

Innregulering og overlevering av behovsstyrt ventilasjon

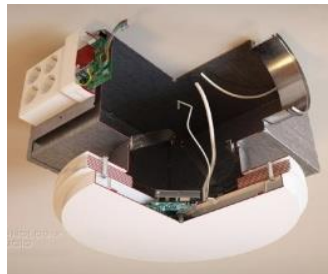
2013-11-19

Peter G. Schild
Seniorforsker, SINTEF
Postdoc, HiOA



Vi må ta hensyn til mangfoldet av løsninger

Ulike VAV-enheter

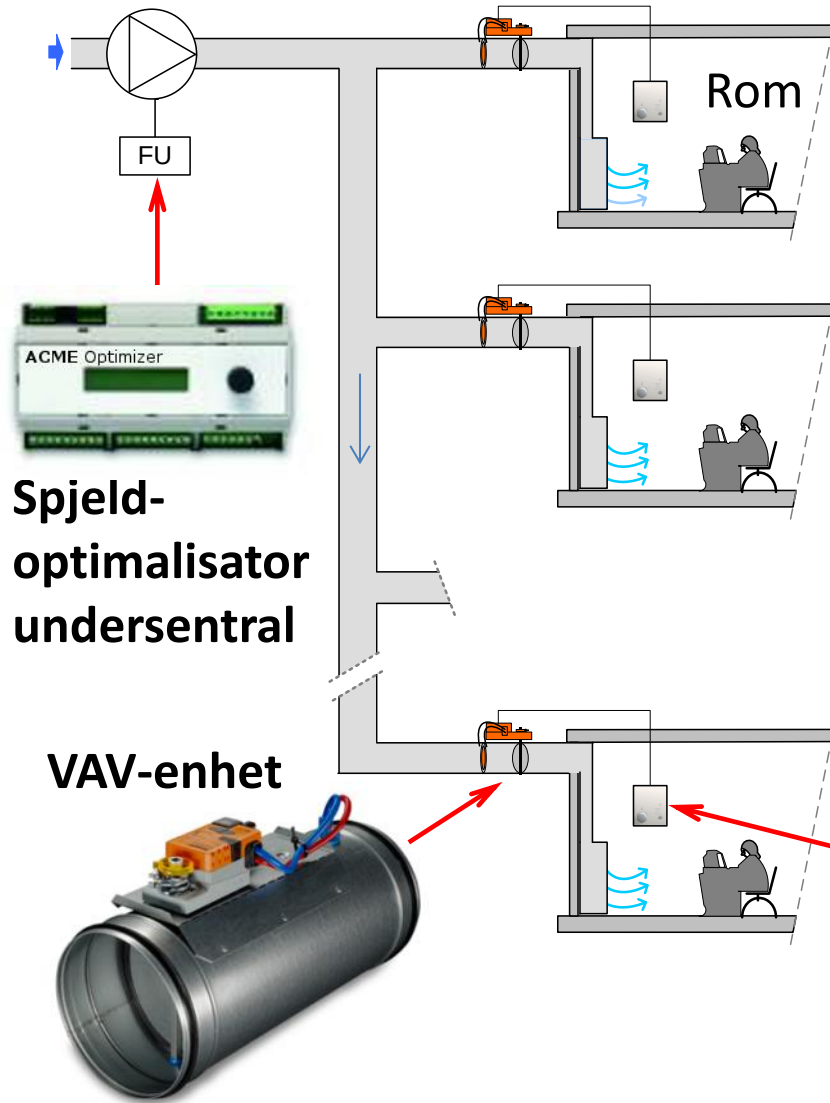


Ulike former for styring (US og PLS)

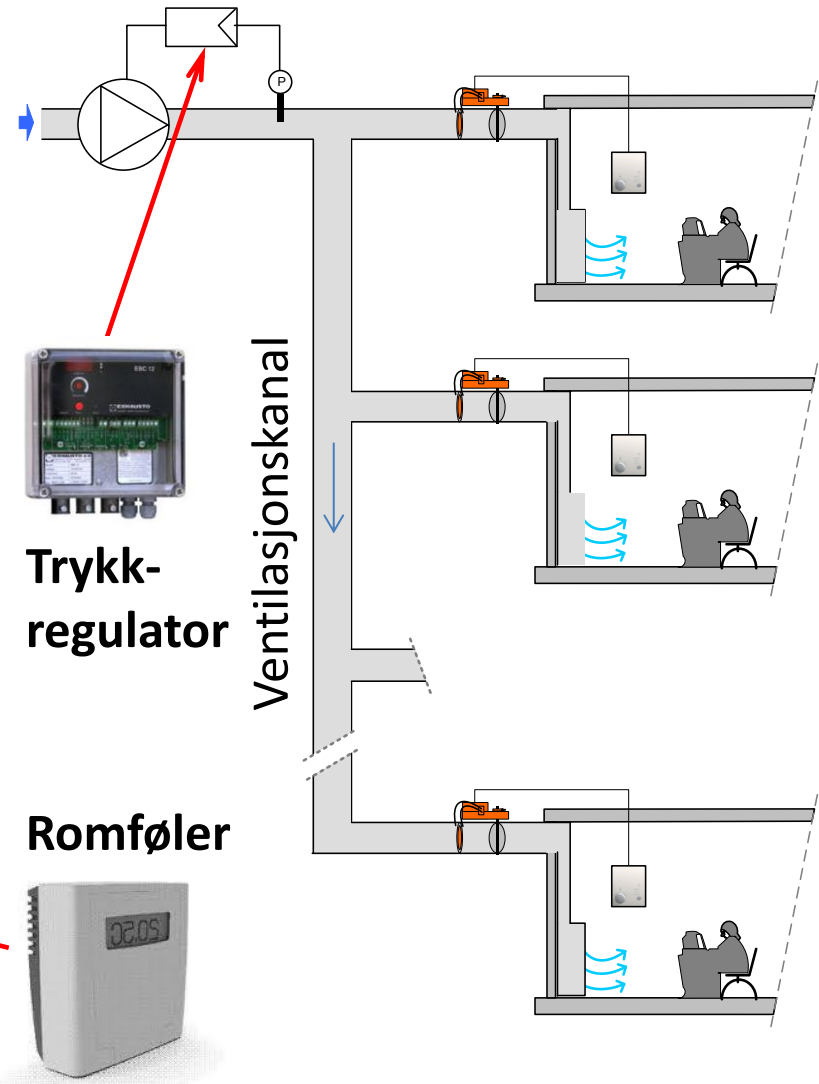


Vi trenger innreguleringsmetoder for ulike systemer

Spjeldoptimalisert anlegg



Trykkstyrt anlegg



Innregulering og overlevering

- Hva er problemet ?
- Viktige arbeidsoppgaver før innregulering og belastningstest
- Innregulering
- Overlevering: Belastningstest & SFP

Et eksempel fra virkeligheten...

Høgskolen i Oslo & Akershus, Pilestredet 35



Typiske feil

- For høyt trykk-sett-punkt for viftestyring
- Trykkgiver: Feil valg, plassering, skade pga. f.eks. høyt trykk, overspenning
- Ugunstig plassering av VAV-enheter som gir måleavvik
- Overdimensjonert VAV-enhet, ikke kan måle lave luftmengder
- Underdimensjonert VAV-enhet eller ventil: Ikke nok luft
- Polaritetsfeil i strømforsyning
- Adresseringsfeil (vekslet, i feil rom)
- Feil i luftmengdemåler (slitasje, løs slange, målekors eller trykkgiver blokkert med støv)
- Romføler: Ugunstig plassering i rom, kalibreringsavvik, tidsforsinkelse.

*Man kan forvente at anlegg har avvik ved overlevering!
Videre vil nye avvik oppstå i driftsfasen!*

Innregulering av moderne VAV-enheter

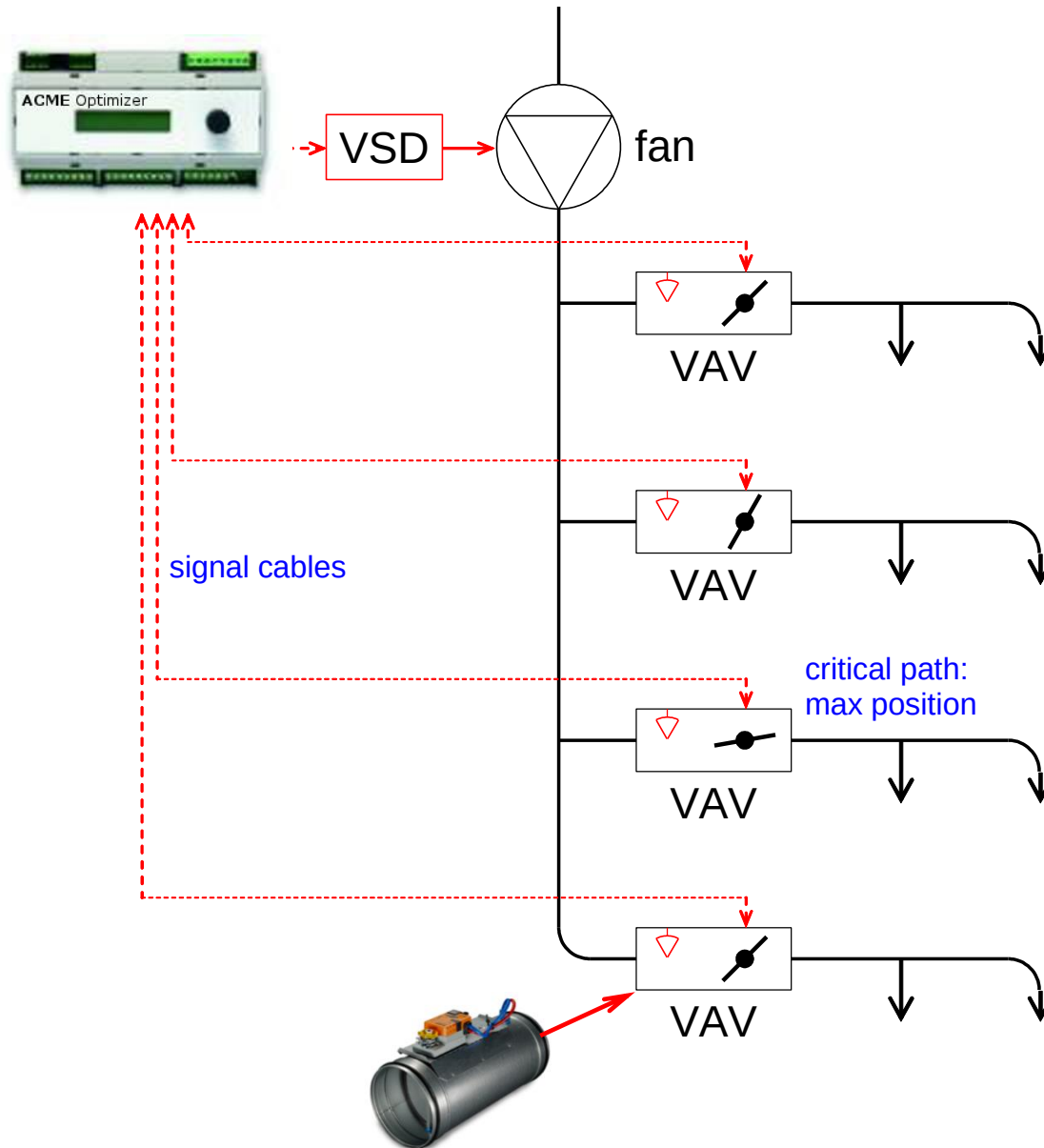


- Noen produsenter har enkle håndholdte verktøy (ev. mobil-apps) for innregulering
- Innjustering av minimum og maksimum luftmengde
- Innreguleringen av hver VAV-enhet tar kort tid

Spjeldoptimalisert system = Selvinnregulerende

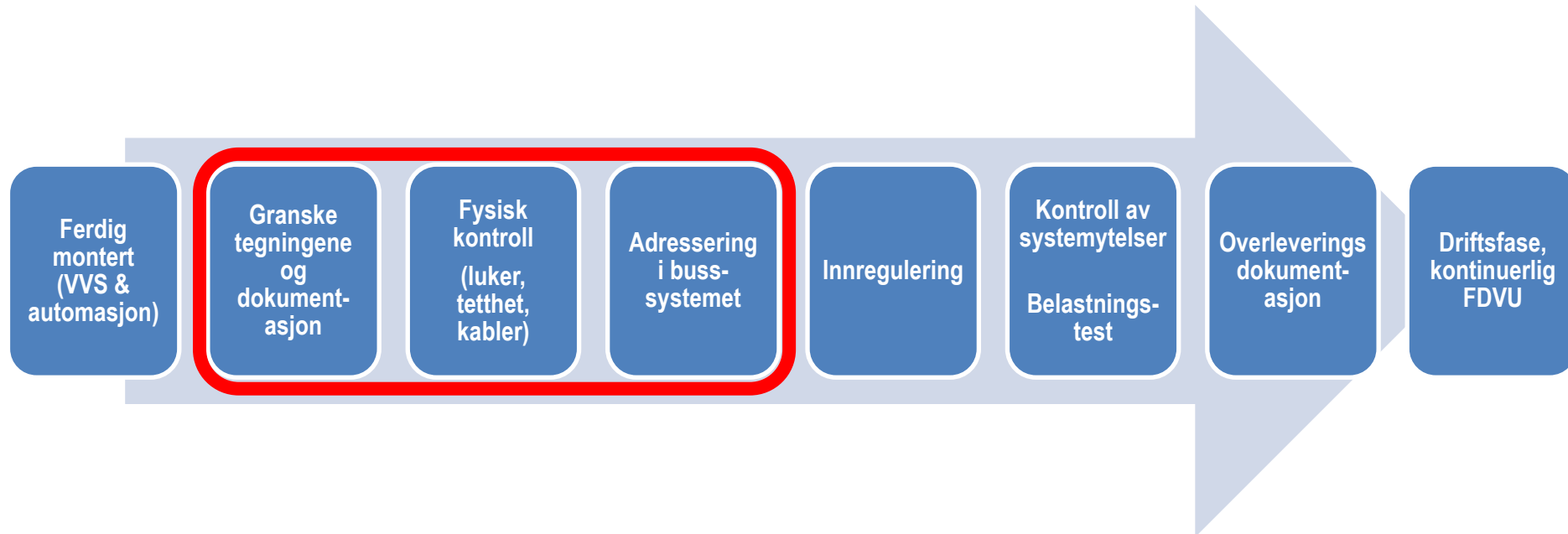
Alltid er en indeks VAV-enhet som er åpen ca. 80%

Spjeld-
optimalisator



Arbeidstrinn fra montering til drift

- *Det er flere arbeidstrinn som må gjennomføres mellom et ferdig montert anlegg og et anlegg som er klar for overlevering og driftsfasen.*
- *Hvert trinn må være fullført før neste påbegynnes.*



Forberedelser:

Gjennomgang av prosjektdokumentasjon

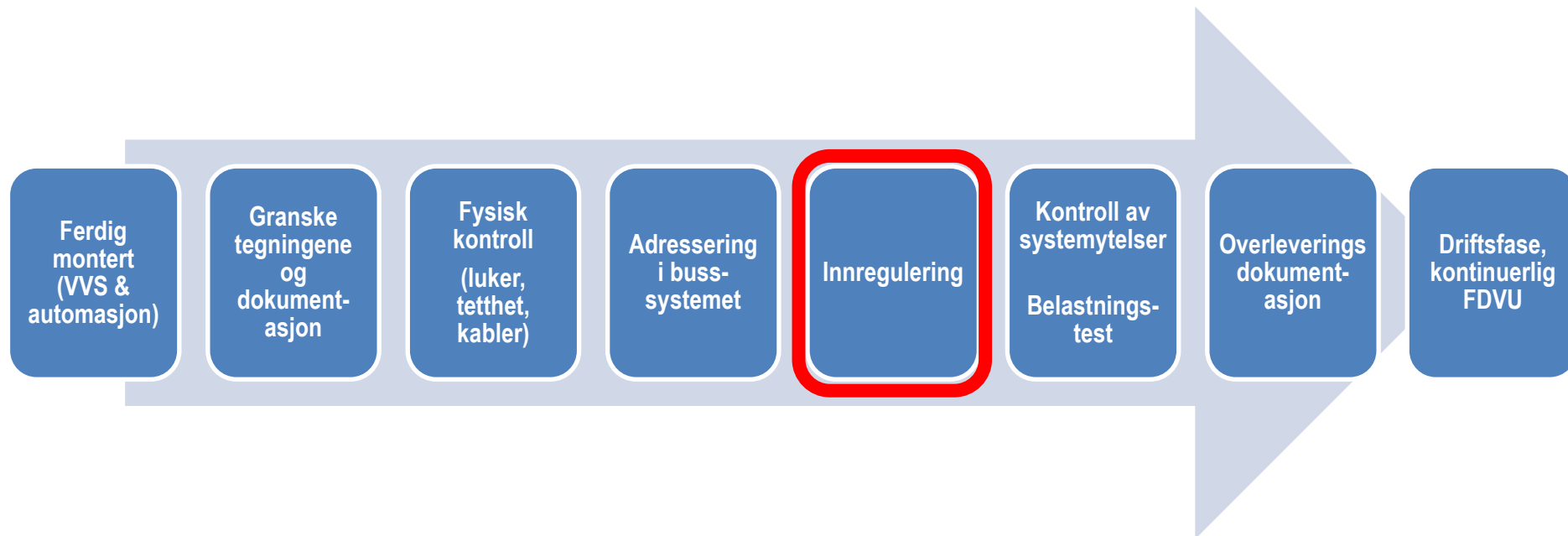
- **Gransk tegningene, og ev. befaring.** La de som jobber med innregulering se på tegningene!
 - Er plasseringen av VAV-enhetene optimale, f.eks. mht. støy?
 - Ugunstig plassering av romfølere?
- **Koblingsskjemaer** for tilkobling av VAV-enheter, romregulatorer, og undersentraler skal være tilgjengelig for alle, el- og vent.entreprenør.
- **Dimensjonerte funksjonsytelser:**
 - Luftmengder (min og maks)
 - Settpunkter (temperatur, CO₂, ev. tidsforsinkelser)
 - Maksimal tilstedeværelse (% personer tilstede)
 - Er trykkfallsberegninger utført? (nyttig for trykkstyrte anlegg)
- **Systemforståelse:** Funksjonsprinsipp, og oversikt over alle enheter som skal innjusteres. Nødvendig måleutsyr o.l.
- **Rollefordeling:** Hvilke entreprenør har ansvar for hva (ventilasjonsentreprenør / elektriker / byggautomasjon)

Innledende kontroll v/ igangkjøring

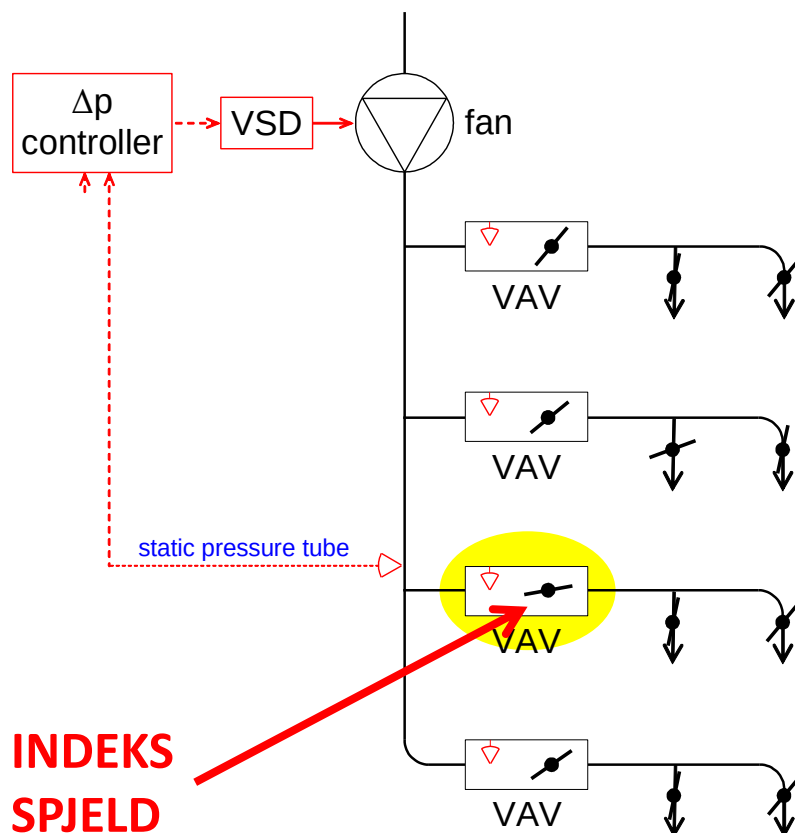
- Sjekk at alt har **driftsspenning** (spjeldmotorer, regulatorer, CO₂ regulatorer)
- Sjekk at VAV-enhetene er montert med riktig **luftretning**
- Sjekk at VAV-enhetene er **adressert** (dvs. enhetens bus-adresse/serienummer er registrert i undersentral)
 - Noter adressene i FDV-dokumentasjon (ev. barcode klistremerke tatt fra VAV-enheten)
- Sjekk at VAV-enhet for **tilluft og avtrekk er koblet** riktig til styresignal (master/slave eller parallell-kobling)

Arbeidstrinn fra montering til drift

- *Det er flere arbeidstrinn som må gjennomføres mellom et ferdig montert anlegg og et anlegg som er klar for overlevering og driftsfasen.*
- *Hvert trinn må være fullført før neste påbegynnes.*

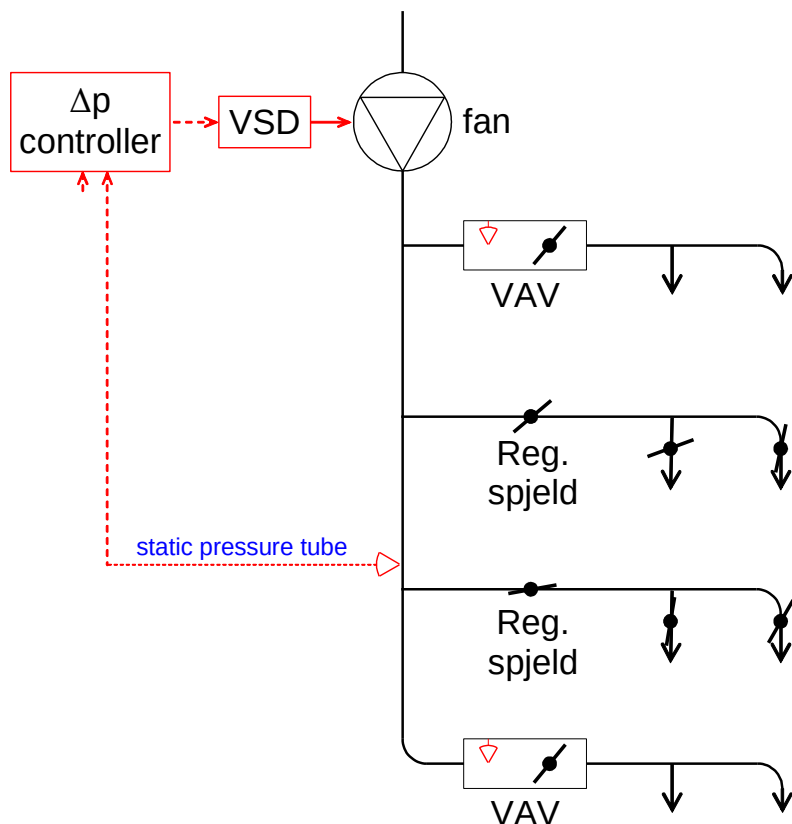


Innregulering av tradisjonell trykkstyrt ventilasjon med kun VAV spjeld



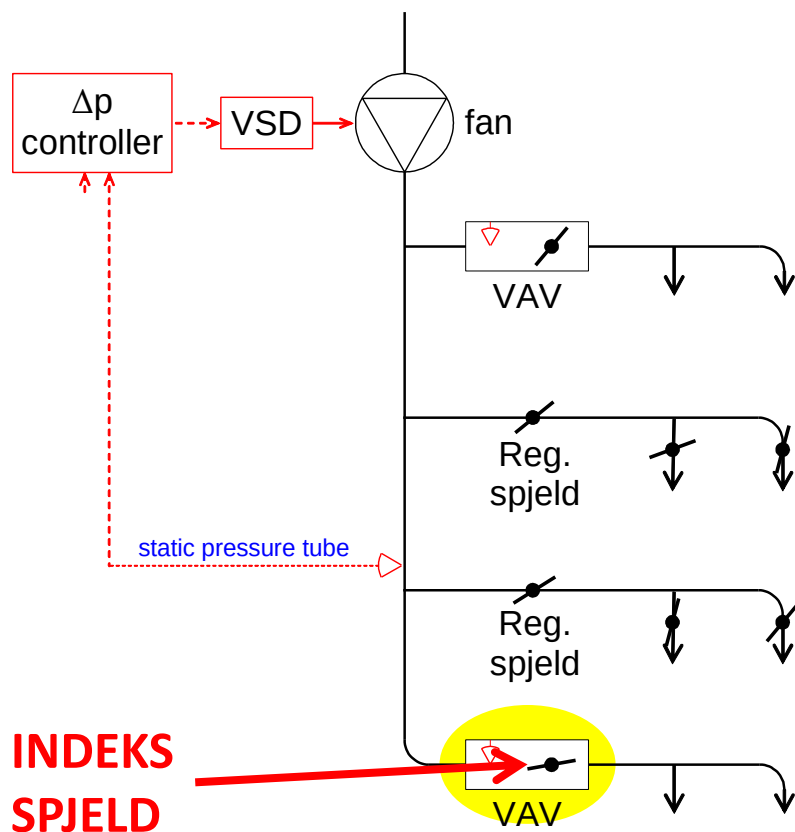
- Sett spjeldene i auto, styrt av romføler.
- Tvangsstyre anlegget (rom settpunkt) slik at alle VAV-spjeld ønsker V_{max}
- Høy initial Δp -settpunkt
- Les åpningsgrad til alle VAV-spjeld. Indeks-spjeld/ventil er den med størst åpningsgrad.
- Reduser Δp -settpunkt til indeks spjeld/ventil får V_{max} ved maksimal åpningsgrad (80% for ventilautoritet)

Innregulering av tradisjonell trykkstyrt ventilasjon med både CAV og VAV spjeld



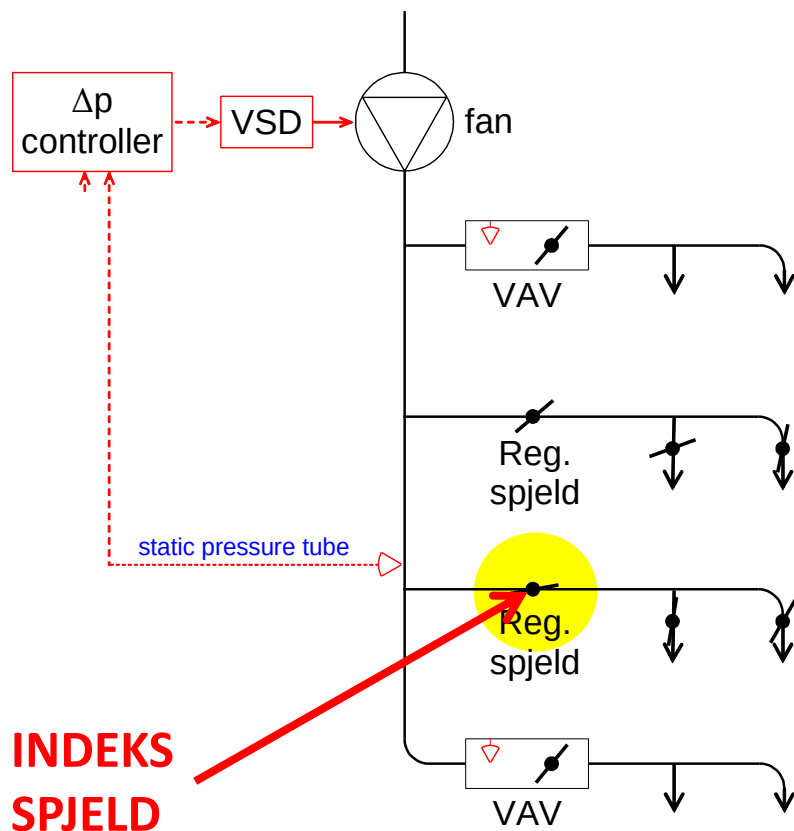
- Viftepådraget låses på dimensjonerende luftmengde.
- Åpne alle CAV spjeld/ventil helt.
- VAV-spjeld låses i 80% åpningsgrad.
- Start med et trykk-settpunkt (Δp) som ligger litt høyere enn det nødvendige. Dette kan gjøres utfra trykkfallsberegning eller erfaring.
- Ta orienterende målinger. Finn kritisk (indeks) spjeld/ventil, dvs. den med minst luft som % av prosjektert.

Innregulering av tradisjonell trykkstyrt ventilasjon med både CAV og VAV spjeld



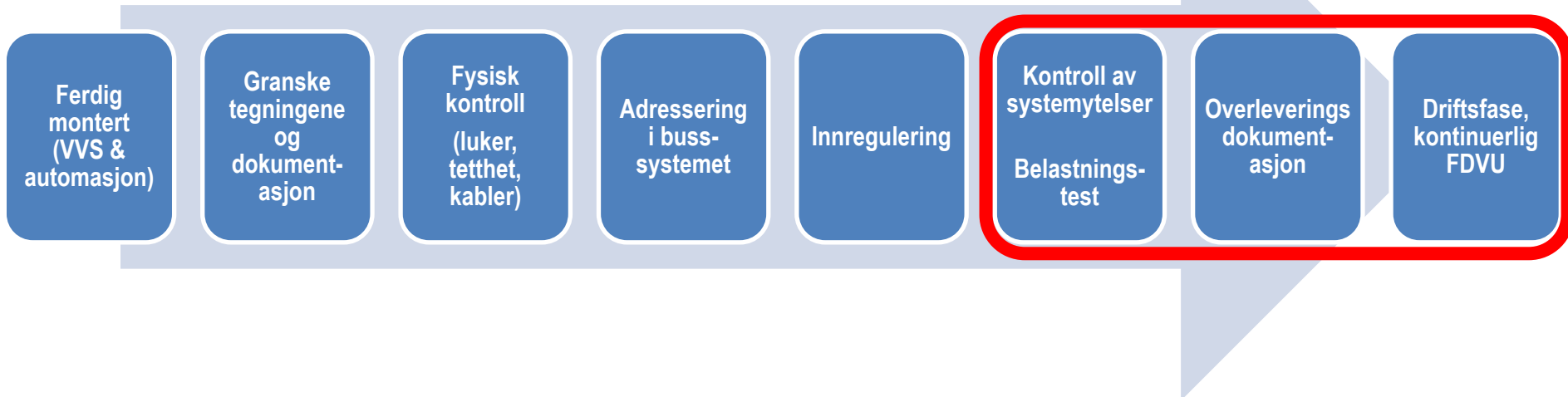
- Viftepådraget låses på dimensjonerende luftmengde.
- Åpne alle CAV spjeld/ventil helt.
- VAV-spjeld låses i 80% åpningsgrad.
- Start med et trykk-settpunkt (Δp) som ligger litt høyere enn det nødvendige. Dette kan gjøres utfra trykkfallsberegning eller erfaring.
- Ta orienterende målinger. Finn kritisk (indeks) spjeld/ventil, dvs. den med minst luft som % av prosjektert.
- Hvis indeks er VAV-ventil: Juster Δp -settpunkt til indeks spjeld/ventil får akkurat nok luft
- Innregulere alle CAV ventilene

Innregulering av tradisjonell trykkstyrt ventilasjon med både CAV og VAV spjeld



- Viftepådraget låses på dimensjonerende luftmengde.
- Åpne alle CAV spjeld/ventil helt.
- VAV-spjeld låses i 80% åpningsgrad.
- Start med et trykk-settpunkt (Δp) som ligger litt høyere enn det nødvendige. Dette kan gjøres utfra trykkfallsberegning eller erfaring.
- Ta orienterende målinger. Finn kritisk (indeks) sonespjeld/ventil, dvs. den med minst luft som % av prosjektert.
- **Innregulere alle CAV ventilene**
- **Hvis indeks er CAV-ventil: Juster Δp -settpunkt til indeks spjeld/ventil får akkurat nok luft**

Kontroll av systemytelser



- Det bør være en samordnet funksjonskontroll av ventilasjon og klimatisering.
- Funksjonskontroll av ventilasjon før overlevering:
 - Romnivå (ev sonenivå): **VAV-belastningstest**
 - Aggregatnivå: **Luftmengder & SFP**

Kontroll på aggregatnivå



VAV-system kontrollskjema

Bygning

Barometerstand kPa

Anlegg

Luftstrømstemp. °C

Tegninger nr.

Luftens tetthet kg/m^3 **Utført av / dato**

Tillatt avvik %

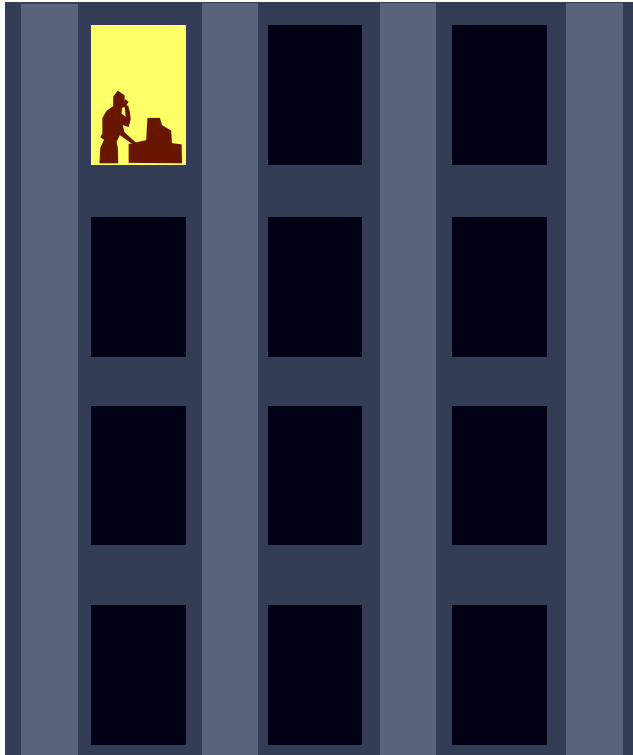
Trykk settpunkt før og etter innregulering (gjelder kun VAV-systemer med manuell innjustert trykk-settpunkt):

Tilluft, settpunkt(er) før innregulering	Pa	Tilluft, settpunkt(er) etter innregulering	Pa
--	----	--	----

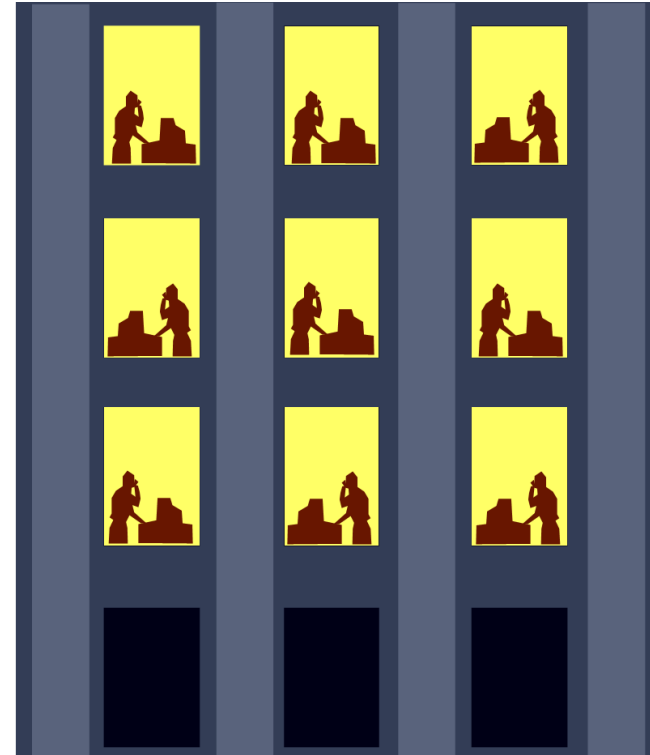
Avtrekk, settpunkt(er) før innregulering	Pa	Avtrekk, settpunkt(er) etter innregulering	Pa
--	----	--	----

Rom/ sone	VAV-enhet ID		Prosjekterte luftmengder		TRINN 1. Max samtidighet i bygget												TRINN 2: Min luftmengde i bygget												
	Tilluft	Avtrek k	Vmax [m³/h]	Vmin [m³/h]	Vmax [m³/h]	Vmin [m³/h]	Total tilluft [m³/h]:		Total avtrekk [m³/h]:		Største luftmengde [m³/h]:		Total tilluft [m³/h]:		Total avtrekk [m³/h]:		Største luftm. [m³/h]:												
							Vifteeffekt tilluft [kW]:		Vifteeffekt avtrekk [kW]:		SFP [= 3600 × ΣkW / (m³/h)]:		Vifteeffekt tilluft [kW]:		Vifteeffekt avtrekk [kW]:		SFP [3600 ΣkW/(m³/h)]:												
							Inn- stilling *	Max tilluft lokalt			Max avtrekk lokalt			Min tilluft lokalt			Min avtrekk lokalt			Max tilluft lokalt			Max avtrekk lokalt			Min tilluft lokalt			Min avtrekk lokalt
						Vmax [m³/h]	Vmålt/ Vprosj	Posisj. [%]	Vmax [m³/h]	Vmålt/ Vprosj	Posisj. [%]	Vmin [m³/h]	Vmålt/ Vprosj	Posisj. [%]	Vmin [m³/h]	Vmålt/ Vprosj	Posisj. [%]	Vmax [m³/h]	Vmålt/ Vprosj	Posisj. [%]	Vmax [m³/h]	Vmålt/ Vprosj	Posisj. [%]	Vmin [m³/h]	Vmålt/ Vprosj	Posisj. [%]	Vmin [m³/h]	Vmålt/ Vprosj	Posisj. [%]
																												</	

Belastningstest på romnivå

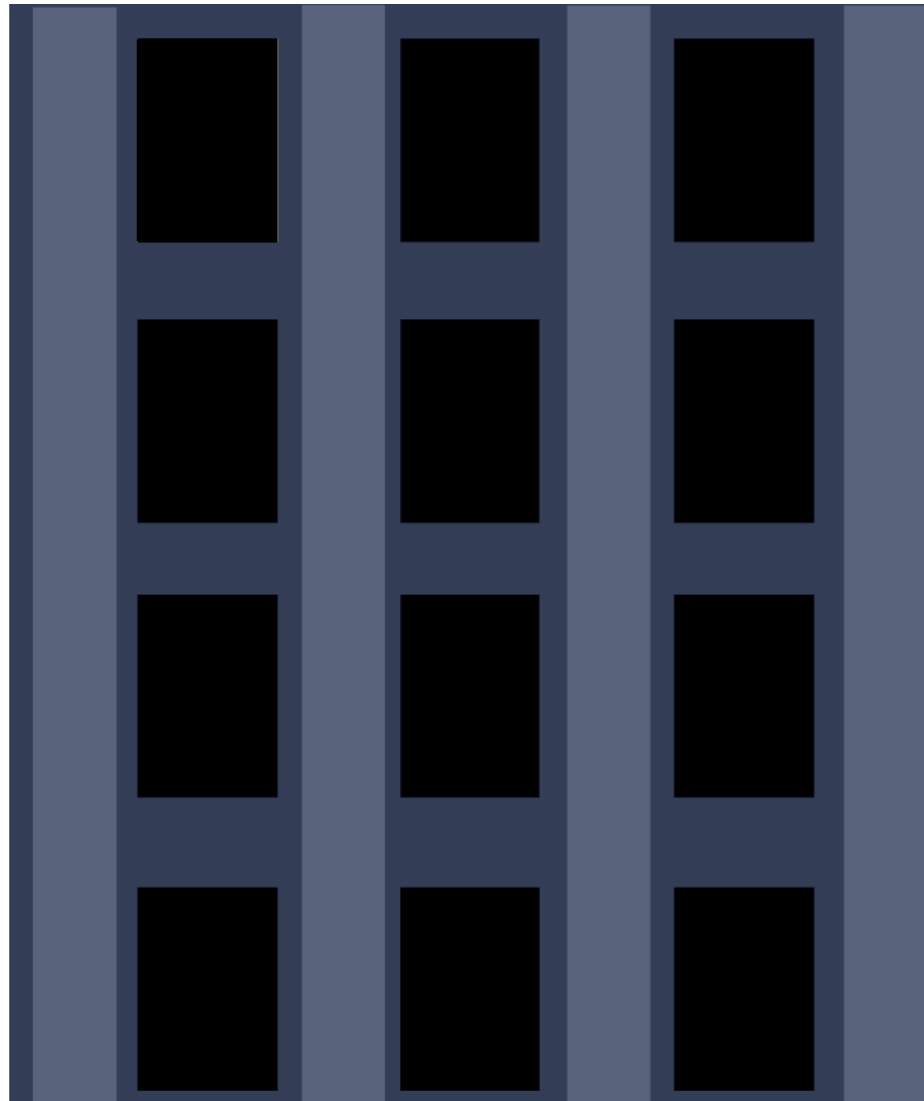


«Overtidstest»



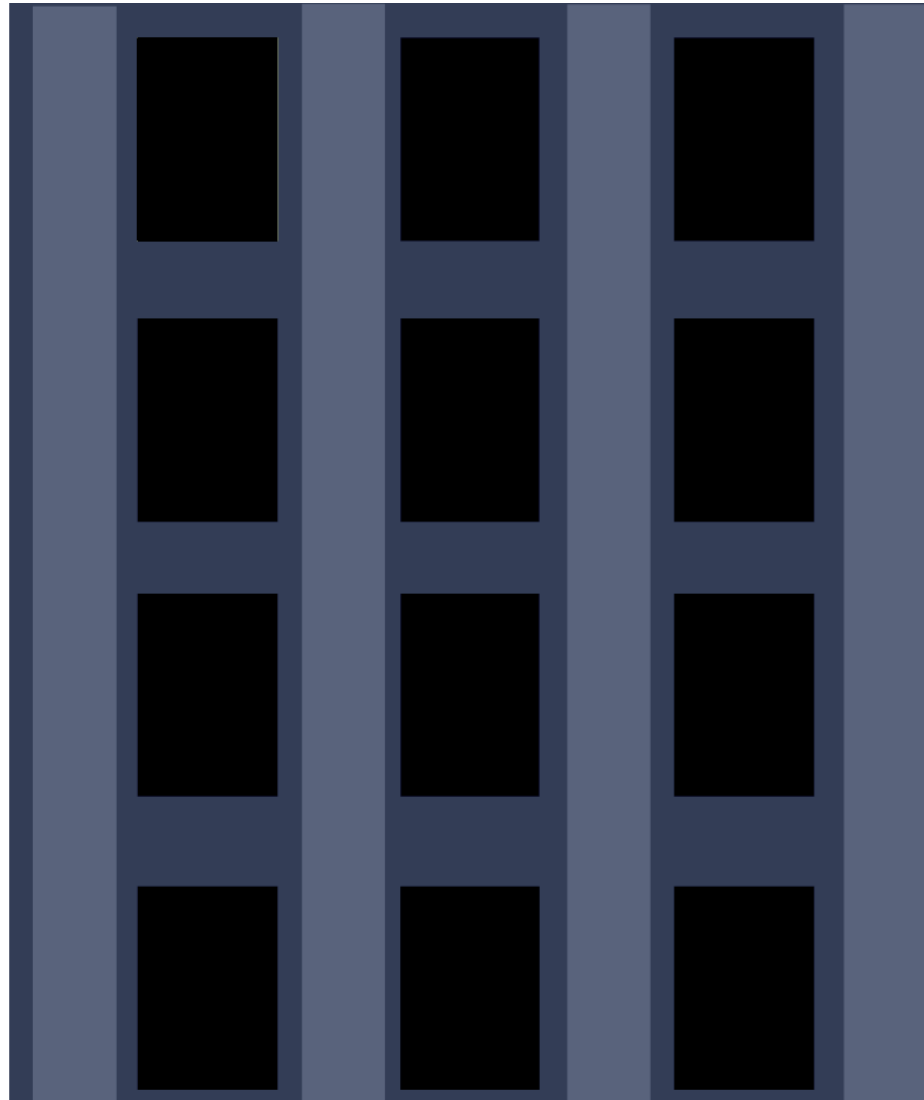
«Maksimal samtidighet»

«Overtidstest»



TRINN A:
Tvangsstyre til
Vmin i alle soner

«Overtidstest»



TRINN A:
Tvangsstyre til
Vmin i alle soner

TRINN B:
Kontroll Vmin
i alle soner

«Overtidstest» forts.



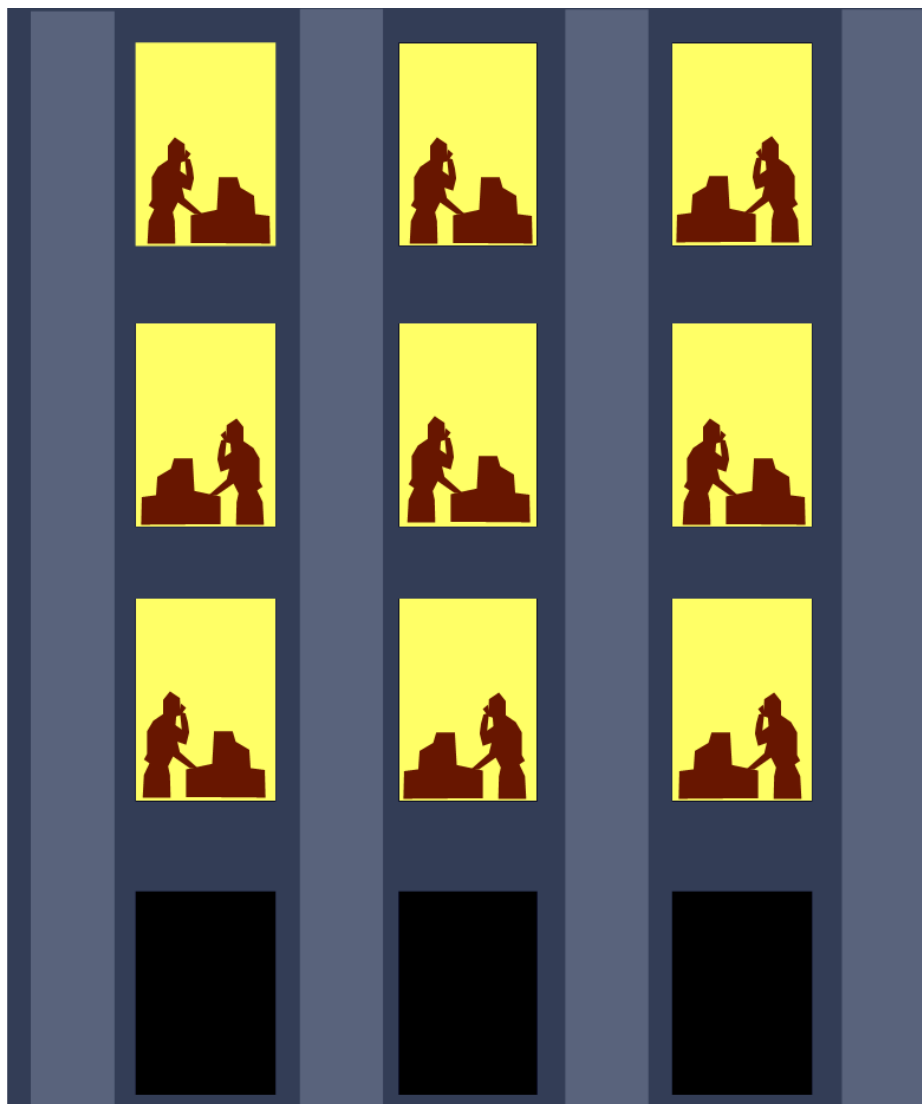
TRINN A:
Tvangsstyre til
Vmin i alle soner

TRINN B:
Kontroll Vmin
i alle soner

TRINN C:
Kontroll Vmax
sone for sone

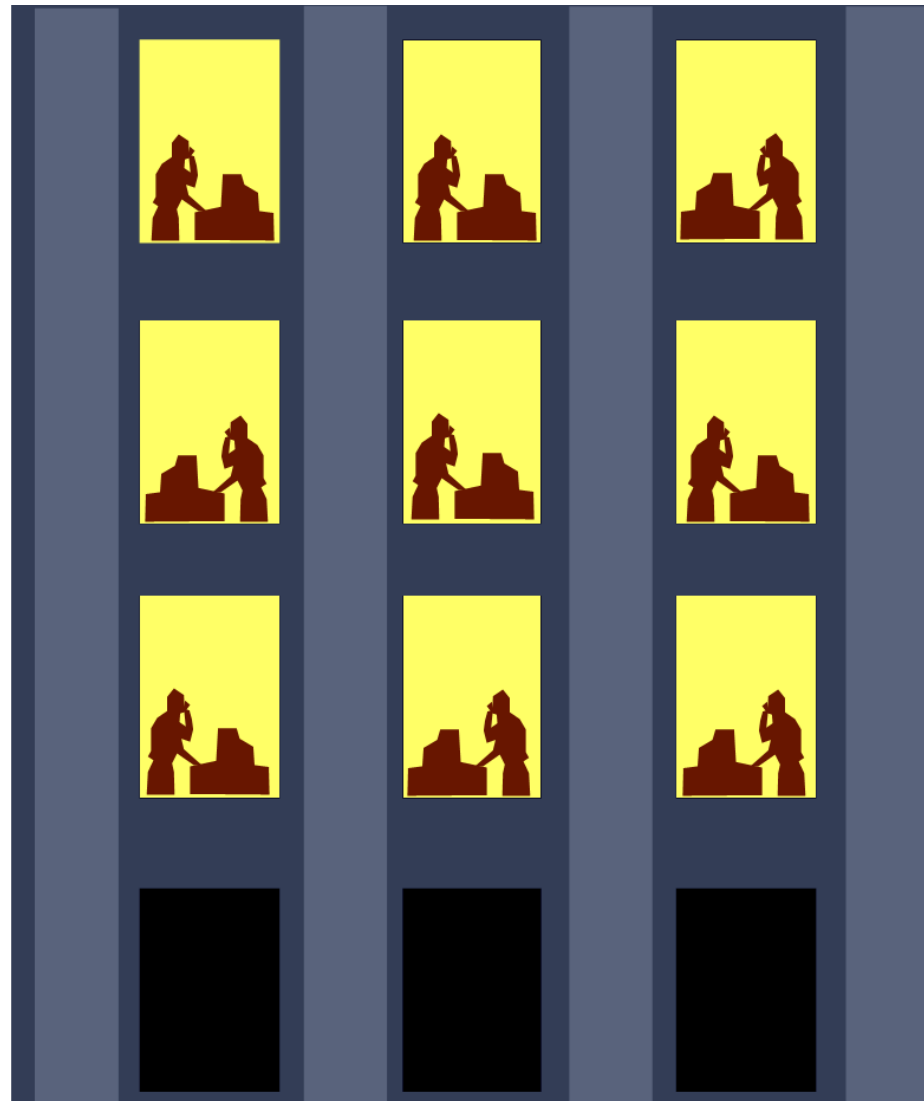
«Maksimal samtidighet»

*I dette tilfelle:
75% tilstedeværelse,
ca. 85% samtidighet*



TRINN A:
Tvangsstyre til
max samtidighet

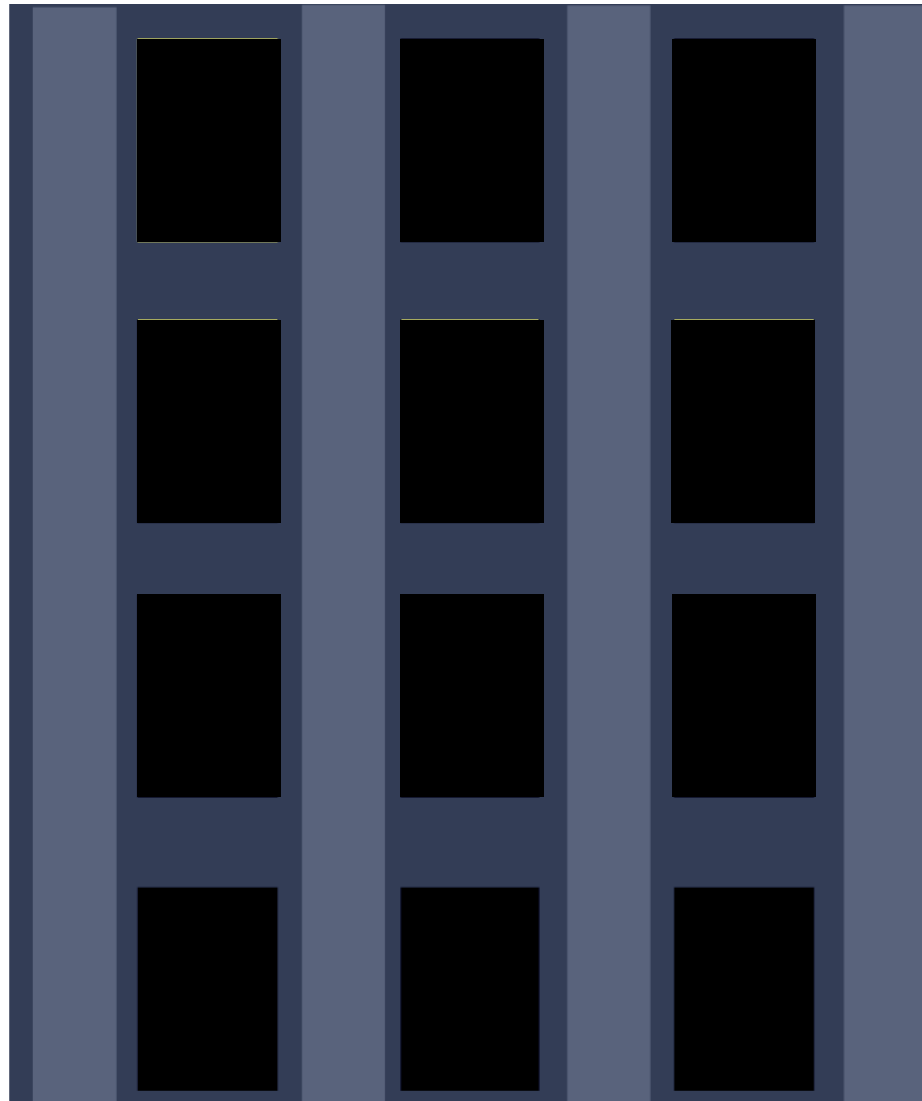
«Maksimal samtidighet»



TRINN A:
Tvangsstyre til
max samtidighet

TRINN B:
Kontroll Vmax
i tvangsstyre soner

«Maksimal samtidighet» forts.



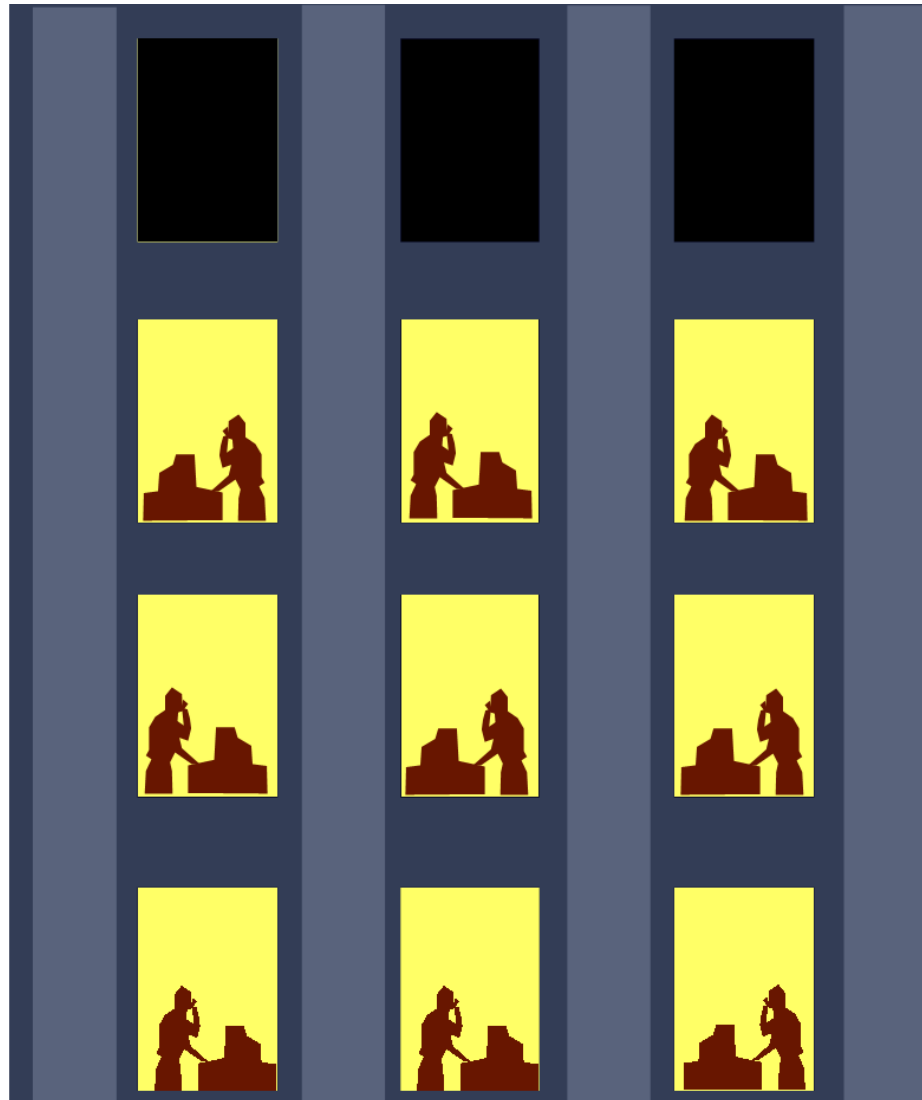
TRINN A:
Tvangsstyre til
max samtidighet

TRINN B:
Kontroll V_{max}
i tvangsstyre soner

TRINN C:
Kontroll V_{min}
sone for sone

«Maksimal samtidighet» forts.

*I dette tilfelle:
75% tilstedeværelse,
ca. 85% samtidighet*



TRINN A:
Tvangsstyre til
max samtidighet

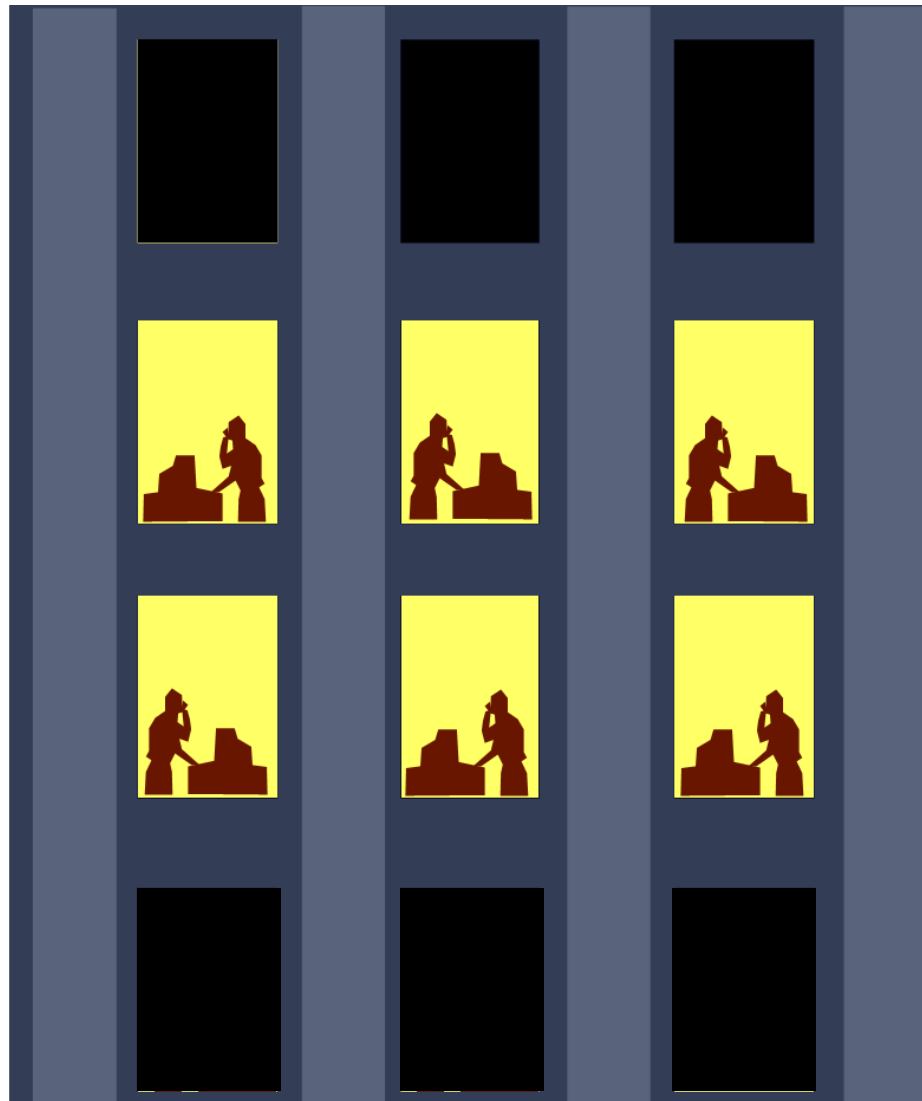
TRINN B:
Kontroll Vmax
i tvangsstyre soner

TRINN C:
Kontroll Vmin
sone for sone

TRINN D:
Tvangsstyre annet
utvalg av sonene

TRINN E:
Kontroll Vmax i resten

«Maksimal samtidighet» forts.



TRINN A:
Tvangsstyre til
max samtidighet

TRINN B:
Kontroll Vmax
i tvangsstyre soner

TRINN C:
Kontroll Vmin
sone for sone

TRINN D:
Tvangsstyre annet
utvalg av sonene

TRINN E:
Kontroll Vmax i resten

TRINN F:
Kontroll Vmin i resten

Kontrollskjema forts.



VAV-system kontrollskjema

Bygning	Barometerstand	kPa
Anlegg	Luftstrømstemp.	°C
Tegninger nr.	Luftens tetthet	kg/m³
Utført av / dato	Tillatt avvik	%

Trykk settpunkt før og etter innregulering (gjelder kun VAV-systemer med manuell innjustert trykk-settpunkt):

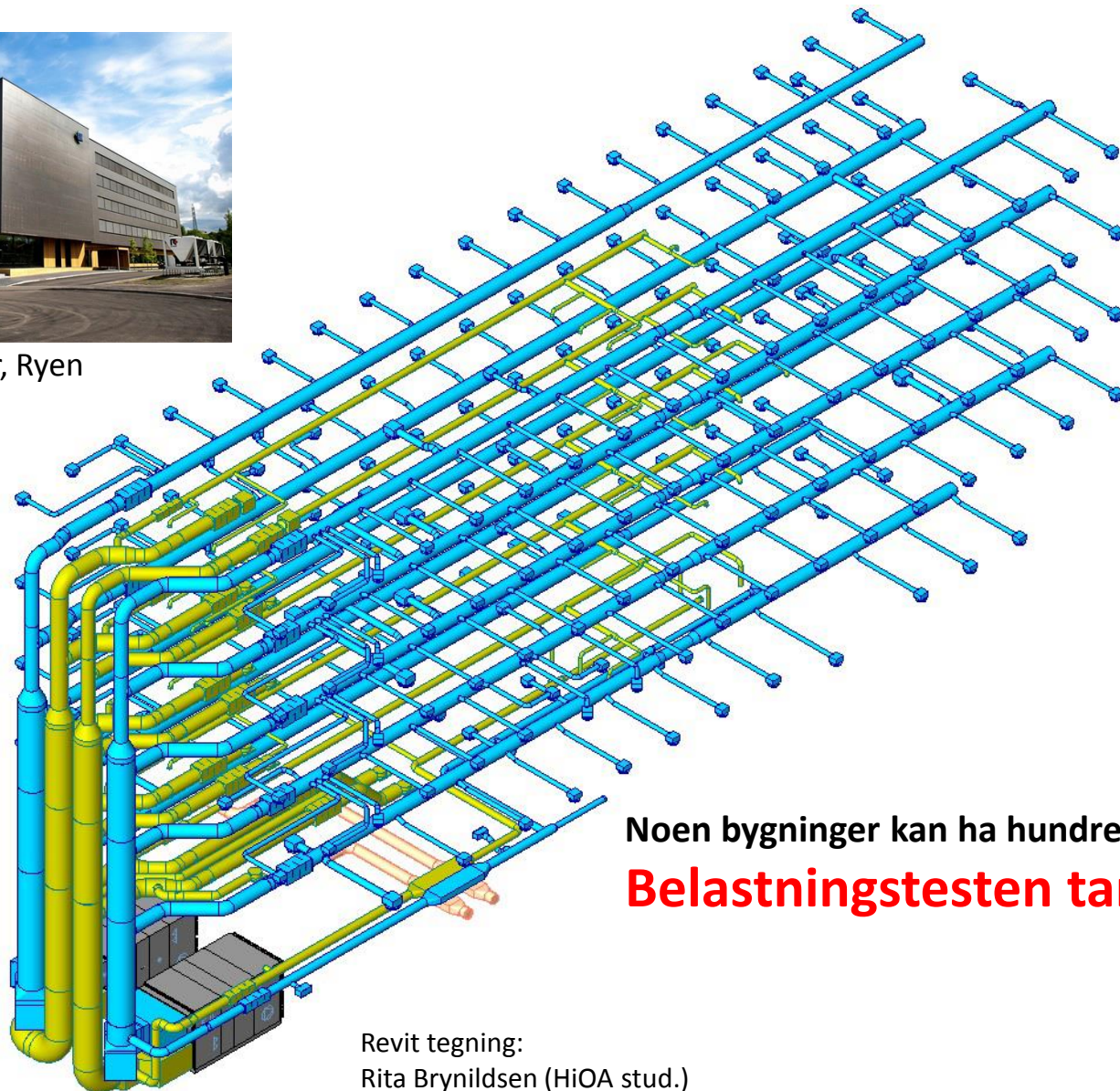
Tilluft, settpunkt(er) før innregulering	Pa	Tilluft, settpunkt(er) etter innregulering	Pa
Avtrekk, settpunkt(er) før innregulering	Pa	Avtrekk, settpunkt(er) etter innregulering	Pa

Rom/ sone	VAV-enhet ID		Prosjekterte luftmengder		TRINN 1. Max samtidighet i bygget												TRINN 2- Min luftmengde i bygget														
					Total tilluft [m³/h]: 6008			Total avtrekk [m³/h]: 5850			Største luftmengde [m³/h]: 6008			Største verdi av tillufts- og avtrekksluftmengde [m³/h]. Dette er brutto luftmengden (nyttig luftmengde). Ligningen beregner dette automatisk.												Største luftm. [m³/h]: 18035					
					Vifteeffekt tilluft [kW]: 1.2			Vifteeffekt avtrekk [kW]: 1.1			SFP [= 3600 × ΣkW / (m³/h)]: 1.4															100 ΣkW/(m³/h): 2.0					
					Inn- stilling *			Max tilluft lokalt			Max avtrekk lokalt			Min tilluft lokalt			Min avtrekk lokalt			Max tilluft lokalt			Max avtrekk lokalt			Min tilluft lokalt			Min avtrekk lokalt		
					Tilluft		Avtrek- k					Vmax	Vmålt	Posisj.	Vmax	Vmålt	Posisj.	Vmin	Vmålt	Posisj.	Vmin	Vmålt	Posisj.	Vmax	Vmålt	Posisj.	Vmax	Vmålt	Posisj.	Vmin	Vmålt
		Vmax	Vmin	Vmax	Vmin		[m³/h]	Vprosj	[%]	[m³/h]	Vprosj	[%]	[m³/h]	Vprosj	[%]	[m³/h]	Vprosj	[%]	[m³/h]	Vprosj	[%]	[m³/h]	Vprosj	[%]	[m³/h]	Vprosj	[%]	[m³/h]	Vprosj	[%]	
1 etg	VT101	VA101	100	30	100	30	1	104	104 %		110	110 %		30	100 %		31	103 %		110	110 %		88	88 %		28	93 %		28	93 %	
	VT102	VA102	100	30	100	30		108	108 %		93	93 %		35	117 %		30	100 %		116	116 %		119	119 %		33	110 %		30	100 %	
	VT103	VA103	100	30	100	30	101	101 %		101	101 %		25	83 %		26	87 %		111	111 %		91	91 %		31	103 %		29	97 %		
	VT104	VA104	100	30	100	30	95	95 %		95	95 %		29	97 %		26	87 %		116	116 %		103	103 %		32	107 %		31	103 %		
	VT105	VA105	100	30	100	30	95	95 %		100	100 %		26	87 %		36	120 %		113	113 %		116	116 %		28	93 %		32	107 %		
	VT107	VA106	100	30	100	30	90	90 %		94	94 %		26	87 %		32	107 %		90	90 %		88	88 %		32	107 %		28	93 %		
	VT108	VA108	100	30	100	30	97	97 %		109	109 %		35	117 %		25	83 %		109	109 %		101	101 %		30	100 %		27	90 %		
	VT109	VA110	100	30	100	30	96	96 %		102	102 %		34	113 %		30	100 %		88	88 %		99	99 %		30	100 %		27	90 %		
	VT110	VA112	100	30	100	30	104	104 %		96	96 %		29	97 %		25	83 %		110	110 %		104	104 %		28	93 %		28	93 %		
	VT111	VA114	100	30	100	30	107	107 %		90	90 %		35	117 %		25	83 %		118	118 %		118	118 %		32	107 %		31	103 %		
	VT112	VA116	100	30	100	30	95	95 %		105	105 %		29	97 %		24	80 %		82	82 %		107	107 %		30	100 %		32	107 %		
	VT113	VA118	100	30	100	30	97	97 %		102	102 %		35	117 %		32	107 %		109	109 %		86	86 %		27	90 %		30	100 %		
	VT114	VA120	100	30	100	30	96	96 %		97	97 %		27	90 %		28	93 %		81	81 %		87	87 %		30	100 %		31	103 %		
2 etg	VT115	VA122	100	30	100	30	106	106 %		104	104 %		28	93 %		35	117 %		86	86 %		101	101 %		30	100 %		32	107 %		
	VT201	VA201	100	30	100	30		99	99 %		96	96 %		35	117 %		32	107 %		109	109 %		114	114 %		33	110 %		28	93 %	
	VT202	VA202	100	30	100	30		101	101 %		91	91 %		31	103 %		34	113 %		81	81 %		108	108 %		32	107 %		31	103 %	
	VT203	VA203	100	30	100	30	108	108 %		96	96 %		30	100 %		31	103 %		105	105 %		110	110 %		28	93 %		30	100 %		
	VT204	VA204	100	30	100	30	100	100 %		105	105 %		32	107 %		29	97 %		103	103 %		84	84 %		30	100 %		28	93 %		
	VT205	VA205	100	30	100	30	107	107 %		99	99 %		25	83 %		24	80 %		87	87 %		84	84 %		27	90 %		30	100 %		

Eksempel på et moderne VAV-system



GK-hovedkontor, Ryen



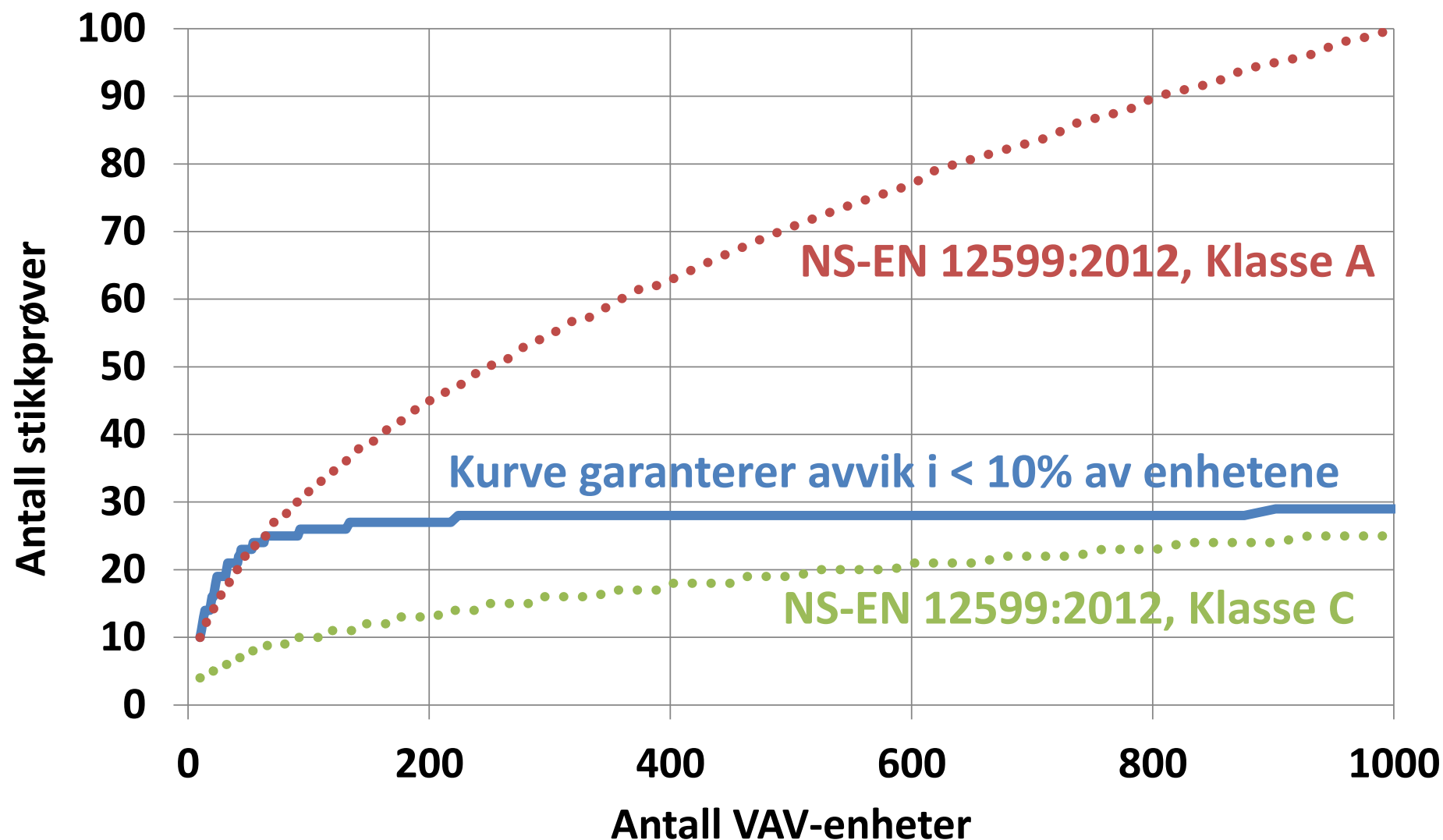
Noen bygninger kan ha hundretalls VAV-enheter.
Belastingstesten tar da lang tid!

Revit tegning:
Rita Brynildsen (HiOA stud.)

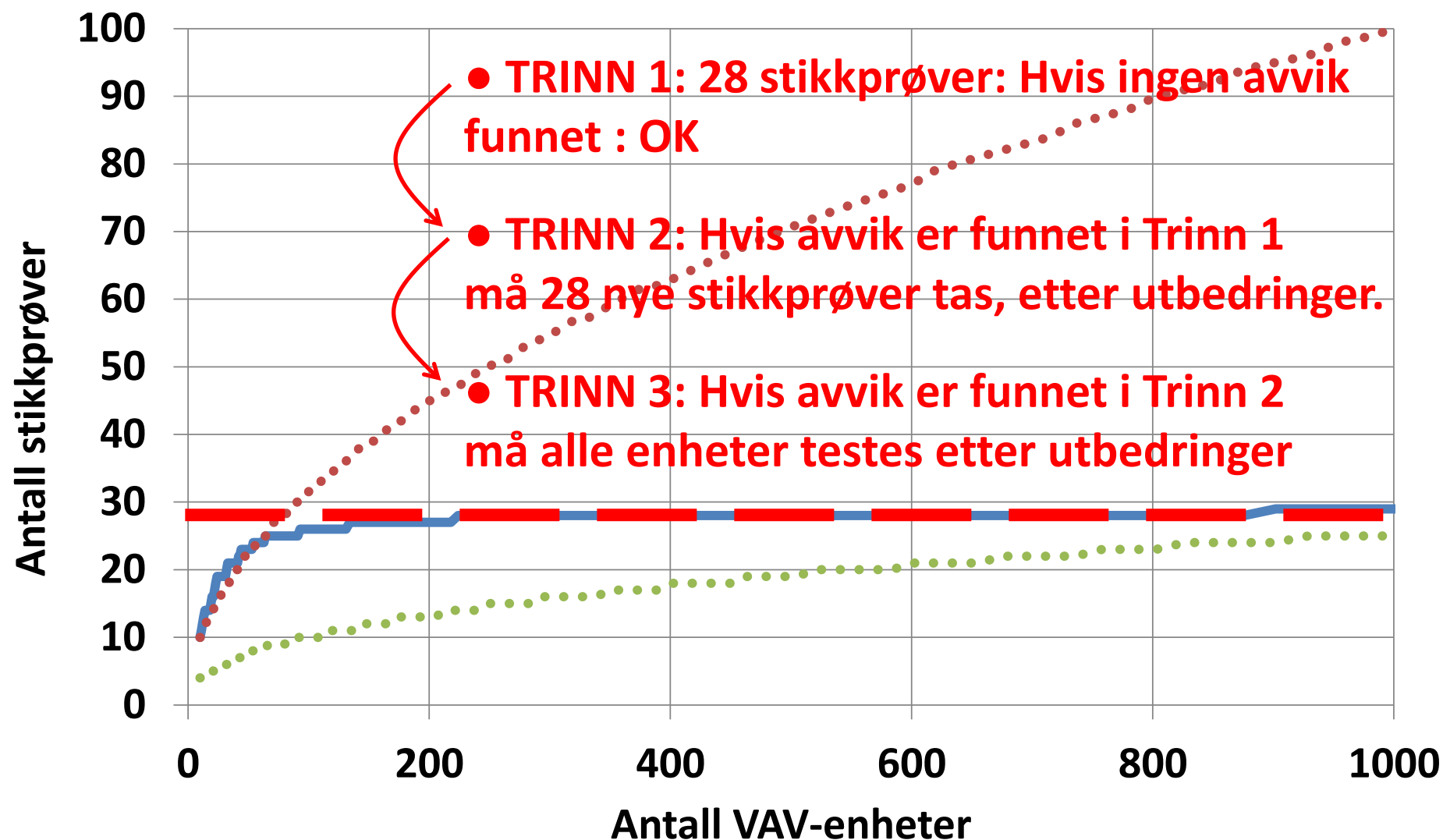
Kan vi forenkle belastningstesten?

- Erfaring viser at entreprenør **må kontrollere samtlige** VAV-enheter i belastningstesten for å kunne garantere et feilfritt system ved overlevering!
Kostbart arbeid, men det lønner seg i lengden.
- Ved 3-parts kontroll kan **stikkprøving** være aktuell:
Enten NS-EN 12599 Annex C, eller annen egnet statistisk stikkprøvemetode (Accept-on-Zero Test)
- Fremtiden: **Automatisert belastningstest:**
Programmert i PLS, kan kjøres over natten etter behov.

Antall stikkprøver ved 3.parts kontroll



"Acceptance-on-zero" stikkprøvemetode





**Takk for
oppmerksomheten!**