

Veileder for behovsstyrt ventilasjon i skoleanlegg

Prosjektering og utførelse

Versjon 1.0

31. mars 2016



Sted og prosess	Undervisningsbygg / FDV+ / Eiendomstjenester+ / skok.no dokumenter+ / Veiledere / Veileder ventilasjon
Sist godkjent dato	12.04.2019 (Åse-Lill Madland)
Dato endret	26.03.2019 (Lasse Tannerfalk)

Dokumentkategori	skok.no dokumenter
Siste revisjonsdato	10.08.2021
Neste revisjonsdato	01.06.2022
Dokumentansvarlig	Eivind Bryne Retterstøl

Innholdsfortegnelse

01. Formål og begrepsforklaring	3
02. Målsetning	3
03. Dokumentasjon	3
04. Prosjektering	3
Kontrollplaner	4
Funksjonsbeskrivelser	4
Grensesnittsmatrise	4
Prinsipp for vifteregulering	4
Prinsipp for romregulering	4
Luftfordelingsutstyr	5
Arbeidstegninger	5
05. Utførelse og montering	6
06. Igangkjøring, innregulering og sluttkontroll	6
Igangkjøring	6
Kontroll av luftmengder	6
Kalibrering	6
Innregulering	7
Entreprenørens sluttkontroll	7
07. Automatikk	9
Funksjon	9
Skjerm bilde	9

1.0	31.03.16	Opprinnelig dokument	OHSV	MM/Fagteamet	Eiendomsdirektør
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Sted og prosess	Undervisningsbygg / FDV+ / Eiendomstjenester+ / skok.no dokumenter+ / Veiledere / Veileder ventilasjon	Dokumentkategori	skok.no dokumenter
Sist godkjent dato	12.04.2019 (Åse-Lill Madland)	Siste revisjonsdato	10.08.2021
Dato endret	26.03.2019 (Lasse Tannerfalk)	Neste revisjonsdato	01.06.2022
		Dokumentansvarlig	Eivind Bryne Retterstøl

01. Formål og begrepsforklaring

Veilederen gir spesifikke retningslinjer for prosjektering, utførelse, igangkjøring og kontroll.

Behovsstyrt ventilasjon omfatter flere typer ventilasjonssystemer.

Det er forskjell på systemer som regulerer luftmengden i et rom etter:

- et målt behov fra en sensor i rommet (temperatur eller CO₂-nivå)
- et antatt behov uten sensormåling i rommet

Begrepet VAV (Variable Air Volume) er ofte brukt og omfatter begge typene systemer ovenfor. VAV forteller dermed ikke om luftmengden reguleres etter et antatt eller et målt behov.

Det fins også systemer der luftmengden er konstant eller ur-styrt, kalt CAV (Constant Air Volume).

Når UBF bruker begrepet behovsstyrt ventilasjon i dette dokumentet, omfatter det kun systemer der luftmengden blir regulert ut fra sensormåling i et rom.

Slike systemer er definert som DCV (Demand-Controlled Ventilation) og skal ha:

- sensor som måler luftas kvalitet i rommet
- regulering av luftmengden til rommet ut fra hva sensoren måler

Innholdet i denne veilederen er basert på:

- SINTEF Fag 13 Behovsstyrt ventilasjon, DCV – forutsetninger og utforming
- SINTEF Fag 11 Behovsstyrt ventilasjon, DCV – krav og overlevering.

Begge disse er nedlastbare på <https://www.sintef.no/projectweb/reduceventilation/>.

Alternative utførelser eller avvik fra denne veileder skal alltid avklares med byggherren. Endelig valgt løsning skal dokumenteres og godkjennes skriftlig av byggherren før utførelse.

02. Målsetning

For å unngå driftsproblemer ønsker Undervisningsbygg (UBF) at systemer for behovsstyrt ventilasjon skal prosjekteres, utføres, igangkjøres og kontrolleres i henhold til denne veileder.

Ut fra driftsmessige hensyn er det ønskelig med:

- Robuste løsninger.
- Færrest mulig bevegelige deler og komponenter.
- Likhetsprinsippet = samme utførelse i alle prosjekter.

Bevegelige komponenter og følere skal være montert lett tilgjengelig for kontroll, vedlikehold og utskifting. UBF ønsker ikke bruk av KNX-styrte spjeld på grunn av system-treghet og uønskede driftserfaringer.

03. Dokumentasjon

Komplett dokumentasjon som grunnlag for forvaltning, drift og vedlikehold skal utarbeides. Installasjoner som krever regelmessig vedlikehold prioriteres.

Det er økt fokus på dokumenteringen av igangkjøring, luftmengdemålinger og belastningstest.

04. Prosjektering

UBF tillater at DCV-anlegget kan utformes med DCV-spjeld (til-og fraluft) på rom/sone eller med aktive tilluftsventiler og tilhørende DCV-spjeld på avtrekk for rom/sone.

Sted og prosess	Undervisningsbygg / FDV+ / Eiendomstjenester+ / skok.no dokumenter+ / Veiledere / Veileder ventilasjon	Dokumentkategori	skok.no dokumenter
Sist godkjent dato	12.04.2019 (Åse-Lill Madland)	Siste revisjonsdato	10.08.2021
Dato endret	26.03.2019 (Lasse Tannerfalk)	Neste revisjonsdato	01.06.2022
		Dokumentansvarlig	Eivind Bryne Retterstøl

Komponenter skal tilkobles lokal automatikk med tilbakemelding/avlesning av luftmengde (m³/h), spjeldvinkel (%) og tilluftstemperatur/CO₂-nivå.

Bruk av trykkavhengige CAV-spjeld er ikke tillatt og skal ikke forekomme. Systemregulering kun etter konstant trykk aksepteres ikke.

Kontrollplaner

Detaljene i denne veilederen må inngå i de prosjekterendes og utførendes kontrollplaner, samt sjekklister.

Funksjonsbeskrivelser

Det skal utarbeides funksjonsbeskrivelser på rom- og system nivå. Underlaget framlegges til UBF for gjennomsyn og godkjenning.

Riktig ID-merking med TAG-nummer skal legges inn på hver DCV-enhet slik at de kan fjernavleses.

DCV-reguleringen på romnivå skal merkes med TAG-nummer som tilhører 563-system. Spjeld som dekker flere rom med konstant luftmengde (CAV) merkes med TAG-nummer som tilhører 360-system.

AMU-skjemaet gir en god oversikt på ønsket behov for styrings- og reguleringsfunksjoner på rom-nivå (normal- og spesial-ventilasjon). I tillegg må funksjoner som angis i RIBr-notat ivaretas.

Henviser for øvrig til FKOK Tekniske og FDV-begrunnede krav med tilhørende maler.

Grensesnittsmatrise

I alle prosjekt skal det utarbeides en grensesnittsmatrise, hvor det går fram hvem som er funksjonseier.

DCV anlegg er på romnivå system 563 og har normalt grensesnitt mot:

- Brannalarmanlegg, ved signal skal alle spjeld åpne til 100 % prosjektert luftmengde.
- Lokalt SD-anlegg, BUS-kabling og matespenning 24 volt.

ITB-ansvarlig i prosjektet kontrollerer grensesnittene, jf. punkt 6.4 i NS 3935.

Prinsipp for vifteregulering

UBF ønsker at viftepådraget reguleres slik at minst ett av spjeldene til enhver tid står i maksimalt åpen posisjon. Dette gir "spjeldoptimalisert" regulering, med lavest mulig drivtrykk i systemet.

Spjeldoptimalisering kan også gjøres indirekte ved hjelp av "trykkoptimalisering".

Det innebærer at spjeldstillingen til alle sonespjeldene leses av og trykk-settpunktet justeres slik at minimum ett sonespjeld står i maksimal åpen posisjon.

For å hindre ukontrollert trykkøkning, installeres max-begrensende trykkfølere ved aggregatet.

Prinsipp for romregulering

Luftmengden til alle rom i et spjeld-optimalisert anlegg må kontrolleres med DCV-spjeld.

Kontrollpunkter – krav til komponenter

DCV-systemer kan utformes på mange måter, men har noen fellesnevner som må legges til grunn.

1. Det skal være et rettstrekk på minst 5xD i luftretning før målepunktet i spjeldet og 2xD etter spjeldet.
2. Lyddemper som inngår i rettstrekk skal ha samme form på innvendig tverrsnitt som DCV-spjeld.

Sted og prosess	Undervisningsbygg / FDV+ / Eiendomstjenester+ / skok.no dokumenter+ / Veiledere / Veileder ventilasjon	Dokumentkategori	skok.no dokumenter
Sist godkjent dato	12.04.2019 (Åse-Lill Madland)	Siste revisjonsdato	10.08.2021
Dato endret	26.03.2019 (Lasse Tannerfalk)	Neste revisjonsdato	01.06.2022
		Dokumentansvarlig	Eivind Bryne Retterstøl

Dersom det benyttes lydtemper med annet tverrsnitt eller med midtbaffle, skal det være avstander på minst 5xD i luftretning (mellom produktene) før målepunktet i spjeldet.

3. Det skal benyttes samme produkt/fabrikat og type for alle DCV-spjeld i anlegget.
4. DCV-spjeld med dynamisk trykk giver skal ha trykksignal fra minst 2 stk. målestaver montert i kryss.
5. Målestaver i DCV-spjeld er utsatt for nedsmussing og det kreves derfor renseluke for tilgang til disse.
6. Både DCV- og CAV-spjeld skal integreres i lokal automatikk og presenteres på lokalt SD-anlegg. Alle DCV-enheter skal være mulig å programmere og styre til Vmin og Vmax sentralt på systemnivå.
7. 24 volt AC skal kobles som om det er DC (mellom like poler +/-) for å unngå polaritetsfeil. Det skal utarbeides EL-koblings skjema på ROM-nivå, med angivelse av kabel-farger.
8. Kabler for 24 volt skal dimensjoneres for lavt spenningsfall ($\pm 1,0$ volt). Kabeltverrsnitt under $0,5 \text{ mm}^2$ vil ikke bli akseptert, uansett hva dimensjoneringen viser.
9. Ved trykk-optimalisert regulering skal trykkfølere plasseres ute i representativ etasje og tilkobles lokal automatikk. Trykkføler må ha riktig måle-område for å kunne fange opp lokale trykkendringer. Trykkføler skal plasseres i et punkt med stabilt trykk upåvirket av luftstrømningen forbi punktet. Ved behov monteres trykkføler i endelokket til et blendet T-stykke.
10. Kanaldimensjon for avtrekk skal ikke reduseres, men holde lik dimensjon fram til siste avgreningen.
11. Spjeld skal monteres slik at motor vender 45° ned, for lett tilgjengelighet under vedlikehold.
12. Kombinerte temperatur- og CO_2 -følere skal være selvkalibrerende. Ved forregningsventilasjon skal de plasseres i høyde 1,0 meter over gulv. I anlegg med omrøringsventilasjon skal de plasseres i samme høyde i alle rom, slik at verdiene kan sammenlignes. Det er viktig at de plasseres slik at de føler riktig romtilstand, det vil si ikke avskjermet fra, eller for langt unna oppholdssonen. Følere må plasseres på innervegg og ikke bli utsatt for sollys eller annen varmepåvirkning. De bør ikke stå i føringskanal for elektriske kabler. Luftstrømmen må ikke blokkeres over eller under. Trekkerør til sensor fra naborom skal lekkasjetettes. Føler plassert i avtrekkskanal tillates ikke.

Posisjon og størrelse til eventuelle inspeksjonsluker i vegger/himlinger koordineres med ARK. Det settes krav til minimum lukestørrelse på 500×500 mm i vegg og tak/fast himling.

Luffordelingsutstyr

For å få et så lavt system-driftstrykk som mulig er det viktig å fokusere på trykkfall til enkeltprodukter.

Det er viktig ut fra et LCC-perspektiv at systemtrykket er så lavt som mulig.

1. DCV-spjeld skal kunne måle hastigheter på minimum $0,8 \text{ m/s}$. Ved spjeld-dimensjoner fra $\varnothing 200$ og mindre, skal maksimal hastighet over DCV-spjeld ikke overstige $4,0 \text{ m/s}$.
2. For store dimensjoner på DCV-spjeld må unngås, siden dette gir for liten forskjell mellom min. og maks. luftmengde og medfører lav autoritet over spjeldet.
3. Kontrollventiler leveres med ramme/pakning for lett demontering og de skal kunne låses. UBF setter krav til maks trykkfall 40 Pa ved åpen ventil/høyeste kjegleposisjon.

Arbeidstegninger

Eksakt plassering av DCV-spjeld og tilhørende TAG-nummer skal alltid angis på arbeidstegninger. Nødvendig rettstrekk før og etter DCV spjeld skal være målsatt på etasjeplan arbeidstegninger.

Sted og prosess	Undervisningsbygg / FDV+ / Eiendomstjenester+ / skok.no dokumenter+ / Veiledere / Veileder ventilasjon
Sist godkjent dato	12.04.2019 (Åse-Lill Madland)
Dato endret	26.03.2019 (Lasse Tannerfalk)

Dokumentkategori	skok.no dokumenter
Siste revisjonsdato	10.08.2021
Neste revisjonsdato	01.06.2022
Dokumentansvarlig	Eivind Bryne Retterstøl

Prinsipp-systemtegninger for DCV skal vise styring på systemnivå, soneoppdeling, sonespjeld, plassering trykksensorer og alle regulerende komponenter med TAG-nummer. Komponenter med TAG-nummer som krever el-tilkobling (TAG-nummer) skal overføres til RIEs tegninger.

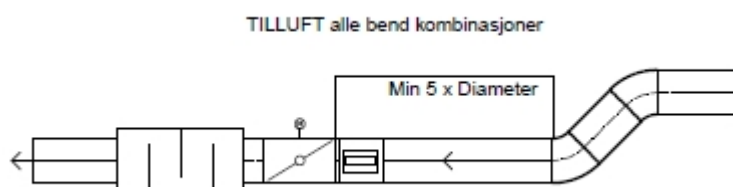
RIE utarbeider egne AUTOMATIKK-tegninger for hvert plan.

Nødvendige inspeksjonsluker i bygningsmessige konstruksjoner for tilkomst til utstyr skal angis og målsettes/plassers slik at det er mulig å vedlikeholde utstyret på en normal måte.

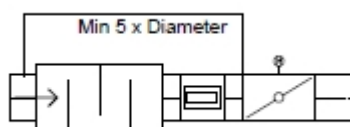
05. Utførelse og montering

Før denne fasen starter skal godkjente arbeidstegninger foreligge.

Det skal være rett-strekk på $5xD$ før målepunkt i DCV- og CAV-enheter. Dette gjelder uansett hvordan kanalnettet er utformet før rettstrekk. Posisjon for renseluke, som ikke endrer kanaltverrsnittet, er angitt.



I noen tilfeller (sentralavtrekk) kan det oppstå situasjoner hvor lydempere må inngå i rettstrekket. UBF krever at lydempere har samme innvendige form som måleblenden og at det er plass til renseluke. For plassering av renseluke ved målekors, skal det avsettes en kanallengde på minst $2xD$.



For god tilkomst til DCV/CAV-spjeld motor og regulator, skal disse vendes ned 45° .



06. Igangkjøring, innregulering og sluttkontroll

Igangkjøring

Samtidig med igangkjøring av DCV-system og signaler i lokal automatikk, bør skolens lokale SD-anlegg igangkjøres og kvalitetssikres, siden SD-anlegget brukes ved innregulering og testing av systemene. Det skal utføres en samordnet funksjonskontroll som dokumenteres.

Sted og prosess	Undervisningsbygg / FDV+ / Eiendomstjenester+ / skok.no dokumenter+ / Veiledere / Veileder ventilasjon	Dokumentkategori	skok.no dokumenter
Sist godkjent dato	12.04.2019 (Åse-Lill Madland)	Siste revisjonsdato	10.08.2021
Dato endret	26.03.2019 (Lasse Tannerfalk)	Neste revisjonsdato	01.06.2022
		Dokumentansvarlig	Eivind Bryne Retterstøl

Kontroll av luftmengder

Luftmengder avlest fra DCV-spjeld verifiseres med stikkprøvekontroll minimum 5 ganger.

Ved stikkprøvekontroll skal godkjent fellesnordisk metode for luftmengdemåling benyttes.

Kalibrering

Alle følere- og regulatorer med eget TAG-nummer skal kalibreres og dette dokumenteres til overleveringen. Kalibrering/justering av DCV-spjeld skal utføres der de er montert, slik at de leser av riktig luftmengde. Luftmengden ved Vmaks måles med annen metode og K-faktor for spjeldet endres til avlest luftmengde på DCV-spjeldet blir riktig. K-faktor for spjeldet har produktavhengig navn, for eksempel dP-Vnom. Ny og gammel K-faktor legges inn i egne kolonner på VAV-kontrollskjema. Måleinstrumenter som benyttes skal dokumenteres med kalibreringsbevis, som vedlegges protokoll.

Innregulering

UBF skal ha anlegg som er konsekvent bygget opp med DCV-spjeld og følgende fremgangsmåte benyttes:

- 1) Kontroller at trykk giver er montert i et punkt med stabilt statisk trykk eller jevnt hastighetsprofil ved å traversere over kanalverrsnittet med prandtlrør eller hetetrådsanemometer.
- 2) Anta et trykksettpunkt som ligger litt høyere enn det teoretisk nødvendige. Fastsetting kan gjøres ut fra trykk-fallsberegning eller erfaring.
- 3) Legg inn luftmengde verdier Vmaks og Vmin for alle DCV-spjeld og lås spjeldene i Vmaks posisjon.
- 4) Kontroller at alle DCV-spjeld får maksimal luftmengde, og les av åpningsgrad. Finn DCV-indeks spjeldet. Dette er det DCV-spjeldet som har størst åpningsgrad. Reduser trykksettpunktet ned til DCV-indeks-spjeldet får maksimal luftmengde uten å strupe (maksimal åpningsgrad). Da har du funnet det energioptimale trykksettpunktet, som er det minste trykksettpunktet som gir riktige luftmengder ved dimensjonerende forhold.

Alle kontroller skal utføres i henhold til NS-EN 12599, innbefattet rettelsesblad AC:2002.

Innregulering av luftmengder skal utføres i henhold til FKOK, med toleransekrav $\pm 10\%$. Toleransene er oppgitt i forhold til prosjekterte verdier og er inkludert målefeil.

Målepunkter angis på «som bygget»-tegninger, som inngår i drifts- og vedlikeholdsinstruks.

Entreprenørens sluttkontroll

Etter ferdigstilt innregulering av luftmengder, skal det gjennomføres belastningstester (sluttkontroll) som dokumenteres i VAV-kontrollskjema, med følgende tester; "*maks-maks-min*"- og "*min-min-maks*".

- "*Maks-maks-min*" er å kontrollerer at alle DCV får Vmaks og Vmin ved maksimal anleggsbelastning.
- "*Min-min-maks*" er å kontrollerer at alle DCV får Vmaks og Vmin ved minimal anleggsbelastning.

Formålet med belastningstesten er å dokumentere at alle komponenter og utstyr fungerer som forutsatt i henhold til ytelseskrav og krav til ferdig delprodukt.

Vifteeffekt skal kontrollmåles ved både maksimal og minimal luftmengde med 3-fase energianalysator. Avlesningen skal dokumenteres og vedlegges i VAV-kontrollskjema. SFP beregnes og føres inn i skjemaet. Åpningsgraden til spjeldet forteller om enheten regulerer i et gunstig område. Dette betyr at det er totalt fire målinger for hver enhet. Utføres som beskrevet i SINTEF Fag 11, veileder for Behovsstyrt ventilasjon, DCV – krav og overlevering.

Komplett utfylt protokoll "VAV-kontrollskjema" fra SINTEF anses som tilfredsstillende dokumentasjon på at belastningstester er gjennomført. Dette skjemaet kan lastes ned gratis fra www.sintef.no som Excel-fil.

Sted og prosess	Undervisningsbygg / FDV+ / Eiendomstjenester+ / skok.no dokumenter+ / Veiledere / Veileder ventilasjon
Sist godkjent dato	12.04.2019 (Åse-Lill Madland)
Dato endret	26.03.2019 (Lasse Tannerfalk)

Dokumentkategori	skok.no dokumenter
Siste revisjonsdato	10.08.2021
Neste revisjonsdato	01.06.2022
Dokumentansvarlig	Eivind Bryne Retterstøl

07. Automatikk

Funksjon

For hvert system som skal styres, reguleres og overvåkes utarbeides det funksjonsbeskrivelser, funksjonstabeller med IO-oversikt og systemtegnning.

Det må i tillegg til rom- og systemstyringer programmeres følgende ekstra funksjoner i DCV-systemer;

- Maksimal luftmengde samtidig for alle spjeld.
 - o Ved brannalarmsignal.
 - o Årlig test av spjeldfunksjoner.
- Minimum luftmengde samtidig for alle spjeld.
 - o Årlig test av spjeldfunksjoner.

Aktivering av disse Vmaks, Vmin og Auto gjøres fra skjermbildet "Ventilasjon" i lokalt SD-anlegg.

Dette skjermbildet skal ha tre knapper "Auto", "Maks" og "Min". Ved å aktivere disse listes alle tilhørende regulerende spjeld med luftmengder (målt og prosjektert) og spjeldvinkel (åpningsgrad). Se eksempler nedenfor.

Etter aktivering av maksimal- og minimums luftmengde skal normal funksjon automatisk stilles tilbake etter en gitt tid. Dette tidsvinduet må være mulig å endre fra lokalt SD-anlegg, samt UBF Toppsystem.

Henviser for øvrig til FKOK Tekniske og FDV-begrunnede krav, med tilhørende maler.

Skjermbilde

Alle DCV- og CAV-spjeld skal presenteres samlet på lokalt SD-anlegg i eget skjermbilde for hvert luftbehandlingssystem og det skal angis på følgende måte.

ID-merking (TAG-kode) samt presentasjon av målevariable skal være iht. vedlagt tabeller. Feilsignal fra spjeldene skal indikeres i aktuelt skjermbilde.

Eksempel på presentasjon i nybygg eller rehab-prosjekt med nytt 5-siffer merkesystem for romregulering.

Komponent	Pådrag	Aktuell spjeld vinkel	Målt/aktuell luftmengde	Prosjektert luftmengde Min-og maks
+BB=563.yynnn-SQ4nn	ZZZ %	ZZZ %	Y.YYY m3/h	X.XXX / X.XXX m3/h
+BB=563.yynnn-SQ5nn	ZZZ %	ZZZ %	Y.YYY m3/h	X.XXX / X.XXX m3/h
+BB=360.nnn-SKnnn		ZZZ %	Y.YYY m3/h	X.XXX m3/h

yynnn = etasje og romnummer (Se nærmere i UBF Merkesystem på FKOK.no)

Eksempel på presentasjon i rehab-prosjekt, hvor eksisterende 3-siffer merkesystem beholdes.

Komponent	Rom eller sone Hjelpetekst	Pådrag	Aktuell spjeld vinkel	Målt/aktuell luftmengde	Prosjektert luftmengde Min-og maks
+BB=563.nnn-SQ4nn	Tekst, plassering, etc.	ZZZ %	ZZZ %	Y.YYY m3/h	X.XXX / X.XXX m3/h
+BB=563.nnn-SQ5nn	Tekst, plassering, etc.	ZZZ %	ZZZ %	Y.YYY m3/h	X.XXX / X.XXX m3/h
+BB=360.nnn-SKnnn	Tekst, plassering, etc.		ZZZ %	Y.YYY m3/h	X.XXX m3/h

Veileder for behovsstyrt ventilasjon i skoleanlegg versjon 1.0 godkjent

Sted og prosess	Undervisningsbygg / FDV+ / Eiendomstjenester+ / skok.no dokumenter+ / Veiledere / Veileder ventilasjon	Dokumentkategori	skok.no dokumenter
Sist godkjent dato	12.04.2019 (Åse-Lill Madland)	Siste revisjonsdato	10.08.2021
Dato endret	26.03.2019 (Lasse Tannerfalk)	Neste revisjonsdato	01.06.2022
		Dokumentansvarlig	Eivind Bryne Retterstøl

Underbilder skal lages i det antall som er nødvendig for at driftsoperatør får en god oversikt for å kunne ha en tilstrekkelig styring, regulering og overvåkingsfunksjon.