

Prøveprotokol. Verificering af teknisk performance inden ABT93-aflevering.

Projekt: SDU. OU44

29. okt. 2015
Planlægning og Energi
Thory**Bilag**

Testbilag for hver enkelt test. Testbilagene uploades på byggeweb af Bygherrerådgiver Henrik Errebo d. 29. oktober 2015, under området "C02.1_Aflevering".

1. Baggrund

Byggeriet af SDU OU44 blev udbudt med krav om at lavenergiklasse 2015 skal verificeres via målinger inden aflevering, som er d. 30. oktober 2015. Kravene til verificeringerne fremgår af udbuddets bilag 9. I tilfælde af afvigelser, dvs. hvis de målte resultater ikke svarer til inddata i beregningen af lavenergiklasse 2015, da skal korrigerende tiltag iværksættes, sådan at lavenergi-klassen er opfyldt og verificeret ved målinger inden aflevering.

I processen med at opføre bygningen og verificere den tekniske performance, er der løbende aftalt justeringer til bilag 9. De aftalte justeringer er i tråd med udbuddets intentioner, idet en standardmetode for verificering af lavenergiklasse inden aflevering ikke findes i branchen. De aftalte ændringer er indskrevet i bilag 9 i form af en ændringslog, hvor ændringer er aftalt mellem parterne. I denne proces har det vist sig mest praktisk, at bilag 9 er opdelt i separate dokumenter. Disse separate dokumenter repræsenterer hver især et fagområde af bygningens tekniske performance. Hvert dokument er vedlagt denne prøveprotokol som bilag og resultaterne fremgår af oversigten herunder.

2. Konklusion.

Kravet til byggeriets tekniske performance er, at lavenergiklassen skal være overholdt, når de målte værdier indsættes i den teoretiske beregning, dvs. genberegning af lavenergiklassen skal vise, at energiklasse 2015 er overholdt på tidspunktet for aflevering. Endvidere skal det på tidspunktet for aflevering være dokumenteret, at reguleringssystemerne er stabile, og Bygst og SDU skal via stikprøvekontrol se, at udvalgte reguleringssysteme fungerer som forventet.

- Når de målte værdier indsættes i energirammeberegningen, kan det ses, at lavenergiklasse 2015 er opfyldt. Des ses også, at de energimæssige krav til bygningsklasse 2020 er opfyldt.
- De udførte stikprøvekontroller på reguleringssystemerne viser stabile reguleringer mht. CTS.
- Det har ikke været muligt at udføre stikprøvekontrol på IBI installationer, idet kvalitetssikringen af IBI installationerne pr. 29. oktober 2015 ikke er afsluttet.

Konklusionen er, at med undtagelse af IBI installationerne, er udbuddets intentioner og krav opfyldt mht. bilag 9. Når bygningen har været i drift i 1 måned, foretages kontrollen af funktionsafprøvning og indregulering af IBI-installationerne.

3. Resultater af test

Nr.	Emne	Acceptkriterium	Test resultat	Dato
A	Genberegning af lavenergiklasse 2015.	Opfyldelse af lavenergiklasse ved genberegning af baseline via indtastning af målte værdier	Godkendt. Opfylder bygningsklasse 2020.	21. okt. 2015
B	CTS. Kontrol af indregulering	Stabil regulering	Godkendt	12. okt. 2015
C	IBI. Kontrol af funktionsafprøvninger og indregulering	Stabil regulering	Ikke godkendt, jf. testdokumentation af 30.okt. 2015.	30.okt. 2015



1	Effektivitet i varmtvandsproduktion	Nøgletal på 72 kWh/m ³ varmt brugsvand	Godkendt	21. okt. 2015
2	Energieffektivitet i varmtvandsanlæg	Målte værdier svarende til Be10 inddata.	Godkendt. Acceptkriterie opfyldt med genberegnet "baseline"	21. okt. 2015
3	Ventilation. Temperaturvirkningsgrad	83 % ved 80 % luftmængde. Efterves, alternativt anvendes "rutediagram".	Godkendt. Der er målt 84,5 % ved 45 % luftmængde, og rutediagram er opfyldt.	21. okt. 2015
4	Ventilation. SEL-værdi	Målte værdier svarende til Be10 inddata: 1,38 kJ/m ³ . De målte værdier er indsat i Be10-genberegningen.	Godkendt. Målt værdi 1,38 kJ/m ³	21. okt. 2015
6	Belysningsanlæg. Standby-effekt	Målte værdier svarende til Be10 inddata: 0,10 W/m ² . De målte værdier er indsat i Be10-genberegningen.	Godkendt. Målt værdi = 0,10 W/m ²	21. okt. 2015
7	Belysningsanlæg. Maksimal effekt	Målte værdier svarende til Be10-inddata, som er 27,5 kW.	Godkendt, idet målt værdi er 24,9 kW.	21. okt. 2015
8	Solceller. Effektivitet og ydelse.	Produceret energi i forhold til indstrålet energi, svarende til Be10-inddata.	Godkendt under forudsætning af at krav til performance evalueres ved 1-års gennemgang.	21. okt. 2015
9	Klimaskærmens tæthed	Målte værdier svarende til Be10 inddata. Det målte resultat er indtastet ved genberegning i Be10.	Godkendt. Testresultat er 0,32 l/s/m ² . Krav til opfyldelse af bygningsklasse 2020 er 0,5 l/s/m ² .	21. okt. 2015
10	Linjetab i konstruktioner	Overensstemmelse mellem termografering og Be10-inddata - vurderet kvalitativt.	Godkendt	21. okt. 2015
11	Kuldebroer i klimaskærmen	Overensstemmelse mellem termografering og Be10-inddata - vurderet kvalitativt.	Godkendt	21. okt. 2015

Bemærkninger:

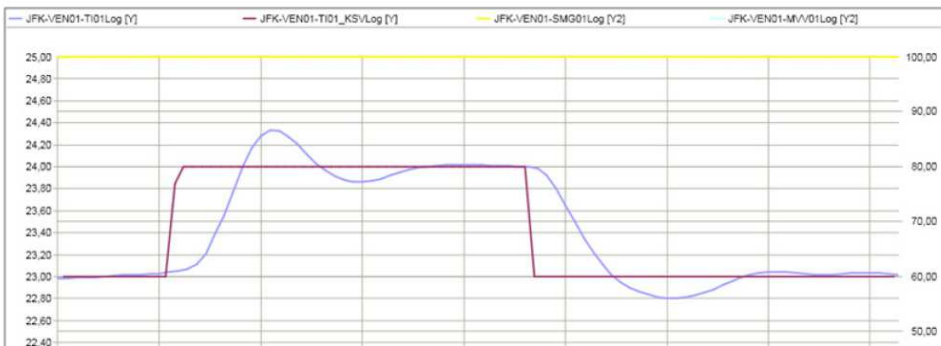
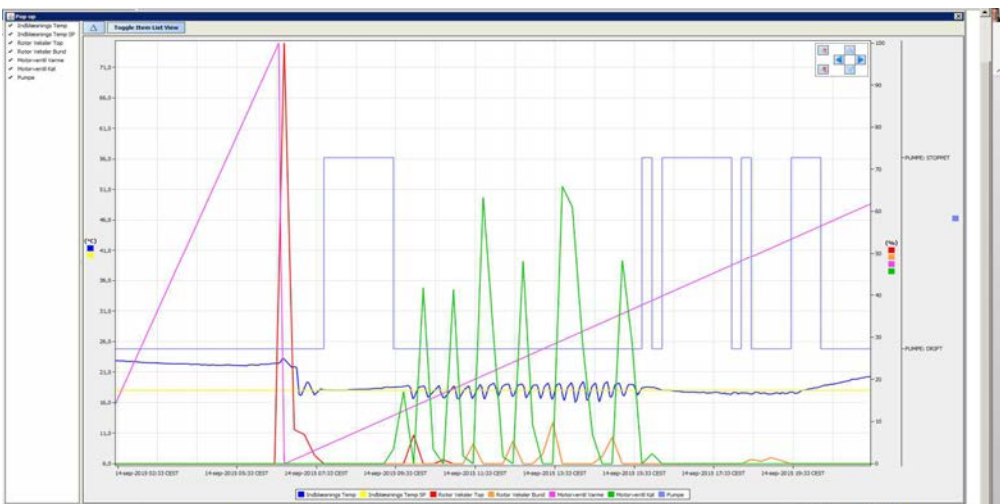
Kontrol af funktionsafprøvninger og indregulering af IBI installationer forventes afsluttet 27. november 2015, når bygningen har været i drift i ca. 1 måned. Dette forudsætter, at kvalitetssikringen af IBI installationerne er godkendt af Bygherrerådgiver Henrik Errebo senest d. 13. november 2015.

Forudsætninger for testens igangsætning	For at testen kan gennemføres, skal følgende arbejder være afsluttet: • Alle vandkredse til varme og køling skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS 469:2013, kap. 14.7 "indregulering", kap. 16 "Kontrol og afprøvning", kap. 16.1 "indregulering" samt øvrige krav i udbudsmaterialet. Bemærk særligt kravet i kap. 16.1: <i>"Indregulering af vand- og luftstrømme samt automatik skal kontrolleres..."</i> • Alle ventilationsanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS 447:2013, kap. 6.3 + 7.3 + 8.3 "Indregulering og aflevering samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet. Bemærk særligt kravet i kap. 6.3.3: <i>"...Derudover skal der udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentligste parametre..."</i> • Bygningsautomatikken skal være indreguleret i h.t. bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 1-11, d.v.s. inkl. byggeledelsens godkendelse af looptuningsrapporten, samt øvrige krav i udbudsmaterialet. • Alle entreprenørers dokumentation for egenkontrol og indregulering af alle aktiviteter skal være godkendt af fagtilsynet
Registreringer som foretages under testen	Er ovennævnte forudsætninger opfyldt? Indskriv bemærkninger i feltet herunder: 07. okt. 2015. Bygst, Thory: Ovennævnte KS er præsenteret og gennemgået af entreprenører. Der blev fremvist en række skærmpoint af step response test, hvor acceptkriterierne er opfyldt. Jeg savner at se det der svarer til den dokumenterede looptuning, samt at metoder for hvordan indreguleringen er foregået fremgår af entreprenørens KS. Det blev aftalt, at opstart på udførelse af step response på reguleringskredse udpeget af Bygherre opstartes 12. oktober 2015. Det blev konstateret, at CTS-brugerfladen kan betjenes af Bygst og SDU. 09. okt. 2015. Bygst, Thory: Beskrivelse af metoder for indregulering af varmeanlæg og ventilationsanlæg er d.d. modtaget til gennemsyn med besked om at de placeres i KS mapper. 09. okt. 2015. Bygst, Thory. Metoder for looptuning er modtaget d.d. Der refereres til udskrevne logninger, hvis reguleringerne er stabile. Disse logninger har jeg bedt om indsættes i KS mappen. Eksempler på udtræk af PID-parametre er modtaget d.d. Jeg har bedt om, at udtræk af alle parametre indsættes i KS mappen. Entreprenør har accepteret ovennævnte. <u>Bygherredefineret test nr. 1:</u> 12. Okt. 2015. Bygst, thory og SDU, Max A. Jørgensen. Vi har kl. 10:48 bedt om at ventilationsanlæg VE04 skifter setpunkt fra 20 grader til 18 grader og derefter fra 18 til 23 grader. Denne step-response blev udført ved knap 50 % luftmængde, svarende til 12.200 m³/h på indblæsning og 14.800 m³/h på udsugning og setpunkter for tryk udsugning på 110 Pa og tryk indblæsning på 57 Pa. Regulering er stabil kl. 11:12, hvor vi bad om at anlægget viser samme reguleringsevne ved minimum luftmængde. For at opnå minimum luftmængde, ændrede vi setpunkter for tryk til 29 Pa for indblæsning og 55 Pa for udsugning. Kl. 11:20 ændrede vi setpunkt for indblæsningstemperatur fra 23 til 12 grader. Vi ser, at rotorveksler med det samme regulerer ned for omdrejningshastigheden, samt at ventil til varmeplade lukker. Udetemperaturen er ca. 9 grader. Kl. 11:37 er reguleringen ved at være stabil, dog ikke helt nede på 12 grader, hvilket kan tilskrives den passive opvarmning der sker i undervejs fra udsugning til indblæsning. For så vidt angår ventilation, indikerer denne stikprøvekontrol, at anlæggene er indreguleret, samt at CTS regulerer som forventet. Lograpport vedlagt som bilag 1 til denne testprotokol viser, at acceptkriterierne er opfyldt. Vi vil gerne gentage step-response forløbet ved fuld luftmængde. Det kræver en manuel overstyring af VAV-spjæld, som ikke umiddelbart er muligt. Kl. 12:07 er setpunkter sat



	tilbage til udgangspunktet. Testresultat vedlagt som bilag 1. <u>Bygherredefineret test nr. 2:</u> 12. okt. 2015. Bygst, thory og SDU, Max A. Jørgensen. Varmeanlæg VA02, radiator vest. Vi forskyder fremløbskurven opad med +10 grader kl. 11:40. Kl. 11:51 er fremløbstemperaturen stabil ved det højere setpunkt. Testresultat vedlagt som bilag 2. <u>Bygherredefineret test nr. 3:</u> 12. okt. 2015. Bygst, thory og SDU, Max A. Jørgensen. Rum Ø22-512a-0 U162. Setpunkt for indblæsningstemp. ændret fra 23 til 18 grader. Der iagttages ændringer i ventil til radiatoranlæg samt ændringer i indstillinger for VAV-spjæld. Der indgår i denne type af reguleringstest en grænseflade til KNX / IBI styringerne.																										
Omfang af test	<u>Stikprøveomfang for ventilationsanlæg:</u> <table><tr><td>Reguleringssløjfer for temperatur, indblæsning:</td><td>25 %</td></tr><tr><td>Reguleringssløjfer for temperatur, udsugning:</td><td>25 %</td></tr></table> 12. okt. 2015. Ve04 udtaget til stikprøvekontrol. Der er i alt 4 ventilationsanlæg <table><tr><td>Reguleringssløjfer for temperatur, øvrige:</td><td>25 %</td></tr></table> 12. okt. 2015. Ikke udtaget til stikprøvekontrol <table><tr><td>Reguleringssløjfer for tryk, indblæsning:</td><td>10 %</td></tr><tr><td>Reguleringssløjfer for tryk, udsugning:</td><td>10 %</td></tr><tr><td>Reguleringssløjfer for tryk, øvrige:</td><td>? %</td></tr></table> 12. okt. 2015. VE04 udtaget til stikprøvekontrol. <table><tr><td>Reguleringssløjfer for CO₂-indhold, rum:</td><td>10 %</td></tr><tr><td>Reguleringssløjfer for CO₂-indhold, udsugning:</td><td>10 %</td></tr><tr><td>Reguleringssløjfer, øvrige:</td><td>? %</td></tr></table> 12. okt. 2015. Testes under IBI <u>Stikprøveomfang for varme- og køleanlæg:</u> <table><tr><td>Reguleringssløjfer for temperatur, fremløb:</td><td>25 %</td></tr><tr><td>Reguleringssløjfer for temperatur, rum:</td><td>10 %</td></tr><tr><td>Reguleringssløjfer for temperatur, øvrige:</td><td>? %</td></tr></table> 12. okt. 2015. 1 ud af 3 varmeanlæg udtaget til kontrol. <u>Stikprøveomfang for øvrige anlægstyper:</u> <table><tr><td>Reguleringssløjfer, øvrige:</td><td>? %</td></tr></table> Såfremt der observeres fejl og mangler i ovenstående stikprøvekontrol, øges omfanget af kontrol for de pågældende typer af reguleringskredse til det dobbelte. 12. okt. 2015. Bygst, thory: På baggrund af fremlagt KS som viser gennemførte step-response, samt positive testresultater ved første stikprøvekontrol, er omfanget af stikprøvekontrol begrænset til afvikling af et testforløb over 2 timer. Umiddelbart inden opstart udvælger Bygst og SDU hvilke reguleringskredse der udsættes for stikprøvekontrol. Bemærk, at reguleringer af ventilation foretages ved forskellige luftmængder, bl.a. maks. og min. luftmængde.	Reguleringssløjfer for temperatur, indblæsning:	25 %	Reguleringssløjfer for temperatur, udsugning:	25 %	Reguleringssløjfer for temperatur, øvrige:	25 %	Reguleringssløjfer for tryk, indblæsning:	10 %	Reguleringssløjfer for tryk, udsugning:	10 %	Reguleringssløjfer for tryk, øvrige:	? %	Reguleringssløjfer for CO ₂ -indhold, rum:	10 %	Reguleringssløjfer for CO ₂ -indhold, udsugning:	10 %	Reguleringssløjfer, øvrige:	? %	Reguleringssløjfer for temperatur, fremløb:	25 %	Reguleringssløjfer for temperatur, rum:	10 %	Reguleringssløjfer for temperatur, øvrige:	? %	Reguleringssløjfer, øvrige:	? %
Reguleringssløjfer for temperatur, indblæsning:	25 %																										
Reguleringssløjfer for temperatur, udsugning:	25 %																										
Reguleringssløjfer for temperatur, øvrige:	25 %																										
Reguleringssløjfer for tryk, indblæsning:	10 %																										
Reguleringssløjfer for tryk, udsugning:	10 %																										
Reguleringssløjfer for tryk, øvrige:	? %																										
Reguleringssløjfer for CO ₂ -indhold, rum:	10 %																										
Reguleringssløjfer for CO ₂ -indhold, udsugning:	10 %																										
Reguleringssløjfer, øvrige:	? %																										
Reguleringssløjfer for temperatur, fremløb:	25 %																										
Reguleringssløjfer for temperatur, rum:	10 %																										
Reguleringssløjfer for temperatur, øvrige:	? %																										
Reguleringssløjfer, øvrige:	? %																										
Tidspunkt for testens gennemførelse	Opstart 07. oktober 2015. Afslutning 12. oktober 2015. Bygherredefinerede test afviklet 12. oktober 2015 i tidsrummet 10:30 til 12:30. Den samlede ABT93-aflevering er d. 30. oktober 2015.																										
Testens varighed	Afhænger af entreprenørers gennemgang af KS. Ved fremvisning af systematisk KS på dokumenterede step-response test, afkortes testens varighed. Relevante entreprenører deltager i form af at give adgang til betjening af anlæg via CTS bruger-																										

	flade. Bygherredefinerede test afviklet 12. oktober 2015 i tidsrummet 10:30 til 12:30.
Testens indhold	Entreprenørers fremvisning og gennemgang af dokumentation for indregulering. For CTS fremvises rapport i henhold til Bips basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret loop-tuning" stk. 11. Gennemgang af dokumentation sker på den første dag. De efterfølgende dage udføres step response tests i h.t. bips beskrivelsesværktøj "Bygningsautomation", september 2012, basisbeskrivelse punkt 3.6.7.4 "Dokumenteret looptuning" stk. 1-11.
Metode for måling	1. Test skal logges. 2. Der foretages 2 setpunkts ændringer. En hvor setpunkt hæves og 1 hvor setpunkt sættes tilbage til udgangspunktet. Som udgangspunkt ændres setpunkter med +/- 20% i tilfælde af trykregulering og +/- 2 grader i tilfælde af temperaturreguleringer. 3. Test kan foretages automatisk via tidskatalog, sådan at setpunktsændringer forløber om natten. 4. Lograpporter udskrives som pdf-filer. Bemærk: • Selve ændringen af setpunkter vurderes afhængigt af det medie der reguleres på (vand, luft, temperatur osv), afhængigt af de forudsætninger der ligger til grund for projekteringen mht. setpunktssområde (min/max), samt det aktuelle setpunkt i forhold til 0. • Nogle reguleringskredse er meget hurtige (f.eks. kanaltryk). Logning af data skal derfor være så tilpas hurtig, at evt. pendlinger vil blive afsløret. • Test gennemføres ved varierende luftmængder og i anlæggenes yderområder, eksempel max og min luftmængde. Reguleringspunkter der som minimum skal logges i forbindelse med test: <u>Trykreguleringer:</u> • Tryk setpunkt indblæsning • Tryk setpunkt udsugning • Tryk indblæsning • Tryk udsugning • Ventilatorhastighed ind (0-100%) • Ventilatorhastighed ud (0-100%) <u>Temperaturreguleringer i ventilationsanlæg:</u> • Setpunkt • Temperatur ind • Rotorveksler hastighed • Varmeventil • Køleventil <u>Blandesløjfer varme og køle-flader, samt varmeanlæg:</u> • Setpunkter • Motorventil aktuel position • Temperatur fremløb • Temperatur retur <u>Rumtemperaturer:</u> • Temperatursetpunkt • Temperatur i rum • Varmeventil

	• Køleventil • Relevante parametre for ventilation i rummet
Acceptkriterium	Testens resultat accepteres, hvis step response testene viser, at den enkelte reguleringsløjfe: • Er stabil inden testen begynder • Laver en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt højere setpunkt. • Laver en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt lavere setpunkt • Ikke pendler • Ikke har varige afvigelser (med mindre der på forhånd er aftalt, at en specifik reguleringsløjfe er en ren P-regulering) OBS: For meget træge reguleringskredse f.eks. rumtemperaturreguleringer skal step response testen kun vise, at der er rigtig sammenhæng mellem rumtemperatur og tilhørende aktuatorer
Eksempel på dokumentation af en step response test for en reguleringsløjfe, hvor testens resultat er accepteret	
Eksempel på dokumentation af test som ikke er bestået	
Observationer/Registreringer foretaget under testen	Som bilag til dette testparadigme vedlægges et antal skærmpoint af udførte step-response test. På disse skærmpoint noteres de handlinger som er foretaget under testen, eksempel "stop af pumpe" osv. 12. okt. 2015. Bygst, Thory: Der er vedlagt 2 bilag, som viser skærmpoint af brugerflade og logninger over resultaterne af de Bygherredefinerede test.
Testens resultat	Testens acceptkriterium kan vurderes som opfyldt, hvis der for de udførte step-response test kan dokumenteres stabile reguleringer. Herunder indskrives, om acceptkriteriet vurderes som

	opfyldt. 12. oktober 2015. Blandt deltagerne i testen er der enighed i, at acceptkriterierne er opfyldt.
Entreprenørens forpligtigelser i tilfælde af ikke bestået test	I det tilfælde testen viser, at acceptkriteriet ikke er opfyldt, noteres og kapitaliseres manglerne. Manglerne skal afhjælpes i perioden frem til ABT93-aflevering. 12. oktober 2015, Bygst, thory: Stikprøvekontrollen giver ikke anledning til anmærkninger.
Oplysninger om deltagere i test.	Dato for testens opstart: 07. oktober 2015 Dato for testens afslutning: 12. oktober 2015 For entreprenør med ansvar for systemintegration. Rambøll. Johannes Thuesen. For entreprenør med ansvar for CTS. Bravida: Michael Kristiansen og Troels Køhler. Schneider: Niels Bak. For SDU: Max A. Jørgensen For Bygningssstyrelsen: Thomas Rysgaard.

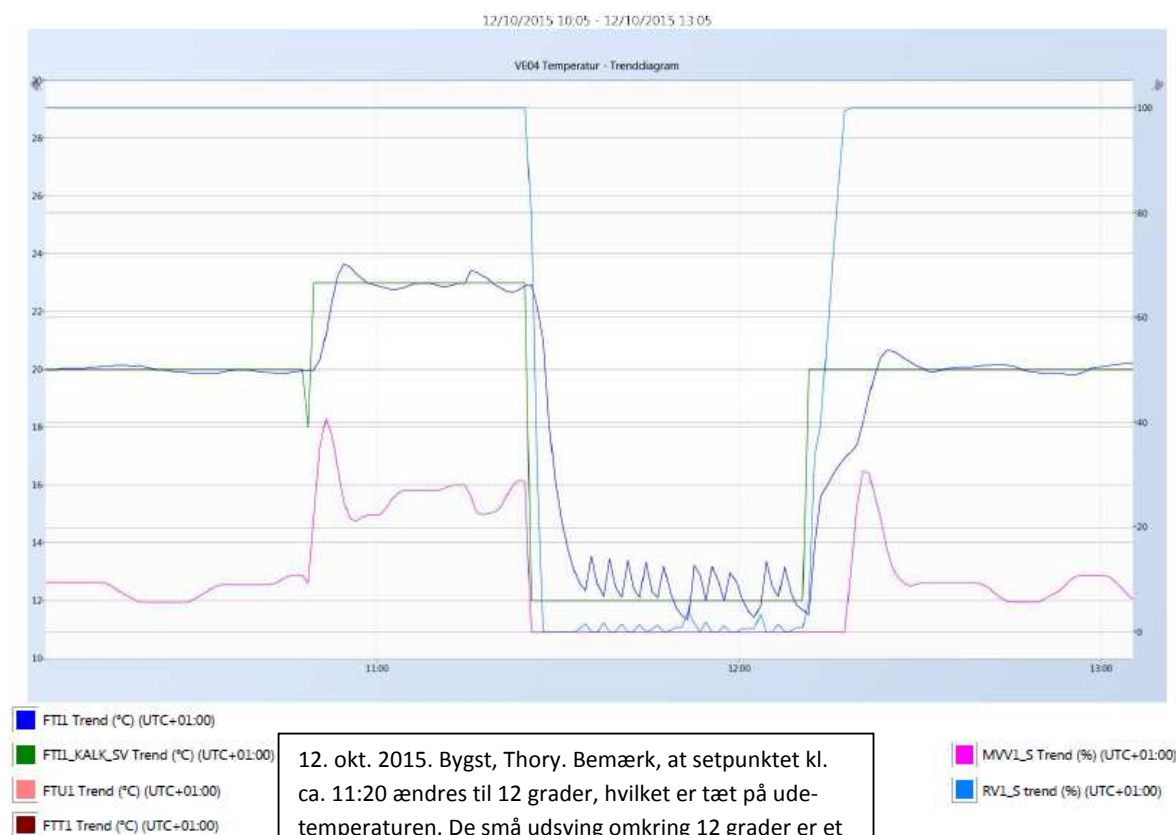
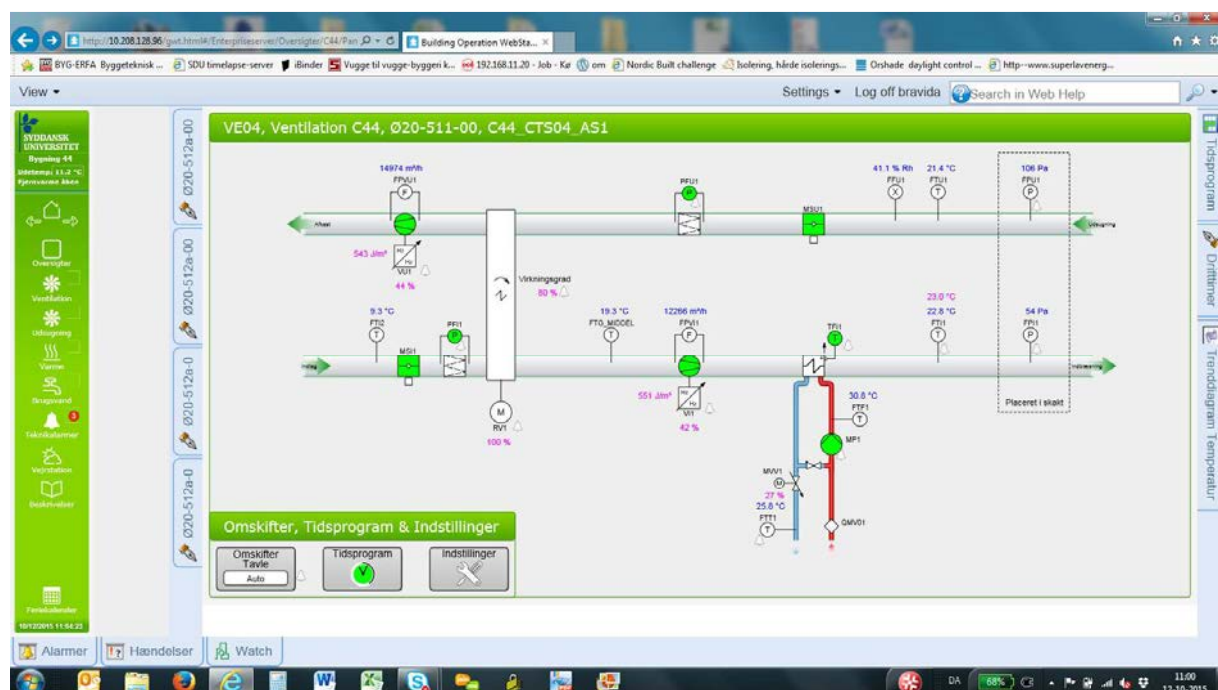
Versionsstyring:

Version 00 er BYGST standard til projektspecifik tilretning hvor der er markeret med gul overstregning.

Den sidste version skal indeholde registreringer foretaget under testen og indgå som dokumentation ved aflevering.

NBB version	Forfatter navn	Organisation	Dato
00. BYGST standard	THORY	BYGST	19. aug. 2015
01. Første projektspecifikke tilretning	THORY	BYGST	07. okt. 2015
02. Registreringer tilføjet	THORY	BYGST	09. okt. 2015
03. Endelig version som indgår i ABT93-aflevering.	THORY	BYGST	12. okt. 2015

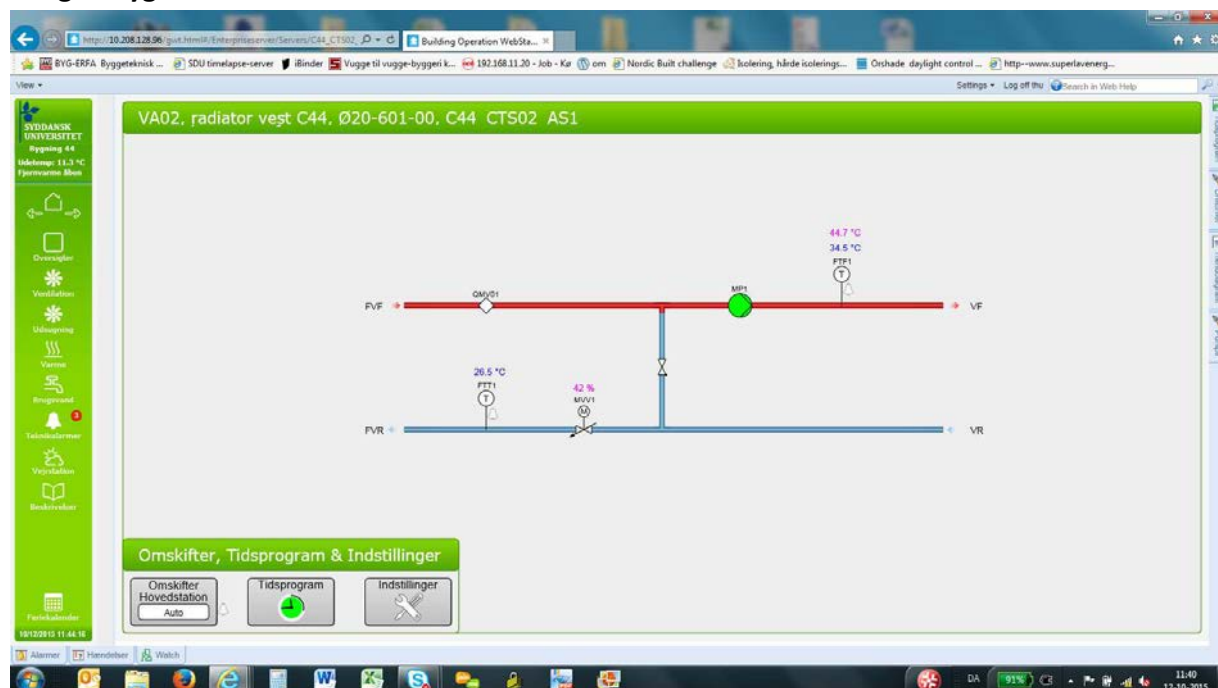
Bilag 1. Bygherredefineret test nr. 1:





12. okt. 2015. Bygst, Thory. Ændringer af setpunkter for tryk i indblæsning og udsugning. Bemærk, relativt lave tryk.

Bilag 2. Bygherredefineret test nr. 2:



Prøvekørsler af installationer. Kontrol af funktionsafprøvninger og indregulering af IBI																			
Byggesag: SDU. OU44 Projektspecifik tilretning udført af: Bygst, Bygherrerådgiver Henrik Errebo, Sloth Møller		Version 05	Dato: 30. oktober 2015																
Vejledning	Alle tekster med sort udgør testparadigmet, som er opsat inden testens gennemførsel. Bemærkninger som foretages under selve testen kan enten indskrives med håndskrift, eller indskrives i kildedokumentet med rød tekstfarve. Navne på deltagere i test indskrives på dagen for testens gennemførsel.																		
Formål	Via testkørsler af anlæg, hvor Bygherren udpeger reguleringskredse til stikprøvekontrol, skal det kontrolleres, at udbudskravene er opfyldt. I tilfælde af afvigelser fra forventede resultater, skal eventuelle uregelmæssigheder i installationernes styringssystemer dokumenteres. Kontrollen omfatter ikke CTS reguleringsystemer.																		
Reference til udbudsmaterialet.	Af byggesagsbeskrivelsens afsnit 8.6 fremgår bl.a. nedennævnte krav: <u>Funktionstest af KNX (1 dag):</u> Detaljeret program for dagen laves af bygherre umiddelbart inden test. Efterfølgende udfører totalentreprenøren komplet test iht. byggeprogram. Overordnet program for testen fremgår herunder: <table><tr><th colspan="2">KNX funktionstest inden <u>før aflevering</u>:</th></tr><tr><td>09:00</td><td>Entreprenørens fremvisning og gennemgang af egen dokumentation for kvalitetssikring af KNX installationer.</td></tr><tr><td>10:00</td><td>Stikprøvekontrol på belysningsanlæg. Anlæg betjenes via KNX og outlook brugerfladen og funktioner observeres i de relevante rum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via KNX brugerfladen.</td></tr><tr><td>11:00</td><td>Stikprøvekontrol på varmestyringer. Anlæg betjenes via KNX og outlook brugerfladen og funktioner observeres i de relevante rum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via KNX brugerfladen.</td></tr><tr><td>12:00</td><td>Frokost.</td></tr><tr><td>13:00</td><td>Stikprøvekontrol på ventilationsanlæg, herunder naturlig ventilation. Anlæg betjenes via KNX og outlook brugerfladen og funktioner observeres i de relevante teknikrum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via KNX brugerfladen.</td></tr><tr><td>14:00</td><td>Opsummering og referat. Bygherre forfatter referat.</td></tr><tr><td>15:00</td><td>Afslutning</td></tr></table> Med funktionstest forstås test som påviser om en installation fungerer, eksempelvis ved at påvirke en føler og konstatere om installationerne reagerer som de skal. Et eksempel kan være at påvirke en temperaturføler med kølespray og herefter via CTS eller KNX konstatere om de rette styringsfunktioner træder i kraft. Et andet eksempel kan være ændringer af kalender i Outlook og efterfølgende observation af om eksempelvis rumstyringer reagerer som forventet.			KNX funktionstest inden <u>før aflevering</u> :		09:00	Entreprenørens fremvisning og gennemgang af egen dokumentation for kvalitetssikring af KNX installationer.	10:00	Stikprøvekontrol på belysningsanlæg. Anlæg betjenes via KNX og outlook brugerfladen og funktioner observeres i de relevante rum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via KNX brugerfladen.	11:00	Stikprøvekontrol på varmestyringer. Anlæg betjenes via KNX og outlook brugerfladen og funktioner observeres i de relevante rum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via KNX brugerfladen.	12:00	Frokost.	13:00	Stikprøvekontrol på ventilationsanlæg, herunder naturlig ventilation. Anlæg betjenes via KNX og outlook brugerfladen og funktioner observeres i de relevante teknikrum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via KNX brugerfladen.	14:00	Opsummering og referat. Bygherre forfatter referat.	15:00	Afslutning
KNX funktionstest inden <u>før aflevering</u> :																			
09:00	Entreprenørens fremvisning og gennemgang af egen dokumentation for kvalitetssikring af KNX installationer.																		
10:00	Stikprøvekontrol på belysningsanlæg. Anlæg betjenes via KNX og outlook brugerfladen og funktioner observeres i de relevante rum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via KNX brugerfladen.																		
11:00	Stikprøvekontrol på varmestyringer. Anlæg betjenes via KNX og outlook brugerfladen og funktioner observeres i de relevante rum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via KNX brugerfladen.																		
12:00	Frokost.																		
13:00	Stikprøvekontrol på ventilationsanlæg, herunder naturlig ventilation. Anlæg betjenes via KNX og outlook brugerfladen og funktioner observeres i de relevante teknikrum. Følere påvirkes og reaktioner observeres via KNX brugerfladen.																		
14:00	Opsummering og referat. Bygherre forfatter referat.																		
15:00	Afslutning																		



Forudsætninger for testens igangsætning	For at testen kan gennemføres, skal følgende arbejder være afsluttet: • Alle vandkredse til varme og køling skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS 469:2013, kap. 14.7 "indregulering", kap. 16 "Kontrol og afprøvning", kap. 16.1 "indregulering" samt øvrige krav i udbudsmaterialet. Bemærk særligt kravet i kap. 16.1: "Indregulering af vand- og luftstrømme samt automatik skal kontrolleres..." • Alle ventilationsanlæg skal være indreguleret af de respektive entreprenører i.h.t. DS 447:2013, kap. 6.3 + 7.3 + 8.3 "Indregulering og aflevering samt øvrige skærpende krav i udbudsmaterialet. Bemærk særligt kravet i kap. 6.3.3: "...Derudover skal der udføres en funktionstest, der efterviser, at automatiksystemet fungerer som forudsat. Dokumentation herfor leveres for indregulering af alle de væsentligste parametre..." • CTS anlægget skal være indreguleret og funktionstestet, jf. bilag A. Prøvekørsler af installationer. Kontrol af indregulering af CTS. • Alle entreprenørers dokumentation for egenkontrol og indregulering af alle aktiviteter skal være godkendt af fagtilsynet
Registreringer som foretages under testen	Er ovennævnte forudsætninger opfyldt? Indskriv bemærkninger i feltet herunder: 12. oktober. Principper for KS og funktionsafprøvning af IBI er overordnet præsenteret og gennemgået af entreprenør. Der blev aftalt endelig gennemgang af IBI KS og funktionsafprøvning på testdag d. 21. oktober. Metode for gennemførelse af step-response på IBI inden blev aftalt. Det blev aftalt at entreprenøren gennemfører step-response test på et af bygherren udpeget antal rum, der repræsenterer de forskellige rumtyper, forud for testdag d. 21. oktober. 21. oktober. KS på IBI er pr. d.d. oplyst 75 % færdig. Rum på 1. sal er endnu ikke KS'et. 100 % forventes færdigt mandag d. 26. oktober. Bygherredefinerede test, jf. møde d. 12. oktober er ikke gennemført forud for møde. Den samlede KS er på grund af ovenstående ikke gennemset d.d. Stadet for KS og afprøvning blev præsenteret. Der savnes dokumentation for husets samlede indregulering af alle installationer på tværs af IBI, CTS og HVAC. Dvs., et afsnit i KS med overskriften: "Sådan er IBI indreguleret". Denne dokumentation skal indgå i KS-materialet, og BYGST stiller krav om, at BYGST og SDU via stikprøver kan se, at den samordnede regulering fungerer, når bygherren udpeger styringer til stikprøvekontrol. Dette er pt. ikke muligt. Vi savner bl.a. at se en redegørelse for hvordan IBI installationerne er indreguleret. Dvs. en metodebeskrivelse, som på samme måde som for indregulering af varme og ventilation, beskriver hvad der er gjort, trin for trin. KS af IBI kan derfor ikke godkendes. Følgende oplæg til sekvenser for bygherredefinerede stikprøvekontroller inden aflevering er fremsendt d. 9. oktober. Bygherredefinert test nr. 1 12. oktober. Formålet med testen er at iagttage temperaturindsvingning ved overgang fra varmebehov til kølebehov og tilbage igen. Testen foretages med udgangspunkt i en rumtemperatur på 22 grader. Setpunktet ændres herefter til 19 grader. Når temperaturen er stabil rettes setpunktet tilbage til 22 grader. 21. oktober. Testen er ikke opsat og gennemført. Bygherredefinert test nr. 2 12. oktober. Formålet med testen er at iagttage natkølefunktionen på rumniveau. Testen foretages med udgangspunkt i en stabil rumtemperatur, hvorefter setpunktet sænkes 2 grader.

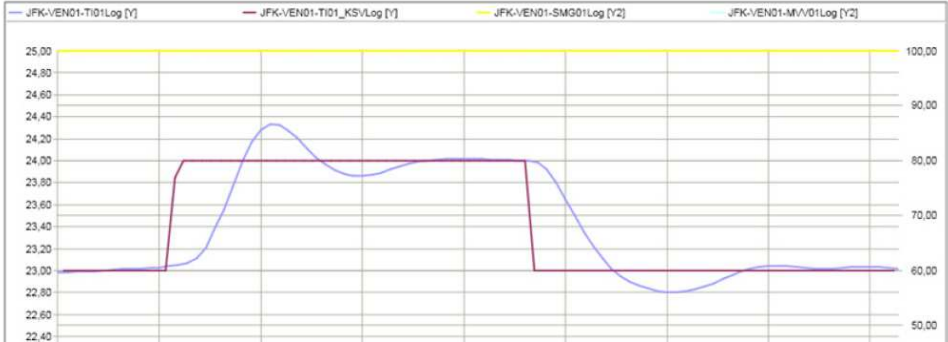


	21. oktober. Testen er ikke opsat og gennemført. Bygherredefineret test nr. 3 12. oktober. Formålet med testen er at kontrollere VAV-spjældenes regulering på baggrund af CO₂. Testen gennemføres ved stepvis at simulere en ændring af CO₂-koncentration i rummene og iagttage VAV-spjældenes position. Ændringen af CO₂ koncentrationen foretages med intervaller på ca. 1 times mellemrum og foretages med følgende værdier: <600 ppm (udgangspunkt); 650 ppm; 800 ppm; 950 ppm. 21. oktober. Testen er ikke opsat og gennemført. 29. oktober. KS materiale er fremsendt pr. mail d. 27. oktober 2015. Materialet er gennemset af HER/THORY og på baggrund af nedenstående observationer, er KS-materialet fortsat mangelfuldt, og kan derfor ikke godkendes. Derfor er det fortsat ikke muligt at gennemføre bygherredefinerede tests. 1. Bemærkninger til omfang og struktur af KS-materialet a. Vi modtog KS-materiale pr. mail d. 27. oktober 2015, kl. ca. 15.30. Vi har fået oplyst, at systemet er færdigmeldt til stikprøvekontrol fra d. 29. oktober, kl. 14. Det er uklart, om der er blevet rettet fejl i denne periode eller hvad der er blevet arbejdet med. b. KS-materialet har ikke den aftalte struktur. Der er således ikke fuld dokumentation på at anlægget er indreguleret og idriftsat 100 %. c. Vi har fået at vide, at funktionskontrol for dele af bygningen, som vi lavede mangelgennemgang fredag d. 23. oktober 2015 var udført inden da. Ved mangelgennemgangen konstaterede vi nogle funktioner på lys, solafskærmning som ikke fungerede, hvorfor der er tvivl om fejlretning er udført. d. Der er flere rum, som der ikke er udført funktionskontrol på. Det drejer sig hovedsageligt om sekundære rum som gange og mødenicher. 2. Der er følgende observationer ved betragtning af de fremsendte step respons: a. Der er lavet en ok forklaring af, hvordan kurverne skal læses b. Der mangler en struktureret beskrivelse af formål og resultat af den enkelte tests samt forklaring på, hvordan der er foretaget indregulering på baggrund af testresultater, således at fejl bliver rettet. c. Generelt: CO₂ koncentrationer svinger en del fra ca. 400 – 600 ppm i de forskellige tests. Dette er ikke forklaret og virker mærkeligt, hvis der ikke er personer i rum. Kalibrering?? Har der været personer ind i rummene under tests? d. Generelt: Der er en forskydning mellem setpunkter og aktuelle temperaturer i flere tilfælde 0,5-1,5 °C. Disse afvigelser ser væsentlige ud væsentlige og ikke forklarede e. Kurver på s. 5-7 er svære at overskue. Bl.a. er temp. Setp. Utydeligt. Det er heller ikke klart, hvilke sekvenser der foretages. Det ser dog ud som om at temperaturerne her følger setpunkt meget godt. f. S. 9: hvad menes med neutral varme? Hvorfor ændres temp. Setpunkt kl. 7.35? CO₂ ca. 600 ppm 3. Vi mangler fortsat følgende: a. Samlet strukturet KS på IBI installationer. b. Samlet beskrivelse i KS mappe med overskriften "Sådan er IBI indreguleret". Herunder, hvordan er der rettet op på konstaterede fejl ved KS/funktionsafprøvning. c. At få skriftlig dokumentation på at fejl og mangler er udbedret d. Redegørelse for, hvad det betyder, at IBI tilsyneladende opfører sig uventet på de gennemførte stepresponse-tests, som vi har modtaget, Dette bør jo anvendes til fejlfinding og justering.
--	--



	e. Tidsmæssig mulighed for at lave bygherrebestemte tests. Procesessen vedr. KS er overordnet ikke tilfredsstillende og lever ikke op til de indgåede aftaler i projektet. KS af bygningsautomatikken og de øvrige tekniske installationer har igennem hele commissioning forløbet været et stort fokuspunkt, som alle parter har været enige om vigtigheden af. Emnet har været behandlet på commissioningmøder igennem hele forløb, som det fremgår af nedenstående liste: • 2/10-2014 – Vigtighed af egenkontrol inden tests blev påpeget og diskuteret. • 23/10-2014 – Det er oplyst, at Rambøll er i gang med gennemsyn af Bravida KS. • 3/11-2014 – Aftalt: Bravida vil fremsende skemaer til kontrol hos Rambøll, hvorefter de sendes til bygherre. Bravida blev bedt om i den forbindelse at sætte sig inde i indholdet i SBI161 såvel som Bips 2.460. • Forslag af separat møde vedr. gennemgang af skemaer. • 6/11-2014 – KS efterspurgt. Bravida vil lave samlet pakke inden opstart på arbejde pga. vigtigheden i at kende omfanget af arbejdet. • 13/11-2014 – Bravida skal eftersende materiale til godkendelse hos Rambøll • 7/5-2015 – KS efterspurgt. Vigtigheden påpeget af bygherre. • 7/9-2015 – Udestående i KS-materiale påpeget. • 14/9-2015 – Udestående vedr. KS er reduceret til at omfatte IBI. Derudover er der i notat med kommentarer til Cx-planen fra Thomas Rysgaard d. 12. januar 2015 kommenteret på den manglende struktur på kvalitetssikringsmateriale. Herunder, at erfaringer fra andre byggesager er, at manglende kvalitetssikring i kombination med manglende sammenhæng i tidsplan fører til svigt i performance i installationerne. Den manglende fremdrift i forhold til KS/DV er desuden påpeget i mail fra Bygherre rådgiver Henrik Errebo til Peter Norup d. 3. februar 2015. 30. oktober – efter besigtigelse af forholdene på pladsen. Kl. 14.45 til 16.00 d. 29. oktober 2015 blev status på IBI-anlægget besigtiget på byggepladsen sammen med Thomas Gren fra SDU for at vurdere, om IBI anlægget er klar til drift. Der blev foretaget stikprøvevis kontrol af 2 undervisningsrum og 2 studiezone i parterre. Troels Køhler, Martin Thomsen og Leif Madsen fra Bravida samt Johannes Thuesen fra Rambøll deltog i besigtigelsen. Funktionerne blev observeret via CTS brugerfladen ved ændringer af booking signal, påvirkning af PIR-følere og CO2-følere. I de kontrollerede rum, regulerer VAV-spjæld, belysning og radiatorer tilsyneladende som forventet. Der var ikke muligt at booke/afbooke rummene via CTS brugerfladen, hvilket Thomas Gren følger op på fredag d. 30. oktober 2015 om morgenen. Det forventes at fejlen skyldes, at systemet er overstyret af håndværkere i bygningen og således er ok med det almindelige bookingsignal. Det kunne konstateres, at indregulering af LUX-niveauer, kalibrering af CO2-følere samt fejlretning på forskelle mellem temperatursetpunkter og aktuel temperatur ikke er afsluttet. Opsummeret vurderes rummenes funktioner at fungere tilstrækkeligt til, at de kan tages i brug umiddelbart efter afleveringen. Der mangler fortsat redegørelse for fejlfinding og fejlretning i KS.								
Omfang af test	<u>Stikprøveomfang for IBI:</u> <table><tr><td>Rumtemperatur:</td><td>ca. 10 %</td></tr><tr><td>CO2-niveau:</td><td>ca. 10 %</td></tr><tr><td>Belysningsniveau:</td><td>ca. 10 %</td></tr><tr><td>Solafskærmning:</td><td>ca. 10 %</td></tr></table> 12. oktober 2015	Rumtemperatur:	ca. 10 %	CO2-niveau:	ca. 10 %	Belysningsniveau:	ca. 10 %	Solafskærmning:	ca. 10 %
Rumtemperatur:	ca. 10 %								
CO2-niveau:	ca. 10 %								
Belysningsniveau:	ca. 10 %								
Solafskærmning:	ca. 10 %								

	Planlagt at IBI regulering stikprøvetestes i følgende rum: 1xStudiezone 2xUndervisningslokale 2xKontor 1xPhd. Kontor 2xauditorie 21. oktober 2015 – Ovenstående tests er ikke gennemført pga. manglende KS. 12. okt. 2015. Såfremt der observeres fejl og mangler i ovenstående stikprøvekontrol, øges omfanget af kontrol for de pågældende typer af reguleringskredse til fuldstændig dokumentation.
Tidspunkt for testens gennemførelse	Opstart 12. oktober 2015. 21. oktober. Status: Test ikke afsluttet. Forventet afslutning af test: 27. november 2015. 29. oktober. Status: Test ikke afsluttet.
Testens varighed	Afhænger af entreprenørers gennemgang af KS. Ved fremvisning af systematisk KS på dokumenterede step-response test, afkortes testens varighed. Relevante entreprenører deltager i form af at give adgang til betjening af anlæg via CTS/ETS brugerflade efter behov.
Testens indhold	Entreprenørers fremvisning og gennemgang af dokumentation for indregulering af IBI anlægget, sammenligneligt med de udførte tests på CTS anlægget.
Metode for måling	1. Test skal logges. 2. Der foretages mindst 2 setpunkts ændringer. En hvor setpunkt hæves og 1 hvor setpunkt sættes tilbage til udgangspunktet. Som udgangspunkt ændres setpunkter med +/- 2 grader i tilfælde af temperaturreguleringer. 3. Test kan foretages automatisk via tidskatalog, sådan at setpunktsændringer forløber om natten. 4. Lograpporter udskrives som pdf-filer. Bemærk: • Selve ændringen af setpunkter vurderes afhængigt af det medie der reguleres på (vand, luft, temperatur osv), afhængigt af de forudsætninger der ligger til grund for projekteringen mht. setpunktsområde (min/max), samt det aktuelle setpunkt i forhold til 0. • Logning af data skal derfor være så tilpasset forventelige hastighed af regulering. således, at evt. pendlinger vil blive afsløret. Reguleringspunkter der som minimum skal logges i forbindelse med test: <u>Rumtemperaturer:</u> • Temperatursetpunkt • Temperatur i rum • Varmeventil • Køleventil • Relevante parametre for ventilation i rummet <u>CO2:</u> • CO2-setpunkter • CO2-niveau i rum

	• Relevante parametre for ventilation i rummet <u>Belysning:(Kontrolleres via funktionsafprøvning)</u> • Tilstedeværelsesføler • LUX-niveau • Off-set <u>Solafskærmning:(Kontrolleres via funktionsafprøvning)</u> • Solindfald • Setpunkter • Solafskærmningsposition
Acceptkriterium	Testens resultat accepteres, hvis step response testene viser, at den enkelte reguleringssløjfe: • Er stabil inden testen begyndes • Laver en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt højere setpunkt. • Laver en hurtig indsvingning til stabil værdi ved nyt lavere setpunkt • Ikke pendler • Ikke har varige afvigelser (med mindre der på forhånd er aftalt, at en specifik reguleringssløjfe er en ren P-regulering) OBS: For meget træge reguleringskredse f.eks. rumtemperaturreguleringer skal step response testen kun vise, at der er rigtig sammenhæng mellem rumtemperatur og tilhørende aktuatorer
Eksempel på dokumentation af en step response test for en regulerings-sløjfe, hvor testens resultat er accepteret	 The graph displays four data series over time. The left y-axis represents temperature in degrees Celsius (22.40 to 25.00), and the right y-axis represents a percentage (50.00 to 100.00). The series are: JFK-VEN01-TI01Log [V] (blue line), JFK-VEN01-TI01_KSVLog [V] (red line), JFK-VEN01-SMG01Log [V2] (yellow line), and JFK-VEN01-MV/V01Log [V2] (green line). The blue line shows a smooth step response, rising from approximately 23.0°C to 24.0°C and then settling back to 23.0°C after a disturbance.
Eksempel på dokumentation af test som ikke er bestået	

	de tilbageholdte beløb nedjusteres. Der tilbageholdes kr. 250.000, som udbetales når manglende KS er udført i struktureret form som aftalt, fejlfinding på baggrund af KS er beskrevet og nødvendig fejlretning er udført. Kendte fejl/afvigelser omfatter: Indregulering af LUX-niveauer, kalibrering af CO2-følere samt fejlretning på forskelle mellem temperatursetpunkter og aktuelle viste temperatur. Risikoen for at bygherretest af CTS logninger viser væsentlige fejl og mangler er vurderet så minimal, at der ikke tilbagebeholdes et beløb til dette punkt ved afleveringen.
Oplysninger om deltagere i test.	Dato for testens opstart: 12. oktober 2015 Dato for testens afslutning: Ikke afsluttet pr. 30. oktober 2015. (Forventet afslutning, 27. november 2015) For entreprenør med ansvar for systemintegration. Rambøll. Johannes Thuesen. For entreprenør med ansvar for IBI. Bravida: Michael Kristiansen. For SDU: Max A. Jørgensen For Bygningssstyrelsen: Henrik Errebo og Thomas Rysgaard.

Versionsstyring:

Version 00 er BYGST standard til projektspecifik tilretning hvor der er markeret med gul overstregning.

Den sidste version skal indeholde registreringer foretaget under testen og indgå som dokumentation ved aflevering.

NBB version	Forfatter navn	Organisation	Dato
00. BYGST standard	THORY	BYGST	19. aug. 2015
01. Første projektspecifikke tilretning	THORY, HER	BYGST, Sloth Møller	12. okt. 2015
02. Anden projektspecifikke tilretning	THORY, HER	BYGST, Sloth Møller	21. okt. 2015
03 Afsluttet testdokumentation til brug ved ABT93 aflevering	THORY, HER	BYGST, Sloth Møller	21. okt. 2015
04 Opfølgende testdokumentation til brug ved ABT93 aflevering	HER	Sloth Møller	29. oktober 2015
05 Opfølgende testdokumentation til brug ved ABT93 aflevering	HER	Sloth Møller	30. oktober 2015

SDU OU44 - Bilag 9 - Energiperformance #1

Versionstyring af dokument: Opdateret 21. oktober 2015.

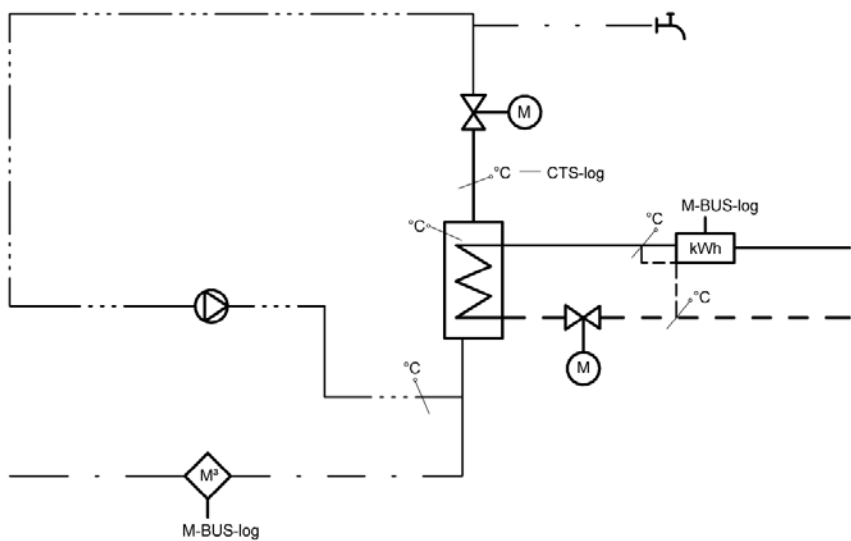
Punkt 1 – Effektivitet af varmtvandsproduktion	
Formål og definition	Kontrol af at energiforbruget til opvarmning af 1 enhed varmt brugsvand ikke overstiger den projekterede værdi og medfører et forøget energi til produktion af varmt brugsvand. Energiforbruget til opvarmning af varmt brugsvand defineres som: $e_{VBV} = E_{VBV} / V_{VBV}$, hvor: e_{VBV} – specifikt energiforbrug [kWh/l] E_{VBV} – Energiforbruget [kWh] V_{VBV} – Vandforbruget [l]
Målere/målepunkter	- Varmemåler til varmtvandsproduktion - Koldtandsmåler til varmtvandsproduktion - Temperaturføler ved varmtvandsafgang fra beholder
Principskitse	
Testindikatorer	- Fejl i dimensionering af varmtvandsproduktion - Forkerte komponenter - Fejl i indregulering - Afvielser i forudsatte temperaturer
Anvendelse i energistyring	Ændringer over tid kan eksempelvis indikere - Manglende vedligehold, eksempelvis tilkalkning, slamophobning - Ændringer i driftsforhold med hensyn til temperaturforhold - Ændringer af tappemønstre - Ændring i indregulering
Metode	Måling af sammenhængen mellem energiforbruget til produktion af varmt brugsvand og forbruget af varmt brugsvand. Der skal endvidere foretages sideløbende målinger af varmtvandstemperaturen. Målingerne foretages via logning af målerdata i CTS. Målingerne foretages for det samlede brugsvandsanlæg. Såfremt der installeres flere varmtvandsproducerende enheder, skal der således foretages samtidige målinger for alle enheder. Der udføres beregninger af den gennemsnitlige varmtvandstemperatur i måleperioden. Målingerne foretages over en 2-ugers periode, hurtigst muligt efter bygningen er taget i brug, således at der er sikkerhed for, at der er et vist forbrug af varmt brugsvand samt at bygningen er opvarmet under testen. Målingerne kasseres og gentages, hvis varmtvandstemperaturen gennemsnitligt i

	måleperioden afviger mere end +/- 1 °C i forhold til den indstillede varmtvandstemperatur. Log: Nedennævnte er aftalt med Bygherre d. 6. oktober 2015: - Målinger foretages <u>efter</u> at bygningen er taget i brug, og evalueres af bygherren. Målingerne skal primært anvendes til dannelse af reference-nøgletal for fremtidig energistyring hos SDU. - Testbilag #2 kan verificere anlæggets effektivitet, derfor er det aftalt at denne test #1 ikke afvikles inden aflevering af byggeriet. Endvidere har praksis vist, at det er vanskeligt at lave en eftervisning af det praktiske "tæppeprogram". - Bygningsstyrelsen forventer at nøgletallet vil være omkring 72 kWh/m³ varmt vand, når der har været et "normalt" forbrug af varmt vand. Skulle det vise sig at der er store afvigelser fra det forventede nøgletal, tages dette op ved 1-års gennemgangen.
Dokumentation	Målingerne dokumenteres med målejournal. Dokumentation skal som minimum indeholde følgende oplysninger for hver test. - Kontaktperson, firmanavn og kontaktoplysninger på den udførende - Entydig identifikation af test (Test ID) - Periode for test - Testresultater med målte og beregnede værdier
Godkendelse	Bygherre anvender det målte specifikke energiforbrug til varmtvandsproduktion og den målte varmtvandstemperatur som sammenligningsgrundlag i forhold til Be10 nøgletallet for energibehovet til produktion af varmt brugsvand. Acceptkriteriet for effektiviteten af varmtvandsproduktionen er Be10-nøgletallet + 25 %.
Konsekvens ved afvigelse	I tilfælde af, at acceptkriteriet ikke er opfyldt, foretages en beregning af differensen mellem det oplyste og målte energiforbrug. Beregningen foretages ved en varmtvandsmængde på 100 l/m² pr. år. Totalentreprenøren er efterfølgende ansvarlig for afhjælpende foranstaltninger, der reducerer energiforbruget svarende til den målte forøgelse. Afhjælpende tiltag skal fortrinsvis udføres ved optimering af varmtvandsproduktionen. Alternativt kan udføres kompenserende energitiltag.

Testjournal, pkt. 1 Effektivitet i varmtvandsproduktion									
For Bygherre: Thomas Rysgaard (Bygningsstyrelsen) For SDU: Max Jørgensen For Bygherrerrådgiver: Henrik Errebo (Sloth-Møller) For Totalentreprenør: Johannes Thuesen (Rambøll)						Dato: Test afsluttet 21/10 2015.			
Måling af effektiviteten af varmtvandsproduktionen									
Test ID	Varme-måler Start [kWh]	Varme-måler Slut [kWh]	Energi-forbrug [kWh]	Vand-måler Start [m ³]	Vand-måler Slut [m ³]	Vand-forbrug [m ³]	Måle-periode start [dd-hh]	Måle-periode slut [dd-hh]	Middel varmtvands-temperatur [°C]
ΣEnergiforbrug:				Σvbm:					
Korrektion i forhold til standardforbrug: $f_w = 100 \text{ l/m}^2 * A_{\text{brutto}} / (\Sigma vbm * 1000 \text{ l})$									
Målt energiforbrug, korrigeret i forhold til standardforbrug: $\Sigma \text{Energiforbrug} * f_w$									kWh
Be10 resultat for varmt brugsvand, korrigeret for målt middel varmtvandstemperatur									kWh
Afvigelse i målt værdi i forhold til Be10 resultat									%
Overholdelse af acceptkriterium [ja/nej]									

SDU OU44 - Bilag 9 - Energiperformance #2

Versionstyring af dokument: Opdateret 21. oktober 2015.

Punkt 2 – Tab i varmtvandssystem	
Formål og definition	Kontrol af at standby og cirkulationstabet i brugsvandsinstallationen ikke overstiger den beregnede værdi i energirammeberegningen og medfører et forhøjet energitab i standby fra brugsvandsinstallationen. Standby- og cirkulationstabet defineres som nøgletallet for varmetabet til installationer til varmt brugsvand.
Målere/målepunkter	• Varmemåler til varmtvandsproduktion • Koldtandsmåler til varmtvandsproduktion • Temperaturføler ved varmtvandsafgang fra beholder
Principskitse	 The diagram illustrates a hot water system. It features a central tank with a heating coil. A pump (M) is connected to the top of the tank. A temperature sensor (°C) is labeled 'CTS-log'. Another temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A tenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A eleventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A twelfth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A thirteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fourteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fifteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventeenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eighteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A nineteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A twentieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A twenty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A twenty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A twenty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A twenty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A twenty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A twenty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A twenty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A twenty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A twenty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A thirtieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A thirty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A thirty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A thirty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A thirty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A thirty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A thirty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A thirty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A thirty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A thirty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fortieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A forty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A forty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A forty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A forty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A forty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A forty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A forty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A forty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A forty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fiftieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fifty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fifty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fifty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fifty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fifty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fifty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fifty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fifty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A fifty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixtieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A sixty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventy-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventy-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventy-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventy-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventy-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventy-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventy-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventy-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A seventy-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eightieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eighty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eighty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eighty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eighty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eighty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eighty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eighty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eighty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. An eighty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A ninetieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundredth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and tenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eleventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and twelfth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and thirteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fourteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fifteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventeenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eighteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and nineteenth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and twentieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and twenty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and twenty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and twenty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and twenty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and twenty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and twenty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and twenty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and twenty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and twenty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and thirtieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and thirty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and thirty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and thirty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and thirty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and thirty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and thirty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and thirty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and thirty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and thirty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fortieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and forty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and forty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and forty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and forty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and forty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and forty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and forty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and forty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and forty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fiftieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fifty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fifty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fifty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fifty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fifty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fifty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fifty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fifty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and fifty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixtieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and sixty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventy-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventy-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventy-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventy-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventy-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventy-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventy-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventy-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and seventy-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eightieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eighty-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eighty-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eighty-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eighty-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eighty-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eighty-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eighty-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eighty-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and eighty-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and ninetieth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and ninety-first temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and ninety-second temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and ninety-third temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and ninety-fourth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and ninety-fifth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and ninety-sixth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and ninety-seventh temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and ninety-eighth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundred and ninety-ninth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'. A hundredth temperature sensor (°C) is labeled 'M-BUS-log'.
Testindikatorer	• Mangelfuld isolering af komponenter • Afvigelser i forudsatte temperaturer
Anvendelse i energistyring	Ændringer over tid kan eksempelvis indikere • Ændringer i driftsforhold med hensyn til temperaturforhold • Ændring i indstilling af driftstider
Metode	For at kunne beregne energitabet fra installationer foretages målinger af den nødvendige energitilførsel for at opretholde en ønsket varmtvandstemperatur, når der ikke er forbrug af varmt brugsvand. Målingerne foretages for det samlede brugsvandsanlæg. Såfremt der installeres flere varmtvandsproducerende enheder, skal der således foretages samtidige målinger for alle enheder. Der udføres beregninger af den gennemsnitlige varmtvandstemperatur i måleperioden. Målingerne foretages i en sammenhængende periode på 10 timer for hhv. situationen med/uden cirkulation. Forbruges af varmt brugsvand registreres ligeledes i perioden. Målingerne kasseres og gentages, hvis varmtvandstemperaturen i måleperioden afviger mere end +/- 1 °C i forhold til den indstillede varmtvandstemperatur målingerne kasseres og gentages ligeledes, hvis varmtvandsforbruget i perioden overstiger 10 liter. Ændringslog: Nedennævnte er aftalt med Bygherre d. 6. oktober 2015: • CTS-beholderføler bibeholdes placeret højdemæssigt mellem indløb og udløb for fjernvarme som besat 7/10 2015.

	Der anvendes udsnit af Be-10 inddata samt teoretisk opgørelse af varmetab fra cirkulationsledning som reference til fysisk målt tab. Testparadigmets skemaer anvendes derfor ikke direkte. Måleresultater og opgørelse af referencetal følger umiddelbart efter oprindeligt testskema.
Dokumentation	Målingerne dokumenteres med målejournale, der anvendes skabelon som angivet nedenfor. Dokumentation skal som minimum indeholde følgende oplysninger for hver test. - Kontaktperson, firmanavn og kontaktoplysninger på den udførende - Entydig identifikation af test (Test ID) - Periode for test - Testresultater med målte og beregnede værdier
Godkendelse	Bygherre anvender det målte standby forbrug, korrigeret i forhold til den driftstid på cirkulationsanlægget, som er anvendt i Be10-beregningsen. Det korrigerede målte varmetab sammenlignes med nøgletallet for varmetab i varmtvandsinstallationen fra Be10. Acceptkriteriet for tab i varmtvandsproduktionen er Be10-nøgletallet + 25 %
Konsekvens ved afvigelse	I tilfælde af at acceptkriteriet ikke er opfyldt, er totalentreprenøren efterfølgende ansvarlig for afhjælpende foranstaltninger, der reducerer energiforbruget svarende til den målte forøgelse. Afhjælpende tiltag skal fortrinsvis udføres ved optimering af varmtvandsproduktionen. Alternativt kan udføres kompenserende energitiltag.

Testjournal, pkt. 2 Tab i varmtvandssystem (Journal anvendes ikke, se opgørelse efterfølgende side)									
For Bygherre: Thomas Rysgaard (Bygningsstyrelsen) For SDU: Max Jørgensen For Bygherrerrådgiver: Henrik Errebo (Sloth-Møller) For Totalentreprenør: Johannes Thuesen (Rambøll)						Dato: Test afsluttet 21/10 2015.			
Måling af tab i varmtvandssystem <u>med</u> cirkulation samt uden vandforbrug									
Test ID	Varme-måler Start [kWh]	Varme-måler Slut [kWh]	Energi-forbrug [kWh]	Vand-måler Start [m³]	Vand-måler Slut [m³]	Vand-forbrug [m³]	Måle-periode start [hh-mm]	Måle-periode slut [hh-mm]	Middel varmtvands-temperatur [°C]
$E_{\text{cirk}} = \sum (\text{Energiforbrug} / \text{måleperiode} * 8760 \text{ h})$								kWh	
Måling af tab i varmtvandssystem <u>uden</u> cirkulation samt uden vandforbrug									
Test ID	Varme-måler Start [kWh]	Varme-måler Slut [kWh]	Energi-forbrug [kWh]	Vand-måler Start [m³]	Vand-måler Slut [m³]	Vand-forbrug [m³]	Måle-periode start [hh-mm]	Måle-periode slut [hh-mm]	Middel varmtvands-temperatur [°C]
$E_{\text{tomg}} = \sum (\text{Energiforbrug} / \text{måleperiode} * 8760 \text{ h})$								kWh	
Beregning af tab i varmtvandssystem: $E_{\text{cirk}} * f_0 + E_{\text{tomg}} * (1 - f_0)$								kWh	
Driftsfaktor for cirkulation, anvendt i Be10, f_0 [-]									
Be10 resultat for varmetab i varmtvandsinstallationer								kWh	
Afvigelse i målt værdi i forhold til Be10 resultat								%	
Overholdelse af acceptkriterium [ja/nej]									

Referenceværdier

Be10 inddata for brugsvandssystem er følgende:

Rør til varmt brugsvand
I opgørelsen indgår kun rør med cirkulation eller el-tracing.

	Rørstrækninger i fremløb og returløb	l (m)	Tab (W/mK)
		74	
+1	Fra VVB til skakt i kælder - 42 mm RF - BV	5	0,19
2	Fra skakt i kælder til VVB - 22 mm RF cirkulationsledn	5	0,17
3	Fra bund af skakt til afslutning lodret - gns. 35 mm BV	12	0,18
4	Fra top af skakt til bund af skakt lodret - gns. 18 mm R	12	0,17
5	Vandret fordeling til parterre - 22 mm RF - BV	10	0,17
6	Cirkulation vandret parterre - 15 mm RF	10	0,16
7	Vandret fordeling til stue og 1.-sal - 28 mm RF - BV	10	0,18
8	Cirkulation vandret for stue og 1.-sal - 15 mm RF	10	0,16
9			

For varmtvandsbeholderne er fra leverandører oplyst følgende tab, der er indlagt i Be10:

2,14	Varmetab fra varmtvandsbeholder, W/K
------	--------------------------------------

Cirkulationen er i Be10 indlagt som svarende til BMS-funktionsbeskrivelserne: Drift hverdage fra 6.00 – 17.00, svarende til 55 timer ugentligt. Dette giver en "reduktionsfaktor" for pumpe og cirkulerende brugsvand på $55/168 = 0,33$:

Cirkulationspumpe til varmt brugsvand

Beskrivelse	Cirkulationspumpe for varmt brugsvand		
Antal	Effekt, W	0,33	Reduktionsfaktor, -
1	22		
0	0		
☐ El-tracing af brugsvandsrør			

For 2 stk. elvandvarmere i hhv. syd- og nordgavl i stueetage er oplyst et varmetab på 1,0 W/K pr. beholder, dvs. i alt 2,0 W/K:

Elvandvarmer

Beskrivelse	Elvandvarmere, 2 stk. i gavle af bygning		
0,2	Andel af VBV i separate el-vandvarmere, -		
2	Varmetab fra varmtvandsbeholder, W/K		

Med afsæt i disse data fremkommer følgende reference i Be10 for det årlige energiforbrug til hhv. tab i central varmtvandsbeholder, rør for VBV (fremløb og cirkulation) samt elvandvarmere (2 stk á 1,0 W/K = 2,0 W/K):

Varmt brugsvand, Varmebehov	
MWh	Året
Central VVB	35,57
Dec. elvarmer	9,50
Dec. gasvarmer	0,00
Opvarmning i alt	45,07
Tab central VVB	0,52
Tab tilslutningsrør til VVB	0,61
VBV rørtab	1,28
Tab dec. elvandvarmere	0,61
Tab dec. gasvandvarmere	0,00
Tab i alt	3,04
I alt	48,11
kWh/m ²	5,7

Det teoretiske tab – referencen for den centrale varmtvandsbeholder - bliver da følgende:

Teoretisk tab i central VVB inkl. cirkulation	
Tab i beholder årligt	520 kWh/år
VBV tab	1280 kWh/år
Sum	1800 kWh/år
Gns. effekttab samlet	205 W

Tilsvarende for de 2 elvandvarmere samlet:

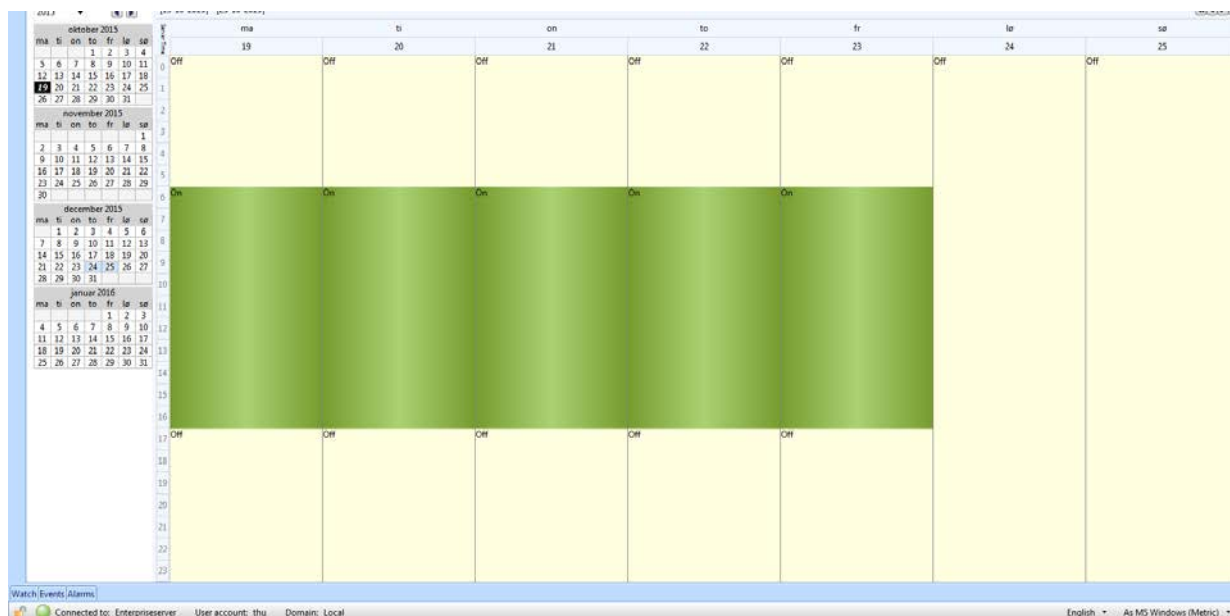
Teoretisk tab i 2 decentrale elvandvarmere:	
	610 kWh/år
Gns. effekttab samlet	70 W

Tab for hhv. elvandvarmere og varmtvandsbeholder (referenceværdierne) er ikke adderet, da der er tale om hhv. fjernvarme og el – og fordi disse værdier kan skilles ad i outputtet fra Be10.

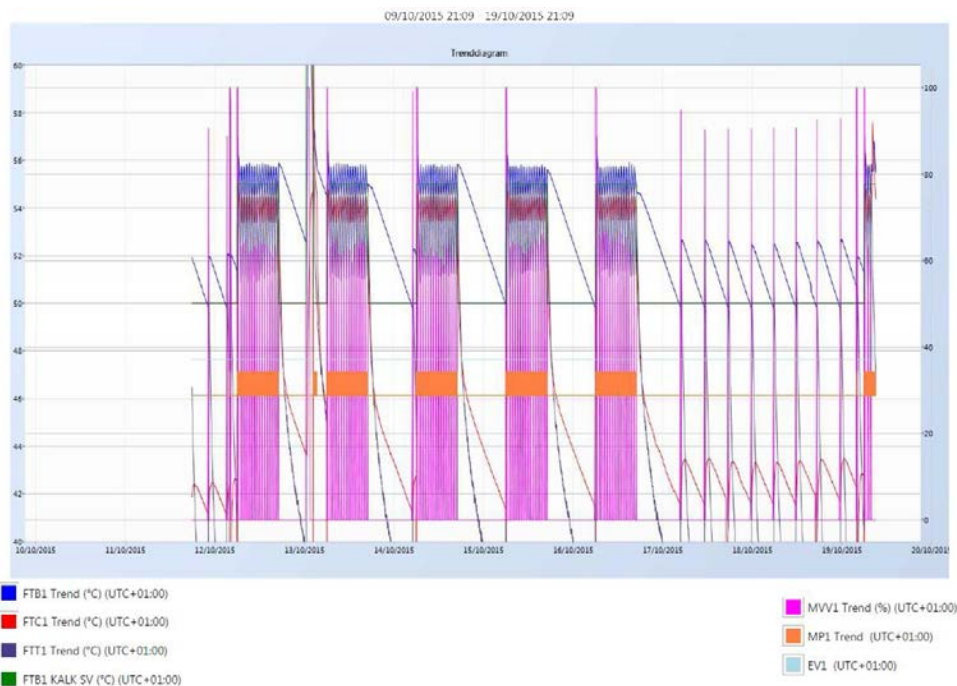
Målinger

Målinger af hhv. varmekonsum og elforbrug til varmtvandsbeholder er foretaget under følgende betingelser:

- Der har ikke været forbrug af varmt brugsvand – kun tab fra beholdere og evt. cirkulation. Cirkulerende brugsvand for den fjernvarmeopvarmede beholder har været i drift på hverdage fra 6.00 – 17.00 iht. funktionsbeskrivelserne, jævnfør nedenstående udsnit fra CTS (gælder kun denne beholder, idet der ikke er cirkulation i forbindelse med de to elvandvarmere)



Den faktiske driftstid er visualiseret herunder, og stemmer overens med urskemaet:



Målinger, central, fjernvarmebaseret varmtvandsbeholder:

For den centrale, fjernvarmebaserede beholder er målt følgende:

Aflæst vi SDU's energistyringssystem:

Dato	Tid	Varmt vand m3	Fjern-varme kWh
07-okt	00:40	0,8	20
14-okt	00:23	0,8	90
Forbrug:		0,0	70

Døgnforbrug gns.	10 kWh/døgn
Årsforbrug tab, VVB og cirk.	3650 kWh/år
Effekttab, VVB og cirk.	417 W

Som det fremgår, er det tab for beholder samt cirkulation, der kan opgøres på baggrund af målingerne via energistyringssystemet på 3.650 kWh/år (genemsnitligt effekttab på 417 W i måleperiode).

Den tilsvarende opgjorte værdi i Be10 er som før omtalt 1.800 kWh/år (gns. effekttab på 205 W).

Det samlede målte tab er overraskende højt i forhold til den teoretiske referenceværdi fra Be10 (omkring det dobbelte). Årsager hertil er ikke klarlagt endeligt i forbindelse med nærværende test, men kan være enkelte ikke-isolerende komponenter (eksempelvis energimåler og pumpe), at rørtræk fysisk faktisk er længere end antaget, eller at temperaturniveauer i huset har været lidt lavere end forudsat.

Måleusikkerhed kan også være en mulighed. Et sammenfald af flere af de nævnte faktorer kan også gøre sig gældende.

Acceptkriterier for testen er dermed ikke opfyldt - med de indlagte værdier.

Korrigeret referenceværdi efter 20/10 2015 for fjernvarmeopvarmet beholder

På baggrund af ovenstående er indlagt et ekstra rørtab ("Tillæg 20-10 2015") i det cirkulerende brugsvandssystem:

Rør til varmt brugsvand

I opgørelsen indgår kun rør med cirkulation eller el-tracing.

	Rørstrækninger i fremløb og returløb	l (m)	Tab (W/mK)	b
		184		
1	Fra VVB til skakt i kælder - 42 mm RF - BV	5	0,19	0
2	Fra skakt i kælder til VVB - 22 mm RF cirkulationsledning	5	0,17	0
3	Fra bund af skakt til afslutning lodret - gns. 35 mm BV	12	0,18	0
4	Fra top af skakt til bund af skakt lodret - gns. 18 mm RF	12	0,17	0
5	Vandret fordeling til parterre - 22 mm RF - BV	10	0,17	0
6	Cirkulation vandret parterre - 15 mm RF	10	0,16	0
7	Vandret fordeling til stue og 1.-sal - 28 mm RF - BV	10	0,18	0
+8	Cirkulation vandret for stue og 1.-sal - 15 mm RF	10	0,16	0
9	Tillæg 20-10-2015 - på baggrund af målinger	110	0,17	0

Den deraf følgende resultatfil fra Be10 viser herefter:

Varmt brugsvand, Varmebehov	
MWh	Året
Central VVB	35,57
Dec. elvarmer	9,50
Dec. gasvarmer	0,00
Opvarmning i alt	45,07
Tab central VVB	0,52
Tab tilslutningsrør til VVB	0,61
VBV rørtab	3,18
Tab dec. elvandvarmere	0,61
Tab dec. gasvandvarmere	0,00
Tab i alt	4,93
I alt	50,00
kWh/m ²	5,9

Svarende til:

Teoretisk tab i central VVB inkl. cirkulation

Tab i beholder årligt	520 kWh/år
VBV tab	3180 kWh/år
Sum	3700 kWh/år
Gns. effekttab samlet	422 W

Værdien svarer nu til de aflæste værdier via SDU's energistyringssystem.

Konklusion: Testkriterie er nu opfyldt for den fjernvarmebaserede varmtvandsbeholder inkl. cirkulationssystem, idet den korrigerede Be10-værdi anvendes ved opgørelse af tabet i det cirkulerende brugsvandssystem.

Målinger, decentrale elvandvarmere:

Der er via SDU's energistyringssystem målt på elvandvarmeren placeret i stueetage, nord, i en periode på 3 dage, hvor der ikke har været forbrug af varmt brugsvand fra tappestederne tilkoblet elvandvarmeren.

Elvandvarmer nord

Aflæst vi SDU's energistyringssystem:

Dato	Tid	Varmt vand m3	El- måler kWh
16-okt	00:25	0,2	8,13
19-okt	00:24	0,2	10,47
Forbrug:		0,0	2,34

Døgnforbrug gns.	0,78 kWh/døgn
Tab årligt, én beholder	285 kWh/år
Effekttab én beholder	33 W

De to beholdere i hhv. syd- og nordgavl er ens. Der er derfor udelukkende målt på den ene beholder – den i den nordlige ende.

For begge beholdere fås et årligt, opskaleret (målt) tab på $2 \cdot 285 = 570$ kWh/år, eller et gennemsnitligt samlet effekttab på 66 W.

De 570 kWh/år ligger ca. 6 % under den værdi, der er opgjort i Be10 (jævnfør skemaet side 3: 0,61 MWh/år)

Konklusion: Testkriterie er opfyldt for de elopvarmede beholdere.

Opgørelsen peger samtidig på, at det tab der er opgivet fra beholderfabrikanten Metro (1,0 W/K pr. beholder $\times$ 35 K = 35 W pr. beholder) er i god overensstemmelse med hvad der faktisk er målt (33 W for én beholder).

Afsluttende bemærkninger:

Det anbefales, at det fremadrettet undersøges hvad årsagen til afvigelsen mellem Be10-værdier og målt forbrug er – jævnfør bl.a. de muligheder der er nævnt på side 6. Dette kunne foreslås gjort i forbindelse med projektarbejder eller forskning fra SDU's side. Det er i den sammenhæng interessant at få klarlagt, om det er en generel tendens at tab i brugsvandssystemer undervurderes i forbindelse med den måde disse tab håndteres i Be10, eller om forholdet skulle være særlig for OU44. En klarlæggelse af dette ville kræve tilsvarende målinger på flere byggerier.

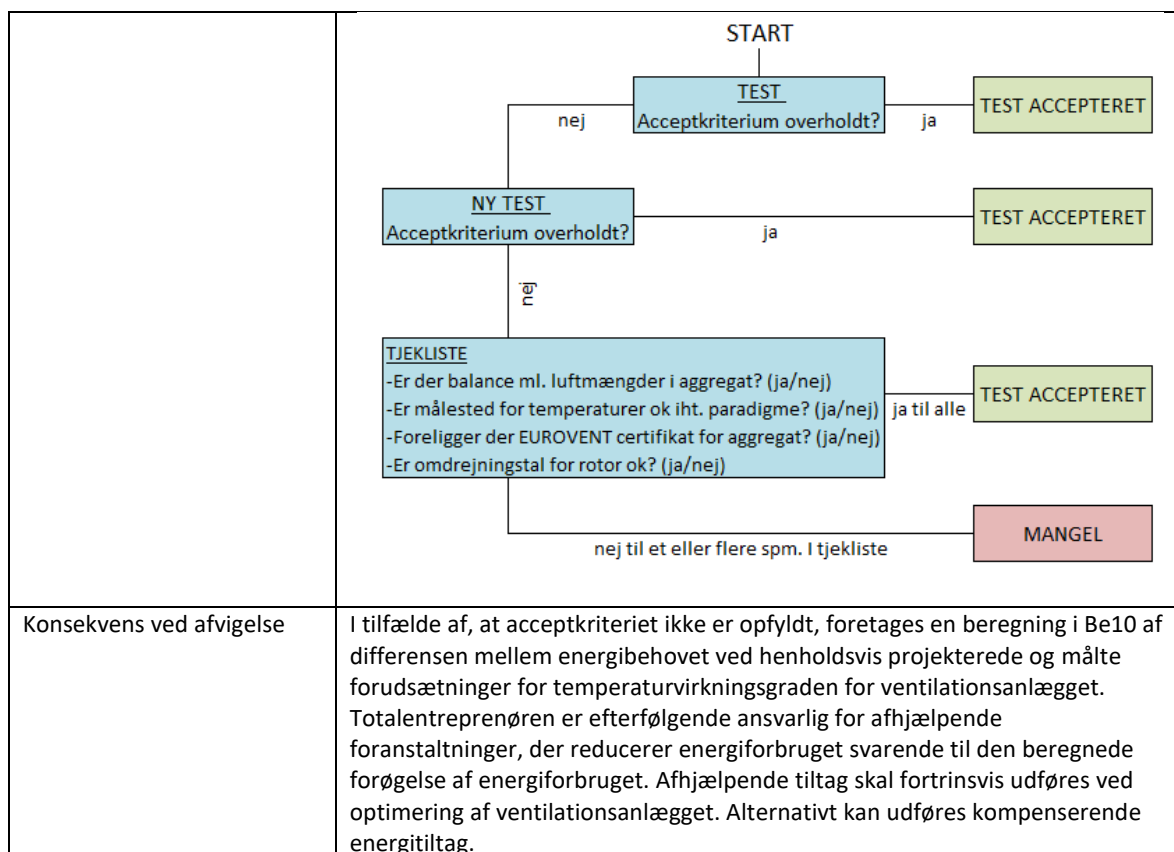
Jævnfør foranstående er Be10 for OU44 retvisende i forhold til faktisk målt forbrug.

SDU OU44 - Bilag 9 - Energiperformance #3

Versionstyring af dokument: Opdateret 21. oktober 2015.

Punkt 3 – Ventilation, temperaturvirkningsgrad	
Formål og definition	Kontrol af at temperaturvirkningsgraden på ventilationsanlæg med varmegenvinding ikke overstiger de projekterede værdier Temperaturvirkningsgraden på ventilationsanlægget er defineret som $\eta = (t_e - t_u)/(t_{ud} - t_u)$, hvor t_e – Temperaturen efter varmegenvinderen [°C] t_u – Udetemperaturen [°C] t_{ud} – Udsugningstemperaturen [°C]
Målere/målepunkter	• Temperaturføler mellem varmeveksler og varmeplade • Temperaturføler i udsugningskanalen • Temperatur i friskluftkanalen • Spændingssignal fra frekvensomformer på ventilatormotor(er)
Principskitse	
Testindikatorer	• Fejl i projektering af ventilationsanlæg • Fejl i udførelse af ventilationsanlæg • Måling af t_e kan være unøjagtig • Fejl i indregulering af ventilationsanlæg
Anvendelse i energistyring	Ændringer over tid kan eksempelvis indikere • Ændring i lækage over veksler som følge af manglende vedligehold • Fejl i rotormotor
Metode	Kontrol af temperaturvirkningsgraden på ventilationsanlæg foretages ved at foretage samhoørende målinger af de temperaturer, der indgår i beregning af temperaturvirkningsgraden. Målingerne foretages for hvert enkelt ventilationsanlæg med varmegenvinding via CTS-anlægget. Målingerne foretages inden aflevering, når det er dokumenteret, at ventilationsanlægget er idriftsat og efter gennemførelse af funktionstests på CTS anlægget. Test foretages, når forskellen mellem t_u og t_{ud} er min. 15 °C. Målingerne foretages ved at logge temperaturerne over en periode på 15 minutter ved dimensionsgivende luftmængde. Logning optages hvert minut. Temperaturvirkningsgraden beregnes for hver enkelt logning. Resultatet beregnes som den gennemsnitligt målte temperaturvirkningsgrad over måleperioden. Der udføres 2 gentagelser af målingerne med minimum 2 timers interval. Begge måleserier skal kunne godkendes.

	Hvis forskellen mellem t_u og t_{ud} i hele testperioden er min. 15 °C, kasseres og gentages målingen. Ændringslog 21/10 2015: Der laves fornyede temperaturmålinger ultimo uge 43/primo 44. Bravida målinger samt skærmpoint fra CTS indgår som testdokumentation. Erstatte dermed oprindeligt testskema.
Dokumentation	Målingerne dokumenteres med målejournal. Dokumentationens skal som minimum indeholde følgende oplysninger for hver test. • Kontaktperson, firmanavn og kontaktoplysninger på den udførende • Entydig identifikation af anlæg og test (Test ID) • Periode for test • Testresultater med målte og beregnede værdier
Godkendelse	Bygherre sammenligner projekterede og målte værdier for temperaturvirkningsgraden. Acceptkriteriet for temperaturvirkningsgraden på ventilationsanlæg er Be10 inddata + 3 %. Såfremt testen ikke ligger inden for acceptkriteriet ved første afprøvning foretages en ny test på et tidspunkt, hvor der er størst mulig temperaturdifferens. Dette vil typisk være i januar eller februar måned. Hvis den anden test ikke ligger indenfor acceptkriteriet, kan der i stedet opnås accept ved dokumentation af overholdelse af specifikationer på ventilationsanlægget, jf. følgende tjekliste: -Er der balance ml. luftmængder i aggregat? (ja/nej) -Er målested for temperaturer ok iht. paradigme? (ja/nej) -Foreligger der EUROVENT certifikat for veksler? (ja/nej) -Er omdrejningstal for rotor ok? (ja/nej) Når der kan dokumenteres et "ja" til alle punkter i ovenstående anses testen som accepteret og de leverandøroplyste værdier for temperaturvirkningsgraden i Be10 anses som valide. Processen til godkendelse fremgår af nedenstående diagram.



Testjournal, pkt. 3 temperaturvirkningsgrad, ventilation							
For Bygherre: Thomas Rysgaard (Bygningsstyrelsen) For SDU: Max Jørgensen For Bygherrerådgiver: Henrik Errebo (Sloth-Møller) For Totalentreprenør: Johannes Thuesen (Rambøll)					Dato: 21/10 2015 Test godkendt under forudsætning af at supplerende målinger i uge 43/44 ikke udviser afvigende resultater (mellem Bravida temperaturmålinger og Schneider temperaturmålinger) – samt under forudsætning af at dokumentation indgår jævnfør ændringslog.		
Måling af temperaturvirkningsgraden i ventilationsanlæg							
Anlæg/Test ID:					Luftmængde i forhold til q_{dim} [%]:		
Logning nr.	t_e [°C]	t_U [°C]	t_{ud} [°C]	η [%]	Be10 inddata [%]	Afvigelse i forhold til Be10 [%]	Accept-kriterie overholdt [ja/nej]

Johannes Thuesen

From: Bormlund Karsten (Bravida) <Karsten.Bormlund@bravida.dk>
Sent: 26. oktober 2015 15:11
To: Johannes Thuesen
Cc: Køhler Troels (Bravida); Peter Norup
Subject: Virkningsgrader på rotorveksler
Attachments: 201510261454.pdf

Hej Johannes

Hermed dokumentation på virkningsgrader målt den 26.10.2015

Bilag A Beregninger baseret på bilag B, C og D
Bilag E Log fra Schneider
Bilag F Bilag 9
Bilag G Euroventsertifikat

Da jeg ikke kan sætte temperaturmåler på indsugningen af hver ventilator, har jeg boret et hul i skørt mellem ventilatorer og målt temperaturen efter veksleren her. Den giver måske ikke den helt korrekte temperatur og er måske lidt lavere end hvis den blev målt i luftstrømmen.

Det vil sige, at vores beregning af temperaturvirkningsgrad ligger lidt lavere end den faktisk burde og det ses jo også på Schneiders udskrift som er lidt højere end vores.

Med venlig hilsen
Bravida Danmark A/S

Karsten Bormlund

Akademiingeniør

Projektleder

Mobil tlf. : 25253409

E-mail : karsten.bormlund@bravida.dk

Bravida – vi giver bygninger liv

Bravida er Nordens førende leverandør af installations- og serviceydelser med cirka 9.000 medarbejdere, heraf omkring 1.350 i Danmark. Bravida udfører såvel specialopgaver som helhedsløsninger indenfor el, vvs og ventilation og tilbyder alt fra design og projektering til installation, drift og vedligehold. Bravida har afdelinger på omkring 160 lokationer i Sverige, Norge, Danmark og Finland. www.bravida.dk

MANDAG D. 26.10.2015

$$\eta = \frac{t_e - t_u}{t_{00} - t_u}$$

VE01

kl. 10²⁵ $\frac{18,3 - 8,4}{20,6 - 8,4} = 81,1\%$

LOFT I/O
9064 / 9598

kl. 11⁴² $\frac{19,2 - 12,5}{20,7 - 12,5} = 81,7\%$

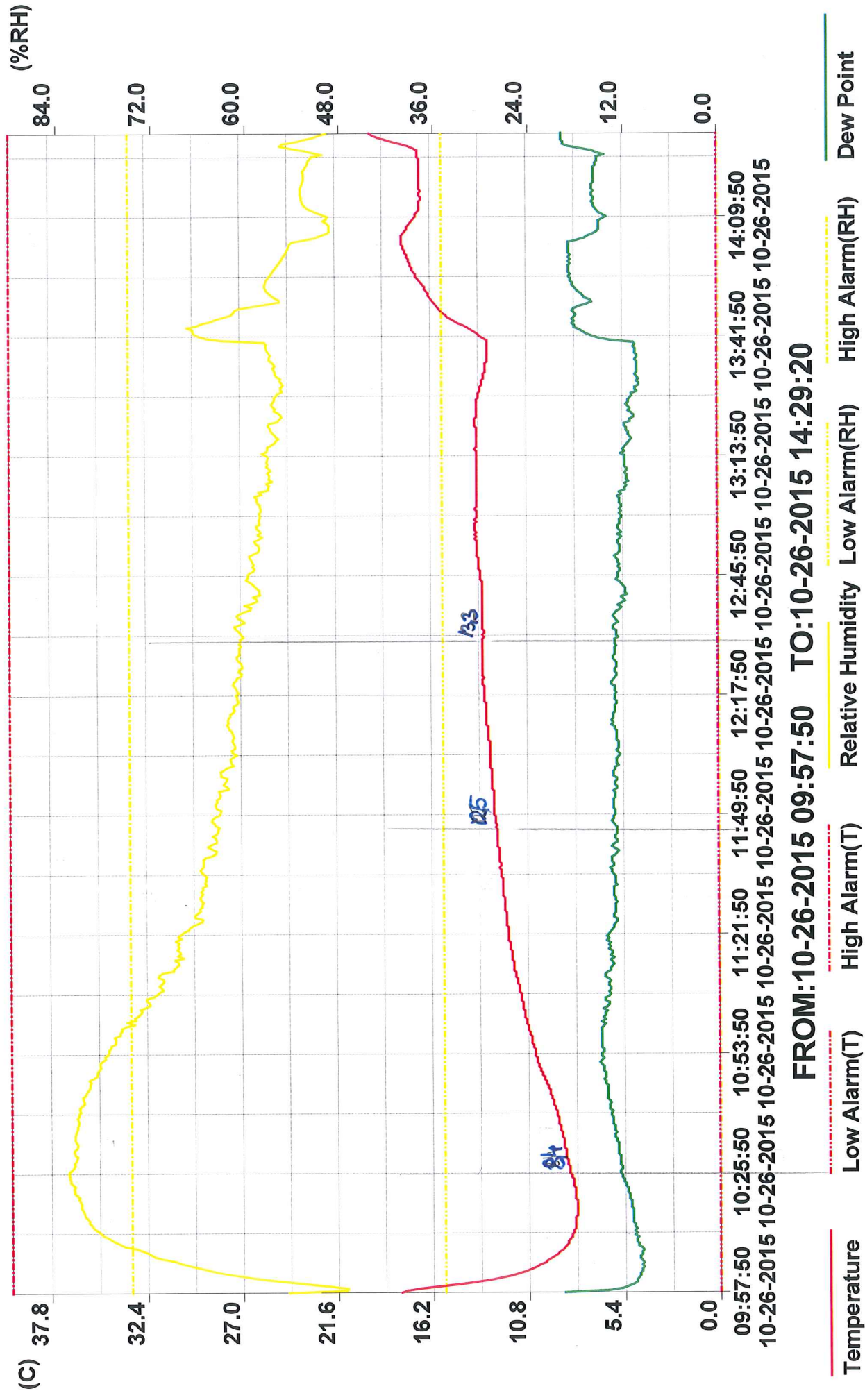
9064 / 9727

kl. 12³⁰ $\frac{19,4 - 13,3}{20,7 - 13,3} = 82,4\%$

9201 / 9336

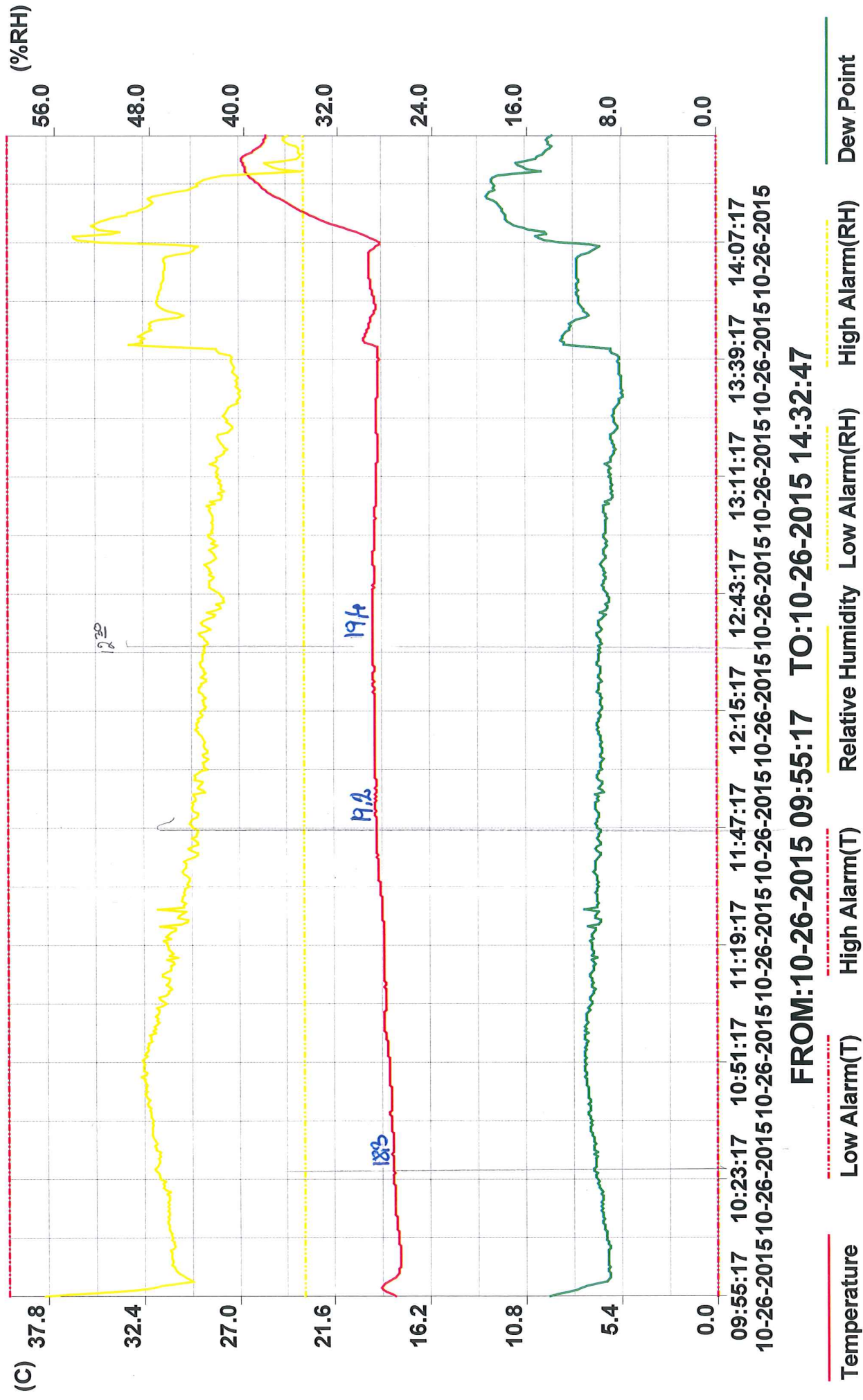
Bilag B

Nr. 1



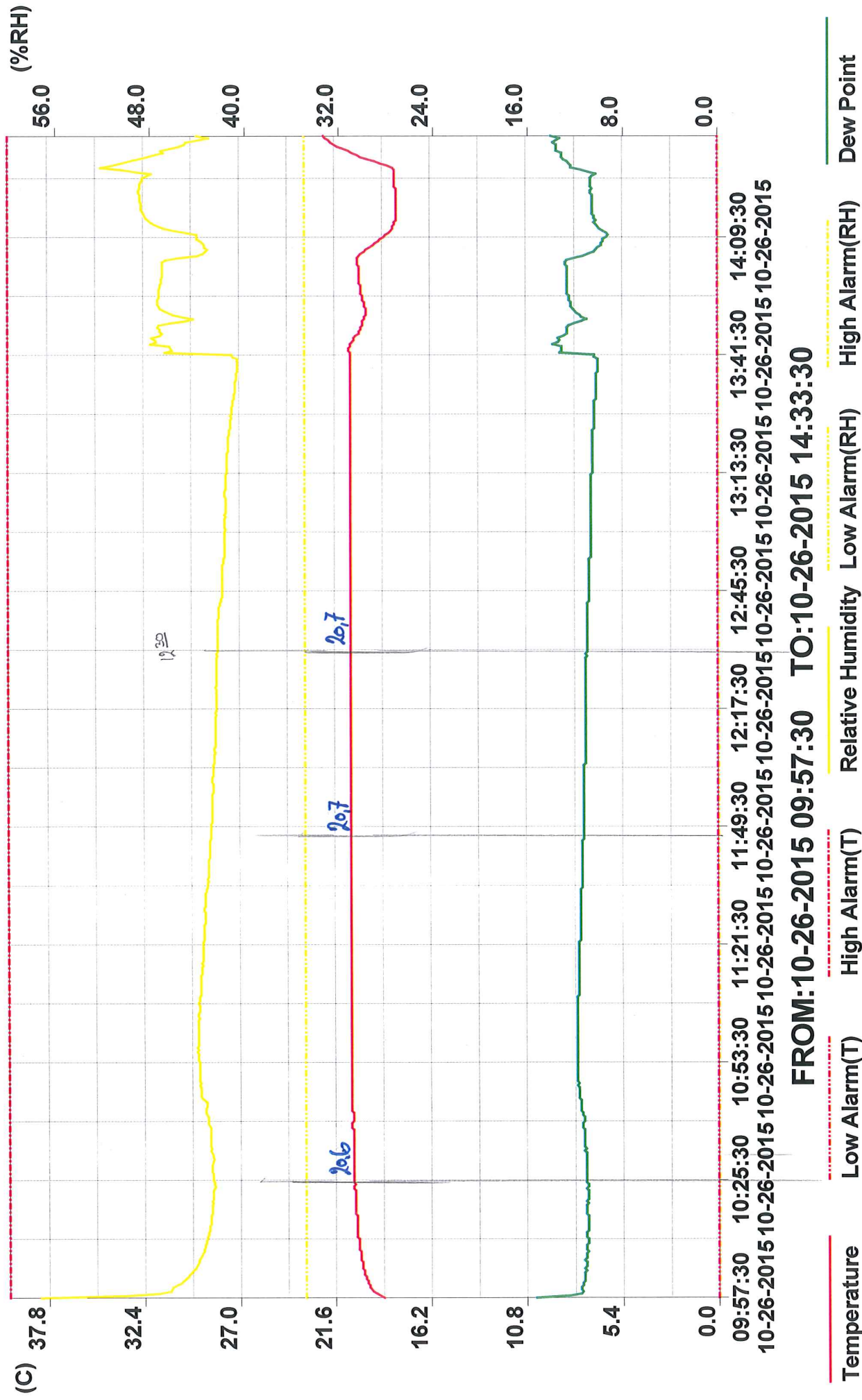
BILAG C

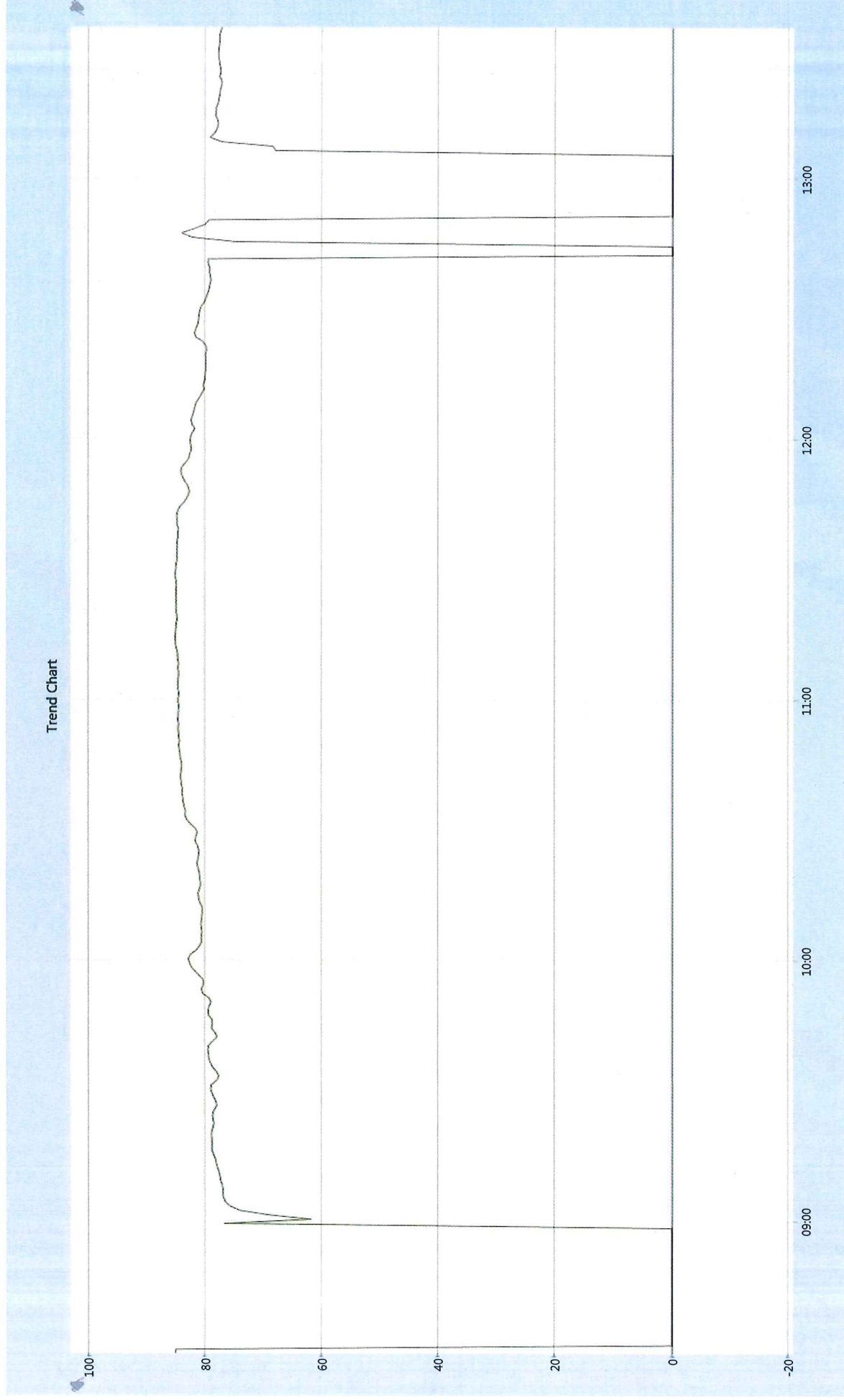
Nr. 2 TEMPERATUR EFTER VEKSLER.



BILAG D

Nr. 4 VOSUGNINGSTEMPERATUR





Dokumentation	Målingerne dokumenteres med målejournal. Dokumentationens skal som minimum indeholde følgende oplysninger for hver test. • Kontaktperson, firmanavn og kontaktoplysninger på den udførende • Entydig identifikation af anlæg og test (Test ID) • Periode for test • Testresultater med målte og beregnede værdier
Godkendelse	Bygherre sammenligner projekterede og målte værdier for temperaturvirkningsgraden. Acceptkriteriet for temperaturvirkningsgraden på ventilationsanlæg er Be10 inddata + 3 %. Såfremt testen ikke ligger inden for acceptkriteriet ved første afprøvning foretages en ny test på et tidspunkt, hvor der er størst mulig temperaturdifferens. Dette vil typisk være i januar eller februar måned. Hvis den anden test ikke ligger inden for acceptkriteriet, kan der i stedet opnås accept ved dokumentation af overholdelse af specifikationer på ventilationsanlægget, jf. følgende tjekliste: -Er der balance ml. luftmængder i aggregat? (ja/nej) -Er målested for temperaturer ok iht. paradigme? (ja/nej) -Foreligger der EUROVENT certifikat for veksler? (ja/nej) -Er omdrejningstal for rotor ok? (ja/nej) Når der kan dokumenteres et "ja" til alle punkter i ovenstående anses testen som accepteret og de leverandørroplyste værdier for temperaturvirkningsgraden i Be10 anses som valide. Processen til godkendelse fremgår af nedenstående diagram. <pre> graph TD START([START]) --> TEST{TEST Acceptkriterium overholdt?} TEST -- ja --> TEST_ACCEPTERET1[TEST ACCEPTERET] TEST -- nej --> NY_TEST{NY TEST Acceptkriterium overholdt?} NY_TEST -- ja --> TEST_ACCEPTERET2[TEST ACCEPTERET] NY_TEST -- nej --> TJEKLISTE[TJEKLISTE -Er der balance ml. luftmængder i aggregat? (ja/nej) -Er målested for temperaturer ok iht. paradigme? (ja/nej) -Foreligger der EUROVENT certifikat for aggregat? (ja/nej) -Er omdrejningstal for rotor ok? (ja/nej)] TJEKLISTE -- ja til alle --> TEST_ACCEPTERET3[TEST ACCEPTERET] TJEKLISTE -- nej til et eller flere spm. i tjekliste --> MANGEL[MANGEL] </pre>
Konsekvens ved afvigelse	I tilfælde af, at acceptkriteriet ikke er opfyldt, foretages en beregning i Be10 af differensen mellem energibehovet ved henholdsvis projekterede og målte forudsætninger for temperaturvirkningsgraden for ventilationsanlægget. Totalentreprenøren er efterfølgende ansvarlig for afhjælpende foranstaltninger, der reducerer energiforbruget svarende til den beregnede

Certification Diploma N° : 05.05.298

Eurovent Certita Certification certifies that

Air-to-Air Regenerative Heat Exchangers

from

ENVENTUS AB

Located at

Hedenstorpvagen 4
55393 JONKOPING, Sweden

Software for calculation of performances

Enventus Calculation 5.1.0

Trade name

ENVENTUS

have been assessed according the requirements of following standard

OM-10-2014

The list of certified products is displayed at :

<http://www.eurovent-certification.com>

ENVENTUS AB

is authorised to use the EUROVENT CERTIFIED PERFORMANCE mark

in accordance with the rules specified in the Operational Manual

OM-10-2014

Erick MELQUIOND

President



Approval date : 2005/05/16

Re-checked on : 2014/10/23

Valid until : 2015/06/30

SDU OU44 - Bilag 9 - Energiperformance #4

Versionstyring af dokument: Opdateret 21. oktober 2015.

Punkt 4 – Ventilation, SEL-værdi	
Formål og definition	Kontrol af at det specifikke elforbrug (SEL-værdien) på ventilationsanlægget ikke overstiger de projekterede værdier. SEL-værdien er defineret som energiforbruget til at transportere en luftenhed: $SEL = P / q_v$ hvor: • SEL – Specifikt elforbrug [kJ/m³] • P – Optagen effekt [kW] • q_v - Luftmængde [m³/s]
Målere/målepunkter	• Elmåler til ventilationsanlæg, placeret i ventilationstavle
Principskitse	
Testindikatorer	• Fejl i projektering af trykforhold ventilationsanlæg • Fejl i udførelse af ventilationsanlæg • Fejl i indregulering af ventilationsanlæg
Anvendelse i energistyring	Ændringer over tid kan eksempelvis indikere • Ændrede trykforhold pga. af snavs, manglende filterskift, begge dele forhold, som kan være et udtryk for manglende service/vedligehold • Fejl på motorer • Fejl på spjæld/spjældmotorer
Metode	Kontrol af SEL-værdien på ventilationsanlæg foretages ved at foretage samhörrende målinger af den optagne el effekt til ventilationsanlægget og luftmængden. Målingerne foretages for hvert enkelt ventilations- og udsugningsanlæg via CTS-anlægget. Målingerne foretages inden aflevering, når det er dokumenteret, at ventilationsanlægget er idriftsat og efter gennemførelse af funktionstests på CTS anlægget. Der foretages målinger for følgende driftspunkter • Gennemsnitlig luftmængde – svarende til Be10-forudsætning • Maksimum luftmængde

	Målingerne foretages ved at logge optagen effekt over en periode på 15 minutter ved de ovennævnte driftsscenarier. Logning optages hvert minut. SEL-værdien beregnes for hver enkelt logning. Resultatet beregnes som den gennemsnitligt målte SEL-værdi over måleperioden. Der udføres 2 gentagelser af målingerne ved hvert driftspunkt. Begge måleserier skal kunne godkendes. Ændringslog: Nedennævnte metode er aftalt med Bygherre d. 6. oktober 2015: • Der foretages <i>spotmålinger</i> af eleffekt via måler (bimåler), og samtidig aflæsninger af luftmængde. • Effektlæsninger fra frekvensomformere anvendes alene til at genere SEL-faktorer pr. ventilator i CTS, ikke i forbindelse med nærværende test. • Anvendt luftmængde er den, der måles via tryk og aktuelt k-faktor over ventilationsanlæggenes måleringen. • Spænding logges ikke. Oprindelig testjournal erstattes af skemaer fra hhv. Bravida og Rambøll, der indsættes i nærværende testjournal.
Dokumentation	Målingerne dokumenteres med målejournal. Dokumentationens skal som minimum indeholde følgende oplysninger for hver test. • Kontaktperson, firmanavn og kontaktoplysninger på den udførende • Entydig identifikation af anlæg og test (Test ID) • Periode for test • Testresultater med målte og beregnede værdier
Godkendelse	Bygherre sammenligner projekterede og målte værdier for SEL-værdien. Acceptkriteriet for SEL-værdien på ventilationsanlæg er Be10 inddata + 3 %.
Konsekvens ved afvigelse	I tilfælde af, at acceptkriteriet ikke er opfyldt, foretages en beregning i Be10 af differensen mellem energibehovet ved henholdsvis projekterede og målte forudsætninger for SEL-værdien for ventilationsanlægget. Totalentreprenøren er efterfølgende ansvarlig for afhjælpende foranstaltninger, der reducerer energiforbruget svarende til den beregnede forøgelse af energiforbruget. Afhjælpende tiltag skal fortrinsvis udføres ved optimering af ventilationsanlægget. Alternativt kan udføres kompenserende energitiltag.

Testjournal, pkt. 4 Ventilation, SEL-værdi						
For Bygherre: Thomas Rysgaard (Bygningsstyrelsen) For SDU: Max Jørgensen For Bygherrerådgiver: Henrik Errebo (Sloth-Møller) For Totalentreprenør: Johannes Thuesen (Rambøll)				Dato: Test afsluttet 21/10 2015.		
Måling af SEL-værdien i ventilationsanlæg						
Anlæg/Test ID:		Luftmængde i forhold til q_{dim} [%]:				
Logning nr.	P [kW]	q_v [%] (spænding)	SEL [kJ/m³]	Projekteret værdi [kJ/m³]	Afvigelse i forhold projekteret værdi [%]	Accept-kriterie overholdt [ja/nej]
Se indsatte skemaer herunder						
Gennemsnit:						

Herunder følger målinger udført af Bravida:

02-10-2015

Anlæg	Projekteret luft Display CTS				Sum af delluft-mgd.		J/m ³ J/m ³		Hz Hz		Setpkt. Pa	Setpkt. Pa	Aflæs på frekvens omf. Kw	Aflæs på frekvens omf. Kw	Kw aflæst på bimåler
	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind	Ud	Ind+Ud
VE-01 100% 80%	30800	31120	31452	30608	30151	30879	730	980	33,6	36,5	40	130	6,3	8,2	14,4
			24921	25087			606	795	28,4	31,8	40	130	4,1	5,5	9,37
VE-02 100% 80%	34101	34151	33453	33960	33576	33604	804	926	34,8	37,7	48	115	7,4	8,6	16
			26700	27957			691	775	30,5	33,4	48	115	4,6	6,2	10,45
VE-03 100% 80%	35500	34250	33100	32920	34453	33204	984	883	36,9	39	50	112	8,1	8,9	17,08
			27400	29900			745	800	32	33,9	50	112	5,6	6,4	12,15
VE-04 100% 80%	31660	32470	30641	32616	31043	31527	841	927	35,3	37	57	110	7,1	8,4	15,44

For udsuger VE05 er supplerende målt luftmængde på 1785 m³/h og en eleffekt på 126 W.

Opgørelse af SEL-faktorer:

SEL-faktorer er opgjort som følger:

9.2 Det specifikke elforbrug, SEL, defineres således:

$$SEL = \frac{P_{ind} + P_{ud}}{q_v} \quad [W/(m^3/s) \text{ eller } J/m^3]$$

hvor

P_{ind} er indblæsningsventilatorens effektoptag [W]

P_{ud} er udsugningsventilatorens effektoptag [W]

q_v er den største værdi af den indblæste eller udsugede volumenstrøm [m^3/s]

SEL-faktorer er endvidere opgjort på baggrund af:

- 80 % af maksimal luftmængde (antages – efter aftale - at være gennemsnitlig luftmængde)
- Luftmængder målt ved indløbsringe for ventilatorer – se bilag A.
- Effektaflæsninger er foretaget på selve bimålerne for ventilationsanlæggene (ikke frekvensomformernes effektaflæsninger, der udelukkende anvendes til indikation af SEL for hhv. indblæsnings- og udsugningsventilatorer på BMS brugerflade)

SDU OU44

20/10 2015

SEL-faktorer opgjort

JHST

Anlæg	100 % luftmængde			Bem.	Anvendes i Be10 80 % luftmængde		
	Max m ³ /h	kW	SEL		Max m ³ /h	kW	SEL
VE01	31452	14,4	1,65		25087	9,37	1,34
VE02	33960	16	1,70		27957	10,45	1,35
VE03	33100	17,08	1,86		29900	12,15	1,46
VE04	32616	15,44	1,70				1,35
						Gns:	1,38

SEL-faktor for 80 % driftspunkt for VE04 kunne ikke opgøres, da der blev arbejdet på IBI-zonerne den dag da nærværende målinger blive udført. Efter aftale med bygherre er VE02 anvendt som reference i dette driftspunkt.

Den gennemsnitlige SEL-faktor er 1,38 kJ/m³. Denne er anvendt generelt i Be10 for de 4 ventilationsanlæg.

For udsuger VE05 er, på baggrund af måledata anført nederst side 3, opgjort en SEL-faktor på 0,25 kJ/m³, der tilsvarende er anvendt i Be10.

Afsluttende bemærkninger:

SEL-faktorerne er generelt lave. Baggrunden herfor er bl.a. at kanalsystemer samt komponenter er udført med relativt lave tryktab, og ikke mindst at der er valgt relativt store aggregater med lave interne tryktab. Bygningsstyrelsen (Thomas Rysgaard) ser en form for "best practice" her, der bør deles med branchen. Det er aftalt at efter aflevering vil bygningsstyrelsen gerne bestille entreprenør/rådgiver til at medvirke til at erfaringerne kan lægges til grund for et forslag til en branchestandard for "best practice", idet en række valg i projektering er foretaget ud fra totaløkonomiske og helhedsmæssige betragtninger.

Hochleistungs- Radialventilatoren Bauart RH..C / ER..C

High-performance Centrifugal fans Design RH..C / ER..C

Meßvorrichtung

Measuring device

zur Volumenstrombestimmung

for determining air volume

Das Wirkdruckverfahren vergleicht den statischen Druck vor der Einlaufdüse mit dem statischen Druck in der Einlaufdüse am Ort der stärksten Einschnürung. Über den Energieerhaltungssatz läßt sich der Wirkdruck (Differenzdruck der statischen Drücke) dem Volumenstrom wie folgt zuordnen:

$$q_v = k \cdot \sqrt{\Delta p_w}$$

wobei k die spezifischen Düsen-eigenschaften berücksichtigt.

Düsenbeiwerte

Typ type	k-Faktor k-factor
RH22C	47
RH25C	60
RH28C	75
RH31C	95
RH35C	121
RH40C	154
RH45C	197
RH50C	262
RH56C	308
RH63C	381
RH71C	490
RH80C	620
RH90C	789
RH10C	999
RH11C	1233

Beispiel:

Wird bei der Baugröße 630 ein Wirkdruck von 700 Pa gemessen, kann der Volumenstrom berechnet werden:

$$q_v = k \cdot \sqrt{\Delta p_w} = 381 \cdot \sqrt{700} \\ = 10080 \text{ m}^3/\text{h}$$

Die entsprechenden Wirkdruck / Volumenstromkennlinien können sie von unserer Website im Bereich Download unter Produktinformation herunterladen

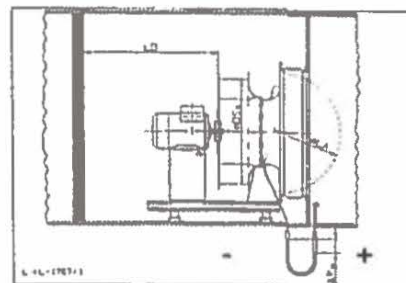
The differential pressure compares the static pressure in front of the inlet ring with the static pressure in the inlet ring of the narrowest point.

The differential pressure between the static pressures is related to the air volume via the energy conservation rate as follows:

$$q_v = k \cdot \sqrt{\Delta p_w}$$

where k takes into account the specific ring characteristics.

Nozzle coefficients



Example:

If differential pressure of 700 Pa is measured for size 630, the air flow rate can be calculated:

$$q_v = k \cdot \sqrt{\Delta p_w} = 381 \cdot \sqrt{700} \\ = 10080 \text{ m}^3/\text{h}$$

The corresponding differential pressure / air flow rate curves can be downloaded from our website under product informations in the download area.

SDU OU44 - Bilag 9 - Energiperformance #6

Versionstyring af dokument: Opdateret 21. oktober 2015.

Punkt 6 – Belysningsanlæg, Standby-effekt	
Formål og definition	Kontrol af at den projekterede installerede standby-effekt til almenbelysningen ikke overskrides. Standby-effekten er defineret ved effekten, når almenbelysningen er helt nedreguleret. Effekten omfatter forbrug til transformatorer, forkoblinger, automatik og evt. andet standby-forbrug. Belysningseffekten til standby belysning er defineret som P_{standby} [W]
Målere/målepunkter	- Elmålere til belysningsanlæg i etagetavler - LUX-føler via CTS/KNX - Spændingsmåler på forsyningsspænding til belysning(voltmeter)
Principskitse	
Testindikatorer	- Fejl i projektering af belysningsanlægget - Uoverensstemmelse mellem projekterede og installerede komponenter
Anvendelse i energistyring	Ændringer over tid kan eksempelvis indikere -
Metode	Kontrol af standby-effekten til almen belysning foretages ved at nedregulere almenbelysningen helt via CTS/KNX anlægget og måle effekten til belysningsanlægget i denne situation. Målingerne foretages på det samlede belysningsanlæg via installerede bi-målere til belysningsanlægget i etagetavler. Er der installeret flere bi-målere til belysningsanlægget foretages der sideløbende registrering af alle målere. Der udføres samhoørende målinger af spændingen på strømforsyningen til belysningstavlerne. Målingerne foretages inden aflevering, når det er dokumenteret, at belysningsanlægget er fuldt monteret og efter gennemførelse af funktionstests på CTS anlægget. Målingerne foretages ved at logge effekten over en periode på 15 min, hvor belysningsanlægget holdes nedreguleret. Logning optages hvert minut. Resultatet beregnes som den gennemsnitligt målte effekt over måleperioden. Der udføres 2 gentagelser af målingerne med minimum 2 timers interval. Begge måleserier skal kunne godkendes. Hvis forsyningsspændingen i testperioden gennemsnitligt afviger mere end +/- 5 % kasseres og gentages målingen. Ændringslog: Nedennævnte metode er aftalt med Bygherre d. 7. oktober 2015: Effekt logges ikke, men aflæses direkte som spotmålinger i el-bimålere.

	• Aflæsninger af eleffekter foretages én gang. • Spænding logges ikke. SDU har egen transformer, og spænding er stabil. Eventuelle effekter af variationer i spænding vil endvidere være minimal i forhold den tolerance, der er indlagt i forhold til inddata i Be10. • Lux-niveauer måles ikke i forbindelse med testen, jævnfør oprindeligt skema, da belysningsanlæggene er slukkede i test-situation. • Oprindelig testjournal erstattes af skema, der indsættes under den oprindelige journal.
Dokumentation	Målingerne dokumenteres med målejournal. Dokumentationen skal som minimum indeholde følgende oplysninger for hver test. • Kontaktperson, firmanavn og kontaktoplysninger på den udførende • Entydig identifikation af anlæg og test (Test ID) • Periode for test • Testresultater med målte og beregnede værdier
Godkendelse	Bygherre sammenligner projekterede og målte værdier for den installerede standbyeffekt. Acceptkriteriet for den standby-effekten til almen belysning er den projekterede værdi/be10-inddata + 10 %.
Konsekvens ved afvigelse	I tilfælde af, at acceptkriteriet ikke er opfyldt, foretages en beregning i Be10 af differensen mellem energibehovet ved henholdsvis projekterede og målte forudsætninger for belysningsanlægget. Totalentreprenøren er efterfølgende ansvarlig for afhjælpende foranstaltninger, der reducerer energiforbruget svarende til den beregnede forøgelse af energiforbruget. Afhjælpende tiltag skal fortrinsvis udføres ved optimering af belysningsanlægget. Alternativt kan udføres kompenserende energitiltag.

Testjournal, pkt. 6 Belysningsanlæg, standby-effekt Se efterfølgende skema					
For Bygherre: Thomas Rysgaard (Bygningsstyrelsen) For SDU: Max Jørgensen For Bygherrerådgiver: Henrik Errebo (Sloth-Møller) For Totalentreprenør: Johannes Thuesen (Rambøll)				Dato: Test afsluttet 21/10 2015.	
Måling af standbyeffekten til belysningsanlæg					
Anlæg/Test ID:		Gennemsnitligt belysningsniveau[LUX]:			
Logning nr.	P _{standby} [W]	Spænding [V]	Projekteret værdi [W]	Afvigelse i forhold projekteret værdi [%]	Accept-kriterie overholdt [ja/nej]
Gennemsnit:					

Følgende er målt i forbindelse med "testdag #2" d. 12/10 2015:

HER/12-10-2015

Bilag 9.6 og 9.7 - Test af belysningseffekter

Dato for test: 12-10-2015

Elmålere	Standby		Maksimalt belysningsniveau	
	Syd	Nord	Syd	Nord
Kælder	Tavle nr. UTX.X Måling[W] Ikke målt		UTX.X Ikke målt	
Parterre	Tavle nr. UT0.1 Måling[W] 98 *	UT0.2 75	UT0.1 3100	UT0.2 2960
Stue	Tavle nr. UT1.1 Måling[W] 99 **	UT1.2 93 *****	UT1.1 3046 ***	UT1.2 2906 ***
1. salsplan	Tavle nr. UT2.1 Måling[W] 178	UT2.2 183 *****	UT2.1 3436 ***	UT2.2 3637 ***/****

Korrektioner(Er indregnet i ovenstående):

- * 1 stk. E8 (21 W) er aktiv og fratrasket
- ** 1 stk. E4 (14 W) + 1 stk. E2 (10 W) er aktiv og fratrasket
- *** 1 stk. E5 (36 W) er ikke aktiv og tillagt
- **** 1 stk. E1 (21 W) er ikke aktiv og tillagt
- ***** 4 stk. E2 (å 10 W) + 1 stk. E3 (21 W) + 2 stk. E4 (å 14 W) er aktiv og fratrasket
- ***** 5 stk. E2 (å 50 w) er aktiv og fratrasket

Tilstede ved test:

Matias Munk Larsen (Bravida)

Martin Thomsen (Bravida)

Johannes Thuesen (Rambøll)

Henrik Errebo (Sloth Møller), bygherrerådgiver

Foranstående målinger er bearbejdet i efterfølgende skema:

SDU OU44

Måling af effekt for belysning - standby

Område	Areal 3) m2	Aflæsning		Aflæst		I alt 4) W	Nøgletal opgjort W/m2	Be10 anvendt W/m2	Bemærkninger
		Dato	Kl.	Syd W	nord W				
Kælder mm. 1)	2922					245	0,084		Ikke målt 2)
Parterre	2128	12-10-2015	11.00	98	75	173	0,081		
Stue	2210	12-10-2015	12.00	99	93	192	0,087		
1. sal	2210	12-10-2015	14.00	178	183	361	0,163		
I alt	9470					971	0,10	0,10	Note 2)

Note 1): Gælder kælderområder, atrieområder samt gangbroer

Note 2) Kælder er ikke målt. Her er aftalt antaget et standby-forbrug svarende til niveau mellem parterre og stue

Note 3): Bruttoarealer for parterre, stue og 1.- sal for de områder der måles er opmålt på testdagen.

Note 4): Eleffekter er målt på bimålere for belysning, jævnfør måleroversigt tilhørende projektet

Årsagen til det noget højere standby-forbrug på 1.-sal skal umiddelbart findes i, at der er flere mindre belysningsanlæg grundet 40 små kontorer, dvs. flere relæer samt forkoblinger regnet pr. m².

Et standby-forbrug på 0,10 W/m² er som følge af målinger og opgørelsen anvendt i Be10.

SDU OU44 - Bilag 9 - Energiperformance #7

Versionstyring af dokument: Opdateret 21. oktober 2015.

Punkt 7 – Belysningsanlæg, maksimalt effect	
Formål og definition	Kontrol af at den projekterede installerede effekt til almen belysning ikke overskrides. Den installerede effekt er defineret ved den belysningseffekt, der er regnet med i forhold til overholdelse af LUX-niveauerne for de forskellige rumtyper iht. DS 700. Den installerede effekt til almen belysning er defineret ved: • P_{inst} [W]
Målere/målepunkter	• Elmålere til belysningsanlæg i etagetavler • LUX-føler via CTS/KNX • Spændingsmåler på forsyningsspænding til belysning(Voltmeter)
Principskitse	
Testindikatorer	• Fejl i projektering af belysningsanlægget • Uoverensstemmelse mellem projekterede og installerede komponenter
Anvendelse i energistyring	Ændringer over tid kan eksempelvis indikere • Lyskilder er udtjente og skal udskiftes • Forkert installerede lyskilder i forbindelse med udskiftning
Metode	Kontrol af den installerede effekt til almen belysning foretages ved at indstille almenbelysningsanlægget til belysningsniveauerne iht. DS 700 via CTS/KNX anlægget og måle effekten til belysningsanlægget i denne situation. Målingerne foretages på det samlede belysningsanlæg via installerede bi-målere til belysningsanlægget i etagetavler. Er der installeret flere bi-målere til belysningsanlægget foretages der sideløbende registrering af alle målere. Der udføres samhörrende målinger af spændingen på strømforsyningen til belysningstavlerne. Målingerne foretages inden aflevering, når det er dokumenteret, at belysningsanlægget er fuldt monteret og efter gennemførelse af funktionstests på CTS anlægget. Målingerne foretages ved at logge effekten over en periode på 15 min, hvor belysningsanlægget holdes på de angivne belysningsniveauer. Logning optages hvert minut. Resultatet beregnes som den gennemsnitligt målte effekt over måleperioden. Der udføres 2 gentagelser af målingerne med minimum 2 timers interval. Begge måleserier skal kunne godkendes. Hvis forsyningsspændingen i testperioden gennemsnitligt afviger mere end +/-

	5 % kasseres og gentages målingen. Ændringslog: Nedennævnte metode er aftalt med Bygherre d. 7. oktober 2015: • Effekt logges ikke, men aflæses direkte som spotmålinger i el-bimålere. • Aflæsninger af eleffekter foretages én gang. • Spænding logges ikke. SDU har egen transformer, og spænding er stabil. Eventuelle effekter af variationer i spænding vil endvidere være minimal i forhold den tolerance, der er indlagt i forhold til inddata i Be10. • Lux-niveauer måles ikke i forbindelse med testen, jævnfør oprindeligt skema. I stedet anvendes max. belysningsniveauer. • Oprindelig testjournal erstattes af skema, der indsættes under den oprindelige journal.
Dokumentation	Målingerne dokumenteres med målejournal. Dokumentation skal som minimum indeholde følgende oplysninger for hver test. • Kontaktperson, firmanavn og kontaktoplysninger på den udførende • Entydig identifikation af anlæg og test (Test ID) • Periode for test • Testresultater med målte og beregnede værdier
Godkendelse	Bygherre sammenligner projekterede og målte værdier for den installerede eleffekt. Acceptkriteriet for den maksimale effekt til almen belysning er den projekterede værdi/be10-inddata + 10 %.
Konsekvens ved afvigelse	I tilfælde af, at acceptkriteriet ikke er opfyldt, foretages en beregning i Be10 af differensen mellem energibehovet ved henholdsvis projekterede og målte forudsætninger for belysningsanlægget. Totalentreprenøren er efterfølgende ansvarlig for afhjælpende foranstaltninger, der reducerer energiforbruget svarende til den beregnede forøgelse af energiforbruget. Afhjælpende tiltag skal fortrinsvis udføres ved optimering af belysningsanlægget. Alternativt kan udføres kompenserende energitiltag.

Testjournal, pkt. 7 Belysningsanlæg, installeret effekt				
For Bygherre: Thomas Rysgaard (Bygningsstyrelsen) For SDU: Max Jørgensen For Bygherrerrådgiver: Henrik Errebo (Sloth-Møller) For Totalentreprenør: Johannes Thuesen (Rambøll)			Dato: Test afsluttet 21/10 2015.	
Måling af installeret effekt til belysningsanlæg				
Anlæg/Test ID:		Gennemsnitligt belysningsniveau[LUX]:		
Logning nr.	P _{inst} [W]	Spænding [V]	Projekteret værdi [W]	Afvigelse i forhold projekteret værdi [%]
Gennemsnit:				

Følgende er målt i forbindelse med "testdag #2" d. 12/10 2015:

Bilag 9.6 og 9.7 - Test af belysningseffekter

Dato for test: 12-10-2015

Elmålere	Standby		Maksimalt belysningsniveau	
	Syd	Nord	Syd	Nord
Kælder	Tavle nr. UTX.X Måling[W] Ikke målt		UTX.X Ikke målt	
Parterre	Tavle nr. UT0.1 Måling[W] 98 *	UT0.2 75	UT0.1 3100	UT0.2 2960
Stue	Tavle nr. UT1.1 Måling[W] 99 **	UT1.2 93 *****	UT1.1 3046 ***	UT1.2 2906 ***
1. salsplan	Tavle nr. UT2.1 Måling[W] 178	UT2.2 183 *****	UT2.1 3436 ***	UT2.2 3637 ***/****

Korrektioner(Er indregnet i ovenstående):

- * 1 stk. E8 (21 W) er aktiv og fratrasket
- ** 1 stk. E4 (14 W) + 1 stk. E2 (10 W) er aktiv og fratrasket
- *** 1 stk. E5 (36 W) er ikke aktiv og tillagt
- **** 1 stk. E1 (21 W) er ikke aktiv og tillagt
- ***** 4 stk. E2 (å 10 W) + 1 stk. E3 (21 W) + 2 stk. E4 (å 14 W) er aktiv og fratrasket
- ***** 5 stk. E2 (å 50 w) er aktiv og fratrasket

Tilstede ved test:

Matias Munk Larsen (Bravida)

Martin Thomsen (Bravida)

Johannes Thuesen (Rambøll)

Henrik Errebo (Sloth Møller), bygherrerådgiver

Foranstående målinger er bearbejdet i efterfølgende skema:

SDU OU44**Måling af maks-effekt for belysning****SDU OU44****Måling af effekt for belysning - standby**

Område	Areal ³⁾ m ²	Aflæsning		Aflæst		I alt ⁴⁾ W	Nøgletal opgjort W/m ²	Bemærkninger
		Dato	Kl.	Syd W	nord W			
Kælder mm. ¹⁾	2922					5850	2,00	Ikke målt ²⁾
Parterre	2128	12-10-2015	11.00	3100	2960	6060	2,85	
Stue	2210	12-10-2015	12.00	3046	2906	5952	2,69	
1. sal	2210	12-10-2015	14.00	3436	3637	7073	3,20	
I alt	9470					24935	2,63	Note 2)

Note 1): Gælder kælderområder, atrieområder samt gangbroer

Note 2) Kælder er ikke målt. Her er aftalt antaget et maks-forbrug på 2,0 W/m² (generelt mange områder med lavere lysniveau)

Note 3): Bruttoarealer for parterre, stue og 1.- sal for de områder der måles er opmålt på testdagen.

Note 4): Eleffekter er målt på bimålere for belysning, jævnfør måleroversigt tilhørende projektet

Bemærk at belysning for plantevægge ikke er inkluderet i ovenstående.

I Be10 er indlagt følgende nøgletal for de enkelte rumtyper:

	Belysning	Areal (m²)	Almen (W/m²)	Almen (W/m²)
	Belysningszone	9470	Min.	Inst.
1	Undervisning	2077	0,1	3,5
2	Auditorium	303	0,1	3,5
3	Studezone, mødenicher	1404	0,1	3,5
4	Kontorer	753	0,1	5,7
5	Atrie	1121	0,1	1,5
6	Toiletter, forrum	207	0,1	3,5
7	Gange	1134	0,1	1,5
8	Gangbroer	160	0,1	1,5
9	Disponibelt rum kælder	778	0,1	3
10	Teknik, depot	796	0,1	2
11	Kopi	91	0,1	4
12	Elevator	29	0,1	4
13	Rum med automater	17	0,1	4
14	Mødelokaler	74	0,1	4
15	Tekøkkener	27	0,1	4
16	Skakte	144	0,1	0
17	Trapper	355	0,1	2

På baggrund af disse data er opgjort følgende maks-værdier (belysningsanlæg på 100 %):

Område	Areal	Almen	Almen
Rumtype	m2	W/m2 inst.	W i alt
Undervisning	2077	3,5	7269,5
Auditorium	303	3,5	1060,5
Studiezone, mødenicher	1404	3,5	4914
Kontorer	753	5,7	4292,1
Atrie	1121	1,5	1681,5
Toiletter, forrum	207	3,5	724,5
Gange	1134	1,5	1701
Gangbroer	160	1,5	240
Disp rum kælder	778	3	2334
Teknik, depot	796	2	1592
Kopi	91	4	364
Elevatore	29	4	116
Rum med automater	17	4	68
Mødelokaler	74	4	296
Tekøkkener	27	4	108
Skakte	144	0	0
Trapper	355	2	710
I alt - max værdi opgjort	9470	2,90	27471

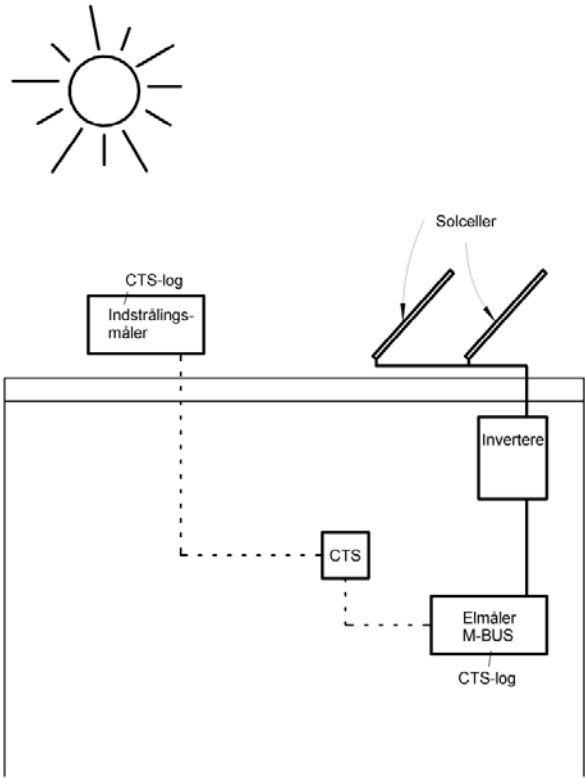
Den samlede maks.-effekt der er indregnet i Be10 udgør dermed 27,5 kW. Jævnfør skema udarbejdet på baggrund af målinger er belysningseffekten (excl. plantevægsbelysning) opgjort til 24,9 kW.

Acceptkriterie er dermed overholdt.

SDU OU44 - Bilag 9 - Energiperformance #8

Versionstyring af dokument: Opdateret 21. oktober 2015.

Punkt 8 – Solceller effektivitet og ydelse	
Formål og definition	Testens formål er at kontrollere solcelleanlæggets reelle ydelse i forhold til det teoretisk forudsatte anlæg. Solcelleanlæggets korrigerede ydelse defineres som: $E_{\text{kor}} = E_{\text{målt}} * (I_{\text{målt}} / I_{\text{forudsat}})$ Der anvendes følgende definitioner: • E_{kor} - Korrigeret ydelse i måleperioden [kWh] • $E_{\text{målt}}$ - Målt ydelse i måleperioden [kWh] • $I_{\text{målt}}$ - Målt solindstråling [kWh/m²] • I_{forudsat} - Forudsat solindstråling på referenceplan [kWh/m²] Den korrigerede ydelse sammenholdes med den forudsatte projekterede værdi, som er defineret som, $E_{\text{akt,forudsat}}$ [kWh]. $E_{\text{akt,forudsat}}$ er korrigeret for: • Afvigelse fra modulets mærkevirkningsgrad og $G < 1000 \text{ W/m}^2$ • Forureninger for modulet • Modultemperatur • Skygger • Mismatching og DC-tab • MPP-tilpasningsfejl • Invertertab • AC-tab, el-måler Beregning af $E_{\text{akt,forudsat}}$ foretages af projekterende/leverandør.
Målere/målepunkter	• Indstrålingsmåler til måling af solindstråling via CTS • Elmåler til måling af produceret el fra solcelleanlæg

Principskitse	
Testindikatorer	• Uoverensstemmelse mellem projekterede og installerede værdier • Størrelsen på spændingsfald i svagstrømskabler • Manglende afkøling af paneler eller vekselretter • Ulige fordeling af paneler før vekselretter • Fejl på komponenter
Anvendelse i energistyring	Ændringer over tid kan eksempelvis indikere • Manglende rengøring af solceller • Fejl på paneler • Faldende effektivitet på paneler • Ændring i skyggeforhold
Metode	Målingerne foretages på det komplette solcelleanlæg. Er der installeret flere vekselrettere foretages der separate målinger for hver vekselretter/måler. Målingerne foretages ved logninger over en periode på 9-12 måneder. Opstart af målingerne sker ved det først månedsskift efter idriftsætning af anlægget. Målinger skal gå fra d. 1. til d. 1. i månederne for at kunne sammenligne med de forudsatte solindstrålinger. Målingerne foretages ved månedligt at foretage logninger af samhørende værdier af den målte solindstråling og solcelleanlæggets leverede ydelse til nettet. Ydelsen korrigeres i forhold til den forudsatte solindstråling, som svarer til de anvendte værdi i forbindelse med projektering af solcelleanlægget. Anlæggets teoretiske ydelse $E_{akt,forudsat}$ samt forudsatte solindstråling på referenceplanet oplyses af projekterende/leverandør på månedsbasis.
Dokumentation	Målingerne dokumenteres med målejournale. Dokumentationen skal som minimum indeholde følgende oplysninger for hver test. • Kontaktperson, firmanavn og kontaktoplysninger på den udførende • Tidspunkt for test

	• Entydig identifikation af anlæg og test (Test ID) • Målt indstråling • Testresultater for solcelleanlæggets ydelse
Godkendelse	Bygherre sammenligner den korrigerede målte ydelse med det projekterede anlægs ydelse i måleperioden. Acceptkriteriet for solcelleanlæggets ydelse er de projekterede ydelser nøgletal + 10 %.
Konsekvens ved afvigelse	I tilfælde af at acceptkriteriet ikke er opfyldt, er totalentreprenøren efterfølgende ansvarlig for afhjælpende foranstaltninger, der reducerer energiforbruget svarende til den manglende producerede energi. Afhjælpende tiltag skal fortrinsvis udføres ved optimering/fejlrretning af solcelleanlægget. Alternativt kan udføres kompenserende energitiltag.

Aftalt med bygherre 21/10 2015 vedr. solcelleanlæg:

- Det er besluttet, at der etableres solcellepaneler svarende til at byggeriet kan klassificeres som energimæssigt som bygningsklasse 2020.
- Testbilag godkendes under forudsætning af at der er etableret logning af produceret energi i SDU's energistyringssystem, og at der etableres logning af indstrålet solenergi, målt decentralt ved paneler.
- Ved 1-års gennemgang evalueres solcelleanlæggets produktion i forhold til indstrålet energi, og dermed om anlæggets performance svarer til udbudskravene vedr. ydelsesgaranti.

		Testjournal, pkt. 8 Solceller effektivitet og ydelse				
For Bygherre: Thomas Rysgaard (Bygningsstyrelsen) For SDU: Max Jørgensen For Bygherrerrådgiver: Henrik Errebo (Sloth-Møller) For Totalentreprenør: Johannes Thuesen (Rambøll)						Dato: 21/10 2015 Godkendt under forudsætning af ovenstående anført med rødt .
		Måling af solcellernes ydelse				
Anlæg/Test ID:						
Logning nr.	Start [dd-mm-år]	Slut [dd-mm-år]	E _{målt} [kWh]	I _{målt} [kWh/m²]	I _{forudsat} [kWh/m²]	E _{korrr} [kWh]

Inddata i Be10

Paneler: 49 x REC Solar AS REC 260PE. Bruttoareal er $0,991 \times 1,665 = 1,65$ m² pr. panel. Paneler yder nominelt 260 Wp/panel.

Nedenstående viser input-data for Be10 vedr. solceller:

Beskrivelse Solcelleanlæg

Solceller

80,8 Panel areal, m²

0,157 Peak Power (RS), kW/m²

0,82 System virkningsgrad (Rp), -

Orientering og skygger

S Orientering, S, SØ, Ø, ... eller grader, S=180

15 Hældning, °, 0, 10, 20, 30, ...

13 Horisont afskæring, °

0 Skygge til venstre, ° 0 Skygge til højre, °

I øvrigt henvises til bilag til nærværende dokument, hvor vekslerproducent har beregnet ydelse samt "performance ratio".

Systemvirkningsgraden er i Be10 regnet til 0,82, hvilket er lidt lavere (lidt mere "konservativt") end vekslerproducenten har angivet.

Forventet produktion iht. Be10

Den forventede produktion for solcelleanlægget iht. Be10 er følgende:

OU44 - 12,74 kWp

Solcelleydelse iht Be10

	kWh
jan	179
feb	378
mar	770
Apr	1287
maj	1752
jun	1731
jul	1694
aug	1514
sep	953
okt	531
nov	229
dec	121
I alt	11139

Mathias Larsen
Bravida Danmark A/S
Svendborgvej 226
5260 Odense S

Tel.: +45 25 25 34 19
E-Mail: mathias.munk.larsen@bravida.dk
Internet: www.bravida.dk

Project name: SDU Bygning 44. 49 paneler - 15 graders tilt

Location: Denmark / Odense

Project number: ---

Grid voltage: 230V (230V / 400V)

System overview

49 x REC Solar AS REC 260PE (10/2013) (PV array 1)

Azimuth angle: 0 °, Tilt angle: 15 °, Mounting type: Roof, Peak power: 12.74 kWp



1 x STP 12000TL-20

Technical data

Total number of PV modules:	49	Annual energy yield (approx.):*	11,879.20 kWh
Peak power:	12.74 kWp	Energy usability factor:	100 %
Number of inverters:	1	Performance ratio (approx.):*	86.8 %
Nominal AC power:	12.00 kW	Spec. energy yield (approx.):*	932 kWh/kWp
AC active power:	12.00 kW	Line losses (in % of PV energy):	---
Active power ratio:	94.2 %	Unbalanced load:	0.00 VA

Version: 3.31.0.R

Signature

*Important: The yield values displayed are estimates. They are determined mathematically. SMA Solar Technology AG accepts no responsibility for the real yield value which can deviate from the yield values displayed here. Reasons for deviations are various external conditions, such as soiling of the PV modules or fluctuations in the efficiency of the PV modules.

Evaluation of design

Project name: SDU Bygning 44. 49 paneler - 15 graders tilt

Project number:

Location: Denmark / Odense

Ambient temperature:

Annual extreme low temperature: -12 °C

Average high Temperature: 18 °C

Annual extreme high temperature: 29 °C

Subproject 1

1 x STP 12000TL-20 (PV system section 1)

Peak power:	12.74 kWp
Total number of PV modules:	49
Number of inverters:	1
Max. DC power (cos φ = 1):	12.28 kW
Max. AC active power (cos φ = 1):	12.00 kW
Grid voltage:	230V (230V / 400V)
Nominal power ratio:	96 % 
Displacement power factor cos φ :	1



STP 12000TL-20

Technical data

Input A: PV array 1

40 x REC Solar AS REC 260PE (10/2013), Azimuth angle: 0 °, Tilt angle: 15 °, Mounting type: Roof

Input B: PV array 1

9 x REC Solar AS REC 260PE (10/2013), Azimuth angle: 0 °, Tilt angle: 15 °, Mounting type: Roof

	Input A:	Input B:	
Number of strings:	2	1	
PV modules per string:	20	9	
Peak power (input):	10.40 kWp	2.34 kWp	
Typical PV voltage:	 579 V	 261 V	
Min. PV voltage:	545 V	245 V	
Min. DC voltage (Grid voltage 230 V):	150 V	150 V	
Max. PV voltage:	 832 V	 375 V	
Max. DC voltage:	1000 V	1000 V	
Max. current of PV array:	 17.0 A	 8.5 A	
Max. DC current:	18 A	10 A	

PV/Inverter compatible

Version: 3.31.0.R

System Monitoring

Project name: SDU Bygning 44. 49 paneler - 15 graders

Location: Denmark / Odense

Project number:

PV system	System Monitoring	
Subproject 1  1 x STP 12000TL-20 PV system section 1		

Version: 3.31.0.R

Information

Project name: SDU Bygning 44. 49 paneler - 15 graders

Location: Denmark / Odense

Project number:



SDU Bygning 44. 49 paneler - 15 graders tilt

Version: 3.31.0.R

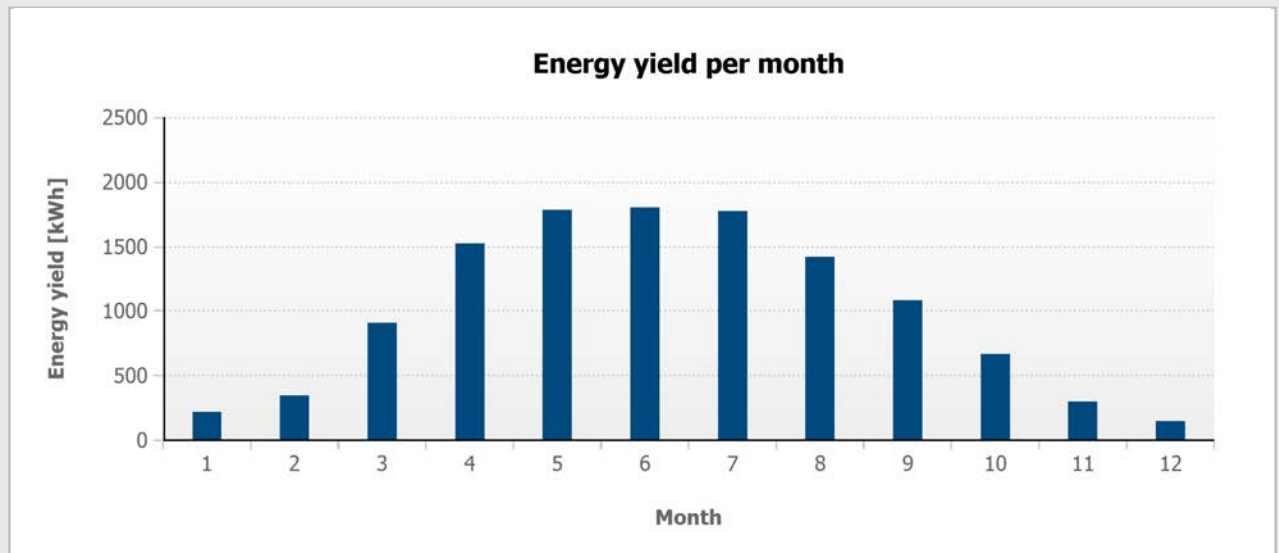
Monthly values

Project name: SDU Bygning 44. 49 paneler - 15 graders

Location: Denmark / Odense

Project number:

Diagram



Table

Month	Energy yield [kWh]	Performance ratio
1	212 (1.8 %)	82 %
2	339 (2.9 %)	85 %
3	902 (7.6 %)	88 %
4	1516 (12.8 %)	89 %
5	1775 (14.9 %)	88 %
6	1795 (15.1 %)	87 %
7	1765 (14.9 %)	86 %
8	1410 (11.9 %)	86 %
9	1073 (9.0 %)	86 %
10	659 (5.5 %)	86 %
11	292 (2.5 %)	84 %
12	141 (1.2 %)	79 %

Version: 3.31.0.R

SDU OU44 - Bilag 9 - Energiperformance #9

Versionstyring af dokument: Opdateret 21. oktober 2015.

Punkt 9 – Klimaskærmens tæthed	
Formål og definition	Kontrol af at bygningens tæthed svarer til det forudsatte i forbindelse med projektering og energiberegninger. Krav til klimaskærmens tæthed fastsættes som udgangspunkt på baggrund af bygningsklassen/lavenergiklassen i Bygningsreglementet. Hvis totalentreprenøren har forudsat en skærpet værdi i forbindelse med energiberegninger i projekteringen, er det i stedet denne værdi, som er kravet. Bygningens tæthed er defineret som infiltrationen i bygningen, når der fastholdes en trykforskel mellem inde og ude på 50 Pa.
Testindikatorer	• Manglende tætning af klimaskærm • Manglende lukning af gennembrydninger af klimaskærmen under test
Anvendelse i energistyring	Ændringer over tid kan eksempelvis indikere • Svigtende fuger • Perforering af klimaskærm eller dampspærre
Metode	Tæthedsprøvning udføres som Blower-Door test iht. DS/EN 13829.
Dokumentation	Tæthedsprøvningen dokumenteres ved målerapport iht. DS/EN 13829.
Godkendelse	Acceptkriteriet for infiltrationen er den forudsatte værdi i bygningens energirammeberegning, der som minimum skal svare til kravet i Bygningsreglementet.
Konsekvens ved afvigelse	I tilfælde af at acceptkriteriet ikke er overholdt, skal der foretages udbedringer og ny test iht. ovenstående procedure indtil acceptkriteriet er overholdt. Der kan således ikke udføres kompenserende tiltag i forhold til dårlig tæthedsprøvning.

Accept af testresultat (bilag til nærværende dokument, energiperformance #9)	
For Bygherre: Thomas Rysgaard (Bygningsstyrelsen) For SDU: Max Jørgensen For Bygherrerrådgiver: Henrik Errebo (Sloth-Møller) For Totalentreprenør: Johannes Thuesen (Rambøll)	Dato: Test afsluttet 21/10 2015.

Bemærkning:

Testresultat er 0,32 l/s/m². Resultatet er meget lavt. Krav til opfyldelse af bygningsklasse 2020 er 0,5 l/s/m². Den lave målte værdi er et resultat af at klimaskærmen er projekteret og udført med fokus på tæthed, samt en godt planlagt blowerdoor-test, hvor alle midlertidige lukninger er udført korrekt.

Energiberegning er korrigeret i henhold til resultat for blowerdoor-testen.

Vedlagt som bilag: Certifikat vedr. blowerdoor test, dateret 21/10 2015, udført af OBH.

TC Anlæg A/S
Lucernevej 24
5260 Odense S

OBH Ingeniørservice A/S

Agerhatten 25
Postbox 563
5220 Odense SØ

Tlf. 7021 7240

Fax 7021 7241

obh@obh-gruppen.dk

www.obh-gruppen.dk

CVR-nr. DK 66819116

Dato : 21.10.2015

Sag nr. : 1097967

Certifikat BLOWERDOOR TEST

Tæthedsprøve efter DS/EN 13 829 og BR10

SDU OU44, Campusvej 55, 5230 Odense M



Indholdsfortegnelse:

Sammendrag af data og testresultat	side 2
Måledata ved over- og undertryk	(Side 1-12) side 3-14
Tjekskema	side 15

OBH ...lidt bedre ingeniørrådgivning

Foreningen af Rådgivende Ingeniører F.R.I. 

MEDLEM AF:



BlowerDoor testdato: 16.10.2015
 Måleudstyr: Minneapolis BlowerDoor System. Model 4
 Placering af udstyr: I udv. dobb. facadedør i rum 2.16

Adressen på undersøgte bygning:

Gadenavn og nr.: Campusvej 55
 Post nr.og by: 5230 Odense M
 Rekvirent: TC Anlæg A/S
 5260 Odense S.
 Kontaktperson: Peter Norup

SAMMENDRAG AF TESTRESULTATER

Data på bygning: Etageareal (opvarmet) 9570 m²
 Bygningstype: Undervisningsbygning

Lovkravet: BR10 (7.2.1, stk. 4 og 7.2.4.1, stk. 5)
"Luftskiftet gennem utætheder i klimaskærm må ikke overstige 1,5 l/s pr.m² For lavenergibyg.2015 er kravet max.1,0 l/s pr.m² etageareal og ved lavenergibyg. 2020 max. 0,5 l/s pr. m² etageareal, ved trykprøvning med 50 Pa "

Resultatet af trykprøvningen udtrykkes ved gennemsnittet af måling ved over- og undertryk.

Data fra måling:

Test nr. 1 undertryksmåling: (Depressurization)	0,33	l/s pr.m ² etageareal
Test nr. 2 overtryksmåling: (Pressurization)	0,31	l/s pr.m ² etageareal
<u>Gennemsnit:</u>	<u>0,32</u>	<u>l/s pr.m² etageareal</u>

Tæthedsprøven er udført efter DS/EN 13 829

Resultat: Bygningen overholder følgende krav til tæthed i BR10 (7.2.1, stk. 4 og 7.2.4.1, stk. 5):

☒ 2010 1,5 l/sm² ☒ 2015 1,00 l/sm² ☒ 2020 0,5 l/sm²

BlowerDoor test udført af:



Thorkild W. Jørgensen

OBH ...lidt bedre ingeniørrådgivning

Foreningen af Rådgivende Ingeniører F.R.I. 

Air Leakage Test Report

In Compliance with Danish European Norm EN13829 – Denmark

OBH-GRUPPEN
RÅDGIVENDE INGENIØRER



Building Address:

Campusvej 55
OU 44
5230 Odense M.

Performed for:

TC Anlæg A/S

Performed by:

Thorkild Jørgensen, P. Mikkelsen og R. Jansson

Test date:

2015-10-16

Associated Test file:

Campusvej 55 EN13829-DE 2015-10-16 1123

Summary

 FanTestic	version: 5.8.25	licensed to: TA-Inspektion
Test date: 2015-10-16	By: T. Jørgensen, P. Mikkelsen og R. Jansson	
Building address: Campusvej 55 OU 44 Odense M, 5230		

Building and Test Information	
Test file name:	Campusvej 55 EN13829-DE 2015-10-16 1123
Customer:	TC Anlæg A/S
Building volume:	0
Building Height (from ground to top):	14
Floor Area:	9.470
Envelope Area:	0
Building Elevation (of ground, above sea level):	26
Building Exposure to wind	Delvis beskyttet bygning
Accuracy of measurements	0%

Resultater	
Air flow at 50 Pa, V_{50} [L/s]	3015
Air changes at 50 Pa, n_{50} [/h]	
Permeability at 50 Pa, q_{50} [L/s/m ²]	
Specific leakage at 50 Pa, w_{50} [L/s/m ²]	0,318

Compliance

Assumptions and warnings

While FanTestic software may calculate air leakage results based on user input, use of this software does not in any way guarantee these results.

Building Information

Building Measurements

Building Volume [m^3]:	0
Envelope Area ($A_{\text{T BAT}}$) [m^2]:	0
Floor Area (A_{F}) [m^2]:	9.470

Heating/Ventilation System

HVAC Systems Present:

Pictures



Test Method

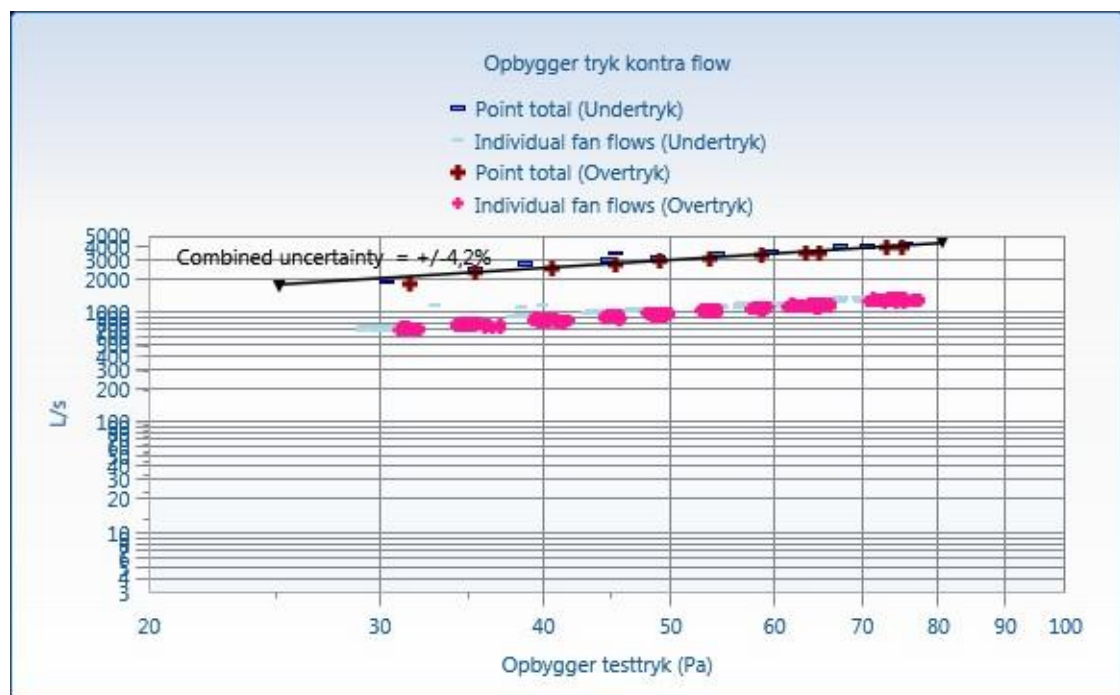
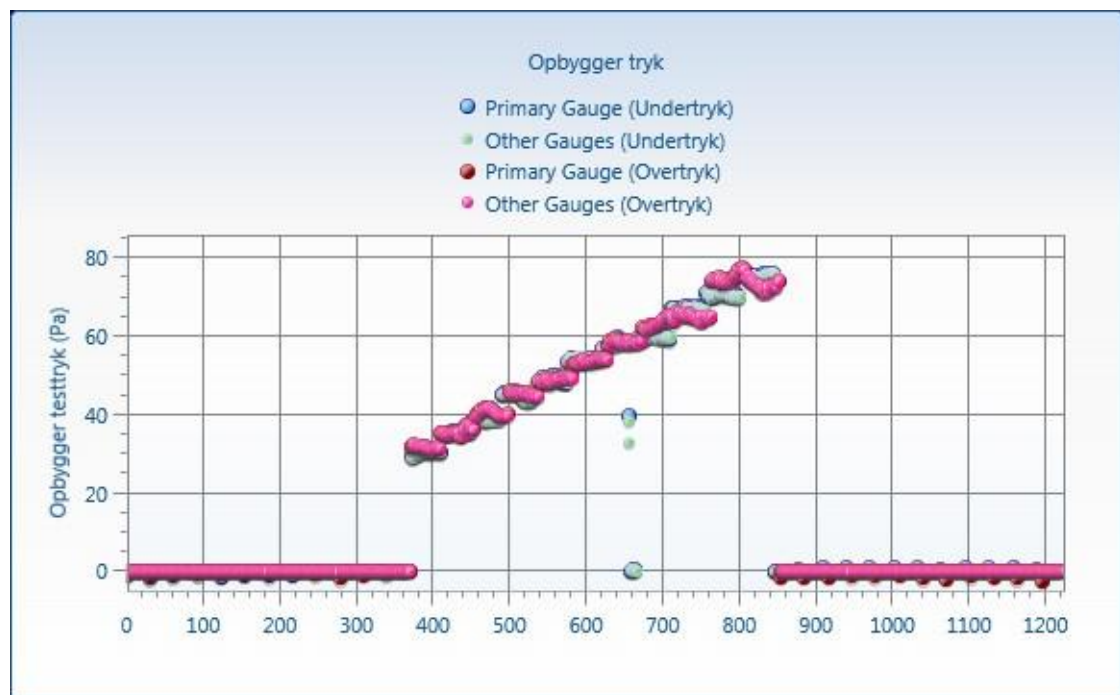
Test Notes:

Se tjek.

Discussion of Results

Kombinerede testdata

	Resultater	95% konfidens interval		Usikkerhed pga. vind
Air flow at 50 Pa, V_{50} [L/s]	3015	2890	3145	+/-4,2%
Air changes at 50 Pa, n_{50} [/h]				
Permeability at 50 Pa, q_{50} [L/s/m ²]				
Specific leakage at 50 Pa, w_{50} [L/s/m ²]	0,318	0,305	0,332	+/-4,2%



Air Leakage Test Data Appendix–

Overtryk Data Set

Test Dataset Date and Time: 2015-10-16-13:04

FinishTime: 13:15

Environmental Conditions		
Wind speed:	2: Let brise	from the
Operator Location:	Indendørs the building	
Initial Bias Pressure:	-0,63 Pa	
Initial Temperature:	indoors: 20	outdoors: 12.
Final Bias Pressure:	-1,40 Pa	
Final Temperature:	indoors: 20	outdoors: 12.
Barometric Pressure	101,3 kPa	from Standardtemperatur og tryk

OvertrykTest Analysis				
Correlation, r :	98,26			
	Mean	95% confidence limits		Uncertainty
		Lower	Upper	
Slope, n:	0,799	0,68495	0,91282	
Air leakage coefficient, C_{env} [L/s/Pa ⁿ]:	127,63	81,32	200,3	
Air leakage coefficient, C_L [L/s/Pa ⁿ]:	127,63	81,32	200,3	
Air flow at 50 Pa, V_{50} [L/s]	2905,5	2815	2999	+/-3,2%
Air changes at 50 Pa, n_{50} [/h]				
Permeability at 50 Pa, q_{50} [L/s/m ²]				
Specific leakage at 50 Pa, w_{50} [L/s/m ²]	0,3068	0,2971	0,3165	+/-3,2%

Induced pressure [Pa]		25,0	30,6	34,4	39,4	44,2	47,8	52,6	57,4	62,3	63,9	73,9	71,9
Fan #1, Range A	Fan Pressure [Pa]	49,2	60,1	69,6	81,0	93,6	101,7	116,2	126,3	138,2	142,2	171,4	166,9
	Flow [L/s]	0,000	727,3	797,2	867,6	947,7	991,1	1081	1124	1183	1201	1342	1324
Fan #2, Range A	Fan Pressure [Pa]	45,9	57,0	64,8	75,6	87,5	95,8	109,1	118,8	128,9	132,3	159,4	155,7
	Flow [L/s]	0,000	505,1	739,0	809,2	886,9	934,6	1017	1062	1108	1124	1257	1245
Fan #3, Range A	Fan Pressure [Pa]	47,8	57,3	66,5	77,5	88,9	98,1	109,3	120,7	131,0	134,1	162,5	157,7
	Flow [L/s]	0,000	555,4	761,3	831,6	903,2	959,9	1019	1079	1123	1135	1279	1258
Total Flow, V_r [L/s]		0,000	1788	2297	2508	2738	2886	3117	3265	3413	3459	3879	3827
Corrected Flow, V_{env} [L/s]		0,000	1813	2329	2543	2776	2926	3160	3311	3460	3507	3933	3880
Error [%]		-100,0 %	-10,1 %	5,4 %	3,5 %	3,3 %	2,3 %	2,9 %	0,4 %	-1,4 %	-2,1 %	-2,1 %	-1,3 %

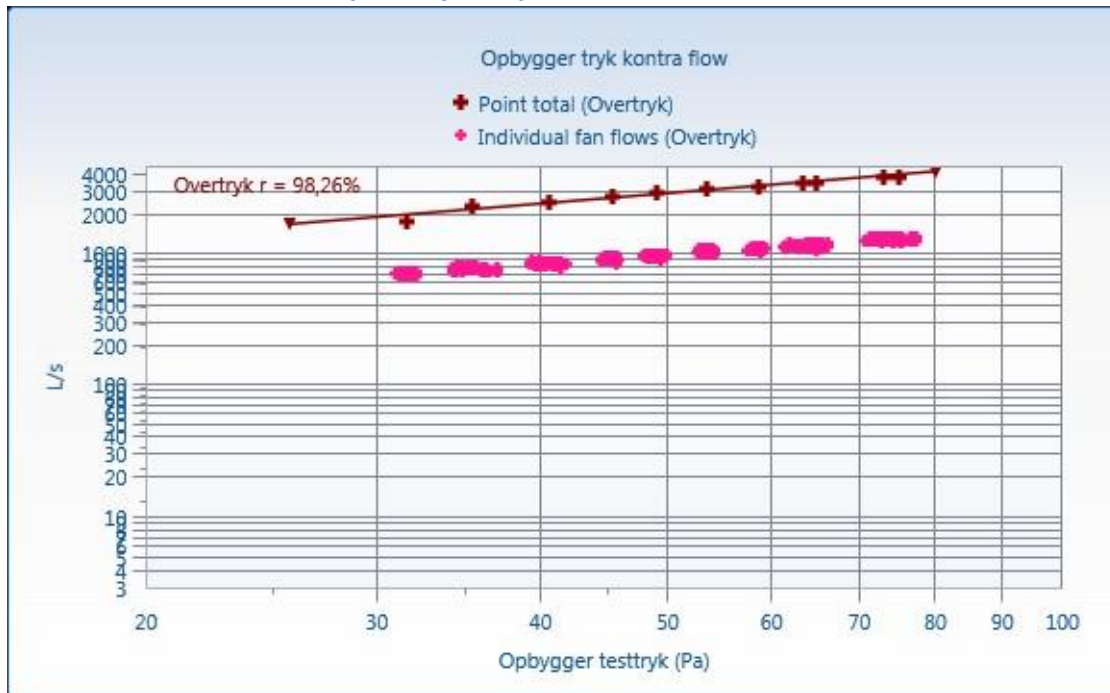
12 induced pressures each taken for 10 of the required 10 seconds.

12 baseline pressures each taken for 5 of required 5 seconds.

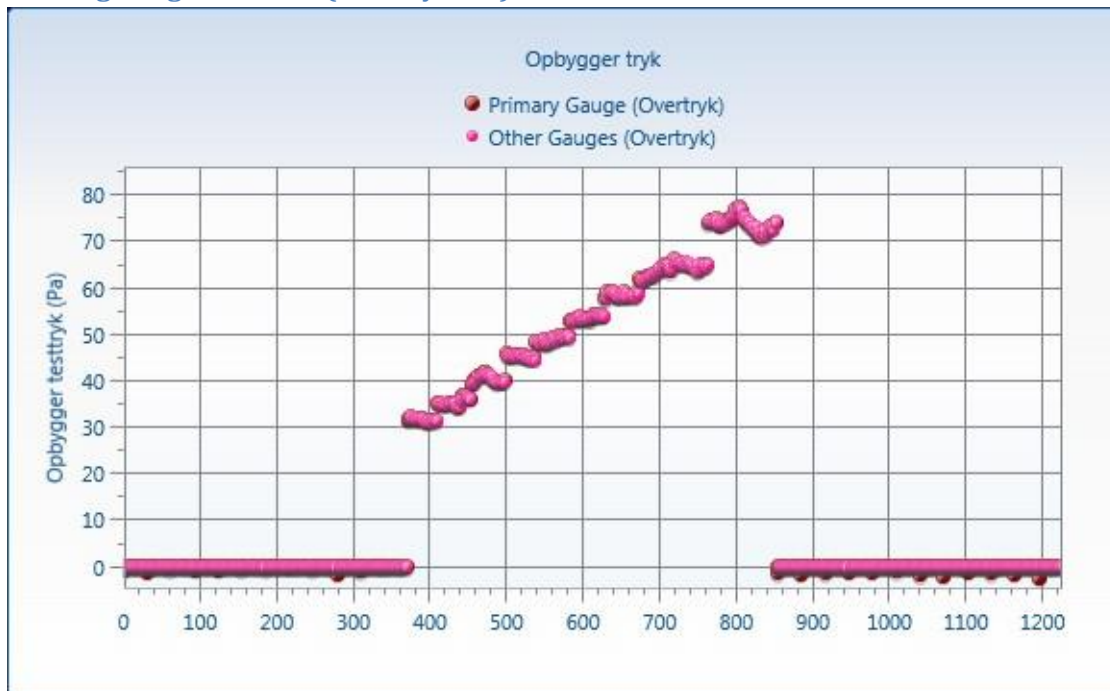
Static Pressure Averages:			
initial [Pa]	$\Delta P01$ -0,63	$\Delta P01$ - -0,67	$\Delta P01$ + 0,03
final [Pa]	$\Delta P02$ -1,40	$\Delta P02$ - -1,40	$\Delta P02$ + 0,00

Baseline, initial [Pa]	-0,73	-1,00	-0,52	-0,70	-0,56	-0,59	-0,37	-0,20	-0,46	-1,45	-0,89	-0,06
Baseline, final [Pa]	-1,25	-1,41	-1,35	-1,03	-1,18	-0,95	-1,68	-1,89	-1,03	-1,23	-1,52	-2,30

Induced Pressure vs. Flow (Overtryk Set)



Building Gauge Pressure (Overtryk Set)



Undertryk Data Set

Test Dataset Date and Time: 2015-10-16-13:19

FinishTime: 13:30

Environmental Conditions		
Wind speed:	2: Let brise	from the
Operator Location:	Indendørs the building	
Initial Bias Pressure:	-0,76 Pa	
Initial Temperature:	indoors: 20	outdoors: 12.
Final Bias Pressure:	0,87 Pa	
Final Temperature:	indoors: 20	outdoors: 12.
Barometric Pressure	101,3 kPa	from Standardtemperatur og tryk

Undertryk Test Analysis				
Correlation, r :	95,12			
	Mean	95% confidence limits		Uncertainty
		Lower	Upper	
Slope, n:	0,757	0,57153	0,94192	
Air leakage coefficient, C_{env} [L/s/Pa ⁿ]:	160,53	77,66	331,8	
Air leakage coefficient, C_L [L/s/Pa ⁿ]:	161,62	78,19	334,1	
Air flow at 50 Pa, V_{50} [L/s]	3120,0	2962	3287	+/-5,2%
Air changes at 50 Pa, n_{50} [/h]				
Permeability at 50 Pa, q_{50} [L/s/m ²]				
Specific leakage at 50 Pa, w_{50} [L/s/m ²]	0,3295	0,3123	0,3466	+/-5,2%

Induced pressure [Pa]		-25,1	-30,2	-35,2	-38,5	-44,6	-48,6	-54,2	-44,8	-59,5	-66,9	-70,2	-75,4
Fan #1, Range A	Fan Pressure [Pa]	24,3	28,9	38,4	47,9	55,7	61,5	71,5	74,8	79,9	96,9	97,5	111,5
	Flow [L/s]	0,000	733,0	845,8	944,2	1019	1071	1155	1182	1221	1345	1349	1444
Fan #2, Range A	Fan Pressure [Pa]	23,0	26,1	35,3	46,4	52,7	59,2	69,7	72,7	76,7	93,9	94,7	106,4
	Flow [L/s]	0,000	650,6	811,0	930,0	991,2	1051	1141	1164	1196	1325	1330	1411
Fan #3, Range A	Fan Pressure [Pa]	23,7	25,8	35,9	44,2	52,1	55,6	65,5	67,9	70,3	86,2	87,1	100,1
	Flow [L/s]	0,000	513,1	816,9	907,3	985,0	1018	1106	1126	1146	1269	1275	1368
Total Flow, V_r [L/s]		0,000	1897	2474	2782	2995	3140	3401	3472	3563	3939	3955	4222
Corrected Flow, V_{env} [L/s]		0,000	1845	2406	2706	2914	3054	3308	3377	3466	3831	3847	4107
Error [%]		-100,0 %	-13,1 %	0,6 %	5,9 %	2,1 %	0,3 %	0,4 %	17,3 %	-2,2 %	-1,2 %	-4,4 %	-3,1 %

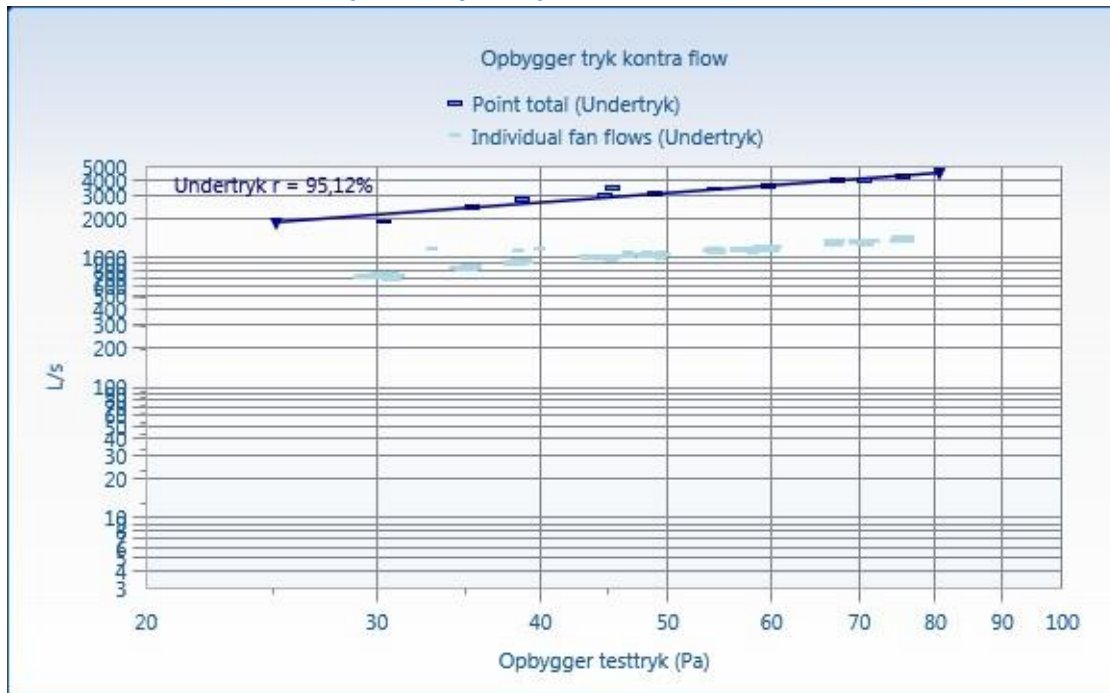
12 induced pressures each taken for 10 of the required 10 seconds.

12 baseline pressures each taken for 5 of required 5 seconds.

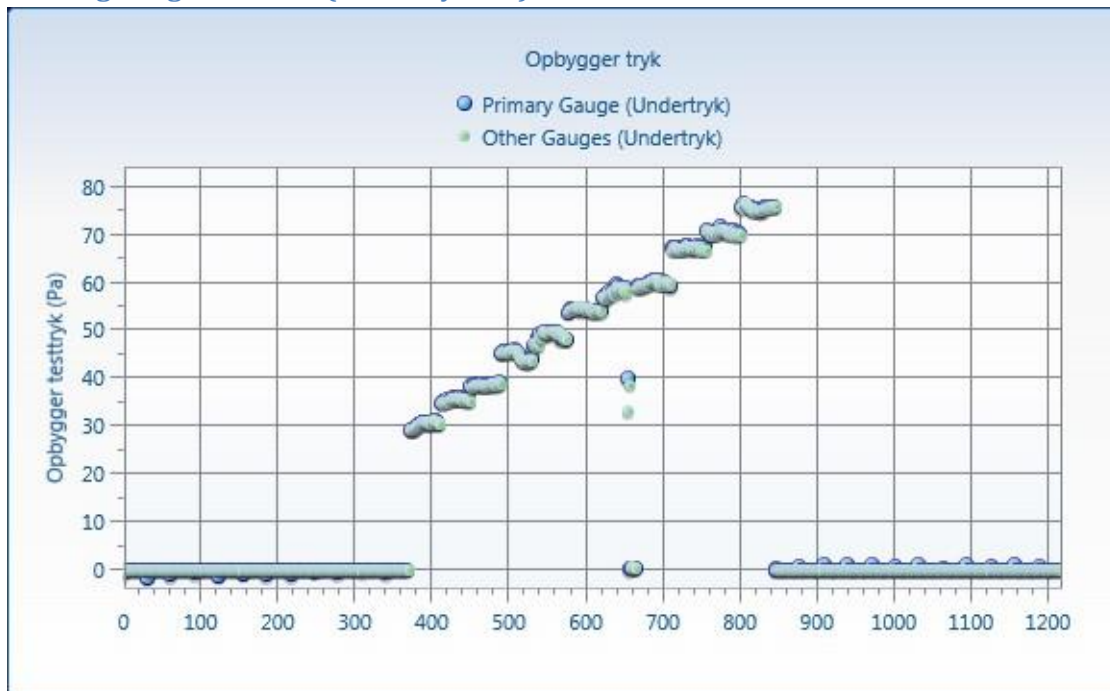
Static Pressure Averages:			
initial [Pa]	$\Delta P01$ -0,76	$\Delta P01$ -0,77	$\Delta P01$ + 0,05
final [Pa]	$\Delta P02$ 0,87	$\Delta P02$ -0,21	$\Delta P02$ + 0,89

Baseline, initial [Pa]	-0,67	-1,51	-0,98	-0,60	-1,03	-0,72	-1,01	-0,84	-0,45	-0,64	-0,25	-0,49
Baseline, final [Pa]	0,30	0,73	1,10	1,26	1,04	0,95	1,07	0,38	1,02	0,85	1,21	0,55

Induced Pressure vs. Flow (Undertryk Set)



Building Gauge Pressure (Undertryk Set)



Test Equipment

The following test equipment was used in the performance of the air leakage tests.

	Fan	Fan serial	Fan calibration	Gauge	Gauge serial	Gauge Calibration
#1	Retrotec 6000	60065		DM32	402987	
#2	Retrotec 6000	60083		DM32	402856	
#3	Retrotec 6000	60004		DM32	403311	

Fan Calibration Certificate Retrotec 6000:

Retrotec 6000 60065						
Range	n	K	K1	K2	K3	K4
Open	0,498	548	0	0,5	0	1
A	0,502	287	0	0,5	0	1
B8	0,54	113,25	0	0,8	0	1

Fan Calibration Certificate Retrotec 6000:

Retrotec 6000 60083 Fan last calibrated: . Published Flow Equation Parameters, Round B CFM						
Range	n	K	K1	K2	K3	K4
Open	0,498	548	0	0,5	0	1
A	0,502	287	0	0,5	0	1
B8	0,54	113,25	0	0,8	0	1

Fan Calibration Certificate Retrotec 6000:

Retrotec 6000 60004 Fan last calibrated: . Published Flow Equation Parameters, Round B CFM						
Range	n	K	K1	K2	K3	K4
Open	0,498	548	0	0,5	0	1
A	0,502	287	0	0,5	0	1
B8	0,54	113,25	0	0,8	0	1

Flow in CFM using the above calibration factors is calculated as follows:

Tjekskema for BlowerDoor test I henhold til DS/En 13829



Adresse på bygning : SDU OU44 , Campusvej 55 , 5230 Odense M

OBHI sag nr. : 1097967

Dato : 16.10.2015

Test udført af:
Navn : Thorkild W. Jørgensen

Opvarmet etageareal : 9470 m2 (4 plan inkl.kælder)

OBH Ingeniørservice A/S

Agerhatten 25

Postbox 563

5220 Odense SØ

Tlf. 7021 7240

Fax 7021 7241

obh@obh-gruppen.dk

www.obh-gruppen.dk

CVR-nr. DK 66819116

Udføres før test.	
Temperatur	Ude : 12° Inde : 20°
Vindforhold	Svag til jævn vind (2)
Barometerstand	Std. 99800 Pa
Udv. trykmåler	Ud fra bygning min. 5 m.
Udv. døre og Vinduer	Efterset og lukket
Evt. ventiler i do.	-
Ovenlys	Efterset
Opvarmingskilde	Type : Fjernvarme Slukket : Nej
Ventilationsanlæg	Type : Mek. balanceret m.m. Slukket : Ja
Ind-og udsugningsventiler til do.	Afdækket i units
Ventilationsriste Loft/Væg	Afd. med plast og tape (bl.a . i krydsfeltsrum)
Brændeovn/Pejs	-
Aftræk tørretumbler	-
Loftlem	Dør til tagplan lukket - nødnedgang ved ovenlys lukket
Emhætte	-
Afløb i gulv	Efterset
Alle indv. døre er åbne	Ja
Afvigelser i forhold til DS/EN 13829	Ingen
Kontrol under test:	
Måleudstyret placeret	I udv. dobb. facadedør i rum 2.16
Bygning er sat i undertryk og er kontrolleret for at sikre korrekt tætning.	Ja
Alle midlertidige tætninger er kontrolleret.	Ja
Baseline test udført før og efter test	Overholder kravet på max. +-5 Pa : Ja
Tæthedsmålingen er udført med	Undertryk: 0,33 lpsm ² Overtryk: 0,31 lpsm ²
Tilstede ved tæthedsprøven	Peter Norup , TC Anlæg A/S
Bemærkninger	-

Navn: Thorkild W. Jørgensen

Underskrift :

OBH ...lidt bedre ingeniørrådgivning

Foreningen af Rådgivende Ingeniører F.R.I.

SDU OU44 - Bilag 9 - Energiperformance #10

Versionstyring af dokument: Opdateret 21. oktober 2015.

Punkt 10 – Linjetab i konstruktioner	
Formål og definition	Kontrol af at de projekterede fundamenter ikke indeholder kuldebroer i væsentligt omfang, som ikke er taget i regning ved beregning af konstruktionernes linjetabsværdier samt kontrol af, om isoleringen er udført korrekt. Linjetabskoefficienter beregnes på baggrund af metoderne angivet i DS418.
Testindikatorer	• Mangelfuld isolering • Udførelsesfejl i konstruktioner • Kuldebroer, der ikke er indregnet i linjetabskoefficienter
Anvendelse i energistyring	Ændringer over tid kan eksempelvis indikere • -
Metode	Der udføres termografi i overensstemmelse med DS/EN 13187 for udvalgte elementer af klimaskærmen. På baggrund af observationer på resultaterne af termografibillederne foretages reviderede Linjetabsberegning af de udvalgte elementer til sammenligning med de oprindeligt projekterede Linjetabskoefficienter. Bygherren udpeger elementer, der skal foretages termografi af. Omfanget af elementer, der skal dokumenteres er følgende: • Fundament ved facade (1 sted) • Fundament ved vinduesparti/dør (1 sted) Termograferingen foretages tidligst muligt efter der er sat varme på bygningen og der samtidig er en temperaturforskel mellem inde og ude på minimum 10 °C.
Dokumentation	Termograferingen dokumenteres med rapport, der som minimum indeholder • Kontaktperson, firmanavn og kontaktoplysninger på den udførende • Tidspunkt for test • Temperaturforhold t_i / t_u • Fotos samt tegningshenvielse til entydig identificering af konstruktion/bygningsdel • Analyse af fotodokumentation med hensyn til kuldebroer og isolering • Linjetabsberegning, hvor de registrerede forhold er indregnet. Af Linjetabsberegningen skal det tydeligt fremgå, hvordan registrerede forhold er indregnet. • Konklusion
Godkendelse	Bygherre sammenligner energibehovet i Be10 beregnet med henholdsvis projekterede forudsætninger og målte/reviderede forudsætninger. Acceptkriteriet for U-værdier er overholdelse af de inddaterede værdier i energirammeberegningen.
Konsekvens ved afvigelse	I tilfælde af, at acceptkriteriet ikke er opfyldt, foretages en beregning i Be10 af differensen mellem energibehovet ved henholdsvis projekterede og genberegnete linjetabsværdier. Totalentreprenøren er efterfølgende ansvarlig for afhjælpende foranstaltninger, der reducerer energiforbruget svarende til den beregnede forøgelse af energiforbruget. Afhjælpende tiltag skal fortrinsvis udføres ved optimering af klimaskærmen. Alternativt kan udføres kompenserende energitiltag.

Accept (termograferapport, fælles bilag til #10 og #11)	
For Bygherre: Thomas Rysgaard (Bygningsstyrelsen) For SDU: Max Jørgensen For Bygherrerådgiver: Henrik Errebo (Sloth-Møller) For Totalentreprenør: Johannes Thuesen (Rambøll)	Dato: Test afsluttet 21/10 2015.

Bemærkning:

Ved bygherres og bygherrerådgivers kvalitative gennemgang og granskning, er der enighed i, at der er god sammenhæng imellem Be10-inddata og de udførte termograferinger. Fokus i bygherres gennemgang har været at verificere at alle væsentlige kuldebroer og linietab indgår i energiberegningen - hvilket er konstateret er tilfældet. Dette for at sikre at varmetabet fra bygningens klimaskærm ikke er undervurderet.

Bilag: Termografering (følger efter testbilag #11)

SDU OU44 - Bilag 9 - Energiperformance #11

Versionstyring af dokument: Opdateret 21. oktober 2015.

Punkt 11 – Kuldebroer i klimaskærmen	
Formål og definition	Kontrol af at de projekterede konstruktioner ikke indeholder kuldebroer i væsentligt omfang, som ikke er taget i regning ved beregning af konstruktionernes U-værdier samt kontrol af, om isoleringen er udført korrekt. U-værdier beregnes på baggrund af metoderne angivet i DS418.
Testindikatorer	• Mangelfuld isolering • Udførelsesfejl i konstruktioner • Kuldebroer, der ikke er indregnet i U-værdier
Anvendelse i energistyring	Ændringer over tid kan eksempelvis indikere • -
Metode	Der udføres termografi i overensstemmelse med DS/EN 13187 for udvalgte elementer af klimaskærmen. På baggrund af observationer på resultaterne af termografibillederne foretages reviderede U-værdi beregning af de udvalgte elementer til sammenligning med de oprindeligt projekterede U-værdier. Bygherren udpeger elementer, der skal foretages termografi af. Omfanget af elementer, der skal dokumenteres er følgende: • Facadeelementer (2 steder) • Tagkonstruktion (2 steder) Termograferingen foretages tidligst muligt efter der er sat varme på bygningen og der samtidig er en temperaturforskel mellem inde og ude på minimum 10 °C.
Dokumentation	Termograferingen dokumenteres med rapport, der som minimum indeholder • Kontaktperson, firmanavn og kontaktoplysninger på den udførende • Tidspunkt for test • Temperaturforhold t_i / t_u • Fotos samt tegningshenvielse til entydig identificering af konstruktion/bygningsdel • Analyse af fotodokumentation med hensyn til kuldebroer og isolering • U-værdi beregning, hvor de registrerede forhold er indregnet. Af U-værdiberegningen skal det tydeligt fremgå, hvordan registrerede forhold er indregnet. • Konklusion
Godkendelse	Bygherre sammenligner energibehovet i Be10 beregnet med henholdsvis projekterede forudsætninger og målte/reviderede forudsætninger. Acceptkriteriet for U-værdier er overholdelse af de inddaterede værdier i energirammeberegningen.
Konsekvens ved afvigelse	I tilfælde af, at acceptkriteriet ikke er opfyldt, foretages en beregning i Be10 af differensen mellem energibehovet ved henholdsvis projekterede og genberegnete U-værdier. Totalentreprenøren er efterfølgende ansvarlig for afhjælpende foranstaltninger, der reducerer energiforbruget svarende til den beregnede forøgelse af energiforbruget. Afhjælpende tiltag skal fortrinsvis udføres ved optimering af klimaskærmen. Alternativt kan udføres kompenserende energitiltag.

Accept (termograferapport, fælles bilag til #10 og #11)	
For Bygherre: Thomas Rysgaard (Bygningsstyrelsen) For SDU: Max Jørgensen For Bygherrerådgiver: Henrik Errebo (Sloth-Møller) For Totalentreprenør: Johannes Thuesen (Rambøll)	Dato: Test afsluttet 21/10 2015.

Bemærkning:

Ved bygherres og bygherrerådgivers kvalitative gennemgang og granskning, er der enighed i, at der er god sammenhæng imellem Be10-inddata og de udførte termograferinger. Fokus i bygherres gennemgang har været at verificere at alle væsentlige kuldebroer og linietab indgår i energiberegningen - hvilket er konstateret er tilfældet. Dette for at sikre at varmetabet fra bygningens klimaskærm ikke er undervurderet.

Bilag: Termografering.

Til
TC Anlæg

Dato
20-10-2015

SDU OU44 - termografering

SDU OU44 **TERMOGRAFERING**

SDU OU44

TERMOGRAFERING

Revision
Dato **2015-10-20**
Udarbejdet af **JHST**
Kontrolleret af **MJS**
Godkendt af **JHST**
Beskrivelse **Termografering hos nybyggeri SDU OU44**

Ref. 14-1100010793\LF01481-1-JHST

INDHOLD

1.	INDLEDNING	1
1.1	Udstyr	1
1.2	Temperaturer ude og inde	1
2.	TERMOGRAFERING	2
2.1	Tagkonstruktion	2
2.2	Fundament nord	4
2.3	Facade vest	6
2.4	Søjler i kælder	8
3.	BE10-INDDATA - KLIMASKÆRM	9
3.1	Overflader	9
3.2	Linietab	10
4.	KONKLUSION	10

1. INDLEDNING

Nærværende rapport omhandler termografering af udvalgte områder i forbindelse med nybyggeriet SDU OU44.

De termograferede områder, der er vist i afsnit 2.1. – 2.3 er udvalgt af bygherrerådgiver som et led i eksekvering af de energimæssige performancetests, der følger af bilag 9 til byggeprogrammet (punkt 10 og 11). Supplerende er i afsnit 2.4 vist termografering af søjler i kælder.

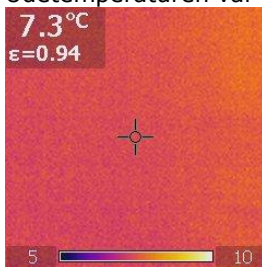
Termograferingen er udført tirsdag morgen d. 20/10 2013 fra kl. 7.30 – 9.00.

1.1 Udstyr

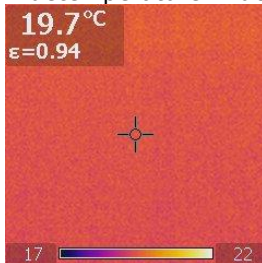
Termograferingen er udført med et termokamera fra Flir Systems, type b50.

1.2 Temperaturer ude og inde

Udetemperaturen var ved termograferingen 7,0 – 7,3 °C, målt med termografikamera.



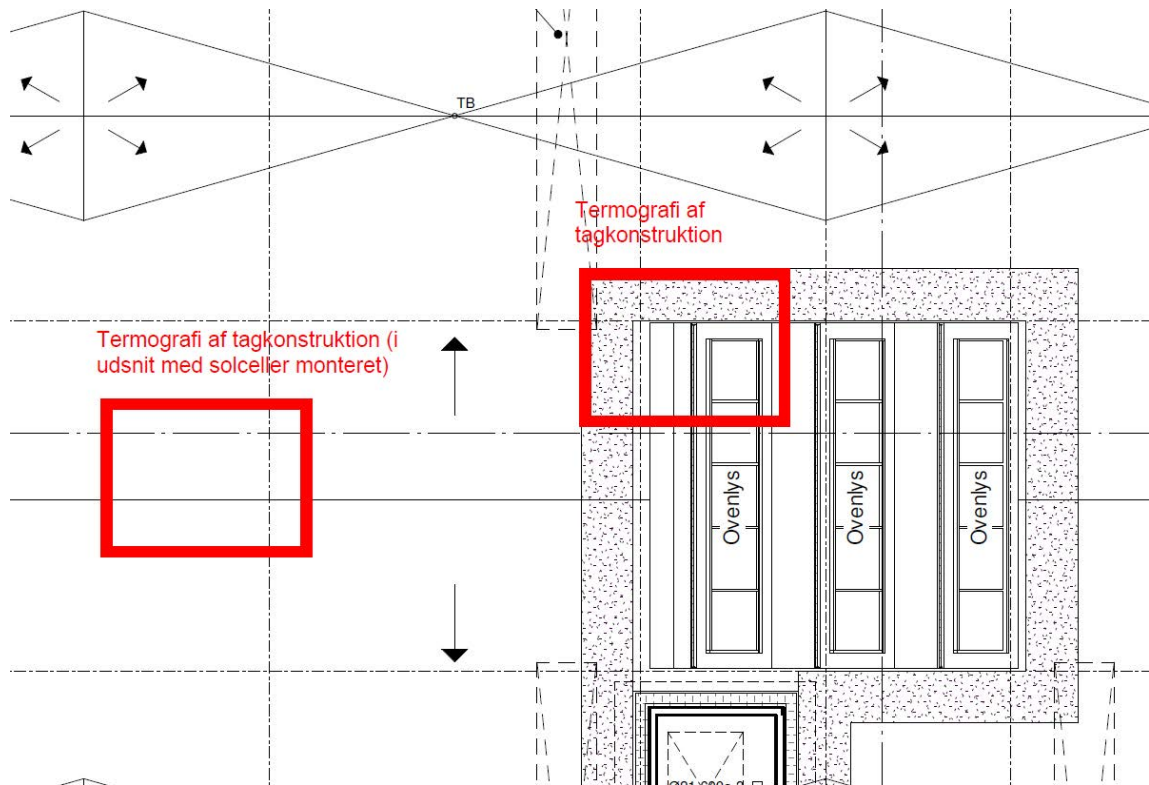
Indetemperaturen i det termograferede byggeri er tilsvarende målt til omkring 19,5 – 20,0 °C.



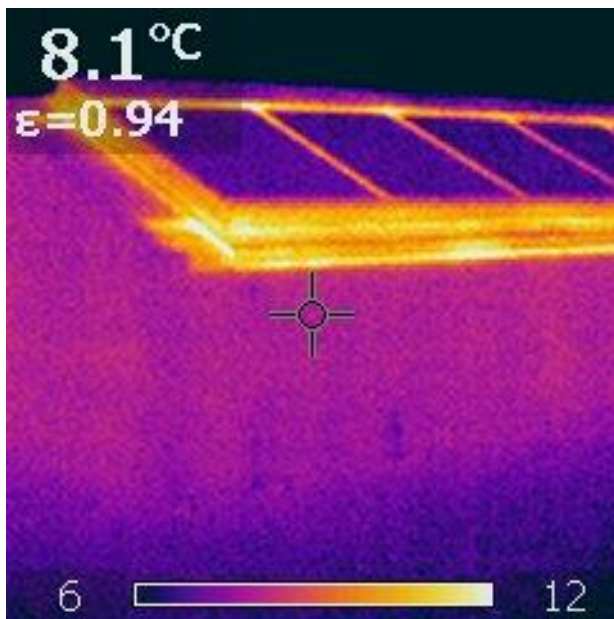
Forskellen mellem temperatur ind og ude er dermed større end den temperaturforskel på minimum 10 °C, der er foreskrevet i testparadigmerne til bilag 9.

2. TERMOGRAFERING

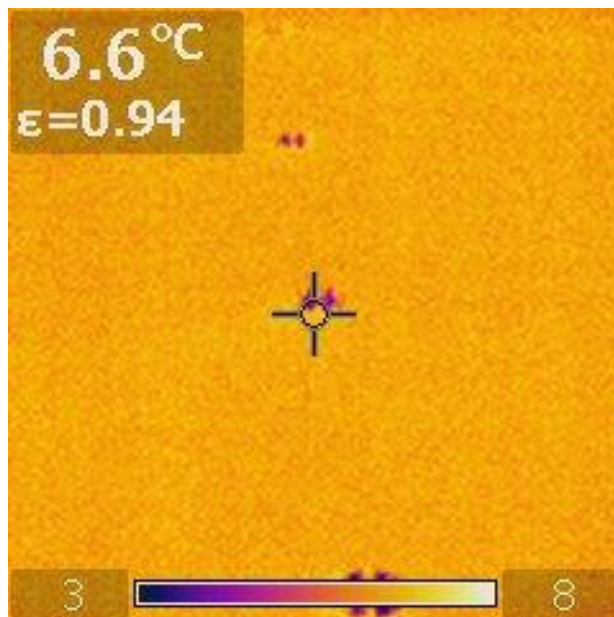
2.1 Tagkonstruktion



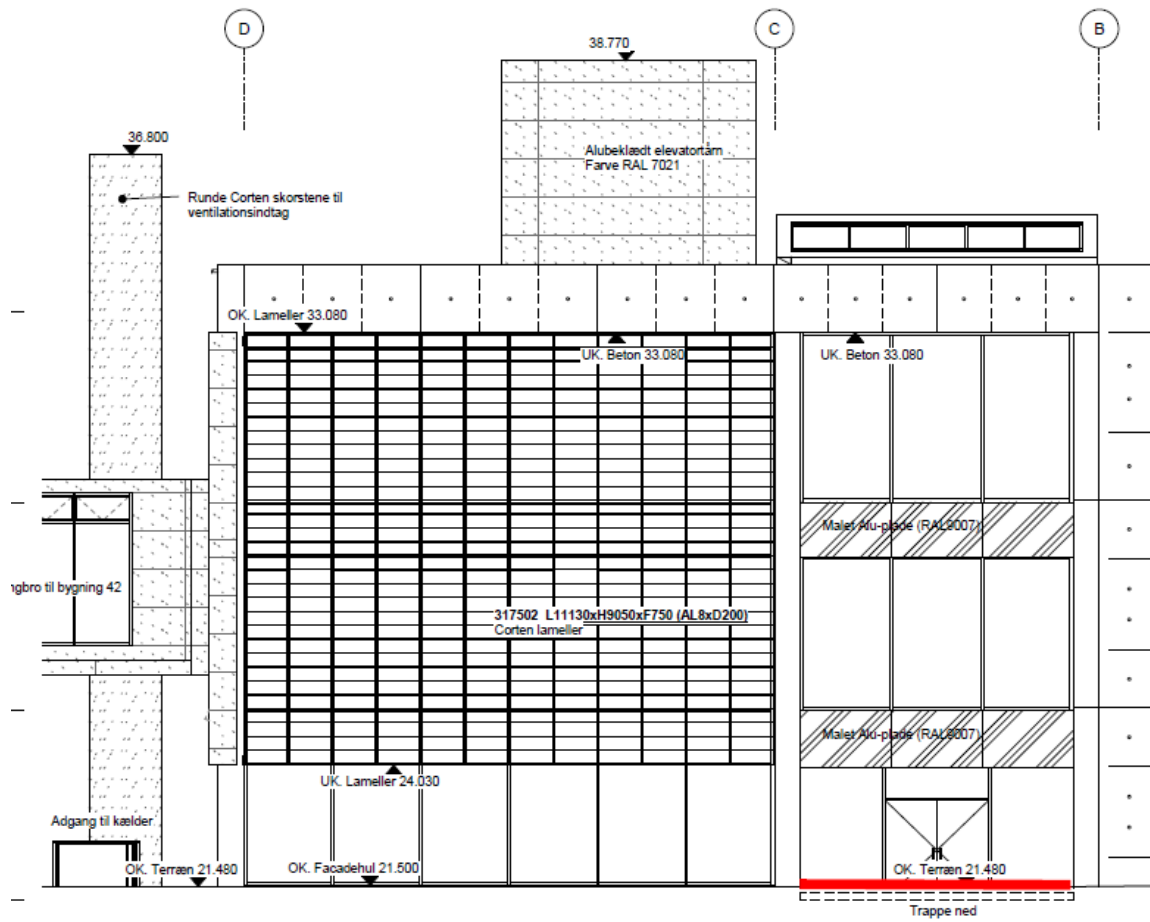
Termografering af tagkonstruktion ved ovenlys:



Termografering af udsnit hvor solceller evt. i fremtiden monteres (disse er efter aftale med byg-herre ikke monteret i skrivende stund). Termografering fra ca. 1,8 meter højde.



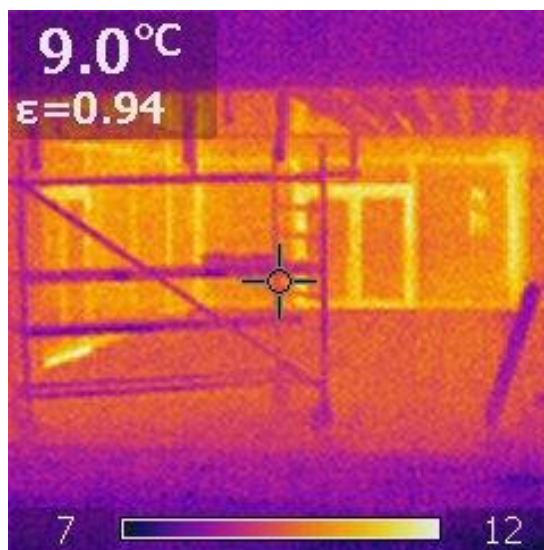
2.2 Fundament nord



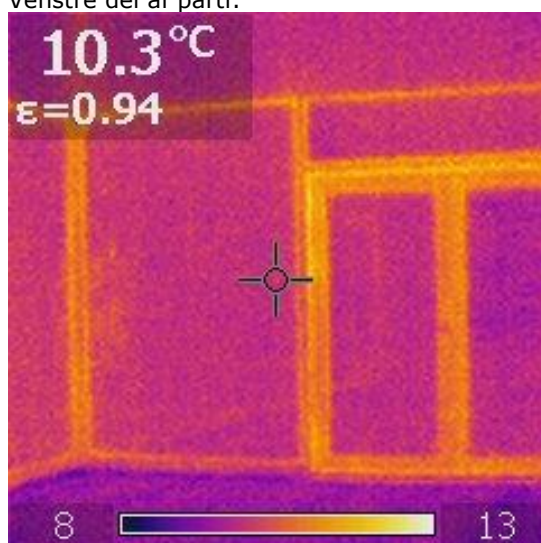
Facade Nord

1 : 100

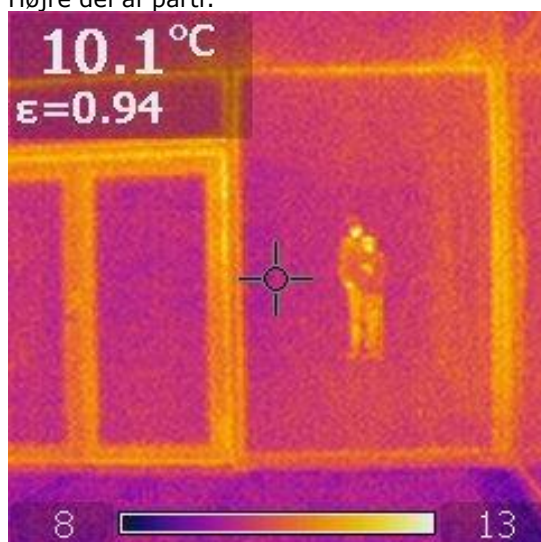
Termografi af fundament



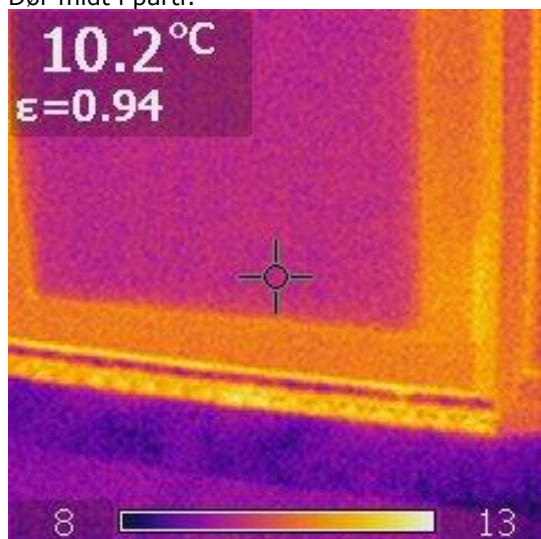
Venstre del af parti:



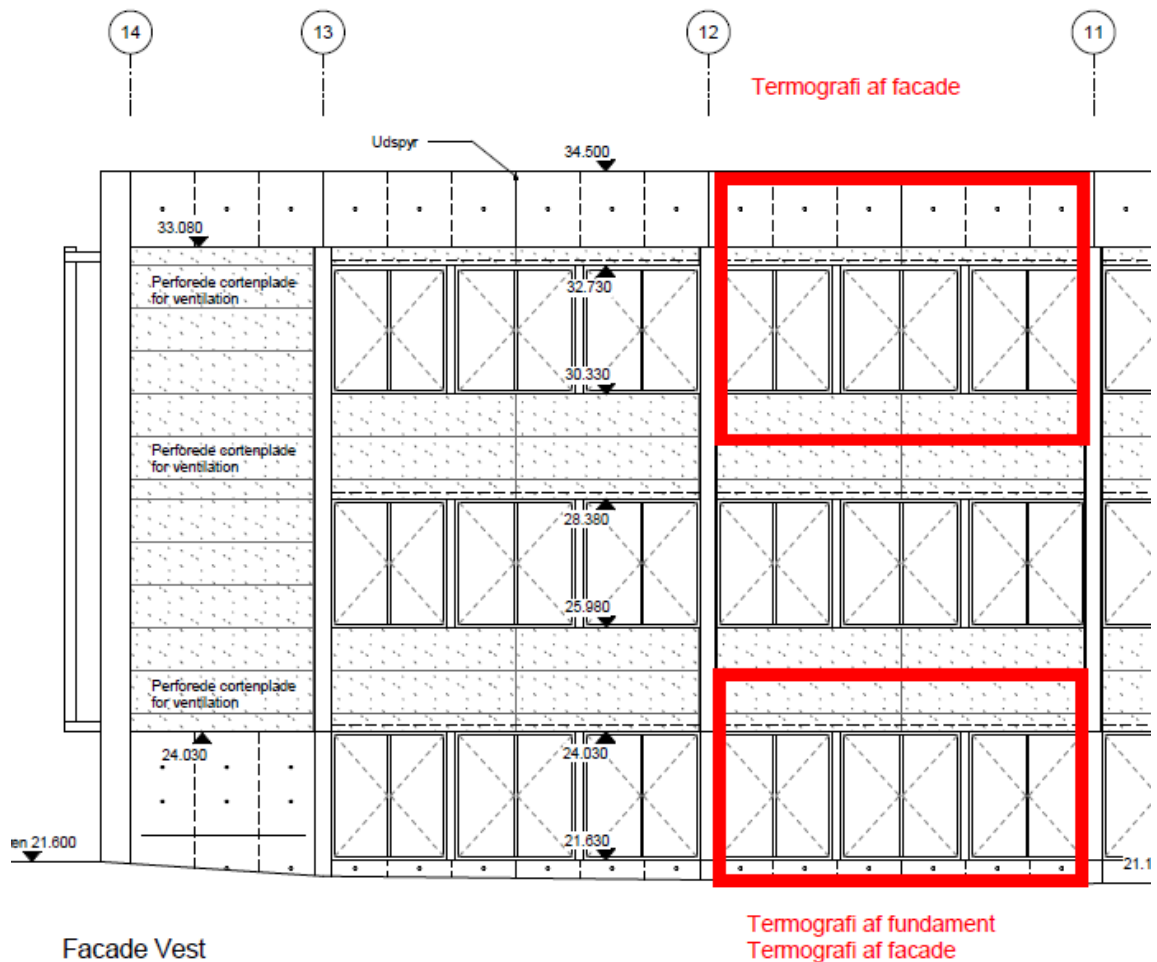
Højre del af parti:



Dør midt i parti:

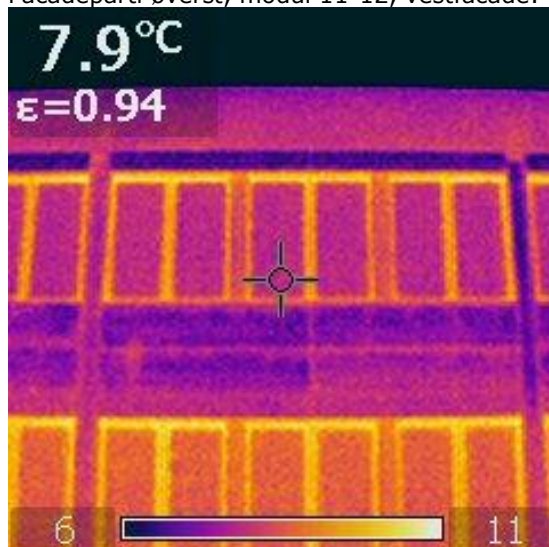


2.3 Facade vest

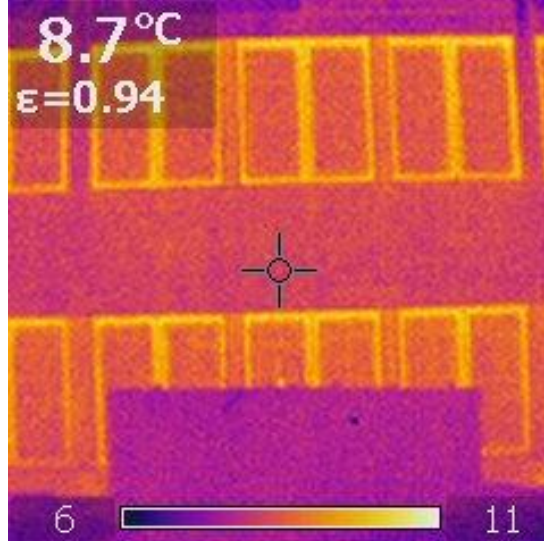


I forbindelse med termografering af facade skal bemærkes, at der er monteret corten-plader på facaderne. Under disse er luft, der temperaturmæssigt kommer tæt på udetemperaturen.

Facadeparti øverst, modul 11-12, vestfacade:

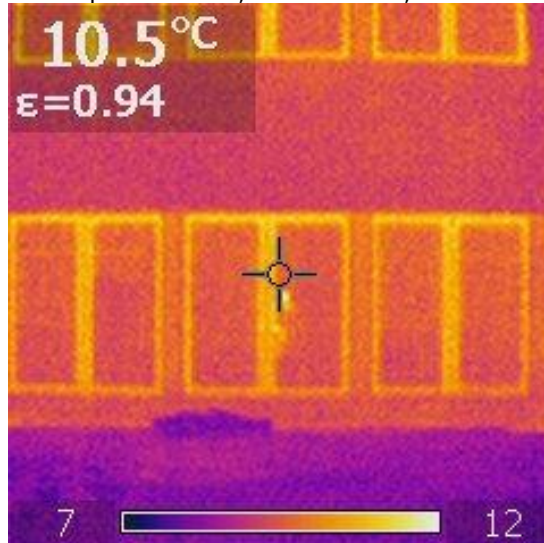


Facadeparti nederst, modul 11-12, vestfacade:

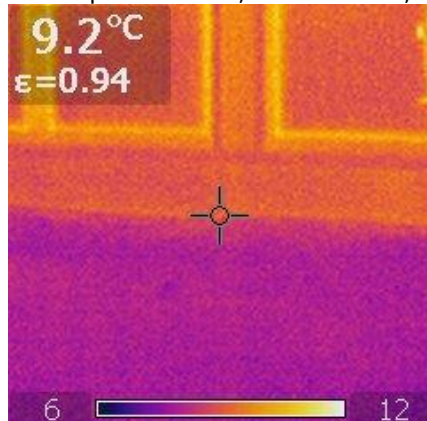


Da der, som det fremgår af ovenstående, er en container i vejen på jorden, er supplerende foretaget termografering af feltet til venstre for det afsatte:

Facadeparti nederst, modul 12-13, vestfacade:

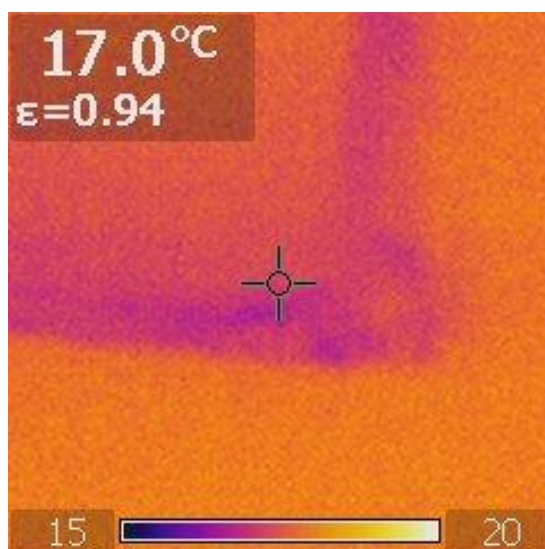
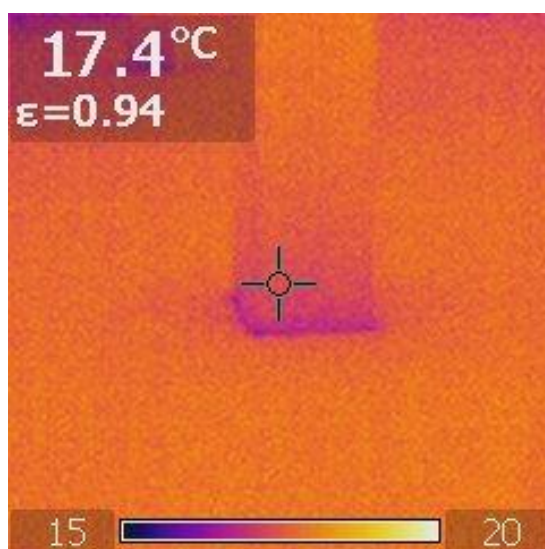
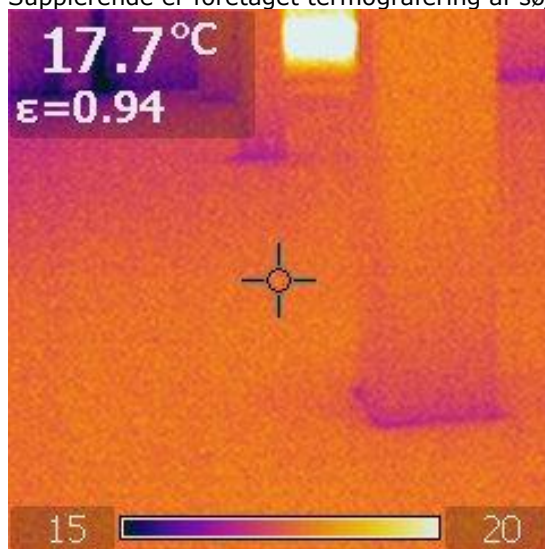


Facadeparti nederst, modul 12-13, vestfacade – ved fundament:



2.4 Søjler i kælder

Supplerende er foretaget termografering af søjler i kælder, der naturligt danner en kuldebro.



3. BE10-INDDATA - KLIMASKÆRM

3.1 Overflader

Nedenstående inddata er anvendt i forbindelse med Be10 vedr. klimaskærmens overflader:

	Ydervægge, tage og gulve	Areal (m ²)	U (W/m ² K)	b	Ht (W/K)	Dim.Inde (C)	Dim.Ude (C)	Tab (W)
		8043,03		CtrlClick	821,828			21548,2
+1	Kældergulv excl. elevatorgulv og gulv m. gulvvarme	1985	0,165	0,70	229,268		10	3275,25
2	Terrændæk	526	0,09	0,70	33,138		10	473,4
3	Kælderydervægge > 2 m	387,63	0,09	0,70	24,4207		10	348,867
4	Kælderydervægge < 2 m	356,36	0,1	0,70	24,9452			1140,35
5	Ydervægge i gangbro vest	42,99	0,15	1,00	6,4485			206,352
6	Ydervægge i gangbro øst	65,87	0,15	1,00	9,8805			316,176
7	Ydervægge i elevatortårn på tag	50,74	0,12	1,00	6,0888			194,842
8	Ydervægge	1453,12	0,115	1,00	167,109			5347,48
9	Ydervægge i forbindelse med ovenlys	39,37	0,11	1,00	4,3307			138,582
10	Tag i elevatortårn på tag	12,14	0,13	1,00	1,5782			50,5024
11	Tag i gangbro vest	73	0,13	1,00	9,49			303,68
12	Tag i gangbro øst	84,41	0,13	1,00	10,9733			351,146
13	Tag	2543	0,09	1,00	228,87			7323,84
14	kældergulv med gulvvarme	12	0,08	1,00	0,96	30	10	19,2
15	Gulv i gangbro vest	72	0,2	1,00	14,4			460,8
16	Gulv i gangbro øst	85	0,2	1,00	17			544
17	Etageadskillelse mod det fri ved lysgårde (stueplan)	70,4	0,12	1,00	8,448			270,336
18	søjler i facade	72	0,2	1,00	14,4			460,8
19	Dæk over kælder til det fri	112	0,09	1,00	10,08			322,56

	Ydervægge, tage og gulve	Areal (m ²)	U (W/m ² K)	b	Ht (W/K)	Dim.Inde (C)	Dim.Ude (C)	Tab (W)
		175,7		CtrlClick	41,1326			1216,83
+1	forskudt niveau gulv ved elevator med MX400	7,02	0,16	0,70	0,78624		10	11,232
2	forskudt niveau vægge elevator	11,39	0,16	0,70	1,27568		10	18,224
3	forskudt niveau snit 5	16,03	0,16	0,70	1,79536		10	25,648
4	forskudt niveau snit 6	5,23	0,16	0,70	0,58576		10	8,368
5	forskudt niveau snit 7	7,9	0,16	0,70	0,8848		10	12,64
6	forskudt niveau snit 9	0,81	0,41	0,70	0,23247		10	3,321
7	forskudt niveau snit 14	0,46	0,16	0,70	0,05152		10	0,736
8	Brystning i lysgård	126,86	0,28	1,00	35,5208			1136,67

Varmetab fra ydervægge, tage og gulve er generelt opgjort i henhold til DS 418. Dette gælder dog ikke kældergulvet, se bemærkninger herom efterfølgende.

Særligt omkring kældergulvet:

Kældergulvet er beregnet som "stort gulv" i henhold til DS/EN ISO 13370:2008, "Bygningers termiske ydeevne - Varmetransmission via jord - Beregningsmetoder", samt "Teknologisk Institut videnkuponprojekt: 09-048016, Casper Villumsen". Beregningsmetoden tager højde for det faktum, at terrænet under store kældergulve over tid varmes op, hvorved varmetabet bliver betragteligt mindre end det ville have været efter en "enkel" beregning iht. DS 418. I praksis har det dermed været muligt at reducere isoleringstykkelsen i midterfeltet for kældergulvet til 150 mm, samtidig med moderat lavt varmetab i praksis.

Punkttab (kuldebroer) fra søjler i kælder er indregnet i nævnte særskilte beregning for kældergulv.

Beregningsmåde vedr. kældergulvet er for god ordens skyld accepteret af såvel bygherrerådgiver for projektet samt OBH, der varetager energimærkningen. Den U-værdi, der findes som "outcome" af beregningen afspejler det faktuelle varmetab, når der er gået en vis tid, hvor kældergulvet er blevet opvarmet.

3.2 Linietab

Nedenstående er illustreret de linietab, der er indregnet:

	Fundamenter og samlinger ved vind	l (m)	Tab (W/mK)	b	Ht (W/K)	Dim.Inde (C)	Dim.Ude (C)	Tab (W)
		2413,57		CtrlClick	112,058			2700,51
+1	Kælderfundament	238	0,3	0,70	49,98		10	714
2	fundament for lette vægge	38	0,3	1,00	11,4			364,8
3	Fundament for sandwich element	70	0,3	1,00	21			672
4	Vinduer og døre	1960,13	0,01	1,00	19,6013			627,242
5	Ovenlys	40,74	0,1	1,00	4,074			130,368
6	forskudt niveau snit 5	45,8	0,09	1,00	4,122			131,904
7	forskudt niveau snit 6	20,9	0,09	1,00	1,881			60,192

4. KONKLUSION

Med reference til formål samt intention i byggeprogrammets bilag 9, punkt 10 og 11, har termograferingen ikke givet anledning til bemærkninger, ej heller til korrektioner i Be10 vedr. klima-skærmen.