

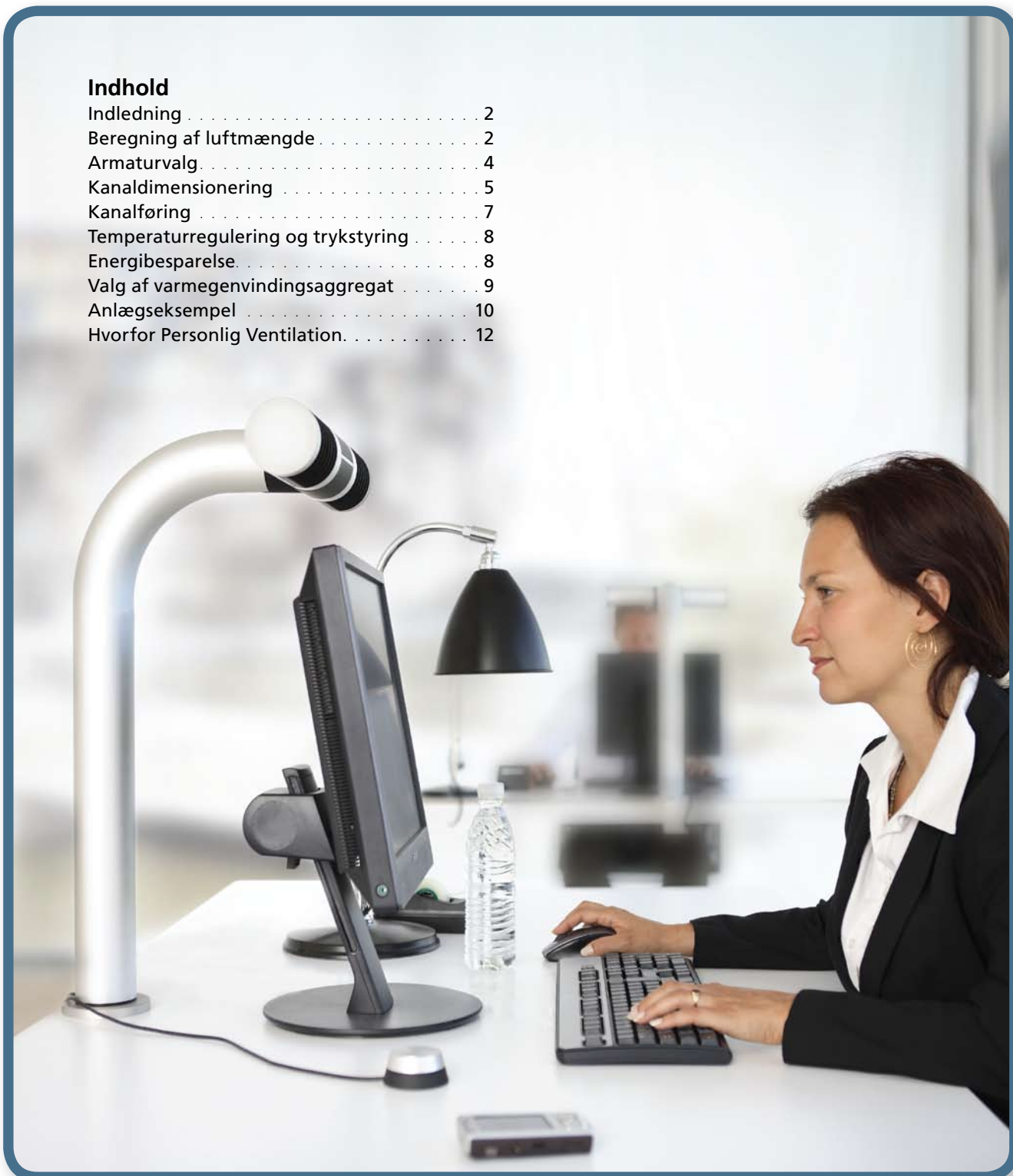
PERSONLIG VENTILATION

Projekteringsguide ved nyt anlæg



Indhold

Indledning	2
Beregning af luftmængde	2
Armaturvalg	4
Kanaldimensionering	5
Kanalføring	7
Temperaturregulering og trykstyring	8
Energibesparelse	8
Valg af varmegenvindingsaggregat	9
Anlægseksempel	10
Hvorfor Personlig Ventilation	12



EXHAUSTO

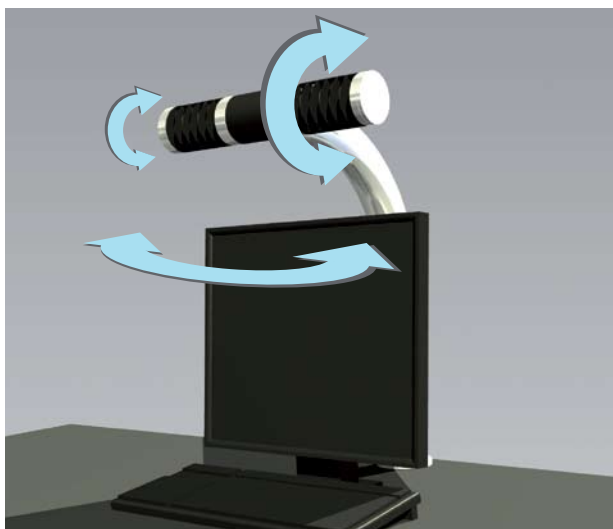
FOR A BETTER FLOW



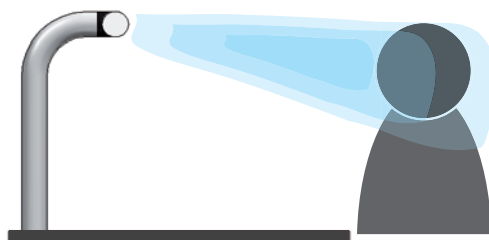
Projektering af nyt ventilationsanlæg med Personlig Ventilation (PV)

Denne projekteringsguide tager udgangspunkt i projektering af et nyt ventilationsanlæg. Ventilationsanlægget udføres som et 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.



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 nedlind i ansigtet. Derved gennembrydes den konvektionsluftstrøm, der er op langs kroppen, således at ansigtet indhyles i frisk luft.



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



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.

Rumventilationen kan beregnes på flere måder, afhængigt af hvilke data der er til rådighed, og hvilke forhold der er dimensionerende.

Beregning af luftmængden

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 i et lokale med Personlig Ventilation beregnes således:

Luftmængden afhænger meget af, hvilken type ventilationsanlæg der vælges.

I eksemplet på næste side beregnes luftmængden dels for et traditionelt opblandingssystem og dels for et system med aktive kølebafler. Der regnes på et kontorlokale på 60 m²/150 m³ med 6 personer.

Rummet er opført i materialer, der er i kategorien "lavt forurenende bygning" og der ønskes et indeklima i klasse 1 iht. DS/EN15 251.

Beregning af luftmængden - fortsat

1. Bygningens/lokalets kølebehov beregnes f.eks. ved hjælp af et simuleringsprogram.

2. Den totale luftmængde $q_{v\text{-tot}}$ beregnes.

Opblandingsventilation

Der anvendes typisk et luftskifte på 6-8 gange pr. time

$$\begin{aligned} \Rightarrow q_{v\text{-tot}} &= 150 \text{ m}^3 \times 6 \text{ gange pr. time} \\ &= 900 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 250 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Kølebafler

Der anvendes typisk et luftskifte på 2-3 gange pr. time

$$\begin{aligned} \Rightarrow &= 150 \text{ m}^3 \times 3 \text{ gange pr. time} \\ &= 450 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 125 \text{ l/s} \end{aligned}$$

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

Indeklimaklasse 1

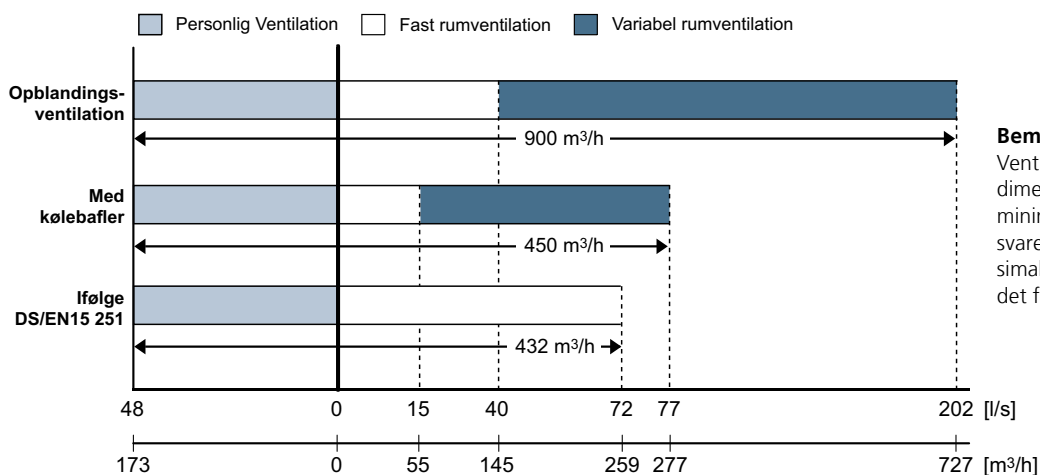
$$\Rightarrow 10 \text{ l/s} \times \text{person} \times 6 \text{ personer} = 60 \text{ l/s}$$

Bygning "lavt forurenende"

$$\begin{aligned} \Rightarrow 1 \text{ l/s} \times \text{m}^2 \times 60 \text{ m}^2 &= 60 \text{ l/s} \\ \text{I alt} &= 120 \text{ l/s} \\ &= 432 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

4. Luftmængde til Personlig Ventilation $q_{v\text{-pv}}$ beregnes.

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



Bemærk

Ventilationsarmaturerne dimensioneres for en minimumluftmængde der svarer til 20 % af den maksimale luftmængde, som det fremgår af figuren.

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 m²	Lavt forurenende bygning l/s x m²	Ikke lavt forurenende bygning l/s x m²
1	10	0,5	1,0	2,0
2	7	0,35	0,7	1,4
3	4	0,2	0,4	0,8

Kølebehov ved opblandingsventilation

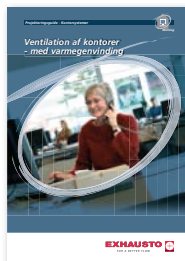
Hvis der er et kølebehov i rummet/bygningen som følge af, at der er mennesker og maskiner i rummet samt solindfald, beregnes luftmængden ud fra, hvilken undertemperatur ($t_{\text{rum}} - t_{\text{indbl.}} = \Delta t$) der kan tillades i de anvendte indblæsningsarmaturer. Ved PV anbefales ikke lavere indblæsningstemperatur 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.

Luftmængden ved traditionel opblandingsventilation beregnes således: $q_v = \frac{\text{Kølebehov (Watt)}}{0,33 \times \Delta t}$ [m³/h]

Ud over den Personlige Ventilation er det meget væsentligt hvordan rumventilationen udformes, og hvilket ventilationsprincip der anvendes. Rummets belastning, antal personer, varme fra kontormaskiner og EDB-udstyr samt solindfald mv. skal lægges til grund for valgene.

Der henvises til EXHAUSTO Projekteringsguide for kontorer – Working, hvor ventilationsprincip, reguleringsmetoder, produktvalg og energiforbrug er nøje gennemgået.

www.exhausto.dk/working



I eksemplerne i denne guide anvendes kun driftformerne VAV og DCV



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)

En meget almindelig måde at etablere rumventilation på er ved anvendelse af loftarmaturer. Loftarmaturet kan leveres for fast indstillet luftmængde (CAV-anlæg) eller med indbygget motor, der automatisk tilpasser luftmængden (DCV-anlæg) ud fra rumtemperaturen og/eller rumluftens CO₂-indhold.

I eksemplet på side 10-11 er vist en variant, hvor et antal fast indstillede armaturer samles i en zone med et zonespjæld, som kan styres modulerende (DCV) eller i 2 trin (VAV).

Fordelen ved DCV-anlæg er muligheden for at spare energi i perioder med lav belastning (sol og/eller personer) og yderligere besparelsesmulighed ved at tillade højere rumtemperatur/CO₂-niveau i rummet, når der er Personlig Ventilation.

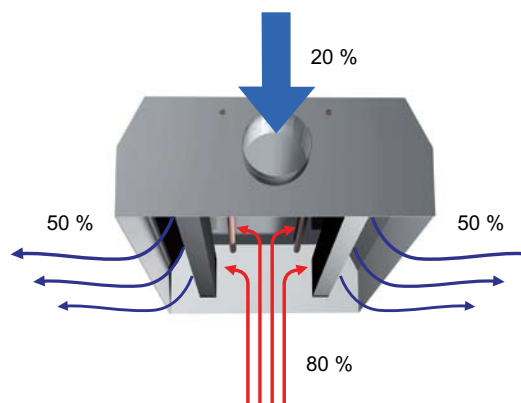
Med denne type ventilation skal hele køleeffekten leveres via den primære luftstrøm fra centralt køleanlæg/køleflade i kanalsystemet.



Loftarmaturet kan anvendes for konstant luftmængde (CAV) eller med indbygget motor for variabel luftmængde (DCV).

Ved rum med stor varmebelastning (= stort kølebehov) anvendes ofte aktive kølebafler.

Det kræver, at kølevand er tilgængeligt i bygningen f.eks. via fjernkøling eller lignende. Aktive kølebafler giver mulighed for at "levere" stor køleeffekt med små luftmængder.



Aktiv kølebaffle. Primærluften fra ventilationsanlægget ledes ind igennem og ud under loftet med stor hastighed. Herved opstår et undertryk i bafflen, hvorved rumluft "rives" med ind igennem bafflen og køles. På den måde opnås, at den cirkulerende luft via bafflen ofte er 4 – 5 gange større end primærluften, og man kan med en forholdsvis lille primærluftandel opnå stor køleeffekt af rummet.

Primærluftmængden i bafflen kan være både konstant og variabel. Rumtemperaturen reguleres via rumtemperatursensor, der styrer den cirkulerende kølevandsmængde i bafflen.

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.

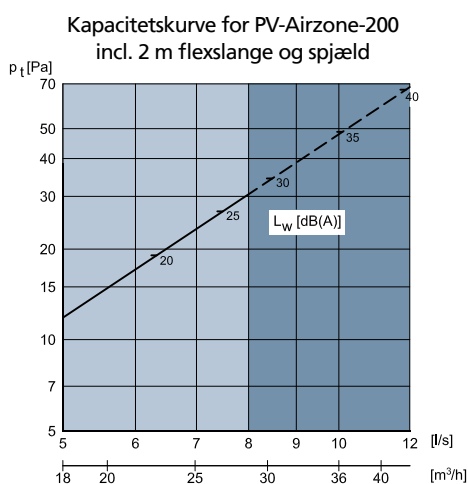
Kanaldimensionering, hurtigvalgstabel

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 der anvendes tilluftarmaturer der har nogenlunde samme tryktab som Personlig Ventila-

tionsarmaturerne (ca. 30 Pa ved 8 l/s + tryktab i tilslutningskanal/servicesøjle).

Hvis dette ikke er muligt pga. anlæggets udstrækning, bør det enten opdeles i zoner, eller der skal monteres decentral konstanttrykregulering. Lindab servicesøjle kan leveres med indbygget spjæld og konstanttrykregulering.



Lydtryksniveauet dB(A) i 0,5 meters afstand ved helfærisk 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)

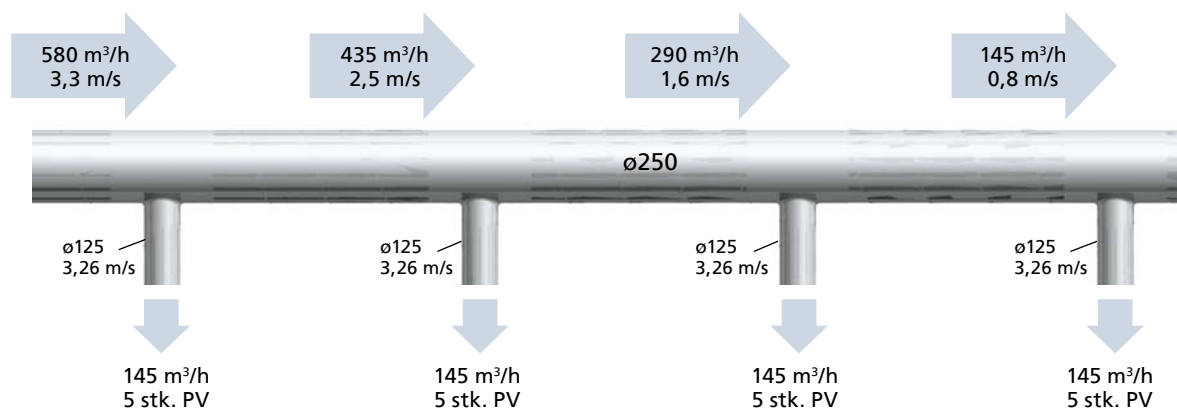
$$L_{p(A)} = L_{w(A)} - 4 \text{ dB} = 28 - 4 = 24 \text{ dB(A)}$$

■ Anbefalet område

Dimensionering af kanalsystemet. 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:

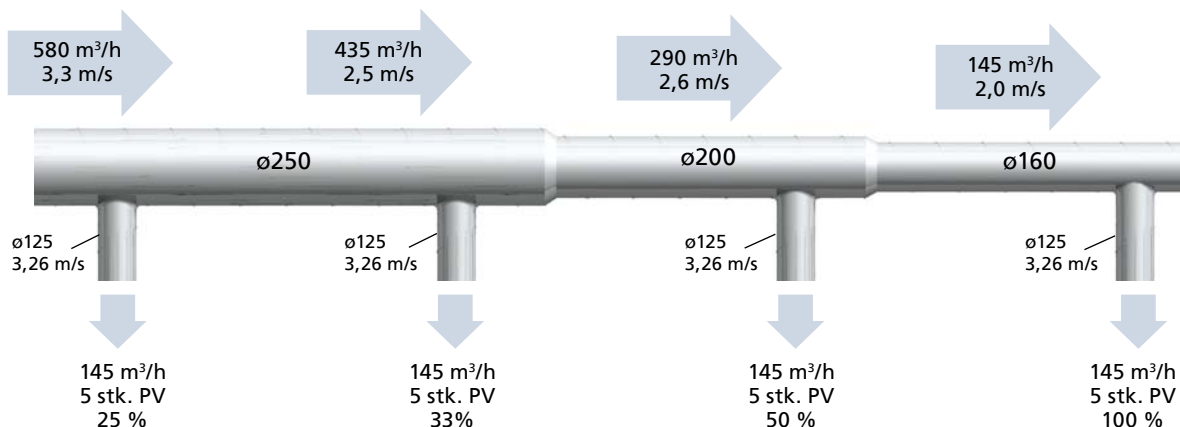
Metode 1 - Undgå dimensionsændringer af kanal
Eksempel på dimensionering af VAV/DCV-anlæg uden dimensionsændring.



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

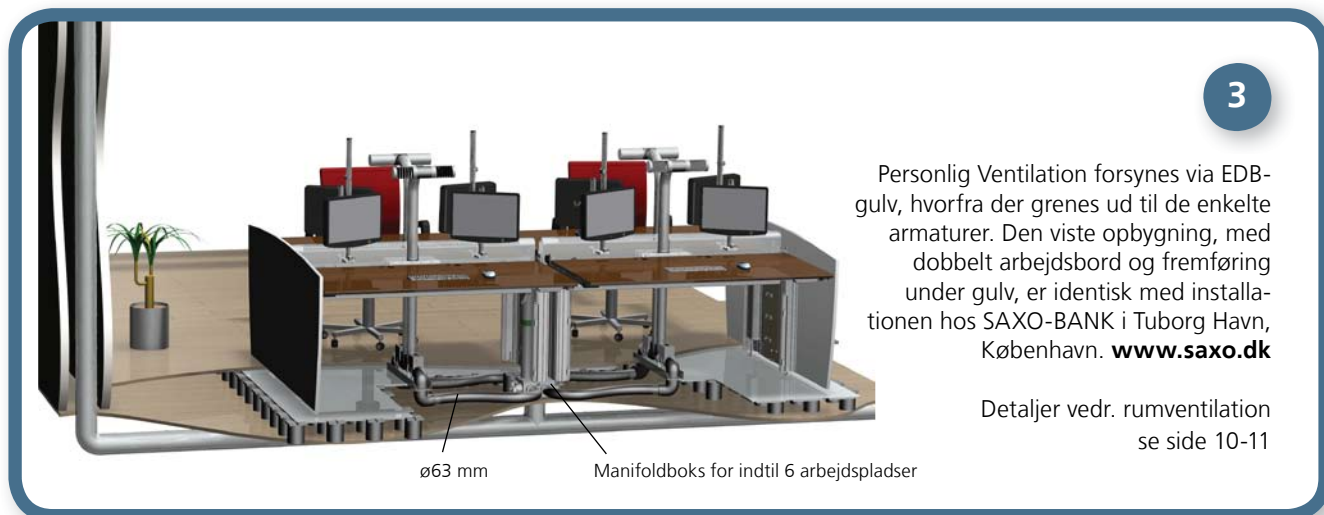
Hvis der er mange Personlig Ventilationsarmaturer på samme kanalstrækning, kan man med fordel anvende denne hurtigvalgstabel.

Kanaldimension	Antal PV-armaturer á 8 l/s	Maks. kanallængde [m]
$\varnothing 63 \text{ mm}$	1	5*
$\varnothing 80 \text{ mm}$	2	6
$\varnothing 100 \text{ mm}$	3	10
$\varnothing 125 \text{ mm}$	5	11
$\varnothing 160 \text{ mm}$	7	16
$\varnothing 200 \text{ mm}$	13	18
$\varnothing 250 \text{ mm}$	25	27
Lindab $\varnothing 100 \text{ mm}$ servicesøjle for ventilation	4	2,8
Lindab $\varnothing 125 \text{ mm}$ servicesøjle for ventilation	6	2,8
Manifoldboks $\varnothing 125 \text{ mm}$ / 4 x $\varnothing 63 \text{ mm}$	4	0,2 x 0,2 x 0,1
Manifoldboks $\varnothing 125 \text{ mm}$ / 6 x $\varnothing 63 \text{ mm}$	6	0,2 x 0,2 x 0,1

* Svarende til ca. 2,5 m fleksslange

Kanalføring til Personlig Ventilation

Fremføring af luft til Personlig Ventilationsarmaturerne kan ske på mange forskellige måder.



Temperaturregulering og trykstyring

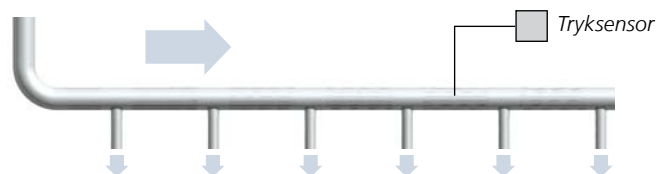
Den optimale løsning opnås ved montering af en kombineret temperatur-/CO₂-sensor i rummet (eller udsugningen), som regulerer rumventilationen, der udføres som et DCV-system. Ved Personlig Ventilation anbefales ikke lavere indblæsnings-temperatur ved personen end ca. 18 - 20 °C. Her skal man huske på 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

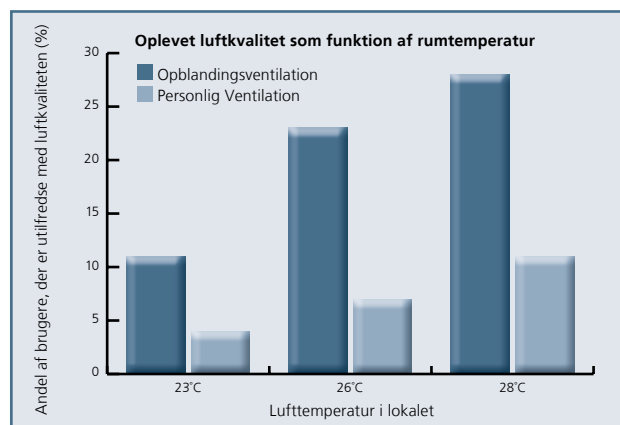


Energibesparelse med Personlig Ventilation

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 indeklima, 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.

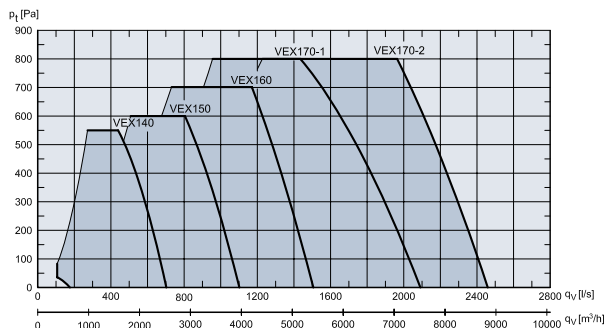
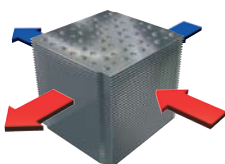
* DTU/ICIEE - International Centre for Indoor Environment and Energy - www.ie.dtu.dk

Valg af varmegenvindingsaggregat

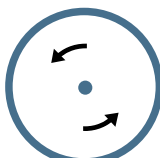
For ventilation af kontorer vil man normalt kunne anvende følgende typer varmegenvindingsaggregat:



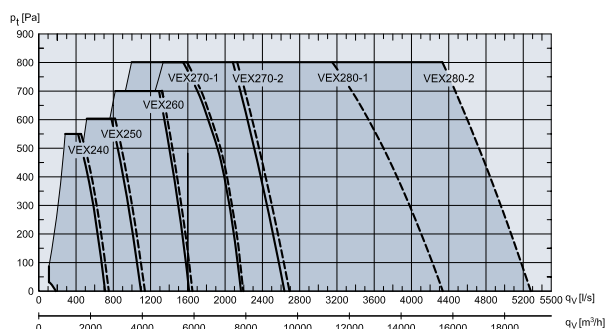
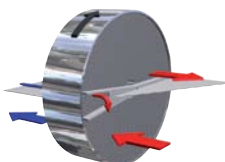
VEX100
SERIEN
KRYDSVEKSLER



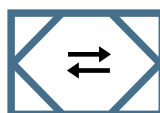
VEX100 med krydsvarmeveksler. Adskilte luftveje, lav investering, velkendt konstruktion og fornuftig temperaturvirkningsgrad. Ingen fugtgenvinding.



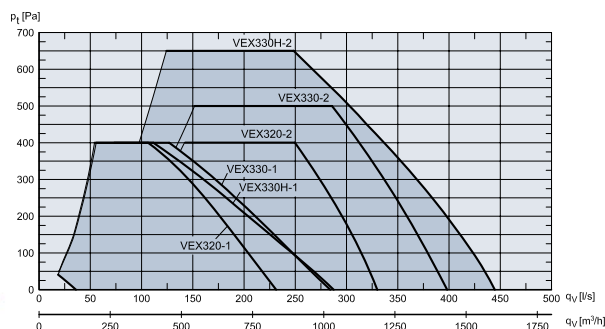
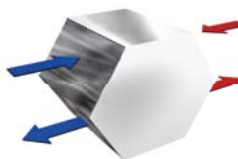
VEX200
SERIEN
ROTTERENDE VEKSLER



VEX200 med roterende veksler. Velkendt konstruktion, høj temperaturvirkningsgrad og nogen fugtgenvinding.



VEX300
SERIEN
MODSTRØMSVEKSLER

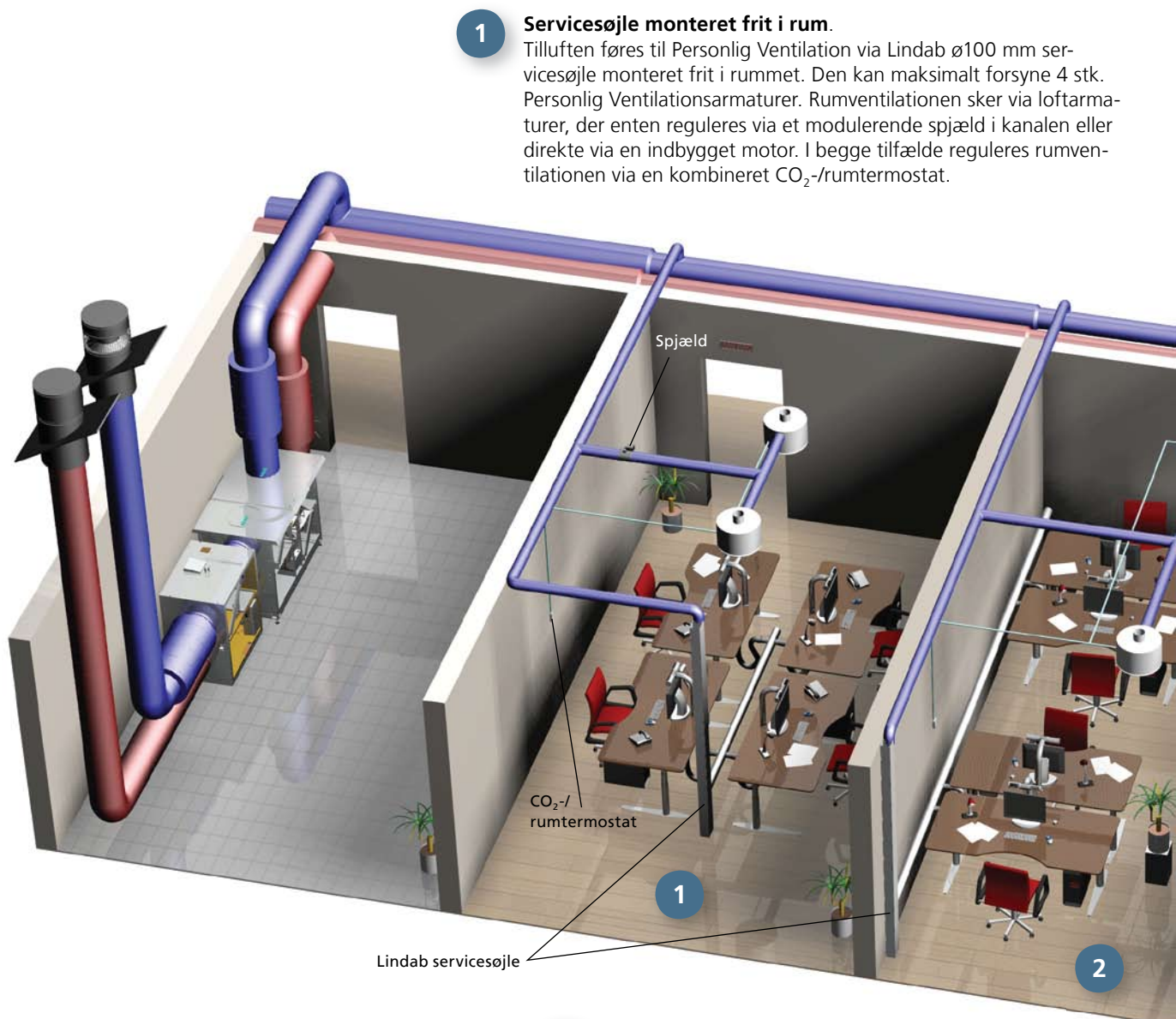


VEX300 med modstrømsveksler. Kendt princip, meget høj temperaturvirkningsgrad, ingen fugtgenvinding og adskilte luftveje.

Ventilation af kontorbygning med Personlig Ventilation

I det valgte eksempel foreslås det at anvende VEX200 med roterende varmeveksler. Dette skyldes hovedsageligt, at der om vinteren kan være et ønske om fugtgenvinding i kontormiljøer, og at aggregatet har en høj temperaturvirkningsgrad, hvilket er en stor fordel ved energirammebereg-

ning for nybyggeriet. Der skal anvendes renblæsningszone og trimspjæld i aggregatet, og det er meget vigtigt, at det indreguleres korrekt. Ved et større antal toiletter i anlæggets betjeningsområde kan det være tilrådeligt at anvende anden type varmeveksler pga. risiko for lugtoverføring.



1 Servicesøjle monteret frit i rum.

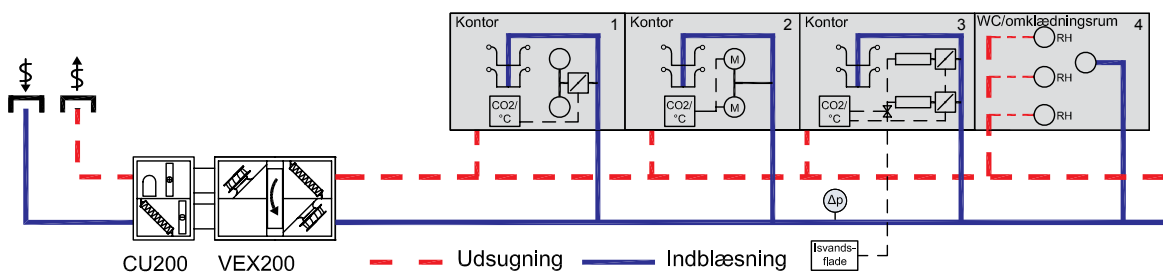
Tilluften føres til Personlig Ventilation via Lindab ø100 mm servicesøjle monteret frit i rummet. Den kan maksimalt forsyne 4 stk. Personlig Ventilationsarmaturer. Rumventilationen sker via loftarmaturer, der enten reguleres via et modulerende spjæld i kanalen eller direkte via en indbygget motor. I begge tilfælde reguleres rumventilationen via en kombineret CO₂-rumtermostat.

Teknikrum. EXHAUSTO varmegenvindingsaggregater VEX200 er meget kompakte, har et meget lavt lyd-niveau til omgivelserne og kan leveres i mange forskellige varianter, og endelig kan der tilbydes et komplet køleanlæg (plug & play), der reguleres af VEX'ens automatik.

Det skal bemærkes, at man normalt ikke har både et CU200 køleanlæg og aktive kølebafler.

2 Servicesøjle monteret på væg.

Tilluften føres til Personlig Ventilation via Lindab ø125 mm servicesøjle. Den kan maksimalt forsyne 6 stk. Personlig Ventilationsarmaturer. Rumventilationen sker via loftarmaturer, der enten reguleres via et modulerende spjæld i kanalen eller direkte via en indbygget motor. I begge tilfælde reguleres rumventilationen via en kombineret CO₂-rumtermostat.

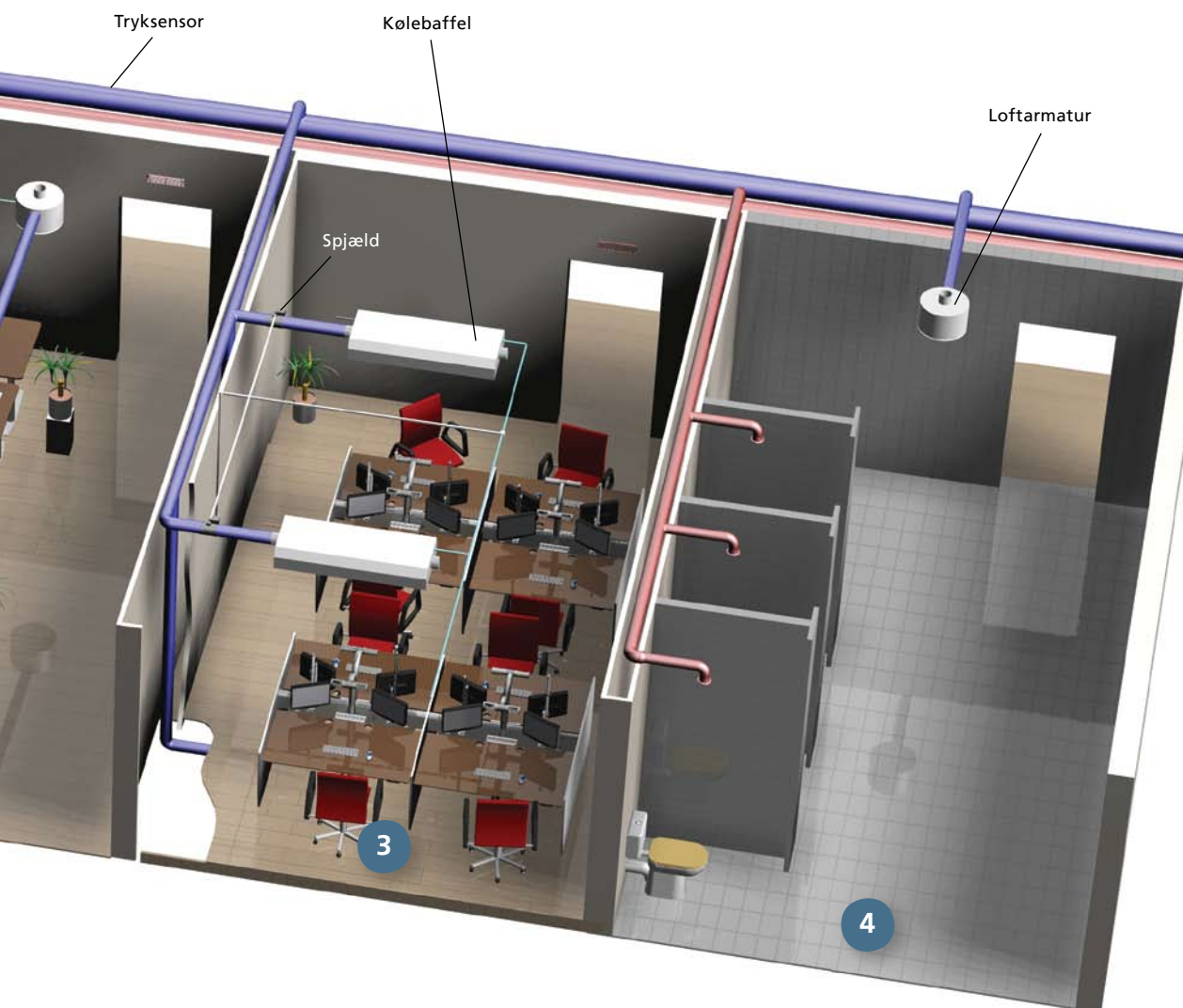


3 Via EDB-gulv. Personlig Ventilation forsynes via EDB-gulv, hvorfra der grenes ud til de enkelte armaturer. Personlig Ventilation styres individuelt.

Rumventilationen sker via aktive kølebafler i loftet. Rumventilationen reguleres via CO₂-sensor og rumtemperaturen reguleres via temperatursensor, der styrer vandmængden i kølebaflerne.

4 Toilet og omklædningsrum. Ventileres ofte via det centrale ventilationsanlæg. Luftmængden kan være konstant eller variabel via fugtstyrede udsugningsarmaturer.

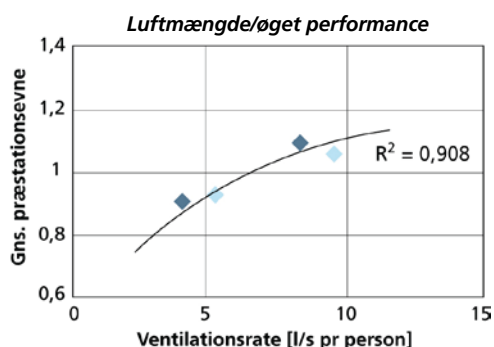
Ved et større antal toiletter i anlæggets betjeningsområde kan det være tilrådeligt at anvende anden type varmeveksler (end VEX200) pga. risiko for lugtoverføring.



Hvorfor Personlig Ventilation

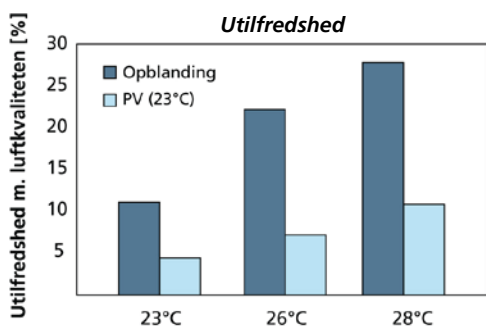
Som forsker på Danmarks Tekniske Universitet – DTU i afdelingen for Indeklimaforskning – ICIEE, har prof. Arsen Melikov arbejdet med Personlig Ventilation de sidste ca. 10 år.

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 %.

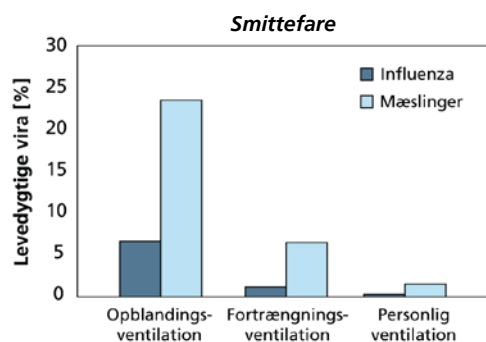
Er det ikke dyrt at have en større luftmængde pr. person? Nej, undersøgelser viser, at omkostningerne til drift og vedligehold af de tekniske installationer i bygningen kun udgør ca. 1 % af de samlede omkostninger til en medarbejder og dennes arbejdsplads når løn, afskrivning af bygning osv. medregnes.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