

Vejledning om funktionsafprøvning

1.0 Indledning

D. 1. juli 2017 indførtes der krav i bygningsreglementet om, at der skal foretages funktionsafprøvning af en række bygningsinstallationer inden ibrugtagning af bygningen. Efterfølgende er der indført yderligere krav til flere bygningsinstallationer.

De bygningsinstallationer som funktionsafprøvningskravene omfatter er:

- Ventilationsanlæg (gældende fra 1. juli 2017)
- Varme og køleanlæg (gældende fra 1. juli 2017)
- Belysningsanlæg (gældende fra 1. juli 2017)
- Elevatorer (gældende fra 1. juli 2017)
- Bygningsautomatik (gældende fra 10. marts 2020)
- Energiforsyningsanlæg baseret på vedvarende energi (gældende fra 10. marts 2020)
- Energiforsyningsanlæg (gældende fra 10. marts 2020)

Kravene er overordnet set en styrkelse af de allerede eksisterende krav til eftervisning af installationers ydeevne i de gældende standarder og er i stort omfang en implementering af EU-krav gennem bygningsdirektivet. Der er tale om en fysisk eftervisning og afprøvning af at anlæggene fungerer efter hensigten og lever op til bygningsreglementets krav.

Bygningsreglementets krav gælder ved nybyggeri, men også for eksisterende byggeri, hvor der udføres større ændringer af de pågældende anlæg. Det er for eksempel når der installeres en ny bygningsinstallation, der ikke tidligere har været i bygningen. For eksempel et byggeri, der har været ventileret med naturlig ventilation, og som renoveres ved at få installeret et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding. Ligeledes gælder kravene om funktionsafprøvning ved udskiftning af eksisterende installationer med nye tilsvarende installationer, fx installation af et nyt ventilationsanlæg i stedet for et eksisterende ældre ventilationsanlæg.

Dokumentation for resultatet af funktionsafprøvningen skal indsendes til kommunen i forbindelse med færdigmelding, og opfyldelse af kravene er en forudsætning for, at bygningen må tages i brug. Hvis funktionsafprøvningen foretages i forbindelse med en ombygning, hvor der ikke er krav om byggetilladelse, så skal dokumentationen ikke indsendes til kommunen. Det er bygningsejers ansvar at sikre, at funktionsafprøvningen bliver gennemført og at der bliver fulgt op på konklusionerne i funktionsafprøvningen.

Denne vejledning er en hjælp til at forstå, hvad funktionsafprøvningskravene omhandler og hvilke målinger, der normalt skal udføres for at eftervise, at kravene er opfyldt. Der er ikke en forpligtelse til at følge vejledningen, men hvis man følger vejledningen har man stor sikkerhed for at funktionsafprøvningen er udført korrekt.

Vejledningen omhandler ikke beskrivelse af specifikke krav til målemetoder og måleudstyr.

Vejledningen henvender sig til alt byggeri uanset størrelse eller formål.

Kravene til funktionsafprøvning i bygningsreglementet og i denne vejledning, er ikke nødvendigvis nok til at sikre, at en bygning fungerer efter hensigten og efter de projektspecifikke forudsætninger. I en bygning med tekniske anlæg, der er afgørende for opretholdelse af indeklimaet og opfyldelse af energibehovsberegningen, kan det være hensigtsmæssigt at funktionsafprøve disse tekniske anlæg. Det kunne for eksempel være automatisk solafskærmning.

Der kan være meget forskellige styring og automatik i en bygning. Hvis der er central styring af de tekniske systemer gennem et CTS-anlæg eller lignende, så skal dette afprøves samlet set gennem automatik-afsnittet i vejledningen. Hvis bygningens centrale system til styring er verificeret ved brug af eksternt kalibrerede instrumenter, kan målinger herfra anvendes i forbindelse med funktionsafprøvningskravene. Hvis det i stedet er decentrale styringer, så skal de afprøves gennem de enkelte tekniske anlæg.

I de efterfølgende afsnit i denne vejledning står der således funktionsafprøvningskrav til de tekniske

anlæg både i de enkelte afsnit om de tekniske anlæg og i det samlede afsnit om bygningsautomatik. Det er dog kun nødvendigt at afprøve automatikken én gang, så hvis man foretager en funktionsafprøvning af et CTS-anlæg i henhold til afsnit 8 af denne vejledning, så vil dette være tilstrækkelig afprøvning af den samlede automatik for de anlæg, der er omfattet af CTS-anlægget. Værdierne, der påvises i forbindelse med en funktionsafprøvning, skal mindst være i overensstemmelse med den endelige energibehovsberegning, jf. §251, samt øvrige krav i bygningsreglementet. Det betyder, at hvis funktionsafprøvningen påviser, at projekteringsværdierne i Be18 ikke kan overholdes, skal energibehovsberegningen opdateres med de værdier, der er målt i funktionsafprøvningen.

Hvis funktionsafprøvningen påviser at projekteringsværdierne ikke overholdes, kan dette ikke nødvendigvis bruges til at påvise hvilke delopgaver i projekterings- eller byggeprocessen som har medført dette.

1.1 Hvornår foretages funktionsafprøvning?

Funktionsafprøvning er ikke det samme som indregulering eller egenkontrol af udført arbejde. For at funktionsafprøvning skal give mening er det afgørende, at de udførende har gennemført alt arbejde, inklusiv montage, indregulering, eventuelle tæthedsprøver og udbedring af mangler. Det er således et fuldt færdigt anlæg der skal funktionsafprøves. Det ligger ikke i opgaven med få udført funktionsafprøvning at finde og udbedre mangler. Hvis der findes mangler i forbindelse med funktionsafprøvningen, bør funktionsafprøvningen afbrydes indtil manglerne er udbedret.

1.2 Store eller komplekse byggerier

Hvis man følger Bygningsstyrelsens metode for performancetest, vil man også overholde bygningsreglementets krav til funktionsafprøvninger, og dokumentationen af overholdelsen af performancetestene kan benyttes som dokumentation for bygningsreglementets krav. Funktionsafprøvninger i bygningsreglementet og Bygningsstyrelsens performancetest er dog ikke det samme. Funktionsafprøvninger i henhold til bygningsreglementet er kun de tekniske afprøvninger af, om bygningsreglementets krav er overholdt. Bygningsstyrelsens metode for performancetest indeholder også afprøvninger af de tekniske anlæg, men er væsentligt mere end kun afprøvninger, idet metoden forholder sig til byggeprocessen. Bygningsstyrelsens metode for performancetest egner sig til større eller komplekse byggerier. Metoden er opdelt i trin som integreres i styringen af byggeprojekterne via 5 milepæle:

Milepæl 1: Forsyninger aktive
Milepæl 2: Mekanisk og elektrisk komplet
Milepæl 3: Brandsikkerhed, indregulering og CTS-integration
Milepæl 4: Energieffektivitet, indeklima og klimaskærm
Milepæl 5: Prøvedrift

Bygningsstyrelsens metode for performancetest blev introduceret i 2013 og var inspiration for kravet om funktionsafprøvning i bygningsreglementet i 2017.

Bygningsstyrelsens metode for performancetest kan downloades fra: [link til metode for performancetest](#)

1.3 Hvem kan udføre funktionsafprøvning

Der stilles ikke krav til hvem, der udfører en funktionsafprøvning. Det anbefales dog, at der anvendes en uvildig tredjepart uden tilknytning til projekterende rådgivere eller udførende entreprenører, da der ellers kan komme interessekonflikter. Funktionsafprøvningen kan ligeledes udføres af de entreprenører, der har udført de tekniske installationer med overværelse en uvildig tredjepart eller bygningsejers repræsentant.

Det anbefales desuden, at udførelsen af funktionsafprøvningen foretages af en uddannet fagperson med relevant måleteknisk viden og erfaring.

Noget arbejde kan være omfattet af krav om at arbejdet skal udføres af en autoriseret installatør.

Desuden skal bemærkes, at det altid er bygningsejerens ansvar, at bygningsreglementets krav er overholdt.

1.4 Brug af skatet måleudrust og målemetoder

1.4 Brug af eksternt måleudstyr og målemetoder

I tilfælde hvor der til funktionsafprøvninger anvendes eksternt måleudstyr, skal måleudstyret være retvisende og kalibreret i henhold til fabrikantens anvisninger. Målemetoder udføres efter gældende standarder, så vidt det er muligt.

1.5 Baggrund

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen indførte pr. 1. juli 2017 krav i bygningsreglementet om funktionsafprøvning af installationer. Baggrunden for kravet er, at nybyggerier og større renoveringer ofte bliver afleveret med alvorlige fejl i de tekniske installationer. Dette kan føre til et forringet indeklima og et energiforbrug, der ligger væsentligt højere end forventet. Funktionsafprøvningen skal eftervise, om de antagelser, der blev anvendt ved projekteringen af byggeriet og er anvendt i byggeansøgningen som grundlag for byggetilladelsen, er overholdt.

Version

Dette er version 4, dateret 1. juli 2023. Vejledningen er opdateret som følge en generel gennemgang af vejledningen i samarbejde med branchen.

2.0 Ventilationssystemer

Der skal gennemføres funktionsafprøvning af ventilationssystemer. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at ventilationssystemet overholder bygningsreglementets krav til:

- Luftmængder (nominel luftstrøm)
- Specifikt elforbrug til lufttransport (SEL-værdi)

samt at eventuel behovsstyring fungerer efter hensigten.

For så vidt angår naturlige og hybride ventilationssystemer skal funktionsafprøvningen dokumentere at systemerne er udført og fungerer efter hensigten.

Ifølge bygningsreglementet §421, skal ventilationssystemer projekteres og udføres som anvist i DS 447, Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer.

Vejledning om funktionsafprøvning af ventilationssystemer er derfor baseret på kravene i såvel bygningsreglementet som i DS 447.

2.1 Relevante standarder

Relevante standarder i forbindelse med funktionsafprøvning af ventilationssystemer omfatter:

- DS 447, *Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer*
- DS/EN 12599, *Ventilation i bygninger – Prøvningsprocedurer og målemetoder ved aflevering af installerede aircondition- og ventilationssystemer*
- DS/EN 14134, *Ventilation til bygninger – Ydeevneprøvning og installationskontrol af systemer til boligventilation*
- DS 469, *Varme- og køleanlæg i bygninger*

Beskrivelse

Denne standard specificerer krav til ventilation og ventilationssystemer i bygninger, herunder boliger, beregnet til menneskeligt ophold.

Standarden gælder for mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer, der monteres fast i bygninger, og som har til hovedformål, at holde én eller flere parametre inden for nærmere specificerede grænser.

Standarden gælder ikke for ventilationssystemer, hvis hovedformål er at fjerne forureninger frembragt ved industrielle, landbrugstekniske eller industrilignende processer, men den gælder for ventilationssystemer, som skal skaffe den nødvendige erstatningsluft.

Standarden dækker ikke de brandtekniske krav til ventilationssystemer; der henvises til DS 428, Norm for brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsanlæg når det gælder mekaniske ventilationssystemer og bygningsreglementet når det gælder naturlige ventilationssystemer.

Standarden findes i Dansk Standards Webshop [ds.dk her](https://ds.dk/her) >

Beskrivelse

Denne europæiske standard angiver check, prøvningsmetoder og måleinstrumenter til verificering af egnetheden af installerede systemer delvist udført primært før, under og efter overdragelse.

Standarden findes i Dansk Standards Webshop [ds.dk her](https://ds.dk/her) >

Beskrivelse

Denne europæiske standard specificerer kontrol og prøvningsmetoder til eftervisning af egnethed af installerede ventilationssystemer i boliger. Standarden kan anvendes ved indkøring af nye systemer og prøvning af ydeevne af eksisterende systemer.

Standarden findes i Dansk Standards Webshop [ds.dk her](https://ds.dk/her) >

Beskrivelse

Denne standard opstiller krav til varme- og køleanlæg. Kravene tilsigter, at der opnås et forsvarligt teknisk kvalitetsniveau, samt at det ønskede termiske indeklima kan opretholdes med mindst muligt energiforbrug.

Standarden findes i Dansk Standards Webshop [ds.dk her](https://ds.dk/her) >

2.2 Luftmængder ved mekanisk ventilation (nominel luftstrøm)

Kravet til ventilation af bygninger til beboelse er beskrevet i bygningsreglementet, §§443-446. Her fremgår det at:

- I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der være en udelufttilførsel på mindst 0,3 l/s pr. m² opvarmet etageareal, når boligen er i anvendelse.
- Der kan benyttes behovstyret ventilation under forudsætning af, at udelufttilførslen når boligen ikke er i anvendelse herved ikke bliver lavere end 0,15 l/s pr. m².
- Køkkener skal forsynes med emhætte. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning og afkast til det fri og have tilstrækkelig effektivitet til at opfange fugt og luftformige forureninger fra madlavningen. Udsugningen fra emhætten skal kunne forøges til mindst 120 l/s, hvilket dog kan reduceres hvis placering og udformning af emhætten tilsiger det. Alternativt dokumenteres det, at udsugningen fra emhætten kan forøges mindst til den luftstrøm, der giver en emopfangsevne på 75%.
- Udsugningen i baderum, wc-rum, bryggers, køkken og lignende rum skal kunne forøges mindst til følgende niveau:
 - Fra baderum og WC-rum: 15 l/s
 - Særskilt WC-rum og bryggers: 10 l/s
 - Køkken: 20 l/s
- I enfamiliehuse kan der anvendes naturlig ventilation, der henvises i dette tilfælde til kapitel 2.5 Naturlig og hybrid ventilation.

For andre bygninger end boliger stiller bygningsreglementet følgende krav til luftstrøm, jf. §§447-449.

- I daginstitutioner skal ventilationsanlægget yde mindst 3 l/s pr. barn og mindst 5 l/s pr. voksen samt 0,35 l/s pr. m² etageareal. Hvis der benyttes ventilationsanlæg med behovstyret ventilation, kan der afviges fra de angivne luftmængder, når der er reduceret behov. Dog må ventilationen i brugstiden ikke være mindre end 0,35 l/s pr. m² etageareal, og CO₂-koncentrationen må ikke overstige 1000 ppm ved de dimensionerende forhold.
- I undervisningsrum i skoler og lignende skal ventilationsanlægget i normalklasserum yde mindst 5 l/s pr. person samt 0,35 l/s pr. m² etageareal. Hvis der benyttes ventilationsanlæg med behovstyret ventilation, kan der afviges fra de angivne luftmængder, når der er reduceret behov. Dog må ventilationen i brugstiden ikke være mindre end 0,35 l/s pr. m² etageareal og CO₂-koncentrationen må ikke overstige 1000 ppm ved de dimensionerende forhold.
- Ved benyttelse af særlige byggetekniske tiltag, som for eksempel større rumvolumener pr. person, brug af flere udluftningsmuligheder, herunder muligheder for tværv ventilation, kan kravet om mekanisk ventilation fraviges under forudsætning af, at der kan opretholdes et sundhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima.
- I andre bygninger end de tidligere nævnte, fx kontor- og erhvervsbygninger, skal der fastlægges et dimensionerende ventilationsbehov for hvert rum i bygningen. Luftmængder forudsat i dimensioneringen skal eftervises af funktionsafprøvningen.

Formål med funktionsafprøvning af luftmængder

Formålet med afprøvningen er at eftervise, at ventilationsanlægget i praksis yder de ventilationsmængder, der anvendes i energibehovsberegningen, og opfylder kravene til indeklima i bygningsreglementet for så vidt indeklimaet forudsættes påvirket af ventilationen.

Definition af luftmængde (nominel luftstrøm)

Luftmængden er den luftstrøm, der er projekteret ved en given referencetilstand jf. DS 447 pkt. 3.34. Ventilationsanlæg kan have flere referencetilstande, eksempelvis grundventilation og forceret drift.

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

For at kunne måle luftmængder i ventilationsanlæg skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres:

- Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS 447 pkt. 9.2 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, pkt. 6.7.
- Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme ved de relevante referencetilstande, jf. DS 447, pkt. 9.3 og under hensyn til tolerancer jf. DS 447, pkt. 6.4.
- Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rene, jf. DS 447 9.4.
- Hvis der installeres lufthastighedsfølere, skal disse opfylde de relevante krav jf. DS 447, pkt. 6.7.14
- Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold.

Målepunkter

Ifølge DS 447, pkt. 9.7, skal ventilationsanlæg være forsynet med fastmonterede udtag til måling af hovedluftstrømme eller have mulighed for aflæsning af hovedluftstrømme på betjeningspanel. Hovedluftstrømmen eller luftstrøm på rumniveau kan også måles som summen gennem hvert enkelt armatur.

Der måles for de evt. forskellige referencetilstande og på relevante steder i ventilationsanlægget.

Acceptkriterium

Målingen skal eftervise, at de projekterede luftstrømme, udført på baggrund af bygningsreglementets krav og energibehovsberegningen, er opfyldt.

Funktionsafprøvning kan normalt accepteres, hvis de målte nominelle luftstrømme mindst svarer til det projekterede, idet der dog kan tages hensyn til måleusikkerheder, vist i tabel 1.

Måleusikkerhederne bør dog generelt vælges således, at man ved målingen kan dokumentere, at luftstrømmen opfylder kravet til de projekterede luftstrømme.

Tabel 1. Normalt tilladelig måleusikkerhed i forbindelse med måling af de luftstrømme der skal leveres af ventilationsanlægget jf. DS 447 stk. 9.3.

Samlet luftstrøm til rummet	Hovedluftstrøm fra/til aggregat
$\pm 10 \%$	$\pm 10\%$

Emhætte efterprøves i boliger ved at måle, at der er en luftstrøm svarende til kravet. Der kan normalt accepteres en måleusikkerhed på op til 15 %. Målingen udføres med lukkede vinduer og døre.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under
- Målepunkter
- Måleapparatur der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret
- De opnåede måleresultater

- Konklusion af funktionsafprøvningen
- Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvning.

2.3 Behovsstyring

Behovsstyring af ventilationen kan medvirke til at reducere bygningens energiforbrug ved at undgå unødigt ventilation. I boliger må udelufttilførelsen dog på intet tidspunkt være mindre end 0,3 l/s pr. m², når boligen er i brug eller lavere end 0,15 l/ pr. m² når boligen ikke er i brug.

Formål med funktionsafprøvningen af behovsstyring

Formålet med afprøvningen er at eftervise, at behovsstyringen fungerer efter hensigten og som forudsat i dimensionering af anlægget og den forudsætning med hensyn til behovsstyring af ventilationen, der anvendes i energibehovsberegningen, der dokumenterer, at bygningen overholder bygningsreglementets energikrav, jf. kapitel 11, Energiforbrug.

Definition af behovsstyring

Behovsstyring dækker over en styring eller regulering efter et givet behov.

De typiske anvendte metoder for behovsstyring af ventilationen er ved automatisk styring efter for eksempel:

- Tilstedeværelsesfølere (PIR). (styring)
- Timere (styring)
- Indetemperatur (regulering)
- Fugtfølere (regulering)
- CO₂-følere (regulering)

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

For at kunne udføre funktionsafprøvningen af ventilationssystemet behovsstyring skal følgende normalt være opfyldt:

- Der er udført en tæthedsprøvning af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, stk. 6.7
- Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, eller for naturlige ventilationssystemer er indreguleret så systemet yder det foreskrevne indeklima, jf. DS 447, kap. 9.3.
- Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv og eventuelle filtre i anlægget er monteret og rene, jf. DS 447 9.4.
- Der er installeret følere anvendt til behovsstyringen, der opfylder kravene jf. DS 447, stk. 6.7.14 eller 7.7.5.
- Der er indhentet dokumentation for indreguleringen af ventilationssystemet inklusive drifts- og vedligeholdelsesvejledning.
- Bygningens varme- og køleanlæg er indreguleret og i drift jf. DS 469 stk. 14.7 og stk. 16.1.
- Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold. Døre og vinduer, som indgår som en integreret del af et naturligt ventilationssystem, kan dog anvendes under selve funktionsafprøvningen såfremt behovsstyringen tilsiger dette.

Målepunkter

Den eller de parametre, der ligger til grund for behovsstyringen, indgår som målepunkt og logges ved afprøvningen. Målingen foretages ved brug af eksternt kalibreret måleudstyr.

Effektoptag og omdrejningstal for ventilatormotorer kan fx logges for at eftervise, hvordan overskridelse af setpunkter påvirker behovsstyringen. Måleperioden skal strække sig over en periode, der dækker de

forskellige driftssituationer bedst muligt.

Ved afprøvning af behovsstyringer, der styres efter CO₂- og fugtniveau, er det hensigtsmæssigt at afprøvningen fremprovokerer, at setpunktet for disse parametre overskrides for at påvise, at styringen reagerer efter de indstillede setpunktsværdier. Eftervisningen kan også ske ved at ændre setpunktet.

Kontrol af at styringsautomatik og følere til åbning og lukning af ventilationsåbninger fungerer efter hensigten og som projekteret.

Acceptkriterium

Testens resultat accepteres, hvis det konstateres, at:

- Indblæsningstemperaturen reguleres i henhold til funktionsbeskrivelsen og kravene i BR, og det eftervises, at der er overensstemmelse mellem målte værdier og dokumentationen for ventilationsanlæggets indreguleringsrapport.
- Luftmængderne ændres i henhold til funktionsbeskrivelsen og kravene i BR, og det eftervises, at der er overensstemmelse mellem målte værdier og dokumentationen for ventilationssystemets indreguleringsrapport.
- En eventuel naturlig eller hybrid ventilation styrer og regulerer som forudsat.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Måleapparatur, der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
- Målepunkter.
- De opnåede måleresultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

2.4 Specifikt elforbrug til lufttransport (SEL-Værdi)

Formål med funktionsafprøvning af SEL-værdi

Formålet med afprøvningen er at eftervise, at ventilationsanlæggets elforbrug, SEL-værdi, i praksis mindst svarer til den forudsætning, der anvendes i energibehovsberegningen, der dokumenterer, at bygningen overholder bygningsreglementets energikrav, jf. kapitel 11, Energiforbrug.

Det skal desuden eftervises, at ventilationsanlæggets SEL-værdi opfylder bygningsreglementets energikrav til ventilationsanlæg, jf. §§ 436-438. Kravet til SEL-værdien fremgår af tabel 2.

Definition af SEL-værdien

SEL-værdien er defineret som effektbehovet til ventilatormotorerne inklusive reguleringsudstyr, P , divideret med den transporterede volumenstrøm, q_v , jf. DS 447, kap. 6.5.2.

For anlæg med varmegenvinding er det summen af effektbehovet til tilluftsventilatorer og fraluftsventilatorer, $P_{\text{tilluft}} + P_{\text{fraluft}}$.

SEL-værdien har enheden J/m³ og beregnes for ventilationsanlæg i balance med tilluft, fraluft og varmegenvinding som:

$$\text{SEL-værdi} = (\square\square\square\square\square\square + \square\square\square\square\square\square) / \square\square$$

hvor:

P Optagen el-effekt [W]

q_v : Luftmængde [m^3/s]

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

For at kunne eftervise ventilationsanlæggets SEL-værdi skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres:

- Der er udført en tæthedsprøvning jf. kravet i DS 447 stk. 9.2 af ventilationsanlægget, der viser, at anlægget opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, stk. 6.7.3.2.
- Ventilationsanlægget er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme, jf. DS 447 stk. 9.3.
- Ventilationskanaler og komponenter er rengjorte for byggestøv, og eventuelt filtre i anlægget er monteret og rengjorte, jf. DS 447, stk. 9.4.
- Hvis der installeres lufthastighedsfølere, skal disse opfylde de relevante krav jf. DS 447, stk. 6.7.14 eller 7.7.5.
- I forbindelse med mekanisk ventilation holdes vinduer og døre lukkede under måleperioden for at opnå stabile måleforhold.

Målepunkter

Følgende målepunkter kan indgå ved eftervisning af et ventilationsanlægs SEL-værdi:

- Luftmængde målt via differenstrykmålinger over for eksempel ventilatorers indløbsringe.
- El-effekt til ventilatorer målt via el-bimålere (inkl. frekvensomformere).

Det nødvendige luftskifteniveau under måleperioden (svarende til volumenstrømmene i anlægget) fastlægges ud fra anlægstypen og bygningsanvendelsen, se tabel 2.

Målingerne foretages ved at logge optaget el-effekt og volumenstrøm. SEL-værdien beregnes for hver enkelt logning. Resultatet beregnes som den gennemsnitlige SEL-værdi for hele måleperioden.

Målinger af SEL-værdier foretages for de referencetilstande som anvendes til beregning af bygningens energiforbrug samt for dokumentation af efterlevelse af krav til ventilationsanlægget SEL-værdi.

Acceptkriterium

Tabel 2. Luftskifteniveau (volumenstrøm) og krav ved måling af et ventilationsanlægs SEL-værdi.

	Målingen foretages ved	Krav til SEL-værdi [J/m³]
		BR18
Ventilationsanlæg til andre bygninger end boliger		
-med konstant luftydelse	Grundluftskifte	1.500
-med variabel luftydelse	Maks. tryktab	1.800
Ventilationsanlæg med varmegenvinding til én bolig		
-med konstant luftydelse	Grundluftskifte	1.000
-med variabel luftydelse	Grundluftskifte	1.000
Ventilationsanlæg, der forsyner etageboliger	Grundluftskifte	1.200
Udsugningsanlæg	Maks. tryktab	800

Hvis luftskiftet er indstillet, jf. tabel 2, kan afprøvningen accepteres, hvis SEL-værdien måles til en gennemsnitlig værdi, der maksimalt overstiger kravet i bygningsreglementet med 5%, samt hvis målingen af de referencetilstande som anvendes til beregning af bygningens energiforbrug maksimalt overstiges med 5%.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold, som målingen er udført under
- Målepunkter
- Måleapparatur der er anvendt samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret
- De opnåede måleresultater
- Konklusion af funktionsafprøvningen
- Oplysninger om hvem, der har udført funktionsafprøvning.

2.5 Naturlig ventilation

Formål med funktionsafprøvning af naturlig ventilation

Formålet med afprøvningen er at eftervise, at de effektive åbningsarealer og øvrige vigtige geometriske forhold er som forudsat i beregningen af energibehov og i projekteringen.

Definition af naturlig ventilation

Ventilation ved udnyttelse af naturlige drivkræfter.

Forudsætning for udførelse af funktionsafprøvning

For at kunne udføre funktionsafprøvningen skal følgende normalt være opfyldt:

- Der er udført en tæthedsprøvning, der viser, at det naturlige ventilationssystem opfylder de stillede tæthedskrav, jf. DS 447, stk. 7.7.2.
- Kanaler og komponenter (f.eks. spjæld placeret i en passiv aftrækskanal) er rengjorte for byggestøv, jf. DS 447 9.4.
- Der er installeret følere anvendt til behovsstyringen, der opfylder kravene jf. DS 447, stk. 7.7.5.
- Der er indhentet dokumentation for indreguleringen af ventilationssystemet inklusive drifts- og vedligeholdelsesvejledning.
- Bygningens varme- og køleanlæg er indreguleret og i drift jf. DS 469 stk. 14.7 og stk. 16.1.
- Under måleperioden holdes vinduer og døre, og andre åbninger til det fri, der ikke indgår i ventilationssystemet, lukkede for at opnå stabile måleforhold.

Målepunkter

Ved funktionsafprøvning af bygninger med et naturligt ventilationssystem bør det kontrolleres, at:

- placeringen af luftindtag og afkast sikrer en luftstrøm, der effektivt fjerner forureninger. Det vil sige at fx fugt i vådrum skal bortventileres direkte fra vådrummet og ikke via andre rum.
- det effektive åbningsareal ved maksimal og almindeligt forekommende driftstilstande svarer til det ved projekteringen af ventilationssystemet forudsatte.
- styringsautomatik og følere til åbning af udeluftventiler, spjæld eller vinduer fungerer efter hensigten og som antaget i energibehovsberegningen og i overensstemmelse med det projekterede, jf. kapitel 2.3.
- eventuel automatik til det naturlige ventilationssystem reagerer i samspil med varme- og evt. køleanlæg, så der sikres en energioptimal drift.

Ved naturlig ventilation i énfamiliehuse foretages en kontrol af om ventilationsåbningernes arealer i hvert enkelt rum opfylder det projekterede.

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningen kan accepteres såfremt den naturlige ventilations styring og regulering er efterprøvet jf. kapitel 2.3 og ventilationsåbningers placering og udformning er som forudsat i dimensioneringen.

I enfamiliehuse med naturlig ventilation er kravet opfyldt, hvis åbningsarealer til udeluftventiler og aftrækskanaler stemmer overens med bygningsreglementets vejledning om ventilation, eller en til formålet foretaget beregning.

2.6 Hybrid ventilation

Funktionsafprøvning af hybrid ventilation omhandler samspil mellem den mekaniske og den naturlige ventilation. Funktionsafprøvning anses derfor som udført ved efterlevelse af kapitel 2.1 til og med 2.5. Der bør dog udvides særlig opmærksomhed på samspillet af mekanisk og naturlig ventilation for så vidt angår styring og regulering.

3.0 Varme- og køleanlæg

Der skal udføres en funktionsafprøvning af varme- og køleanlæg. Varme- og køleanlæg er som defineret i DS 469. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at varme- og køleanlæggene overholder bygningsreglementets krav til:

- Indregulering af vand- eller luftstrømme
- Styring

3.1 Relevante standarder

Relevante standarder i forbindelse med funktionsafprøvning af varme- og køleanlæg omfatter:

- DS 469, *Varme- og køleanlæg i bygninger*
- DS 447, *Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer.*

DS

DS
469
Varme-
og
køleanlæg
i
bygninger

Beskrivelse

Denne standard opstiller krav til varme- og køleanlæg. Kravene tilsigter, at der opnås et forsvarligt teknisk kvalitetsniveau, samt at det ønskede termiske indeklima kan opretholdes med mindst muligt energiforbrug.

Standarden findes i Dansk Standards Webshop [ds.dk](https://www.ds.dk) her >

DS

DS
447
Ventilation
i
bygninger
–
Mekaniske,
naturlige
og
hybride
ventilations

Beskrivelse

Denne standard specificerer krav til ventilation og ventilationssystemer i bygninger, herunder boliger, beregnet til menneskeligt ophold. Standarden gælder for mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer, der monteres fast i bygninger, og som har til hovedformål, at holde én eller flere parametre inden for nærmere specificerede grænser. Standarden gælder ikke for ventilationssystemer, hvis hovedformål er at fjerne forureninger frembragt ved industrielle, landbrugstekniske eller industrilignende processer, men den gælder for ventilationssystemer, som skal skaffe den nødvendige erstatningsluft. Standarden dækker ikke de brandtekniske krav til ventilationssystemer; der henvises til DS 428, Norm for brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsanlæg når det gælder mekaniske ventilationssystemer og bygningsreglementet når det gælder naturlige ventilationssystemer.

Standarden findes i Dansk Standards Webshop [ds.dk](https://www.ds.dk) her >

3.2 Indregulering

Indregulering af varme- og køleanlæg omfatter vand- eller luftstrømme i anlægget og automatiske reguleringsystemer.

For køleanlæg omfatter det ligeledes en køleteknisk indregulering.

Definition af varme- og køleanlæggets indregulering

Ved 'indregulering' forstås, at vand- eller luftstrømme fordeles, så de enkelte forbrugssteder tilføres de beregnede og projekterede mængder og tilsvarende beregnede temperatursæt.

Formål med funktionsafprøvning af indregulering

Afprøvningen skal eftervise, at anlægget i praksis mindst yder svarende til de forudsætninger, der dokumenterer bygningens overholdelse af bygningsreglementets krav til energiforbrug og termisk indeklima, jf. kapitel 11 og 19, Energiforbrug samt Termisk indeklima og installationer til varme- og køleanlæg. Det skal derfor eftervises, at anlægget er indreguleret efter forudsætningerne. I mindre og simple anlæg kan eftervisningen foretages i forbindelse med indreguleringen.

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning af indregulering

For at kunne udføre funktionsafprøvning af indregulering af varme- og køleanlæg skal følgende normalt være opfyldt:

- Der er foretaget den fornødne udluftning og rensning for urenheder ved fx gennemskylning jf. DS 469, kap. 14.6.
- Alle vandkredse til varme og køling er indreguleret i henhold til DS 469, kap. 14.7, Indregulering, og dokumentation foreligger.
- Alle luftstrømme er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme jf. DS 447, kap. 9.3.
- Der er dokumentation for projekteringen af varme- og køleanlægget.
- Alle decentrale ventiler ved varme-/kølegivere er indstillet som anført i dokumentationen.

Målepunkter

Hvis fremløbstemperaturstyringen sker ved vejrkompensering, måles udetemperaturen ved brug af eksternt måleudstyr samme sted som anlæggets udetemperaturføler er placeret. Samtidigt kontrolleres det, om målepunktet er egnet til måling af udetemperatur. Det vil sige uden påvirkning af direkte solindfald.

Zoner med radiatorer

Ved radiatoranlæg afprøves det, om der kommer jævn varme på alle radiatorer. Afprøvningen foregår ved at afmontere alle følerelementer og derefter manuelt indstille fremløbstemperaturen. Radiatoren skal være varm i toppen og godt afkølet i bunden.

Kontrollen kan foretages med termografi eller temperaturmåling.

Zoner med gulvvarme

Ved gulvvarmeanlæg afprøves det, om der kommer jævn varme på alle gulvene. Afprøvningen foregår ved at afmontere alle følerelementer eller rumtermostaterne stilles på en høj rumtemperatur. Derefter indstilles fremløbstemperaturen manuelt.

Såfremt fremløbsretningen på gulvvarmeslangen har betydning for anlæggets funktion, f.eks. i tilfælde hvor fremløbet er tænkt ført direkte under et vindue for at forhindre kuldenedfald skal korrekt fremløbsretning eftervises f.eks. ved termografi af gulvet, eller ved fotografisk dokumentation af sammenhæng mellem de lagte gulvvarmeslanger og tilslutningen til korrekt ventil.

Såfremt der er installeret gulvvarme med manuel indregulering kan denne for eksempel eftervises ved visuel kontrol af den projekterede forindstilling ved fordelerrør og strengreguleringsventiler, der er monteret i anlægget. Denne eftervisning kan ske i forbindelse med indreguleringen.

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat med hensyn til indregulering kan accepteres, når de forudsatte værdier for forindstilling er kontrolleret.

Såfremt der er installeret gulvvarme med automatiseret indregulering af vandmængder kan funktionsafprøvningen accepteres hvis:

- Anlægget er i overensstemmelse med det oplyste anlæg til byggemyndigheden og det udleverede drift- og vedligeholdelsesmateriale.
- Fremløbs- og returtemperaturen for hver enkelt gulvvarmekreds er som projekteret og fremløbstemperaturen er stabil. Der henvises til leverandørens vejledning om afprøvning.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Måleapparatur der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
- Målepunkter.
- De opnåede måleresultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

3.3 Styring

Styring

Styring af varme- og køleanlæg omfatter tidsstyring, temperaturstyring og lignende behovsstyringer.

Definition af varme- og køleanlæggets styring

Ved 'styring' af anlægget forstås en behovsstyring, der kan tilpasse ydelsen i én eller flere zoner efter det aktuelle behov.

Formål med funktionsafprøvning af styring

Afprøvningen skal eftervise, at anlægget i praksis mindst yder svarende til de forudsætninger, der dokumenterer bygningens overholdelse af bygningsreglementets krav til energiforbrug og termisk indeklime, jf. kapitel 11 og 19, Energiforbrug samt Termisk indeklime og installationer til varme- og køleanlæg. Det skal derfor eftervises, at behovsstyringen fungerer som forudsat.

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning af styring

For at kunne udføre funktionsafprøvning af styring af varme- og køleanlæg skal følgende normalt være opfyldt:

- Der er foretaget den fornødne udluftning og rensning for urenheder ved fx gennemskylning jf. DS 469, kap. 14.6.
- Alle vandkredse til varme og køling er indreguleret i henhold til DS 469, kap. 14.7, Indregulering, og dokumentation foreligger.
- Alle luftstrømme er indreguleret, så anlægget yder de nominelle luftstrømme jf. DS 447, kap. 9.3.
- Der er dokumentation for projekteringen af varme- og køleanlægget.
- Alle temperaturmålere til styring er korrekt monteret og kalibreret med den aktuelle varmegiver.

Målepunkter

Zoner med radiatorer

Ved radiatoranlæg afprøves det, om alle radiatorer reagerer ved ændring af termostatventilens indstilling. Ved først at skrue helt op skal radiatoren blive varm. Herefter skrues helt ned for at afprøve, om tilførslen til radiatoren stopper. For radiatorer med elektronisk styrede aktuatorer afprøves disse ved en tilsvarende ændring af ventilen til hhv. maksimal åben og helt lukket ved brug af behovssystemets styring.

Zoner med gulvarme

Ved gulvarmeanlæg afprøves om hver enkelt gulvarmekreds reagerer ved ændring af den tilhørende rumtemperaturfølers setpunktsindstilling. Setpunktet på en temperaturføler i et udvalgt rum hæves og det kontrolleres at relevant koblingsledning aktiveres via åbning af ventil og fremløbsledning bliver varm. Setpunktet på samme temperaturføler sænkes herefter igen, og det kontrolleres, at ventil lukker.

Det skal eftervises at den kontrollerede temperaturføler hører til den korrekte zone. Dette kan f.eks. gøres på en af følgende måder:

- Såfremt der er anført længdeangivelse på gulvarmeslangerne fra fabrikantens side og såfremt denne entydig kan henføres til den relevante zone, kan overensstemmelse med plantegning anvendes som dokumentation.
- Såfremt der før montage er påført anden entydig kendingsmåde på gulvarmeslangerne og denne gennem fotografi kan henføres til den pågældende zone kan det anvendes som dokumentation.
- Der foretages måling af temperaturen på gulvoverfladen ved gulvarmekredsens indløb til zonen eller et repræsentativt sted i zonen. Overfladetemperaturen kan måles ved termovisionsudstyr eller ved brug af en temperaturføler, der har god kontakt til overfladen. Afprøvningen foretages ved at gulvarmekredsen slukkes ved anvendelse af den tilhørende rumtermostat i mindst 16 timer før målingen påbegyndes (svarende til en aften og nat). Hvis målingen viser en konstant overfladetemperatur, der maksimalt ændrer sig $\pm 0,5$ °C i løbet af 30 minutter, hæves rumtermostatens

setpunktsindstilling med for eksempel 5 °C eller mere og overfladetemperaturen måles til der ses en temperaturstigning, der efterviser at gulvvarmekredsen er i drift.

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningsens resultat med hensyn til behovsstyringen kan accepteres hvis:

- Fremløbstemperaturen har en kort indsvingningstid på maksimalt 10 minutter til en stabil værdi ved nyt højere eller nyt lavere setpunkt.
- Hvis behovsstyringen er projekteret til at sænke indetemperaturen om natten eller i weekenden, skal dette eftervises ved funktionstest fx ved parameterændring i styringen. Måling kan dokumenteres ved måling på flow til det samlede varme- eller køleanlæg. Såfremt sænkningen foretages med sænkning af fremløbstemperaturen, kan denne eftervises gennem logning af hver enkelt rumtemperatur.
- Fremløbstemperaturen falder ved stigende udetemperatur eller omvendt, at fremløbstemperaturen stiger ved faldende udetemperatur. Måling kan dokumenteres ved måling på flow til det samlede varme- eller køleanlæg.

Zoner med radiatorer

- Alle radiatorers termostatsventiler eller aktuatorer er testet og reagerer ved ændring af termostatinstilling eller setpunktsindstilling.

Zoner med gulvvarme

- Alle gulvvarmekredse er afprøvet og det er eftervist, at der er sammenhæng mellem hver enkelt gulvvarmekreds og rumtermostat.
- Hvis fremløbsretningen er vigtig for gulvvarmens funktion skal det eftervises at det relevante område af gulvet ikke er koldere end resten af gulvet.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Måleapparatur der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
- Målepunkter.
- De opnåede måleresultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningsen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

4.0 Belysning

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af belysningsanlæg før ibrugtagning.

Funktionsafprøvningsen skal påvise om belysningsanlægget overholder bygningsreglementets krav til:

- Belysningsstyrke

Samt at dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling fungerer efter hensigten, uafhængigt af tilført dagslys.

4.1 Relevante standarder og anvisninger

Relevante standarder og anvisninger i forbindelse med funktionsafprøvning af belysningsanlæg omfatter:

- DS/EN 12464-1, *Lys og belysning - Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser*
- DS/EN 12665, *Lys og belysning – Grundlæggende begreber og kriterier til beskrivelse af krav til belysning*
- SBI-anvisning 220, *Lysstyring*
- At-vejledning A.1.5-1, *Vejledning om kunstig belysning på faste arbejdssteder*

DS/EN

DS/EN
12464-
1
Lys
og
belysning
-
Belysning
ved
arbejdsplac
-
Del
1:
Indendørs
arbejdsplac

Beskrivelse

Denne europæiske standard specificerer krav til belysning for mennesker ved indendørs arbejdspladser, som skal opfylde visuel komfort og ydeevnekrav for personer med normal synskapacitet

[Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >](#)

DS/EN

DS/EN
12665
Lys
og
belysning
-
Grundlægg
begreber
og
kriterier
til
beskrivelse
af
krav
til
belysning

Beskrivelse

Denne standard definerer de grundlæggende betegnelser og definitioner til brug af belysning. Denne europæiske standard fastlægger en ramme for beskrivelse af belysningskrav og giver detaljer om aspekter som skal tages i betragtning, når disse krav fastlægges.

[Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >](#)

SBI-An

SBI-
anvisning
220
Lysstyring

Beskrivelse

Denne anvisning vejleder i valg af systemløsninger til automatisk lysstyring i almindeligt forekommende rumtyper.

[Find anvisningen her >](#)

AT-V

At-
vejledning
A.1.5-
1
Kunstig
belysning
på
faste
arbejdsstec

Beskrivelse

At-vejledningen beskriver Arbejdstilsynets krav til kunstig belysning på faste arbejdssteder. Vejledningen indeholder endvidere retningslinjer om forhold, der har betydning for god belysning.

[Find At-vejledningen her >](#)

Formål med funktionsafprøvning af belysningsstyrke

Det skal eftervises, at det elektriske belysningsanlæg opfylder bygningsreglementets krav for belysningsstyrke, jf. DS/EN 12464-1, *Lys og Belysning - Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser*.

De tekniske krav til belysningen skal kunne opfyldes i hele anlæggets levetid.

Belysningsanlæg bør altid udføres i henhold til informationer i en lysberegning.

Det overordnede formål med en funktionsafprøvning af belysningsanlæg er at eftervise, at anlægget leverer det, beregningen angiver. Den skal således eftervise, at det elektriske belysningsanlæg opfylder bygningsreglementets krav jf. DS/EN 12464-1, *Lys og Belysning - Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser*. Disse krav omfatter:

- den vedligeholdte belysningsstyrke $\bar{E}_m$ på alle relevante flader (arbejdsplan, lofter, vægge, cylindrisk belysningsstyrke)
- belysningens regelmæssighed U_0 ($E_{min}/\bar{E}_m$)
- farvegengivelsesindeks R_a .

Det kontrolleres, at det oplyste blændingstal for enkelte rum (UGR tabelmetoden) overholder krav til R_{UGL} (grænseværdi for R_{UG} – Unified Glare Rating)

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Inden funktionsafprøvningen udføres skal følgende være opfyldt:

- Belysningsinstallationen er afsluttet og installeret med de projekterede lyskilder, armaturer og lysstyring.
- Midlertidig arbejdspladsbelysning anvendt under byggeriet er nedtaget eller slukket.
- Alle indvendige bygningsdele, fx skillevægge, nedsænkede lofter, indvendige døre, er færdige og overfladerne er færdigbehandlede. Der er ikke dagslysendfald under måleperioden fra vinduer, yderdøre med glas, ovenlysvinduer eller ovenlyskupler m.m. Målingen kan derfor med fordel udføres om natten.
- Evt. opsatte PC-skærme er slukkede under måling på kontorarbejdspladser og lign.
- For at sikre en konstant lysudsendelse fra lyskilderne, bør belysningen være tændt mindst 1 time, før belysningsstyrkemålingerne påbegyndes.

Målepunkter

Som målepunkter udvælges et grid, der dækker mindst 25% repræsentative arbejdspladser (dog mindst svarende til en arbejdsplads) og enkelte typiske målesteder i områder med normal færdsel, fx gange og trapper. Antallet af målepunkter i et grid kan bestemmes ved brug af DS/EN 12464-1. Hvis afprøvningen påviser fejl, øges omfanget af repræsentative arbejdspladser. Hvis flere/adskillige målinger afviger fra det forventede i forhold til lysberegningen, foreslås det, at der tages kontakt til bygherre for at afklare det videre forløb. Udfør målinger på et tilstrækkeligt antal målepunkter i alle rum, små som store, til at fastslå, at $\bar{E}_{min}$, $\bar{E}_{mid}$ og $\bar{E}_{max}$ er som forventet i forhold til lysberegningen. Hvis arbejdspladserne endnu ikke er indrettet inden funktionsafprøvningen må der antages arbejdspladszoner mm. Antagelserne skal beskrives i dokumentationen for funktionsafprøvningen. Måling af belysningsstyrken kan for eksempel foretages med et kalibreret luxmeter og udføres, jf. DS/EN 12464-1.

Anvendelse af Vedligeholdelsesfaktor

Krav til belysningsstyrker i DS/EN 12464-1 angives som $\bar{E}_m$ – vedligeholdte belysningsstyrker.

Belysningsanlæg skal derfor kunne levere mere lys end de krav, der stilles i DS/EN 12464-1, når anlægget tages i brug. Det skyldes den såkaldte Vedligeholdelsesfaktor f_m , jf. DS/EN 12464-1, kapitel 6.3.

Hvis det målte kun netop opfylder gældende krav, kan dette skyldes at der er indreguleret, så anlægget er energioptimeret til ikke, at kunne levere mere lys end nødvendigt er på et hvilket som helst tidspunkt i anlæggets levetid. Er dette tilfældet, skal det kontrolleres, at anlægget kan levere lys der svarer til, at f_m er sat = 1.

For rum uden automatisk dagslysstyring betyder det, at der skal måles en belysningsstyrke, der svarer til kravet plus det, som anlægget er beregnet til ved den for rummet anvendte vedligeholdsfaktor f_m . Er denne fx 0,79 skal den målte belysningsstyrke være mindst $1,27 \times$ kravet i DS/EN 12464-1.

For rum med automatisk dagslysstyring kontrolleres lysstyringens set-punkt og belysningsstyrken ved endt levetid beregnes ud fra denne. Kan der ikke indhentes oplysninger om dette set-punkt, justeres belysningsstyrken manuelt til det maksimale output, og målingen sammenholdes med den målte $\bar{E}$ for at afgøre, om vedligeholdelsesfaktoren er anvendt korrekt.

Hvis der ikke er møbleret, når der måles, så anbefales det at der fratrækkes 10% på de målte belysningsstyrker.

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat kan accepteres, hvis det konstateres, at alle målte middelbelysningsstyrker mv. svarer til kravet til de vedligeholdte belysningsstyrker i DS/EN 12464-1. Der kan accepteres en afvigelse på 10 % grundet usikkerhed ved måling af belysningsstyrken.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Måleapparat der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
- Målepunkter.
- De opnåede måleresultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

4.3 Styring af elektriske belysningsanlæg

Det er et krav i bygningsreglementet, at arbejdsrum m.v. og fælles adgangsveje skal forsynes med energieffektiv belysning, hvilket blandt andet opnås ved effektiv lysstyring. Hvis der er tilstrækkeligt dagslys skal arbejdsrum m.v. og fælles adgangsveje forsynes med automatisk dagslysstyring. Ligeledes er det et krav, at arbejdsrum og fælles adgangsveje, der kun benyttes lejlighedsvis skal forsynes med bevægelsesmeldere. Endeligt er der krav til, at arbejdsrum m.v. skal opdeles i zoner for at kunne reducere belysningen i zoner med højt dagslysniveau eller zoner, der ikke er i brug.

Formål med funktionsafprøvning af lysstyring

Formålet med afprøvningen er at eftervise, at lysstyringen i praksis mindst svarer til den forudsætning, der blev anvendt i energibehovsberegningen, der dokumenterer bygningens overholdelse af bygningsreglementets energikrav, jf. kap. 11 om energiforbrug.

Definition af lysstyring

Lysstyring omfatter i denne sammenhæng automatisk dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling af belysningsanlægget.

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Inden funktionsafprøvningen udføres skal følgende være opfyldt:

- Belysningsinstallationen er afsluttet og installeret med de projekterede lyskilder, armaturer og lysstyring.
- Automatiske styringer, fx dagslysstyring og bevægelsesmeldere, er indreguleret og i drift.
- Der er indhentet dokumentation for indregulering af belysningsanlæggets set-punkter, zoneopdeling og evt. beskrivelse af kontinuerlig regulering.
- Hvis der anvendes bevægelsesmeldere, dagslyssensorer eller kombimeldere, er der indhentet dokumentation i form af beskrivelser eller tegninger, der forklarer, hvor disse er placeret og hvilke arealer, de dækker.
- Hvis der anvendes automatisk styret solafskærmning, er der indhentet dokumentation for setpunkter og indreguleringsparametre, fx solintensitet og eventuelt vindfølsomhed.

Målepunkter

Funktionen af lysstyringen kontrolleres i mindst 25% repræsentative zoner (fx 25% af arbejdszoner i storrumskontorer, 25% af cellekontorer i et domicil) samt i enkelte områder med normal færdsel, fx gange, trapper, toiletter og birum mv.

Hvis afprøvningen afviger fra det forventede i forhold til de indhentede oplysninger om anlægget, foreslås det, at der tages kontakt til bygherre for at afklare det videre forløb.

Dagslysstyring

Kontrol af dagslysstyringen foregår af flere omgange for at dække perioder med lavt og højt dagslysniveau. Afprøvning ved 'tusmørke' kan eventuelt ske med helt lukket solafskærmning, gardiner trukket for eller lignende.

Kontrol af lysføler/sensor ved måling af belysningsstyrke, E , i de tilfælde hvor det er relevant:

- Målt $E_{\min}$ for lokale/zone svarer til given indstillingsværdi
- Målt $E_{\max}$ for lokale/zone svarer til given indstillingsværdi
- Almenbelysning tænder automatisk, når belysningsstyrken er under $E_{\min}$ for lokale/zone, og der er konstateret persontilstedeværelse, hvis det anvendes bevægelsesmelder.
- Reguleringen fungerer jf. dokumentationen – konstateres for eksempel ved at trække gardiner for eller lukke solafskærmning
- Solafskærmning aktiveres når belysningsstyrken er over $E_{\max}$ for lokale/zone
- Almenbelysning slukker automatisk ved konstateret personfravær efter t_{sluk} minutter for kontorlokale.

Hvis der anvendes styring med kontinuerlig regulering af belysningen, skal det eftervises at styringen fungerer efter hensigten og som beskrevet i dokumentationen.

Hvis der anvendes styring af belysningen efter et målt udendørs lysniveau, skal der foretages parallelle målinger af indendørs og udendørs lysniveau, der efterviser, at styringen fungerer efter hensigten, og som beskrevet i dokumentationen for lysstyringen.

Det afprøves, at belysningen ikke tændes, hvis det udendørs lysniveau er over en indstillet grænseværdi, som er indstillet i zones lysstyringssystem. Hvis det udendørs lysniveau er under denne grænseværdi, skal styringen justere belysningsniveauet indenfor.

Bevægelsesmeldere

For bevægelsesmeldere udføres der en manuel afprøvning, der efterviser, at bevægelsesmelderen reagerer effektivt med hensyn til at reducere driftstiden for belysningsanlægget og er i overensstemmelse med forudsætningerne i byggeansøgningen. Følgende afprøves og registreres:

- Lyset tænder umiddelbart, når person går ind i rummet
- Lyset slukkes efter t_{sluk} minutter
- Målt tidsforsinkelse (holdetid) t_{sluk} svarer til indstillingsværdi

Zoneopdeling

Der udføres en manuel afprøvning af om zoneopdelingen for belysningsanlægget er udført iht. byggeandragende. Følgende afprøves og registreres:

- Belysningen dæmpes mest i zoner med meget dagslys og mindre i zoner med mindre dagslys.
- Ved maksimal dæmpning opfyldes kravene til belysningsstyrke

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat for lysstyringen kan accepteres, hvis det konstateres, at den anvendte lysstyring reagerer i fuld overensstemmelse med dokumentationen anvendt til byggeandragende. Afvigelser i forhold til byggeandragende, som ikke medfører et øget elforbrug til belysningsanlægget, kan dog accepteres så længe minimumsværdier ifølge EN12464 er overholdt.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Måleapparat der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
- Målepunkter.

- De opnåede måleresultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

5.0 Elevatorer

Der skal gennemføres funktionsafprøvning af elevatorers energiforbrug før ibrugtagning. Kravet gælder for både elevatorer i nybyggeri og installation af nye elevatorer i eksisterende bygninger.

Bestemmelsen gælder kun for elevatorer med en mærkelast af elevatorstolen på op til 2000 kg.

5.1 Relevante standarder

Relevante standarder i forbindelse med funktionsafprøvning af elevatorer omfatter:

- DS/EN ISO 25745-1, *Energieffektivitet for elevatorer, rulletrapper og rullefor-tov – Del 1: Energimåling og verifikation.*
- DS/EN ISO 25745-2, *Elevatorer, rulletrapper og rullefortoves energieffektivitet - Del 2: Beregning af energi for og klassifikation af elevatorer*



DS/EN
ISO
25745-
1
Energieffek
for
elevatorer,
rulletrapper
og
rullefortov
-
Del
1:
Energimåli
og
verifikation

Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >



DS/EN
ISO
25745-
2
Elevatorer,
rulletrapper
og
rullefortove
energieffek
-
Del
2:
Beregning
af
energi
for
og
klassifikati
af
elevatorer

Standarden findes i Dansk Standards Webshop.ds.dk her >

5.2 Formål med funktionsafprøvning af elevatorers energiforbrug

Afprøvningen skal efterviser, at elevatoren i analysen opfylder kravet til energiklasse B i DS/EN ISO

Afprøvningen skal ertovise, at elevatoren i praksis opfylder kravet til energiklasse B, jf. DS/EN ISO 25745-2, jf. 11.7. Hvis elevatorens energiklasse ikke kan bestemmes ud fra DS/EN ISO 25745-2, skal elevatoren leve op til energiklasse B i VDI 4707, *Aufzüge Energieeffizienz*. Elevatorens energiklassifikation afhænger af elevatorens anvendelseskategori.

Hvis elevatoren ikke opfylder kravet til energiklasse B, og der i stedet er foretaget andre kompenserende energibesparende tiltag, jf. 11.8, så er det den aktuelle energiklasse, der skal eftervises ved funktionsafprøvningen.

Det skal bemærkes, at elforbruget til elevatorer ikke indgår i beregningen af bygningers energibehov.

Definition af energiforbrug og energimærkning

Elevatorens specifikke energibehov, E_{spr} , for en referencekørsel bestemmes, jf. DS/EN ISO 25745-1, ud fra det målte reference forbrug, E_{rc} , divideret med produktet af mærkelasten, Q , og reference rejselængden, S_{rc} , jf. nedenstående udtryk.

$$\square\square\square = (1000 \cdot \square\square) / (2 \cdot \square \cdot \square\square)$$

Hvor

E_{rc} er det målte forbrug til en reference kørsel, jf. ISO 25745-1 [Wh]

S_{rc} er rejselængden for en reference kørsel, jf. ISO 25745-1 [m]

Q er mærkelasten [kg]

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Elevatoren skal være fuldt færdiginstalleret og opfylde alle sikkerhedsmæssige krav. Ligeledes skal alle installationsarbejder i elevatorskakten være afsluttet.

Målepunkter

El-effekt til elevatoren, fx målt via en el-bimåler.

Acceptkriterium

Det målte energiforbrug for referencekørslen skal være mindre end grænseværdien for energiklasse B eller alternativt den energiklasse, der er antaget ved brug af kompenserende energibesparende tiltag. Grænseværdien for elevatorers energiklasser udregnes efter DS/EN ISO 25745-2.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Måleapparat der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
- Målepunkter.
- De opnåede måleresultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

6.0 Energiforsyningsanlæg

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiforsyningsanlæg før aflevering. Funktionsafprøvningen skal eftervise, at anlægget har den forudsatte energimæssige effektivitet.

Ved 'forudsat energimæssig effektivitet' forstås, at energiforsyningsanlægget mindst har den energimæssige effektivitet, som er blevet forudsat ved de beregnede og projekterede mængder og tilsvarende beregnede temperatursæt i driftssituationen. Ved udskiftning af eksisterende energiforsyningsanlæg anvendes forudsætninger og data for den eksisterende bygning.

Kravet gælder for alle energiforsyningsanlæg i tilknytning til bygninger. Energiforsyningsanlæg skal i denne sammenhæng forstås som den eller de enheder der genererer varme, køling eller ventilation i bygningen.

denne sammenhæng forstås som den eller de enheder der genererer opvarmning eller køling i bygningen, men ikke selve fordelingsystemet som leverer varme eller køl til de enkelte steder med behov. Energiforsyningsanlæg koblet sammen med fordelingsystemer kaldes varme- og køleanlæg. Funktionsafprøvning af indregulering og styring i dette samlede system omtales nærmere i afsnittet om varme- og køleanlæg.

Der findes energiforsyningsanlæg omfattet af Ecodesign, samt øvrige anlæg, hvor sidstnævnte typisk vil være fjernvarmeanlæg og store kedelanlæg. Det er derfor disse anlægstyper, der er uddybet nedenfor.

Bygningsreglementets kravtekst mht. funktionsafprøvning af energiforsyningsanlæg er:
§ 327 b. Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiforsyningsanlæg i tilknytning til bygninger inden ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at anlægget har den forudsatte energimæssige effektivitet.

6.1 Energiforsyningsanlæg omfattet af Ecodesign

Nogle typer af energiforsyningsanlæg leveres som færdige units og skal overholde EU-direktivet om Ecodesign, når de bringes i omsætning i EU. Produkter omfattet af Ecodesign, skal overholde mindstekrav til energieffektivitet, krav vedrørende andre væsentlige miljøforhold samt eventuelt krav til funktion og kvalitet. Energistyrelsen er myndighed for Ecodesign og har overdraget tilsynet til Sikkerhedsstyrelsen.

Følgende typer af energiforsyningsanlæg i relation til bygninger vil typisk være omfattet af Ecodesign-direktivets mindstekrav til energieffektivitet og dokumentation:

- Fastbrændselskedler
- Kedler (gas, olie eller el) til varmeanlæg
- Klimaanlæg
- Luftvarme- og luftkøleprodukter
- Produkter til lokal rumopvarmning
- Vandvarmere
- Varmepumper til varmeanlæg
- Varmtvandsbeholdere
- Højtemperatur-væskekølere
- Kondenseringsenheder til køleanlæg

Hvilke energiforsyningsanlæg der er omfattet af Ecodesign i hver af de ovennævnte produktkategorier afhænger blandt andet af anlæggets størrelse og den anvendte energikilde. For nærmere information herom henvises der til Energistyrelsens oversigt over produkter omfattet af Ecodesign, som kan findes her: [Energistyrelsens oversigt](#)

Relevante standarder

Relevante standarder i forbindelse med energiforsyningsanlæg omfattet af Ecodesign:

- [DS 469, Varme- og køleanlæg i bygninger](#)

Formål med funktionsafprøvning af anlæg omfattet af Ecodesign

Energiforsyningsanlæg der leveres som færdige units og skal overholde Ecodesignkrav, er forinden blevet testet i et laboratorium under fastsatte kriterier. Det giver derfor ikke mening af forsøge at lave in-situ målinger af energimæssig effektivitet eller virkningsgrad, hvilket desuden vil være forbundet med usikkerhed.

Der foretages dog en vurdering af om energiforsyningsanlæggets energimæssige effektivitet er tilstrækkelig, ved at der foretages kontrol af det varme- eller kølefordelingssystem som er tilsluttet til energiforsyningsanlægget, hvis dette er aktuelt. Dette er med til at verificere, at energiforsyningsanlægget fungerer korrekt i det samlede varme- og køleanlæg, inkl. dets komponenter, herunder styring- og reguleringskomponenter.

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

For at kunne foretage en vurdering af om energiforsyningsanlægget har den forudsatte energimæssige effektivitet, skal følgende normalt være opfyldt:

- Der foreligger dokumentation for at energiforsyningsanlægget opfylder krav til Ecodesign.
- Krav til opstillingsstedet, dvs. de krav som fabrikanten stiller til f.eks. afstande til bygninger, hegn eller andet er overholdt.
- Alle nye vandkredse er indreguleret i henhold til DS 469, kap. 14.7, Indregulering, og dokumentation

foreligger:

- Der er dokumentation for projekteringen af varme- og køleanlægget, hvis det er et nyt anlæg.
- Alle decentrale ventiler ved varme-/kølegivere er indstillet som anført i dokumentationen.
- Alle temperaturmålere til styring er korrekt monteret og kalibreret med den aktuelle varme- eller kølegiver.

Kontrolpunkter

For varmeanlæg kontrolleres det at nedenstående punkter er opfyldt:

- energiforsyningsanlægget er dimensioneret til dimensionerende fremløbs- og returløbstemperatur for henholdsvis radiator- eller gulvvarmeanlæg, som angivet i kap. 6.9 i DS 469. Ved udskiftninger i eksisterende bygninger kontrolleres det at energiforsyningsanlægget kan dække bygningens behov.
- vejrkompenseringsanlægget er indstillet til den dimensionerende fremløbstemperatur for henholdsvis radiator- eller gulvvarmeanlæg, ved den dimensionerende udetemperatur, som angivet i kap. 6.1 i DS 469.
- radiator- eller gulvvarmeanlægget kan yde det forudsatte ved de dimensionerende temperaturer.

For køleanlæg kontrolleres det at nedenstående punkter er opfyldt:

- kølesystemet er dimensioneret til dimensionerende fremløbs- og returløbstemperatur, som angivet i DS 469.
- kølefladerne kan yde det forudsatte ved de dimensionerende kølevandstemperaturer. Der foretages kontrol af datablad på køleflade og andre leverandøroplysninger.
- kølesystemet er forsynet med styring og regulering som angivet i kap. 11 i DS 469.
- ind-/udkoblings tidspunkter og setpunkter er udført som foreskrevet, hvis der er flere køleenheder.
- kondensatortrykstyringen er udført som foreskrevet. Der bør være foreskrevet flydende kondensatortrykstyring.
- cirkulationspumper og pumpestylinger (kølevandskredsen) er udført som foreskrevet. Der bør være foreskrevet tidsstyring og omdrejningstalsregulerbare cirkulationspumper.

Acceptkriterium

Afprøvningens resultat med hensyn til den energimæssige effektivitet kan accepteres, hvis energiforsyningsanlægget overholder Ecodesignkravene og punkterne under afsnittet 'Kontrolpunkter' er overholdt.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold kontrollen er udført under.
- Kontrolpunkter.
- De opnåede resultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

6.2 Fjernvarmeanlæg

Relevante standarder

Relevante standarder i forbindelse med funktionsafprøvning af fjernvarmevekslere omfatter:

- DS 469, Varme- og køleanlæg i bygninger
- DS/EN 1148, Varmevekslere. Vand til vand varmevekslere til fjernvarme. Prøvningsprocedurer til fastsættelse af ydeevnedata

DS

DS
469
DS
469,
Varme-
og
køleanlæg
i
bygninger

Beskrivelse

Standarden findes på dansk i Dansk Standards >

Beskrivelse

Standarden findes på dansk i Dansk Standards webshop.ds.dk >

Formål med funktionsafprøvning af fjernvarmeanlæg

Formålet med funktionsafprøvningen er at eftervise, at fjernvarmeveksleren er i stand til at overføre den specificerede effekt med den ønskede afkøling. Desuden eftervises det at tryktabet i veksleren ikke overstiger det dimensionerende pumpetryk.

Oftentimes vil det være det lokale fjernvarmewærk, der stiller krav til veksleren. Hvis det ikke er tilfældet, kan der testes ved et primær-temperatursæt som angivet i kap. 6.9 i DS469.

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvningen

For at kunne eftervise fjernvarmevekslerens effektivitet skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres:

- Der er etableret en energimåler med udlæsning af temperaturer og flow, eller etableret de nødvendige trykudtag, termometre og måleventiler.
- Der er afspærret til andre dele af bygningens installationer.

Målepunkter

Til at vurdere, om veksleren er i stand til at overføre den specificerede effekt med den ønskede afkøling, og om tryktabet i veksleren overstiger det dimensionerende pumpetryk, indgår følgende målepunkter:

- Fremløbs- og returtemperaturer på primærsiden via energimåler, hvis en sådan er etableret. Ellers måles temperaturerne via temperaturfølere monteret i rørledningerne.
- Sekundærsiden via temperaturfølere monteret i rørledningerne.
- Trykdifferens på primær- og sekundærside via trykdifferensmålere/-udtag monteret i rørledningerne.
- Ydelse/effekt via energimåler, hvis en sådan er etableret. Ellers kan der bruges en måleventil, hvorfra vandmængden kan bestemmes.

Der skal driftes over en periode på 10-15 min. og der skal måles sammenhørende værdier for temperaturer og tryk.

Acceptkriterium

Testens resultat accepteres, hvis følgende er opfyldt:

- Vekslerens effektivitet er bedre end 95% af det specificerede.
- Vekslerens differenstryktab på såvel primær- som sekundærside er under 10% højere end det specificerede ved det aktuelle flow.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Måleapparatur der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
- Målepunkter.
- De opnåede måleresultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

6.3 Kedelanlæg

Der skal foretages funktionsafprøvning af olie- og gasfyrede centralvarmekedler med nominel ydelse på mere end 400 kW.

Relevante standarder

Relevante standarder i forbindelse med funktionsafprøvning af kedelanlæg omfatter:

- DS 469, *Varme- og køleanlæg i bygninger*
- DS/EN 13842, *Oliefyrede konvektionsluftvarmere – stationære eller transportable til rumopvarmning*

Formål med funktionsafprøvning af kedelanlæg

For olie- og gasfyrede centralvarmekedler med nominel ydelse på mere end 400 kW, skal der foretages en vurdering af kedlens energimæssige effektivitet ved beregning af røggastabet ud fra målinger, jf. §308.

Røggastabet beregnes som:

$$\text{Røggastab} = (66/(21 - O_2) + 1) \cdot (T_{\text{røg}} - T_{\text{friskluft}})$$

hvor:

O_2	Ittprocenten [%]
$T_{\text{røg}}$	Røggastemperaturen [°C]
T_{luft}	Frisklufttemperaturen [°C]

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvningen

For at kunne udføre funktionsafprøvningen skal følgende normalt være opfyldt, inden afprøvningen udføres:

- Det er en fordel med lav udendørstemperatur, for at kunne opnå den ønskede ydelse af kedlen for vurdering af virkningsgraden.
- Varmen lukkes i ejendommen i 4 timer inden testen påbegyndes for at sikre at kedlen yder den maksimale ydelse.

Målepunkter

Ved eftervisning af kedlens virkningsgrad indgår følgende målepunkter:

- Ittprocent via måling i skorsten
- Røggastemperatur via måling i skorsten
- Frisklufttemperatur via måling i opstillingsrum eller kanaltilslutning til brænder

Acceptkriterium

Testen er acceptabel, hvis røggastabet maksimalt er på 7 % ved fuldlast.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Måleapparatur der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
- Målepunkter.
- De opnåede måleresultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

7.0 Energiproduktionsanlæg baseret på vedvarende energikilder

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiproduktionsanlæg baseret på vedvarende energikilder før aflevering. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at anlægget er korrekt installeret og overholder bygningsreglementets krav og de forudsætninger, der benyttes i energibehovsberegningen.

Kravet gælder for alle anlæg på eller ved bygninger. I praksis vil disse anlæg typisk være solvarme- eller solcelleanlæg og vindmøller (hustandsvindmøller). Det er derfor disse tre anlægstyper, der er uddybet nedenfor.

Bygningsreglementets kravtekst mht. funktionsafprøvning af energiproduktionsanlæg baseret på vedvarende energikilder er:

§ 327 a. Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af energiforsyningsanlæg baseret på vedvarende energi i tilknytning til bygninger inden ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at anlægget er korrekt installeret og har den forudsatte energimæssige effektivitet.

7.1 Solvarme

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af solvarmeanlægget før ibrugtagning af bygningen. Funktionsafprøvningen skal påvise, at solvarmeanlægget er funktionsdygtigt og kan bidrage energieffektivt til rumvarme- og varmtvandsproduktionen.

Relevante standarder og anvisninger

Relevante standarder og anvisninger i forbindelse med funktionsafprøvning af solvarmeanlæg er:

DS

DS
469
Varme-
og
køleanlæg
i
bygninger

Beskrivelse

Standarden findes på dansk i Dansk Standards webshop.ds.dk >

DS

DS
452
Termisk
isolering
af
tekniske
installationer

Anvendelsesområde

Standarden findes på dansk i Dansk Standards >

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

- Funktionsafprøvningen bør udføres i solskin.
- Solvarmeanlægget er færdiginstalleret, indreguleret og i drift.
- Bygningens varmeanlæg og varmtvandsbeholder er i drift

Målepunkter

Der foretages en aflæsning på solvarmestyringen af temperaturstigningen i beholderens top.

Det kontrolleres, at rør frem og retur mellem solfangerpaneler og solvarmebeholder er isoleret.

Det kontrolleres, at der er det nødvendige tryk på anlægget (hvis anlægstypen kræver det).

Det kontrolleres, at der ikke kan opstå selvcirkulation når anlægget er ude af drift. Det vil fx sige, at der er installeret en kontra- eller magnetventil inden rørisolering. Det kan eventuelt dokumenteres med foto.

Acceptkriterium

Ydeevnen af solvarmeanlægget er stærkt afhængig af solindstrålingen på solfangerpanelet. Derfor bør afprøvningen udføres i solskin.

Funktionsafprøvningens resultat kan accepteres, hvis:

- Der udføres en måling der sandsynliggør, at solvarmeanlægget har den forudsatte energimæssige ydeevne.
- Anlægget har det nødvendige tryk og rørforbindelser er isoleret.
- Der er udført foranstaltninger der forhindrer selvcirkulation.
- For kombi-anlæg til brugsvand og rumvarme skal afprøvningen vise at funktionen virker.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Måleapparatur der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
- Målepunkter.
- De opnåede måleresultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

7.2 Solceller

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af solcelleanlægget før ibrugtagning af bygningen. Funktionsafprøvningen skal påvise, at solcelleanlægget er korrekt installeret og har den forudsatte energimæssige ydeevne.

Relevante standarder og anvisninger

Relevante standarder og anvisninger i forbindelse med funktionsafprøvning af solcelleanlæg er:



DS/IEC
TS
61724-
3
Fotovoltaisk
systemers
ydeevne
—
Del
3:
Energievalu

Beskrivelse

Standarden findes på dansk i Dansk Standards webshop.ds.dk >

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Inden funktionsafprøvning udføres skal følgende være opfyldt:

- Funktionsafprøvning bør udføres i solskin eller ved tilstrækkeligt lysindfald.
- Solcelleanlægget er opbygget med det forudsatte areal og placering af solceller.
- Installationen af solcelleanlægget er afsluttet og anlægget er tilsluttet elnettet.

Målepunkter

Der skal gennemføres en måling af energien eller strømmen, der produceres fra solcellerne. Denne måling skal sammen med en måling af solindstrålingen på solcellerne sandsynliggøre, at solcelleanlægget har den forudsatte energimæssige ydeevne inklusiv systemvirkningsgraden. Hvis metoden i DS/IEC TS 61724-3 følges, så vil ovenstående normalt være opfyldt.

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat kan accepteres, hvis det konstateres at resultatet af målingerne viser, at det er sandsynliggjort, at anlægget er korrekt installeret og at forudsætningerne i energibehovsberegningen er overholdt.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Måleapparatur der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
- Målepunkter.
- De opnåede måleresultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

7.3 Vindmøller

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af vindmøllen (eller vindmølleanlægget), der etableres til eftervisning af energirammen før ibrugtagning af bygningen. Funktionsafprøvningen skal påvise, at vindmøllen har den forudsatte energimæssige ydeevne.

Relevante standarder og anvisninger:



DS/EN
61400-
12-
1
DS/EN
61400-
12-
1

Beskrivelse

Standarden findes på dansk i Dansk Standards [>](#)

Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Inden funktionsafprøvning udføres skal følgende være opfyldt:

- Vindmølle og installationerne til vindmøllen er afsluttet
- Vindmøllen er i drift

Målepunkter

På en dag med en middelvindhastighed større end 4 m/s og mindre end 12 m/s skal der udføres måling af vindmøllens ydelse (elektrisk effekt). Måling af ydelsen sammen med måling af vindhastigheden skal sammenholdes med vindmøllens effektkurve for at sandsynliggøre, at vindmøllen har den forudsatte energimæssige ydeevne.

Vindhastighedsmålingen foretages fx med et kalibreret anemometer monteret på toppen af en mast eller stang, der kan placere anemometeret i samme højde som vindmølle-navet. Luftstrømningen omkring vindmøllen må ikke kunne påvirke vindhastighedsmålingen. Hvis vindhastighedsmålingen ikke foretages i navhøjde skal måleresultaterne omregnes til navhøjden.

Ud fra vindhastighedsmålinger og ydelsesaflysninger optegnes en effektkurve, som en tendenslinje for alle målepunkter. Effektkurven skal kun optegnes i det måleområde, der er foretaget vindhastighedsmålinger i.

Alternativt til ovenstående kan evalueringsmetoden beskrevet i DS/EN 61400-12-1 anvendes.

Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat kan accepteres, hvis feltmålingerne viser en maksimal afvigelse på

-20% mellem den målte effektkurve og den af producenten oplyste effektkurve. Afvigelsen skal beregnes i det målte gennemsnitlige vindhastighedspunkt på den optegnede effektkurve.

Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
- Måleapparatur der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
- Målepunkter.
- De opnåede måleresultater.
- Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
- Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.

8.0 Bygningsautomatik

Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at bygningsautomatikken er korrekt installeret og overholder bygningsreglementets krav og de forudsætninger, der benyttes i energibehovsberegningen.

Bygningsreglementets krav til funktionsafprøvning af hovedbygningsautomatik er gengivet her:

§ 296 Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af bygningsautomatik inden ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal påvise, at bygningsautomatikken er korrekt installeret og reguleret, virker efter hensigten og giver bygningen den forudsatte energimæssige effektivitet.

8.1 Definition

Ved bygningsautomatik forstås de automatiksystemer, der styrer, regulerer og overvåger en bygnings tekniske installationer, ud fra målte ude- og indeklimaparametre, anlægsparametre, brugerbehov, mv. Bygningsautomatikken kan være opbygget med et eller flere systemer, som tilsammen styrer bygningens tekniske systemer, se også bygningsreglementets vejledning om energiforbrug, afsnit 9.6.

Bygningens tekniske installationer kan typisk omfatte varme- og køleanlæg, ventilationssystemer, belysningsstyringer, solafskærmningsanlæg, vinduesåbningssystemer, indhentning af alarmer fra forskellige tekniske anlæg mv.

8.2 Omfang af funktionsafprøvning

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af bygningsautomatik før ibrugtagning af bygningen. Funktionsafprøvningen skal påvise, at bygningsautomatikens sensorer og regulatorer styrer ventiler, spjæld, motorer m.m. er udført, så styringen af de tekniske installationer er som projekteret og som forudsat i energibehovsberegningen.

Funktionsafprøvningen af bygningsautomatik kan ikke ses alene, da bygningsautomatikken typisk styrer de tekniske anlæg i bygningen og der er en række krav til funktionsafprøvning af de tekniske anlæg, som overlapper med bygningsautomatikken. Det der bør være fokus på ved afprøvningen af bygningsautomatikken er grænsefladerne mellem de forskellige tekniske anlæg og samspillet mellem anlæggene. For eksempel at der ikke køles med ventilationsanlægget samtidig med at tilføres varme på radiator- eller gulvvarmekredse.

8.3 Forudsætninger for udførelse af funktionsafprøvning

Under funktionsafprøvningen påføres et kalibreret måleudrustning.

inden funktionsafprøvning udløses skal røgende være oplyst:

- Bygningens tekniske anlæg er i drift og indreguleret.
- Bygningsautomatikken er fuldt implementeret, dokumenteret og indreguleret.
- Under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold, såfremt vinduer og døre ikke er en del af bygningens indeklimastrategi.

8.4 Målepunkter

Sensorer

Med kalibreret eksternt måleudstyr skal anlæggets sensorer (fx temperatur-, CO₂, fugt, kanaltryk, lys) afprøves om de måler korrekt. Anlæg der anvender bevægelsessensorer (PIR) skal ligeledes afprøves med hensyn til at reagere som forudsat inden for de zoner de betjener.

Omfanget af funktionsafprøvningen er minimum 25 % af hver type sensor (f.eks. temperatur-, CO₂, fugt, kanaltryk, lys). Der bør vælges afprøvning forskellige steder i bygningen og udvælges ud fra om sensorers vigtighed for systemets funktion. Hvis der konstateres en eller flere mangler, udbedres manglerne og omfanget af denne type øges til 50 %.

Udetemperaturen måles ved brug af eksternt måleudstyr samme sted som anlæggets udetemperaturføler er placeret. Samtidigt kontrolleres det, om målepunktet er egnet til måling af udetemperatur. Det vil sige uden mulighed for påvirkning af direkte solindfald. Måleren kan være den samme måler, som benyttes som en del af funktionsafprøvning af varmeanlæg efter § 391. Udelysmængden (Lux) måles ved brug af eksternt måleudstyr samme sted som anlæggets udelysmængdeføler er placerede. Samtidigt kontrolleres det, om målepunkterne er egnet til måling af direkte solindfald.

Tidsstyring

Såfremt anlægget anvender tidsstyring (tidsprogrammer) skal det eftervises ved registrering, at anlægget reagerer efter det programmerede tidsskema. Fx at rumtemperaturen eller luftskiftet reduceres uden for brugstiden.

8.5 Opvarmning og køling

Det er vigtigt at undgå energispild. Samtidig opvarmning og køling ses fx i ventilationsanlæg, hvor der varmegenvindes og køles på samme tid. Der udføres en afprøvning, der viser at zonen kan afkøles uden at aktivere varmegenvinding i ventilationsanlægget eller afgivelse af varme fra varmeanlægget, med mindre dette er nødvendigt for anlæggets drift. Efterprøvning kan fx foretages ved ændring af setpunkter i bygningsautomatikken.

8.6 Præsentation af loggede data

Der skal foretages afprøvning af præsentation af loggede data.

8.7 Alarmer

Der skal foretages afprøvning af programmerede alarmer i overvågningssystemer for indeklima-, varme-, køle- og elforbrug i bygningsautomatikken. Der udføres afprøvninger, hvor målte parametre overskrider fastsatte grænseværdier, der udløser en alarm.

8.8 Acceptkriterium

Funktionsafprøvningens resultat kan accepteres, hvis det konstateres at:

- Sensorer fungerer tilfredsstillende og giver retvisende resultater. Normalt vil sensorer med en afvigelse til målte værdier på mindre end følgende være acceptable:
Temperatursensor [°C]: +/-1 °C, CO₂: [ppm] +/- 100 ppm, Relativ fugtighedssensor [%]: +/-3% RF, Lysensor (lysintensiteten) [LUX]: +/-10%, Kanaltryk [Pa]: +/-3%
- Bevægelsessensorer og tidsprogrammer reagerer som forudsat.
- Anlægget er i stand til at belyse og senke rumtemperaturen og luftskifte i de enkelte zoner ved brug af

- Anlægget er i stand til at hæve og sænke rumtemperatur og luftskifte i de enkelte zoner ved brug af bygningsautomatikken.
- Samtidig opvarmning og køling er ikke registreret.
- Alarmer for indeklima og energi aktiveres ved overskridelse af tilhørende grænseværdier.
- Afprøvningen viser en overholdelse af forudsætninger i energibehovsberegningen.

8.9 Dokumentation

Der udarbejdes en funktionsafprøvningsrapport, der beskriver:

- Hvilke forudsætninger og forhold målingen er udført under.
 - Måleapparatur der er anvendt, samt hvor og hvornår dette sidst blev kalibreret.
 - Målepunkter.
 - De opnåede måleresultater.
 - Samlet resultat og konklusionen af funktionsafprøvningen.
 - Oplysninger om hvem der har udført funktionsafprøvning.
-

