



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Tuborg havnevej 19
Energigennemgang

Rapporttitel:

Tuborg havnevej 19 Energigennemgang

Udarbejdet af:

Søren Draborg
Kasper Nielsen
Peter Svendsen

Teknologisk Institut
Energieffektivisering og Ventilation
Gregersensvej 2
2630 Taastrup

Udarbejdet for:

DEAS A/S
Dirch Passers Allé 76
2000 Frederiksberg

Indholdsfortegnelse

1	Sammenfatning	1
1.1	Foreslåede løsningstiltag	1
1.2	Opsummering af observerede bygningsproblematikker	2
2	Bygningen	3
2.1	Varmeforbrug	3
2.2	Elforbrug	3
2.3	Vandforbrug	3
2.4	Energipriser	4
2.5	Ændringer i bygningens design og brug	4
3.1	Klimaskærm og bærende konstruktioner	5
3.2	Varmeanlæg	5
3.3	Køleanlæg	5
3.4	Ventilationsanlæg	6
3.5	Naturlig ventilation	6
4	CTS-strategi	7
4.1	Ventilationsanlæg 2 - øst/vest	7
4.2	Ventilationsanlæg 3 - nord	7
5	Logninger	9
5.1	Ventilationsanlæg 2, Vest og øst	9
5.2	Ventilationsanlæg 3, nord	11
6	Indeklima	14
6.1	Indeklimaobservationer	14
6.2	Antagelser for bygningen	16
6.3	Ønsket indeklima	17
6.4	Anbefalinger til forbedret indeklima	17
7	Optimeringsforslag og konklusioner	18
8	Bilag	I
8.1	Nord	I
8.2	Vest/øst	IV
8.3	Indeklimalogninger (indetemperatur)	VIII
8.4	Indeklimalogninger (relativ luftfugtighed)	XII
8.5	Indeklimalogninger (CO ₂ koncentration)	XVI

1 Sammenfatning

DEAS A/S har bedt Teknologisk Institut om en energigennemgang af kontorejendommen på Tuborg Havnevej 19 2900 Hellerup. Energiforbruget til bygningens installationer og CTS-styringen heraf samt den anvendte indeklimastrategi er undersøgt i forbindelse med projektet.

Formålet med undersøgelsen har været at finde energioptimeringsmuligheder i bygningen. Energoptimeringen er sammentænkt med bygningens indeklima, således at dette også forbedres.

Ved gennemgangen af ejendommen, er der observeret en række områder som anbefales forbedret. Disse energiforbedringer foreslås udført som en samlet løsning. Denne løsning har et vurderet besparelsespotentiale med en værdi på godt 280.000 kr. årligt og en samlet simpel tilbagebetalingstid på 14 år.

Table 1.1 - Besparelsespotentialer

Forbedringsforslag	Besparelser				Investering	Tilbagebetalingstid
	Varme	El	Vand			
	MWh/år		m ³ /h	kk./år	kk.	år
1. Optimering af CTS	135	10	-	121	1.000	9
2. Ny belysning i fællesarealer	-	76	-	152	1.500	10 ¹
3. Solfilm på relevante vinduer	-	2	-	4	1.400	350 ²
4. Nye ventilatormotorer	-	2,7	-	5,4	100	19
Besparelser, potentiale	135	90,7	0	282,4	4.000	14

Teknologisk Institut har i denne opgave foretaget følgende ydelser:

- Datalogning af relevante værdier på ventilationsanlæg 2 og 3
- Estimeret luftmængderne i zonerne ud fra luftmængdemålinger
- Gennemført temperatur-, fugt- og CO₂-målinger i udvalgte kontorer (IC-metre)
- Gennemgået styringsstrategi på CTS anlægget

1.1 Foreslåede løsningstiltag

- Optimering af belysningen i fællesarealerne, herunder bl.a. udskiftning af halogen-spots, zoneinddeling og lux-styring
- Ændring af CTS styringen for øst- og nordanlægget, så de udsatte kontorer med facade er medtaget i styringen
- Plan 4 vest skal være styrende for vestanlæggets mekaniske ventilation
- Automatisk skift mellem sommer og vinter samt styring af temperaturer i overgangsperioderne
- Benytte ovenlysvinduer til natkøling i sommersæsonen
- Solfilm på alle relevante vinduer for forbedret termisk indeklima i sommersæsonen
- Programmere en overstyringsfunktion af alle anemostaterne, så styringen ikke er lige så afhængig af brugerne som nu

¹ I besparelsen er ikke medtaget de årligt sparede elektriker timer til udskiftning af halogen-spot, samt selve halogenerne.

² Besparelsespotentiale er vurderet ud fra, at der næsten udelukkende fjernes overtemperatur da kølemængden ikke er tilstrækkelig

Forslag til yderligere tiltag

- Opsætning af den oprindelige ekstra indvendige glasfacade i udsatte øst/vestvendte zoner, så opvarmningen kan tilføres via konvektorerne, og den mekaniske ventilation kan fungere som opblandingsventilation med undertemperatur i indblæsningen
- Gennemgang af varmesystemet og dets komponenter, hvilket kan resultere i forslag om udskiftning af det eksisterende varmesystem til et større varmesystem, som kan håndtere varmebehovet i de koldeste perioder af opvarmningssæsonen
- Opsætning af flere bimålere på varme og el, så der kan udarbejdes et energiregnskab med større nøjagtighed for hver lejer

1.2 Opsumming af observerede bygningsproblematikker

Der er ved bygningsgennemgangen observeret adskillige problematikker, som influerer på den samlede bygningsdrift. Alle de observerede bygningsproblematikker er kort beskrevet herunder.

Problematikker i styringsstrategi

1. Høj indblæsningstemperatur i opvarmningssæsonen
2. Autonome køle-/varmebafler hos Novo som har negativ indvirkning på den fælles styring, og som f.eks. forårsager køling og opvarmning samtidig på samme kontor
3. Rum-/zonestyningen er meget afhængig af brugerstyring
4. Ingen sammenhæng mellem styringsstrategi for dag og nat. Der er f.eks. registreret uoverensstemmelse mellem køling i dagtimerne og opvarmning om natten i samme zone
5. Indblæsningstemperaturen beregnes ud fra den oprindelige ruminddeling og visse følere virker ustabile
6. Manuel styring af overgangen fra opvarmnings-/kølingssæson
7. Naturlig ventilation indgår kun beskedent til afhjælpning af kølebehov

Indeklimaproblematikker

8. Klimaskærmen med 2-lags energiruder uden udvendig solafskærmning resulterer i relativt højt varmetilskud fra solindfald
9. 2-lags energiruder fra gulv til loft med konvektorgrav langs vinduet giver erfaringsmæssigt trækgener og kuldestråling i vinterperioden
10. Ventilationsanlæggenes kapacitet udnyttes ikke. Denne kunne reducere behovet for mekanisk køling i sommerperioden

Øvrige observationer:

11. Belysning i fællesarealerne, såsom foyeren, er tændt i hele bygningens brugstid uanset mængden af dagslys. Der vil med fordel kunne sættes belysningsstyring med lux-følere op i disse områder, samt bevægelsessensorer i de lukkede trappeopgange
12. I de perioder af året hvor solen står lavt på himlen er der betydelig blænding i foyeren, både direkte og ved refleksion i blanke overflader

2 Bygningen

Bygningen er opført i 2002. Den er i 4 plan samt kælder, og har et samlet erhvervsareal på 8.912 m². Bygningen huser samlet ca. 180 personer, hvoraf ca. 170 af personerne er fordelt på plan 2-4. Plan 2-4 er indrettet til kontorarbejdspladser. Størstedelen af bygningens personer har enkeltmandskontorer på 13,5 m². Hver fløj har også en mindre andel dobbeltkontorer på 27 m², som typisk bliver benyttet som stort enkeltmandskontor eller delekontor til 2 personer. Derudover er der store arealer til storrumskontorer, som for de fleste fløje har meget lav persondensitet.

2.1 Varmeforbrug

Bygningen har kun en hovedmåler på fjernvarmen. Det kan anbefales at have flere bimålere på sit varmeanlæg, f.eks. på hver blandesøjfe, så man bedre kan holde styr på hvordan forbruget fordeler sig i ejendommen.

	Varmeforbrug GJ	Varmeforbrug MWh
2012	3.262	906
2013	3.452	959
2014	3.172	881

Tabel 2.1 Varmeforbruget aflæst på Minenergi.

2.2 Elforbrug

Bygningen har en hovedelmåler samt en bimåler på køleanlægget. Det er oplyst, at Fujitsu har en servercentral i kælderen, som formodes at være med på hovedmåleren. Det kan være med til at forklare det ekstremt høje elforbrug i ejendommen.

	Elforbrug MWh	Bimåler køleanlæg MWh
2012	2.471	71
2013	2.437	78
2014	2.367	78

Tabel 2.2 Elforbruget aflæst på Minenergi.

Elforbruget i ejendommen er enormt sammenlignet med tilsvarende ejendomme. Det har ikke været muligt at fastslå, hvor alt elektriciteten bruges, da der kun er én bimåler som er til køleanlægget. Ved opsætning af flere bimålere, på f.eks. servercentralen, ventilationsanlæggene m.m., ville det være muligt at fordele elforbruget.

2.3 Vandforbrug

Bygningen har en hovedvandmåler, samt en bimåler på det varme vand. Det ses på Tabel 2.3, at vandforbruget har været kraftigt stigende gennem de sidste år. Denne tendens bør undersøges nærmere. Der kan eventuelt opsættes bimålere f.eks. til køkkenet, så grunden til det stigende forbrug kan findes. Stigningen kan dog også skyldes ændret brug af bygningen, som f.eks. flere brugere.

	Vandforbrug m ³	Varmt vand m ³
2012	1.664	255
2013	1.908	289
2014	2.523	348

Tabel 2.3 Vandforbrug aflæst på Minenergi

2.4 Energipriser

Bygningens nuværende el- og varmepriser ekskl. moms og nettoafgifter er oplyst til at være henholdsvis:

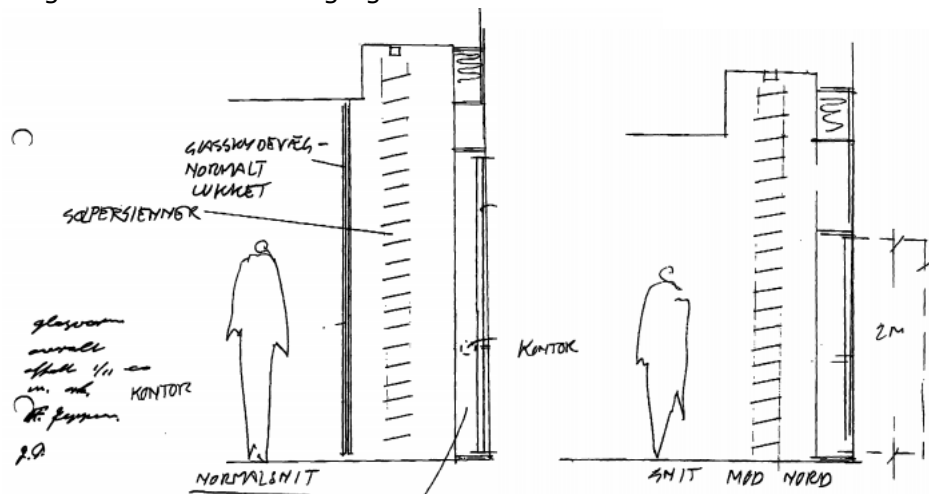
El 2,00 kr./kWh_{el}

Fjernvarme 0,75 kr./kWh_{varme}

2.5 Ændringer i bygningens design og brug

Der er ændret en del i bygningens design og brug i forhold til de oprindelige tanker og estimater.

- Bygningen er oprindelig udlagt og estimeret til at huse 440 kontoransatte. Der er på nuværende tidspunkt kun har 180 ansatte. Det kan give problemer i forhold til opvarmningen, da bygningens interne varmetilskud er kraftigt reduceret.
- Bygningen er oprindelig opført med en indvendig glasskydevæg, som det fremgår af skitserne på Figur 1. Denne væg er nu fjernet de fleste steder. Det er en væsentlig ændring på bygningens klimaskærm, og er med til at gøre bygningen mere udsat for ydre belastninger som solindstråling og kulde.



Figur 1 - skitse af ændring omkring den indvendige glasvæg

- Indretningen af kontorer er ændret fra at have været storrumskontorer, til nu primært at være énmandskontorer. Dette giver som sådan i sig selv ikke nogen problemer. Men CTS anlæggets følere og styring er ikke indrettet efter de nye forhold, hvilket giver problemer, se kapitel 4 CTS-strategi.

3 Energiscreening

Der er foretaget en energigennemgang af eksisterende installationer og konstruktioner.

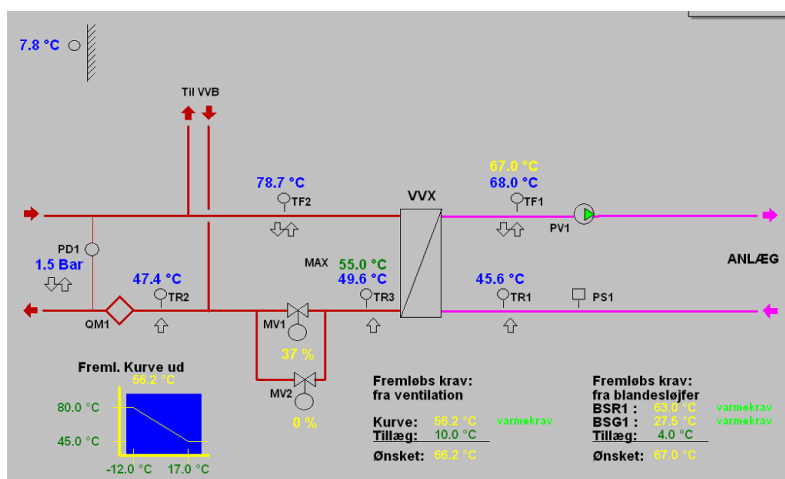
3.1 Klimaskærm og bærende konstruktioner

Bygningens klimaskærm fremstår i glas, og etagedæk og søjler i beton. Facaderne er monteret med 2-lags energiruder i metalrammer. Der er ingen udvendig solafskærmning, og kun oplyst om solfilm på ruderne i foyeren samt enkelte kontorer.

Oprindeligt er bygningen opført med en ekstra forsatsrude ca. 50 cm fra facaderuderne, hvorimellem der er aluminiumspersienner. Den ekstra rude er dog demonteret i alle afdelinger med undtagelse af Formuepleje på plan 3.

3.2 Varmeanlæg

Der er indirekte fjernvarme, se Figur 2, med blandesløjfer til hver fløj samt til ventilationsanlæggene. Bygningen opvarmes vha. konvektorgrave langs facadevinduerne. Disse er monteret med motorventiler, som er koblet til zonestyringerne på de enkelte kontorer. Foyeren er opvarmet med gulvvarme. Der anvendes natsænkning på fremløbstemperaturen til konvektorerne med 10°C parallelforskydning af varmekurven. Normaldriften er mandag-fredag kl. 5-18.



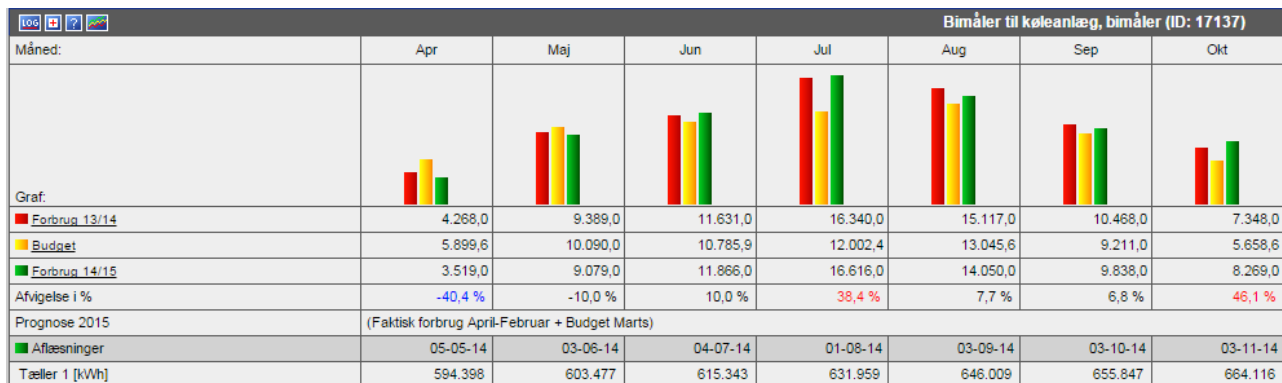
Figur 2 - CTS billede af varmeanlæg

3.3 Køleanlæg

Bygningen har et stort fælles køleanlæg, som forsyner alle ventilationsanlæggene. Der er følgende data på anlægget.

Fabrikat	Trane
Type	RTVB222
Årgang	2001
Kølemiddel	134a
Fyldning	2x74 kg

På Figur 3 ses elforbruget for køleanlægget, hvorfra driften kan vurderes. November til marts er ikke medtaget, da der stort set ikke er registreret noget forbrug.



Figur 3 - Elforbrug til køleanlæg

3.4 Ventilationsanlæg

Bygningens kontorarealer ventileres med 2 ventilationsanlæg. Anlæggene er Danvent TC-150 kombination 10. Ventilationsanlæggene er balancerede anlæg med roterende veksler, køle- og varmeblade, recirkulationsenhed, filtre etc.. Anlæggene er med VAV styring.

Anlæg 2 (VEN02) - ventilerer øst- og vestfløjen og er med separate varme- og køleflader til hver fløj, se oversigtsbillede Figur 20 i bilag.

Anlæg 3 (VEN03) - ventilerer nordfløjen, se anlæggets oversigtsbillede Figur 15 i bilag.

Øst/vest anlægget tilfører individuelt luftmængder til øst- og vestfløjen. Receptionen i stueetagen er forbundet til anlæggets vestfløj. Øst/vest anlægget er dimensioneret for en samtidighed på 75%.

Ved besigtigelsen hvor udetemperaturen var 5-10°C blev den faktiske indblæsningstemperatur målt til ca. 24,5°C.

Ventilationsanlæggenes estimerede elforbrug

VEN02 er vurderet til at køre konstant hele året, da dette anlæg går på recirkulering uden for brugstiden. VEN03 er vurderet til at køre fra kl. 5-18 alle hverdage fra marts til maj og september til oktober. Den resterende tid er VEN03 vurderet til at køre i døgndrift.

Der er estimeret et gennemsnitligt elforbrug ud fra anlæggenes målte effekt ved minimal og maksimal belastning. Det beregnede årlige elforbrug er estimeret til 69 MWh.

3.5 Naturlig ventilation

Der er meget få vinduer i bygningen som kan åbnes. Over de åbne fællesarealer er der motoriserede ovenlysvinduer, som åbner automatisk når udetemperaturen overstiger 18°C og inde-temperaturen overstiger 24,5°C. Ovenlysvinduerne indgår ikke i et natkølingsprogram.

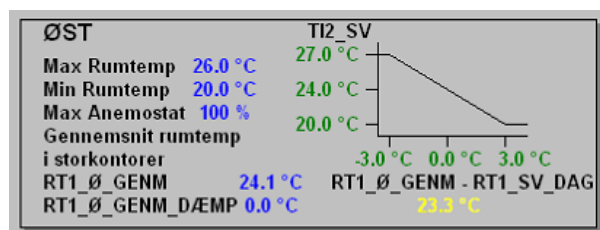
4 CTS-strategi

Der er forskel på hvordan de to ventilationsanlæg, dvs. øst/vestanlægget og nordanlægget, styres. Derfor er der i det følgende et kapitel for hvert ventilationsanlæg.

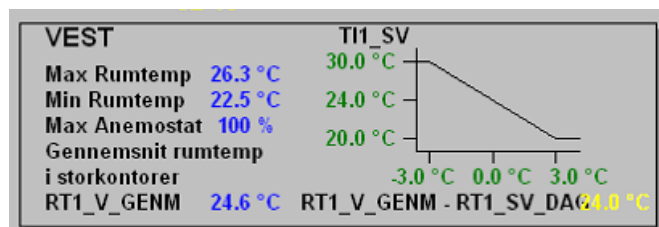
4.1 Ventilationsanlæg 2 - øst/vest

Øst/vestanlægget styres ud fra den gennemsnitlige rumtemperatur i hver fløj. Som det ses på Figur 21 til Figur 27 (bilag) er det kun meget få følere som indgår i beregningen, og hovedsageligt kun følerne i storkontorerne. Den ønskede indblæsningstemperatur er beregnet ud fra lokaler, hvor det estimeres at kun ca. 20% af de ansatte opholder sig.

Temperaturstyringen til øst-/vestanlægget bliver som nævnt beregnet ud fra rumfølere i hver fløj, og den gennemsnitlige temperatur i hver fløj bruges på kurverne på Figur 4 og Figur 5 til at bestemme den ønskede indblæsningstemperatur i opvarmningssæsonen. Til østfløjen kan den ligge i intervallet 20-27°C og i vestfløjen 20-30°C. Styringen skal opretholde en temperatur mellem 20-26°C i øst og 22,5-26,3°C i vest. Da der er separate varme- og køleflader til hver fløj er det teknisk muligt at opretholde individuelle temperaturer i de to fløje.



Figur 4 - Styringsparametre Øst, vinter

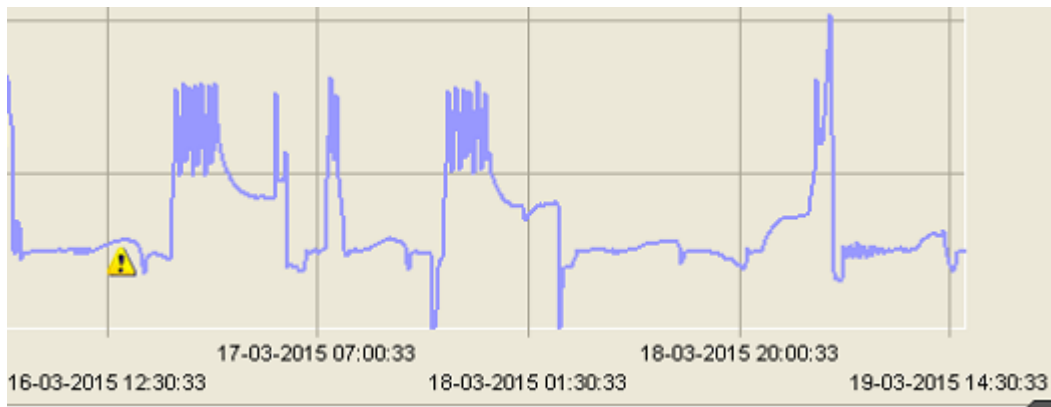


Figur 5 - styringsparametre Vest, vinter

Det er oplyst, at temperaturkurven manuelt justeres ved overgang fra vinter- til sommersæson. Indblæsningsintervallerne bliver tilrettet til 16-20°C af driftsmester Mogens Larsen.

4.2 Ventilationsanlæg 3 - nord

I dagtimerne bliver anlægget styret efter anemostaternes stillinger i zonerne. I opvarmningssæsonen kan indblæsningstemperaturen ligge i intervallet 20-28°C. Hvis én anemostat står på 100% åben og dermed kalder på køl vil indblæsningstemperaturen til hele fløjen være 20°C uanset de andre anemostaters stilling. Hvis der ikke er en anemostat der er 100% åben vil indblæsningstemperaturen være 28°C. Dette afspejler sig i Figur 6. Det fremgår også at det i nattetimerne bliver prioriteret at holde bygningen varm, uanset om ventilationsanlægget i dagtimerne har forsøgt at køle bygningen. Dette vil specielt være et dilemma i overgangsperioderne.



Figur 6 - Temperaturkurve for indblæsning

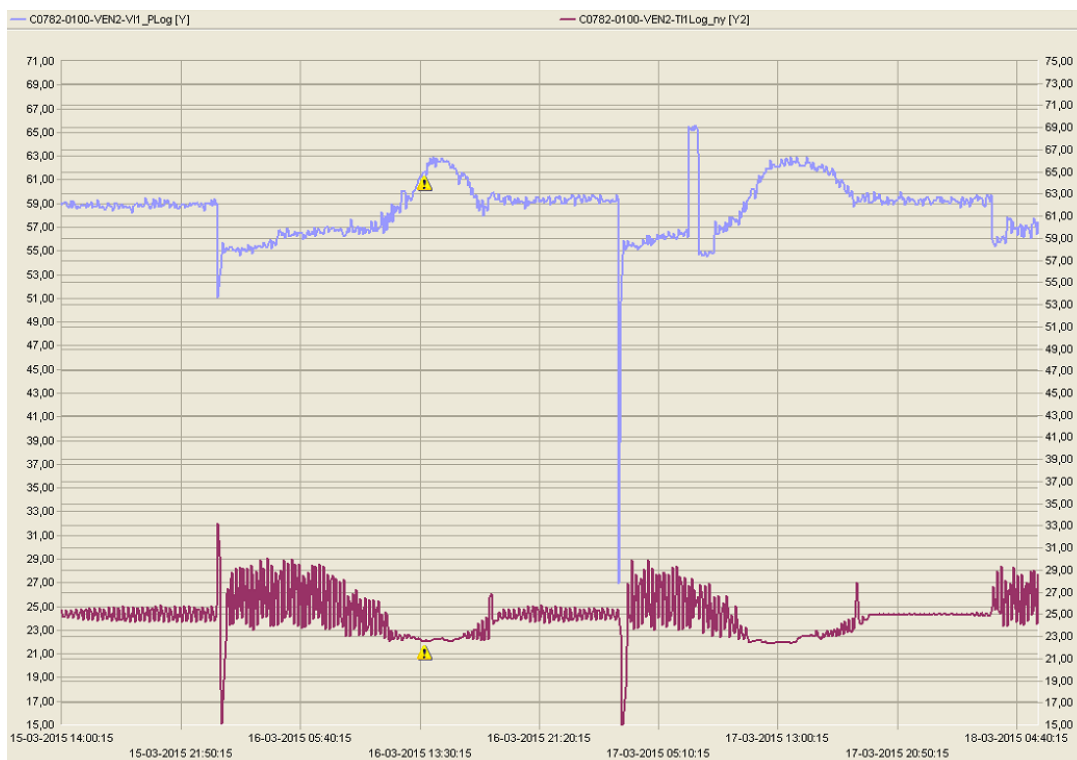
Udklip fra beskrivelsen af CTS-strategi: "Ønskeværdien for indblæsningstemperaturen styres af det rum i betjeningsområdet, der har størst kølebehov, således at indblæsningsanemostaten er netop 100% åben. Når indblæsningsanemostaten begynder at lukke, hæves ønskeværdien for at fastholde åben anemostat."

5 Logninger

For at lokalisere hvordan anlæggene rent faktisk kører er der sat logninger på ventilatorer, temperaturer, motorventiler mm. I det følgende er disse logninger vist og kommenteret.

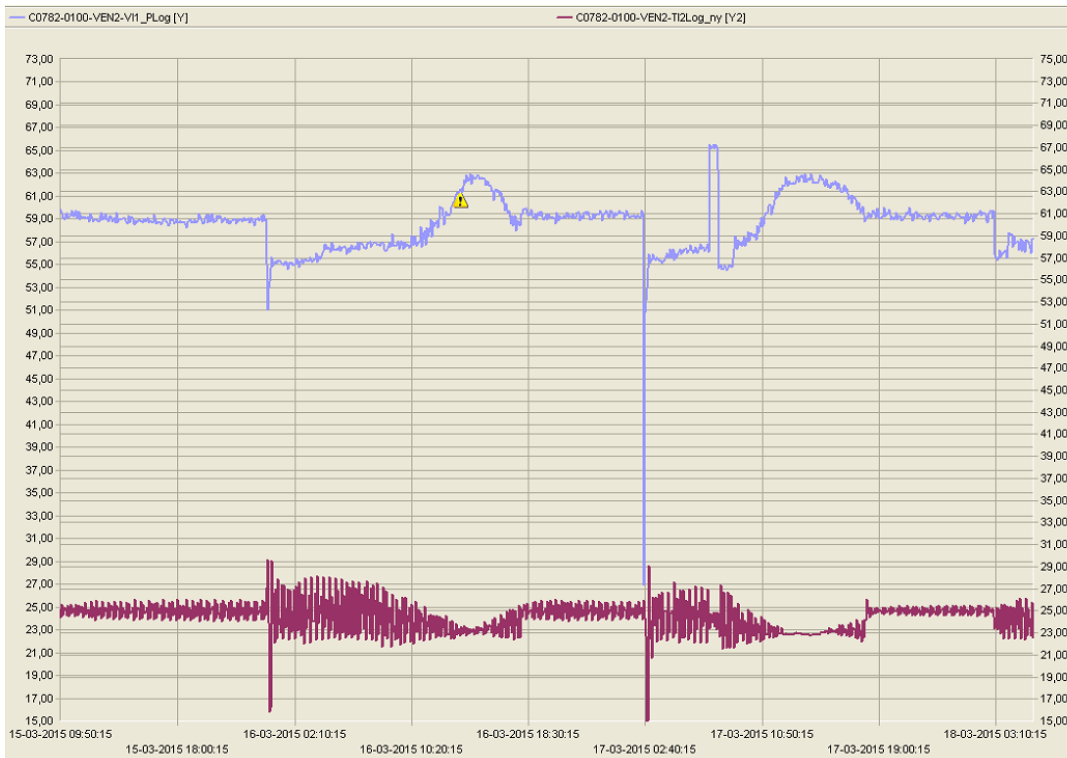
5.1 Ventilationsanlæg 2, Vest og øst

Anlægget er i konstant drift, som det også fremgår af logningen på Figur 7. Den blå linje hører til primæraksen og er ventilatorhastigheden i procent og den røde linje der hører til sekundæraksen er indblæsningstemperaturen til vestfløjen. Som det fremgår er der meget lille variation i luftmængderne over døgnet og ved målinger er det også konstateret at det er tilfældet. Ved at kigge nærmere på indblæsningstemperaturen ses det, at den ligger konstant omkring 24°C i dagtimerne, og at den stiger til omkring 27°C om natten samt at den svinger noget.



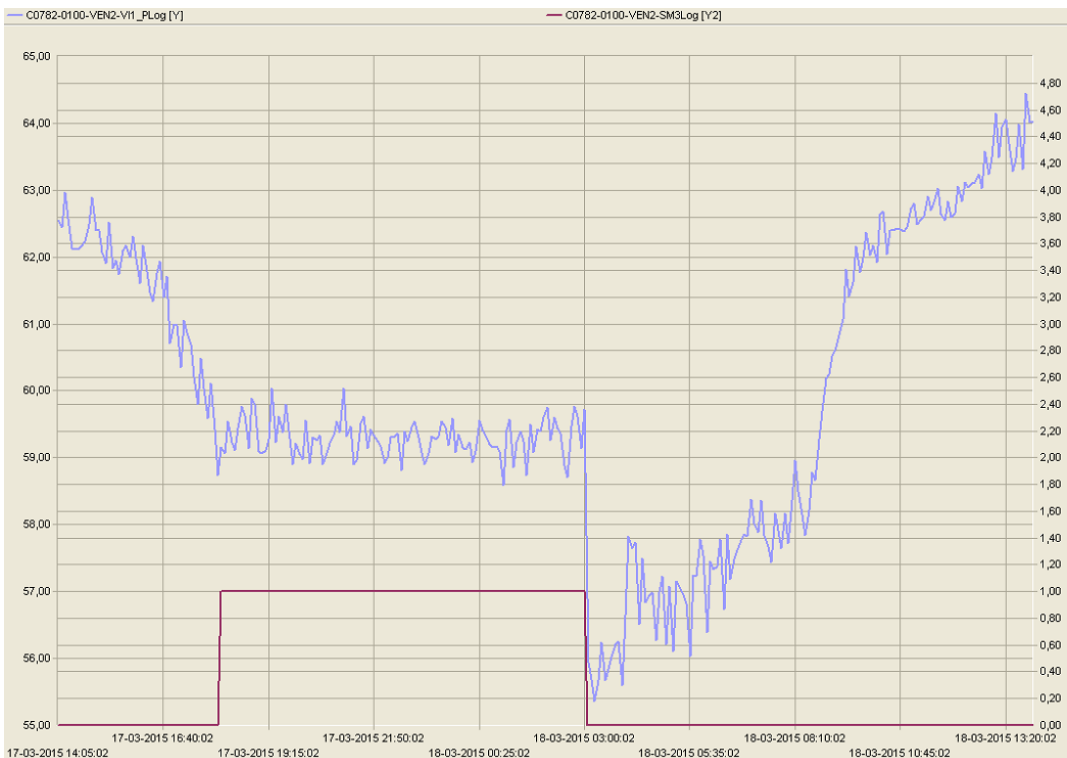
Figur 7 - Indblæsningstemperatur og indblæsningsventilator, Vest

Indblæsningstemperaturen til østfløjen, se Figur 8, ligner meget den til vestfløjen, men med mindre udsving om natten.



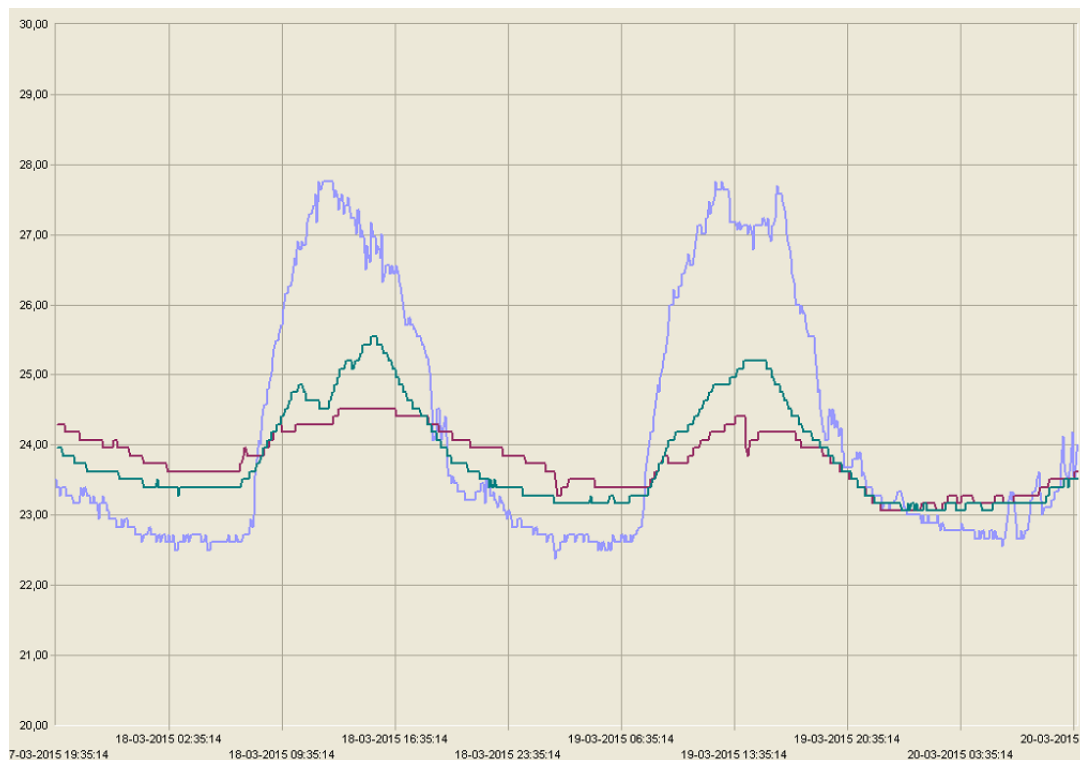
Figur 8 - Indblæsningstemperatur og indblæsningsventilator, Øst

Ved at sammenholde indblæsningstemperaturen med recirkuleringsspjældet, se Figur 9, ses det at der om natten kun recirkuleres og udsugningsventilatoren er derfor slukket.



Figur 9 - Indblæsningsventilator og recirkulerings spjæld

På Figur 10 er temperaturkurverne for de tre plan i vestfløjen vist. Den grønne kurve er plan 2, den røde kurve er plan 3 og den blå kurve er plan 4. Som nævnt tidligere i rapporten, så er der på plan 2 og 3 eftermonteret autonome varme-/kølebafler (hos Novo), og disse har meget tydeligt indflydelse på rumtemperaturerne. Da indblæsningstemperaturen bestemmes ud fra rumtemperaturerne indvirker kølebaflerne hos Novo negativt på plan 4.

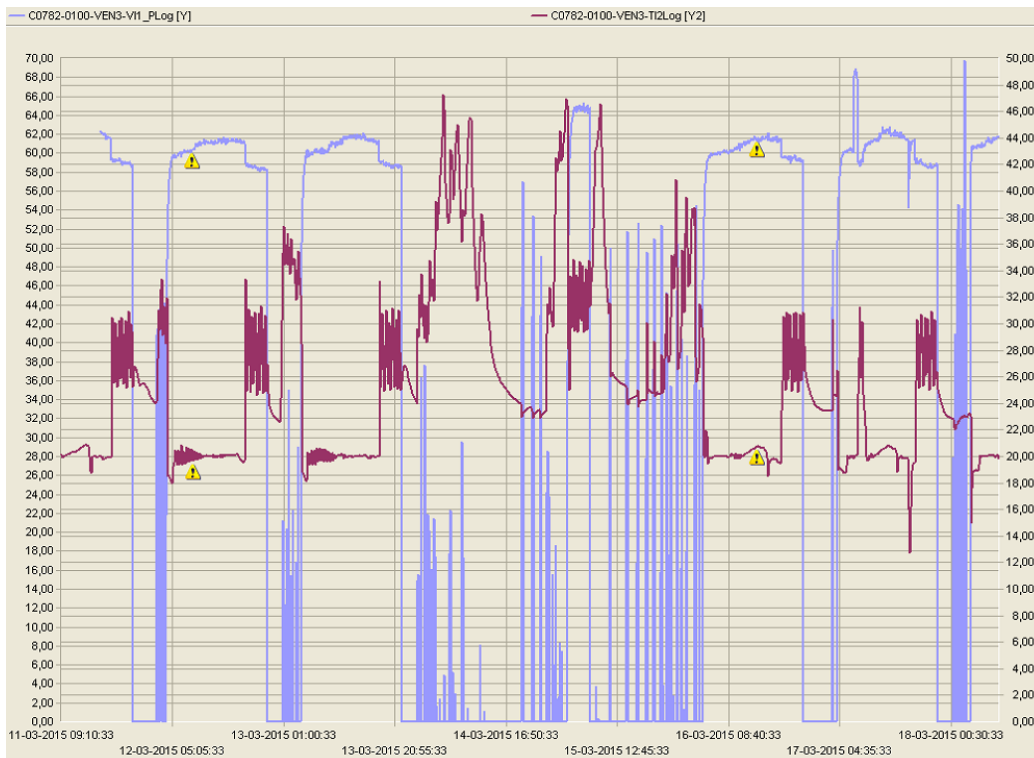


Figur 10 - Rumtemperaturen plan 2-4, Vest

5.2 Ventilationsanlæg 3, nord

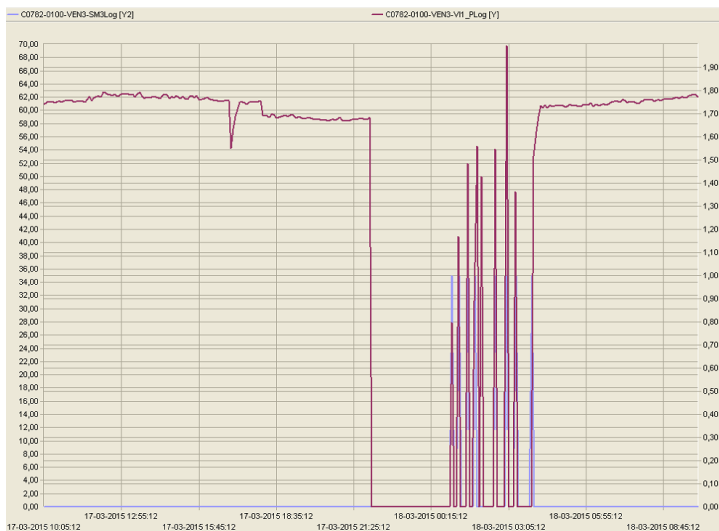
For at kortlægge den egentlige drift af ventilationsanlægget for nordfløjen i sammenhæng med indblæsningstemperaturen er disse parametre sammenholdt på Figur 11. Den primære y-akse hører til den blå kurve og viser ventilatorens hastighed i procent. Den sekundære y-akse er indblæsningstemperaturen målt lige efter varmefladen.

Af figuren fremgår det, at ved den normale dagdrift er indblæsningstemperaturen 20°C i tidrummet kl. 6-16. Herefter stiger indblæsningstemperaturen til 28°C (der er registreret 26-30°C). Efter kl. 18 går anlægget på natdrift, hvor indblæsningstemperaturen skal bidrage til at holde bygningen over 21°C. Jf. CTS-beskrivelsen skal dette ske ved at indblæse med 32°C. Når der ses nærmere på indblæsningstemperaturen kan det konstateres, at den ofte ligger langt over 32°C. Det ser ud til at dette skyldes kanalopvarmning fra varmefladens restvarme, når anlægget ikke er i drift.



Figur 11 – Indblæsningstemperatur og indblæsningsventilator, plan 2-4

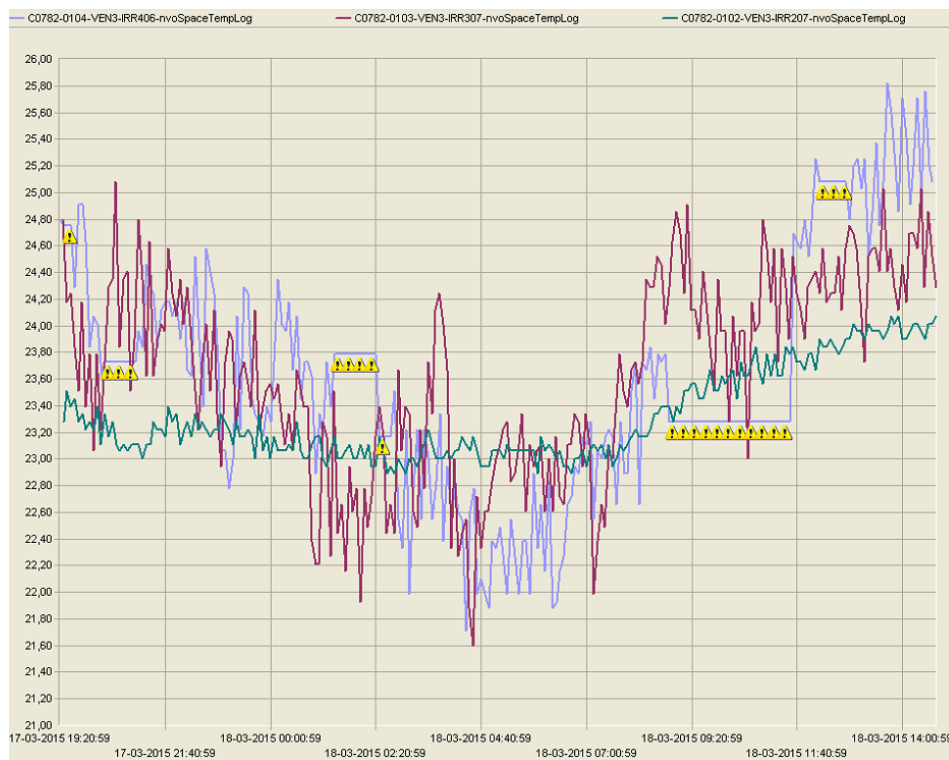
For at undersøge natdriften nærmere er der også logget på recirkuleringsspjældet. På Figur 12 er sammenhængen mellem ventilatoren og spjældet vist, hvor spjældindstilling er på sekundæraksen. Det fremgår, at der er fuld recirkulering om natten, når anlægget er i drift. Den blå linie er recirkuleringsspjældet.



Figur 12 - Indblæsningsventilator og recirkuleringsspjæld

Indblæsningen i nordfløjen er opdelt i to hovedafgreninger, en til reception og motionsrum og en til kontorerne på plan 2-4. I denne opgave er der fokuseret på kontorerne. Der er afbilledet rumtemperaturer for de tre plan på Figur 13. Grøn linie er plan 2, rød er plan 3 og blå linie er plan 4. Der er antydninger af at rumfølerne på plan 3 og 4 bør efterses, da det ikke virker

realistisk at rumtemperaturen har så mange og store udsving over relativt korte perioder. Det ses ligeledes at der er mange udfald på den blå linie, markeret ved de gule advarselstrekanter. Når graferne på Figur 13 sammenholdes med logninger fra opsatte IC-metre, viser der sig et mere stabilt mønster, hvor temperaturen i den målte periode ligger mellem 22,5°C og 25°C. Det er dog meget problematisk at man i CTS styringen styrer efter de afbillede følere, da det kan resultere i svingninger længere tilbage i systemet, f.eks. på varmepladen.



Figur 13 - Rumtemperaturer plan 2-4

6 Indeklima

6.1 Indeklimaobservationer

Belysningen i fællesarealer er tændt hele dagen. Det gælder også de mest solrige dage. Dette er u hensigtsmæssigt for energiforbruget og medfører desuden periodevis et øget kølebehov.

Vinduerne er med 2-lags energiruder, hvilket tillader relativt højt varmetilskud fra solindfaldet i bygningen. Det øger kølebehovet på solrige sommerdage.

Bygningens solafskærmning kører automatisk ned og afskærmer bygningen fra kl. 22 til 6 om morgenen. I brugstiden styres den manuelt af brugeren.

De fleste personer har eget kontor, som typisk er 13,5 m². Dernæst er der dobbeltkontorer, som typisk er indrettet til én eller to personer. Hver fløj har derudover storrumskontor, uden udvendigt facadeareal, som har meget lav persondensitet. Densiteterne for de tre hyppigste kontortyper i bygningen, er listet i Tabel 6.1.

Tabel 6.1 - Persondensiteten i bygningens typiske kontortyper

Kontortype	Areal [m ²]	Persondensitet [m ² /person]
Enkeltmandskontor	13,5	13,5
Dobbeltkontor	27	13,5-27
Storrumskontor	100-300	25-50

Persondensiteten er generelt lav på alle etager, hvilket bidrager positivt til nedkølingen i sommerperioden, mens det kræver ekstra opvarmning om vinteren. Den primære kilde til overopledning i sommerperioden er solindfaldet.

Kontorpladserne er hver indrettet med bærbare computere, computerskærme samt fastnettelefoner.

Indblæsningstemperaturen blev registreret til over 24°C ved armaturerne, hvilket hæmmer opblanding af luften i rummene.

Indblæsningstemperaturen på 24°C blev bekræftet af driftsmester Mogens Larsen, som fortalte at i opvarmningssæsonen bliver der styret med konstant varme og ventilation efter et sætpunkt på 24°C. Indblæsningstemperaturen på 24°C er valgt ud fra at minimere indeklimaklager. Den høje indblæsningstemperatur antyder at varmeanlægget ikke selvstændigt kan yde tilstrækkelig opvarmning i vinterperioden.

Der er noteret, at der er eftermonteret af køle-/varmebafiler på Novo's kontorer, som ikke er styret af bygningens CTS anlæg. Dette har uheldig indflydelse på bygningens styring over CTS anlægget, og medfører dårlig styring af indetemperaturerne på de resterende etager i vestfløjen. Placeringen af de eftermonterede bafiler er ligeledes u hensigtsmæssig, hvilket fremgår af Figur 14. Det der konkret er sket i måleperioden er, at Novo ønsker en indetemperatur under 24°C, mens det mekaniske ventilationsanlæg har et sætpunkt for indblæsningen på 24°C. Det bevirker, at ventilationsanlæggets styring registrerer behov for opvarmning pga. den lavere rumtemperatur hos Novo, hvilket bevirker at der sker opvarmning hos samtlige lejere i denne del af bygningen (vestfløjen). Helt aktuelt har det vist målinger på 22,5°C hos Novo, mens der samtidig er 26,5°C på etagen hos Rønne og Lundgren.



Figur 14 - Placering af aircondition ved siden af mekanisk ventilationsarmatur

De indblæste luftmængder var ofte over 18 l/s pr. person, hvilket anses som en relativ høj ventilationsmængde under belastningsforholdene på måletidspunktet. Belastningsforholdene var en solrig dag i starten af marts med udetemperatur på ca. 10°C.

Der er ikke blevet observeret trækgener fra hverken ventilationsarmaturer eller vinduespartier. Dette kan skyldes den høje indblæsningstemperatur.

Der har tidligere været trækgener ved receptionen i stueetagen, som var forårsaget af ovenlysvinduerne. Sætpunkterne for åbning af disse er derfor blevet justeret, så de kun åbner på varme sommerdage. Åbningsintervallet er sat til 60 sekunder, hvilket tidligere har resulteret i ovennævnte trækgener ved receptionen. Det foreslås, at ovenlysvinduerne har et kortere åbningsinterval, således at trækgener minimeres i stueetagen. Det vurderes, at naturlig ventilation fra ovenlysvinduerne kan reducere kølebehovet for bygningen.

Det er oplyst af bygningens driftsmester Mogens Larsen, at der tidligere har været klaget over støjgener fra armaturerne, så der er den maksimale indblæsningsmængde er blevet nedjusteret. Der blev ikke observeret støjgener fra armaturerne i måleugen.

Mogens Larsen skifter manuelt fra opvarmnings- til nedkølingssæson, hvilket giver indeklimagener i overgangsperioderne. Indeklimagenerne er oftest fra bygningens østfløj, som ligger udsat ift. solvarmetilskud og vindbelastning.

Mogens Larsen har oplyst, at der oprindeligt var monteret indvendigt glas ca. 50 cm fra udvendigt vindue ligesom det stadig er monteret i afdelingen for Formuepleje i dag.

Indeklimalogninger (Måleperiode: 10. - 24. marts 2015)

Der er foretaget periodemålinger, som supplement til øjebliksmålingerne. Disse målinger har registreret indetemperatur, relativ luftfugtighed og CO₂ koncentration på ni udvalgte kontorer samt receptionen i stueetagen.

Indetemperatur

Der er generelt målt høje indetemperaturet i bygningen. Det ses, at middeltemperaturen typisk ligger omkring 24°C, hvilket også er det ønskede sætpunkt for indetemperaturen jf. CTS styringen. Størstedelen af de målte kontorer har indetemperaturet omkring 26-28°C om eftermiddagen. I ét af kontorerne er der målt en indetemperaturer over 30°C i måleperioden. Dette kontor har i øvrigt så lave udsving i CO₂ koncentration, at det tyder på lav eller ingen benyttelse af kontoret i måleperioden.

Relativ luftfugtighed

Den relative luftfugtighed ligger generelt på 20-30%, hvilket anses for et lavt niveau. Ved lavere indetemperaturet vil den relative luftfugtighed stige, og dermed vil det samlet give en højere komfort i rummet.

CO₂ koncentration

Det anbefales, at CO₂ koncentrationen ikke overstiger 1.000 ppm i længere perioder af brugstiden. Den højeste koncentration i bygningen er målt til 850 ppm. CO₂ koncentrationerne er målt helt ned til 350 ppm, hvilket svarer til udeluft. Den generelle CO₂ koncentration i arbejdstiden er mellem 500 og 600 ppm. Det er meget lave niveauer, hvilket antyder at luftskiftet er mere end tilstrækkeligt.

6.2 Antagelser for bygningen

Arbejdsdagene er oplyst af Margit Larsen, divisionssekretær hos Rønne og Lundgren, til at være mellem kl. 8-17. Antallet af personer er som vist i Tabel 6.2.

Tabel 6.2 - Personfordeling

	Personantal på etagen
Plan 2	40
Plan 3	65
Plan 4	65

Personerne i bygningen kan antages at have den samme beklædning hele året rundt. Beklædningsstypen antages i dette tilfælde at være 1,0 clo for mænd (svarende til jakkesæt) og 0,7 clo for kvinder (svarende til bukser og skjorte/trøje). Det antages, at mændene i sommersæsonen ikke går med jakke på hele dagen, og dermed i denne periode har den samme påklædningsværdi på 0,7 clo som kvinderne.

Aktivitetsniveauet for typisk kontorarbejde antages at være 1,2 met. Dette svarer til den fysiske aktivitet ved computerbetjening o. lign skrivebordsarbejde.

- Personvarmebelastning er vurderet til 120 W pr. person, som svarer til stillesiddende kontorarbejde.
- Varmetilskud fra udstyr er vurderet til 60 W + 20 W pr. person (1 bærbar computer + computerskærm + fastnettelefon pr. person)
- Belysning 2 x T5 lysstofrør er vurderet til samlet 60 W pr. person

6.3 Ønsket indeklima

Indetemperaturen i den registrerede periode var for høj i brugstiden i størstedelen af zonerne. Der blev målt indetemperaturen over 25°C i størstedelen af de øst- og vestvendte kontorer. I opvarmningssæsonen anbefales en indetemperatur 22°C.

I sommersæsonen anbefales en indetemperatur på 23-26°C.

Der tillades ikke indetemperaturen over 26°C i mere end 100 timer af brugstiden, og ligeledes højst 25 timers brugstid over 27°C.

6.4 Anbefalinger til forbedret indeklima

Varmeanlægget bør fungere som primær varmekilde til opvarmning. Det er en uholdbar løsning at benytte ventilationen som opvarmingskilde. Det interfererer med opblandingen af luften, og er samtidig en dyrere måde at opvarme på. Indeklimalogningerne viste tegn på meget høje luftskifter, hvilket kan hænge sammen med at ventilationsanlæggene bruges til opvarmning. Indblæsning med undertemperatur tilfører følelse af friskluft og fordeler også indblæsningsluften bedre gennem forbedret opblanding.

Konvektorerne langs facaderne er erfaringsmæssigt en dårlig løsning sammen med termoruder fra gulv til loft, da den anvendte type konvektorer har meget lille varmeafgivelse. Denne løsning kan resultere i gener fra træk og kuldestråling som følge af utilstrækkelig varmetilførsel.

Bygningens nuværende muligheder for at eliminere varmen fra solindfaldet er minimale. Beregninger for bygningens mest udsatte zoner viser, at indetemperaturen på over 30°C er uundgåelige i de hårdest belastede perioder af året. Dette skyldes de uforholdsmæssig store vinduesarealer ift. kontorernes størrelse. Vinduerne er med termoruder, hvilket tillader højt solvarmetilskud. Et af de hårdest belastede kontorer er dobbeltkontorerne, som både har en sydvendt og øst-/vestvendt facade. Som det ses på Tabel 6.3 er disse kontorer udsat for ekstra stort solvarmetilskud.

Det anbefales at opsætte solfilm på alle termoruderne. Det kan reducere solvarmetilskuddet med ca. 50%, og bringe indetemperaturen ned på et mere acceptabelt niveau.

Tabel 6.3 – Maksimale varmetilskud uden solfilm i spidsbelastet periode

	Maksimale varmelastninger				
	Facadeorientering [-]	Solvarmetilskud [W]	Personer, PC'er [W]	Belysning [W]	I alt [W]
Enkeltmandskontor	Øst, vest	4.540	200	60	4.800
Enkeltmandskontor	Nord	1.460	200	60	1.720
Dobbeltkontor	Øst, vest	15.880	400	120	16.400

7 Optimeringsforslag og konklusioner

Efter at have gennemgået ejendommen på Tuborg Havnevej 19 er vi kommet frem til en række tiltag, som vil kunne optimere ejendommens energiforbrug. En positiv bivirkning på flere af forslagene er at indeklimaet forbedres. Nedenfor er listet de energioptimeringsforslag som Teknologisk Institut anbefaler gennemført.

- Det foreslås at optimere belysningen i fællesarealerne. Det er oplyst, at der er ca. 800 halogenspots med en gennemsnitseffekt på 35 W. Disse vurderes at være tændt 3.000 timer om året, svarende til et elforbrug på 84.000 kWh. Ved at udskifte til LED spots og etablere lysstyring med luxfølere samt inddeling i relevante zoner vurderes det at driftstiden kan bringes ned på ca. 2.000 timer samt at spottenes effektoptag vil være på 5 W i gennemsnit, svarende til et forbrug på 8.000 kWh. Forslaget vurderes at give en besparelse på 76.000 kWh/år. Til besparelsen skal også lægges en besparelse på elektriker timer til udskiftning af spots samt selve halogenlyskilden, da LED spots og lyskilder typisk har en levetid som er 3-5 gange så lang. Forslaget vurderes at koste i omegnen af 1.500.000 kr.
- En general opdatering og optimering af det eksisterende CTS-anlæg, hvor nedenstående underpunkter medtages. Det er estimeret at ændringerne vil kunne give en varmebesparelse på 15% af det nuværende forbrug samt en mindre elbesparelse. Det vurderes, at den nye CTS-styringsstrategi kan implementeres for 1.000.000 kr.
 - Det anbefales, at der etableres automatisk skift mellem opvarmnings- og kølings-sæsonen, og at der eventuelt programmeres et temperatursæt for overgangsperioderne. Dette anbefales gjort ud fra udetemperaturen. Derudover bør der oprettes en kalender med faste lukkedage, så der kan køres med weekendfunktion på disse dage. Dette skal også ske automatisk.
 - Der anbefales, at ændre vægtningen af kontorarealerne i CTS styringen for øst- og nordanlæggene, så de udsatte kontorer med udvendig facade er medtaget i styringen. På nuværende tidspunkt er CTS styringen justeret efter de termiske forhold i storrumskontorerne, hvilket er uhensigtsmæssigt grundet den lave persondensitet i disse områder samt den langt mere stabile rumtemperatur. Det foreslås, at zonerens temperaturgennemsnit beregnes ud fra kontorerne langs facaderne, hvor kontorerne med minimums- og maksimumstemperatur ikke medregnes i gennemsnittet. Dermed elimineres eventuelle ekstremer i den kollektive vurdering af det termiske indeklima. Dette vil reelt kunne medføre et øget varme- og kølebehov, da det eksterne tilskud vil blive registreret tidligere end ved den nuværende CTS styring. Det vil dog medføre et langt bedre indeklima i kontorerne.
 - Det anbefales at Plan 4 vest skal være den styrende etage for vestanlæggets ventilation. Dermed elimineres indflydelsen fra Novo etagerne, som hidtil har bevirket ukomfortable temperaturforhold på plan 4. Det optimale vil være at få tilkoblet alle Novos autonome kølebafler hos Novo til CTS-anlægget, så der derved kan undgås køling og opvarmning i samme zone, og så styringen kan tage højde for de ekstra krav. Begge løsninger vil forbedre indeklimaet. Hvor stor en besparelse der vil kunne opnås ved tiltaget er meget afhængig af nuværende brug af baflerne hos Novo og derved hvor meget modspil der er i systemet. Ved at koble

baflerne på CTS styringen vil al modspil blive elimineret, men dette er også en væsentligt dyrere løsning end ved blot at ændre i prioriteringen.

- Det anbefales, at benytte ovenlysvinduer til natkøling i kølingssæsonen. Hermed kan komforttemperaturen nemmere overholdes i brugstiden.
- For at optimere styringen anbefales det, at der i styringsstrategien programmeres en overstyringsfunktion til alle anemostaterne, så styringen ikke er så afhængig af brugernes indstillinger. Det vil specielt kunne afhjælpe og forbedre indeklimaet i de koldeste og varmeste perioder. Hvordan det vil afbillede sig i selve regulatoren på det enkelte kontor er uvist.
- Som supplement til de fem ovenstående punkter kan det også anbefales, at ændre indblæsningstemperaturen på ventilationsanlægget, så der indblæses med under-temperatur for bedre opblanding i zonen. Indblæsningstemperaturen bør være ca. 1°C under sætpunktet for rumtemperaturen. Dertil anbefales at reducere luftskiftet i opvarmningssæsonen, så ventilationsanlæggenes varmeforbrug reduceres. Desuden anbefales det at foretage en analyse af varmeanlæggets konvektor-kredse med det formål at fastslå om konvektorerne samt varmesystemet generelt er i stand at levere tilstrækkelig varme til bygningen. Det kan være nødvendigt at opsætte nye konvektorer/radiatorer for at kunne varme bygningen tilstrækkeligt. Dette forslag er ikke indregnet i besparelsen.
- Der foreslås montering af solfilm på alle relevante facadevinduer, da det vil nedbringe varmetilskuddet fra solindfaldet med ca. 50%. Det vil reducere antallet af timer med overtemperatur i de varmeste perioder og dermed stabilisere indetemperaturudviklingen over dagen. Det bør nævnes at solfilm giver ruden en mørktonet effekt, som vil nedsætte det klare lys en smule. Da vi ikke er bekendt med den aktuelle overtemperatur samt i hvor stor grad køleanlægget er i stand til at nedbringe den, er det ikke muligt at udregne en decideret besparelse på køling. Hvis det nuværende kølebehov er større end der kan leveres vil besparelsen være minimal, men forbedringen af indeklimaet vil være stor. Hvis kølebehovet derimod svarer til den køleeffekt der kan leveres vil der opnås en relativ stor besparelse, men der vil ikke kunne mærkes en særlig ændring i indeklimaet.
- Det anbefales at opsætte bimålere på varme og el, så der kan laves energiregnskab med større nøjagtighed. Det vil give en mere fair udgiftsfordeling, -specielt på el hvor den nuværende regning er enormt høj. Det anbefales som minimum at sætte en elmåler på servercentralen og en varmemåler på blandesløjferne for varmesystemet. Derudover kan der sættes elmålere på ventilationsanlæg og på hver etage/udlejer.

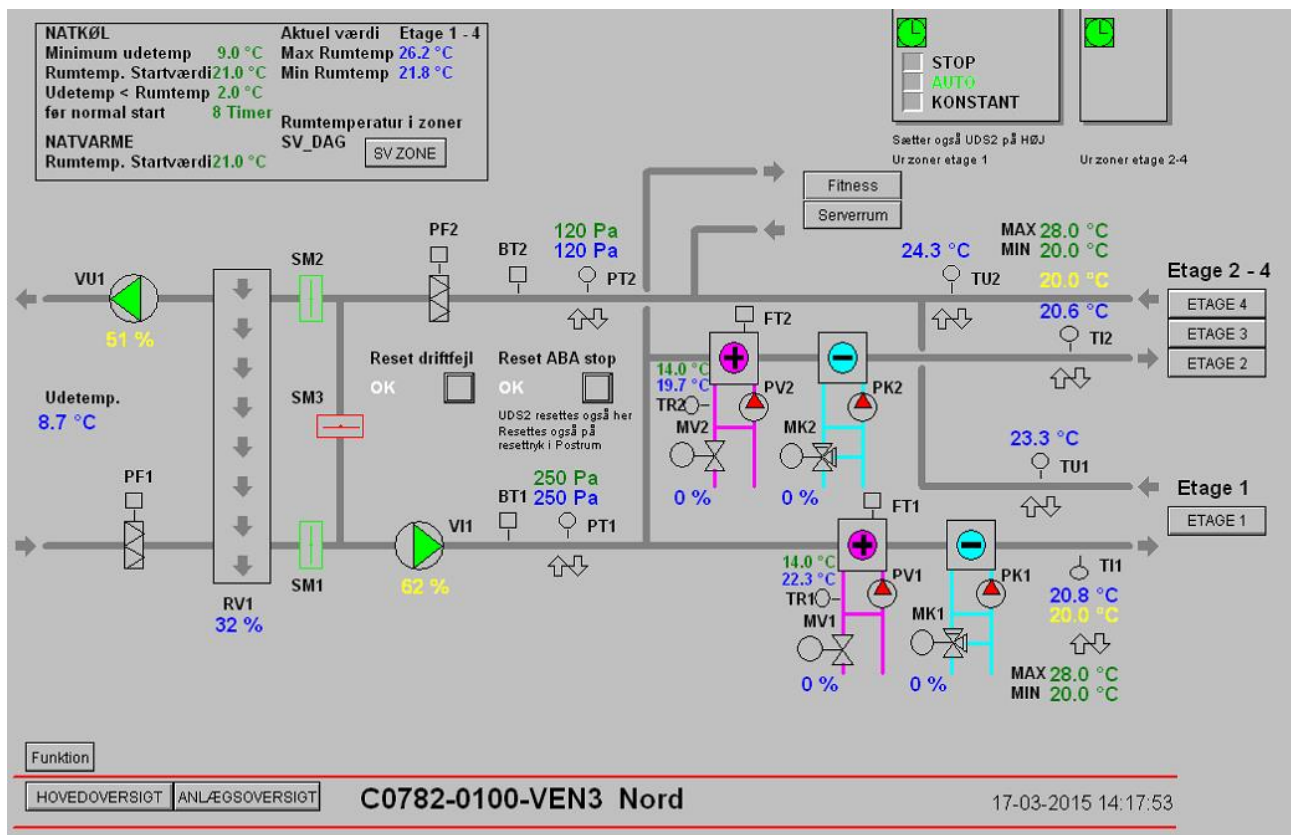
8 Bilag

SV FOR ZONESTYRRINGER BYGNING C0782

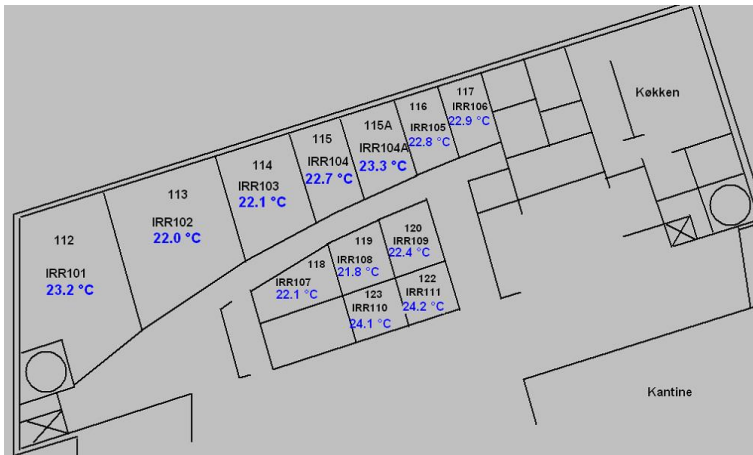
VEN 2	ETAGE 1	ETAGE 2	ETAGE 3	ETAGE 4
ØST ZONER SV		22.0 °C	24.0 °C	24.0 °C
		23.8 °C	25.3 °C	24.9 °C
VEST ZONER SV	24.0 °C	24.0 °C	24.0 °C	24.0 °C
	23.8 °C	23.5 °C	23.7 °C	25.2 °C
VEN 3	ETAGE 1	ETAGE 2	ETAGE 3	ETAGE 4
NORD ZONER SV	24.0 °C	24.0 °C	24.0 °C	24.0 °C
	22.6 °C	22.6 °C	23.6 °C	24.6 °C

8.1 Nord

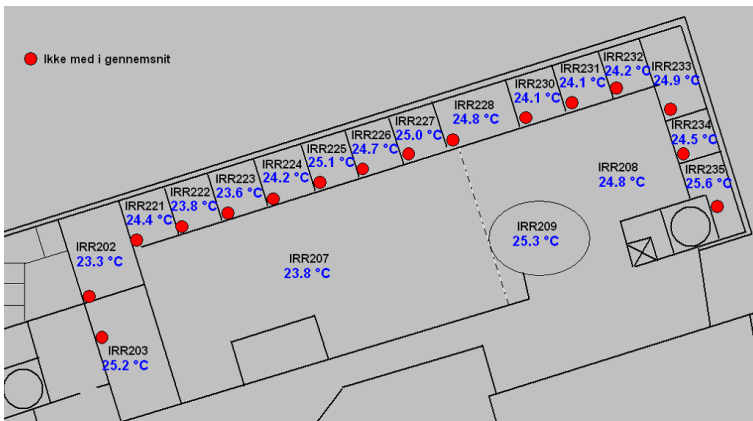
Oversigtsbillede



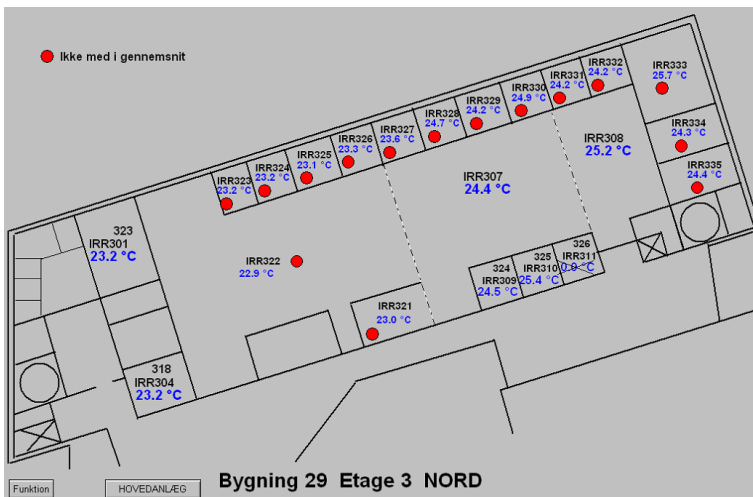
Figur 15 - Ventilationsanlæg til nordfløjen



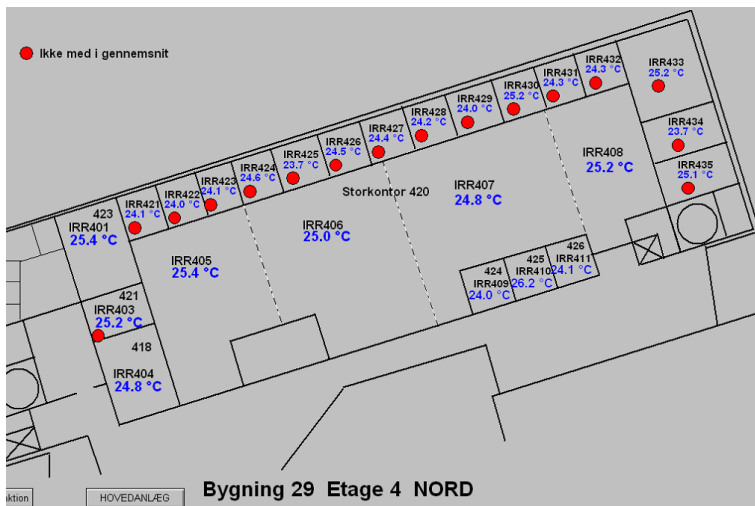
Figur 16 - Plan 1 nord, indetemperaturmålinger på CTS anlæg



Figur 17 - Plan 2 nord, indetemperaturmålinger på CTS anlæg

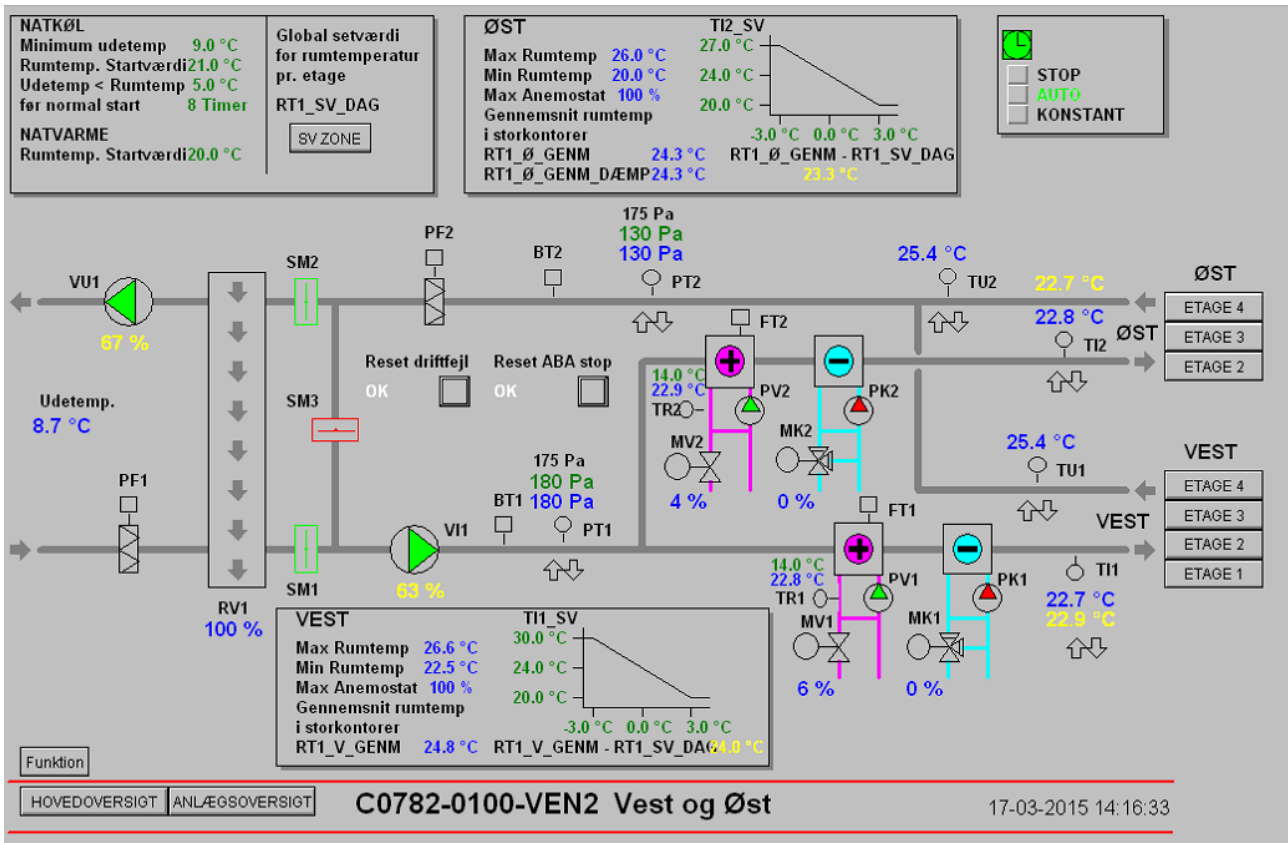


Figur 18 - Plan 3 nord, indetemperaturmålinger på CTS anlæg

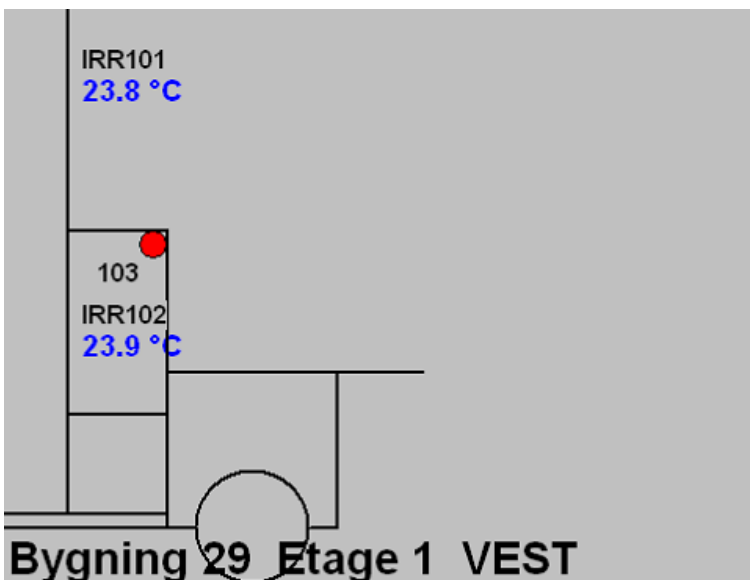


Figur 19 - Plan 4 nord, indetemperaturmålinger på CTS anlæg

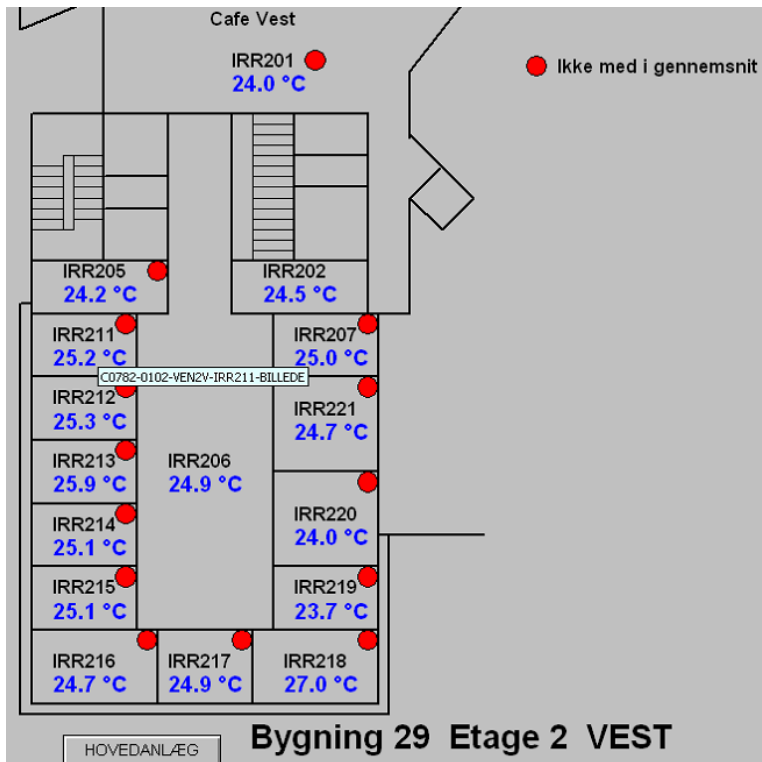
8.2 Vest/øst



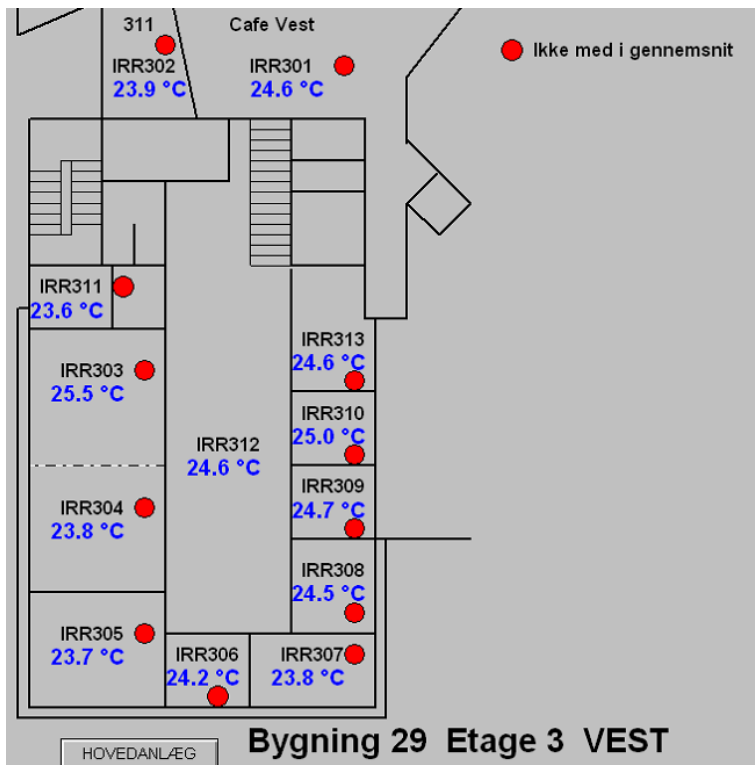
Figur 20 - Ventilationsanlæg til vest/øst-fløjen



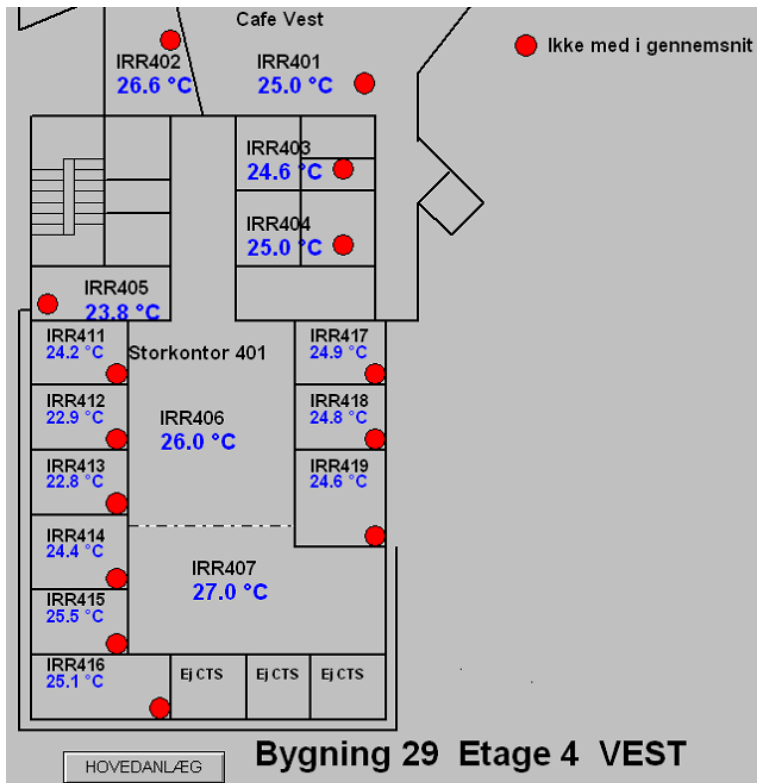
Figur 21 - Plan 1 vest, indetemperaturmålinger på CTS anlæg



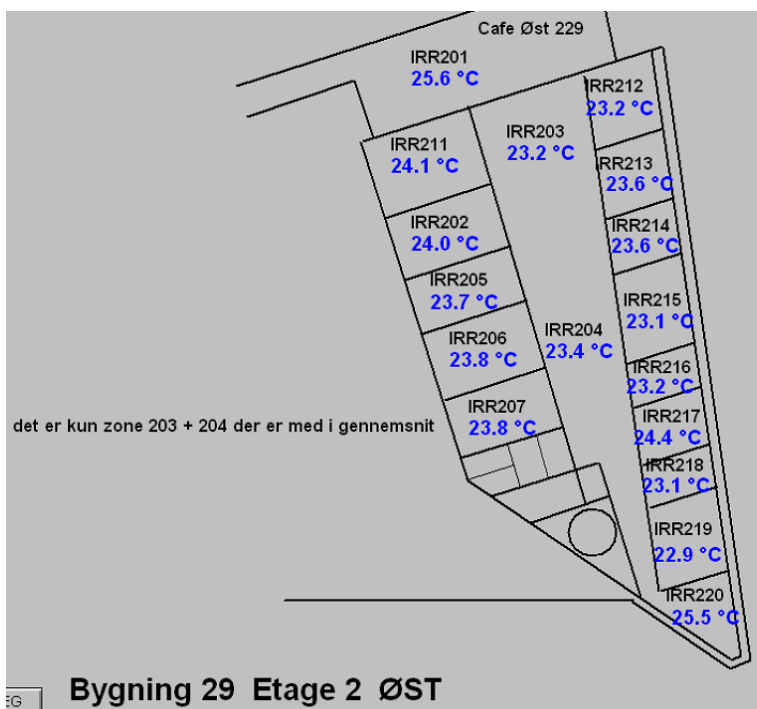
Figur 22 - Plan 2 vest, indetemperaturmålinger på CTS anlæg



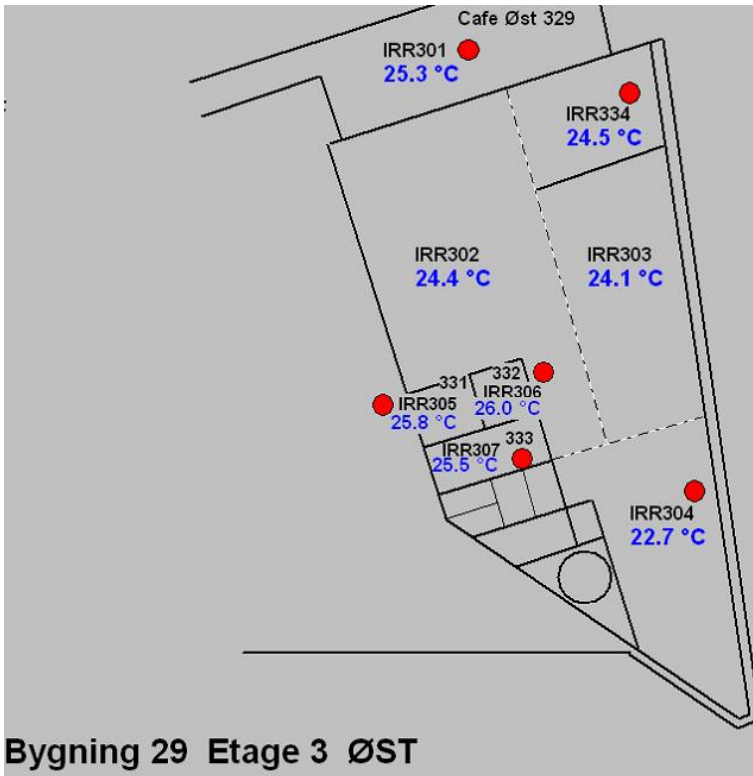
Figur 23 - Plan 3 vest, indetemperaturmålinger på CTS anlæg



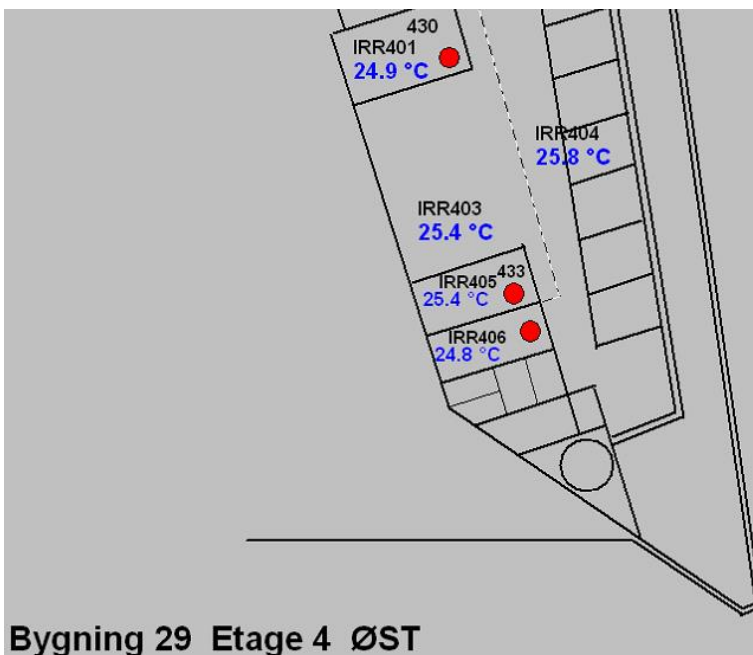
Figur 24 - Plan 4 vest, indetemperaturmålinger på CTS anlæg



Figur 25 - Plan 2 øst, indetemperaturmålinger på CTS anlæg



Figur 26 - Plan 3 øst, indetemperaturmålinger på CTS anlæg



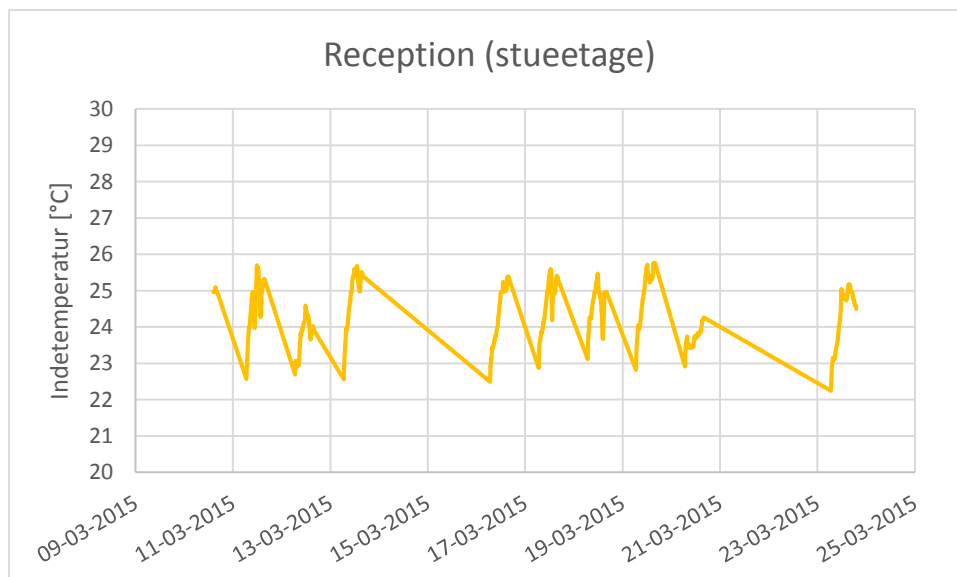
Figur 27 - Plan 4 øst, indetemperaturmålinger på CTS anlæg

8.3 Indeklimalogninger (indetemperatur)

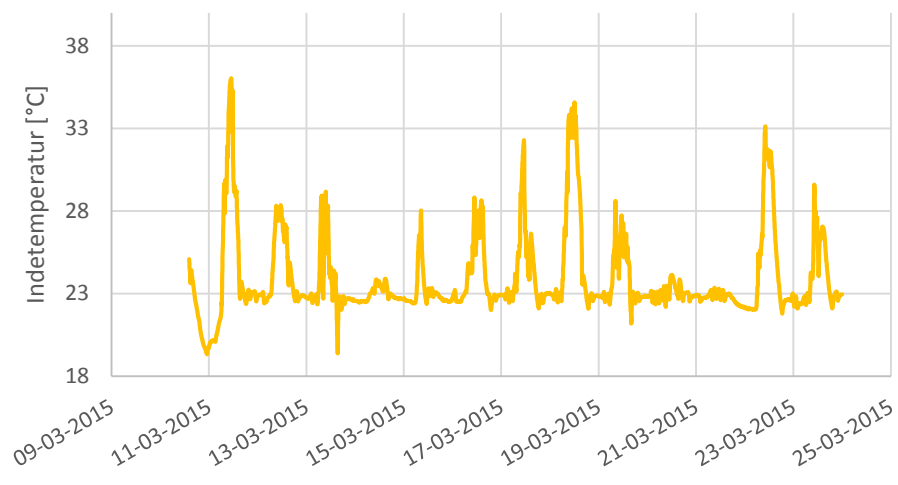
Der vises et kort overblik over de udvalgte kontorer til målingerne i Tabel 8.1. Derudover er figurene for de 10 målte kontorer vist nedenfor. Figurene illustrerer primært temperaturudsvingene over måleperioden. Dermed kan temperaturudvikling følges for arbejdsdagene.

Tabel 8.1 - Oversigt over målte kontortyper, etage og fløj

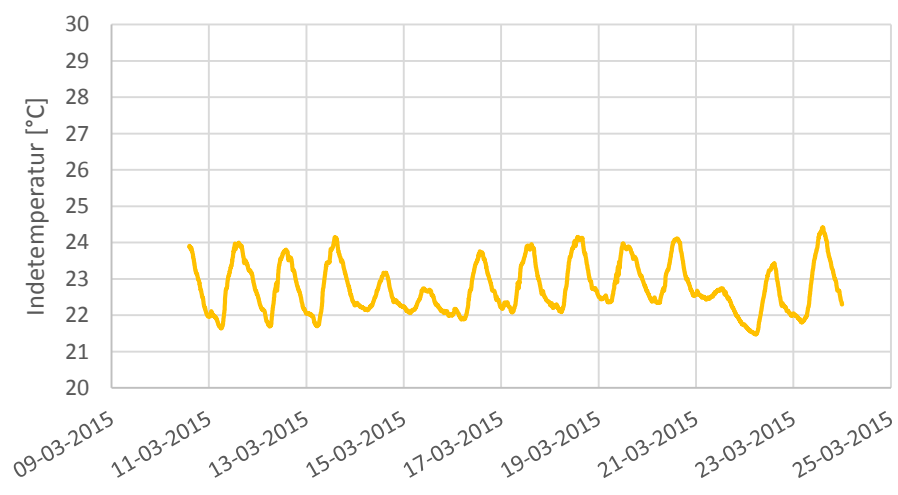
Reception (stueetage)
Dobbeltkontor (2. etage - vest)
Enkeltmandskontor (2. etage - nord)
Enekeltmandskontor (2. etage - øst)
Storrumskontor (3. etage - øst)
Enkeltmandskontor (3. etage - nordøst)
Dobbeltkontor (3. etage - vest)
Dobbeltkontor (4. etage - vest)
Storrumskontor (4. etage - nord)
Enkeltmandskontor (4. etage - øst)



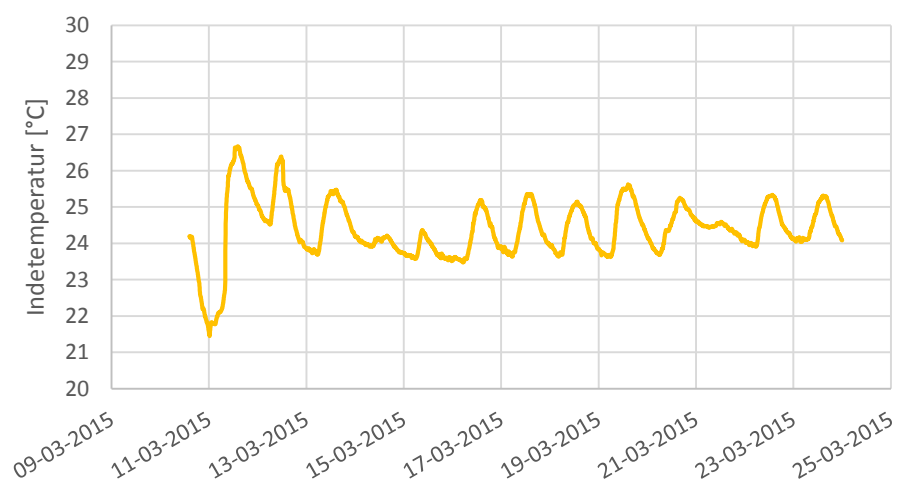
Dobbeltkontor (2. etage - vest)



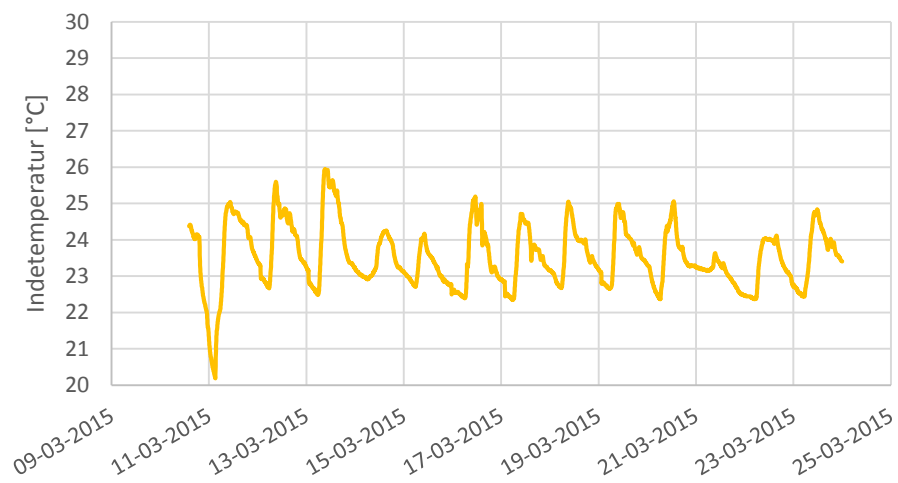
Enkeltmandskontor (2. etage - nord)



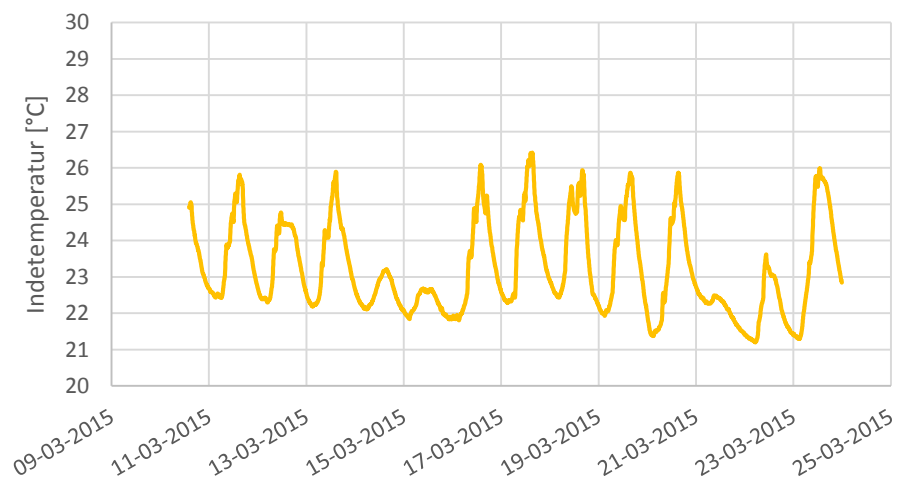
Enkeltmandskontor (2. etage - øst)



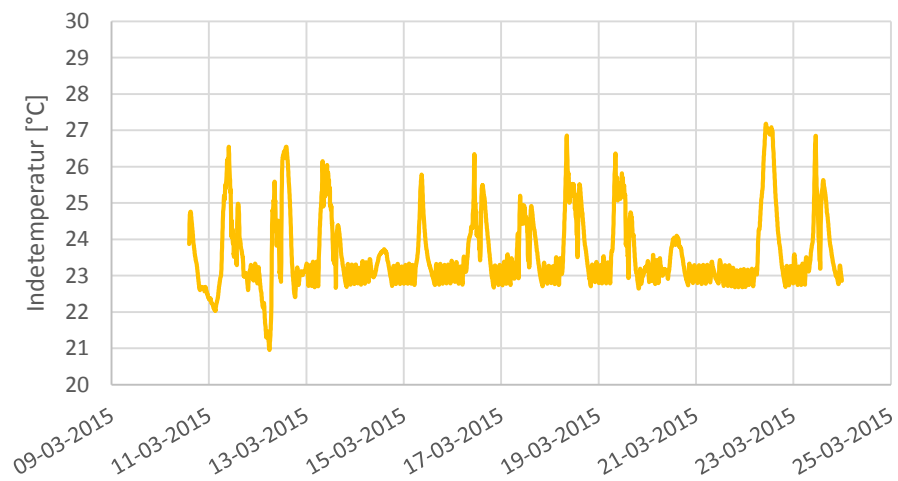
Storrumskontor (3. etage - øst)



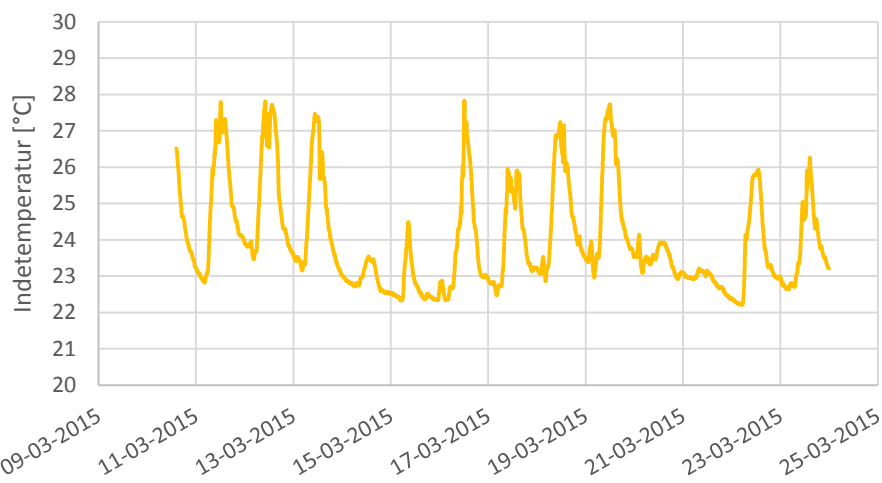
Enkeltmandskontor (3. etage - nordøst)



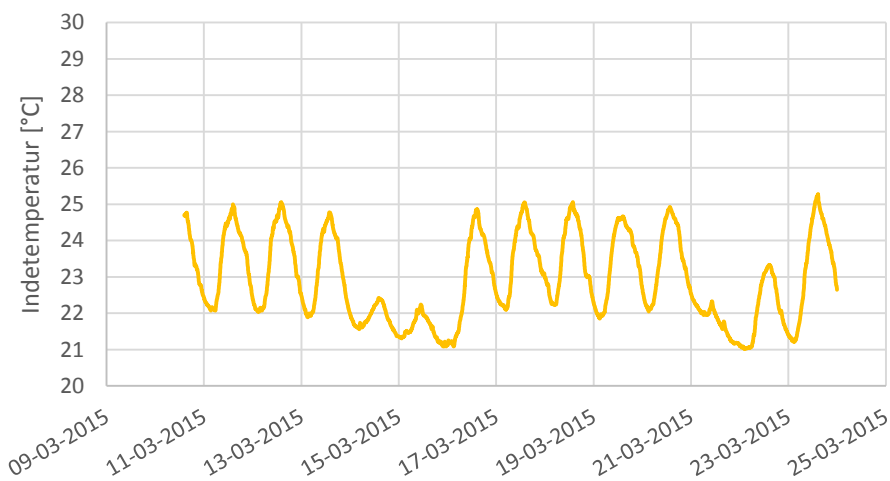
Dobbeltkontor (3. etage - vest)



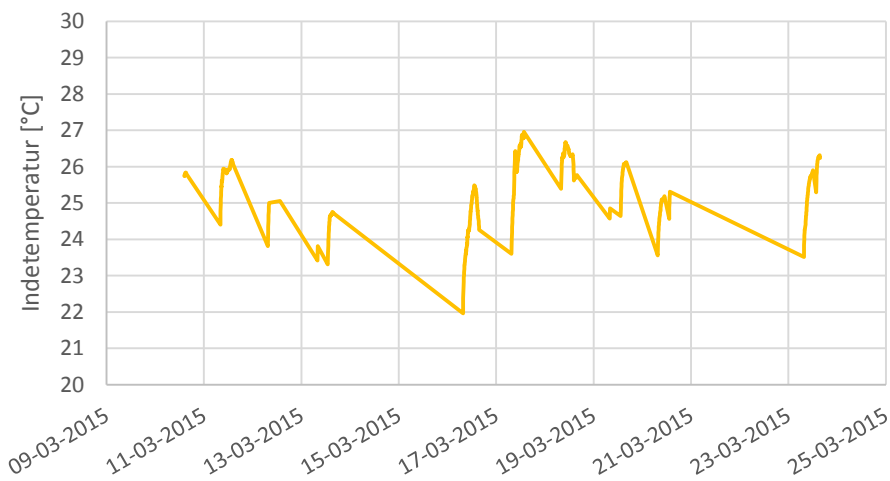
Dobbeltkontor (4. etage - vest)



Storrumskontor (4. etage - nord)



Enkeltmandskontor (4. etage - øst)

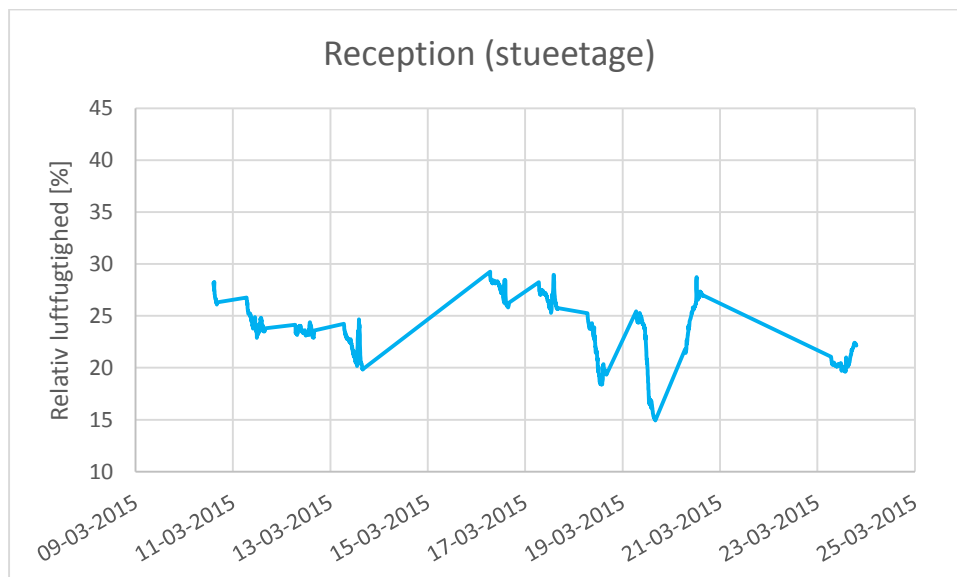


8.4 Indeklimalogninger (relativ luftfugtighed)

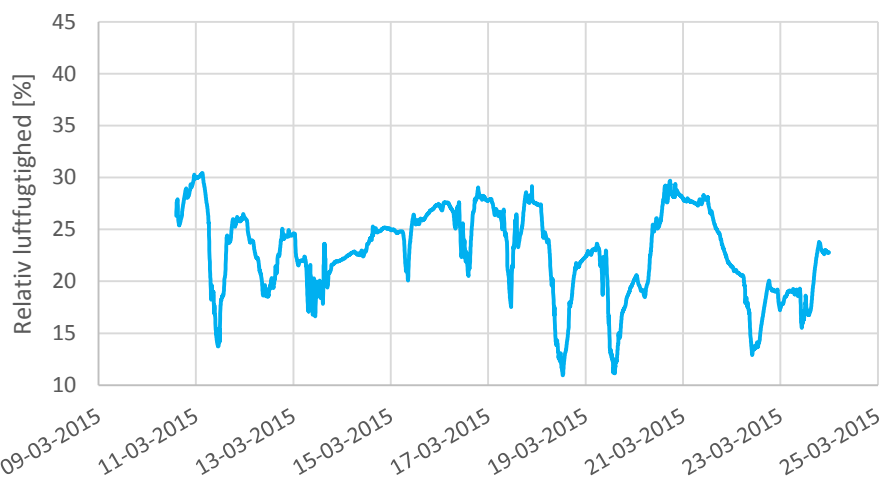
Der vises et kort overblik over de udvalgte kontorer til målingerne i Tabel 8.1. Derudover er figurerne for de 10 målte kontorer vist nedenfor. Figurerne illustrerer primært udsvingene for den relative luftfugtighed over måleperioden. Dermed kan udvikling af den relative luftfugtighed følges for arbejdsdagene.

Tabel 8.2 - Oversigt over målte kontortyper, etage og fløj

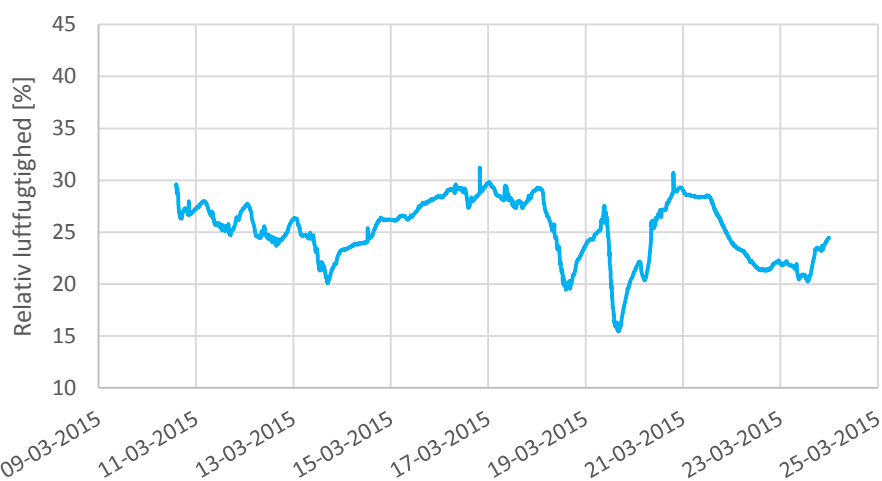
Reception (stueetage)
Dobbeltkontor (2. etage - vest)
Enkeltmandskontor (2. etage - nord)
Enekeltmandskontor (2. etage - øst)
Storrumskontor (3. etage - øst)
Enkeltmandskontor (3. etage - nordøst)
Dobbeltkontor (3. etage - vest)
Dobbeltkontor (4. etage - vest)
Storrumskontor (4. etage - nord)
Enkeltmandskontor (4. etage - øst)



Dobbeltkontor (2. etage - vest)



Enkeltmandskontor (2. etage - nord)



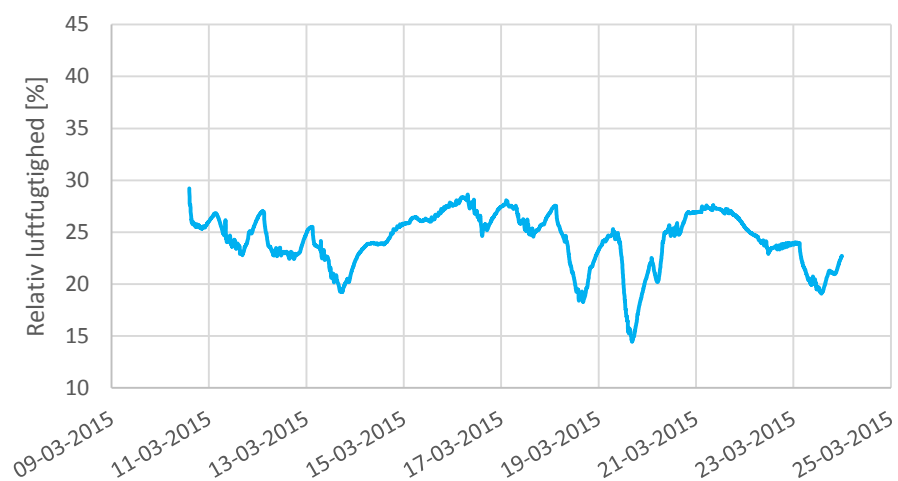
Enkeltmandskontor (2. etage - øst)



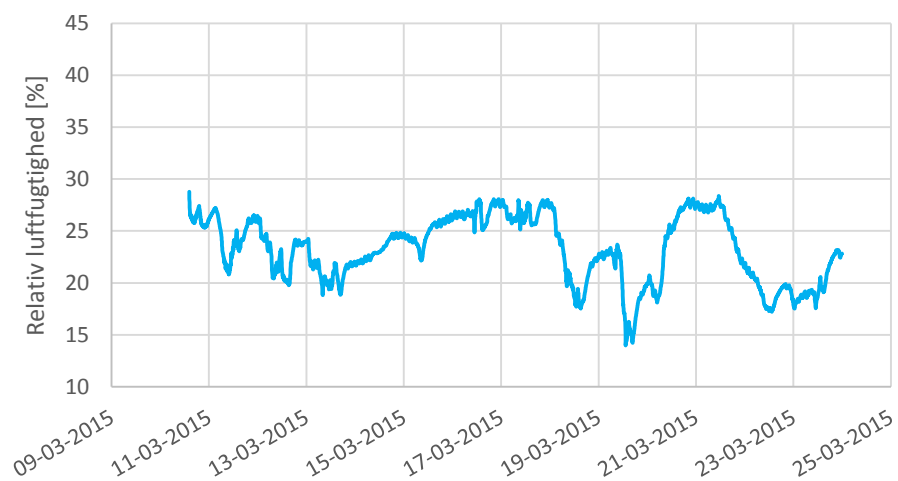
Storrumsskontor (3. etage - øst)



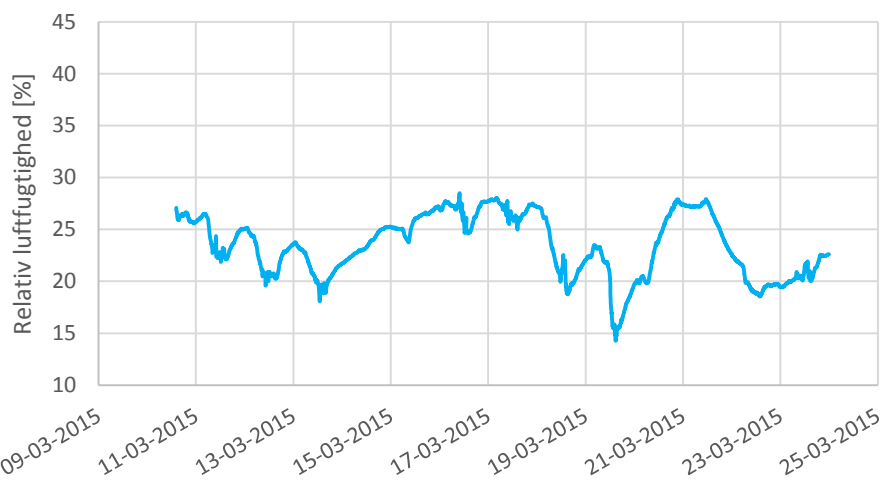
Enkeltmandskontor (3. etage - nordøst)



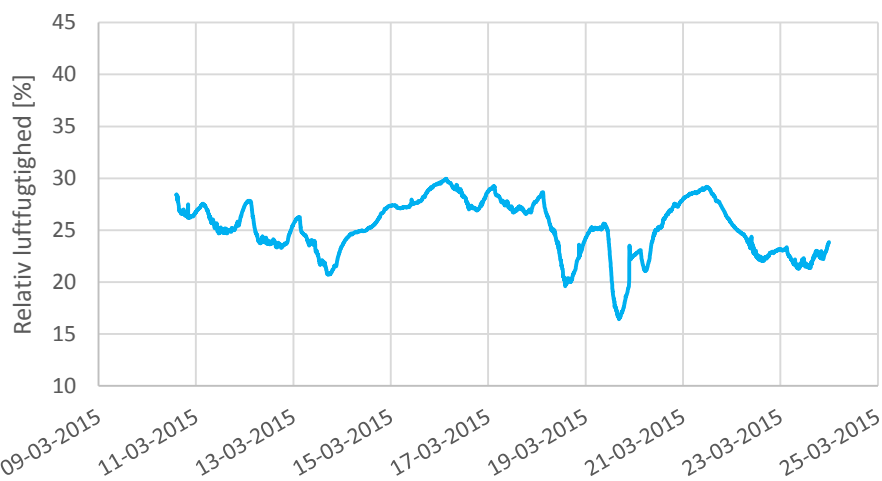
Dobbeltkontor (3. etage - vest)



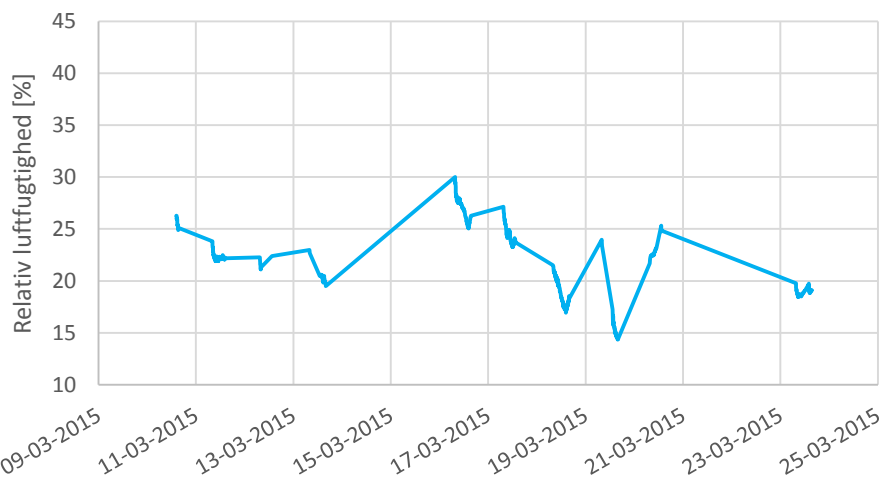
Dobbeltkontor (4. etage - vest)



Storrumskontor (4. etage - nord)



Enkeltmandskontor (4. etage - øst)

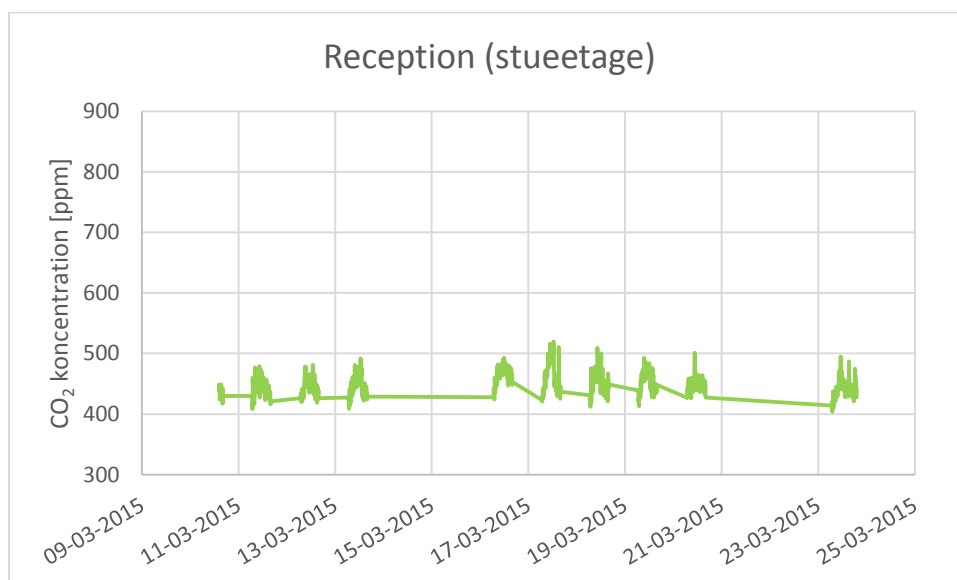


8.5 Indeklimalogninger (CO₂ koncentration)

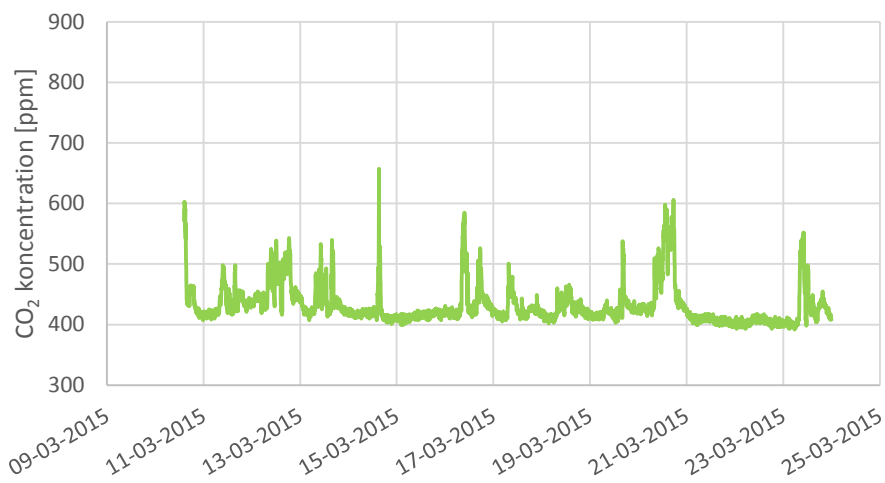
Der vises et kort overblik over de udvalgte kontorer til målingerne i Tabel 8.1. Derudover er figurerne for de 10 målte kontorer vist nedenfor. Figurerne illustrerer primært CO₂ koncentrationens udsving over måleperioden. Dermed kan CO₂ koncentrationens udvikling følges for arbejdsdagene.

Tabel 8.3 - Oversigt over målte kontortyper, etage og fløj

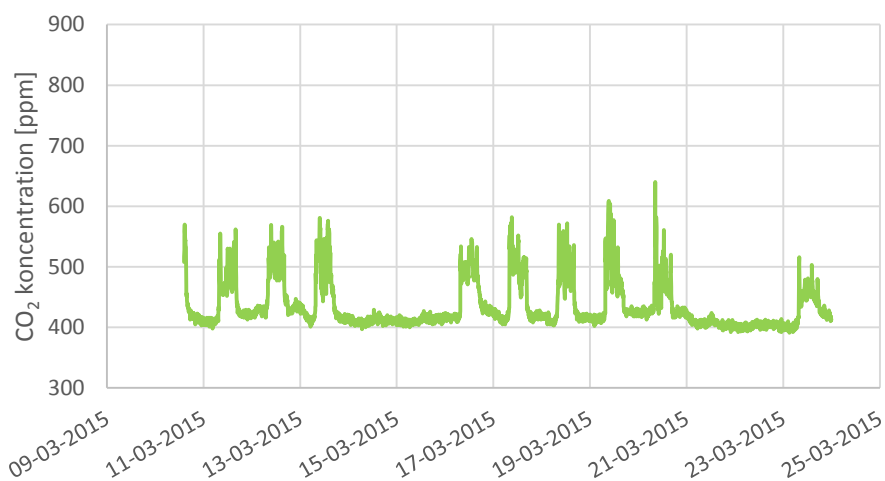
Reception (stueetage)
Dobbeltkontor (2. etage - vest)
Enkeltmandskontor (2. etage - nord)
Enekeltmandskontor (2. etage - øst)
Storrumskontor (3. etage - øst)
Enkeltmandskontor (3. etage - nordøst)
Dobbeltkontor (3. etage - vest)
Dobbeltkontor (4. etage - vest)
Storrumskontor (4. etage - nord)
Enkeltmandskontor (4. etage - øst)



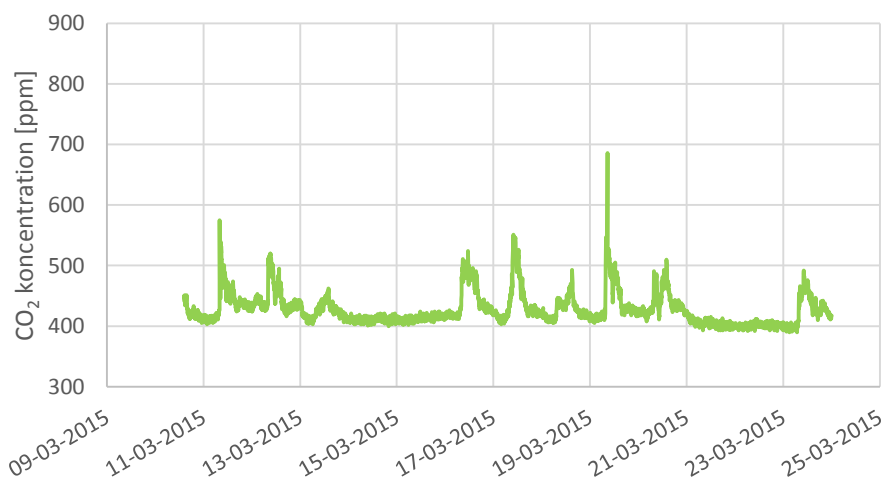
Dobbeltkontor (2. etage - vest)



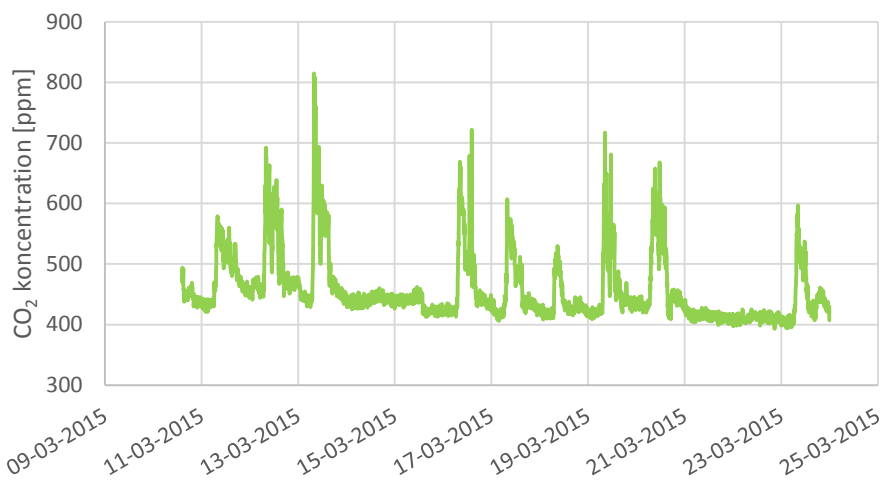
Enkeltmandskontor (2. etage - nord)



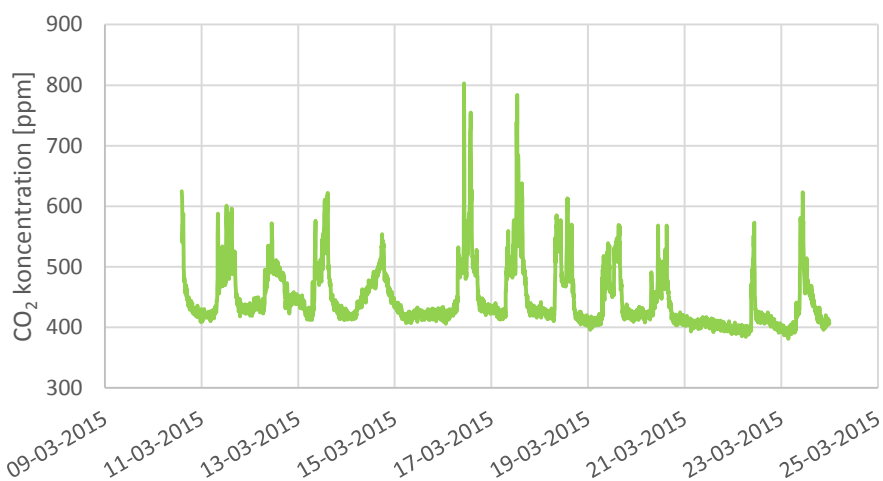
Enkeltmandskontor (2. etage - øst)



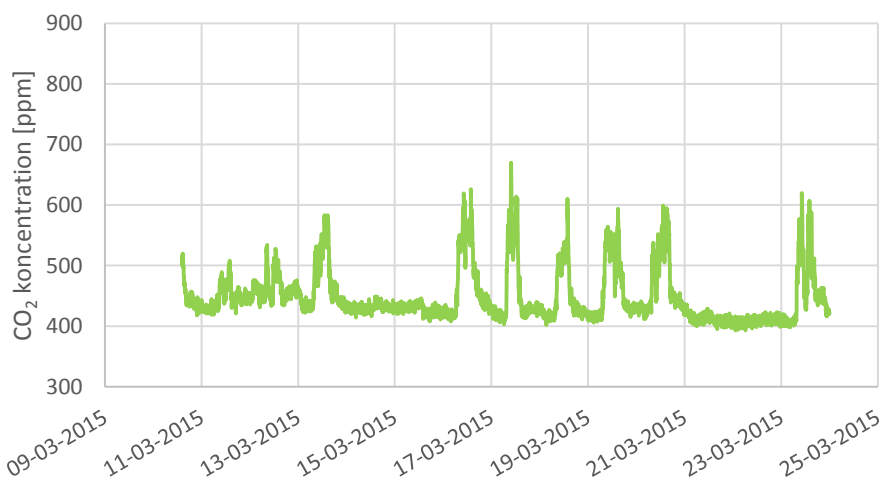
Storrumsskontor (3. etage - øst)



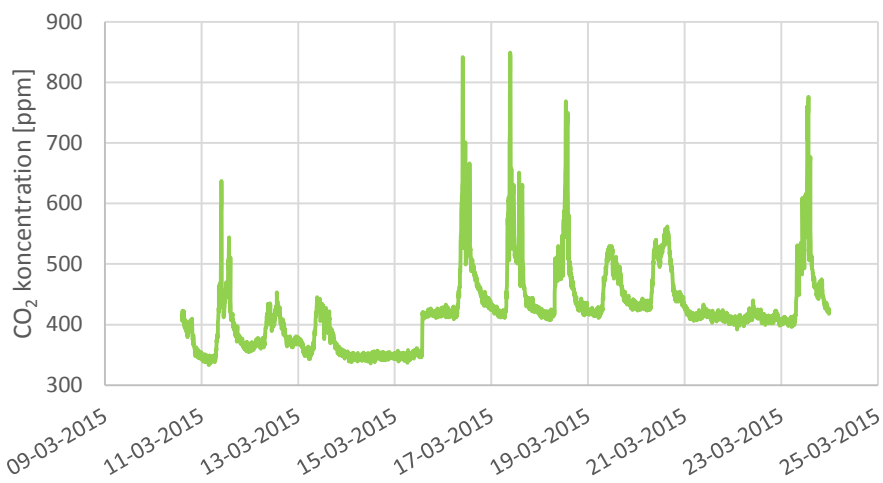
Enkeltmandskontor (3. etage - nordøst)



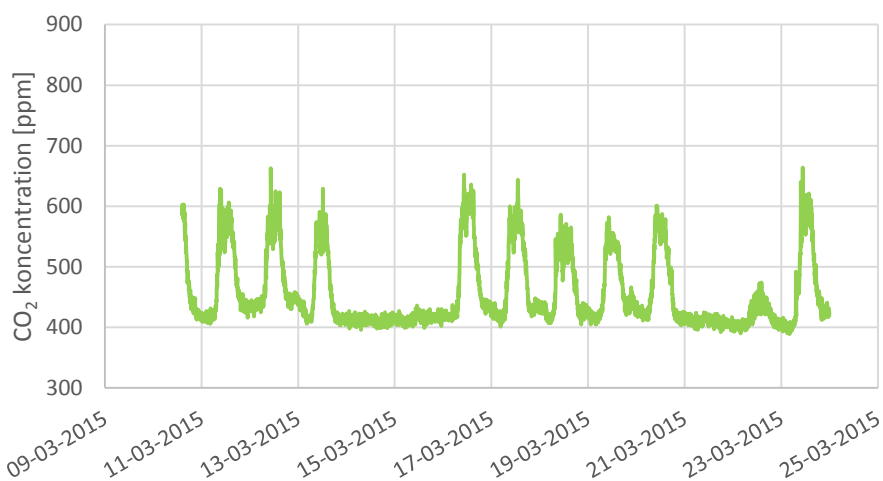
Dobbeltkontor (3. etage - vest)



Dobbeltkontor (4. etage - vest)



Storrumsskontor (4. etage - nord)



Enkeltmandskontor (4. etage - øst)

