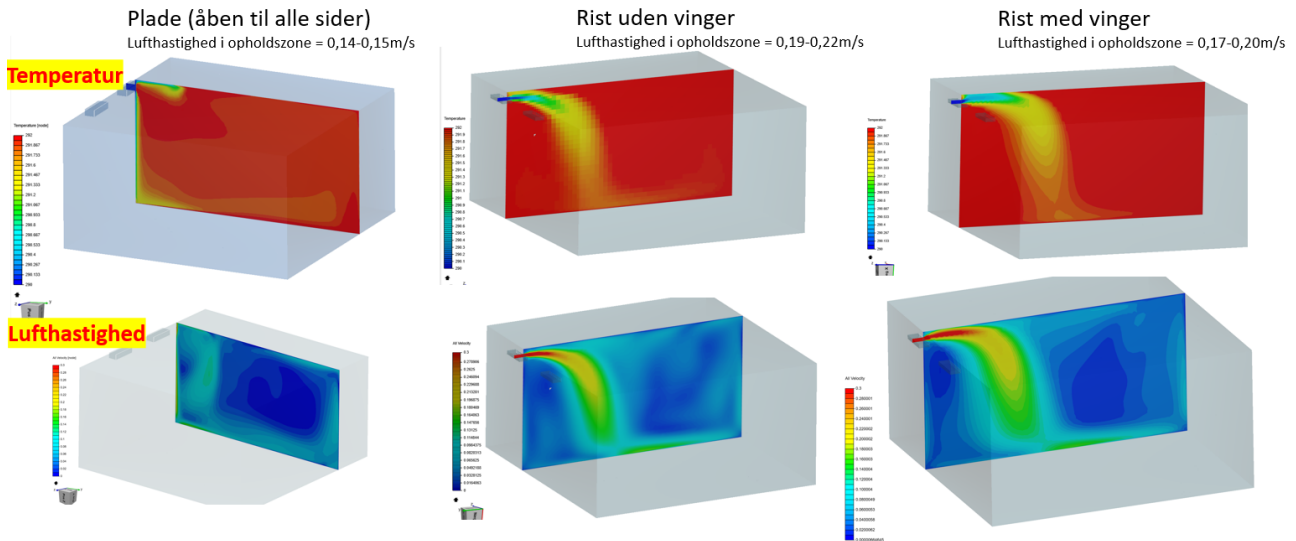


Ind- og udvendige covers

Som forundersøgelse af forskellige indblæsningsmetoder er der i projektet udført en række sammenlignelige CFD-simulering. Indblæsning igennem rist og rist med vinger har været de standardløsninger man har tilbud ved salg af MicroVent. I forbindelse med projektet er standardløsningen nu ændret til en pladeløsning, billeder af de forskellige løsninger ses længere nede i afsnittet.

Delta t = 2

Ex.
21 grader rumtemperatur
8 grader udetemperatur
85% virkningsgrad



Konklusion iflg. CFD simulering:

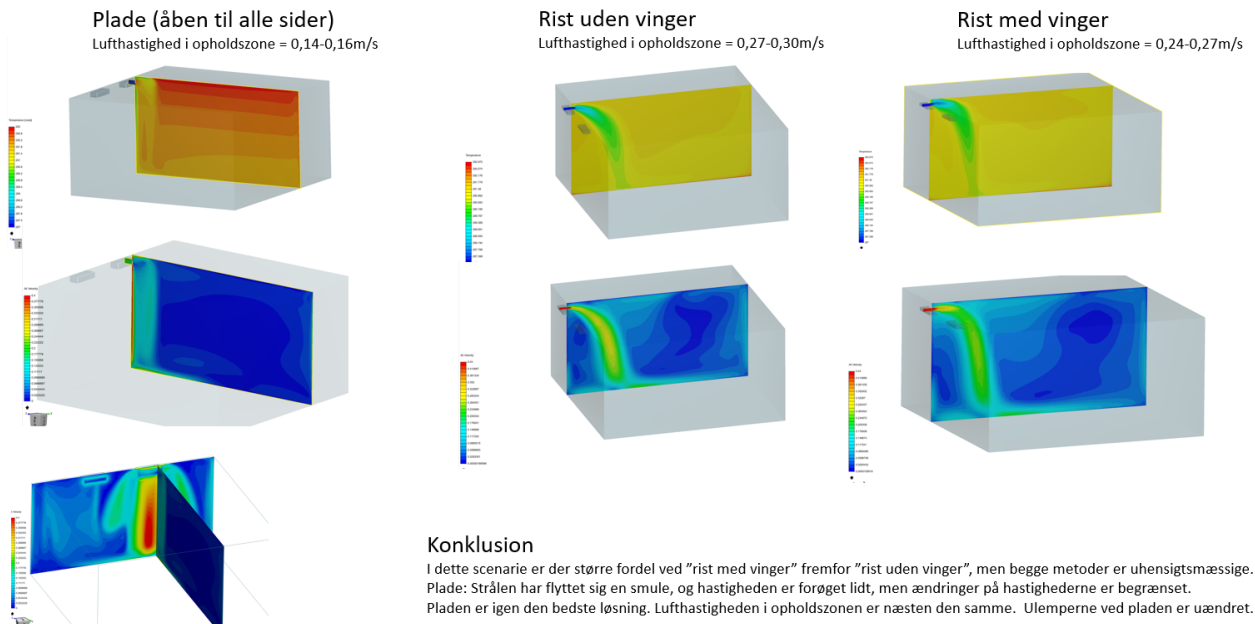
Den værste løsning er rist uden vinger. Rist med vinger er lidt bedre, men stadig begrænset under disse forhold (delta t 2, 60m³/h ingen varmekilde).

Den bedste løsning i dette scenarie er pladen. Ulempen ved pladen kan være chance for kortslutning hvis enhederne er placeret for tæt på hinanden.

En fordel ved pladen er at luften kommer i kontakt med en større vægoverflade inden luften rammer opholdszone, derved hæves indblæsningstemperaturen mere og luften opblandes mere.

Delta t = 4

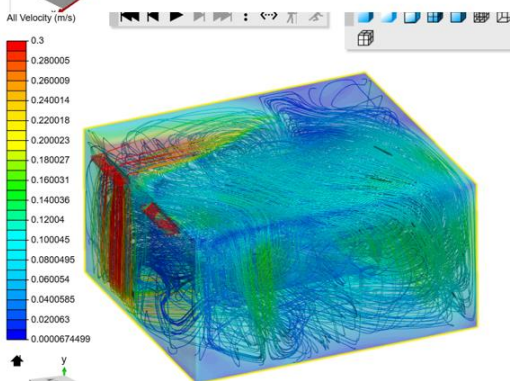
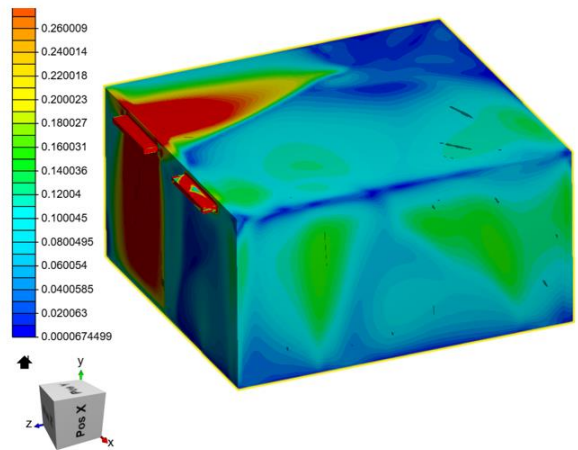
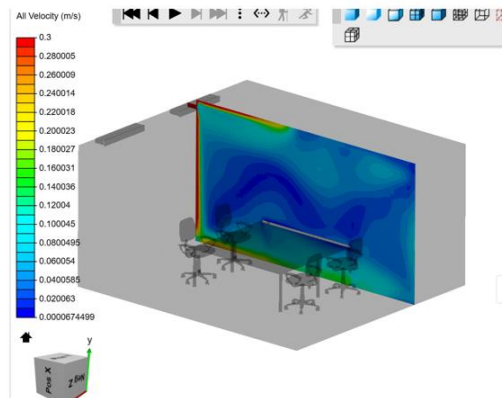
Ex.
21 grader rumtemperatur
-5 grader udetemperatur
85% virkningsgrad



Konklusion

I dette scenarie er der større fordel ved "rist med vinger" fremfor "rist uden vinger", men begge metoder er u hensigtsmæssige. Plade: Strålen har flyttet sig en smule, og hastigheden er forøget lidt, men ændringer på hastighederne er begrænset.

Pladen er igen den bedste løsning. Lufthastigheden i opholdszone er næsten den samme. Ulempene ved pladen er uændret.

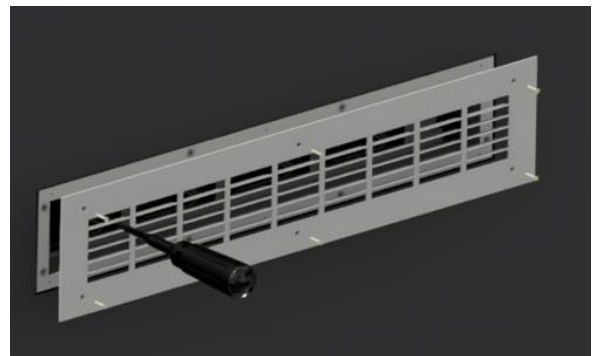


I et rum på 5x5m med 2,6m til loft, er der stadig godt opblanding og fordeling af luften selvom man anvender plade

Her ses indblæsningsløsning af rist med vinger:



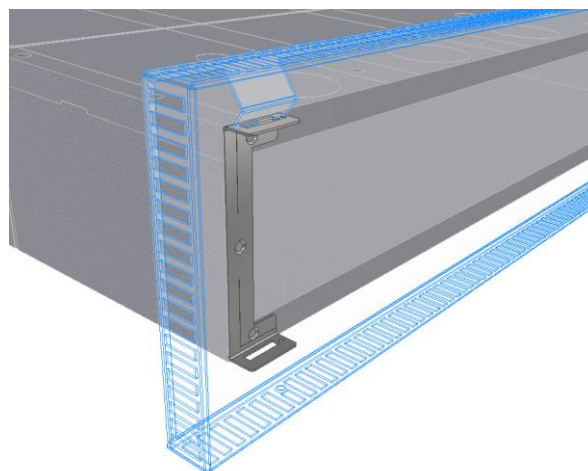
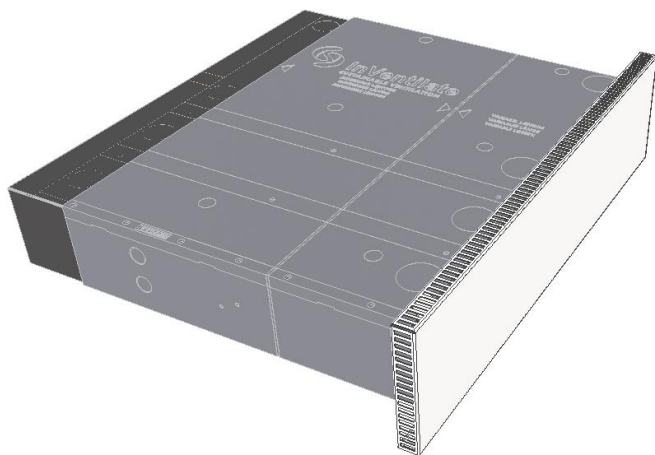
Montageprocessen er at skrue en monteringsramme fast. Herefter skrues 6-12 maskinskruer fast mellem risten og monteringsrammen.



Her ses løsning med indvendigplade

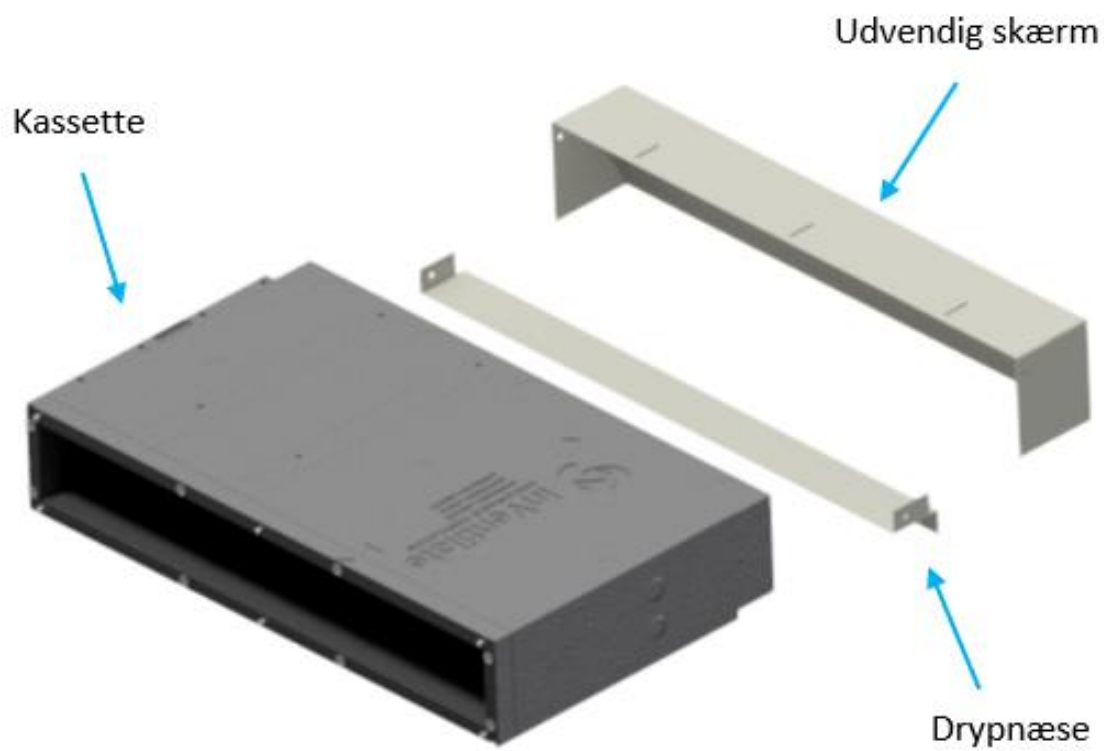


Montagen er simplificeret. Man skruer 2 montagebeslag fast på kassetten, hvor den indvendige plade hægtes fast. Pladen kan låses med en skrue. Montagebeslaget kan justeres, så pladen flugter med væggen.

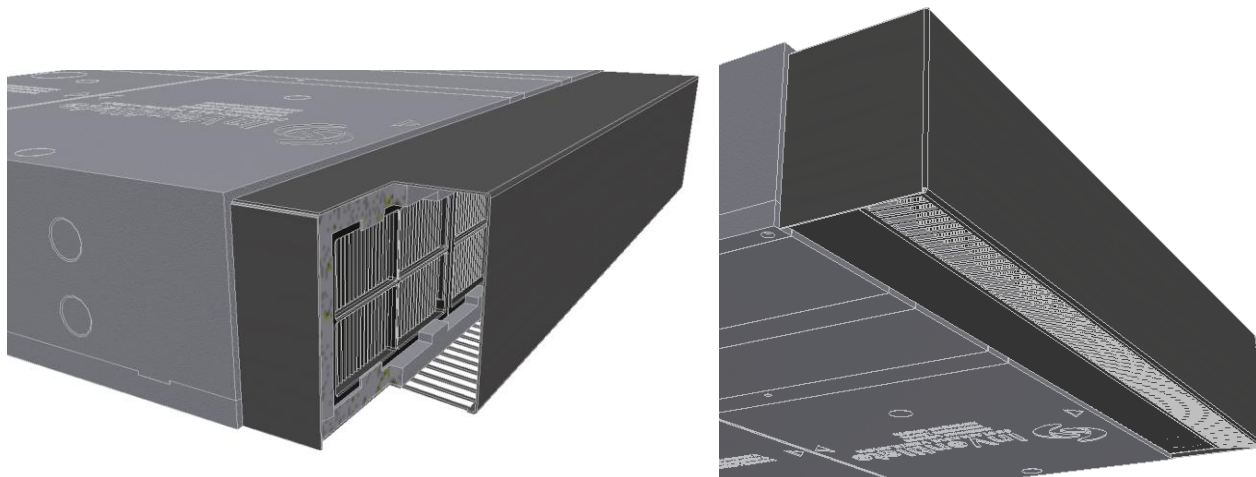


Udvendigt er der i projektet også lavet nye standard skærme, til hhv. lodret og vandret montage. Fokus i den forbindelse har været at effektivisere montageprocessen og lave en mere æstetisk elegant løsning.

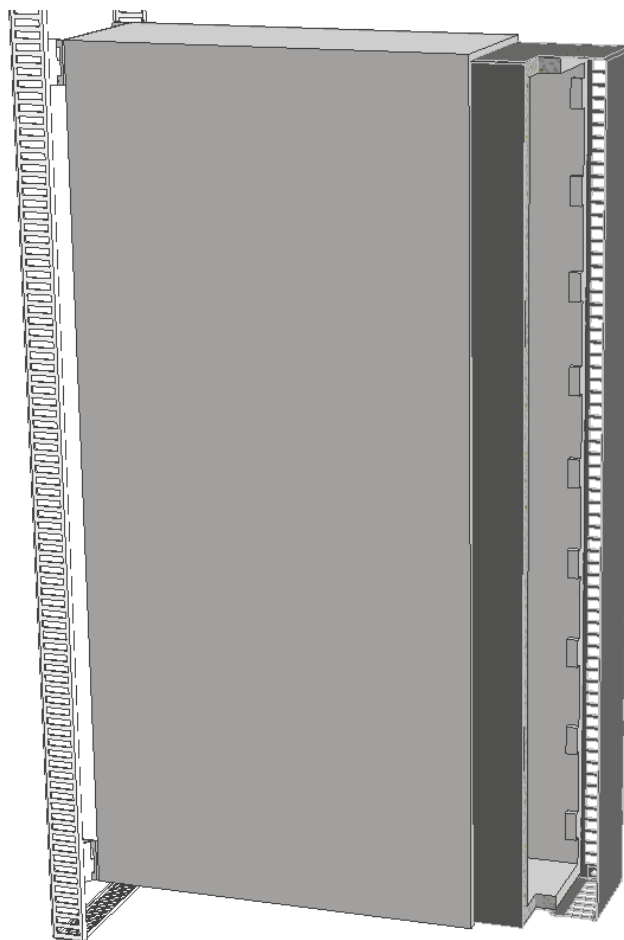
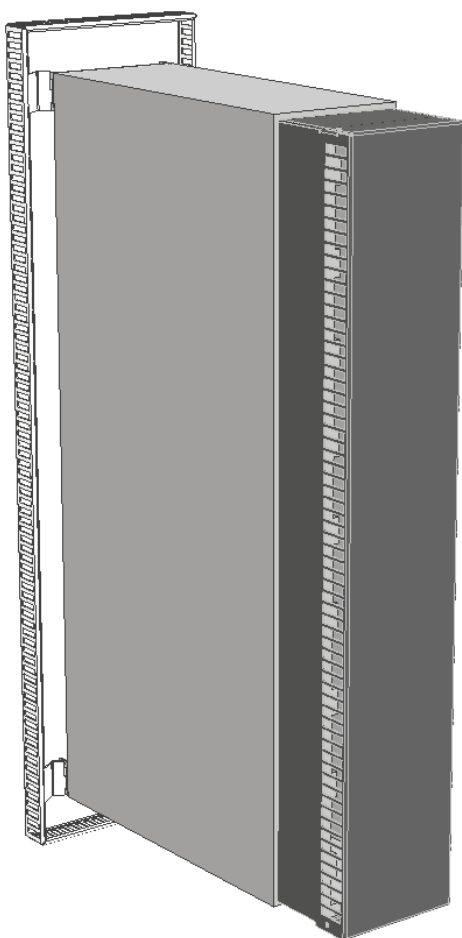
Den tidligere løsning var 2 delte, i en overpart og en drypnæse. De to emner skulle kiles fast i udsparingshullet og herefter fuges fast.



Den nye løsning trykkes ind over kassetten og skærmen er lavet med perforeringer i bunden. Skærmen er gjort 20mm mindre i hhv. længde og højden, for at opnå bedre pasning mod kassetten. Dette giver også et mere diskret udtryk. Derudover giver perforeringen i skærmens bund en flot afslutning, fremfor en tidligere fuld åben spalte.



Det er samme udgangspunkt, der har været med udvikling af den lodrette udvendig skærmløsning, som ses her



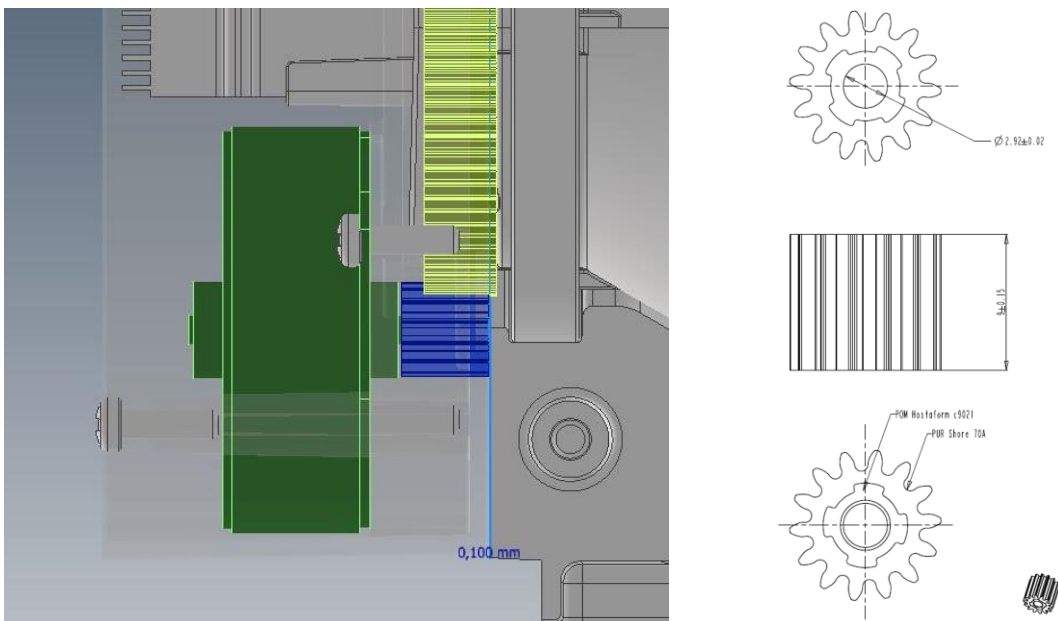
Støjsvagt transmissionssystem

Hvert 30 sekund vender systemet luftretning. I forbindelse med retningskift, driver en stepmotor et roterende hus hvori ventilatorerne er monteret. Det er af stor betydning at retningskiftet er yderst støjsvagt, når systemet f.eks. sidder i et soveværelse. Der er i projektet arbejdet med forskellige tiltag for at opnå en endnu mere støjsvag løsning.

Der er arbejdet med følgende punkter:

- Optimering af stepmotorstyring. I softwaren er der arbejdet med kompensering af stepmotorens ulineariteter. Dette er implementeret i den nyeste softwareversion
- Eksperimenter og stresstest af forskellige plastmaterialer til gearsystemet. Forsøgene har resulteret i skift af plastmateriale i motorgæret. Emnet er et tokomponent støbt gear, hvor den yderste krans er ændret til en lavere shore.
- Forsøg med forskellige smøremidler til transmissionssystemet. Der er på baggrund af disse forsøg ændret smøremetoden i produktionsfasen.

Her ses billeder af transmissionssystem og det nye motorgear (det blå emne og 2D-tegningen til højre)



Derudover er der arbejdet med en række andre tiltag, se nedenstående punkter. Disse tiltag er ikke blevet implementeret, fordi de ikke havde en nævneværdig effekt

- Skift til Hybrid stepper motor.
- Konstruktion med remtræk i stedet for gearsystem.
- Langsommere retningskift.

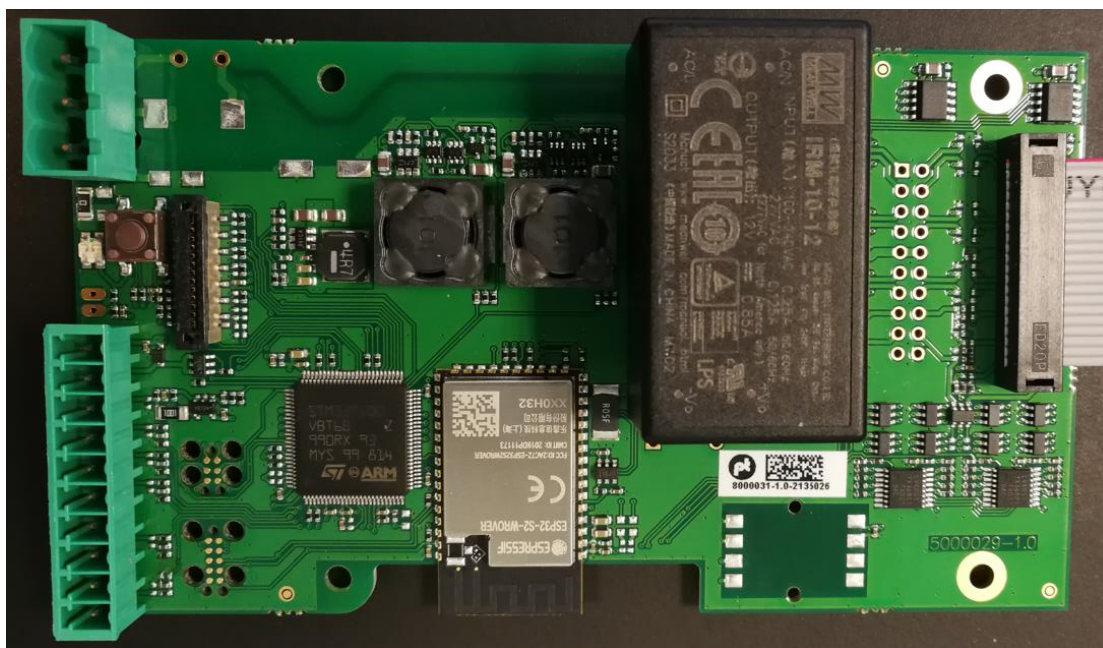
De tre implementerede punkter har resulteret i en yderst støjsvag og markant forbedret transmissionsløsning. Denne løsning kan også anvendes som opgradering i eksisterende enheder. Dette er f.eks. tilfældet i testboligerne i Ebeltoft som er nærmere beskrevet i bilagsrapporten. Dette tiltag har givet positiv feedback fra beboer i alle tre testboliger.

Trådløs kommunikation mellem enheder

En stor del af aktivisterne i projektet er gået på at lave en ny trådløs kommunikation mellem MicroVent-enhederne. Dette var med formålet at gøre installationen nemmere i lejligheder, hvor det oftest ikke er nemt at trække et nyt kommunikationskabel mellem enhederne. I stedet kan man så nøjes med at tilslutte dem til 230 Volt ved at trække et kort kabel fra den nærmeste stikkontakt.

Enside og InVentilate har udviklet en ny IP-baseret kommunikationsprotokol, så enhederne kan kommunikere med hinanden. Desuden er der lavet en json-interface, så enhederne med https kan tage kontakt til en central server, hvorfra monitorering og opsætning kan ske.

Printtronic, InVentilate og Enside har udviklet et nyt styreprint til MicroVent med en trådløs interface som erstatning for den trådede bus. Desuden er funktionaliteten udvidet, så styringen kan drive to ventilator-moduler samtidigt. Derved kan der nemmere og billigere etableres balanceret ventilation på rumniveau samtidigt med at ventilatorhastighed og spjældposition kan reguleres individuel for de to ventilatormoduler. Dette er nødvendigt for at korrigere for vindlast og andre påvirkninger, som vil give differenstryk over facaden.



Lyddæmperløsninger

Der er i projektet arbejdet med lyddæmpning af udefrakommende støj samt støj genereret af systemets ventilatorer. Der er testet en række forskellige materialer til lydabsorption og en række forskellige designs.

Teknologisk Institut har i den forbindelse lavet 2 rapporter ” Notat om lyd-transmissionsdæmpning MicroVent” og ” Inventilate Sørvad lyd og efterklangsmålinger”

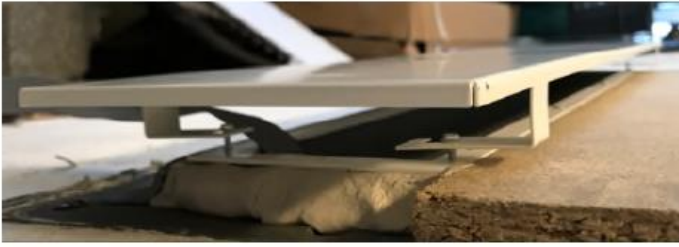
Fotos af opstilling:



Figur 1 Måleposition 1 meter foran indvendig åbning af MicroVent (4 blæsere)



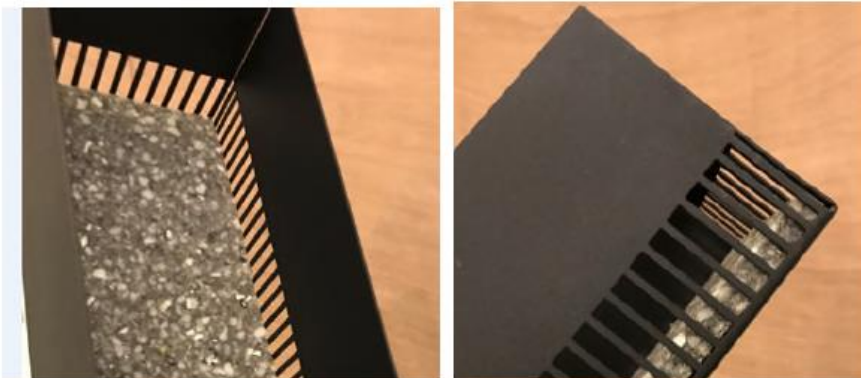
Figur 2 MicroVent enhed monteret i åbning, afdækningsskærm fjernet, og først halvdel af 'lydabsorberende' materiale fjernet (= lydfælde i kanaler). Blæserne kan ses i hver kanal.



Figur 3 Monteret afdækningskærm uden lydabsorbent, placeret på indvendig side af MicroVent. Foto drejet 90 grader.



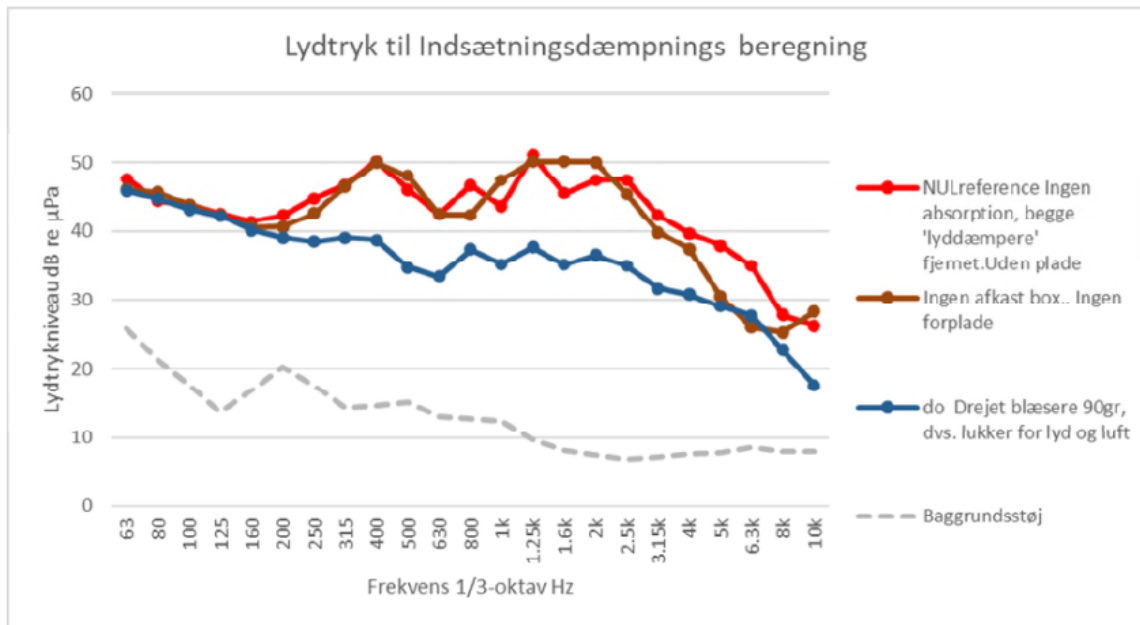
Figur 4 Eksempel på lydabsorbent monteret på flade af afdækningskærm ind mod kanalen.



Figur 6 To udsnit af afkast-boks på yderside af MicroVent kanal. Denne er vist med lydabsorberende materiale (spættet).

Lydmålinger:

Til forståelse af måle og beregningsmetoden vises et eksempel på 4 lydmålinger.

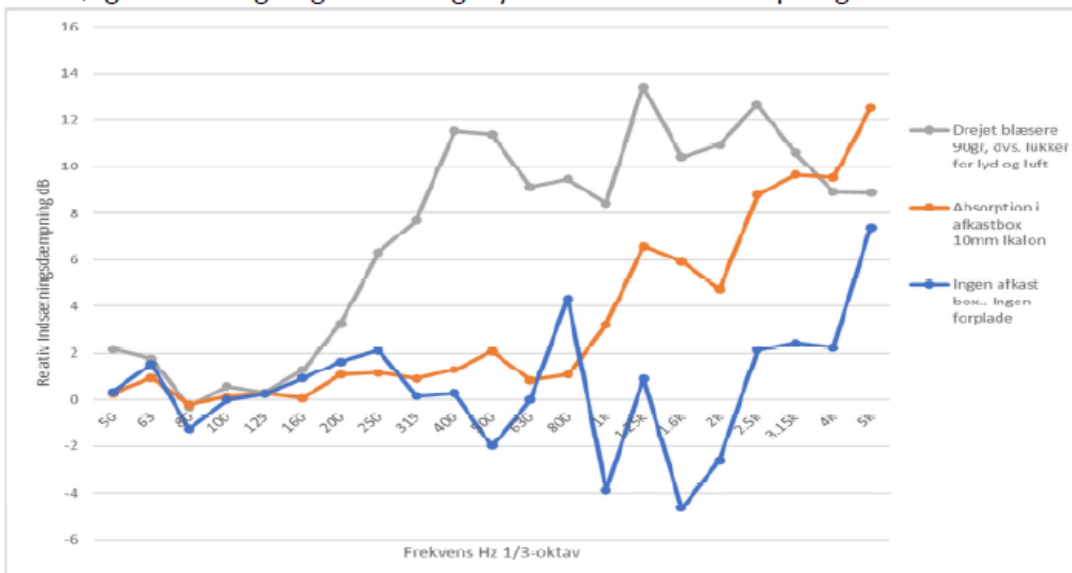


Figur 8 Eksempel på målinger af lydniveauer, som bruges til beregning af lyd-transmissionsdæmpning.

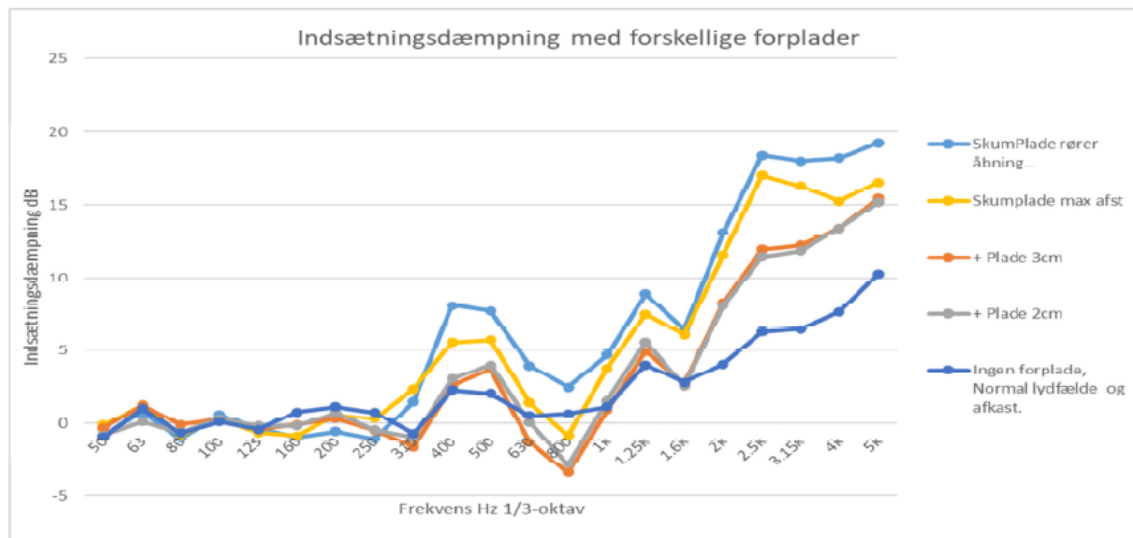
Her er vist med rødt kurven for den 'mindst dæmpende version', som er uden lydabsorption og uden skærme/afdækninger i begge ender af kanalen.

Beregnete tillægs-dæmpninger.

Det er valgt at anvende situationen vist med rødt på ovenstående kurve til referencedata for de efterfølgende beregninger af tillægs-lydtransmissionsdæmpning.



Figur 9 Tillægdsdæmpning for tre varianter i forhold til referencen.



Figur 10 Tillægs-Indsætningsdæmpning med forskellige forpladevariationer.

Eksemplet viser flere karakteristiske forhold for de aktuelle MicroVent kanaler:

- 1) Der er ingen brugbar tillægs dæmpning under 250 Hz
- 2) Der er væsentlig tillægs dæmpning for frekvenser over 1,6 kHz.. op mod 18 dB
- 3) I mellemområdet 250 Hz til 1,6 kHz optræder et tydeligt dyk omkring 800 Hz, tilsyneladende med en lille "forstærkning", dvs. en dårligere absolut dæmpning end referencen.

Sammenfatning:

Der kan opnås en god forøgelse af højfrekvens-dæmpningen med simple midler, lydabsorption på indvendige sider af kanal, samt i afkast-boks, og på 'bagsiden' af afskærmningspladen på 'inde-siden'.

Jo tykkere materiale jo bedre mht. at nå længere ned i frekvensområde.

Jo mindre spalte mellem indervæg og afdækningsplade jo højere dæmpning.

Men alle indsnævring giver større trykfald, dvs. mindre luft ved samme RPM for blæserne.

En effektiv lavfrekvensdæmpning kan være relevant for montering i miljøer med generende lavfrekvent ekstern støj, så som tung trafik.

Blæserne udsender ikke lavfrekvent støj, og de undersøgte forsøgsvisse forbedringer af lyd-transmissionsdæmpningen giver også en øget dæmpning af blæsernes mere højfrekvente støj.

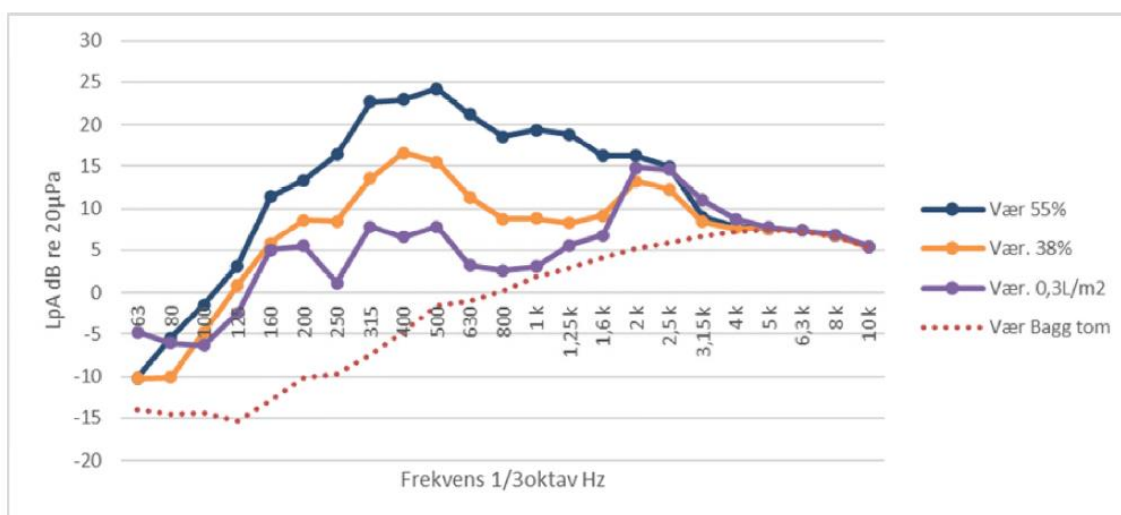
Lydniveau i bolig:

Værelse (Børneværelse)



Figur 1 Børneværelse. Grundmåling udfor enhed og supplerende måling nærmere døren

Lydmålinger:



Figur 2 Grundmålinger i børneværelse. Avægtede 1/3-oktavniveauer.

Det bemærkes, at ved 0,3 l/m² er totalniveauet bestemt af frekvensområdet 2k – 2,5 kHz, og ved høj luftmængde er det hele frekvensområdet 250 – 3,15 kHz, der bestemmer totalniveauet. Det indikerer at styringen af blæsemotorerne giver nogle 'overtoner' pga. digital støj i kommuteringen, så det ikke er turbulensstøj, der bestemmer støjen ved lave luftmængder. Men uanset det, er lydudsendelsen ved lille luftmængde meget lav.

De A-vægtede total niveauer var her (L_{Aeq}) hhv. uden og med korrektion for baggrundstøj:

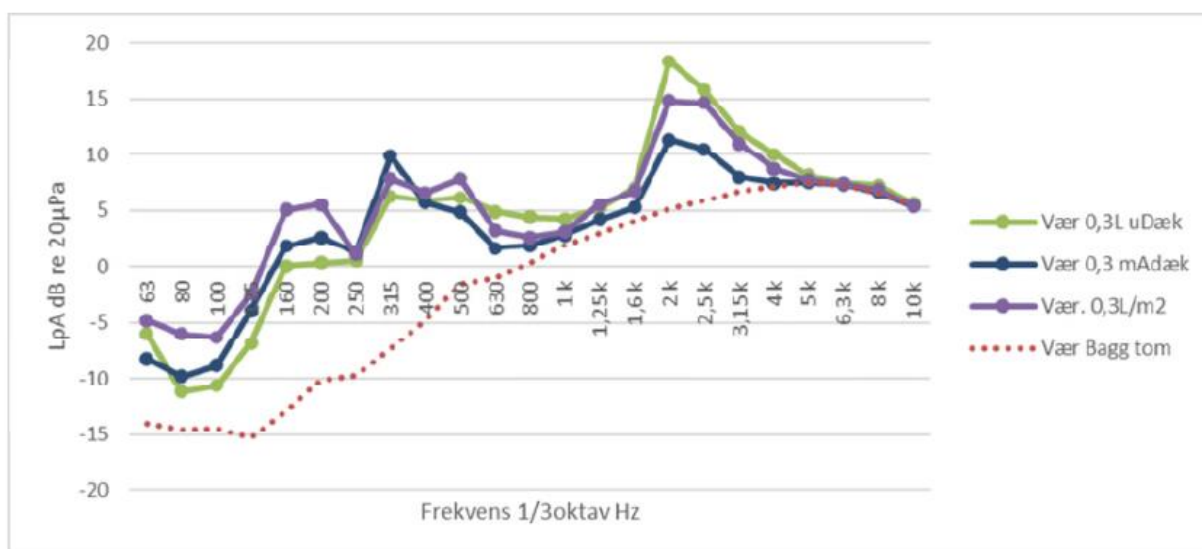
Tabel 1 Målinger i lille værelse

	Baggrund	0,3 L/m ²	38%	55%
Ukorr	17	21,8	23,9	31
Korr	x	20	23	31

Forsøg med afdækning



I dette værelse blev udover målinger med 'normal' situationen også foretaget målinger med forsøgsvis ændringer af 'afdækningspladen' hhv. uden denne og med en version med lydabsorberende materiale på indersiden.



Figur 3 Forsøg med afdækning foran enhed. 0,3 L/m², umøbleret

Heraf ses at totalniveauet som forventet har højeste niveau uden afdækning, og laveste med afdækning forsynet med lydabsorbent på indersiden. Men dette gælder ikke for de lavere frekvenser, hvilket indikerer at afdækningen forårsager lidt turbulens/tryktab, som genererer lidt lavfrekvent støj, dog uden at påvirke totalniveauet væsentligt, med maksimum ved 2-2,5 kHz.

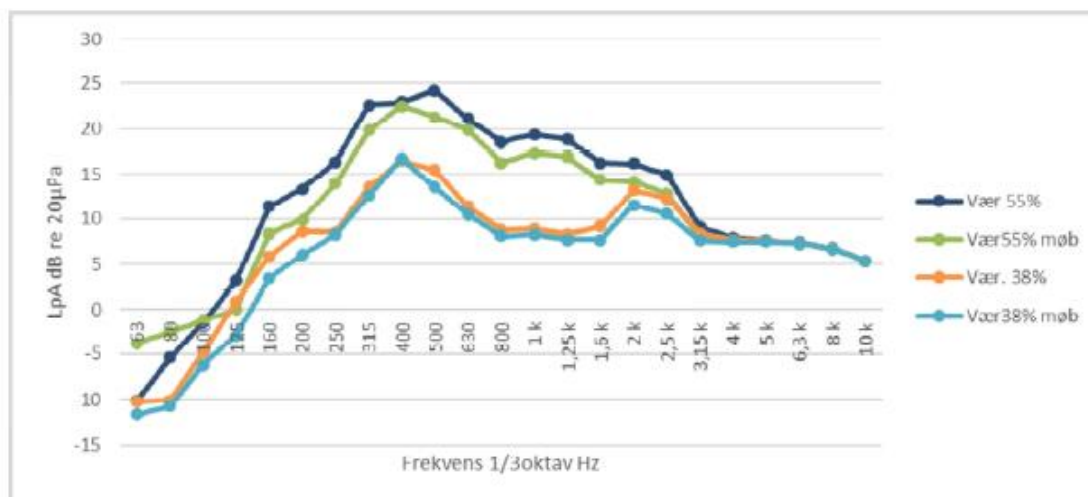
	Baggrund	Uden	Normal	+ absorber
Ukorrr	17	22,8	21,8	19,7
Korr	x	21	20	"16" *

Note*: Med absorbent monteret er den korrigerede værdi ret usikker, da baggrundsstøjen er mindre end 3 dB fra den ukorrigerede værdi.

Forsøg med tomt og møbleret værelse.



Figur 4 Møbleret værelse



Figur 5 Målinger uden og med møblering.

Der ses en generel reduktion i lydniveau når lokalet bliver møbleret, hhv. 1 og 2 dB på totalniveauet. Det bemærkes, at der ikke ses helt samme reduktion for hhv. 55% og 38% drift, hvilket indikerer en vis usikkerhed på målingerne, som ikke helt kan forklares ved mulig baggrundsstøjs indflydelse.

	38 % Tomt	38 % Møbleret	55 % Tomt	55% Møbleret
Ukorr	23,9	23,0	31,0	29,1

Pga teknisk fejl er 0,3L/m² måling kasseret.

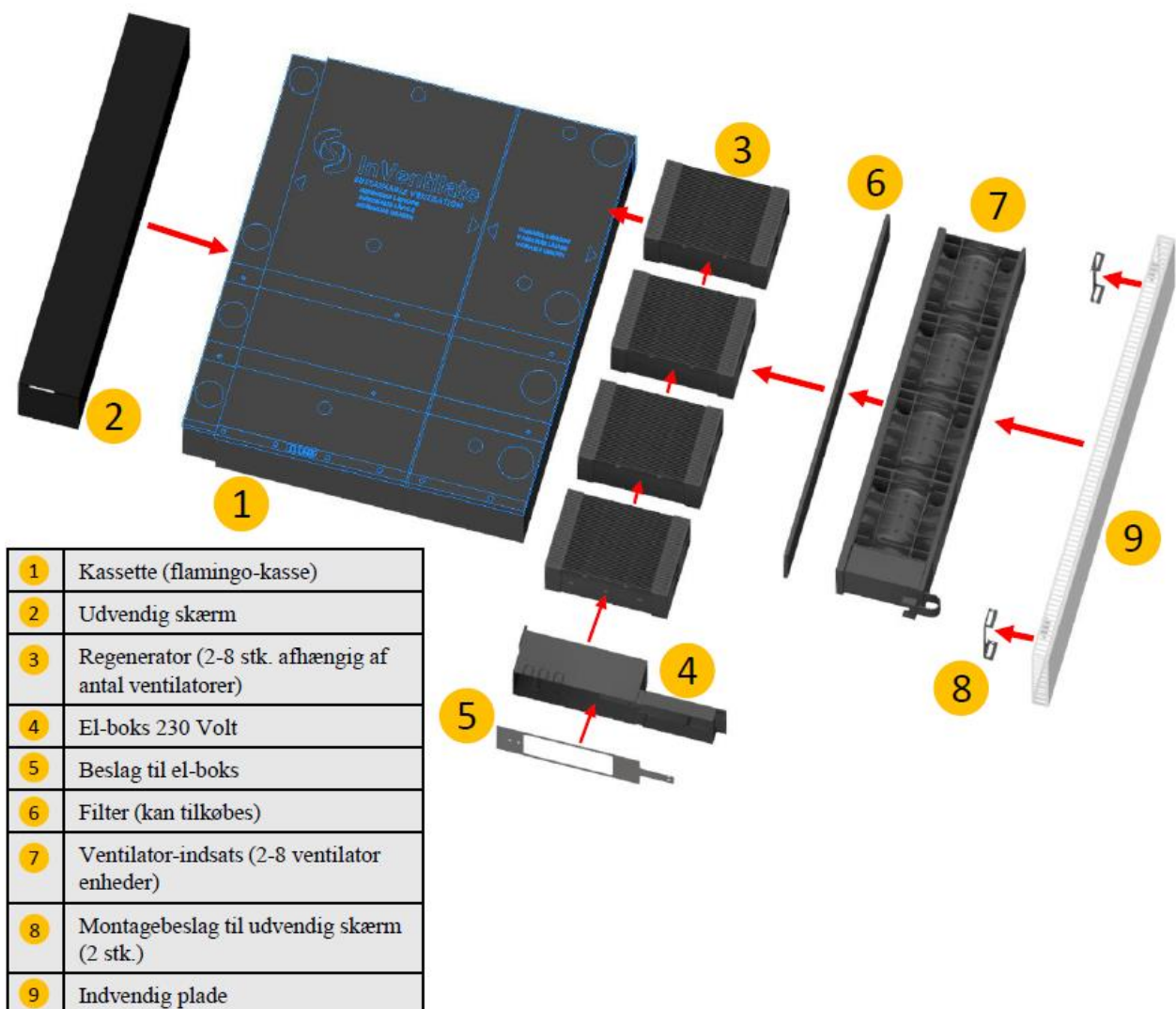
Præmonteret løsning til "plug and play" montage

For at effektivisere installationen af systemet, er der i projektet arbejdet med interne montageværktøjer og arbejdsstationer, som har gjort det muligt at tilbyde præmonterede løsninger.

Dette betyder at nedenstående punkter er samlet ved levering 1 + 3 + 4 + 5 + (6) + 7. Derudover har InVentilate investeret i en skæremaskine, således kassetten skæres ned på det ønskede mål. De nye skærmløsninger, som tidligere omtalt i rapporten er konstruerede, så de hurtigt kan trykkes og hægtes fast.

Derudover kommer de præmonterede enheder med 2m stikledninger til hhv. 230V, styreledninger og BUS-kabel (såfremt den fortrådede løsning vælges, fremfor den trådløse variant der også er omtalt i rapporten)

Med en præmonteret løsning sikres en hurtig og effektiv installation.

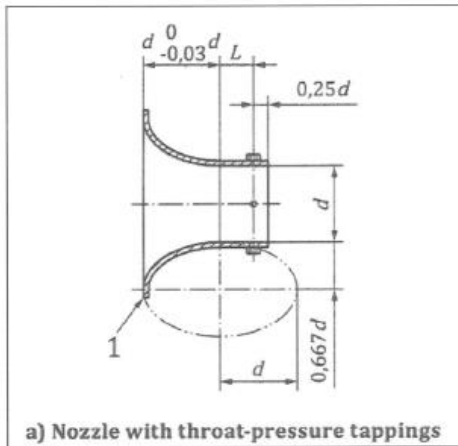


Udvikling af måletragt til funktionsafprøvning

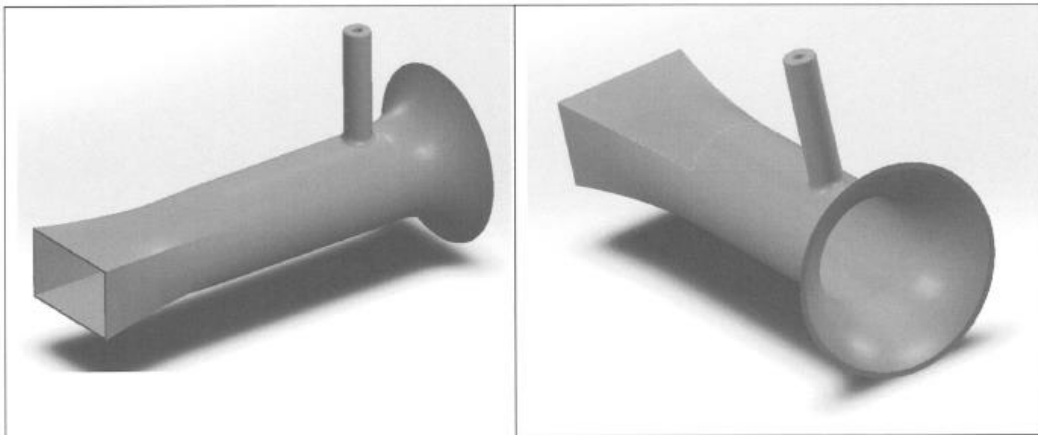
For hurtigt at kunne måle luftskiftet i forbindelse med funktionsafprøvning er der i et samarbejde mellem Teknologisk Institut og InVentilate udviklet en måletragt til MicroVent.

Se testmålinger til funktionsafprøvning i bilagsrapporten punkt 8 "Testmålinger til funktionsafprøvning"

Konstruktionen er baseret på DS EN ISO 5801:2017, som giver en geometrisk anvisning på udformning af tragt.



Konstruktionen er ellipse formet og giver hermed en meget ensartet lufthastighed i tragt tværsnittet.





Tragten er 3D printet i plastik.

Der er lavet forsøg med tragt længde og ensrettere indeni tragten med det formål, at der aflæses samme luftmængde enten der suges gennem tragten eller blæses gennem tragten.

Tragten kræver en lufthastighedsmåler.

Tragtens længde er 45 cm.

Konklusion

Det unikke ved mikroventilationsløsningen er, at den er konstrueret som et sammenhængende ventilationssystem, hvor enhederne, der er forbundet digitalt, kan finde hinanden og tilpasse sig. Både de forskellige enheder i de enkelte lejligheder og på rumniveau kan give erstatningsluft til emhætte og reagere på fugtsensor i et badeværelse

Selvom teknologien bag mikroventilation er gennemtestet og har været på det danske marked i 10 år, så har løsningerne til de enkelte bygningskategorier løbende skullet forfines og justeres. Især har brugerne oplevet trækgener fra ventilationsenhederne i forskellige situationer. F.eks. gav kraftigt blæsevejr trækgener fra enhederne, men problemet er i ELFORSK-projektet nu blevet løst med en forbedret udgave af en automatisk spjældfunktion, som kan lukke for enheden, når vindtryk på facaden bliver for store.

Vindkompenseringen er patenteret og der findes derfor ikke andre mikroventilationsenheder på markedet, som har denne funktion. Nogle har manuelle spjæld, som kan lukkes fysisk på enheden, men med den ulempe, at brugerne ofte glemmer at åbne for den igen.

En anden løsning, der er blevet udviklet i ELFORSK-projektet for at forbedre komforten, er design og udvikling af en indvendig inddækningsplade, som øger komforten væsentligt og gør enheden mere diskret.

Pladen, der monteres indvendigt, ensretter indblæsningsluften parallelt med ydervæggen i 360 grader. Når den køligere udendørsluft ved hjælp af den såkaldte Coanda-effekt smyger sig langs væggene og blandes op med den varmere indendørsluft, sikres en mere optimal lufttilførsel til rummet, og den indblæste friske luft opleves derfor ikke som kulde eller træk. Inddækningspladen har samtidig også en lyddæmpende funktion over for bestemte lydfrekvenser.

I etageboliger og lejligheder finder man ofte badeværelser uden ydervæg med vindue. Det var tidligere en udfordring i forhold til at anvende mikroventilation, men dette er nu også igennem ELFORSK-projektet løst. Løsningen er blevet at ventilere den type badeværelser med to cirkulære kanaler under loftet. En slags hybrid af mikroventilation og rørført ventilation, hvor kanalerne kobles til den mikroventilationsenhed, der er tættest på badeværelset uden ydervæg.

Specifikt for etageboliger er også køkkenemhætter, som ofte er koblet op på en stor central udsugningsventilator på taget, og som ventilationssystemet skal kunne interagere med, når emhætten er i brug. I projektet er der udviklet en emhættefunktion som gør, at der suges erstatningsluft igennem enhederne, uden at kun leverer direkte erstatningsluft, men forsætter med at ventilere i begge retninger. Det gav tidligere trækgener ved kun at blæse luft ind under brug af emhætten. Men Teknologisk Institut og InVentilate har i ELFORSK-projektet udviklet den intelligente software til automatisk at slå vindkompensering fra, når en køkkenemhætte er i brug, men samtidigt bevare noget af den udgående luftmængde, så indblæsningsluften forvarmes delvist og komforten forbedres.

Mikroventilation i etageboliger er blevet afprøvet med rigtig gode resultater i et boligområde i Ebeltoft, hvor naturlig ventilation blev skiftet ud med mikroventilation i 2020. De 55 boliger, med lejligheder i hhv. stueplan og 1. sal, blev renoveret på grund af massive råd- og skimmelsvamp-angreb. Netop plads til ventilationsrør og modstand mod midlertidig fraflytning var den store udfordring, og da facader og vinduer alligevel skulle udskiftes, blev mikroventilation valgt som løsning. På bagkant af renoveringen taler tallene tydeligt for sig selv: Anlægsprisen har været 50 % lavere end hvis et traditionelt ventilationssystem var

blevet valgt. Og den lavere anlægspris har ikke alene gavnet boligforeningens økonomi, men gav også den projekterende bygherrerådgiver en bedre bundlinje.

For beboerne er der også store besparelser at komme efter, fordi mikroventilation er yderst energibesparende:

De store energibesparelser er et kæmpe plus i klimaregnskabet, men for beboerne kan en varmegenvindingsgrad på 92 procent og et 50 procent lavere strømforbrug også godt mærkes

Projektets resultater med vindkompensering, emhættefunktion og forbedring af vendemekanismen er testet i 3 af disse lejligheder i vinteren 2021-2022. Fieldtesten her og i en ekstra bolig i Sørvad har vist, at tiltagene har forbedret komforten væsentligt for beboerne.

Perspektivering

Formålet med projektet er lykkedes med stor succes og dermed er mikroventilationssystemet klar til at blive tilbudt boligsegmentet, herunder etagebyggeri.

En af de største udfordringer for udbredelse af den nye teknologi, er dels at der helt grundlæggende mangler kendskab til, at det er et muligt alternativ samt, at markedet endnu ikke er modent:

Det er en helt ny måde at tænke på. Og de store rørinstallationer er en tradition, det er svært at gøre op med. Måske er det også fordi, det kræver, at vi accepterer, at etageejendomme og boliger er noget for sig, og 'one size' ikke passer alle. Etageejendomme skal ikke nødvendigvis have de samme løsninger som store produktionshaller".

Der er ingen tvivl om, at det vil være en stor fordel for installatørerne at kunne tilbyde deres kunder denne nye opgraderede løsning. Der er så store fordele, både ved montering og i den efterfølgende drift, at det potentielt vil kunne give dem konkurrencefordele at foreslå det.

Mikroventilationssystemet er nu blevet opgraderet og videreudviklet, så systemet er klar til boligmarkedet. Derfor bliver det et segment InVentilate vil fokusere på fremadrettet, således at denne energieffektive og miljøvenlige løsning fremadrettet kan være medvirkende til, at spare energi og nedbringe CO2 udledning.

Referencer

- *Bilagsrapport Projekt 351-016*
- *Inventilate Sørvad lyd og efterklangsmålinger*
- *Notat om lyd-transmissionsdæmpning MicroVent*
- *Artikel i HVAC-Magasinet marts 2022 udgave 3*
Optimeret ventilationsløsning kan kickstarte grøn renovering
- *Artikel i Installatør: 09.01.2022 | VENTILATION | Indeklima*
Facadeintegreret mikroventilation giver installatørerne et fantastisk kort på hånden
<https://installator.dk/facadeintegreret-mikroventilation-giver-installat%C3%B8rerne-et-fantastisk-kort-p%C3%A5-h%C3%A5nden>