

PERSONLIG VENTILATION

Projekteringsguide for eksisterende anlæg



Indhold

Indledning	2
Beregning af luftmængde	3
Tilslutning til CAV-anlæg	4
Tilslutning til DCV-anlæg	4
Kanaldimensionering	5
Temperaturregulering og trykstyring	7
Energibesparelse	7
Anlægseksempler	8
Hvorfor Personlig Ventilation	12



EXHAUSTO

FOR A BETTER FLOW



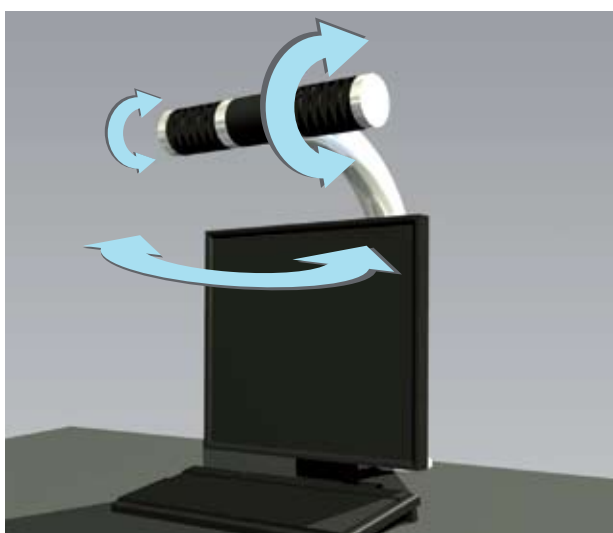
Projektering af eksisterende ventilationsanlæg med Personlig Ventilation

Denne projekteringsguide tager udgangspunkt i projektering af et eksisterende ventilationsanlæg med Personlig Ventilation (PV). Guiden beskriver hvorledes Personlig Ventilation tilsluttes eksisterende ventilationsanlæg dels CAV-anlæg og dels VAV/DCV-anlæg.

Det bedst oplevede indeklima, og dermed personlige arbejdssevne/performance, opnås, når den enkelte person har indflydelse på eget mikroklima. Derfor kan luftretningen, både horisontalt og vertikalt, indstilles efter brugerens ønske, og luftmængden kan indstilles imellem 0 og maks. 10 l/s (36 m³/h). Der projekteres dog ikke med mere end 8 l/s til hvert Personlig Ventilationsarmatur, da 10 l/s normalt kun ønskes meget kortvarigt i ekstreme situationer.



Luftmængden justeres trinløst imellem 0 og 10 l/s (36 m³/h) på bordregulatoren.



PV-Airzone-200 armatur. Luftretningen justeres ved at dreje dyserne op/ned eller hele armaturet højre/venstre, indtil ønsket luftretning opnås. Det er vigtigt, at luften kommer oppe fra dyserne og ned/lind i ansigtet. Derved gennembrydes den konvektionsluftstrøm, der er op langs kroppen, således at ansigtet indhyles i frisk luft.



Ud over den personlige ventilation anbefales det, at lokalet også har traditionel rumventilation. Dels fordi luftmængden fra den personlige ventilation kan være alt imellem 0 og 10 l/s samt være meget varierende hen over dagen, og dels fordi 10 l/s ofte ikke er tilstrækkelig ventilation til at fjerne den overskydende varme i lokalet. Personlig Ventilation alene vil normalt **ikke** kunne skabe det ønskede indeklima **uden** for den personlige opholdszone.

Ved tilslutning af Personlig Ventilation til eksisterende ventilationsanlæg skal man være specielt opmærksom på følgende forhold:

Særlige forhold	Løsningsforslag
Højt tryk i kanalen ($p > 70$ Pa)	Zoneopdeling og konstanttrykregulering på afgrening til PV
Meget varierende tryk	Tilslut PV andet sted i kanalsystemet. Monter evt. konstanttrykregulator
For lav indblæsningstemp ($t < 18$ °C)	Tilslut PV før evt køleflade i kanalsystemet
PV luftmængde < 10 % af rumluften på CAV-anlæg	Kontroller loftarmaturernes lydniveau ved 70 Pa
PV luftmængde > 10 % af rumluft på CAV-anlæg	Der laves separat zone med trykstyring for PV
Varmluftanlæg	Det kan ikke anbefales at tilslutte PV hvis indblæsningstemperaturen overstiger 26 °C

Beregning af luftmængden

Ved tilslutning af Personlig Ventilation til eksisterende anlæg bør luftmængden til lokalet måles og kontrolleres i forhold til behovene i rummet. Behovet for luftmængde, kan beregnes iht. DS/EN15 251.

Hvis ikke luftmængden til lokalet er tilstrækkelig, bør det undersøges om det eksisterende anlæg kan ombygges så der opnås tilfredsstillende luftmængde.

Er dette ikke muligt vil installation af Personlig Ventilation i sig selv alligevel medføre markant forbedring af mikro-klimaet omkring personerne. Se forskningsresultaterne side 12.

Ifølge den daværende DS447 fra 1981 var det godt, hvis et kontor blev ventileret med en luftmængde på 10 l/s pr. person, selv hvis der blev røget.

Indeklimaforskningen og de nye europæiske standarder for indeklima DS/EN15 251 og DS/EN13 779 lægger imidlertid op til en noget højere luftmængde, afhængigt af hvilken indeklimaklasse man ønsker at opnå, og hvilke materialer der er anvendt i byggeriet. Det kan også være rummets kølebehov, der er bestemmende for den totale luftmængde.

Luftmængden til et lokale iht. DS/EN15 251 beregnes således:

I eksemplet nedenfor regnes på et kontorlokale på 60 m²/150 m³ med 6 personer.

Rummet er udført i materialer, der er i kategorien "ikke lavt forurenende bygning" og der ønskes et indeklima i klasse 2 iht. DS/EN15 251.

1. Den totale luftmængde beregnes ud fra ønsket luftkvalitet i rummet ved hjælp af DS/EN15 251 tabel B3.

Indeklimaklasse 2

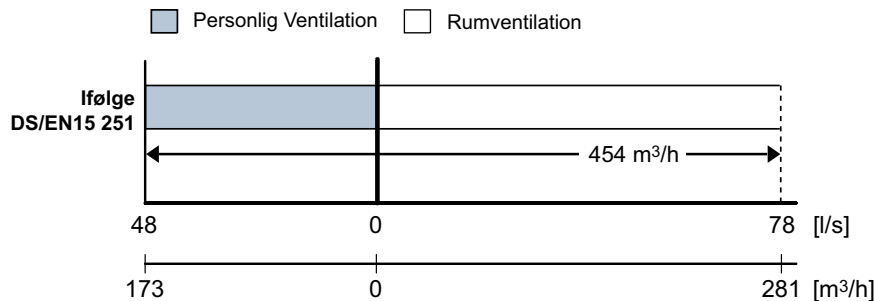
$$\Rightarrow 7 \text{ l/s} \times 6 \text{ personer} = 42 \text{ l/s}$$

Bygning "ikke lavt forurenende"

$$\begin{aligned} \Rightarrow 1,4 \text{ l/s} \times 60 \text{ m}^2 &= 84 \text{ l/s} \\ \text{I alt} &= 126 \text{ l/s} \\ &= 454 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

2. Luftmængde til Personlig Ventilation $q_{v,pv}$ beregnes.

$$\begin{aligned} \Rightarrow q_{v,pv} &= 6 \text{ personer} \times 8 \text{ l/s} \\ &= 48 \text{ l/s} \\ &= 173 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$



DS/EN15 251:2007 Tabel B.3

Klasse	Luftmængde pr. person l/s	Luftmængde i henhold til bygningens forureningsemission		
		Meget lavt forurenende bygning l/s x m ²	Lavt forurenende bygning l/s x m ²	Ikke lavt forurenende bygning l/s x m ²
1	10	0,5	1,0	2,0
2	7	0,35	0,7	1,4
3	4	0,2	0,4	0,8

Tilslutning til eksisterende CAV-anlæg

Ved CAV-anlæg forstås her anlæg med konstant volumenstrøm. Det er muligt at tilslutte et mindre antal Personlig Ventilationsarmaturer til anlægget. Beregninger har vist, at man uden problemer kan lade ca. 10% af luften fra CAV-anlægget "gå til" den personlige ventilation.

Det kan gøres ved enten at frakoble et antal indblæsningsarmaturer eller reducere luftmængden på alle armaturerne. Hvis situationen skulle opstå, at alle de Personlige Ventilationsarmaturer er lukket (der er fortsat en luftmængde på ca. 1 l/s), vil tryktab og luftmængde stige over rummets indblæsningsarmaturerne. Det skal kontrolleres om lydniveauet over rummets indblæsningsarmaturer ligger på et acceptabelt niveau ved et tryktab på ca. 70 Pa



CAV = Constant Air Volume

Konstant luftmængde (Ventilationsanlægget betjener én zone, og styringen af hele anlægget sker f.eks. via bevægelsessensor eller via urstyring.)

Anlægget indreguleres således at der opnås en luftmængde på ca. 8 l/s over den Personlige Ventilation, når alle armaturer er åbnet maksimalt.

Tilslutning til eksisterende VAV/DCV-anlæg

Ved VAV/DCV-anlæg forstås her anlæg der er trykstyret. Tilslutning af Personlig Ventilation skal ske efter disse retningslinjer:

- Ventilationsanlægget skal kunne yde den ønskede luftmængde (rum- og Personlig Ventilation) uden at det specifikke tryktabet i kanalsystemet overstiger ca. 1,5 Pa/m.
- Tryk i kanalsystemet fra den første til den sidste afgrening med Personlig Ventilation må ikke overstige 40% af det krævede tryk i kanalen (ca. 30 Pa ved 8 l/s + tryk i servicesøjlen/tilslutningskanalen ~ 40-60 Pa).

Såfremt 40% reglen ikke kan overholdes, skal anlægget opdeles i flere zoner med egen trykregulering. Det er muligt at installere Lindab servicesøjle med indbygget trykregulator, for indtil 6 Personlige Ventilationsarmaturer.

Hvis ovenstående retningslinjer følges vil luftmængden over armaturerne ligge indenfor +/- 15%, som foreskrevet i DS 447, Norm for Ventilationsanlæg.

Det nye kanalsystem for Personlig Ventilation skal dimensioneres efter retningslinjerne på de efterfølgende sider.



VAV = Variable Air Volume

Variabel luftmængde (stor/lille luftmængde, typisk vha. bevægelsessensor, urstyring eller lignende)



DCV = Demand Controlled Ventilation

Behovsstyret Ventilation (typisk vha. temperatur- og/eller CO₂-sensor)

Luftmæssig balance

Hvis der er mange PV-armaturer i zonen, anbefales det at udsugningen i zonen reguleres med en volumenstrømregulator, som er forbundet i en master/slavekobling til en måleenhed i indblæsningen, der måler volumenstrømmen. På den måde sikres samme luftmængde ind og ud af zonen.

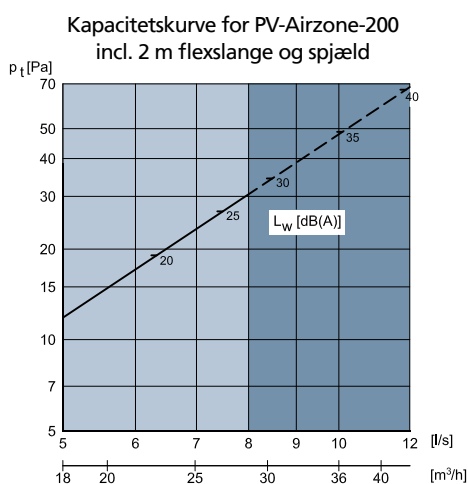
Kanaldimensionering, hurtigvalgstabel

Ved dimensionering af kanalsystemet for et VAV-/DCV-anlæg er det vigtigt, at der er nogenlunde samme tryk i alle fordelingskanaler, således at der opnås den ønskede indblæste luftmængde igennem de enkelte armaturer, såvel til rumventilation som til Personlig Ventilation.

Det er også meget vigtigt, at de anvendte tilluftarmaturer har nogenlunde samme tryktab som Personlig Ventilations-

armaturerne (ca. 30 Pa ved 8 l/s + tryktab i tilslutningskanal/ servicesøjle ~ 40-60 Pa).

Hvis dette ikke er muligt pga. anlæggets udstrækning eller armaturernes tryktab, bør anlægget opdeles i zoner, eller der skal monteres decentral konstanttrykregulering for Personlig Ventilation. Lindab servicesøjle kan leveres med indbygget spjæld og konstanttrykregulering.



Lydtrykniveauet dB(A) i 0,5 meters afstand ved
helsfærisk lydudbredelse i et rum med
6 Personlig Ventilationsarmaturer og en
rumdæmpning på 12 m²-Sabin:

$$L_{p(A)} = L_{w(A)} - 4 \text{ dB}$$

Eksempel: 8 l/s

$L_{w(A)}$ aflæst = 28 dB(A)

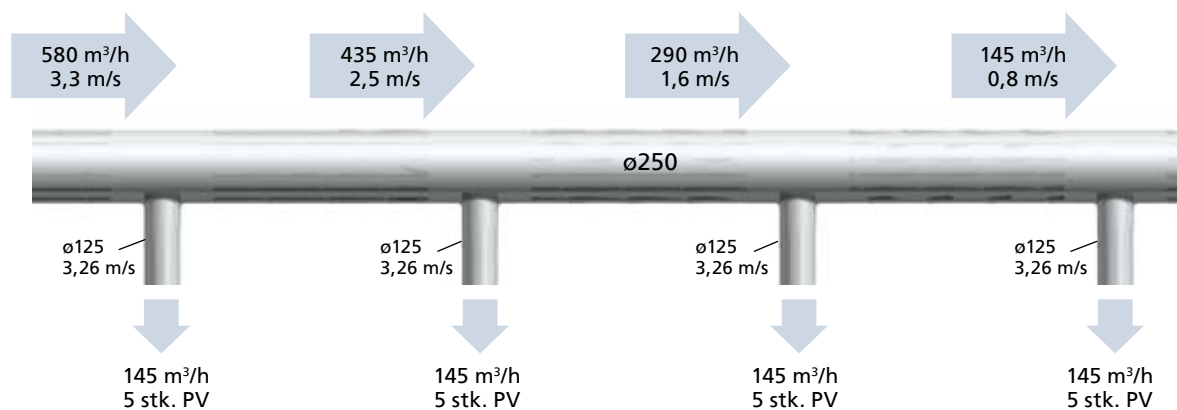
$$L_{p(A)} = L_{w(A)} - 4 \text{ dB} = 28 - 4 = 24 \text{ dB(A)}$$

Anbefalet område

Dimensionering af kanalsystemet for Personlig Ventilation. Det anbefales at dimensionere kanalsystemet således, at variationen af det statiske tryk mellem første og sidste

afgrening i fordelerkanal er mindst mulig. Desuden tilstræbes et specifikt tryktab på ca. 1,0 – 1,5 Pa/m kanal, af energihensyn. Dette opnås bedst ved en af følgende to metoder:

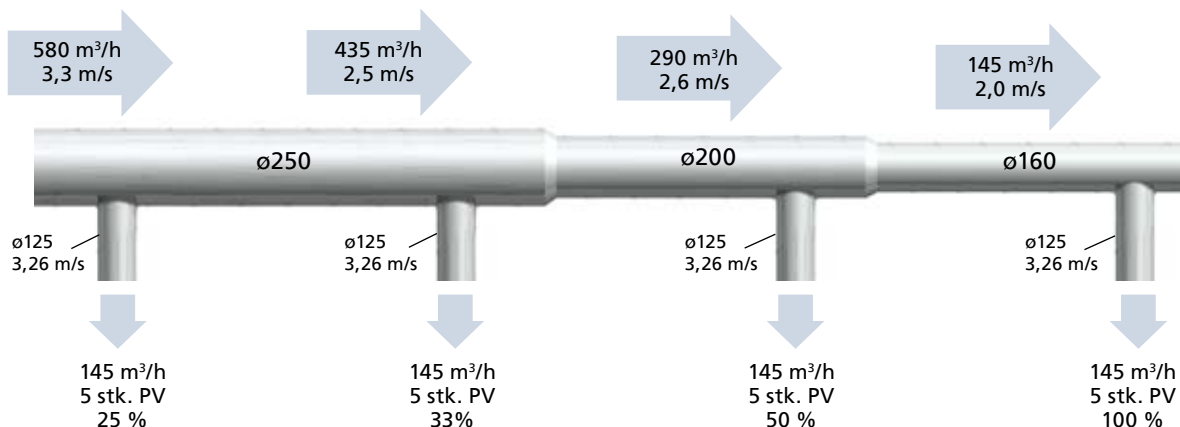
Metode 1 - Undgå dimensionsændringer af kanal
Eksempel på dimensionering af VAV/DCV-anlæg uden dimensionsændring.



Kanaldimensionering, hurtigvalgstabel - fortsat

Metode 2 - 30 %-metoden

Samme kanaldimension holdes, så længe de afgrenede luftmængder er mindre end 30 % af luftmængden i kanalen lige før afgreningen. Når den afgrenede luftmængde udgør mere end 30 % af luftmængden i kanalen lige før afgreningen, reduceres dimensionen af kanalen en størrelse ned. Efter hver følgende afgrening reduceres kanalen en størrelse ned.



Tryktabet i fordelingskanalen fra første afgrening til sidste afgrening bør ikke overstige 40 % af det ønskede statiske tryk i kanalen.

Hurtigvalgstabel

Hvis der er mange Personlig Ventilationsarmaturer på samme kanalstrækning, kan man med fordel anvende denne hurtigvalgstabel.

Kanaldimension	Antal PV-armaturer á 8 l/s	Maks. kanallængde [m]
ø63 mm	1	5*
ø80 mm	2	6
ø100 mm	3	10
ø125 mm	5	11
ø160 mm	8	16
ø200 mm	13	18
ø250 mm	20	27
Lindab ø100 mm servicesøjle for ventilation	4	2,8
Lindab ø125 mm servicesøjle for ventilation	6	2,8
Manifoldboks ø125 mm / 4 x ø63 mm	4	0,2 x 0,2 x 0,1
Manifoldboks ø125 mm / 6 x ø63 mm	6	0,2 x 0,2 x 0,1

* Svarende til ca. 2 m fleksslange

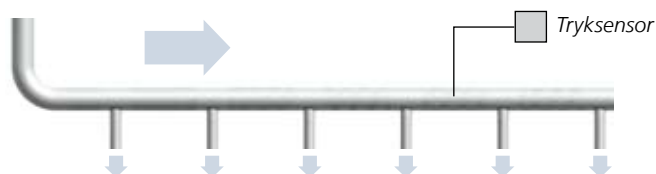
Temperaturregulering og trykstyring

Ved Personlig Ventilation anbefales ikke lavere indblæsnings-temperatur ved personen end ca. 18 - 20 °C. Her skal man huske på temperaturstigningen igennem ventilationskanalerne på typisk 2 - 3 grader, således at indblæsningstemperaturen ved anlægget ofte kan tillades at være omkring 16 - 18 °C.

For at sikre korrekt luftmængde på alle ventilationsarmaturerne, er det meget vigtigt med kanaldimensioneringen (se tidligere) samt størrelsen af de enkelte zoner. Hvis EXHAUSTOs retningslinjer følges, vil variationen i luftmængden fra første til sidste armatur normalt ligge inden for de tilladte +/- 15 % iht. DS447.

Trykreguleringen(-erne) monteres efter følgende retningslinjer:

- Hvis der er mere end 40 % forskel på trykket i fordelingskanalen imellem første og sidste afgrening, skal anlægget opdeles i flere zoner. Hver zone skal have egen konstanttrykregulator.
- Trykføleren placeres typisk i 2/3 punktet

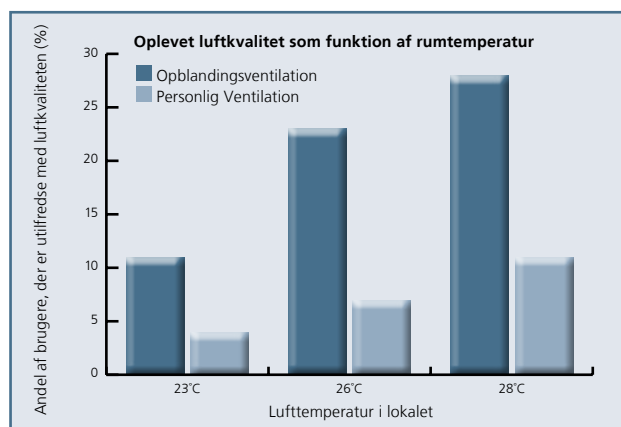


Energibesparelse med Personlig Ventilation

Vigtigheden af, at rummets temperatur ikke bliver for høj, er mindre væsentlig, når der er monteret Personlig Ventilation. Forsøg på DTU/ICIEE* viser, at rumtemperaturer på op til 28 °C ikke giver anledning til større utilfredshed med oplevet indeklime, når blot man har Personlig Ventilation med en indblæsningstemperatur omkring 23 °C eller lavere.

Derved opnås mulighed for at spare køleenergi, da behov for lav rumtemperatur ikke er nær så vigtig, når der er monteret Personlig Ventilation. Dette besparelsespotentiale skal beregnes i hvert enkelt tilfælde f.eks. ved hjælp af et bygnings-simuleringsprogram.

Nedenfor er lavet en enkel beregning på besparelsen, hvis en stigning i rummets CO₂-koncentration på 200 ppm accepteres.



Oplevet luftkvalitet. Sammenlignet med traditionel ventilation giver Personlig Ventilation markant større tilfredshed. Indblæsningstemperaturen for Personlig Ventilation var 23 °C ved forsøget.

Eksempel på luftmængdereduktion/besparelse med Personlig Ventilation og DCV-regulering

Callcenter uden Personlig Ventilation:

20 personer, CO₂-produktion = 20,4 l/h x person
CO₂-niveau i lokalet = 858 ppm
Beregnet luftmængde = 223 l/s (803 m³/h)

Callcenter med Personlig Ventilation:

20 personer, CO₂-produktion = 20,4 l/h x person
Accepteret CO₂-niveau i lokalet = 1058 ppm
Beregnet luftmængde = 160 l/s (576 m³/h)

Luftmængdereduktion: 223 - 160 l/s = 63 l/s (227 m³/h) ~ 28 % mindre luftmængde.

Det skal kontrolleres, hvor meget rumtemperaturen stiger i lokalet som følge af den reducerede luftmængde. Rumtemperaturen bør ikke i længere perioder overstige 26 - 27 °C.

* DTU/ICIEE - International Centre for Indoor Environment and Energy - www.ie.dtu.dk

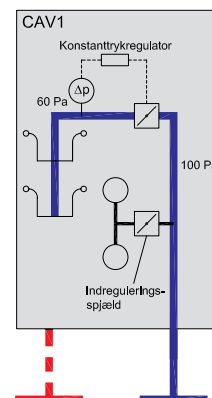
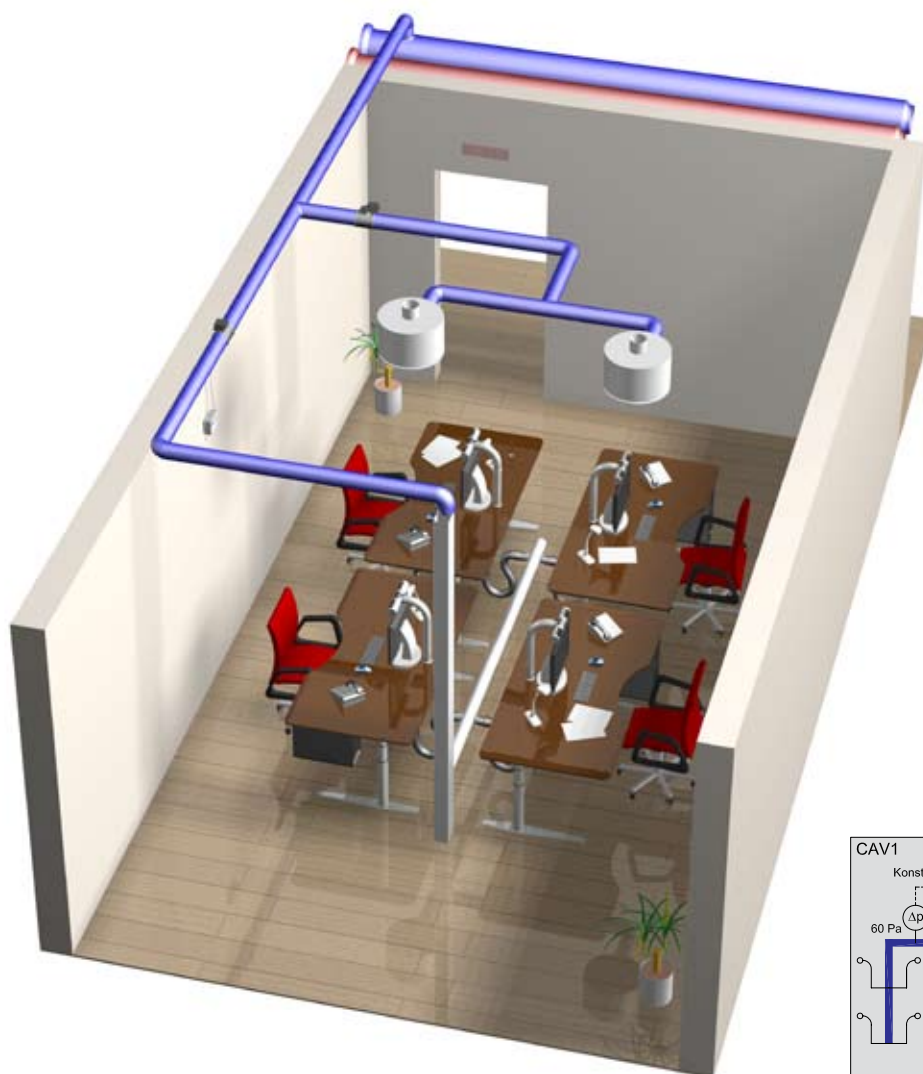
Ventilation af kontorbygning med Personlig Ventilation - CAV1

De viste anlægseksempler skal ses som individuelle løsningsforslag hvor trykforhold, armaturer mv. er antaget for at illustrere hvordan man kan tilslutte Personlig Ventilation til eksisterende ventilationsanlæg.

Bemærk, at der med DCV-anlæg er mulighed for at spare energi, idet der normalt accepteres en højere rumtemperatur/CO₂ niveau i rummet, når der er Personlig Ventilation.

Tilluften føres til Personlig Ventilation via Lindab ø100 mm servicesøjle monteret frit i rummet. Den kan maksimalt forsyne 4 stk. Personlige Ventilationsarmaturer. Rumventilationen sker via loftarmaturer med fast luftmængde.

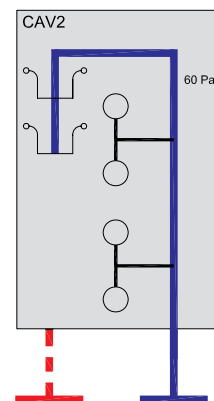
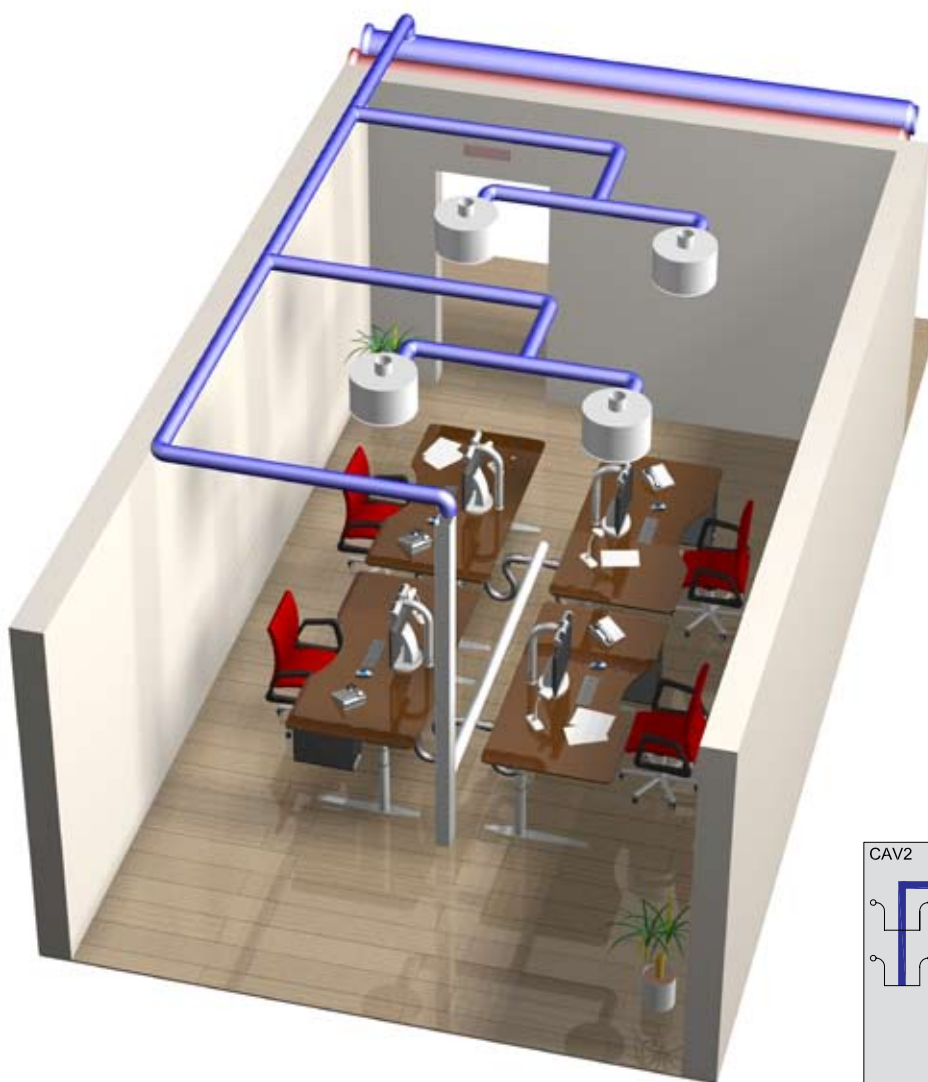
Der er et relativt højt tryk i fordelingskanalen (100 Pa). Der er et indregulerings-spjæld på afgreningen til rumluften. Personlige Ventilation tilsluttes eksisterende kanalsystem via konstanttrykregulering.



Ventilation af kontorbygning med Personlig Ventilation - CAV2

Tilluften føres til Personlig Ventilation via Lindab $\varnothing 125$ mm servicesøjle. Den kan maksimalt forsyne 6 stk. Personlig Ventilationsarmaturer.
Rumventilationen sker via loftarmaturer med fast luftmængde. I dette lokale er der et stort luftskifte. Den Personlige Ventilation udgør mindre end 10 % af rumluften. Trykket i kanalsystemet passer godt med trykbehovet (ca. 60 Pa) over

den Personlige Ventilation. Derfor tilsluttes den Personlige Ventilation direkte til det eksisterende kanalsystem. Hvis alle Personlige Ventilationsarmaturer lukkes (der er fortsat en luftmængde på ca. 1 l/s) vil trykket stige i kanalsystemet og luftmængden over loftarmaturerne øges. Lydniveau over loftsarmaturerne kontrolleres ved ca. 70 Pa

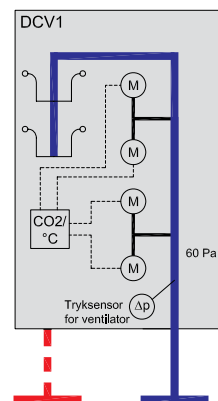
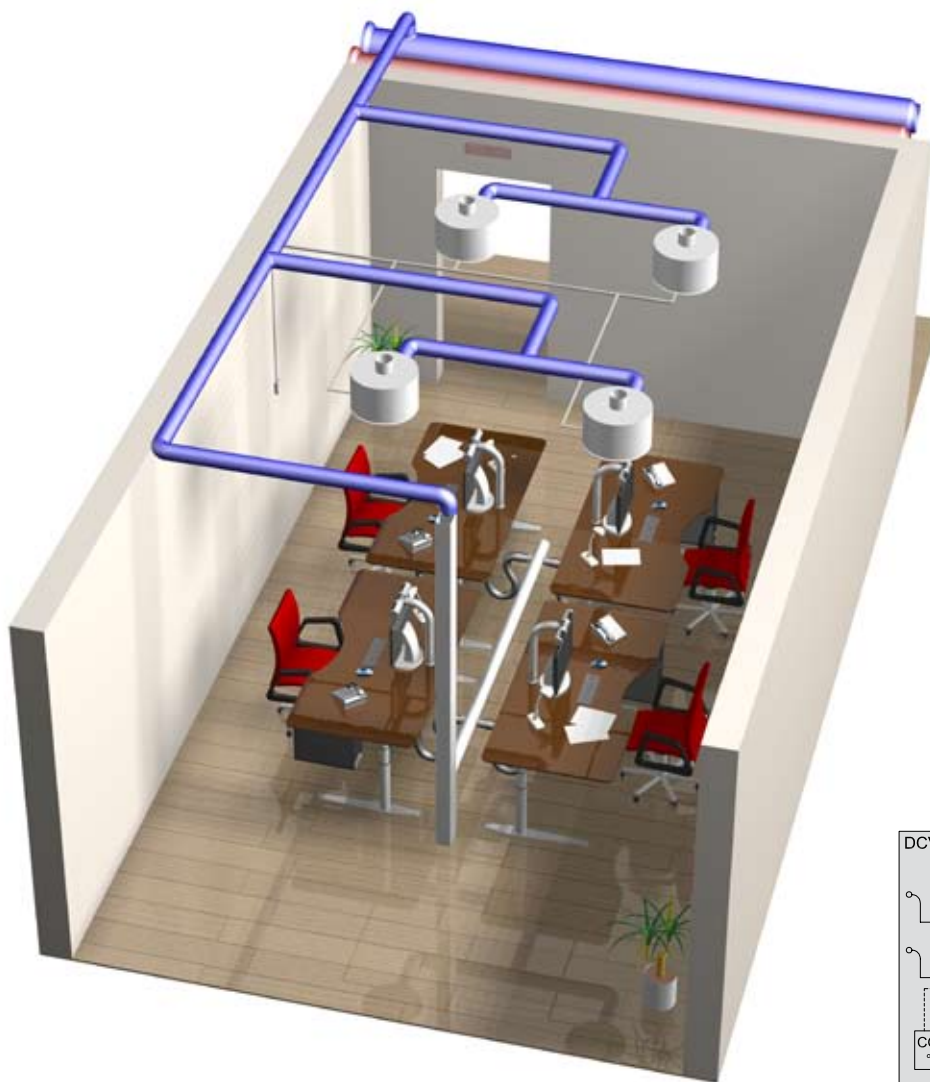


Ventilation af kontorbygning med Personlig Ventilation - DCV1

Tilluften føres til Personlig Ventilation via Lindab $\varnothing 125$ mm servicesøjle. Den kan maksimalt forsyne 6 stk. Personlig Ventilationsarmaturer.

Rumventilationen er lavet med luftbåren køling og sker via loftarmaturer med variabel luftmængde, der reguleres via CO₂/temperatur-sensor. I dette lokale er der et stort luftskifte for at kunne opnå tilstrækkelig køling af rummet om sommeren.

Trykket i kanalsystemet passer godt med trykbehovet (ca. 60 Pa) over den Personlige ventilation. Derfor tilsluttes den Personlige Ventilation direkte til det eksisterende kanalsystem.



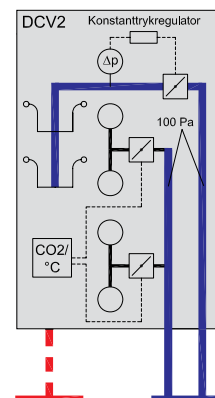
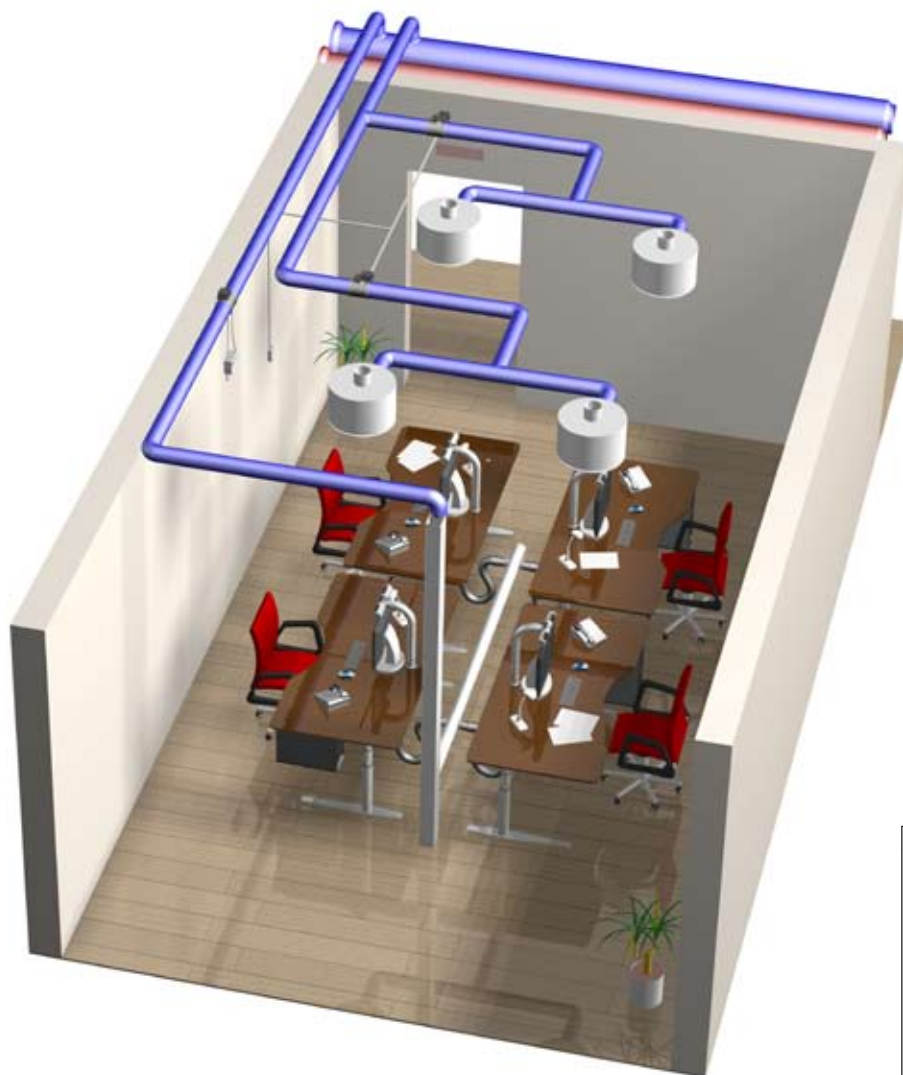
Ventilation af kontorbygning med Personlig Ventilation - DCV2

Tilluften føres til Personlig Ventilation via Lindab $\varnothing 125$ mm servicesøjle. Den kan maksimalt forsyne 6 stk. Personlig Ventilationsarmaturer.

Rumventilationen er lavet med luftbåren køling og sker via loftarmaturer med variabel luftmængde, der reguleres via CO₂/temperatur-sensor. I dette lokale er der et stort luftskifte for at kunne opnå tilstrækkelig køling af rummet om sommeren.

Der er et relativt højt tryk i fordelingskanalen (100 Pa). Der er zonespjæld på afgreningen til rumluften, som reguleres af CO₂/temperatur-sensoren.

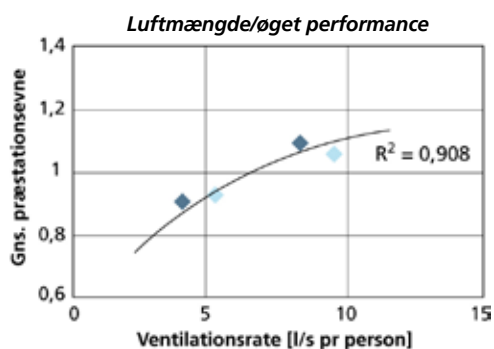
Personlige Ventilation tilsluttes eksisterende kanalsystem via separat afgrening med konstanttrykregulering.



Hvorfor Personlig Ventilation

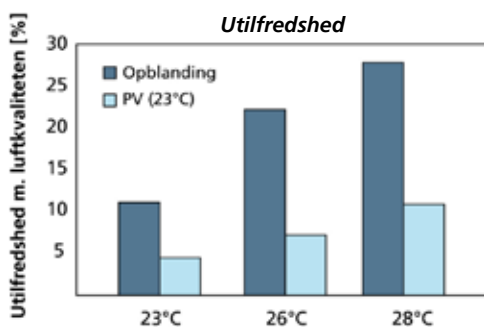
Som forsker på Danmarks Tekniske Universitet – DTU i afdelingen for Indeklimaforskning – ICIEE, har prof. Arsen Melikov arbejdet med Personlig Ventilation de sidste ca. 10 år.

Der har i tidens løb været undersøgelser, der har involveret op mod 500 studerende og brugt mere end 4500 testtimer på at teste egenskaberne med Personlig Ventilation, som det fremgår af diagrammerne nedenfor.



Kurve med luftmængde/øget performance. Mange forsøg har vist signifikante resultater ved forbedret indeklima. Ved en forøgelse af luftmængden fra 5 l/s til 10 l/s pr. person opnås en gennemsnitlig forbedring af præstationsevnen på over 20 %.

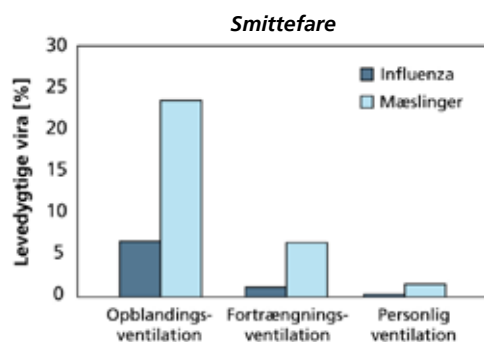
Er det ikke dyrt at have en større luftmængde pr. person? Nej, undersøgelser viser, at omkostningerne til drift og vedligehold af de tekniske installationer i bygningen kun udgør ca. 1 % af de samlede omkostninger til en medarbejder og dennes arbejdsplads når løn, afskrivning af bygning osv. medregnes. Det er altså en ualmindelig god investering at sikre korrekt luftmængde til medarbejderne.



Med Personlig Ventilation er det også muligt at spare energi til køling, da det ikke er nødvendigt at holde så lav rumtemperatur. Ved rumtemperatur på 23 °C er der kun ca. 3,5 % der er utilfredse med indeklimaet ved PV, hvorimod der med opblandingsventilation er ca. 11 %.

Det skal her bemærkes, at tusindvis af forsøg har vist, at det ikke er muligt at gøre mere end ca. 95 % af personerne i rummet tilfredse med indeklimaet – indtil PV blev opfundet.

Af de sidste søjler ses, at selv ved en rumtemperatur på 28 °C vil der kun være ca. 10 % der er utilfredse med indeklimaet ved anvendelse af PV, hvorimod der med opblandingsventilation er op imod 28 %.



Overførsel af vira/smitte imellem kolleger på et kontor afhænger af mange forskellige faktorer hvoraf én er typen af ventilationssystem. Også her viser Personlig Ventilationssystemet væsentligt forbedrede egenskaber. Med PV er der en markant reduceret overførsel af levedygtige viralsmitte imellem to arbejdspladser, som det fremgår af figuren.



Kilde: International Centre for Indoor Environment and Energy
ICIEE - www.ie.dtu.dk



Facts om EXHAUSTO Personlig Ventilation

- Tilfredse medarbejdere
- Arbejdsydelse i top
- Reducerer sygefravær
- Æstetisk installation
- Ualmindelig god investering
- Luftmængde på 8-10 l/s pr. person
- Konstantrykreguleret system
- Velegnet sammen med VAV- og DCV-systemer
- PV-lufttemperatur imellem 18 °C og 23 °C anbefales