

reDuCeVentilation

**Reduced energy use in Educational buildings with
robust Demand Controlled Ventilation**

Mads Mysen

reDuCeVentilation

Formål:

- Utvikle og formidle konsepter med robust behovsstyring
- Spre kunnskap om energisparepotensialet
- Produsere beregningsverktøy som dokumenterer energisparepotensialet tilfredsstillende i forhold til norske byggeforskrifter
- Utvikle kravspesifikasjon og innreguleringsprotokoll som er tilpasset behovsstyrt ventilasjon i skoler

reDuCeVentilation

- Aktive partnere som delfinansierer:

VKE, Skanska, Oslo Undervisningsbygg KF, Optosense

- Andre partnere:

SINTEF Byggforsk, NTNU, HiO, DTU

reDuCeVentilation

Formål:

- Utvikle og formidle konsepter med robust behovsstyring
- Spre kunnskap om energisparepotensialet
- Produsere beregningsverktøy som dokumenterer energisparepotensialet tilfredsstillende i forhold til norske byggeforskrifter
- Utvikle kravspesifikasjon og innreguleringsprotokoll som er tilpasset behovsstyrt

Ventilasjon = behovsstyrt ventilasjon!

Behovsstyring: Stram behovsstyring av oppvarming, ventilasjon, lys og utstyr er helt avgjørende for å få et reelt lavt energibehov, spesielt for yrkesbygg

Lavenergiprogrammet: Kunnskapsbehov for å innførepassivhus som standard

- Installasjoners energibruk må behovsstyres
- Ventilasjon og belysning – størst potensial

Krav i nye bygg fra 2015

Krav ved rehabilitering fra 2020

På sikt krav til behovsstyrt energibruk i alle (også eksisterende) bygg

Hvorfor behovsstyrt ventilasjon!

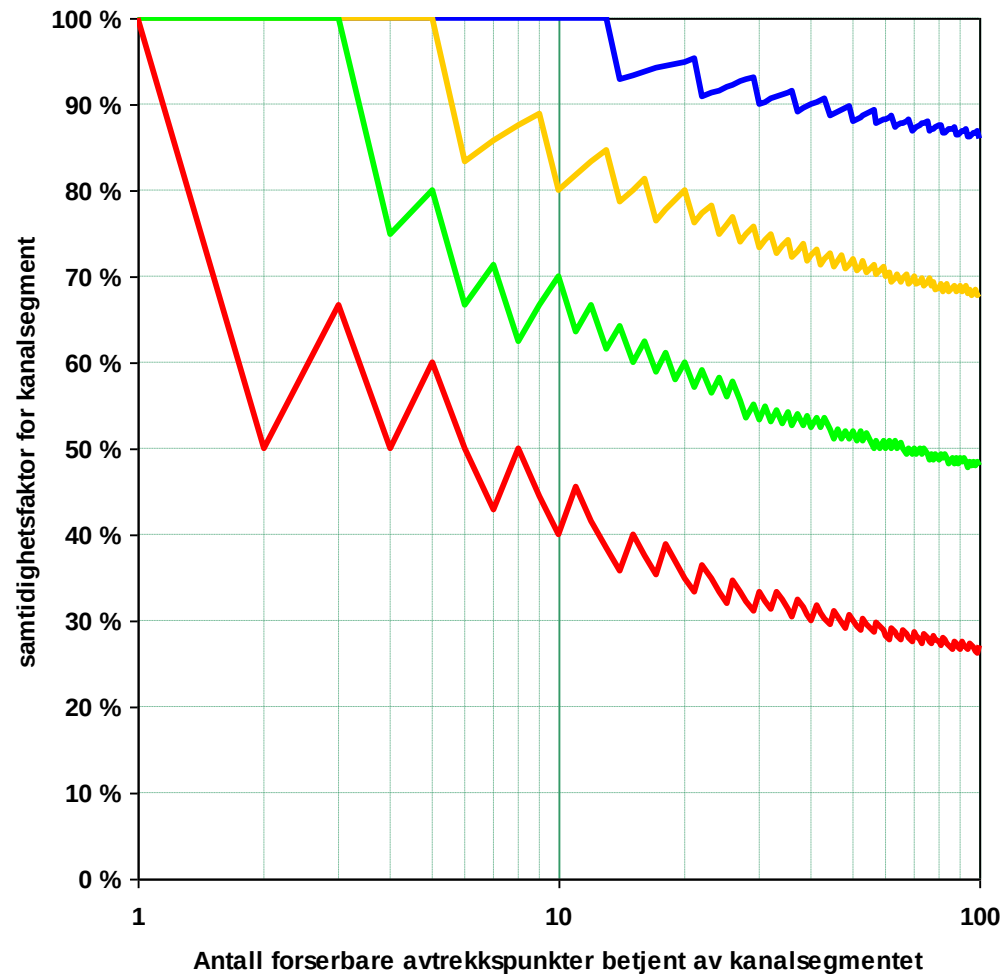
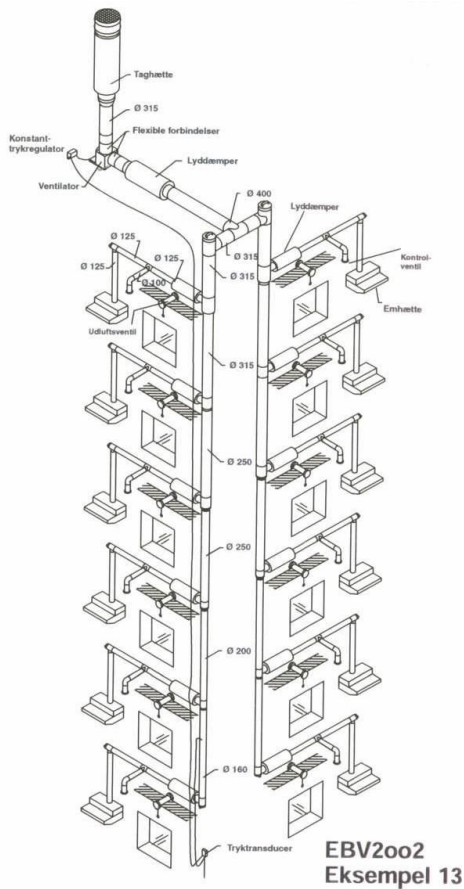
Hva vi ønsker:

- Energi
- Kostnader
- Mindre areal – teknisk rom
- Inneklima
- Hovedføringer
- Fleksibilitet
- Ombygging – tilstrekkelig kapasitet i eksisterende kanalnett

Hva vi får:

- Økt risiko for problemanlegg
- Anlegg som ikke virker uten at noen vet hvorfor
- Komplisert å drifte

Dimensjonering for samtidighet ved VAV — dimensjonerende luftmengde



Sannsynlighet for bruk av
forsering i et avtrekkspunkt

- 80 %
- 60 %
- 40 %
- 20 %

Bruk Excel funksjonen **GRENSE.BINOM(a,b,c)**

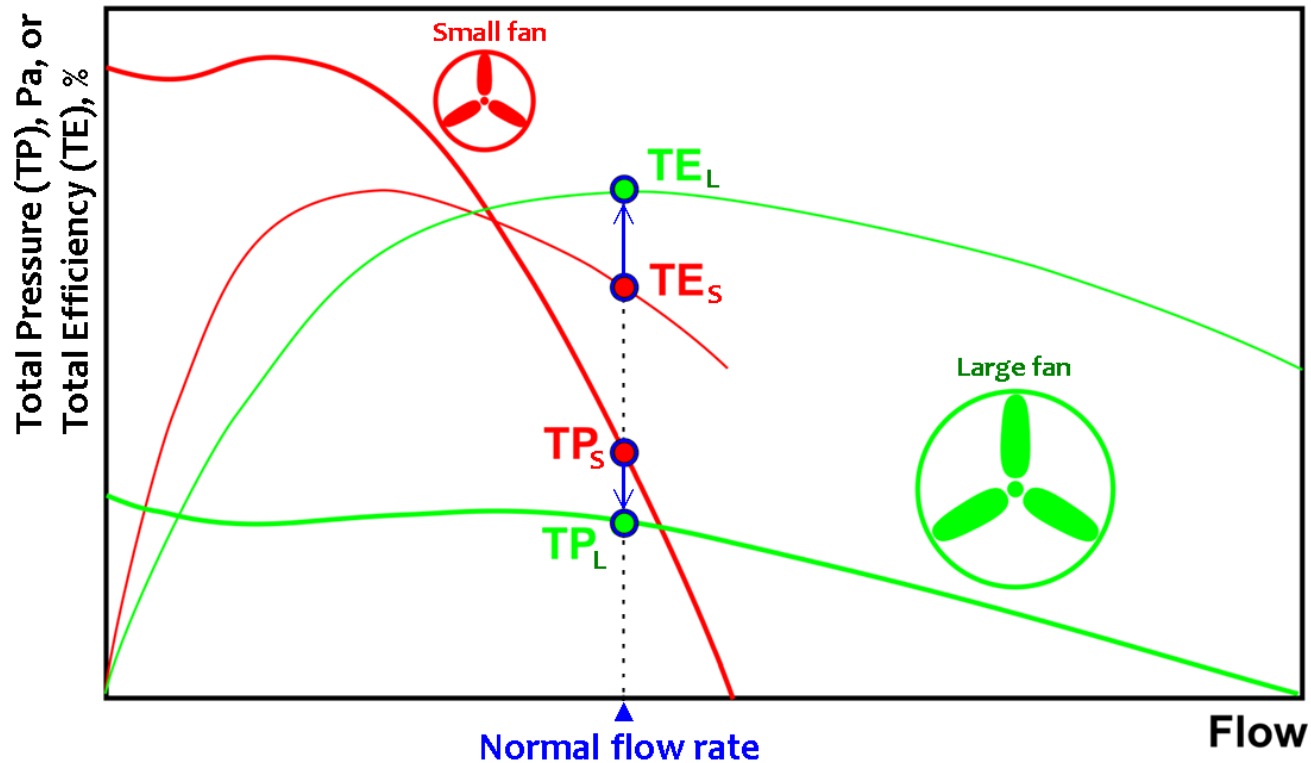
parameter a "Number of Bernoulli trials" er antall ventiler/spjeld med mulighet for forsering

parameter b "Probability of success of each trial" er sannsynlighet for forsering av de enkelte avtrekkssetter/bad

Samtidighet

- Maksimal antatt samtidighet
- For dimensjonering av anlegget
 - Areal eller antall enheter - Type bruker
 - 60 – 100%
- Antatt brukssamtidighet
- For energiberegninger
 - Areal eller antatt enheter –
 - Snitt for bygningskategorien
 - Tilstedeværelse: 30% - 50%
 - Luftmengde: 40 – 60%

Velg vifte i forhold til normal driftstilstand



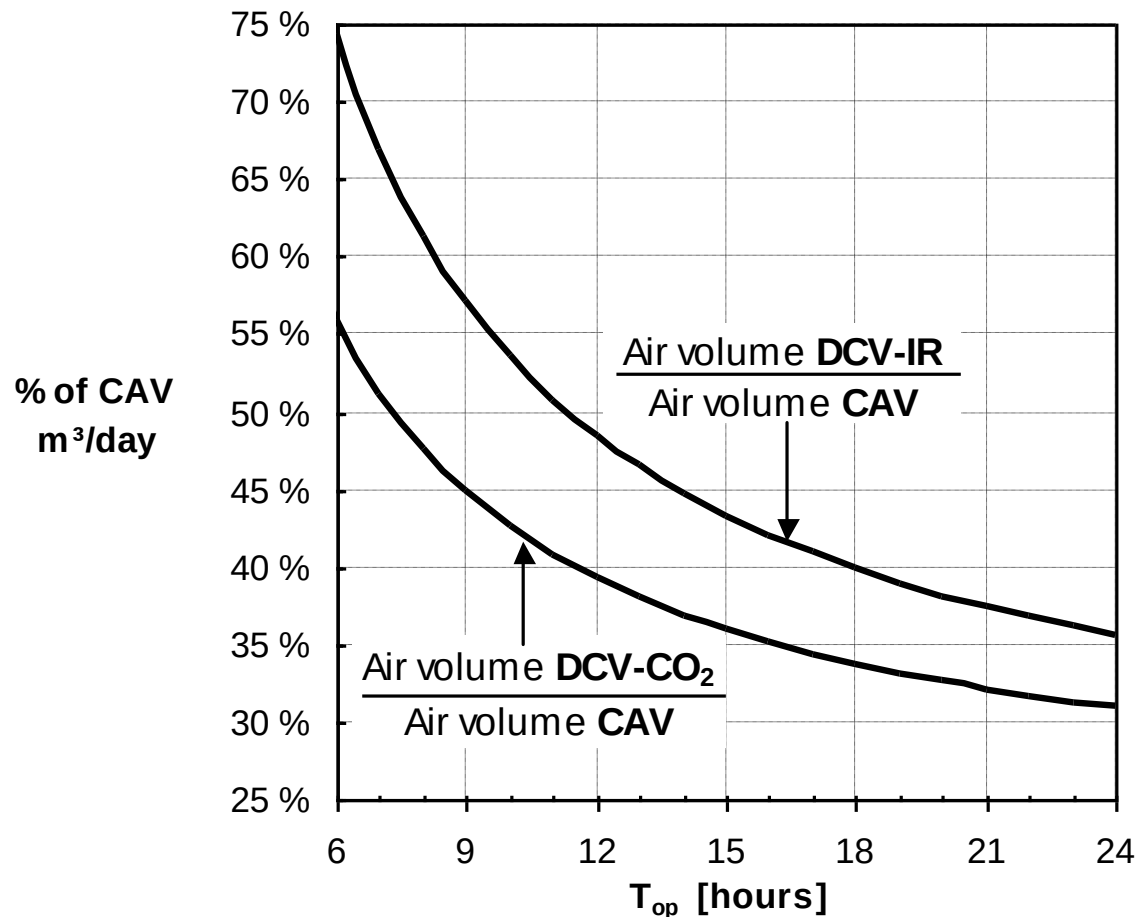
Potential - Inspection of 157 classes

	Mean	Min.	Max.	Standard deviation
Pupils assigned to the class	22.3	13.0	28.0	3.5
Pupils present during inspection	20.9	13.0	28.0	3.6
Teachers present during inspection	1.3	1.0	3.0	0.5
Floor area of classroom [m ²]	61.5	43.0	93.0	8.2
Volume of classroom [m ³]	190.0	150.0	285.0	31.0
t_{use} - Use of classroom during inspection day [h]	4.0	3.0	5.0	0.4

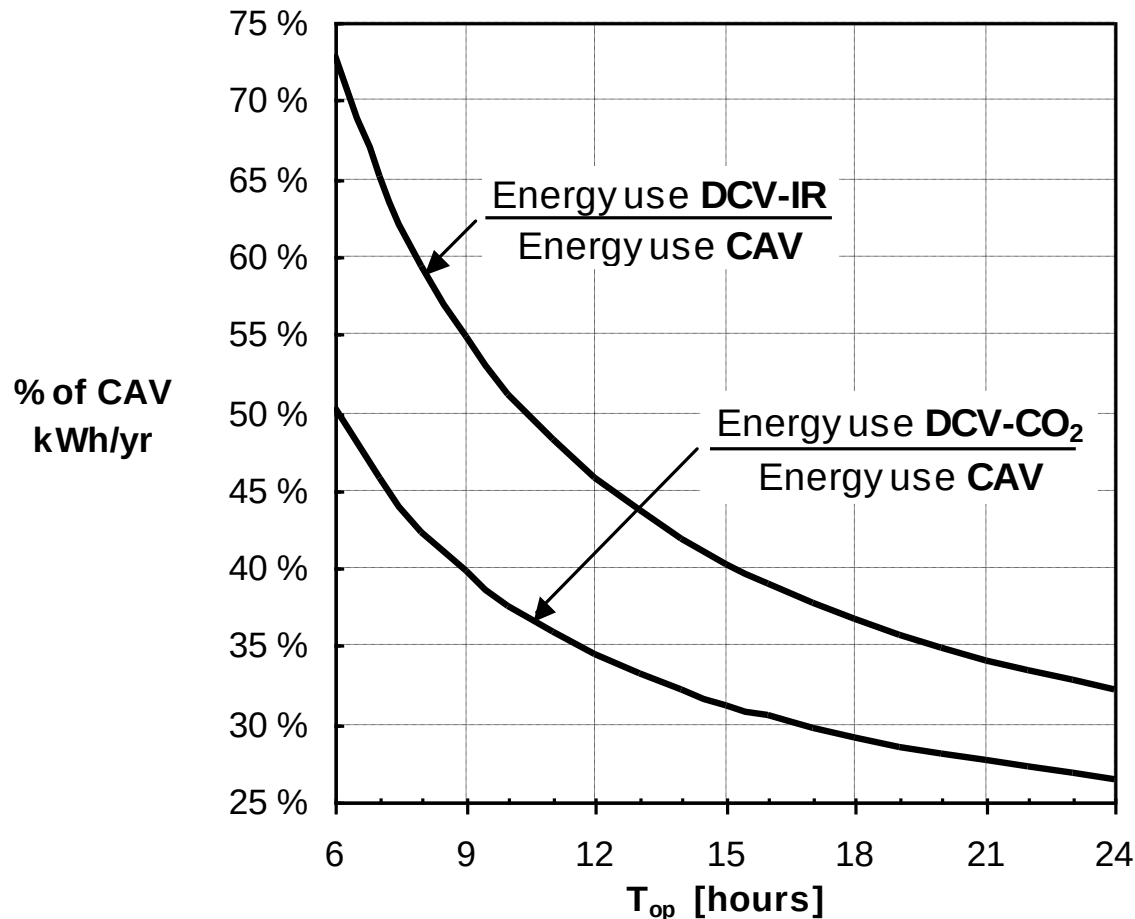
Ventilation control strategies

- CAV: 30 occupants - 7 $\ell/\text{s}\cdot\text{person}$ and an additional 1 $\ell/\text{s}\cdot\text{m}^2$
- DCV-CO₂: Actual number of occupants. The ventilation rate is then increased and regulated to keep the CO₂ concentration at a steady state level of 900 ppmv. Minimum airflow of 1 $\ell/\text{s}\cdot\text{m}^2$ when the CO₂-level is less than 700 ppm.
- DCV-IR: (30 occupants - 7 $\ell/\text{s}\cdot\text{person}$) plus an additional 1 $\ell/\text{s}\cdot\text{m}^2$. Minimum airflow - when the classroom is unoccupied. Design airflow when the classroom is in use.
- Fan energy and heating energy

AHUs operation period and ventilating air volume in % of CAV



AHUs operation period and energy use in % of CAV



Ventilation control and energy use

- 74% of classrooms max capacity used
- 4 hours use for school activities

Operation time 12h

- CAV 100% energy use or 50 kWh/m²
- DCV-IR 51% or 26 kWh/m²
- DCV-CO₂ 38% or 19 kWh/m²

Energieeffektiv behovsstyring

$$SFP = \frac{\Sigma P}{q_v} \quad SFP = \frac{\Delta p_{tot}}{\eta_{tot}}$$

SFP

$$\Delta p_{12} \approx k \cdot v^n$$

Ventilasjon: $n \approx 1.65$

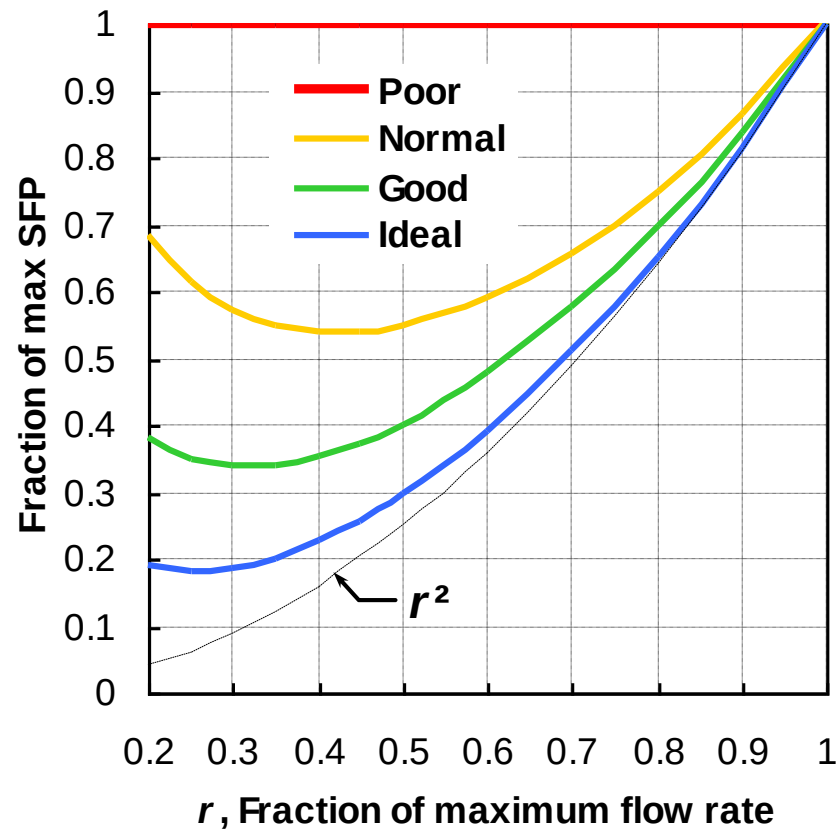
η_{tot}

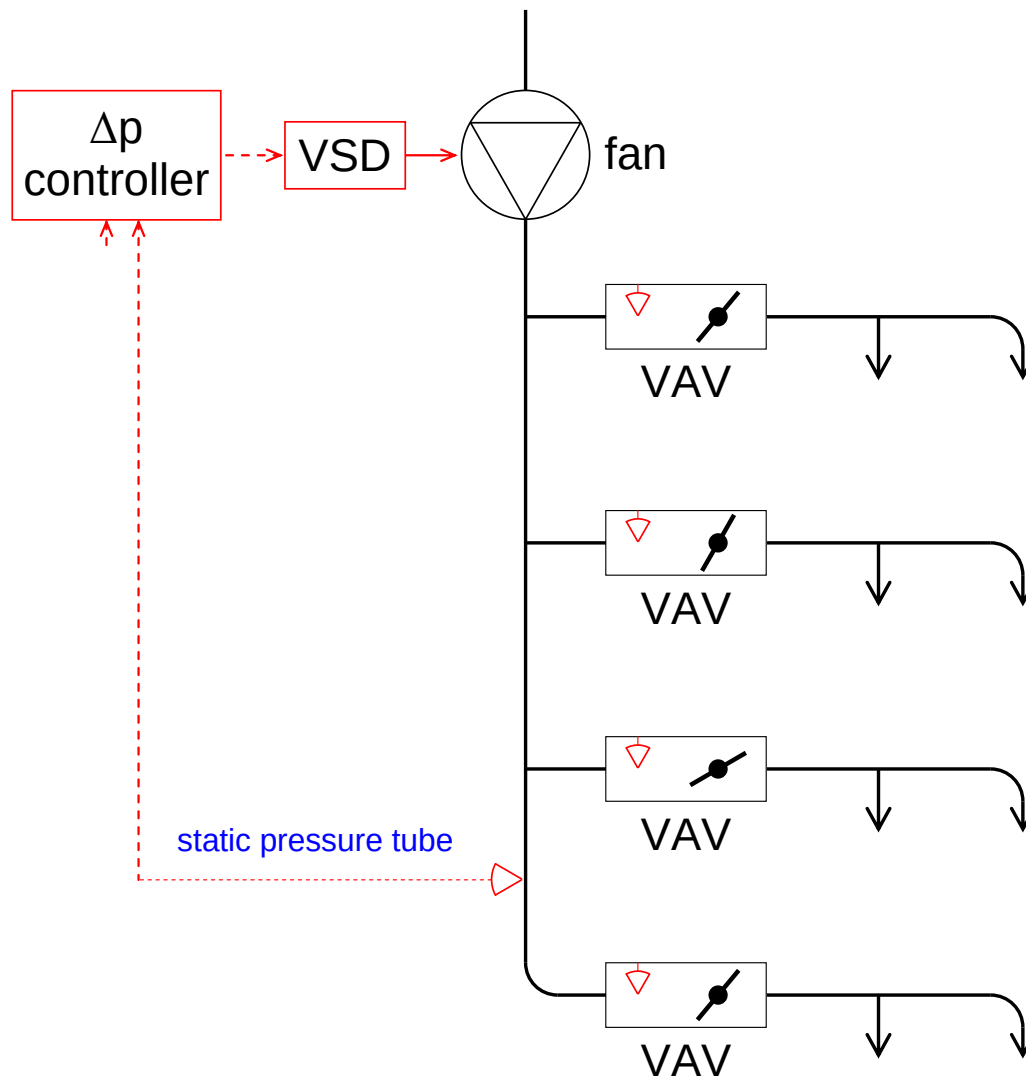
Blir mindre ved lave luftmengder!

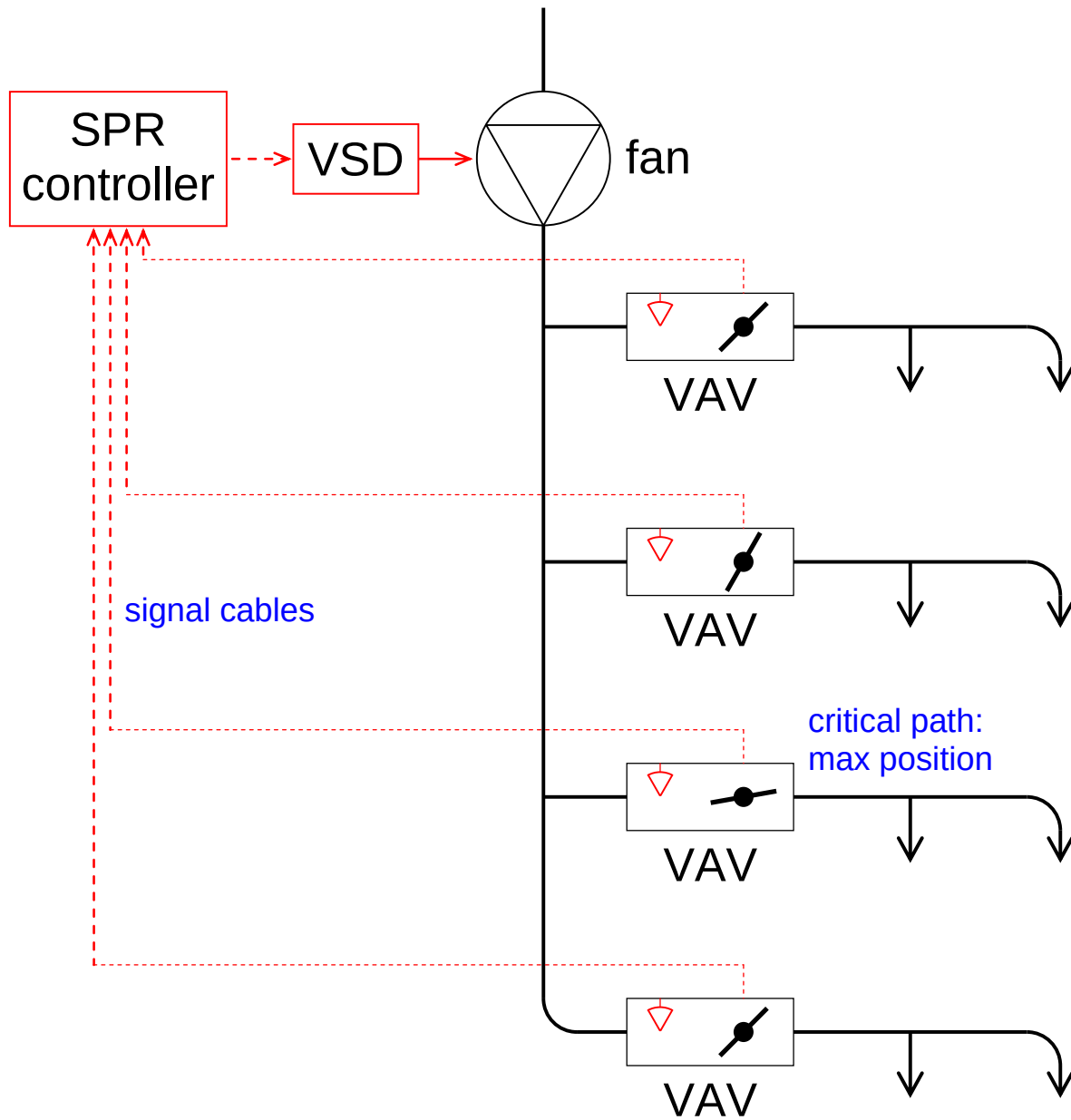
SFP og VAV

$$\overline{SFP}_e = \frac{\sum_{i=1}^N (\Sigma P_i \Delta t_i)}{\sum_{i=1}^N (q_{v,i} \Delta t_i)} = \frac{\sum_{i=1}^N (SFP_{e,i} q_{v,i} \Delta t_i)}{\sum_{i=1}^N (q_{v,i} \Delta t_i)}$$

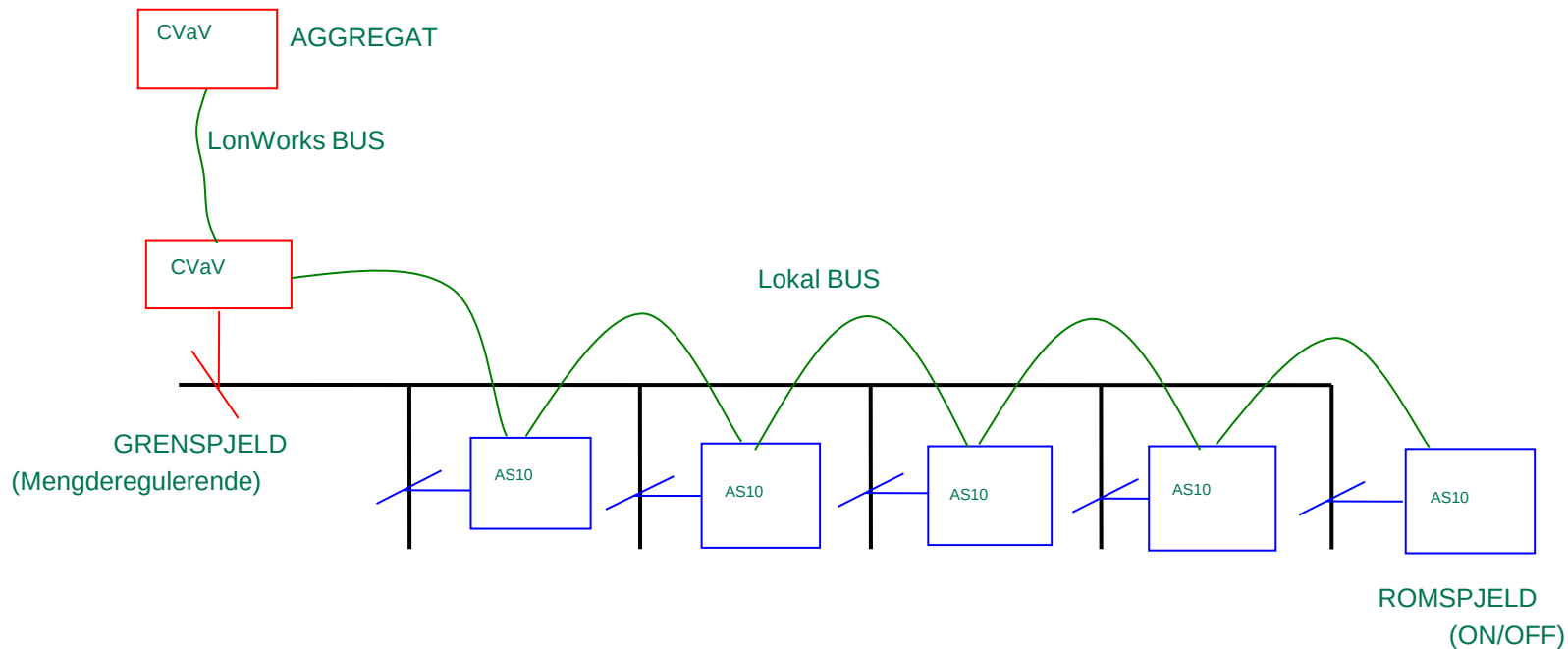
$$\eta_{tot} \cdot SFP = \Delta p_{tot}$$







DBV - Digital Behovstilpasset Ventilasjon



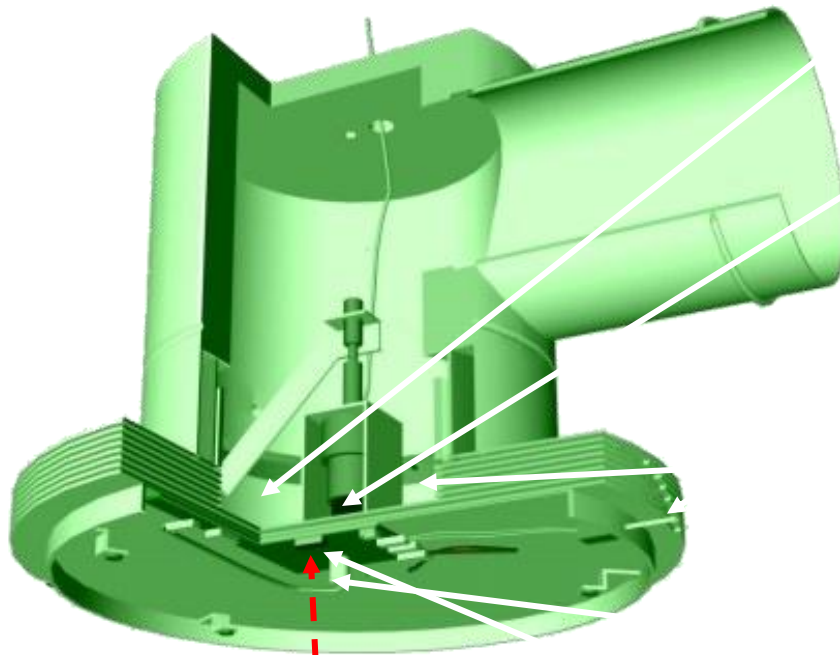
DBV er et gjennomført **mengdestyrt** system

Fra romnivå til ventilasjonsaggregatet!

Utnytter Bus-teknologi

IDCC

Inbyggda givare



○ Tryck / flöde



○ Öppningsgrad

○ Rumstemperatur



○ Kanaltemperatur

○ Rörelse



○ IR-Länk

Rask endring - oppdatert kompetanse

Alle ledd: Bestiller – rådgiver - entreprenør – leverandør –
"kontrollør" – drift – myndigheter – forskere

Spesielt for skoler – driftskompetanse

Tips:

Velg en rådgiver som gjennom referanseanlegg
dokumenterer god kompetanse på behovsstyring

Ansvar

Ved innkjøp:

Ha klar ansvars plassering for total funksjon

Ved drift av skoler:

Drifts- og vedlikeholdssansvar som ikke er underlagt skolens administrasjon (fokus på pedagogiske mål)

Krav – dynamiske systemer

Bruk komponenter slik at funksjonen kan kontrolleres, som måling av energibruk til ventilasjon, eller mulighet til å lese av spjeldstillinger

Still krav til maksimal samtidighet og bruk av vifter/motor som er tilpasset normal samtidighet.

Still krav til at styringen ikke gir unødvendig struping langs den kanelveien som til enhver tid blir dimensjonerende for trykkfallet i anlegget

Kommunikasjon

Samvirkende systemer må kommunisere

Åpne/standard kommunikasjonsprotokoller

Alle "prosesser" og signaler leses og styres fra felles SD-anlegg

Sluttkontroll av "Ikke faste verdier"

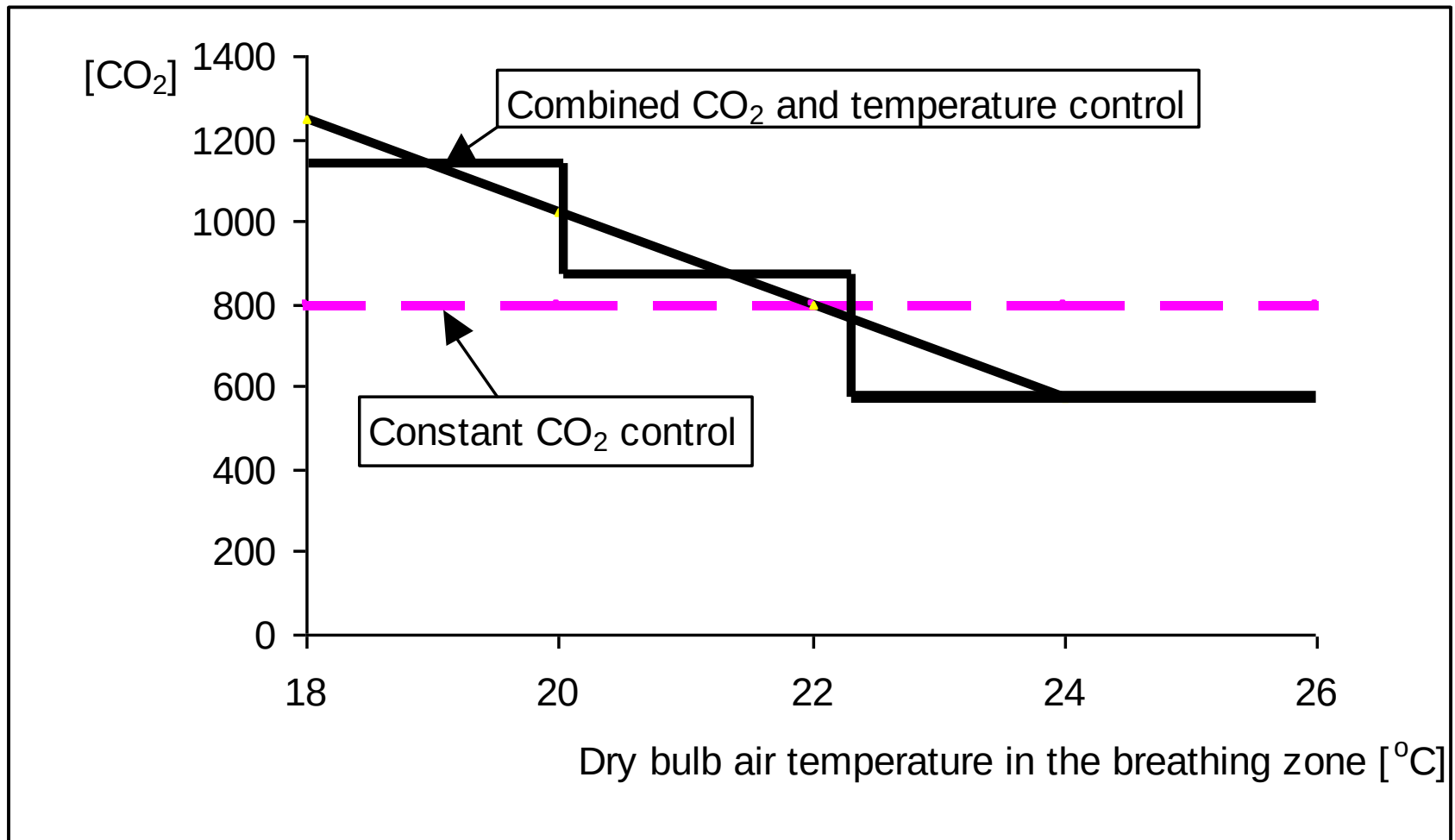
Grundig sluttkontroll ved overlevering på systemnivå og romnivå – sikre at anlegget fungerer

- Innreguleringsprotokoll som er tilpasset behovsstyrte anlegg
- Er totalluftmengden er tilfredsstillende
- Får alle rom riktig maksimal og minimal luftmengde ved definerte normale driftstilstand
- Arbeider VAV-spjeldene i en gunstig spjeldposisjon
- Er viftedriften god ved normal og minimal driftstilstand
- Er alle kablingsfeil funnet og korrigert.

Ha en på forhånd avtalt økonomisk konsekvens for entreprenør ved eventuelle avvik fra krav, for eksempel relatert til økt energikostnad gjennom driftstiden

Sensorer

- Temperatur
- Tilstedeværelse
- CO₂
 - Multigass
 - Kunstig nese



CO₂- Sensorer

Komfortventilasjon - (NDIR) ikke dispersive infrarøde sensorer

Beer-Lamberts lov: IR-lys med bølgelengde 4,26 μm dempes proporsjonal med tettheten av CO₂-molekyler i luften



Kilde: Wuhan Cubic Optoelectronics Co.,Ltd?

Styring med sensorer

Konsentrasjonen i uteluft varierer mellom 325 og 400 ppm (lokalisering, tidspunkt, lufttrykk og temperatur).

I tillegg vil CO₂-nivået ute være rundt 5 % høyere vinterstid enn sommerstid på grunn av årsavhengig variasjon.

Behovsstyrer etter en kontinuerlig målt differanse mellom CO₂-nivå ute og inne

Uteføleren bør stå i tilnærmet samme termiske miljø som inneføleren

Bruker man sensorer som selvkalibrerer (se egen faktaboks om sensorer) må inne- og ute-sensorer være av samme type og ha samme selvkalibreringsprosedyre.

Sensorer

- Sensitive - trykk, temperatur og fuktighet avh. av blant annet teknologi og materialvalg.
- Målenøyaktigheten påvirkes over tid slik at det er behov for jevnlig kalibrering for de fleste av sensorene.
- Effekten av aldring av lyskilde og elektronikk avh måleprinsipp, materialvalg og omgivelser.
- Flere sensorleverandører angir levetid > 15 år

Sensortyper

- Single-lamp single wavelength
- Dual-lamp single wavelength
- Single-lamp dual wavelength
- Single-lamp triple wavelength

Hvordan sikre sensorkvaliteten?



Kilde: Wuhan Cubic Optoelectronics Co.,Ltd?

- 40 % av 208 sensorer hadde for stort avvik
- 15 sensortyper– ingen var iht egen spesifikasjon
- Bedre målenøyaktighet – redusert energibruk
- CO₂-styring fungerer, men kan blir bedre!
- Data ikke sammenlignbar

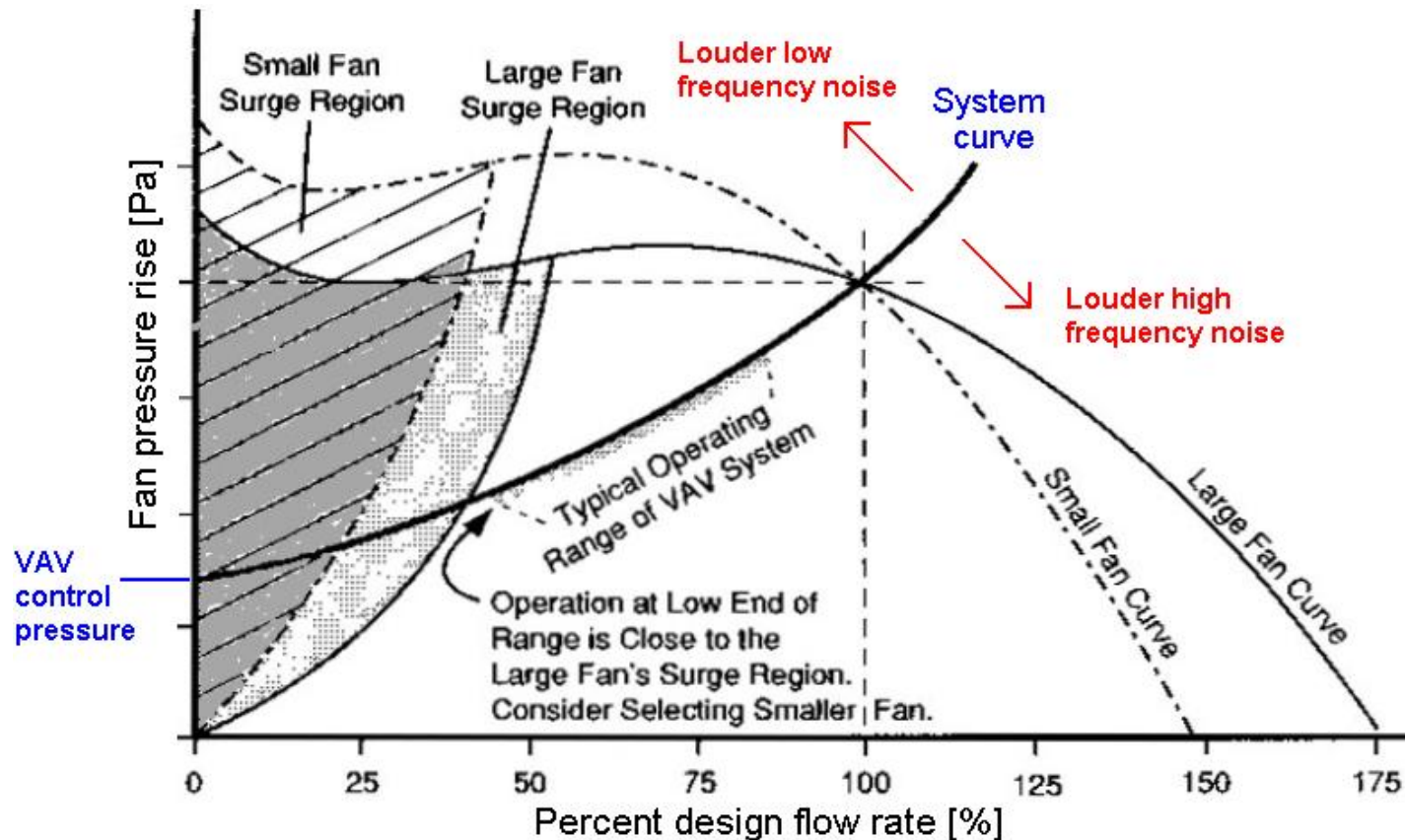
Er vi forberedt?

TEK10 – krav til ventilasjon utenom brukstid – $0,7 \text{ m}^3/\text{hm}^2$

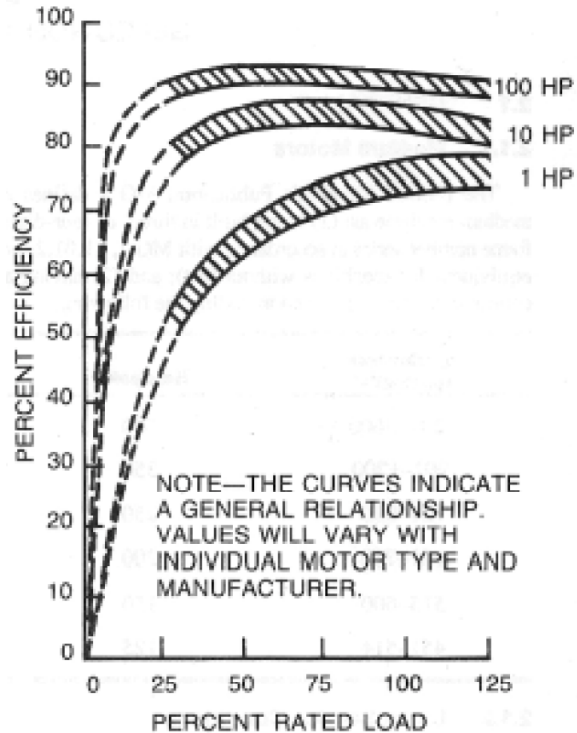
Hvem kan levere anlegg som fungerer utenom brukstid?

EU Parliament: net zero energy - existing buildings by 2020

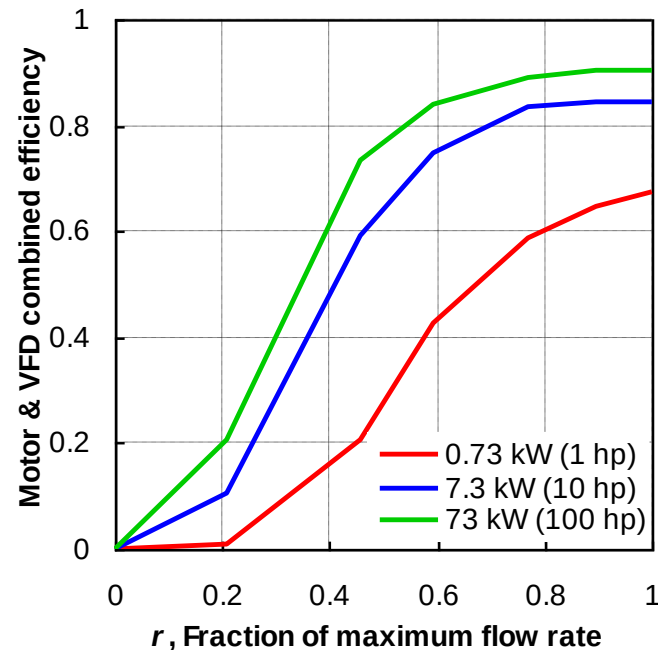
VAV - Viftens driftsområde



Virkningsgrad ved lav belastning



3-fase motorer



AC motor med
direktedrift