

UDGIVET SEPTEMBER 2016 – OPDATERET DECEMBER 2021

Vejledning: Etageejendomme

Funktionsafprøvning af ventilationsanlæg, centrale og decentrale

Gamle og udtjente ventilationsanlæg er ofte dyre i drift. Der er typisk både høje energiudgifter og store omkostninger forbundet med at vedligeholde og driftssikre et udtjent anlæg. Desuden kan det kan være både vanskeligt og besværligt at skaffe reservedele til ældre anlæg. Der kan med andre ord være mange gode grunde til at investere i renovering af ventilationsanlægget.

Men hvordan sikrer du, at det nye anlæg leverer varen i form af en god og jævn varmeydelse uden driftsforstyrrelser og med lavest muligt energiforbrug? Svaret er enkelt:

Stil præcise og relevante krav til anlægget fra starten, og få testet det nye anlæg op imod kravene inden aflevering. Det kan gøres ved at gennemføre en funktionsafprøvning af ventilationsanlægget før ibrugtagning.

Det er lovpligtigt

Der skal ifølge Bygningsreglementet § 450 gennemføres en funktionsafprøvning af ventilationsanlægget før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at ventilationsanlægget overholder bygningsreglementets krav til specifikt elforbrug til lufttransport, luftmængder, samt at eventuelt behovsstyring fungerer efter hensigten. Dokumentation af funktionsafprøvningen skal indsendes til kommunen senest ved færdigmelding.

Denne vejledning fortæller, hvordan man kan gennemføre en funktionsafprøvning af et ventilationsanlæg.

Hvad er funktionsafprøvninger?

Funktionsafprøvninger er et godt værktøj til at sikre, at det færdige renoveringsprojekt lever op til bygherrens krav og ønsker i forhold til kvalitet. Den forebygger mange af de problemer, bygherrerne typisk kan opleve med tekniske installationer, som ikke leverer den lovede ydelse. Beboerne vil ikke opleve gener, og desuden vil bygherren overtage en bygning, hvor de driftsansvarlige kan koncentrere sig om at drifte bygningen fra dag 1 og ikke skal bruge tid på at udbedre fejl og mangler.

Kravene præciseres

Funktionsafprøvninger adskiller sig ikke grundlæggende fra den almindelig afleveringsforretning, hvor funktionen af anlæg testes, før projektet afleveres til bygherren. Forskellen ligger i, at det er bygherren, der fra start stiller kravene til, hvordan anlægget skal testes, og hvordan dette skal dokumenteres. Med funktionsafprøvninger stilles der altså ikke nye krav til installationerne, men der sker en præcisering af, hvordan kravene kontrolleres.

Nye procedurer

For både bygherren og den udførende entreprenør skal der indføres nye procedurer. Bygherren skal sikre, at det allerede i udbudsmaterialet angives, hvilke installationer der skal testes og hvordan, mens entreprenøren skal sørge for at indregulere anlæggene og have udført egentest forud for funktionsafprøvningen, der finder sted umiddelbart inden afleveringen.

Hvilke krav bør du stille?

Hvad får du i denne vejledning?

I denne vejledning får du beskrivelser af en række relevante funktionsafprøvninger, som fortæller, hvad det er relevant at måle på, når den afsluttende test skal gennemføres. Samtidig får du via testbeskrivelserne input til, hvilke krav du skal stille. Krav og kriterier for målinger er nemlig to sider af samme sag.

Vejledningen er delt i to dele - én del for centrale ventilationsanlæg og én del for decentrale ventilationsanlæg, da de deltests, der skal udføres, ikke er helt de samme.

Vejledningen indeholder beskrivelser af test, målemetoder og tjeklister. Der er beskrevet fire forskellige typer af test:

Krav i Bygningsreglementet (BR18)

1. Kontrol af luftfordeling
2. Kontrol af SFP-faktor
3. Kontrol af automatik

Forslag til yderligere test

4. Kontrol af temperaturvirkningsgrad

Alle tests er vejledende og skal tilpasses hver opgave.

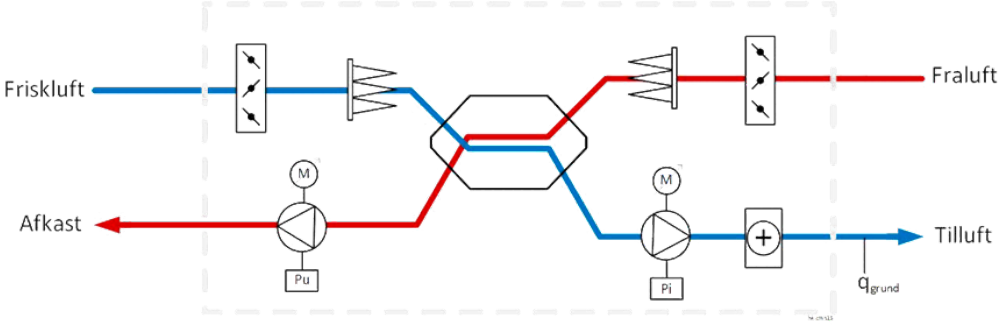
I det følgende beskrives funktionsafprøvning for eftervisning af luftfordeling, SFP-faktor og automatik samt kontrol af temperaturvirkningsgrad. Der anvises desuden registreringsskemaer til brug for dokumentation af de målte værdier.

Funktionsafprøvning for centrale ventilationsanlæg til boliger

Test nr. 1 – centrale ventilationsanlæg	Ventilation, luftmængder
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 § 443 står der:</p> <p>”I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der til enhver tid være en udelufttilførsel på mindst 0,30 l/s pr. m² opvarmet etageareal. Dette gælder også ved brug af behovsstyret ventilation.</p> <p>I stk. 2 står der:</p> <p>”Boligens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationssystem. Hvis ventilationen foretages med et mekanisk ventilationsanlæg, skal dette have indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers. Ventilationsanlægget skal have varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften. Såfremt et andet ventilationssystem anvendes, skal dette på en tilsvarende måde kunne opfylde bygningsreglementets krav, og tillige skal det sikres, at primærenergibehovet ikke forøges.</p> <p>I stk. 3 står der:</p> <p>”Køkkener i boliger skal forsynes med emhætte. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning, afkast til det fri og tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavning.</p> <p>I stk. 4 står der:</p> <p>En emhætte skal for at have en tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavningen have en emopfangsevne på mindst 75 pct. i overensstemmelse med DS/EN 61591 eller DS/EN 13141-3. Såfremt det på anden måde kan dokumenteres, at emhætten har tilstrækkelig effektivitet, kan andre dokumentationsmetoder anvendes</p> <p>I stk. 5 står der:</p> <p>”Udsugning fra bade- og wc-rum i boliger skal kunne forøges til mindst 15 l/s. I wc-rum uden bad og i bryggers skal der kunne udsuges mindst 10 l/s. Udsugningen i køkkener skal kunne forøges til mindst 20 l/s.</p>
Definition	<p>Boligens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften, indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers.</p>

<p>Målepunkter og målemetode</p>	<p>Ved eftervisning af anlæggets luftmængder indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hovedluftmængder (grundluftskifte) opgjort via traversmålinger i hovedkanaler, målt på måleudtag på ventilatorerne, hvis disse forefindes eller målinger på armaturer med håndholdt måletragt • Delluftmængder (forcerede luftmængder) opgjort via traversmålinger i kanaler eller målinger på armaturer med håndholdt måletragt
<p>Principskitse</p>	<p>Diagrammet illustrerer luftstrømmen i et ventilationsanlæg. Friskluft (blå linje) og afkast (rød linje) kommer ind fra venstre. Tilluft (blå linje) og fraluft (rød linje) kommer ind fra venstre. Luftmængderne er markeret som $q_{delluft, ud}$, $q_{fralluft}$, $q_{tilluft}$ og $q_{delluft, ind}$.</p>
<p>Forudsætninger</p>	<p>For at kunne måle luftmængder i ventilationsanlæg skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS447, kap. 6.1.2 • Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS447, kap. 6.3.2 • Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rene, jf. DS447 6.3.3 • Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold

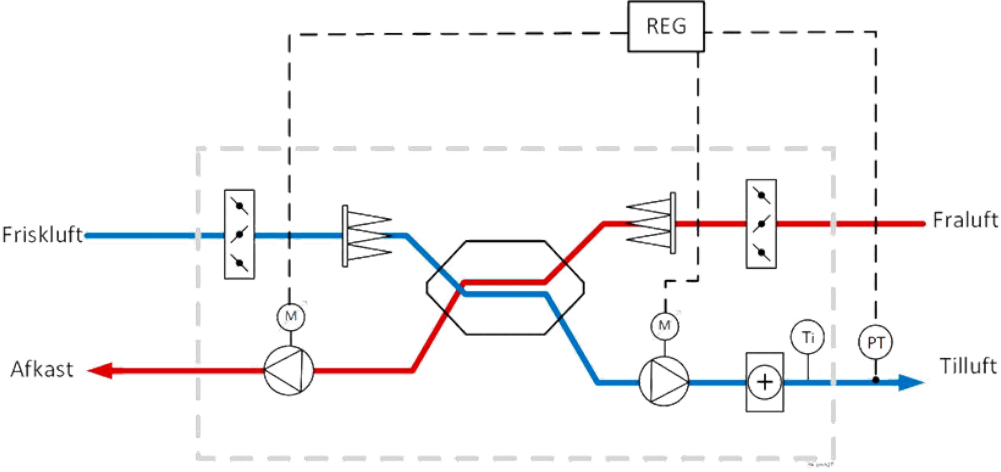
Omfang af test	<p>Luftmængderne eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.</p> <p>Hvis der foreligger en indreguleringsrapport, kan den betragtes som en funktionsafprøvning, hvis den målte hovedluftmængde maksimalt ligger $\pm 8\%$ fra den projekterede (skal svare til kravet i BR18).</p> <p>Endvidere kan den betragtes som en funktionsafprøvning hvis de målte delluftmængder målt på armaturerne maksimalt ligger indenfor $\pm 15\%$ fra de projekterede (skal svare til kravet i BR18).</p> <p>Der skal udfyldes en attest vedrører korrekt indregulering af anlægget baseret på indreguleringsrapporten og denne vedlægges som bilag til denne attest.</p> <p>Hvis afvigelserne mellem målingerne af hovedluftmængderne og de projekterede hovedluftmængder er større end 8% eller afvigelserne mellem delluftmængderne målt på armaturerne og de projekterede delluftmængder er større end 15% eller hvis bygherren ønsker kontrolmålinger, skal der foretages en stikprøve.</p> <p>Stikprøveomfanget vil som minimum omfatte hovedluftmængderne fra samtlige ventilationsanlæg samt delluftmængderne i 10% af lejlighederne.</p> <p>Hvis der observeres fejl og mangler i ovenstående stikprøvekontrol af delluftmængderne, øges omfanget af kontrol til det dobbelte.</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen • Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat
Acceptkriterium	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte hovedluftmængde fra/til aggregatet maksimalt ligger $\pm 8\%$ fra kravet i BR18.</p> <p>Endelig hvis den målte luftmængde gennem et armatur maksimalt ligger $\pm 15\%$ fra kravet i BR18.</p>
Årsager til afvigelser	<p>Forskelle mellem de målte og ønskede værdier kan blandt andet skyldes manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlægget, hvilket kan medføre uens luftfordeling i de forskellige kanalstrækninger</p>

Test nr. 2 – centrale ventilationsanlæg	Ventilation, SFP-faktor
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §. 438 står der:</p> <p>”For ventilationsanlæg med konstant eller variabel luftydelse og varmegenvinding, hvor aggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, må det specifikke elforbrug til lufttransport ikke overstige 1.200 J/m³ ved maksimalt tryktab.”</p>
Definition	<p>Beregning af SFP-faktoren for ventilationsanlægget er baseret på målinger af:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optagne effekter for motorer til indblæsnings- og udsugningsventilatoren (P_i og P_u) • Den indblæste og udsugede luftmængde, der svarer til et grundluftskifte på 0,3 l/s pr. m² (q_{grund}) <p>Beregningen foretages ved at benytte nedenstående formel:</p> $SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{grund}} \quad [W] / [m^3/s]$
Målepunkter og målemetoder	<p>Ved eftervisning af anlæggets SFP-faktor indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luftmængder opgjort via traversmålinger i hovedkanaler, målt på måleudtag på ventilatorerne, hvis disse forefindes eller via delmålinger på armaturer med måletragt • Effektoptag foretaget på motorernes hovedrelæer i styreskabet eller på motorernes klemkasser
Principskitse	 <p>Diagrammet illustrerer et centralt ventilationsanlæg. Friskluft (blå linje) kommer ind fra venstre og går til Fraluft (rød linje) på højre. Afkast (rød linje) går ned og til venstre. Tilluft (blå linje) kommer fra bunden og går til højre. To motorer (M) er vist: en for udsugning (Pu) og en for indblæsning (Pi). Luftmængden q_{grund} er angivet ved Tilluft. Et plus-tegn (+) er vist på Tilluft-linjen.</p>

Forudsætninger	<p>For at kunne eftervise ventilationsanlæggets SFP-faktor skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS447, kap. 6.1.2 • Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS447, kap. 6.3.2 • Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rene, jf. DS447 6.3.3 • Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold
Omfang af test	SFP-faktoren eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen • Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis den målte SFP-faktor maksimalt overstiger kravet i BR18 med 5%.

Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> • Tryktabene i kanalsystemet inkl. komponenter (kanaler, bøjninger, lyddæmpere, indtags-og afkasthætter m.v.) er højere end forudsat ved dimensioneringen • Tryktabene i ventilationsaggregatets komponenter (filtre, varmegenvindingsenhed, varmeplade m.v.) er højere end forudsat ved dimensioneringen • Virkningsgrader for ventilator og motor er lavere end forudsat • Luftmængderne afviger fra dem der var forudsat ved den oprindelig opgørelse af SFP-faktoren • Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg • Unøjagtige målinger af luftmængder og effektoptag • Defekte komponenter
-------------------------------	---

Test nr. 3 – centrale ventilationsanlæg	Ventilation, automatik
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 22 stk. 421 står der: "Ventilationssystemer skal projekteres og udføres i overensstemmelse med DS447 Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer".
Definition	Automatikken skal være i stand til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt samtidig med, at krav til funktioner og indeklime er opfyldt.
Målepunkter og målemetoder	Ved eftervisning af automatikkens evne til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt indgår følgende måle- og kontrolpunkter: <ul style="list-style-type: none"> • Indblæsningstemperatur • Fugtighedsføler • Hastighedsregulering (VAV), som typisk sker i trin

Principskitse	
Forudsætninger	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvningen af ventilationsanlæggets behovsstyring skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS447, kap. 6.1.2 • Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS447, kap. 6.3.2 • Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS447 6.3.3 • Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold
Omfang af test	<p>Automatikkens funktionsduelighed eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen • Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat

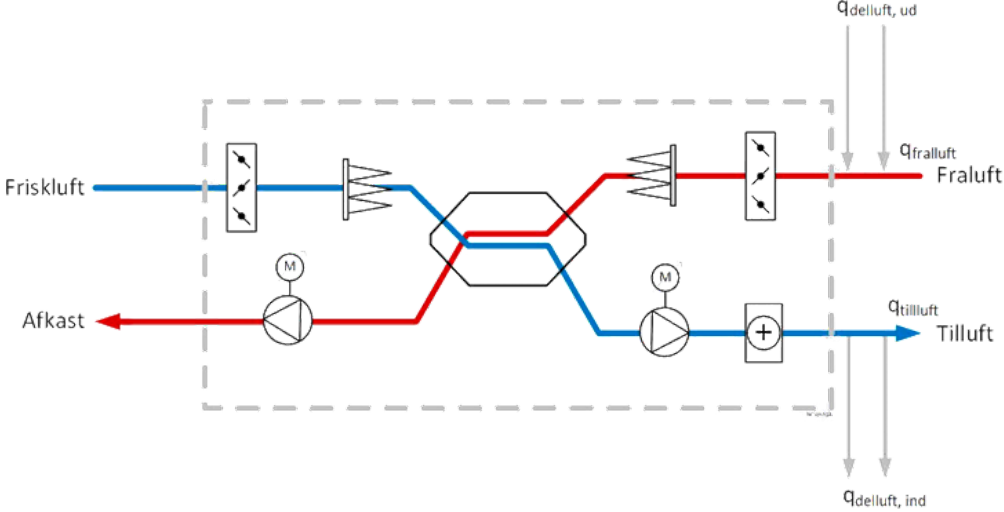
Acceptkriterium	<p>Testens resultat accepteres, hvis det konstateres at:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indblæsningstemperaturen afviger mindre end 3% i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen) • Det statiske tryk i udsugningskanalen afviger mindre end 3% i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen) • Ventilatorer ændrer hastighed i henhold til funktionsbeskrivelsen
Årsager til afvigelser	<p>Forskellen mellem den målte og ønskede værdi kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fejlagtig indstilling af temperatur eller tryk (setpunkter) • Defekte komponenter (temperaturfølere, trykfølere, reguleringsventiler inkl. motorer, defekt styring til varmegenvindingsenhed, defekte frekvensomformere til motorerne m.m.)

Test nr. 4 – centrale ventilationsanlæg	Ventilation, temperaturvirkningsgrad
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 stk. 435 står der: "Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning, hvor aggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, skal udføres med varmegenvinding med en tør temperaturvirkningsgrad på mindst 80 pct."</p>
Definition	<p>Beregning af temperaturvirkningsgraden η_t for varmegenvindingsenheden er baseret på målinger af:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Udeluftens temperatur (T_1) • Udeluftens temperatur ved afgang fra varmegenvindingsenheden (T_2). Denne temperatur måles efter indblæsningsventilatoren (der fratrækkes 0,5 °C for at kompensere for opvarmningen i ventilatoren). Sidder der en varmeplade mellem varmegenvindingsenhed og målepunktet, skal denne være afbrudt og have været afbrudt så længe, at temperaturen i målepunktet er stabil. • Temperatur af udsugningsluften (T_3) <p>Beregningen foretages ved at benytte nedenstående formel:</p> $\eta_t = \frac{T_2 - T_1 - 0,5}{T_3 - T_1} \quad [\%]$
Målepunkter og målemetoder	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte temperaturvirkningsgrad maksimalt ligger 3% under kravet i BR18.</p>

<p>Principskitse</p>	
<p>Forudsætninger</p>	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvningen af ventilationsanlæggets varmegenvindingsenhed skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, kap. 6.1.2 • Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS447, kap. 6.3.2 • Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS447 6.3.3 • Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold
<p>Omfang af test</p>	<p>Temperaturvirkningsgraden eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding..</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen • Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat
<p>Acceptkriterium</p>	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte temperaturvirkningsgrad maksimalt ligger 3% under kravet i BR18.</p>
<p>Testens resultater</p>	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte temperaturvirkningsgrad maksimalt ligger 5% under kravet i BR18.</p>

Funktionsafprøvning for decentrale ventilationsanlæg til boliger

Test nr. 1 - decentrale ventilationsanlæg	Ventilation, luftmængder
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 § 443 står der: "I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der til enhver tid være en udelufttilførsel på mindst 0,30 l/s pr. m² opvarmet etageareal. Dette gælder også ved brug af behovsstyret ventilation.</p> <p>I stk. 2 står der: "Boligens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationssystem. Hvis ventilationen foretages med et mekanisk ventilationsanlæg, skal dette have indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers. Ventilationsanlægget skal have varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften. Såfremt et andet ventilationssystem anvendes, skal dette på en tilsvarende måde kunne opfylde bygningsreglementets krav, og tillige skal det sikres, at primærenergibehovet ikke forøges.</p> <p>I stk. 3 står der: "Køkkener i boliger skal forsynes med emhætte. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning, afkast til det fri og tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavning.</p> <p>I stk. 4 står der: En emhætte skal for at have en tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavningen have en emopfangsevne på mindst 75 pct. i overensstemmelse med DS/EN 61591 eller DS/EN 13141-3. Såfremt det på anden måde kan dokumenteres, at emhætten har tilstrækkelig effektivitet, kan andre dokumentationsmetoder anvendes</p> <p>I stk. 5 står der: "Udsugning fra bade- og wc-rum i boliger skal kunne forøges til mindst 15 l/s. I wc-rum uden bad og i bryggers skal der kunne udsuges mindst 10 l/s. Udsugningen i køkkener skal kunne forøges til mindst 20 l/s.</p>
Definition	Boligenhedens grundluftsskifte skal tilvejebringes med et ventilationsanlæg med varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften, indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers.

<p>Målepunkter og målemetode</p>	<p>Ved eftervisning af anlæggets luftmængder indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Delluftmængder opgjort via målinger på armaturer med håndholdt måletragt • Motorernes frekvensomformere indstilles således at ventilatorerne leverer det krævede grundluftskifte jf. BR18 • Der foretages målinger af delluftmængder i 10% af lejlighederne til eftervisning af, at der er tilføres 0,3 l/s pr. m²opvarmet etageareal. Hvis størrelsen af lejligheder varierer, fordeles målingerne ligeligt • Målingerne foretages ved de armaturtryktab, som brandnormen (DS 428) kræver
<p>Principskitse</p>	 <p>Diagrammet illustrerer luftstrømmen i et ventilationsanlæg. Friskluft (blå linje) og Afkast (rød linje) indgår i anlægget. Luftstrømmen går gennem filtre og ventilatorer (M) til Tilluft (blå linje) og Fraluft (rød linje). Der er også en trykforøgelse (+) i tilluftslinjen. Luftmængderne er markeret med $Q_{delluft, ud}$, $Q_{delluft, ind}$, $Q_{fralluft}$ og $Q_{tilluft}$.</p>
<p>Forudsætninger</p>	<p>For at kunne måle luftmængder i ventilationsanlæg skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS447, kap. 6.1.2 • Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS447, kap. 6.3.2 • Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rene, jf. DS447 6.3.3 • Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold

Omfang af test	<p>Luftmængderne eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.</p> <p>Hvis der foreligger en indreguleringsrapport, kan den betragtes som en funktionsafprøvning, hvis den målte hovedluftmængde maksimalt ligger $\pm 8\%$ fra den projekterede (skal svare til kravet i BR18).</p> <p>Endvidere kan den betragtes som en funktionsafprøvning hvis de målte delluftmængderne maksimalt ligger indenfor $\pm 15\%$ fra de projekterede (skal svare til kravet i BR18).</p> <p>Der skal udfyldes en attest vedrører korrekt indregulering af anlægget baseret på indreguleringsrapporten og denne vedlægges som bilag til denne attest.</p> <p>Hvis afvigelserne mellem målingerne af hovedluftmængderne og de projekterede hovedluftmængder er større end 8% eller afvigelserne mellem delluftmængderne målt på armaturerne og de projekterede delluftmængder er større end 15% eller hvis bygherren ønsker kontrolmålinger, skal der foretages en stikprøve.</p> <p>Stikprøveomfanget vil som minimum omfatte hovedluftmængderne fra samtlige ventilationsanlæg samt delluftmængderne i 10% af lejlighederne.</p> <p>Hvis der observeres fejl og mangler i ovenstående stikprøvekontrol af delluftmængderne, øges omfanget af kontrol til det dobbelte.</p>
Tidspunkt for testens gennemførelse	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen • Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat
Acceptkriterium	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte hovedluftmængde fra/til aggregatet maksimalt ligger $\pm 8\%$ fra kravet i BR18. % fra kravet i BR18.</p> <p>Endelig hvis den målte luftmængde gennem et armatur maksimalt ligger $\pm 15\%$ fra kravet i BR18.</p>
Årsager til afvigelser	<p>Forskelle mellem de målte og ønskede værdier kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg, hvilket kan medføre uens luftfordeling i de forskellige kanalstrækninger • Fejlagtig indstilling af brand- og røgspjæld (for høje tryktab)

Test nr. 2 – decentrale ventilationsanlæg	Ventilation, SFP-faktor
Lovkrav	I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §438 står der: "For ventilationsanlæg med varmegenvinding, hvor aggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, må det specifikke elforbrug til lufttransport ikke overstige 1.000 J/m ³ ved grundluftskiftet".
Definition	Beregning af SFP-faktoren for ventilationsanlægget er baseret på målinger af: <ul style="list-style-type: none"> • Optagne effekter for motorer til indblæsnings- og udsugningsventilatoren (P_i og P_u) • Den maksimale luftmængde, hvilket vil sige et grundluftskifte på 0,3 l/s pr. m² (q_{grund}) Beregningsformlen er: $SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{grund}} \quad [W/m^3]$
Målepunkter og målemetode	Ved eftervisning af anlæggets SFP-faktor indgår følgende målepunkter: <ul style="list-style-type: none"> • Luftmængder opgjort via traversmålinger i kanaler eller målinger på trykudtag monteret på ventilatorerne • Effektoptag foretaget på motorernes hovedrelæer i styreskabet eller på motorernes klemkasser • Målingen af SFP-faktoren foretages med fuld varmegenvinding, dvs. eventuelle bypass spjæld skal være lukkede eller rotoren (roterende veksler) køre med 100 % omdrejningstal • Målingen foretages ved de armaturtryktab, som brandnormen (DS 428) kræver
Principskitse	<p>Principskitse af et decentralt ventilationsanlæg med varmegenvinding. Diagrammet viser en central varmeveksler (hexagon) med to motorer (M) og trykudtag. Friskluft (blå) kommer fra venstre, og afkast (rød) går til venstre. Tilluft (blå) kommer fra højre, og fraluft (rød) går til højre. Luftmængder er markeret som $q_{delluft, ud}$; $q_{fralluft}$; $q_{tilluft}$; og $q_{delluft, ind}$.</p>

Forudsætninger	<p>For at kunne eftervise ventilationsanlæggets SFP-faktor skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS447, kap. 6.1.2 • Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS447, kap. 6.3.2 • Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rene, jf. DS447 6.3.3 • Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold
Omfang af test	SFP-faktoren eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.
Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen • Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat
Acceptkriterium	Testen er acceptabel, hvis den målte SFP-faktor maksimalt overstiger kravet i BR18 med 5%.

Årsager til afvigelser	<ul style="list-style-type: none"> • Tryktabene i kanalsystemet inkl. komponenter (kanaler, bøjninger, lyddæmpere, indtags-og afkasthætter m.v.) er højere end forudsat ved dimensioneringen. Tryktabene måles og analyseres, herunder sammenholdes med forudsatte værdier • Tryktabene i ventilationsaggregatets komponenter (filtre, varmegenvindingsenhed, varmeflade m.v. er højere end forudsat ved dimensioneringen. Virkningsgrader for ventilator og motor er lavere end forudsat. Tryktabene samt virkningsgrader for ventilator og motor måles og analyseres • Luftmængderne afviger fra dem der var forudsat ved den oprindelig opgørelse af SFP-faktoren • Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg • Unøjagtige målinger af luftmængder og effektoptag • Defekte komponenter
-------------------------------	---

Test nr. 3 – decentrale ventilationsanlæg	Ventilation, automatik
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §421 står der: "Ventilationssystemer skal projekteres og udføres i overensstemmelse med DS 447 Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer".</p>
Definition	<p>Automatikken skal være i stand til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt samtidig med, at krav til funktioner og indeklime er opfyldt.</p>
Målepunkter og målemetode	<p>Ved eftervisning af automatikkens evne til at styre og regulere ventilationsanlægget effektivt og energioptimalt indgår følgende måle- og kontrolpunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indblæsningstemperatur • Statisk tryk i indblæsnings- og udsugningskanalerne • Hastighedsregulering (VAV) <p>Indstillinger af setpunkter for indblæsningstemperatur og statisk tryk i indblæsnings- og udsugningskanalen sammenholdes med målinger med kalibreret måleudstyr.</p>

<p>Principskitse</p>	
<p>Forudsætninger</p>	<p>I henhold til DS 447:2013, kapitel 6.3, 7.3 og 8.3 "Indregulering og aflevering" skal et ventilationsanlæg være indreguleret af ventilationsentreprenøren. I afsnit 6.3.3 er det væsentlig at bemærke kravet vedr. funktionstest, idet der skrives, at der skal udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentlige parametre, som er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indblæst og udsuget luftmængde • Trykdifferenser over anlæg (suge- og trykside) samt komponenter • Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer • Temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsenhed
<p>Omfang af test</p>	<p>Automatikkens funktionsduelighed eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>
<p>Dokumentation</p>	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen • Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat

Acceptkriterium	<p>Testens resultat accepteres, hvis det konstateres at:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indblæsningstemperaturen afviger mindre end 3% i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen) • Det statiske tryk i udsugningskanalen afviger mindre end 3% i forhold til setpunktet (i henhold til funktionsbeskrivelsen) • Ventilatorer ændrer hastighed i henhold til funktionsbeskrivelsen
Årsager til afvigelser	<p>Forskelle mellem den målte og ønskede værdi kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fejlagtig indstilling af temperatur eller tryk (setpunkter) • Defekte komponenter (temperaturfølere, trykfølere, reguleringsventiler inkl. motorer, defekt styring til varmegenvindingsenhed, defekte frekvensomformere til motorerne m.m.)

Test nr. 4 - decentrale ventilationsanlæg	Ventilation, temperaturvirkningsgrad
Lovkrav	<p>I Bygningsreglement BR18 kap. 22 §435 står der: "Ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning, hvor aggregat og kanalsystem kun betjener én bolig, skal udføres med varmegenvinding med en tør temperaturvirkningsgrad på mindst 80%". Bestemmelsen gælder også ved installation af et anlæg i hver boligenhed i en etageejendom.</p>
Definition	<p>Beregning af temperaturvirkningsgraden for varmegenvindingsenheden er baseret på målinger af:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Udeluftens temperatur (T_1) • Udeluftens temperatur ved afgang fra varmegenvindingsenheden (T_2). Denne temperatur måles efter indblæsningsventilatoren (der fratrækkes $0,5^\circ\text{C}$ for at kompensere for opvarmningen i ventilatoren). Sidder der en varmeplade mellem varmegenvindingsenhed og målepunktet, skal denne være afbrudt og have været afbrudt så længe, at temperaturen i målepunktet er stabil. • Temperatur af udsugningsluften (T_3) <p>Beregningen foretages ved at benytte nedenstående formel:</p> $\eta_t = \frac{T_2 - T_1 - 0,5}{T_3 - T_1} \quad [\%]$

<p>Målepunkter og målemetode</p>	<p>Ved eftervisning af varmegenvindingens temperaturvirkningsgrad indgår følgende målepunkter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturer opgjort via målinger i kanaltilslutninger til aggregatet (se "Principskitse") <p>Det kan være en udfordring at opnå den ønskede udetemperaturer for måling og beregning af temperaturvirkningsgraden. Temperaturvirkningsgraden skal som udgangspunkt eftervises ved en temperaturdifferens mellem udeluft før veksler (T_1) og udsuget luft fra rummene (T_3) på ca. 10-15°C.</p> <p>Når temperaturvirkningsgraden eftervises, skal der være en rimelig balance imellem indblæst og udsuget luftmængde. Der må maksimalt være en ubalance 3%.</p>
<p>Principskitse</p>	
<p>Forudsætninger</p>	<p>For at kunne udføre funktionsafprøvningen af ventilationsanlæggets varmegenvindingsenhed skal følgende normalt være opfyldt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS447 kap. 6.3.1 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, kap. 6.1.2 • Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS447, kap. 6.3.2 • Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS447 6.3.3 • Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold
<p>Omfang af test</p>	<p>Temperaturvirkningsgraden eftervises for alle nye ventilationsanlæg med varmegenvinding.</p>
<p>Tidspunkt for testens gennemførelse</p>	<p>Testen gennemføres inden aflevering af anlægget til kunden.</p>

Dokumentation	<p>Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvningen • Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under • Målepunkter • Måleudstyr der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret • De opnåede måleresultater • Det samlede resultat
Acceptkriterium	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte temperaturvirkningsgrad maksimalt ligger 3% under kravet i BR18.</p>
Årsager til afvigelser	<p>Forskelle mellem den målte og beregnede værdi kan blandt andet skyldes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manglende eller fejlagtig indregulering af ventilationsanlæg • Fejlagtig projektering af ventilationsanlæg • Fejlagtig udførelse af ventilationsanlæg • Defekte komponenter • Unøjagtige målinger af temperaturer

Registreringskema til test 1: Funktionsafprøvning af luftmængder (både centrale og decentrale anlæg)

Disse skemaer kan udskrives og benyttes

Anlægsnummer:	Udført af:	Dato:
Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under		
Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)		
Anvendt måleudstyr		

Type	Kalibreringsdato
-------------	-------------------------

Måleresultater:

Hovedluftmængder (grundluftskifte)			
Måling i kanal eller trykudtag på ventilator			
	Målt luftmængde [m³/h]	Projekteret luftmængde [m³/h]	Afvigelse [%]
Indblæsning			
Udsugning			

Delluftmængder				
Måling på indblæsnings- og udsugningsarmaturer				
Armatur	Placering	Målt luftmængde [m³/h]	Projekteret luftmængde [m³/h]	Afvigelse [%]
Indblæsning				
I alt				
Udsugning				

I alt				

<td">Ja

Det samlede resultat	
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?	Nej
Hvis nej – beskriv hvorfor	
Kommentarer	

Registreringsskema til test 2: Funktionsafprøvning af SFP-faktor (både centrale og decentrale anlæg)

Disse skemaer kan udskrives og benyttes

Anlægsnummer:	Udført af:	Dato:
Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under		
Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)		

Anvendt måleudstyr	
Type	Kalibreringsdato

Måleresultater

Driftsparameter	Skriv værdi	Enhed
Luftmængde (q_{grund})		m^3/s
Optagen effekt for motoren til indblæsningsventilatoren (P_i)		W
Optagen effekt for motoren til udsugnings-ventilatoren (P_u)		W

<p>Beregning</p> $SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{grund}}$	<p>SFP-faktor</p> <p>[W/m³/s]</p>						
<p>Beregnet SFP-faktor, Projekteret SFP-faktor, Afvigelse</p> <table> <tr> <td>SFP (beregnet)</td> <td>SFP (proj.)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>[W/m³/s]</td> <td>[W/m³/s]</td> <td>[%]</td> </tr> </table>		SFP (beregnet)	SFP (proj.)		[W/m ³ /s]	[W/m ³ /s]	[%]
SFP (beregnet)	SFP (proj.)						
[W/m ³ /s]	[W/m ³ /s]	[%]					

<p>Det samlede resultat</p>

Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?	Ja	Nej
Hvis nej - beskriv hvorfor		
Kommentarer		

Registreringskema til test 3: Funktionsafprøvning af automatik (både centrale og decentrale anlæg)

Disse skemaer kan udskrives og benyttes

Anlægsnummer:	Udført af:	Dato:
Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under		
Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)		
Anvendt måleudstyr		
Type	Kalibreringsdato	

	Enhed	Målt	Projekteret	Afvigelse [%]
Indblæsningstemperatur	[°C]			
Statisk tryk i indblæsningskanal	[Pa]			
Statisk tryk i udsugningskanal	[Pa]			
Det samlede resultat				
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?	Ja		Nej	
Hvis nej – beskriv hvorfor				
Kommentarer				

Registreringsskema til test 4: Funktionsafprøvning af temperaturvirkningsgrad (både centrale og decentrale anlæg)

Disse skemaer kan udskrives og benyttes

Anlægsnummer:	Udført af:	Dato:
---------------	------------	-------

Beskrivelse af hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under	
Målepunkter (angiv hvor målingerne er foretaget)	
Anvendt måleudstyr	
Type	Kalibreringsdato

Måleresultater

Driftstemperatur	
Temperatur [°C]	
Udeluftens temperatur (T₁)	
Udeluftens temperatur ved afgang fra varmegenvindingsenheden (T₂)	
Temperatur af udsugningsluften (T₃)	

Beregning:		
$\eta_t = \frac{T_2 - T_1 - 0,5}{T_3 - T_1} \quad [\%]$	Temperaturvirkningsgrad [%]	
Beregnet temperaturvirkningsgrad (beregnet) [%]	Projekteret temperaturvirkningsgrad (proj.) [%]	Afvigelse [%]

Det samlede resultat		
Stemmer det samlede resultat overens med kravene i BR18 (hvis relevant)?	Ja	Nej
Hvis nej - beskriv hvorfor		
Kommentarer		