

UDGIVET DECEMBER 2021

Vejledning: Enfamiliehuse

Ventilationsanlæg – funktionsafprøvning

Denne vejledning handler om, hvordan man funktionsafprøver ventilationsanlæg i enfamiliehuse.

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.

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 funktionsafprøvning 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 indeholder beskrivelser af test, målemetoder og tjeklister. Der er beskrevet otte 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

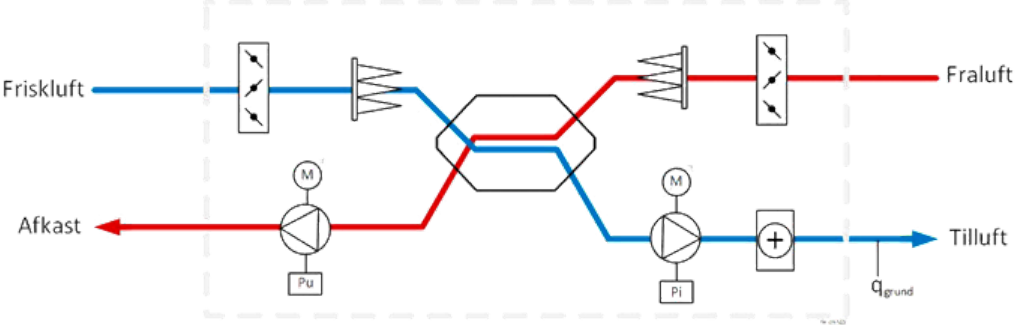
Alle tests er vejledende og skal tilpasses hver opgave.

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

Test nr. 1	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>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>

<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>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	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 1.000 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> $SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{grund}} \quad [W]$ <p style="text-align: center;">q_{grund} [m³/s]</p>
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 luftstrømmen i et ventilationsanlæg. Friskluft (blå) kommer ind fra venstre og går til Fraluft (rød) på højre. Afkast (rød) kommer ind fra nede og går til Friskluft på venstre. Tilluft (blå) kommer ind fra nede og går til Friskluft på venstre. Der er to motorer (M) og trykmålere (Pu og Pi) i systemet. Grundluftskiftet q_{Grund} er angivet.</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, varmeflade 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	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 indeklima 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	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 varmeflade 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>Ved eftervisning af varmegenvindingens temperaturvirkningsgrad indgår følgende målepunkter:</p> <p>Temperaturer registreret via målinger i kanaltilslutninger til aggregatet.</p>

Principskitse	
Forudsætninger	<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
Omfang af test	<p>Temperaturvirkningsgraden 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>Testen er acceptabel, hvis den målte temperaturvirkningsgrad maksimalt ligger 3% under kravet i BR18.</p>
Testens resultater	<p>Testen er acceptabel, hvis den målte temperaturvirkningsgrad maksimalt ligger 5% under kravet i BR18.</p>

Registreringsskema til test 1: Funktionsafprøvning af luftmængder

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			

Hovedluftmængder (grundluftskifte)
Måling på indblæsnings-og udsugningsarmaturer

Armatur	Placering	Målt luftmængde [m ³ /h]	Projekteret luftmængde [m ³ /h]	Afvigelse [%]
Indblæsning				
I alt				
Udsugning				
I alt				

Delluftmængder (forcerede luftmængder)			
Udsugning	Målt luftmængde [m ³ /h]	Projekteret luftmængde [m ³ /h]	Afvigelse [%]
Køkken			
Badeværelse			
WC 1			
WC 2			
I alt			

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

Registreringskema til test 2: Funktionsafprøvning af SFP-faktor

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

Beregning	SFP-faktor	
$SFP = \frac{P_i + P_u}{q_{grund}} \quad [W/m^3/s]$	$[W/m^3/s]$	
Beregnet SFP-faktor,	Projekteret SFP-faktor,	Afvigelse
SFP (beregnet)	SFP (proj.)	[%]
$[W/m^3/s]$	$[W/m^3/s]$	

Det samlede resultat		
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

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 [%]
Indblæsnings-temperatur	[°C]			
Trin	Indblæst luftmængde [m³/h]	Udsuget luftmængde [m³/h]	Afvigelse [%]	
1				
2				
3				

4			
----------	--	--	--

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

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 afgangen fra varmegenvindingsenheden (T₂)	
Temperatur af udsugningsluften (T₃)	

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

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