

7. CTS

Finn Jørgensen, Adjunkt

Maskinmestreskolen København

fj@msk.dk

Afsnittet "CTS" kan læses som en selvstændig beskrivelse eller i sammenhæng med de øvrige faglige områder, der er beskrevet i ELFORSK projektet: Indeklima, Facility Management, Ventilation, Opvarmning, Lys, Bygningsdynamik, Nøgletal og Energirenovering. Alle afsnit søger at behandle det pågældende emne ud fra relevansen i forhold til "Energirigtig drift af det rette indeklima i bygninger". Spørgsmål, kommentarer mv. kan rettes til forfatteren.



ELFORSK

Dette kapitel er udarbejdet som del af projektet **Energirigtigt drift af det rette indeklima i bygninger – ENDRIN** støttet af ELFORSK i periode 2016–2017, projektnummer 348-006 (www.elforsk.dk).

7.1. Indhold

7.1.	Indhold	7-2
7.2.	Læringsmål.....	7-3
7.3.	Nomenklatur.....	7-4
7.4.	Indledning	7-6
	Integration - Et nøgleord	7-7
7.5.	Generelt om CTS	7-10
	Brugere og brugerflade.....	7-10
	Funktionalitet - HVAC-anlæg	7-13
	Funktionsbeskrivelse	7-16
	IT-arkitektur (LON, KNX, BACnet og OPC).....	7-20
7.6.	CTS i relation til indeklima.....	7-26
	Strategier, reguleringsløjfer (EiSE)	7-26
7.7.	Nøgletal, Funktionsafprøvning og Performance test	7-28
	BR15 krav om funktionsafprøvning.....	7-28
	Performance test - Dokumenteret med BMS	7-28
7.8.	BMS som energiledelsesværktøj.....	7-36
	Energiledelse iht. ISO 50001.....	7-36
7.9.	Trends.....	7-37
7.10.	Litteraturliste	7-44
7.11.	APPENDIX A (Funktionsbeskrivelse - eksempel fortsat).....	7-45
7.12.	APPENDIX B (Styrings- og reguleringsformer - Én oversigt).....	7-47
7.13.	APPENDIX C (EiSE strategiskemaer - CTS-justeringer)	7-53
7.14.	APPENDIX D (OSI-modellen og CTS-protokoller).....	7-55

7.2. Læringsmål

Studerende der læser følgende kapitel skal være i stand til at

- Kende til begreberne BMS, CTS og IBI
- Kende til IT-arkitekturer indenfor bygningsautomation
- Kende til funktionsbeskrivelser og PI-diagrammer for HVAC-anlæg
- Kende til begreberne proprietære- og åbne CTS-systemer
- Kende til LON, KNX og anvendte protokoller indenfor bygningsautomation
- Kende til datalogning og tidsseriers betydning for opnåelse af energirigtig drift med det rette indeklima, herunder nøgletal.
- Kende til indeklima strategier- og reguleringsløjfer.
- Kende til funktionsafprøvning og performance test dokumenteret med BMS.
- Kende til problematikken 'åbne systemer, én eller flere leverandører, integration af systemer og behov for klar ansvarsfordeling'

7.3. Nomenklatur

ABA. Automatisk Brand Alarmering. ABA anlæg giver direkte alarm til et redningselskab ved brand. Brandalarmeringssystemet er ofte signalgiver til bygningens CTS- og IBI-anlæg, så ventilationsanlæg kan stoppes og vinduer lukkes i tilfælde af brand

ABV. Automatisk Brand Ventilationsanlæg

ABDL. Automatisk Brand Dørs Lukningsanlæg

AIA. Automatisk Indbruds Alarmanlæg

ARS. Automatisk Rum Slukningsanlæg

AVA. Automatisk Varslingsanlæg

AVS. Automatisk Sprinkleranlæg

BACnet. Building Automation and Control networks. Protokol udviklet for bygningsautomation

BMS. Building Management System. Det bygningskontrollerende anlæg

CTS. Central Tilstandskontrol og Styring (dansk betegnelse)

CTS UC. CTS-undercentral

CTS HC. CTS-hovedcentral

HMI. Human Machine Interface. Brugerflade

IBI. Intelligent Building Installation

SCADA. System Control And Data Acquisition. Software mellem bruger og automatikenheder

SRO. Styring Regulering og Overvågning (dansk betegnelse)

CAV. Constant Air Volume

DCV. Demand Controlled Ventilation

HVAC. Heating, Ventilation and Air Conditioning

VAV. Variable Air Volume

Bus. Betegnelse for systemet der overfører data mellem enheder

Busstandard. Definerer den fysiske forbindelse, signalernes elektriske form og dataprotokol

ETS. Engineering Tool Software. Programmeringsværktøj til konfiguration af KNX-installation

Feltbus. Seriel bus for transmissions af information mellem enheder på feltniveau

Funktionsblok. Applikation lagret i bibliotek. Anvendes ved programmering af funktionalitet

IoT. Internet of Things

IP. Internet Protocol

Gateway. To-vejs oversætter mellem protokoller

Gruppeadresse. Logiske adressering i KNX netværk

Kaskade. Indre reguleringssløjfe som stabiliserer reguleringen ved store belastningsændringer

Regulering i serie. Regulering i serie forhindrer samtidighed

KNX. Busbaseret IBI system. KNX-protokol og KNX-bus indgår i KNX-teknologien

LAN. Local Area Network

LON. Local Operating Network. Busbaseret IBI system

LonMark. International organisation. Specificerer sameksistens ml. LON produkter

LonMarker. Programmeringsværktøj til konfiguration af LON-installation
LonWorks. Netværksplatform for LON
LonTalk. Protokollen i LON-teknologien
M-bus. Meter/Måler-Bus
Modbus. 'De facto' PLC kommunikationsstandard
Node. Betegnelse for alle enheder med en adresse i et LON netværk
OSI. Open System Interconnection reference model. Netværksstandard anbefalet af ISO
PI. Proces- og Instrumenteringsdiagram
PID. Regulator med Proportional-, Integral- og Differentialled
Profibus. Process Field Bus. Standard feltbus indenfor industriautomation
Profinet. Process Field Net. Standard for industrielt Ethernet. Definerer tre protokolniveauer
Protokol. Et specifikt sæt af regler for udveksling af data
Protokolstak. En protokolstak implementerer flere tilstødende lag i OSI-modellen i én funktion
TCP. Transmission Transport Protocol. Den protokol internettet anvender i transportlaget
IP. Internet Protocol. Protokollen internettet anvender i netværkslaget
IP adresse. Numerisk mærkning. Tildeles alle enheder i et netværk, der anvender IP protokollen
TCP/IP. Protokolstak. Kobler TCP og IP. Muliggør afvikling af applikationer
WAN. Wide Area Network
WAP. Wireless Application Protocol

7.4. Indledning

For at kunne styre og overvåge en bygning på en måde som sikrer brugerne af bygningen det rette indeklima på en energirigtig måde, og samtidig giver driftspersonalet det fulde overblik, så der til enhver tid kan handles på uhensigtsmæssig drift og fejl i bygningens tekniske installationer, skal de nødvendige driftsparametre kunne overvåges fra centralt hold. Opstår der fejl i f.eks. ventilationsmotorer, ventilationsspjæld, filter-vagte, ventiler på varme- og kølefladekredse, anlægstryk og følere skal gives alarm centralt. Men at gøre alle driftsparametre tilgængelige garanterer ikke at bygningen fungerer efter hensigten. Det er ikke nok løbende at udskifte defekte komponenter, og justere lidt op og ned, når brugerne af bygningen beder om det. Bygningens dynamik skal kunne overvåges og justeres på en måde, som stemmer overens med den indeklimastrategi, der blev lagt til grund ved dimensionering af varme-, køle- og ventilationsanlæg. Kan dette ikke lade sig gøre, skal det bringes på bane, så indeklimastrategien kan justeres og bygningens tekniske installationer tilpasses, og målet 'energirigtig drift og det rette indeklima' nås.

En bygnings tekniske anlæg håndterer en lang række funktioner. Bl.a.:

- Styring- og regulering af varme-, ventilation og køling
- Styring- og regulering af belysning og solafskærmning
- Adgangsforhold
- Tyveri- og brandsikring
- Alarmering ved tekniske fejl, servicebehov og komfortafvigelser
- Registrering af forbrug af vand, varme, el og gas

Feltet bygningsautomation er stort og komplekst. Formålet med CTS afsnittet er at give den studerende en grundlæggende introduktion med vægten lagt på komfort- og klimastyring. Anvendte begreber, funktionsbeskrivelser, anlægdiagrammer, styringsprincipper, IT arkitektur, relevante tidsserier og krav til performancetest af varme- ventilations- og køleanlæg, indskrevet i byggereglementet i sommeren 2017 søges belyst.

BMS/CTS/BI

Nedenfor beskrives kort betegnelser indenfor bygningsautomation anvendt såvel i Danmark som internationalt.

BMS. Et bygningskontrollerende anlæg, Building Management System, synliggør alle relevante driftsdata, og giver uddannet driftspersonale mulighed for, dels at udføre service og vedligeholdelse, dels at handle når bygningens drift er uhensigtsmæssig.

Et anlæg er først et bygnings kontrollerende anlæg, når en central platform binder alle tekniske funktioner sammen i et netværk, således at de kan tilgås fra én betjeningsenhed. Et BMS-anlæg gør det muligt, at:

- Skabe et samlet billede af bygningens komfortforhold sammenholdt med bygningens klimabelastning registreret af en central vejrstation

- Udøve energiledelse, dvs. registrere forbrug, beregne nøgletal og præsentere både øjebliksbilleder og tidsserier, som grundlag for løbende optimering af forbrug
- Tilgå indeklimastyring, belysningsstyring og solafskærmning på rumniveau
- Betjene sikrings- og adgangskontrolanlæg

CTS

CTS er en dansk betegnelse og en forkortelse af Central Tilstandskontrol og Styring. Der skelnes mellem CTS-hovedcentraler og CTS-undercentraler. Et CTS-anlæg er først synonymt med et Building Management System, når der er installeret én central betjeningsenhed, som kan kommunikere med alle bygningens teknisk anlæg. En sådan central betjeningsenhed vil være en CTS-hovedcentral, men betegnelsen CTS-hovedcentral benyttes også for automatiske anlæg som brandalarmeringsanlæg, branddørslukkeanlæg, adgangskontrolanlæg, sprinkleranlæg, indbrudsalarmanlæg og f.eks. videoovervågningsanlæg, der alle er en del af en bygnings BMS. CTS-undercentraler er programmérbare styringer til styring og regulering af varme, ventilation og køling. I et bygningskontrollerende CTS-/BMS-anlæg er undercentralerne koblet sammen såvel indbyrdes som til den centrale brugerflade, hvorfra al overvågning og betjening kan tilgås. Hjertet i bygningens komfort- og klimastyring er således CTS-undercentraler, der på baggrund af en række følere styrer og regulerer ventilationsmotorer, ventiler for varme- og kølesløjfer, spjæld og cirkulationspumper. De tekniske anlæg vil normalt have egne undercentraler med decentrale reguleringsløjfer, men skulle indgå som en integreret del af hele bygningens drift.

IBI

IBI er en forkortelse af Intelligent Building Installation. IBI-anlæg er overbygninger på bygningens CTS-anlæg, der behovsorienteret styrer og regulerer brugsområder, f.eks. kontorer, møderum og gangarealer. IBI-anlæg kan f.eks. styre og regulere den kunstige belysning, solafskærmning, åbne og lukke vinduer, styre og regulere områdets CO₂-niveau og temperatur gennem regulering af lokale spjæld- og ventiler. IBI-anlæg kan give alarm ved komfortafvigelse og give meddelelse om behov for service. F.eks. vil IBI-anlæg kunne registrere lyskilders brændetid, og give meddelelse om nødvendig udskiftning. IBI-anlæg kan dermed øge komforten og samtidig give et overblik over bygningens komfortmæssige performance.

Integration - Et nøgleord

En optimal udnyttelse af en bygnings automatikinstallationer forudsætter, at systemerne kan kommunikere og arbejde sammen. CTS-undercentraler bør kunne gøre brug af hinandens tilstandsparametre, så forskellige bygningsafsnit kan arbejde sammen om en valgt indeklimatestrategi. Registrering af tilstedeværelse og indeklima på rumniveau, skal kommunikeres til de CTS-undercentraler, som styrer og regulerer varme-, køl- og tilførsel af frisk luft i det pågældende område. Det centrale betjeningssystem skal kunne kommunikere med såvel CTS-undercentraler som IBI-anlæg, så ønskede værdier (set-punkter) kan justeres, følere og aktuatorer overvåges, alarmer modtages og afstilles, og logning af indeklima og forbrug udføres automatisk. Det sammen

gælder bygningens adgangskontrolanlæg. F.eks. vil adgangskontrolanlægget kunne integreres med IBI-anlæg, så kun relevant belysning aktiveres ved tilstedeværelse udenfor normal brugstid.

Udfordringen

På papiret synes integration naturlig, men netop integration af forskellige komponenter og centraler er en stor udfordring, som ofte resulterer i mangelfuld komfort og overforbrug af energi. En forudsætning for at kunne integrere komponenter og anlæg, er at de hver især har den fornødne åbenhed både indbyrdes og overfor det bygningskontrollerende anlæg. Men åbenhed er ikke en tilstrækkelig betingelse. CTS-undercentraler og IBI-anlæg leveres ofte af hver sin under-entreprenør. Selvom systemerne leveres som åbne systemer, skal systemerne integreres og brugerfladen tilpasses bygningen. Dette arbejde kræver indsigt og kan sjældent løftes på en hensigtsmæssig måde, når først bygningens tekniske anlæg er leveret. Integration af CTS-undercentraler, IBI-anlæg og den overordnede brugerflade skal have øje i projekteringsfasen, udbudsgranskningen, kontraktskrivningen og den løbende idriftsættelse af anlæg og installationer under udførelsen.

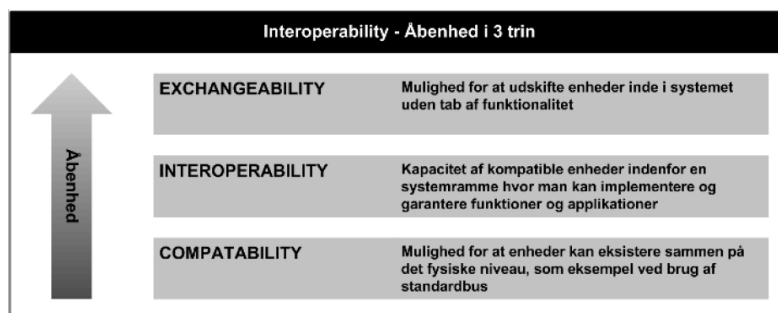
En måde at sikre integration mellem IBI-anlæg, CTS-undercentraler og den bygningskontrollerende brugerflade er at vælge én CTS-entreprenør, der fungerer som bygherrerådgiver i hele processen fra udbudsbeskrivelse til implementering og garanterer samspillet mellem de forskellige automatik-løsninger. Problemet med en sådan løsning kan blive en uønsket CTS-leverandørafhængighed. Benytter bygherren i stedet en CTS-rådgiver, er problemet ofte, at denne har sin viden fra CTS-producenter, og ikke den fornødne indsigt til at sikre integration, når forskellige entreprenører leverer hver sine foretrukne løsninger.

Åbenhed

At foreskrive åbenhed i udbudsmaterialet er ikke en garanti for at forskellige systemer kan integreres i et samlet bygningskontrollerende anlæg med én brugerflade. Plug-and-play sikres ikke ved at foreskrive åbenhed. Åbenhed og åbne protokoller kan forekomme på flere niveauer. Den laveste grad af åbenhed er 'compatibility'. På dette niveau vil flere enheder kunne sameksistere uden at kunne kommunikere indbyrdes. Enhederne anvender samme kommunikationsprotokol, og er koblet på samme kommunikationslinje, men kommunikere ikke indbyrdes.

Den mellemste grad af åbenhed er 'interoperability'. På dette niveau er protokollerne åbne standardiserede og certificerede, og de tilsluttede enheder kan fungere sammen. Et eksempel kunne være en IBI-controller og en tilhørende rumbetjeningsenhed.

Det højeste niveau af åbenhed er 'exchangeability'. På dette niveau kan en komponent udskiftes med en anden komponent uden tab af funktionalitet.



Figur 7-1 Åbenhed i 3 trin;

Kilde: Energiforum Danmark, www.energiforumdanmark.dk

Imidlertid er tendensen, at såvel hardware som applikationssoftware til CTS-undercentraler og IBI-anlæg bliver mere og mere individuelt udviklet, så det ikke er muligt at udskifte enheder uden at skulle foretage et større ombygningsarbejde, hvis der skiftes fra en systemleverandør til en anden.

I dag har BACnet vundet indpas som kommunikationsprotokol mellem BMS-brugerfladen og CTS-undercentraler samt IBI-controllere, hvad enten disse er LON-, KNX- eller DALI-baserede. BACnet understøtter dog ikke en plug-and-play filosofi, som tilfældet er med f.eks. Microsoft produkter, der kan installeres, genkendes og umiddelbart bringes i funktion.

Sammenfattende kan siges, at hvis bygningen ikke har en systemintegrator med den fornødne kompetence ansat, så skal det sikres at bygningens CTS-leverandør har såvel kompetence som en organisation bag sig, der kan supportere sin CTS-leverance over en lang periode. Vælges flere CTS-leverandører, gælder samme betingelse, men i tillæg at ansvarsfordelingen såvel mellem de enkelte CTS-leverandører, som ansvaret for BMS-overbygningen er gjort klar i udbudsfasen.

Formålet med kapitlet CTS er som anført, at give den maskinmesterstuderende et grundlæggende indblik i begreber og anvendte teknologier indenfor bygningsstyring, med vægt på indeklimatestyring, således at den studerende med sin grundlæggende viden indenfor ventilation og indeklimate samt styring og procesregulering kan deltage aktivt fra formulering af indeklimatestrategi til valg af bygningsautomatkløsnings og deres implementering i et bygningskontrollerende anlæg. Endvidere skal den studerende kende til de forskellige brugergrupper, deres individuelle behov, samt hvilke krav, der med rette kan stilles til brugerfladen og dens løbende tilpasning, som skal sikre bygningens indeklimate, drift og vedligeholdelse.

7.5. Generelt om CTS

Brugere og brugerflade

En hensigtsmæssig brugerflade er en afgørende faktor, når målet energirigtig drift og det rette indeklima skal nås. I dette afsnit gennemgås 'brugere og brugerflade' i et overordnet perspektiv for at understrege, at en god hensigtsmæssig brugerflade er noget der kan stilles krav til, og noget der skabes i løbende dialog mellem de forskellige brugere og designerne af brugerfladen.

Overvågning og styring af en bygnings tekniske anlæg, som:

- Varmeanlæg
- Varmt brugsvandsanlæg
- Fjernvarmeanlæg
- Kedelanlæg
- Koldt brugsvandsanlæg
- Ventilationsanlæg
- Køleanlæg
- Køle- og fryserumsanlæg
- Pumpeanlæg (f.eks. pumpebrønde)
- Brandalarmanlæg (ABA)
- Branddørsanlæg (ABDL)
- Adgangskontrolanlæg (ADK)
- Alarmanlæg (AIA)
- Sprinkleranlæg (AVS)
- Belysningsanlæg
- Solafskærmningsanlæg
- Vinduesanlæg

stiller krav til brugerfladen. En god brugerflade giver de driftsansvarlige overblik over de enkelte anlæg driftstilstand, og er samtidig værktøjet til at styre anlæggene på en både komfort- og energieffektiv måde. Brugerflade skal ligeledes understøtte bygningens energiledelse iht. ISO standard 50001, så bygningens energiforbrug sikres, og mulige forbedringer identificeres.

HMI, SCADA, BMS

I procesindustrien benævnes brugerfladen mellem operatører og procesanlæg for HMI 'Human Machine Interface'. Indenfor bygningsautomation benyttes, som anført, betegnelsen BMS 'Building Management System' eller BAS 'Building Automation System' for det øverste lag. Betegnelsen SCADA 'System Control And Data Acquisition' er en ofte anvendt betegnelse for den BMS platform, som opsamler og analyserer real-tids data fra tekniske anlæg og genererer tidsserier på baggrund af historiske data.

Skærbilleder

ISA, International Society of Automation, har udarbejdet standarden ANSI/ISA 101.01-2015, som opstiller retningslinjer for en designcyklus til udarbejdelse af effektive HMI-brugerflader. En tilsvarende standard findes ikke indenfor bygningsautomation, men selvom produktions- og procesindustrien har fokus på optimering af driften og minimering af økonomiske tab gennem løbende procesoptimering og rettidig vedligeholdelse, vil standardens generelle anbefalinger og retningslinjer med fordel kunne implementeres i bygningsdrift.

Udfordringen¹ ligger ofte i at eksisterende brugerflader:

- ikke er designet efter en fælles designguide
- ikke benytter fælles grafiske værktøjer
- er konfigureret af flere systemleverandører
- er designet med PI diagrammer som eneste design kriterie

forhold i strid med et naturligt brugerønske om:

- konsistent brug af farver
- brug af samme objektsymboler
- at 'trends' og 'driftsinformation' er en integreret del af brugerfladen
- at grafiske opdateringer ikke blot er opdateringer af PI-diagrammer

Nedenfor anføres i korte træk ANSI/ISA 101.01-2015's idéer og anbefalinger. Standarden tager udgangspunkt i en livscyklusbetragtning, og fokuserer på at de forskellige **brugere** af systemet:

- operatører, som overvåger drift og processer
- vedligeholdelsespersonale, som fejlfinder og vedligeholder udstyr
- teknisk personale, som modificerer, tilføjer og sletter applikationer
- administrator, som udfører opdateringer og tildeler sikkerhedskoder
- analytører, som overvåger drift og processer for at optimere
- andre, f.eks. kvalitetssikringsafdeling

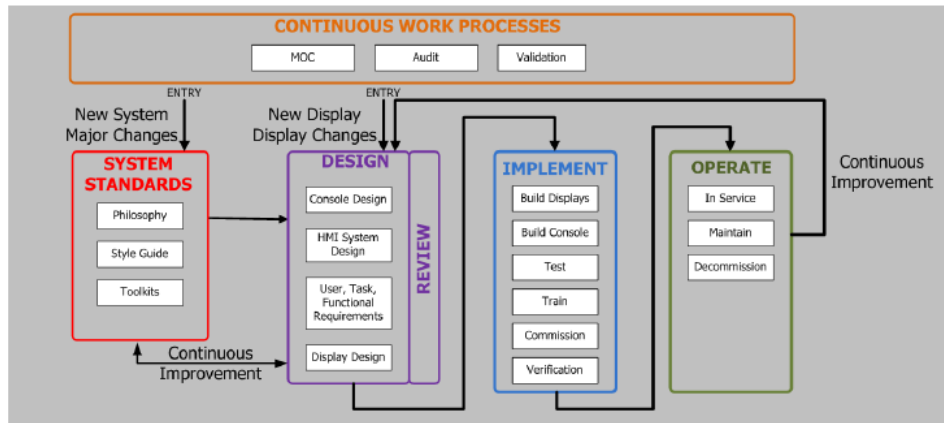
har forskelligt informationsbehov.

Brugerfladens **livscyklus** kan beskrives ved fire tilbagevendende faser:

- design
- implementering
- brug
- forbedring

¹ Mike Hawrylo - ISA101 to existing HMIs - <https://www.scribd.com/document/324641235/ISA>

Standarden anbefaler, at alle forbedringer sker i dialog med brugerne ved periodisk gennemgang af utilsigtede hændelser.



Figur 7-2 Livscyklus Systemstandarder–Design–Implementering–Anvendelse – Forbedringer;
 Kilde: Hawrylo M. Applying ISA101, used with permission of ISA, www.isa.org

Anbefalinger

Opgradering. Sæt ord på en HMI filosofi, en stil og værktøjer. Fokuser på den 'nye' HMI's ønskede måde at arbejde på. Involver ejere, driftsledere og operatører.

Løbende forbedring. Der er to kilder til et forbedret brugerkoncept, dels systemdesignere og programmører, dels systemet og brugerne. Slutbrugerne vil ofte være fokuseret på stilen, mens programmørerne vil fokusere på værktøjerne.

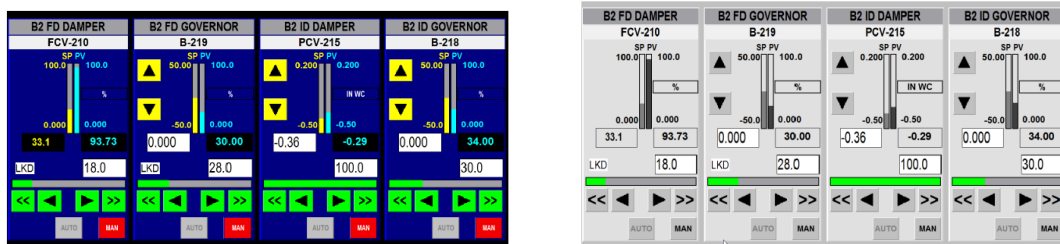
Implementering i eksisterende HMI system. Forbedringer kan udføres trinvist. Ofte vil mindre ændringer, som:

- brug af farver
- navigering
- animering af objekter

medføre store forbedringer.

Brug af farver:

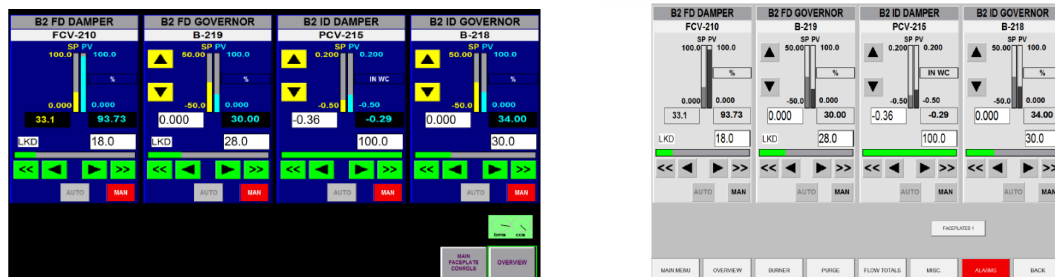
- Grå baggrund for at mindske blænding og høje kontraster
- Klare farver til visning af alarmer og kritiske situationer
- Alarmfarver kun til alarmer



Figur 7-3 Brug af farver; Kilde: Hawrylo M. Applying ISA101, used with permission of ISA, www.isa.org

Navigation:

- Brug af navigationsteknikker, som sikrer hurtig og effektiv navigation både i det aktuelle anlæg og mellem anlæggene
- Brug af konsistent navigationsteknik, dvs. samme navigationsteknik i hele brugerflade



Figur 7-4 Navigation; Kilde: Hawrylo M. Applying ISA101, used with permission of ISA, www.isa.org

Objekt animation:

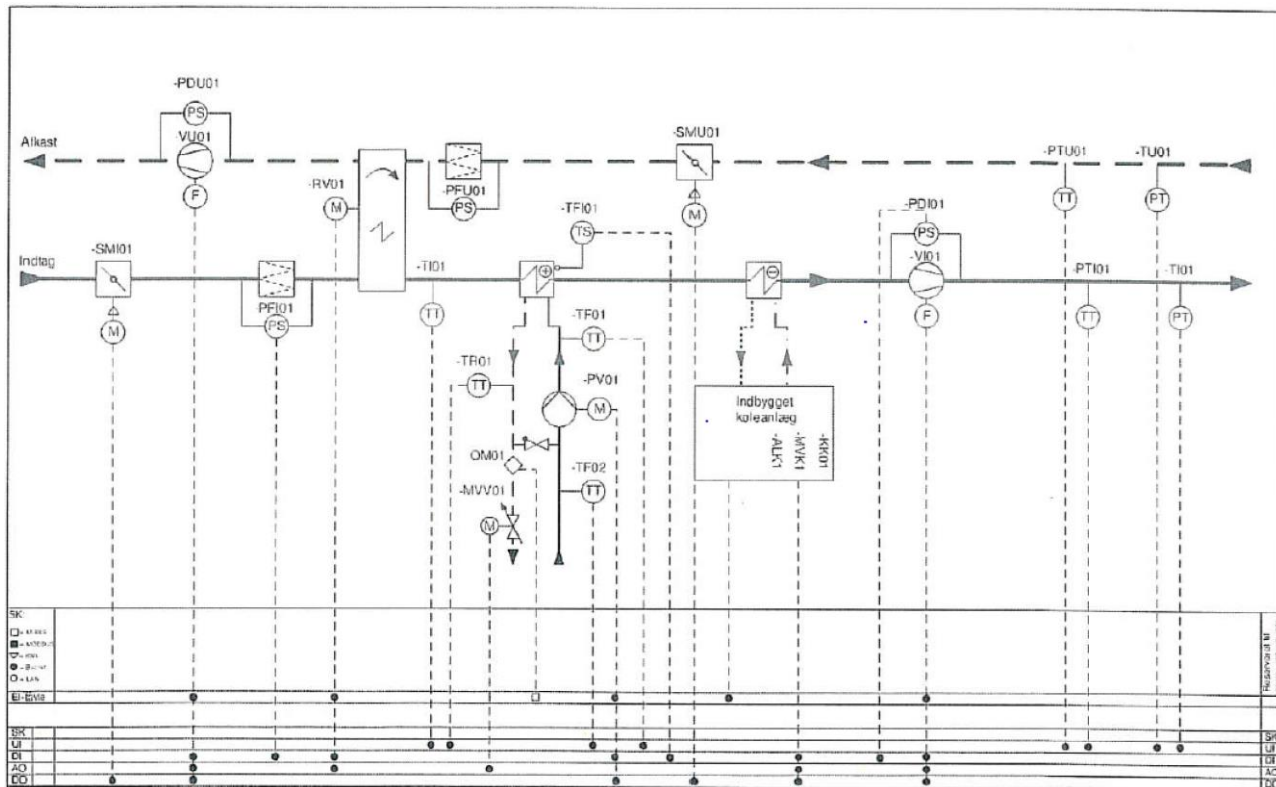
- High-light kun kritiske situationer, f.eks. ved farveskift
- Undgå roterende motorer, rullende transportbånd, pulserende flammer etc.

Funktionalitet - HVAC-anlæg

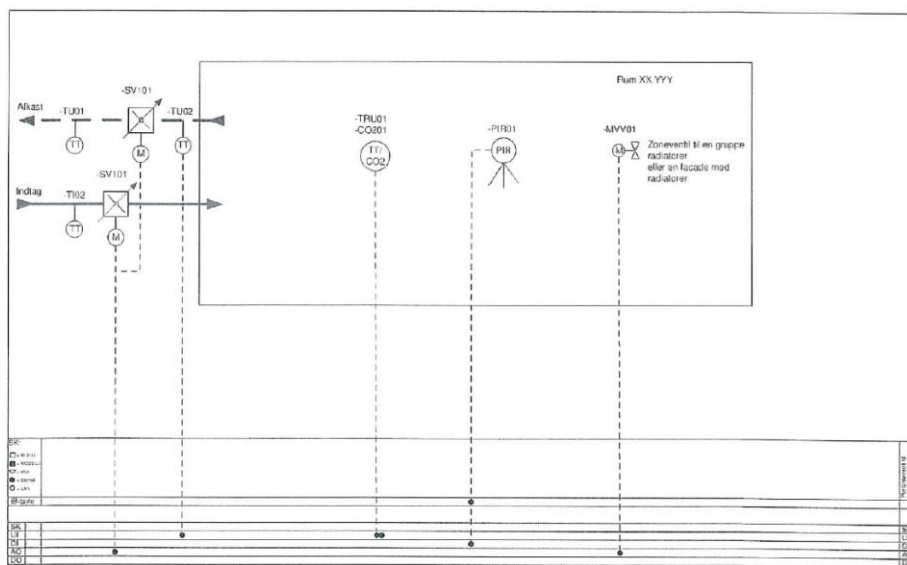
En bygnings HVAC-anlæg skal understøtte den valgte indeklimate strategi, og anlæggenes funktionsbeskrivelser entydigt redegøre for:

- Anlæggets funktion
- Hvordan anlægget indgår i bygningens klimastyring
- Hvordan opvarmning, køling og ventilation hænger sammen
- Hvordan anlægget styres og reguleres
- PI-diagram
- ID CTS-komponenter

Anlægsopbygning og instrumentering beskrives med PI-diagrammer. Nedenfor ses eksempler på PI-diagrammer for et HVAC-anlæg med rotorveksler og en IBI-zonestyling. I PI-diagrammer indgår komponentforkortelser. PI-diagram og komponentliste med komponent ID udgør sammen med en funktionsbeskrivelse anlæggets dokumentation.



Figur 7-5 PI-diagram 'Ventilationsanlæg med rotationsveksler, varme- og køleflade'



Figur 7-6 PI-diagram 'VAV zonestyling med tilstedeværelsessensor (PIR) og radiatorkreds'

T	Temperaturfølere & Termostat	M	Magnetventiler		Forbrugsregistrering
TA	Temperatur Alarm	MNB	Magnetventil Befugtning	COM	Energimåling (Køling)
TBH	Temperatur Beholder	MND	Magnetventil Damp	EM	Energimåling (Elmåler)
TBI	Termostat Brand-Indblæsning	MNG	Magnetventil Genvinding	EMT	Elmåler (Tarifsignaler)
TBU	Termostat Brand-Udsugning	MNK	Magnetventil Køling	FM	Flowmåling (generelt)
TF	Temperatur Fremløb	MNV	Magnetventil Varme	GM	Flowmåling Gas
TFI	Temperatur Frost-Indblæsning	MV	Motorventiler	KOM	Flowmåling Kondensat
TI	Temperatur Indblæsning	MVB	Motorventil Befugtning	KVM	Flowmåling Koldt vand
TR	Temperatur Retur	MVD	Motorventil Damp	QM	Energimåling Varme
TRC	Temperatur Recirkulation	MVG	Motorventil Genvinding	VVM	Flowmåling Varmt vand
TRU	Temperatur Rum	MVK	Motorventil Køling		Alarmer
TU	Temperatur Udsugning	MVV	Motorventil Varme	AL	Fællesalarm
TUD	Temperatur Ude	P	Pumper	CO	CO-måling
H	Fugtmålere	PB	Pumpe Brugsvand	FA	Flowalarm
HA	Relativ fugtighed - Alarm	PG	Pumpe Genvinding	GAS	Gasmåling
HI	Relativ fugtighed - Indblæsning	PGR	Pumpe Grundvand	ID	Ion-måling
HRU	Relativ fugtighed - Rum	PK	Pumpe Køling	LA	Niveau Alarm
HU	Relativ fugtighed - Udsugning	PKO	Pumpe Kondensat	NH3	Ammoniak-måling
HUD	Relativ fugtighed - Ude	PV	Pumpe Opvarmning	NK	Elevatoralarm
F	Flow	S	Spjæld	SMO	Røgmelder
FC	Flowtransmitter/switch	SBR	Spjæld Brand		
L	Niveau	SMB	Spjældmotor By-pass		
LA	Niveau Føler	SMG	Spjældmotor Genvinding		
LK	Luftkvalitet	SMI	Spjældmotor Indblæsn.		
LKCO2	CO2-måling	SMR	Spjældmotor Recirkul.		
PD	Differens Tryk Transmitter		Veksler		Anlægsbetegnelse
PDA	Differens tryk varme Anlæg	KV	Krydsveksler	EV	Elevator
PDI	Differens tryk Indblæsning	RV	Rotorveksler	FC	Fancoil
PDP	Differens tryk Pumpe		Vejrstation	GE	Generatoranlæg
PDR	Differens tryk Rum	LUX	Belysningsstyrke ude (lx)	KØ	Køleanlæg
PDU	Differens tryk Udsugning	RD	Regn Detektor	TK	Trykluft
PDV	Differens tryk Veksler	SI	Solindfald vandret (w/m ²)	VB	Varmtvandsbeholder
PDFI	Differens tryk Filter Indblæsning	VH	Vindhastighed	VC	Vakuumanlæg
PDFU	Differens tryk Filter Udsugning	V	Ventilatorer	VE	Ventilationsanlæg
P	Tryk Transmitter	VI	Ventilator Indblæsning	VG	Varmegenvinding
PA	Tryk Alarm	VU	Ventilator Udblæsning	HC	Hovedcentral
PT	Tryk (generelt)			UC	Undercentral
PTI	Tryk Indblæsning				
PTU	Tryk Udsugning				
PA	Tryk Alarm				

Figur 7-7 Eks. 'Komponent- og anlægsforkortelser'

Alle CTS- og IBI-komponenter skal tildeles ID-koder. En ID-kode struktur kunne være XX.YY.ZZ.VVVV.UUUU, hvor XX angiver i hvilken bygning, YY på hvilken etage, ZZZ i hvilket rum og VVVV i hvilket anlæg komponenten indgår, mens UUUU komponentens type og nummer.

XX	YY	ZZZ	VVVV	UUUU
Bygnings nr.	Etage nr.	Rum nr.	Anlægs nr.	Komponent nr.
A,B,C,....	02,01,00,1,2,....TG(tag)	1,2,3,.....	VV01,VV02,...	UU01,UU02,...
<i>Eksempel: B.01.007.VE01.TI01</i>				
B	01	007	VE01	TI01
Bygning B	Kælderetage 01	Rum nr. 7	Ventilationsanlæg 1	Temp.føler indbl. 01

Figur 7-8 Eks. 'ID-kode struktur og ID-kode for temperaturføler i indblæsningskanal'

Funktionsbeskrivelse

Hvad enten et teknisk anlæg skal integreres med andre anlæg, eller køre 'stand alone' skal anlæggets funktion være fyldestgørende beskrevet i en entydig funktionsbeskrivelse. I appendix C gennemgås traditionelle HVAC styrings- og reguleringsformer. Nedenfor anføres et eksempel på en HVAC funktionsbeskrivelse.

Funktionsbeskrivelse - CTS-undercentral for HVAC-anlæg med rotorveksler - Ét eksempel

Funktionsbeskrivelsen beskriver i generelle termer:

- Ventilationsanlæggets Betjening
- Ventilationsanlæggets Regulering
- Drift af cirkulationspumper
- Anlægs Alarmer

Anlæggets CTS-undercentral kan regulere HVAC anlægget efter 4 driftsformer:

1. Regulering af indblæsningstemperatur efter udetemperatur
2. Regulering af fast indblæsningstemperatur
3. Regulering af indblæsningstemperatur ud fra målt rumtemperatur
4. Regulering af indblæsningstemperatur ud fra ønsket udsugningstemperatur, alle med serieregulering af varmeplade, genvinding og køleplade.

Betjening

Anlægget betjenes ved betjeningsomskifter. Omskifteren kan være placeret i anlæggets tavlefront og/eller være en omskifterfunktion i CTS-brugerfladen for anlægget. Placeres en betjeningsomskifter i anlæggets tavlefront har den højeste prioritet.

Anlæggets driftsform vælges med betjeningsomskifteren, som har tre stillinger:

- STOP – Anlægget er stoppet
- KONSTANT – Anlægget kører konstant
- AUTO – Anlægget startes og stoppes af tidsprogram

Tidsprogram, setpunkter, reguleringsparametre, alarmer m.m. indstilles på CTS-anlægsbrugerfladen.

Start – Opstartsprocedure

- Spjældmotorer åbner friskluft- og afkastspjæld
- Reguleringer frigives
- Pumper starter efter behov
- Ventilatorer starter tidsforsinket
- Under opstart undertrykkes relevante alarmer

Stop – Når anlægget er stoppet

- Ventilatorer og pumper er standsede
- Ventilmotorer er standsede
- Spjæld er lukkede (med mindre sikkerhedsfunktioner tilsiger andet)
- Ventiler og pumper motioneres, f.eks. ugentlig

Natkøling

Køling med udeluft, når følgende betingelser er tilstede:

- Udetemperatur 3°C lavere end rumtemperatur
- Rumtemperatur højere end f.eks. 24°C
- Udetemperatur højere end f.eks. 14°C
- Omskifter i AUTO og tidsprogram i natdrift
- Mindre end f.eks. 5 timer til skifte til dagdrift

Natkøling foregår med 100% friskluft og alle varme- og kølereguleringer inaktive.

Natopvarmning

Om natten standses anlægget, iht. stop ovenfor.

Er rumtemperaturen faldet til under den indstillede minimum nattemperatur for rummet, startes anlægget med varmegenvinding tvangskoblet til 100% og varmepladens ventilmotor i normal regulering.

Når rumtemperaturen er steget 1°C, standses anlæg.

Regulering

Temperaturreguleringsform vælges på brugerfladen, blandt 4 reguleringsformer:

1. Indblæsningstemperatur pba. UDE-temperatur
2. FAST indblæsningstemperatur
3. Indblæsningstemperatur pba. RUM-temperatur
4. Indblæsningstemperatur pba. UDSUGNINGS-temperatur

Indblæsningstemperatur pba. UDE-temperatur

- Ønskeværdien for indblæsningstemperaturen beregnes modulerende i afhængighed af udetemperaturen. Forholdet mellem den beregnede ønskeværdi og udetemperaturen er fastlagt ved en indstillelig kurve.
- Indblæsningstemperaturen reguleres i forhold til den beregnede ønskeværdi. Er den målte indblæsningstemperatur lavere end den ønskede indblæsningstemperatur, reguleres der i serie ved først at lukke for køleventilen, derefter øge hastigheden på den roterende veksler og til sidst at åbne for varmeventilen.
- Er afvigelsen mellem målt og ønsket indblæsningstemperatur mere end 5°C afgives alarm med tidsforsinkelse.

Fast indblæsningstemperatur

- Indblæsningstemperaturen reguleres i forhold til den indstillede ønskeværdi, f.eks. 18°C.
- Er den målte indblæsningstemperatur lavere end den ønskede indblæsningstemperatur, reguleres der i serie ved først at lukke for køleventilen, derefter øge hastigheden på den roterende veksler og til sidst at åbne for varmeventilen.
- Er afvigelsen mellem målt og ønsket indblæsningstemperatur er mere end 5°C afgives der alarm med tidsforsinkelse.

Indblæsningstemperatur pba. RUM-temperatur

- Rumtemperaturen reguleres i forhold til den indstillede ønskeværdi, f.eks. 22 °C.
- Er den målte rumtemperatur lavere end den ønskede rumtemperatur, hæves den beregnede ønskeværdi for indblæsningstemperaturen fra minimum, f.eks. 18 °C, mod maksimum, f.eks. 35 °C.
- Hvis afvigelsen mellem målt og ønsket rumtemperatur er mere end 5 °C afgives alarm med tidsforsinkelse.

Indblæsningstemperatur pba. UDSUGNINGS-temperatur

- Ønskeværdien for indblæsningstemperaturen beregnes modulerende i afhængighed af den indstillede ønskeværdi, f.eks. 22 °C, for udsugningstemperaturen.

- Er den målte udsugningstemperatur lavere end den ønskede udsugningstemperatur, hæves den beregnede ønskeværdi for indblæsningstemperaturen fra minimum, f.eks. 18 °C, mod maksimum, f.eks. 35 °C.
- Indblæsningstemperaturen reguleres i forhold til den beregnede ønskeværdi.
- Er den målte indblæsningstemperatur lavere end den ønskede indblæsningstemperatur, reguleres der i serie ved først at lukke for køleventilen, derefter at øge hastigheden på den roterende veksler og til sidst at åbne for varmeventilen.
- Hvis afvigelsen mellem målt og ønsket indblæsningstemperatur er mere end 5 °C, afgives der alarm med tidsforsinkelse.

Tryk – Indblæsning

- Trykket i indblæsningen reguleres i forhold til den indstillede ønskeværdi, f.eks. 250 Pa, og BØR ikke ændres efter indregulering af anlæg.
- Er det målte tryk lavere end det ønskede, øges ventilatorhastigheden mod maksimum.
- Er afvigelsen mellem målt tryk og ønsket tryk mere end, f.eks. 20 Pa, afgives alarm med tidsforsinkelse.
- Minimum og maksimum ventilatorhastighed indstilles på frekvensomformer.

Tryk – Udsugning

- Trykket i udsugningskanalen reguleres i forhold til den indstillede ønskeværdi, f.eks. yyyPa, og BØR ikke ændres efter indregulering af anlæg.
- Er det målte tryk lavere end det ønskede, øges ventilatorhastigheden mod maksimum.
- Er afvigelsen mellem målt tryk og ønsket tryk mere end, f.eks. 20 Pa, afgives alarm med tidsforsinkelse.
- Minimum og maksimum ventilatorhastighed indstilles på frekvensomformer.

Temperatur – Returløb varmeplade

- Returtemperaturen reguleres i forhold til den indstillede minimum ønskeværdi, f.eks. 15 °C.
- Er den målte temperatur lavere end den ønskede returtemperatur, åbnes varmeventilen modulerende.
- Over- eller underskider returtemperaturen henholdsvis maksimum eller minimum returtemperatur, afgives temperaturalarm med forsinkelse.
- Returreguleringen er aktiv, når udetemperaturen er under 3 °C
- (Temperatur for returløb følger setpunkt for cirkulationspumpe)

Kølegenvinding

- Er udsugningstemperaturen mere end 3°C lavere end udetemperaturen, tvangsstyres varmegenvindingen til 100% genvinding, så køleenergien i rummet udnyttes.
- Når udsugningstemperaturen er mindre end 2°C lavere end udetemperaturen, reguleres varmegenvindingen igen normalt.

Temperaturvirkningsgrad på genvinding

- Virkningsgraden på veksleren beregnes kontinuert som forholdet mellem den temperaturstigning, som aktuelt opnås på den indsugete udeluft, og det maksimale temperaturfald, som kan opnås på udsugningsluften: $\eta = \frac{t_{\text{genvinding}} - t_{\text{ude}}}{t_{\text{udsugning}} - t_{\text{ude}}} \cdot 100$ [%]
- Virkningsgraden beregnes alene ud fra temperaturerne, da det forudsættes, at indblæst luftmængde og udsuget luftmængder er ens.
- Ved stoppet ventilationsanlæg sættes $\eta = 0\%$

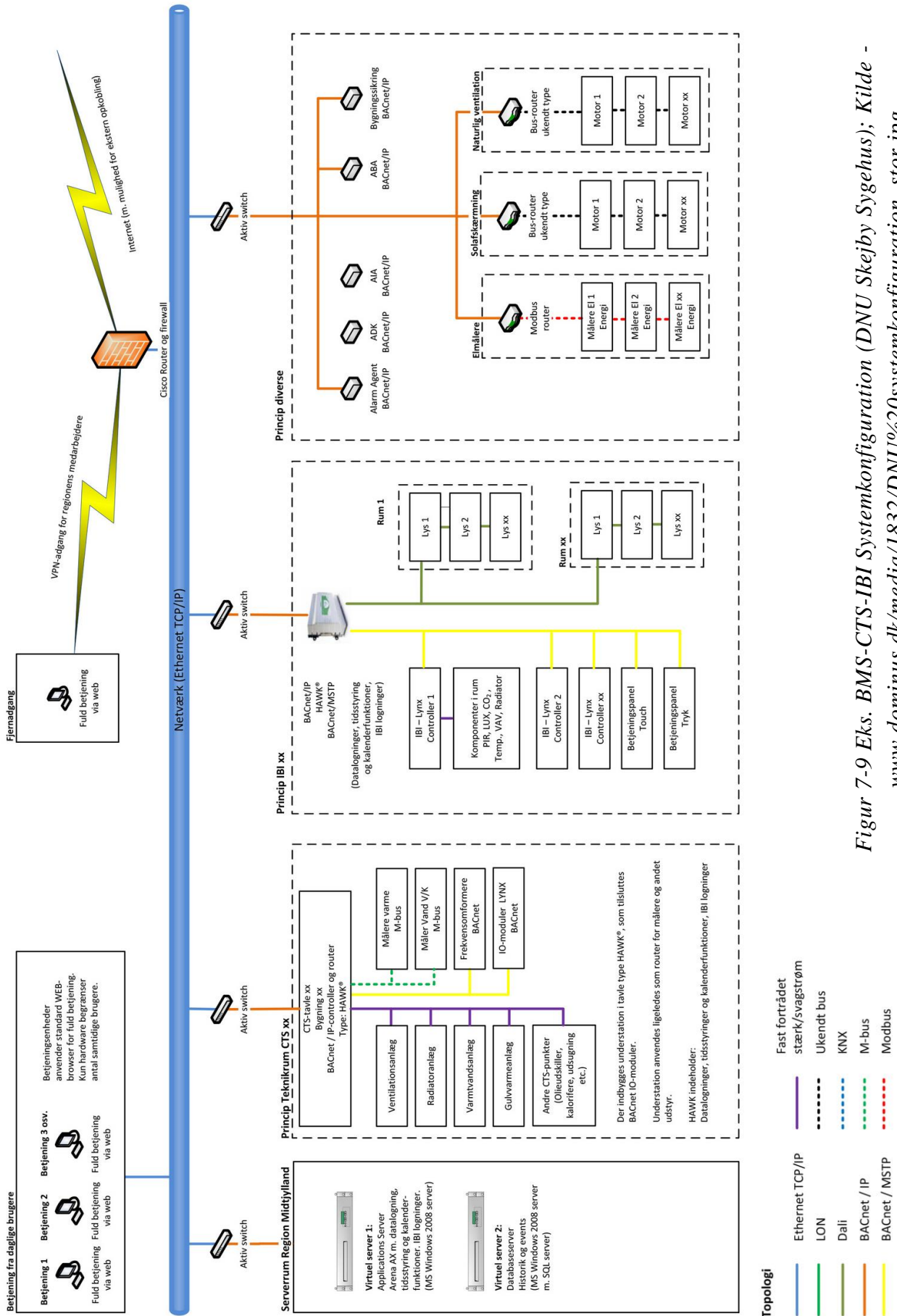
Funktionsbeskrivelse af 'regulering af cirkulationspumper' og 'alarmgivning' er anført i appendix A.

IT-arkitektur (LON, KNX, BACnet og OPC)

I det følgende beskrives forskellige anlægssystemer og komponenter i en BMS-løsning. Først illustreres IT-arkitekturen i en stor kompleks BMS-løsning, dernæst gennemgås i korte træk de to IBI-teknologier LON og KNX samt integrationsprotokollen BACnet. Tilsidst omtales Open Platform Communications OPC. Brug af PLC'ere som alternativ til de traditionelle producenter af CTS-undercentraler for HVAC-anlæg og udvikling af OPC Unified Architecture omtales i afsnittet Trends.

Figur 7-9 viser en BMS-CTS-IBI systemkonfiguration med CTS-undercentraler og IBI-systemer integreret i en BMS løsning med web-baseret betjeningsadgang. Installationen er udført på Skejby sygehus Region Midt-jylland af CTS-systemhuset Dominus A/S.

En lang række CTS-undercentraler og IBI-systemer er forbundet i netværk. Yderst til venstre ses CTS-undercentraler for bygningssikrings, brandalarm, indbrudsalarm og adgangskontrolanlæg, samt udstyr for registrering af elforbrug og aktivering af solafskærmning samt naturlig ventilation. Til styring af brugsområder på rumniveau er installeret IBI-controllere, som regulerer lys og indeklima på baggrund af tilsluttede PIR, lys-, CO₂- og temperaturfølere samt lokale aktuatorer for VAV-spjæld og radiatorventiler. Styring og regulering af tekniske anlæg, som ventilation-, radiatorvarmtvand- og gulvvarme-anlæg samt punkt-udsugningsanlæg udføres af dedikerede CTS-undercentraler. Kommunikation mellem IBI-anlæg og installationens øverste netværkslag faciliteres af BACnet-controllere. Således foregår kommunikationen mellem IBI-anlæg for indeklimastyring og bygningens betjeningsenheder via en kombineret BACnet/MSTP- og BACnet/IP-controller. Lysstyringerne på rumniveau er DALI. Kommunikation mellem bygningens betjeningsterminaler og DALI faciliteres af samme BACnet/IP-controller, som forbinder IBI-anlægene til netværket. De tekniske anlægs CTS-undercentraler kommunikerer med netværket via en lignende BACnet/IP-controller. Vand og varmemålere kommunikerer via M-bus protokollen med samme BACnet/IP-controller, og derved betjeningsterminalerne. Netværket øverste lag er et standard TCP/IP Ethernet. Betjeningsterminalerne anvender standard web-browser for fuld betjening af controllere og enheder.



Figur 7-9 Eks. BMS-CTS-IBI Systemkonfiguration (DNU Skejby Sygehus); Kilde - www.dominus.dk/media/1832/DNU%20systemkonfiguration_stor.jpg

LON, KNX, BACnet og OPC

Først gives en introduktion til IBI-teknologierne LON og KNX. (IBI-teknologien DALI for belysningsstyring beskrives i kompendiets afsnit 11). Dernæst omtales BACnet, der er blevet det foretrukne interface mellem bygningens betjeningsflade og bygningens undercentraler, IBI-controllere og forbrugsmålere. Tilsidst omtales OPC 'Open Platform Communication'.

Såvel LON som KNX er busbaserede IBI-systemer. I et busbaseret system er alle komponenter fysisk forbundet til et to-ledere kobberkabel. Forbindelsen er på samme tid signalforbindelse mellem komponenterne og strømforsyning til komponenterne. Data sendes data i pakker. I LON via protokollen LonTalk, og i KNX via KNX-protokollen. For en uddybning af protokolbegrebet henvises til appendix D.

LON (Local Operating Network). LonWorks blev udviklet af det amerikanske firma Echelon, og benævnes ofte blot LON. LON er en åben teknologi, dvs. tilgængelig for alle interesserede producenter af bygningsautomatikheder. Hjertet i LON er en neuronchip med processor, rom- og ramlager samt en eeprom. En indbygget transceiver skaber forbindelsen mellem neuron og selve LON-netværket. Kommunikation på LON-bussen foregår via protokollen LonTalk. Alle producenter af komponenter til bygningsautomation kan købe og indbygge en neuronchip i deres komponenter. Når en komponent med fysiske ind- og udgange, en neuronchip og en transceiver kobles til et Lon-netværk bliver komponenten en 'node' i netværket, som dels kan udveksle informationer med andre noder, dels udføre handlinger. Betjeningstryk og sensorer giver informationer til LON-netværket, mens aktuatorer sørger for at noget sker.

Programmeringværktøjet i LON er LonMarker. Med LonMarker 'bindes' noderne i logiske sammenhænge til styringer. Input fra noder, f.eks. temperatur, CO₂-niveau og luftfugtighed kan sammenholdes med ønskede værdier, og noder med aktuatorer aktiveres. Nodens adressering sker på baggrund af et unikt 48 bit nummer indlagt i neuronen ved dens produktion. Når komponenten tilsluttes netværket kan noden aktiveres ved et tryk, og udsende sit unikke nummer. Softwaren registrerer nummeret og tildeler noden en logisk adresse, som derefter indgår i kommunikationen mellem netværkets øvrige tilkoblede noder. De logiske adresser i et LON-netværk er inddelt i tre niveauer, øverst et domæne, dernæst et subnet og nederst selve noden. Som udgangspunkt er alle noder ligeværdige, men for at optimere nettrafikken på bussen kan LonTalk prioritere kommunikationen mellem noder, der er blevet tilknyttet bestemte applikationer. LON har en lang række beskedtyper, som i LON kaldes netværksvariable. Med LonMarker defineres variablene i applikationslaget og på den enkelte node. Det er LonMark organisationen, der definerer de netværksvariable, som kan sameksistere i åbne LON-netværk. Netværksvariablene, SNVT (Standard Network Variable Type), kaldes populært for 'snivitter'. LON teknologien anvendes ikke alene i IBI-anlæg til styring af lys, varme, persienser og indeklime i IBI-anlæg, men også i CTS-undercentraler til styring af HVAC- og sikringsanlæg. I CTS-undercentraler er LON løsningerne oftest proprietære. Producenter kan definere egne netværksvariable, og på den måde skabe proprietære løsninger. Formålet med proprietære løsninger på CTS-undercentraler vil være at beskytte de værktøjer, som producenten har udviklet til at binde noder i bestemte applikationer.

I modsætning til KNX er LON en kommerciel standard. Hver gang der laves en binding af et LON punkt skal der betales en afgift.

KNX teknologien er en europæisk udviklet standard til bygningsautomation. Ligesom LON er KNX en åben busbaseret protokol, hvormed KNX-komponenterne kan udveksle information. I en KNX-installation er der ingen central styreenhed. Komponenterne kommunikerer indbyrdes 'direkte' via busforbindelsen. Alle KNX-installationer programmeres med én software. I programmeringen af KNX-netværket tildeles hver komponent en adresse, og funktionalitet skabes ved at oprette såkaldte gruppeadresser. Hver enkelt handling, som skal udføres lægges ind i en gruppeadresse. En gruppeadresse kunne hedde 'lystænding møderum'. Ind i denne gruppeadresse trækkes input fra de KNX-komponenter, som skal initiere en hændelse, f.eks. et tryk eller en PIR. Funktionaliteten skabes når en udgang, f.eks. et kip-relæ for en række lampeudtag i møderummet, trækkes ind i samme gruppeadresse. Når KNX-netværkets funktionalitet er programmeret ved alle komponenter hvilken plads de har, og med hvem de skal udveksle data for at udføre en valgt funktion. Skal en ny funktionalitet oprettes, oprettes blot en ny gruppeadresse hvortil relevant input og ønsket output trækkes ind. Producenter af KNX-produkter har dannet sammenslutningen 'The KNX association', der dels udvikler og administrerer programmeringsværktøjet ETS (Engineering Tool Software), dels angiver de retningslinjer nye produkter skal følge for at få tildelt KNX-mærkning. Den nyeste version af ETS er ETS5, som er bagudkompatibel med tidligere versioner.

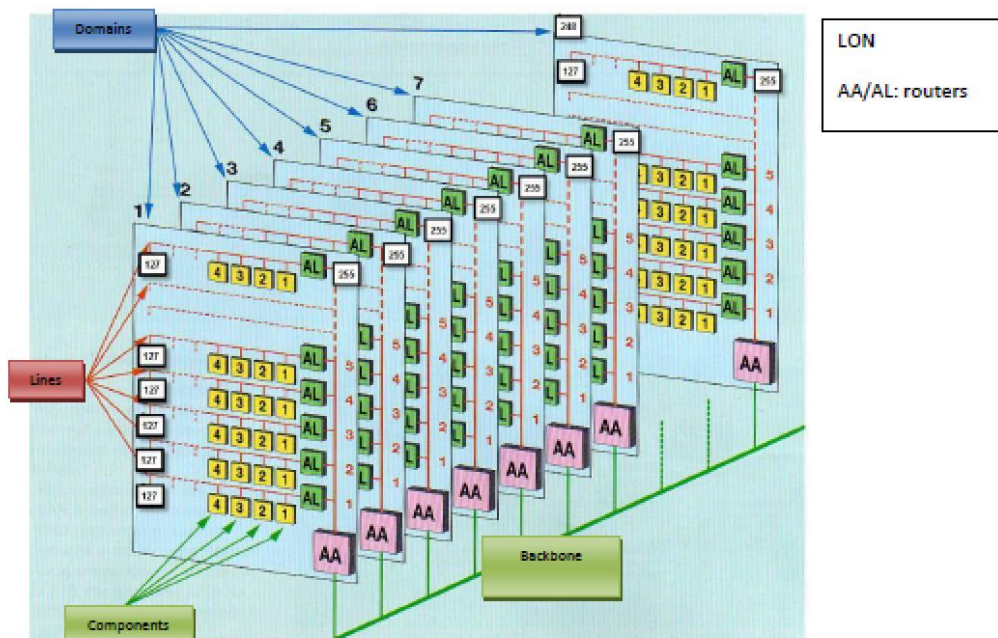
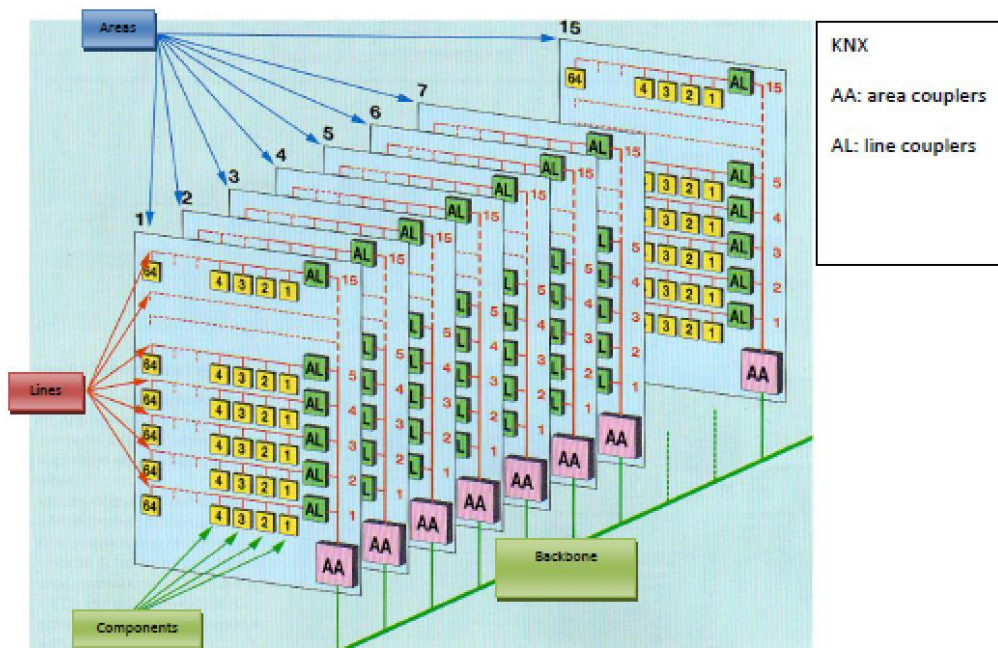
KNX-komponenter kan inddeles i tre kategorier:

- Systemkomponenter
- Sensorer
- Aktuatorer

Systemkomponenterne er strømforsyninger, linjekoblere og IP-routere. Det er systemkomponenterne, som opbygger det kommunikerende netværk. Sensorerne er tryk, PIR, display, rumfølere, vejrstationer, lux-sensorer, CO₂-, temperatur- og trykfølere, som alle sender information ud på KNX-bussen. Aktuatorerne modtager KNX-telegrammer fra bussen, oversætter telegrammerne og udfører den ønskede funktion. Aktuatorerne kan være relæer, lysdæmpere, ventilmotorer, varmestyringsmoduler m.m.. Den mindste KNX-installation som kan konfigureres vil, udover buskablet som forbinder KNX-komponenterne, bestå af en strømforsyning, et tryk og et tænd/sluk relæ. Kablingen kan ligesom kablingen i LON udføres i næsten fri topologi. Buskablet kan føres i linje-, stjerne- eller træstruktur, men ikke i ring eller maskenet. Buskablet er et parsnoet 2x0,8mm² to-lederkabel, som både overfører KNX-telegrammer og forsyner komponenterne med nødvendig spænding. Over store afstande, f.eks. mellem bygninger foregår kommunikationen, som i LON, via IP-routere og TCP/IP Ethernet.

Opbygningen af KNX- og LON-netværk er illustreret nedenfor. KNX-buskoblingen er som LON opdelt i tre niveauer, men med andre betegnelser. De enkelte KNX-komponenter er forbundet i linjer. Hvert linje kan tilsluttes op til 64 KNX-komponenter. Linjerne samles med linjekoblere i områder. Hvert område kan tilsluttes op til 15 linjer. Øverst forbindes områderne med områdekoblere. I alt 15 områder kan samles i én KNX-installation. Adressen som komponenten

tildeles i ETS-softwaren består således af et områdenummer, et linjenummer og komponentens nummer i rækken på den pågældende linje. Adressen '1.7.52' angiver f.eks. adressen på komponenten monteret i område 2, på linje 3 og som komponent nummer 52 på denne linje. Antallet af KNX-komponenter i én KNX-installation bliver dermed $64 \times 15 \times 15$. Imidlertid kan der på hver linje tilsluttes i alt tre linje-forstærkere, der hver kan tilsluttes 64 KNX-komponenter. Antallet af KNX-komponenter, der kan tilsluttes én KNX-installation bliver dermed $64 \times 3 \times 15 \times 15$, eller 43.200.



Figur 7-10 KNX og LON netværk;
Kilde: OmniBUS Engineering SA

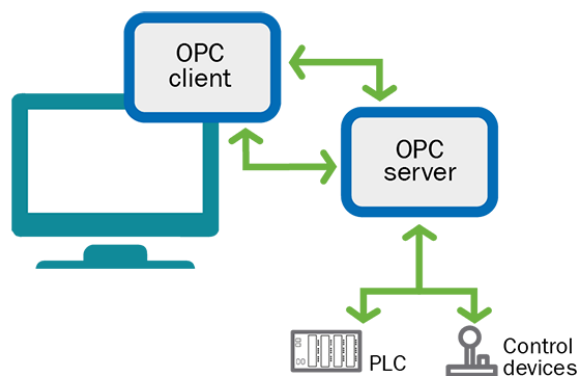
BACnet (Building Automation and Control networks). BACnet er en internationalt standardiseret dataprotokol (ANSI og ISO) udviklet specifikt for bygningsautomation. Udviklingen blev initieret af ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) for at skabe interoperabilitet mellem forskellige producenters bygningsautomatikudstyr.

Ønsket om integration af forskellige producenters komponenter og systemer har ført til at BACnet protokollen i dag understøttes af alle førende udstyrsproducenter. CTS-undercentraler, IBI-systemer og M-bus målere leveres med BACnet interface, der gør det muligt for BMS-software at tilgå udstyret, f.eks. i en web-baseret TCP/IP ethernet opkobling. En BAC-net controller kan tilsluttes direkte til bygningens LAN for intern kommunikation, og bygningens WAN uden yderligere brug af routere.

Dataudveksling med BACnet kaldes for at kommunikere med åbne BACnet protokoller. BACnet protokollen definerer dels services som Who-Is, I-Am, Who-Has, I-Have til udstyrs- og objekt-scanning, dels Read- og Write-Properties til datadeling. I ANSI/ASHRAE standard 135-2016 er defineret i alt 60 objekttyper, som BACnet servicene kan arbejde på, deriblandt Analog Input, Analog Output, Analog Value, Binary Input, Binary Output, Binary Value, Load Control, Pulse Converter, Multi-State Input, Multi-State Output, Calendar, Event-Enrollment, File, Notification-Class, Group, Loop, Timer, Trend Log, Program, Schedule, Command og Device.

Producenter kan få testet deres produkter på et BACnet testlaboratorie og tildeles et BACnet Test Lab certifikat, som garanterer at komponenten eller systemet opfylder BACnet standarden, og kan kommunikere med andre BACnet certificerede produkter.

OPC (Open Platform Communications). OPC er ikke en protokol, men en åben software interface standard for kommunikation mellem klienter og en server. En OPC server opretter forbindelse til en datakilde, f.eks. en database eller brugergrænseflade, og omsætter data til et standard OPC format. OPC blev oprindeligt udviklet af automatikleverandører og Microsoft, som en Open linking and embedding for Proces Control. I dag anvendes OPC som forkortelse for Open Platform Communications, og definerer ikke blot data adgang (OPC DA), men historisk data adgang (OPC HDA) og dataudveksling (OPC DE). **OPC serveren** er softwareprogrammet, der skaber en virksom grænseflade mellem forskellige applikationer (API Application Programming Interface). En OPC server afventer forespørgsler fra sine klienter og henter de efterspurgte data til klienten. OPC softwaren konverterer data fra datakilden til OPC protokollen. Klienten kan være et SCADA-program, med behov for forbindelse til CTS-undercentraler, IBI-anlæg eller blot sensorer og for-brugsmålere. Klienten bestemmer hvornår og hvilke data OPC serveren skal hente, og hvilke kommandoer, der skal sendes til den pågældende datakilde, f.eks. en controller. I OPC kan klienten 'abonnere' på data, som serveren skal sende, hvis de ændrer sig. Applikationer, f.eks. historik-, regneark- og tidsserieapplikationer, som er OPC kompatible kan oprette forbindelse til OPC-serveren og benytte denne til at læse og skrive data på den aktuelle enhed, f.eks. en IBI-controller.



Figur 7-11 'OPC klient, åben software interface standard og OPC server';
 Kilde: www.opc.foundation.org

BACnet og OPC er to teknologier. Mens BACnet er designet til integration af bygningsautomatik-udstyr, er OPC designet for dataoverførsel mellem alle typer udstyr og applikationer uden behov for at kende hverken udstyrets- eller applikationens datarepræsentation.

7.6. CTS i relation til indeklima

Strategier, reguleringsløjfer (EiSE)

De traditionelle HVAC styrings- og reguleringsformers brug af kaskade- og seriereguleringsløjfer er beskrevet i appendix C. Her anføres EiSE-styringsstrategiens brug af dynamiske setpunkter.

EiSE - Styringsstrategi med dynamiske setpunkter

Teknologisk Institut har pba. resultaterne fra en række forskningsprojekter under Dansk Energis ELFORSK program udarbejdet en styringsstrategi, markedsført under navnet EiSE 'Energi og indeklimatestrategi uden energifråds'. Strategien tager udgangspunkt i en effektiv udnyttelse af data fra en bygnings BMS-system. Nedenfor anføres de betragtninger som EiSE benytter for at tilvejebringe et godt indeklimatest med lavt energiforbrug. EiSE-strategiskemaer, som danner grundlag for CTS-justeringer er gengivet i appendix D.

EiSE-funktionen $E(x)$ – Driftsoptimering

Et nøglepunkt i EiSE-strategien er at sikre at et anlæg ikke går uhensigtsmæssigt i gang, medmindre et vist antal målepunkter beder om energi. Det er ineffektivt at starte for tidligt. Der vil altid være rørtab og andre driftstab, men i EiSE-strategien søges dette tab fordelt over flest mulige lokaler, så tabet pr. bruger ved at opretholde brugernes tilfredshed med indeklimaet, bliver så lille som muligt.

$E(x)$ funktionen opgør, hvor mange procent af målepunkternes temperaturer, som afviger fra setpunktet x . Funktionen bruges til at starte og stoppe anlægsdriften, samt regulere flow og temperaturer. Der er to $E(x)$ funktioner. En opgør antal målepunkter, som er under det aktuelle varme setpunkt. Den anden opgør antal målepunkter der er over det aktuelle køle setpunkt.

F.eks. betyder E(23), at CTS-anlægget opgør hvor mange procent af målepunkterne, som er over 23 °C (om morgenen er køle setpunktet ofte 23 °C). I kølestrategien er det valgt, at når f.eks. 15 % af lokalerne er over køle setpunktet, så aktiveres køleanlægget. Det pågældende anlæg stoppes, når mindre end 5% af lokalerne er over køle setpunktet.

E(x), varmekurven og cirkulationspumpen

Varmekurven styrer fremløbstemperaturen til radiatorerne. Hvis få målepunkter har et varme-behov parallelforskydes varmekurven, og omvendt. Hvis der ikke er et varmebehov stoppes cirkulationspumpen. Pumpen startes igen når f.eks. 15 % af lokalerne er under varme setpunktet. E(x) sænker således tomgangstabet i cirkulationsrør gennemregulering.

E(x) og køling

Ventilatorerne kører og forceres, hvis mere end 15 % af lokalerne har en temperatur over køle setpunktet. Når tallet er mindre end 5 % slukkes ventilationen. Hvis der ikke er et kølebehov i arbejdstiden kører ventilationen på lav ydelse.

Køleanlæg igangsættes også med E(x) funktionen. Hvis f.eks. 15 % af lokalerne har et kølebehov frigives den indirekte køling, og der cirkuleres køligt vand rundt i rørene. Mekanisk køl aktiveres, når udetemperaturen er over setpunktet, som f.eks. er 16 °C indenfor normal arbejdstid, og f.eks. 20 °C udenfor arbejdstiden.

Kølevandets temperatur til indirekte køling reguleres gennem E(x) funktionen, jo færre lokaler med kølebehov, jo højere bliver kølevandets temperatur. Når køle setpunktet stiger om eftermiddagen, vil det yderligere sænke ydelsen på det mekaniske ventilationsanlæg. Kølingen udskydes så vidt muligt til et tidspunkt, hvor frikøl er muligt. I praksis sker dette ved at køle setpunktet sænkes igen om natten.

Kølefladerne i ventilationsanlægget aktiveres, når mange lokaler har et kølebehov, f.eks. mere end 70 % og lukkes, når tallet igen kommer under 50 % (der anvendes kun mekanisk køl til disse køleflader). Der er ofte en styring på aktiveringen af køleventilen, f.eks. ved en udetemperatur over 20 °C. Ventilen lukkes igen, hvis udetemperaturen kommer under f.eks. 19 °C.

Andre indeklimate og energitiltag

EiSE-strategien har desuden fokus på:

- Solafskærmning
- Driftsoptimering i hverdagen
- Standby-forbrug
- Termoaktive konstruktioner

7.7. Nøgletal, Funktionsafprøvning og Performance test

BMS-systemer kan logge et utal af sammenhænge. Jo flere følere, jo flere registreringer kan logges og tidsserie genereres. Det termiske og atmosfæriske indeklima kan registreres på rumniveau ved logning af CO₂-niveau og temperatur over dagen, og forløbet sammenholdes med såvel tilstedeværelse registreret af belysningscontroller som udetemperatur og solindfald registreret af vejrstationen på bygningens tag. Skal registreringer sammenholdes med energiforbrug på rumniveau kræves installation af bi-målere på rumniveau. Anlægsomkostningerne ved etablering af et BMS anlæg er nær proportionale med antal følere, antal aktuatorer og antal energimålere. Antal følere, aktuatorer og målere bør derfor reduceres til det nødvendige for at sikre bygningens optimale drift.

Da energirigtig drift med det rette indeklima aldrig vil nås, hvis bygningens ventilationsanlæg ikke er udført som projekteret og indkørt korrekt, vælges i det følgende, at illustrere hvordan bygningens BMS kan udnyttes til funktionsafprøvning og test af performance ved idriftsættelse. Et område som bygningsstyrelsen og byggereglementet har rettet fokus på siden 2015. For uddybning henvises til publikationen²: 'Best Practice, Ventilation, Syddansk Universitet i Odense, Bygning 44'.

BR15 krav om funktionsafprøvning

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen indførte pr. 1. juli 2017 krav om funktionsafprøvning af tekniske anlæg i byggereglementet³. Om baggrunden for kravet anfører styrelsen 'nybyggeri og større renoveringer ofte bliver afleveret med alvorlige fejl i de tekniske installationer. Dette kan føre til forringet indeklima og et energiforbrug, der ligger væsentlig højere end forventet. Funktionsafprøvningen skal eftervise, om de antagelser, der blev anvendt ved projekteringen af byggeriet og er anvendt i byggeansøgningen som grundlag for byggetilladelsen, er overholdt'. Dokumentation for resultatet af funktionsafprøvningen skal indsendes til kommunen, og opfyldelse af kravene er en forudsætning for, at bygningen må tages i brug. Det anføres, at følges Bygningsstyrelsens performancetest angående tekniske anlæg, vil byggereglementet normalt også være overholdt.

Performance test - Dokumenteret med BMS

Med performance test menes 'en testbaseret eftervisning af at udbudskrav er opfyldt, og hvis vilkår og metoder fremgår af udbudsmaterialet'. En forudsætning for at udføre performance test, dokumenteret med BMS, er at de følere, der logges på stemmer overens med de placeringer der skal benyttes i beregning af virkningsgrader, og om registreringerne har tilstrækkelig præcision. Dette skal verificeres.

² <https://www.bygst.dk/godt-byggeri/performancetest/best-practice/>

³ Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen - Notat 'Vejledning om funktionsafprøvning', 23. juni 2017

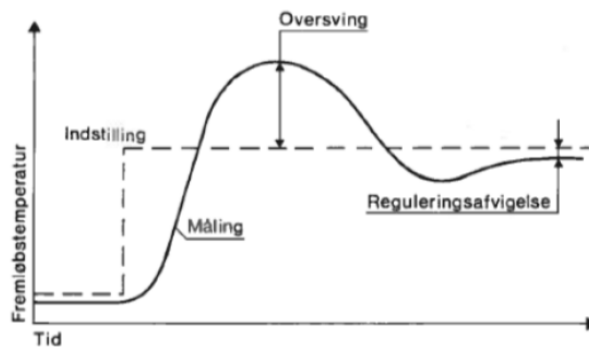
I performance tests eftervises:

- Funktionalitet i styrings- og reguleringsystemer
- Virkningsgrader i installationer

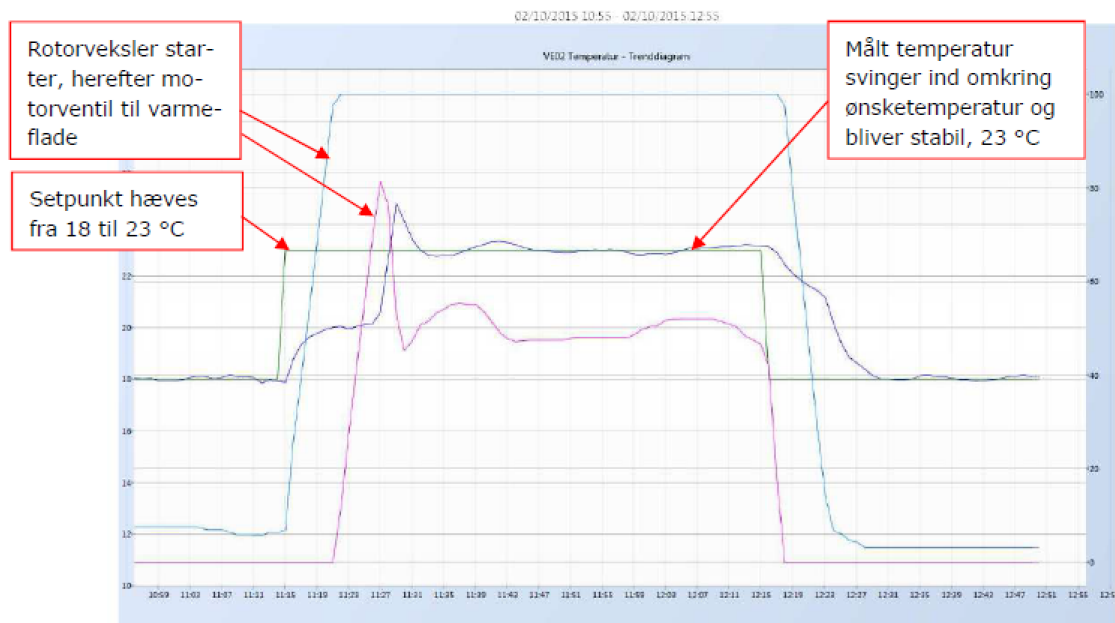
hvor funktionalitet testes uafhængigt af brugeradfærd på tværs af grænseflader, og virkningsgrader testes fagopdelt uafhængigt af brugeradfærd.

Funktionalitet

Acceptkriteriet for en regulerings funktionalitet er en eftervisning af regulerings stabilitet ved setpunktsændringer. Er proportional- og integraled indstillet korrekt? Reguleres opvarmning og køling i serie? Imødegår reguleringen store belastningsændringer ved brug af kaskade?



Figur 7-12 Reguleringssevne - 'Setpunkts-ændring - Oversving og reguleringsafvigelse'

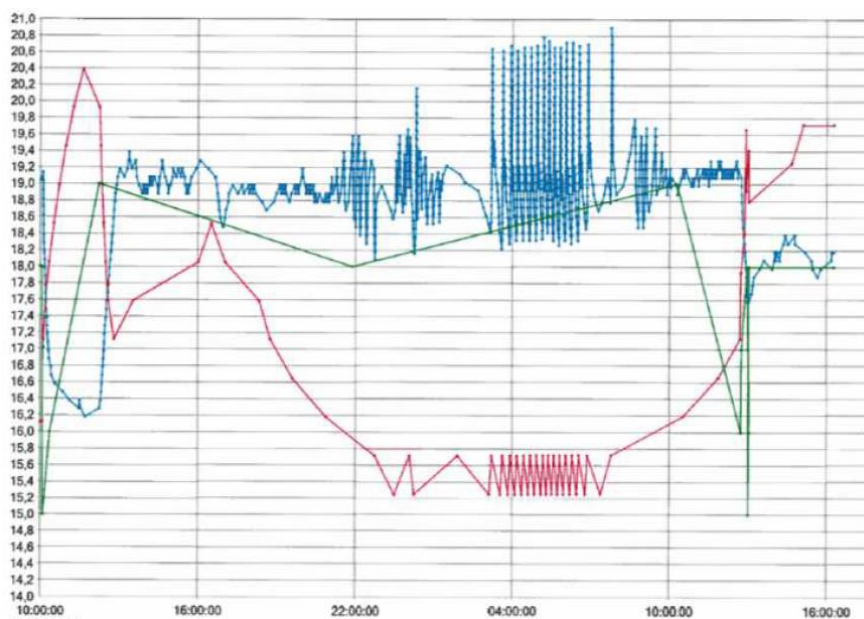


Figur 7-13 Eks. 'Setpunktsændring af temperatur - Reguleringssevne accepteret';

Kilde: Bygningsstyrelsen, <https://www.bygst.dk/godt-byggeri/performancectest/best-practice/>



Figur 7-14 Eks.: 'Setpunktsændring for tryk i hovedkanal - Reguleringsevne accepteret';
 Kilde: Bygningsstyrelsen, <https://www.bygst.dk/godt-byggeri/performancecest/best-practice/>



Figur 7-15 Eks.: 'Setpunktsændring af temperatur - Pendling - Reguleringsevne ikke accepteret'; Kilde: Bygningsstyrelsen, [https://www.bygst.dk/performance test før aflevering/](https://www.bygst.dk/performance%20test%20f%C3%B8r%20aflevering/)

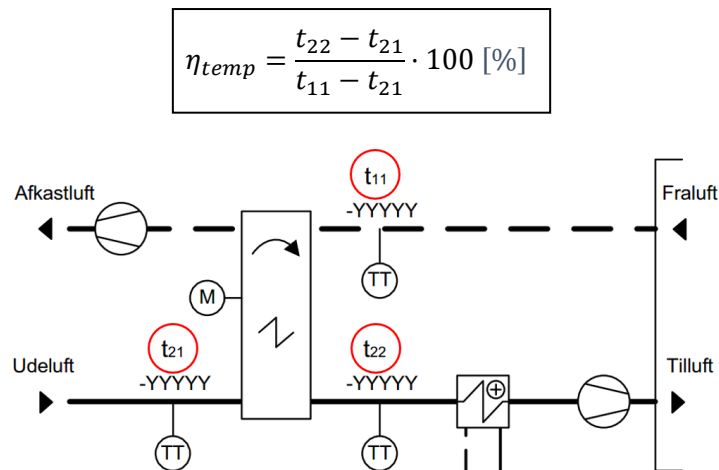
Virkningsgrader

Acceptkriteriet for virkningsgrader er en eftervisning af, at systemet opfylder virkningsgrader angivet i udbudsgrundlaget, ofte anført ved henvisning til byggereglement og gældende standarder:

- Ventilationssystem: Temperaturvirkningsgrad η_t og SEL-værdi
- Kølesystem: System COP
- Varmt brugsvand: System COP
- Klimaskærm: Infiltration (tæthed, linjetab, kuldebroer)

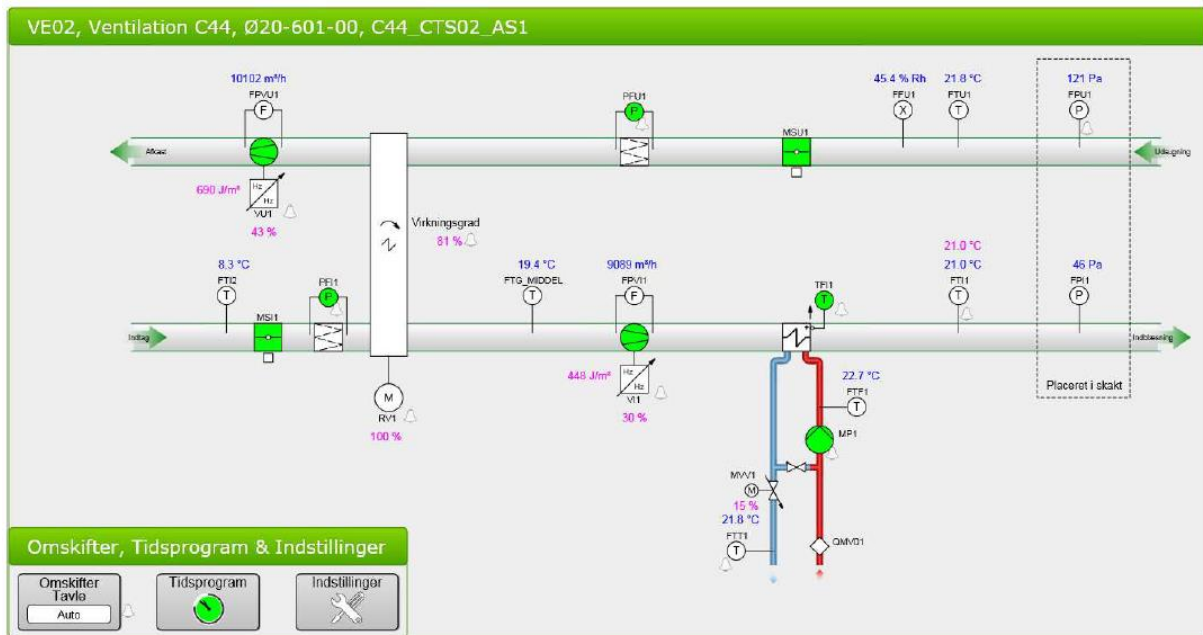
Nedenfor gives eksempler på virkningsgrader beregnet af bygningens BMS iht. bygningsstyrelsens performance testparadigme. Eksemplerne er fra bygningsstyrelsen publikation 'Best practice, Ventilation, Syddansk Universitet i Odense, Bygning 44', hvor performance testparadigmet blev implementeret i byggeprocessen, og indgik i den juridiske aflevering d. 30. oktober 2015.

Bygning 44 er opdelt i 4 kvadranter, hver med næsten samme kanalføring og ventilationsaggregater. Bygningens rum ventileres ved opblandingsventilation. Indblæsning sker gennem armaturer med VAV-spjæld monteret i nedhængte lofter, og udsugning gennem sugeplader i nedhængte lofter. Luftmængderne reguleres trinløst og behovsstyret med IBI-rumcontrollere pba. CO₂- og temperaturfølere. IBI-controllerne er KNX-baseret og regulerer samtidig lys- og jalousier hørende til rummet. Lyset via en KNX-DALI gateway. Bygningens ventilationsanlæg har varmegenvinding med rotorvekslere og hastighedsregulering af ventilatormotorer for konstantryksregulering.



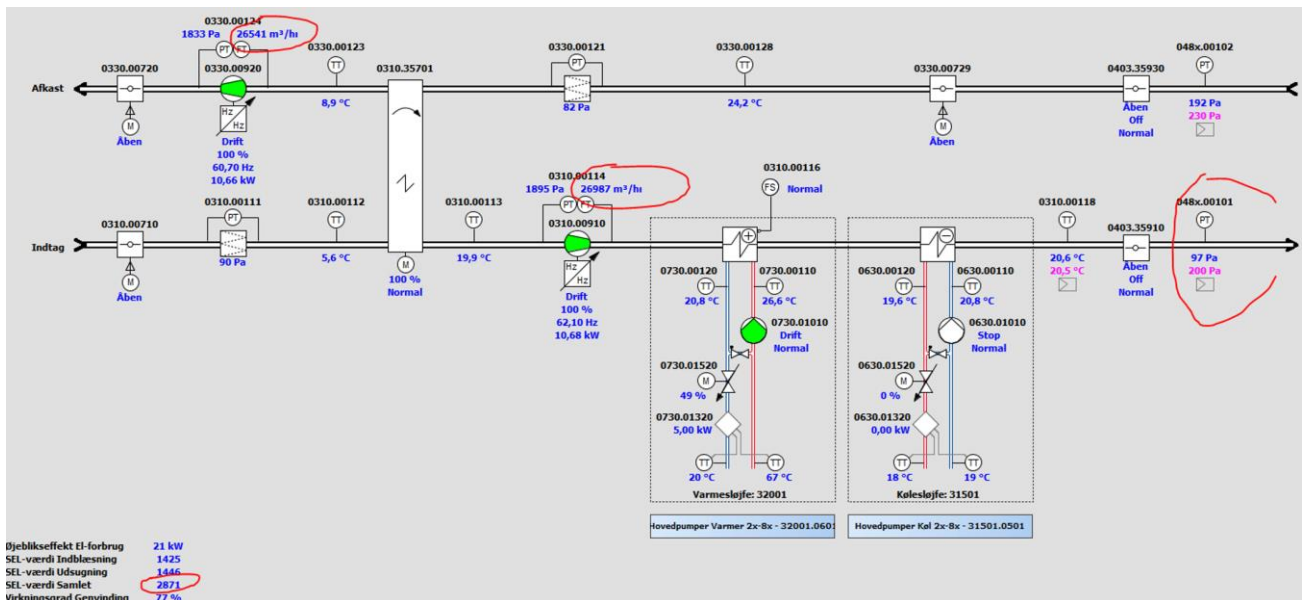
Figur 7-16 'Målepunkter v. bestemmelse af rotorvekslers temperaturvirkningsgrad';
Kilde: Bygningsstyrelsen, <https://www.bygst.dk/godt-byggeri/performancectest/best-practice/>

$$\eta_{temp} = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} \cdot 100 = \frac{19,4 - 8,3}{21,8 - 8,3} = 82\%$$



Figur 7-17 Performance test 'Temperaturvirkningsgrad rotorveksler' - SDU Bygn. 44;
 Kilde: Bygningsstyrelsen, <https://www.bygst.dk/godt-byggeri/performancectest/best-practice/>

$$SEL = \frac{P_{optagen}}{q_v} = \frac{P_{ind} + P_{ud}}{q_v} \left[\frac{kJ}{m^3} \right] \quad q_v = k_v \cdot \sqrt{\Delta p} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$



Figur 7-18 Performance test 'SEL-værdi - Installation ikke accepteret SEL-værdi for høj';
 Kilde: Bygningsstyrelsen, Performancetest nr. 4.A. Kontrol af SEL-værdi via BMS brugerflade

$$COP = \frac{P_{køling}}{P_{tilført}} = \frac{Q \cdot \rho \cdot (t_{retur} - t_{frem})}{E_{tilført}}$$

COP_{\emptyset} øjebliksværdi Metode for måling med BMS	$COP_{middeleværdi}$ Metode for måling med BMS
<p>Køleeffekt målt af energimåler, som registrerer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Akkumuleret volumenstrøm Q • Kølemidlets returtemperatur • Kølemidlets fremløbstemperatur <p>Tilført elektriske effekt til kompressor og tilhørende pumper registreret af bimåler.</p> <p>Alle måleres øjebliksværdier 'aflæses' samtidigt og logges hvert 5. min. Herefter beregnes og logges System COP faktorens øjebliksværdi af BMS</p>	<p>Køleeffekt målt af energimåler, som registrerer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Akkumuleret volumenstrøm Q • Kølemidlets returtemperatur • Kølemidlets fremløbstemperatur <p>Tilført elektriske effekt til kompressor og tilhørende pumper registreret af bimåler.</p> <p>Alle øjebliksværdier 'aflæses' samtidigt og logges af BMS hver 2. time. Herefter beregnes og logges System COP faktorens middelværdi for denne periode af BMS</p>

Figur 7-19 Performance test 'System COP for køleanlæg beregnet af BMS'; Kilde: Bygningsstyrelsen, Performancetest nr. 4.A. Kontrol af SEL-værdi via BMS brugerflade

Bygningsstyrelsen, Danmarks største bygherre med en ejendomsportefølge i 2015 på 4,2 mill. m² og 300 igangværende projekter med en samlet værdi af Kr. 14 mia., har for at sikre, at byggeprojekter falder ud som projekteret og eventuelle skjulte fejl- og mangler opdages hurtigst muligt efter AB92/ABT93-aflevering, sammenstillet en række 'Performance Test' det pålægges entreprenører af tekniske installationer at udføre undervejs i byggeprocessen⁴. I alt 5 Milepæle indlægges i byggeperioden. Ved hver milepæl skal entreprenørerne overfor bygherrers fagtilsyn eftervisse og dokumentere, at leverede og monterede anlæg, på rette tidspunkt, dvs. tidspunktet for de respektive milepæle, opfylder nøjere specificerede krav. For ventilationsanlæg standard-erne DS447, DS/EN 12599, DS/EN 14134 og for varme- og køleanlæg DS 469 og DS 447.

Når AB92 aflevering er foretaget, dvs. når mangleregistrering og mangelfhjælpning er gennemført, udføres en sidste performance test 'Prøvedrift'. Under prøvedrift skal de tekniske anlæg arbejde belastet, og det skal konstateres om anlæggene regulerer korrekt, enkeltvis og i samspil.

Prøvedriften skal foregå over 6 uger, hvor bygningens anlæg overvåges og driften dokumenteres ved BMS-CTS-IBI-logninger. Prøvedriften omfatter sekvenser af setpunktsændringer samt nat- og weekenddrift. I hele 6 ugers perioden kontrolleres anlæggenes reguleringsevne ved daglige tjekrutiner, hvor alarmer, setpunkter, målepunktværdier, lograppporter og vejrrapporter skal gennemgås. Alle observationer skal dokumenteres, dels ved logninger, dels ved eventuelle afvigerapporter, og observationerne skal sammenholdes med bygningens aktuelle belastning.

⁴ <https://www.bygst.dk/godt-byggeri/performancetest/>

Inden AB92 aflevering udføres således en række performance tests, som skal sikre:

- at bygningens installationer har de krævede funktioner
- at bygningens installationer har de krævede kapaciteter
- at bygningens installationer kan regulere på tværs af grænseflader
- at bygningens BMS understøtter ønskede logninger

Nedenfor er milepæle, test og metode samt acceptkriterier søgt sammenstillet i oversigtsform.

Tabel 7-1 Oversigt 'Bygningsstyrelsens Performance Test dokumenteret med BMS'

Milepæl		Test & Metode	Acceptkriterium
1.A	Transformer og tavle sat under spænding		
1.B	Fordelingstavler sat under spænding		
1.C	Varme, køl og vandforsyning etableret		Afregningsmålere aktive
2.A	BMS tavler og netværk sat under spænding		
2.B	Netværk aktivt		PING test (forbindelser)
2.C	BMS brugerflade aktiv	Stikprøver: Påvirkn. af følere -> BMS signal Overstyring fra BMS mulig Stikprøver ses på logning	Sammenhæng mellem stikprøver og logninger
2.D	Sammenhæng mellem BMS anlægsbilleder, PI-diagrammer og punkt-afprøvning	BMS entreprenør har udført egenkontrol og PI-diagrammer er 'as build'. Gennemgang af entreprenør SKS	Overensstemmelse ml. stikprøver og entreprenørens dok. for systematiske pkt.afprøvninger
2.E	HVAC installationer trykprøvede, rengjorte, udluftede og tæthedsprøvede	Fagtilsyn skal have godkendt entreprenørens SKS. Entreprenørens dok. af egenkontrol gennemgås og stikprøver udføres	Overensstemmelse ml. stikprøver og entreprenørens dok. for systematiske pkt.afprøvninger
2.F	Installationer mekanisk og elektrisk komplet	Alle komp./anlæg monteret Alle tavler mont. og under spænd. Alle eltilsl. afsl. og spændingssat Alle CTS kabler mont. på komp. Alle netværkskab. konnekteret Kabelmærkning afsluttet Rørmærkning afsluttet Rørsyst. påfyldt, udluft., trykpr. Føringsveje er lukkede v. vægge Alle huller i facade er lukkede Alle HMI (interfaces) aktive	Der skal være gennemført mangelgennemgang og evt mangler iht definition af mekanisk komplet skal være afhjulpet
3	Brand, proces og stand-alone installationer	CTS-skærmpoint	Iht. kravspecifikationer
4.A	Reguleringsevne Ventilationsanlæg	Stabile reguleringsfunktioner kontrolleret via BMS brugerflade: - Luftmængder - Indblæsningstemperaturer - Trykstyringer	- Hurtig indsvingning efter opstart - Hurtig indsvingning efter setpkt.ændr. (↑↓) - Ingen pendling - Ingen varige afvigelser (udbudsmatr. gældende)
4.B	Reguleringsevne Varme og Køleanlæg	Stabile reguleringsfunktioner (Kontrolleret via BMS brugerflade)	- Rimelig hurtig indsvingning efter opstart - Hurtig indsvingning efter setpkt.ændr. (↑↓) - Ingen pendling - Ingen varige afvigelser (udbudsmatr. gældende)

4.A	Systemvirkningsgrader SEL-værdi Ventilationsanlæg	<p>Usynlig fejl- og mangler i kanalsystemer.</p> <p>Verifikation af energiforbrug.</p> <p>Følgende skal være sikret inden test:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tæthedsprøvning, jf. DS447-6 - Luftmgd. indreguleret til nominel - Kanaler rengjorte - Filtre monteret - Lufthastighedsfølere udført iht DS447-6 - Indstilling af reguleringsspjæld er korrekt, og luftmgd. er svarer til frekvensomformerindstillinger <p>Målepunkter for eftervisning af SEL-faktor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Luftflow opgjort o. indløbsringe - El-effekt v. bi-måler for anlæg <p>Supplerende målinger:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Luftflow v. trådanemometer -El-effekt v. udlæsn.frekv.omf. <p>Målemetode for luftflow: Diff.tryk ml. trykstuds på indløb og referencetryk før ventilator og k-faktor specifik for ventilatortype</p>	<p>SEL-værdi ved 100% luft-mængde indenfor +5% af udbudskrav.</p> <p>Målinger skal være logget over 15min for hver driftsscenario: 100%, 80% og 60% luftmgd.</p> <p>(Årsager til afvigelser: Fejl i projektering af trykforhold, eller i udførelse af kanalsyst., inkl. komp. Fejl i forudsætninger for dim. af aggregater Fejl i forb. m. indregul. Fejl i målemetode Fejl i produkter)</p>
4.B	Systemvirkningsgrader Temperaturvirkningsgrader Ventilationsanlæg	<p>Følgende, jf. 4.A skal være sikret inden test.</p> <p>Alle dele af anlægget skal være fuldt færdige, inkl. automatik-funktioner for aggregat og eksterne komp., såsom VAV.</p> $\eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}, \text{ jf. DS447-6}$	
5.	Performancetest. Prøvedrift	<p>AB92/ABT93-aflevering gennemført.</p> <p>Mangelregistrering mht basis-beskrivelse samt afhjælpning gennemført.</p> <p>Prøvekørsler skal have vist, at krævede funktioner, kapaciteter og reguleringer fungerer på tværs af grænseflader, herunder at CTS kan fremvise nødvendige logninger.</p>	<p>Konstateres fejl på installationer, herunder indreguleringer, er entreprenøren forpligtet til afhjælpning indenfor 10 dage.</p> <p>Konstateres kritiske fejl, f.eks. funktionssvigt af ventilations-, varme- og køleanlæg afbrydes testen.</p>

7.8. BMS som energiledelsesværktøj

Energiledelse iht. ISO 50001

Fokuspunkterne i ISO 50001 er:

- Målsætning
- Organisering
- Kortlægning
- Identifikation
- Handlungsplan
- Baseline
- Nøgletalsstyring
- Ledelsens evaluering

Basis i energiledelsesarbejde er indsamling og vurdering af bygningens overordnede energidata. Arbejdet med kortlægning af forbrugere og identifikation af forbrug kan umiddelbart tage udgangspunkt de anlæg, som styres og reguleres af bygningens BMS. Logges hvert anlægs øjeblikke- og akkumulerede forbrug kan specifikke forbrug identificeres, og overordnede nøgletal beregnes.

Eksempel på logning af specifikke forbrug og præsentation af operationelle nøgletal med BMS:

- Belysning
 - Logning af bygningens samlede el-forbrug til belysning
 - Sammenstilling af forbrug til belysning med registreret tilstedeværelse
 - Sammenstilling af forbrug til belysning med årstid
 - Beregning af forbrug til konstant belysning og stand-by forbrug
 - Udvikling i forbrug
- Ventilationsanlæg
 - Logninger af øjebliksværdier for el-forbrug til ventilationsmotorer, cirkulerede luftmængder og tilstedeværelse samt forbrug af varme og køl
 - Logning af døgn-, uge- og månedsforbrug af el-, varme- og køl
 - Logning af akkumuleret forbrug af el- varme- og køl
 - Beregning af SEL-værdier, øjeblikke- døgnmiddel- og akkumuleret, for hvert anlæg
 - Sammenstilling af SEL-værdi med registreret tilstedeværelse
 - Beregning og logning af øjeblikke- og akkumulerede temperaturvirkningsgrader på varmegenvindingsaggregater
 - Sammenstilling med udetemperatur og varmekonsum varmelegeme
 - Sammenstilling med udetemperatur og kølforbrug kølelegeme
 - Udvikling i forbrug

- Køleanlæg
 - Logning af energimålere og beregning af system COP-øjeblikks-, døgnmiddel- og akkumuleret værdi
 - Sammenstilling med logget tilstedeværelse og udetemperatur
 - Udvikling i forbrug

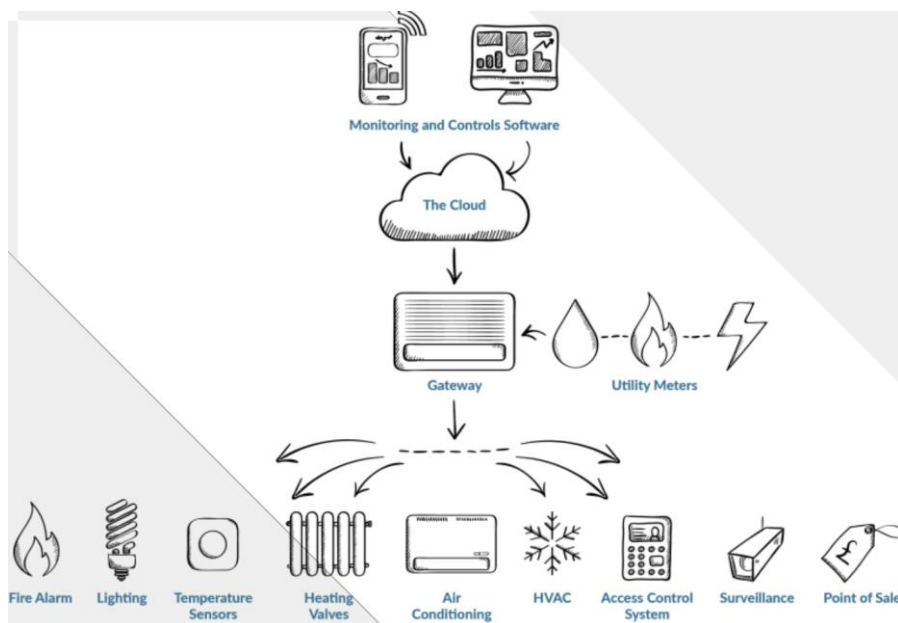
7.9. Trends

Udviklingen indenfor bygningsautomation går i flere retninger. De tre store leverandører af CTS-udstyr Siemens, Schneider og Honeywell, udvikler til stadighed nye produkter, der skal skabe øget funktionalitet, og udvikler SCADA-systemer, der automatisk up-loader energi- og driftsdata til 'skyen', så bygningens drift kan analyseres og optimeres af specialiserede serviceorganisationer. Produkterne understøttes af en række systemhuse, der designer og installerer løsninger og kan trække på systemleverandørernes eksperter. På samme tid ses kommuner og institutioner, der i stigende grad formulerer CTS-strategier, der dels skal sikre at CTS-løsninger fungerer efter hensigten, når de er leveret, dels imødegår uhensigtsmæssig leverandørafhængighed, når CTS-installationer skal vedligeholdes og evt. udbygges senere.

Two trends, som sigter mod øget funktionalitet og øget leverandøruafhængighed, er udviklingen af åben platform kommunikation OPC UA og brug af en standard PLC med applikationssoftware som CTS-undercentral for HVAC. Her er valgt, at give en kort introduktion til åben platform kommunikation OPC UA, som er grundlaget for IoT (Internet of Things) filosofien, samt et eksempel på brug af en standard PLC, som CTS-undercentral for HVAC-anlæg.

OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture)

Ønsker om serviceorienteret åben platform kommunikation, både vertikalt og horisontalt og over 'skyen', mellem alle typer udstyr fra forskellige leverandører, har ført til udvikling af informationsmodellen OPC UA. Modellen er en leverandøruafhængig standard for IoF (Internet of Things), og kan bedst beskrives som en åben 'kommunikationsinfrastruktur', der understøtter kommunikation mellem brugere og alle typer udstyr. Med OPC UC kan leverandører af komponenter og leverandører af protokoller, f.eks. BACnet, definere åbne kommunikationsmodeller, og brugerne definere komplekse relationer og forbindelser til såvel brugerflade som direkte til komponenter. Modellen giver mulighed for at gruppere data efter type, så en gruppe af målepunkter fra forskellige enheder kan aflæses på én forespørgsel.



*Figur 7-20 Illustration: IoT i bygningsautomationskontekst;
Kilde: www.utilitywise.com, ©Copyright Utilitywise 2017 plc*

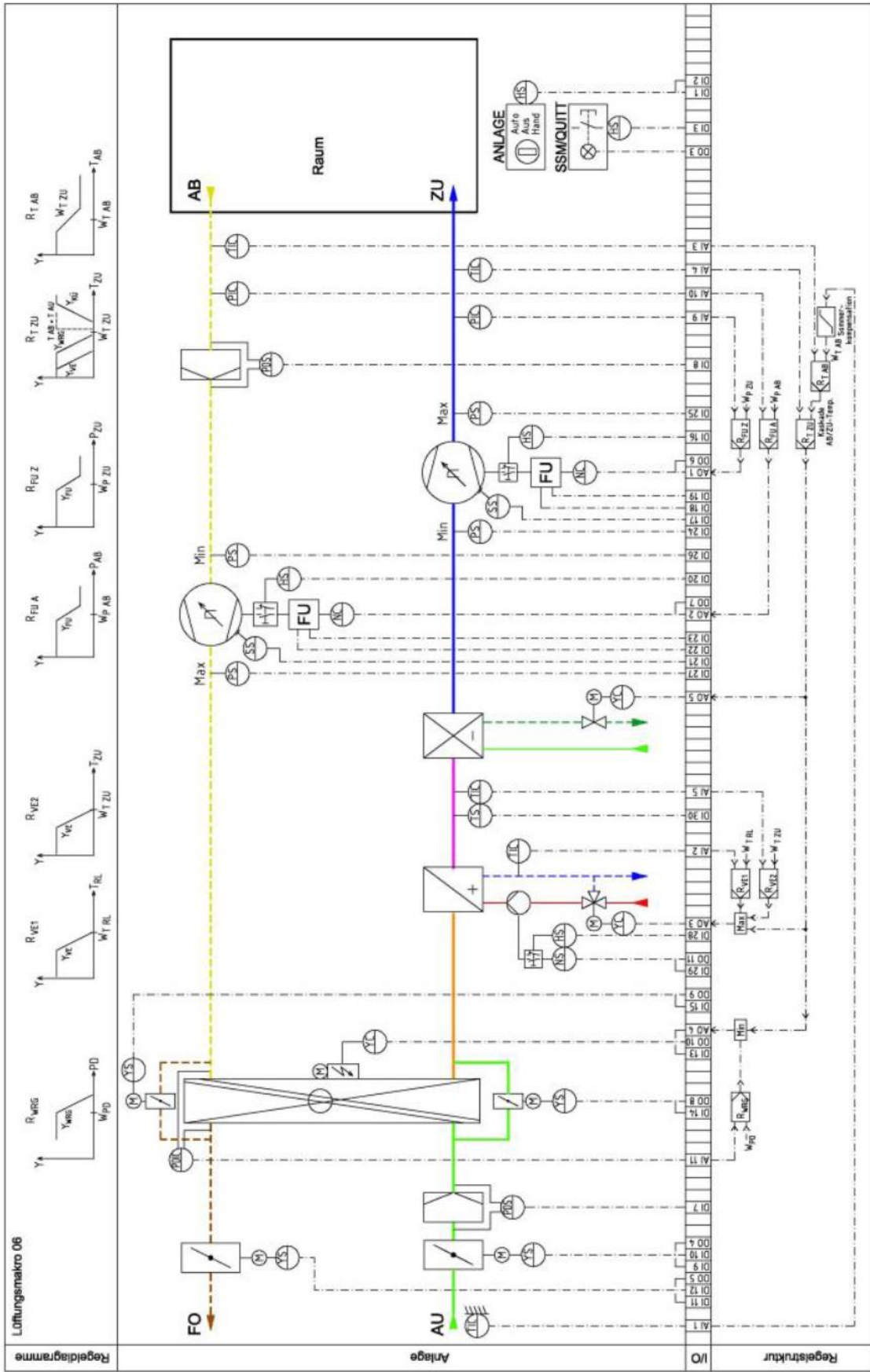
I 2013 nedsatte The OPC foundation og BACnet Interest Group Europe en arbejdsgruppe med formål, at udarbejde en 'ready-to-use mapping', hvor producenter af bygningsudstyr kan gøre data tilgængelig for udviklere af BMS-/SCADA-systemer, uden at data først skal fortolkes og konverteres inden transport fra udstyr til applikation. I 2018 findes 'read-to-use mapping' for dataflow fra BACnet til OPC UA, mens 'ready-to-use mapping' for dataflow fra OPC UA til BACnet stadig er under udvikling. (For uddybning af OPC, OPC server, OPC UA og samarbejdet mellem OPC UA og BACnet Interest Group Europe henvises til: www.opcfoundation.org, www.opcdatahub.com og www.novotek.com)

PLC som CTS-undercentral for HVAC

De tre store leverandører af CTS-undercentraler Honeywell, Schneider og Siemens har fået konkurrence fra PLC leverandører. F.eks. markedfører ABB og WAGO PLC'ere med en række standard applikationer til styring og regulering af forskellige HVAC-anlægstyper. Kommunikationen mellem PLC og anlægssensorer og -aktuatorer foregår via PLC 'de facto standard' protokollen Modbus.

Nedenfor vises et eksempel på hvordan styring og regulering af et HVAC-anlæg med rotorveksler kan konfigureres med brug af en konventionel WAGO PLC. Eksemplet er medtaget for at illustrere hvordan en maskinmester med indsigt i såvel HVAC-anlægsofbygning og drift som regulerings-teori reelt kan konfigurere en HVAC-regulering med en standard PLC og tilhørende applikations-software. Reguleringsmakroen er en ventilationsapplikation 'Cascade control with rotary heat

exchanger and fan with frequency converter' for HVAC-anlæg med rotorveksler, kaskade og serie-reguleringsløjfer for køle- og varmeklader samt frekvensregulering af ind-blæsnings- og udsugningsventilatorer. Dokumentationens omfatter PI-diagram, funktionsbeskrivelse, I/O tabel, funktionsblok beskrivelser og visualiseringssoftware. I den sidste figur vises hvordan én af i alt 6 konfigurationer skal foretages. Konfigurering af første 'temperatur control' foregår ved indlægning af temperaturgrænser, forstærkning, integral- og dødtid i kaskade, sekvensstyring af køling, genvinding og opvarmning samt frostsikring. I anden 'temperatur control' konfigureres temperaturalarmer.



Figur 7-21 PI-diagram - Ventilations macro-06 WAGO PLC

Art.-No.	Channel	Description	Signal	Address
750-430	DI 1	Manual operation	24 VDC	%IX12.0
	DI 2	Automatic operation		%IX12.1
	DI 3	Acknowledgement		%IX12.2
	DI 4	Supply voltage		%IX12.3
	DI 5	Emergency stop switch		%IX12.4
	DI 6	Fire detector		%IX12.5
	DI 7	Differential pressure monitor, outside air filter		%IX12.6
	DI 8	Differential pressure monitor, exhaust filter		%IX12.7
750-430	DI 9	Limit switch, supply air damper open	24 VDC	%IX12.8
	DI 10	Limit switch, supply air damper closed		%IX12.9
	DI 11	Limit switch, exhaust air damper open		%IX12.10
	DI 12	Limit switch, exhaust air damper closed		%IX12.11
	DI 13	Fault rotary heat exchanger		%IX12.12
	DI 14	Limit switch, outside air bypass closed		%IX12.13
	DI 15	Limit switch, exhaust air bypass closed		%IX12.14
	DI 16	Repair switch, supply air fan		%IX12.15
750-430	DI 17	Run monitoring, supply air fan	24 VDC	%IX13.0
	DI 18	Status, supply air fan frequency converter		%IX13.1
	DI 19	Fault, supply air fan frequency converter		%IX13.2
	DI 20	Repair switch, exhaust air fan		%IX13.3
	DI 21	Run monitoring, exhaust air fan		%IX13.4
	DI 22	Status, exhaust air fan frequency converter		%IX13.5
	DI 23	Fault, exhaust air fan frequency converter		%IX13.6
	DI 24	Pressure monitor, minimum supply air pressure		%IX13.7
750-430	DI 25	Pressure monitor, maximum supply air pressure	24 VDC	%IX13.8
	DI 26	Pressure monitor, minimum exhaust air pressure		%IX13.9
	DI 27	Pressure monitor, maximum exhaust air pressure		%IX13.10
	DI 28	Repair switch, heater pump		%IX13.11
	DI 29	Motor protection, heater pump		%IX13.12
	DI 30	Frost protection monitor		%IX13.13
	DI 31	Reserve		%IX13.14
	DI 32	Reserve		%IX13.15
750-530	DO 1	Indicator light, ready	24 VDC	%QX6.0
	DO 2	Buzzer		%QX6.1
	DO 3	Indicator light, accumulated error		%QX6.2
	DO 4	Outside air damper		%QX6.3
	DO 5	Exhaust air damper		%QX6.4
	DO 6	Supply air fan frequency converter		%QX6.5
	DO 7	Exhaust air fan frequency converter		%QX6.6
	DO 8	Outside air bypass, rotary heat exchanger.		%QX6.7
750-504	DO 9	Exhaust air bypass, rotary heat exchanger	24 VDC	%QX6.8
	DO 10	Enables rotary heat exchanger		%QX6.9
	DO 11	Heating pump		%QX6.10
	DO 12	Cooler pump		%QX6.11
750-463	AI 1	Outside temperature	Pt 1000	%IW0
	AI 2	Return flow temperature, heating element		%IW1
	AI 3	Room exhaust air temperature		%IW2
	AI 4	Supply air temperature		%IW3
750-463	AI 5	Frost protection temperature	PT 1000	%IW4
	AI 6	Reserve		%IW5
	AI 7	Reserve		%IW6
	AI 8	Reserve		%IW7
750-459	AI 9	Air pressure in the supply air duct	0 – 10 V	%IW8
	AI 10	Air pressure in the exhaust air duct		%IW9
	AI 11	Differential pressure sensor, rotary heat exchanger		%IW10
	AI 12	Reserve		%IW11
750-539	AO 1	Set value, supply air fan frequency converter	0 – 10 V	%QW0
	AO 2	Set value, exhaust air fan frequency converter		%QW1
	AO 3	Control valve, heating element		%QW2
	AO 4	Set value, rotary heat exchanger		%QW3
750-530	AO 5	Control valve, cooling element	0 – 10 V	%QW4
	AO 6	Reserve		%QW5

Figur 7-22 Hardware I/O - Ventilations macro-06 WAGO PLC

Supply temperature	Temperature control	Temperature control	Rotary heat exchanger	Damper and fans	Pumps and valves
Summer compensation			Cooling sequence		
1)	Min. outside temperature	22.0 [°C]	Sequence number		1
2)	Max. outside temperature	32.0 [°C]	X1 sequence		0.0 [%]
3)	Reference room temperature	22.0 [°C]	X2 sequence		30.0 [%]
4)	Max. reference room temperature	26.0 [°C]	Energy recovery sequence		
5)	Cascade controller		Sequence number		2
6)	Kp	2.5	X1 sequence		35.0 [%]
7)	Tn	300.0 [s]	X2 sequence		55.0 [%]
8)	Dead zone	0.0 [K]	Heating sequence		
9)	Offset, min. reference value	4.0 [K]	Sequence number		3
	Offset, max. reference value	6.0 [K]	X1 sequence		60.0 [%]
			X2 sequence		100.0 [%]
10)	Sequence controller		Antifreeze controller		
11)	Max. number of sequences	3	Reference value		10.0 [°C]
12)	Hysteresis for Kp2, Tn2 and Td2	1.0 [%]	Kp		2.5
13)	Kp1	2.5	Tn		80.0 [s]
14)	Tn1	300.0 [s]	Dead zone		0.0 [K]
15)	Td1	0.0 [s]	Hysteresis		2.0 [K]
16)	Kp2	1.5			
17)	Tn2	500.0 [s]			
18)	Td2	0.0 [s]			
	Dead zone	0.5 [K]			

Summer compensation

Index	Variable	Comment
1)	¹ .rMinOutsideTemperature	Minimum outside temperature
2)	¹ .rMaxOutsideTemperature	Maximum outside temperature
3)	¹ .rMinReferenceValue	Reference value, room temperature
4)	¹ .rMaxReferenceValue	Maximum reference value for room temperature

Cascade controller

Index	Variable	Comment
5)	² .rKp	Proportional gain (P portion)
6)	² .rTn	Reset time (I term)
7)	² .rDeadZone	Range around the reference value in which the set value is not changed (dead zone)
8)	² .rOffsetMinReferenceValue	Offset for the minimum reference value of the supply air controller as a function of the reference value for room temperature
9)	² .rOffsetMaxReferenceValue	Offset for the maximum reference value of the supply air controller as a function of the reference value for room temperature

Sequence controller

Index	Variable	Comment
10)	³ .bMaxSequenceNumber	Number of sequences used
11)	³ .rDeviation	Maximum reference/actual value deviation for the second set of control parameters
12)	³ .rKp1	Proportional gain (P term) during large reference/actual value deviations
13)	³ .rTn1	Reset time (I term) for large reference/actual value deviations
14)	³ .rTd1	Lead time (D term) for large reference/actual value deviations
15)	³ .rKp2	Proportional gain (P term) during small reference/actual value deviations
16)	³ .rTn2	Reset time (I term) for small reference/actual value deviations
17)	³ .rTd2	Lead time (D term) for small reference/actual value deviations
18)	³ .rDeadZone	Range around the reference value in which the set value is not changed (dead zone)

Sequence "Cooling"

Index	Variable	Comment
19)	⁴ .bSequenceNumber	Sequence numbers in a ventilation system are assigned in series from "cooling" to "heating".
20)	⁴ .rX1	Smallest set value from the sequence controller for the "cooling" sequence
21)	⁴ .rX2	Largest set value from the sequence controller for the "cooling" sequence

Sequence "Energy reclamation"

Index	Variable	Comment
22)	⁵ .bSequenceNumber	Sequence numbers in a ventilation system are assigned in series from "cooling" to "heating".
23)	⁵ .rX1	Smallest set value from the sequence controller for the "energy reclamation" sequence
24)	⁵ .rX2	Largest set value from the sequence controller for the "energy reclamation" sequence

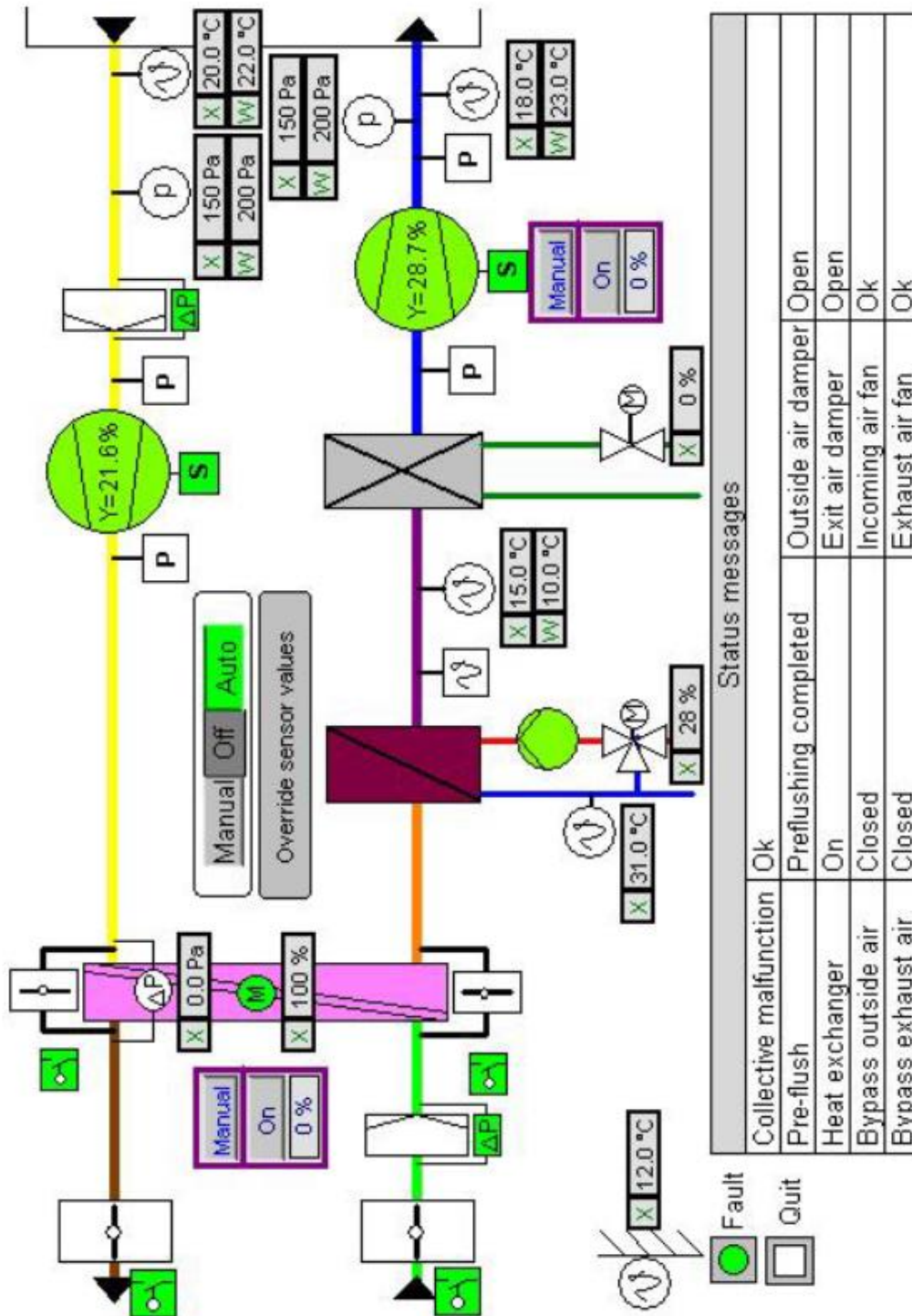
Sequence "Heating"

Index	Variable	Comment
25)	⁶ .bSequenceNumber	Sequence numbers in a ventilation system are assigned in series from "cooling" to "heating".
26)	⁶ .rX1	Smallest set value from the sequence controller for the "heating" sequence
27)	⁶ .rX2	Largest set value from the sequence controller for the "heating" sequence

Antifreeze controller

Index	Variable	Comment
28)	⁷ .rReference.Antifreeze Temperature	Reference value, antifreeze controller
29)	⁸ .rKp	Proportional gain (P portion)
30)	⁸ .rTn	Reset time (I term)
31)	⁸ .rDeadZone	Range around the reference value in which the set value is not changed (dead zone)
32)	⁸ .rHysteresis	Hysteresis for deactivating the controller

Figur 7-23 Konfiguration 'Temperatur kontrol', Ventilations macro-06 WAGO PLC



Figur 7-24 Visualisering, Ventilations macro-06 WAGO PLC

7.10. Litteraturliste

ELFORSK, *EiSE - Energi og indeklima Strategi uden Energifråds*, Dansk Energi

ELFORSK, *Karakterisering og optimeret styring af indeklima og energiforbrug ved hjælp af multiparameter-controllere*, PSO 2007

ELFORSK, *Prædiktiv styring af hybride ventilationsanlæg i kontorbyggeri med glasfacader*, PSO 345-033 Febr. 2016

Foreningen for Energi & Miljø, *Energihåndbogen*, Oktober 2002

Ferreira, A.L. et. Al, *Building automation interoperability - A review*, IWSSIP 2010 - 17th International Conference on Systems, Signals and Image Processing

Heilmann Th., *Praktisk regulering og instrumentering*, Heilmann Forlag, 6. udg. 2009

Hvenegaard Cl. M. & Drivsholm Chr., *Den lille blå om ventilation*, Dansk Energi, 3. udg. 2016

Mike Hawrylo - ISA101, *Human Machine Interfaces, Applying ISA101 Concepts to Existing HMI Applications*; www.scribd.com/document/324641235/ISA

Santos R., Carreira P. - *Service Oriented development of Building Energy Management Systems, An Architecture Blueprint*, Depart. of Computer Science and Eng., Tech. Univ. of Lisbon, Portugal

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, *Vejledning om funktionsafprøvning*, Notat 23. juni 2017

Supplerende links:

<http://docplayer.dk/16682241-Performance-test-foer-aflevering.html>

<https://new.abb.com/buildings/applications/building-automation-system>

<https://buildingsolutions.honeywell.com/en-US/solutions/hvacbuildingmanagement/>

<https://www.schneider-electric.dk/da/work/products/building-automation-and-control.jsp>

https://www.trendcontrols.com/da-DK/.../TREND%20Lommebog%20A6_2017.pdf

7.11. APPENDIX A (Funktionsbeskrivelse - eksempel fortsat)

Cirkulationspumper

Cirkulationspumpe varmeplade

- Når varmepladens motorventil er lukket eller når udetemperaturen er over 20°C, stopper cirkulationspumpen med et efterløb, f.eks. 5min.
- Cirkulationspumpen starter ved varmebehov.
- Er udetemperaturen under 3°C, eller detekteres frost, kører cirkulationspumpen konstant.

Alarmer

Frost

- Underskrider temperaturen ved frosttermostat indstillet værdi, afgives alarm med tidsforsinkelse.
- Ved detektering af frost stoppes anlægget, og varmepladens motorventil åbnes 100%.
- Anlægget genstarter automatisk, når temperaturen ved frosttermostaten igen overskrider den indstillede værdi.

Brand

- Hvis temperaturen ved temperaturføleren placeret i henholdsvis indblæsning- og udsugningskanal overskrider den indstillede værdi, 70°C for indblæsning og 40°C for udsugning, stoppes anlægget og der gives alarm.
- Brandfunktionen SKAL nulstilles manuelt, enten ved nulstilling på CTS-anlægsbrugerfladen, eller ved at dreje betjeningsomskifter i anlægstavle i stilling STOP i 10 sekunder og derefter i AUTO, inden genopstart kan finde sted.
- Inden genstart, SKAL følerens dækningsområde kontrolleres for at afdække årsag til udkobling.

Brand

- Brand detekteres af bygningens ABA-anlæg, som er fortrådet til CTS-anlægget.
- Ved detektering af brand standses ventilationsanlæg.
- Alarm SKAL tilbagesendes ved hjælp af ABA-anlægget, før ventilationsanlæg kan genstartes.
- Inden anlægget genstartes, SKAL følerens dækningsområde kontrolleres for at afdække årsag til udkobling.

Flowvagt

- Tilbage melding om ventilationssvigt sker ved differenstrykstransmitter, som måler differenstryk over ventilator. Der afgives alarm med tidsforsinkelse, hvis der er afvigelse mellem driftskrav og tilbageledning.

Filtervagt

- Hvis differenstrykket over filter i indblæsning- og udsugningskanal overskrider den indstillede værdi i mere end 10 minutter, afgives alarm, som indikerer at det pågældende filter er snavset og skal skiftes.

Alarm cirkulationspumpe

- Tilbage melding om pumpefejl udføres ved fejlsignal fra pumpe. Der afgives alarm med tidsforsinkelse.

Alarm frekvensomformer

- Frekvensomformerens sumalarm overvåges. Detekteres fejl afgives alarm.
- Årsag til fejl aflæses på frekvensomformer.
- Alarm SKAL afstilles lokalt på frekvensomformer.

Alarm roterende veksler

- Rotorvekslerens sumalarm overvåges. Detekteres fejl afgives alarm.
- Årsagen til alarm findes lokalt på vekslerens styreenhed.
- Alarm afstilles lokalt på veksler.

Rumtemperatur

- Rumtemperatur registreres. Der afgives temperaturalarm med tidsforsinkelse, hvis rumtemperaturen over- eller underskider henholdsvis maksimum eller minimum rumtemperatur.
- Ved stop af anlæg undertrykkes rumtemperaturalarmerne.

Udsugningstemperatur

- Udsugningstemperatur registreres. Der afgives temperaturalarm med tidsforsinkelse, hvis udsugningstemperaturen over- eller underskider henholdsvis maksimum eller minimum udsugningstemperatur.
- Ved stop af anlæg undertrykkes udsugningstemperaturalarmen.

Indblæsningstemperatur

- Indblæsningstemperatur registreres. Der afgives temperaturalarm med tidsforsinkelse, hvis indblæsningstemperaturen underskider minimum indblæsningstemperatur.
- Ved stop af anlæg undertrykkes indblæsningstemperaturalarmen.

Fremløbetemperatur

- Fremløbstemperaturen registreres. Der afgives temperaturalarm med tidsforsinkelse, hvis fremløbstemperaturen over- eller underskider henholdsvis maksimum eller minimum fremløbstemperatur.
- Ved stop af anlæg undertrykkes fremløbstemperaturalarm.

Returtemperatur

- Returtemperaturen registreres. Der afgives temperaturalarm med tidsforsinkelse, hvis returtemperaturen over- eller underskider henholdsvis maksimum eller minimum returtemperatur.
- Ved stop af anlæg undertrykkes fremløbstemperaturalarm.

7.12. APPENDIX B (Styrings- og reguleringsformer - Én oversigt)

Et komfortventilationsanlæg er projekteret ud fra maksimal personbelastning. Er et lokale ubenyttet, eller ændrer personbelastningen sig, skal anlæggets ydelse kunne tilpasses, hvis driften skal være energirigtig. Regulering af luftmængden kan ske ved On/Off styring eller variabel regulering af volumenstrømmen til rummet.

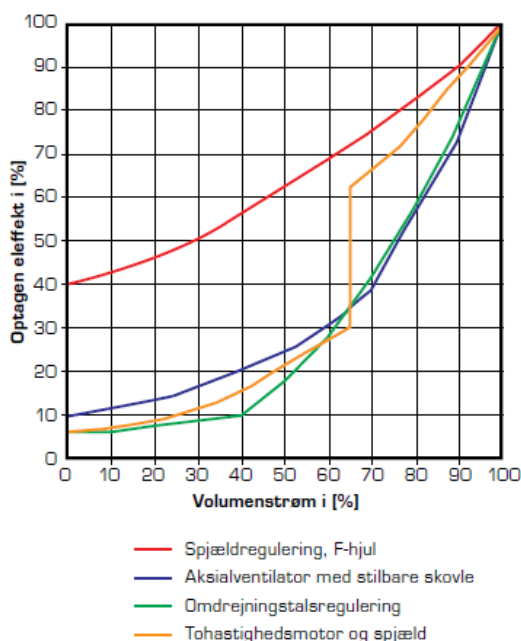
Overordnet kan styrings- og reguleringsformer, der reducerer et komfortanlægs energiforbrug, inddeles i:

- Tidsstyring
- Tilstedeværelsesstyring
- Regulering af rum- eller udsugningstemperatur
- Regulering af CO_2 niveau
- Regulering af luftkvalitet

Den er den simpleste form for luftmængderegulering er On/Off-styring pba. af tilstedeværelsesregistrering. Ved On/Off-styring kan luftmængden reguleres ved start/stop af ventilatorer, eller ved afspærring af luftmængden med spjæld. Afspærres lokaler med spjæld fås størst energibesparelse ved samtidig at nedregulere ventilatorens ydelse.

Variabel regulering af luftmængden (VAV) kan ske ved:

- Spjældregulering
- Brug af flerhastighedsmotorer
- Hastighedsregulering af motorer
- Anvende aksialventilatorer med stilbare skovle



Figur 7-25 Ventilatorforbrug som funktion af volumenstrøm;
Kilde: Den lille blå om ventilation, Dansk Energi, 3. udg. 2016

Spjældregulering

For F-hjul ventilatorer (fremadrettede skovle på cylinderhjul) ændres motorens effektoptag betydeligt, når volumenstrømmen reduceres, idet den totale trykstigning over F-hjuls ventilatoren falder. For B-hjul ventilatorer (bagudrettede vredne skovle på cylinderhjul) er ændres motorens effektoptag mindre. Spjældregulering bør kun anvendes for luftmængder under 10.000m³/h.

Flerhastighedsmotorer

Volumenstrømmen og dermed energiforbruget reduceres ved omkobling af motoren. Velegnet til skift mellem fuld volumensstrøm og 1/2 eller 2/3 volumenstrøm.

Hastighedsregulering

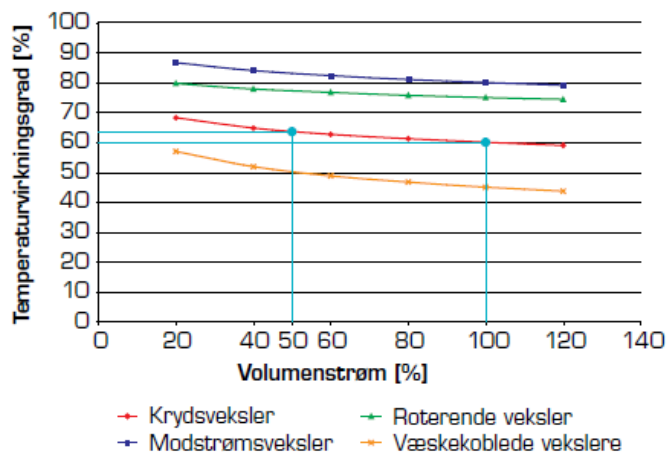
Motorens omdrejningstal reguleres trinløst, og volumenstrømmens tilsvarende trinløst. Den mest energieffektive regulering, hvor varierende volumenstrøm kan anvendes, jf. figur.

Aksialventilatorer med stilbare skovle

Ventilatorens ydelse og effektoptag ændres, når skovvinklen ændres. Ventilatorer med stilbare skovle har høj virkningsgrad over et meget stort reguleringsområde.

Den mest energieffektive regulering opnås ved hastighedsregulering, eller for aksial ventilatorer ved justering af ventilatorens stilbare skovle. To-hastighedsmotorer er velegnede, hvis behovet er to luftmængde niveauer.

Når volumenstrømmene reduceres, så øges temperaturvirkningsgraderne for varmegenvinding.



Figur 7-26 Virkningsgrader for varmegenvindingsaggregater som funktion af volumenstrømmen ($q_{ind} = q_{ud}$);

Kilde: Den lille blå om ventilation, Dansk Energi, 3. udg. 2016

VAV armaturer

Varieres ventilationsanlæggets volumenstrømme skal VAV-armaturerne have variabel indblæsningsspalte for fastholdelse af indblæsningshastigheden. I modsat fald opstår trækgener, som følge af for korte kastelængder ved minimum volumenstrøm.

Regulering af indblæsningstemperatur

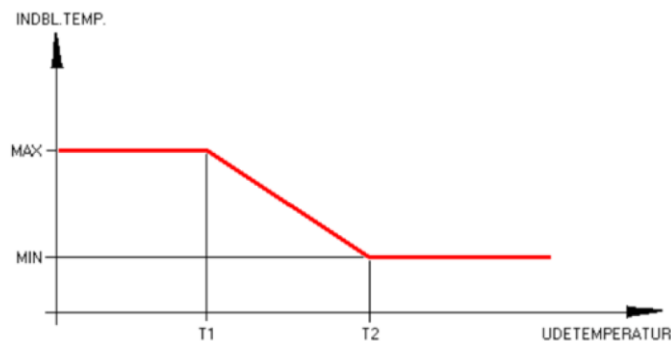
Regulering af indblæsningstemperatur benyttes typisk i ventilationsanlæg, hvor anlæggets funktion udelukkende er at opretholde det atmosfæriske indeklima. Det termiske indeklima opretholdes med radiatoranlæg.

Indblæsningstemperaturen reguleres efter et setpunkt for ønsket indblæsningstemperatur. Temperaturen måles i kanalen efter varmepladen, og varmepladens forsyningsventil lukkes ved stigende indblæsningstemperatur. Setpunktet holdes normalt konstant uanset varmebehovet i rummene. For at reducere energiforbruget bør setpunktet dog varieres efter udetemperaturen, så der indblæses med en lavere temperatur om sommeren, jf. Figur 7-27.

Udekompensering ved regulering af indblæsningstemperatur

Traditionelt søges at holde indblæsningstemperaturen konstant uanset varmebehovet i rummene.

For ventilationsanlæg, hvor en direkte regulering af rumtemperaturen ikke er mulig, kan indblæsnings-temperaturen med fordel kompenseres efter udetemperaturen. Ved lave udetemperaturer indblæses med maksimumtemperatur. Ved stigende udetemperatur indblæses med faldende temperatur indtil en indstillet minimumsværdi.



Figur 7-27 Kompensering af indblæsningstemperatur efter udetemperatur

Regulering af rumtemperaturen

Regulering af rumtemperaturen benyttes typisk i klimaanlæg, hvor anlæggets funktion er at opretholde både det termiske og atmosfæriske indeklima.

Rumtemperaturen reguleres efter et setpunkt for ønsket rumtemperatur.

I CAV anlæg holdes rumtemperaturen som udgangspunkt konstant ved at ændre indblæsningstemperaturen, når rumtemperaturen afviger fra den indstillede værdi. Forholdet mellem ændringen i rumtemperaturen og den tilsvarende indblæsningstemperatur indstilles på regulatoren. For at undgå træk sættes en nedre grænse for indblæsningstemperaturen.

I VAV anlæg holdes rumtemperaturen, som udgangspunkt, konstant ved at ændre volumenstrømmen, når temperaturen afviger fra den indstillede værdi. Indblæsningstemperaturen holdes,

som udgangspunkt konstant. For at reducere energiforbruget til opvarmning og køling kan/bør setpunktet varieres. Højere om sommeren og lavere om vinteren.

Som tommelfingerregel gælder, at for hver 1°C rumtemperaturen sænkes i opvarmningssæsonen, falder energiforbruget 5-8%.

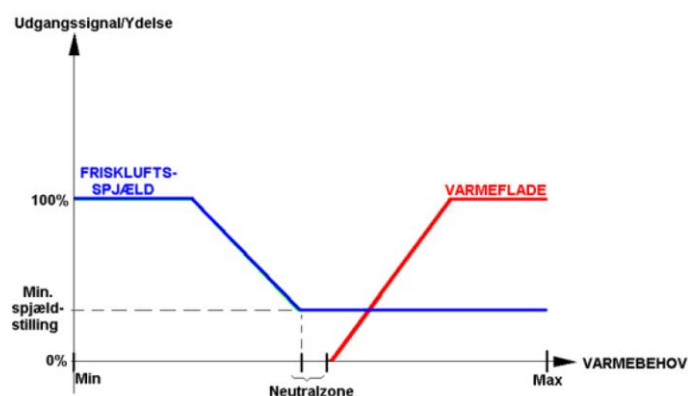
Tilsvarende gælder, at jo højere rumtemperatur der kan accepteres om sommeren, jo mindre bliver energiforbruget til køling.

Udekompensering ved regulering af rumtemperatur

Tilsvarende ventilationsanlæg med regulering af indblæsningstemperaturen, kan ventilationsanlæg med regulering af rumtemperaturen med fordel benytte kompensering efter udetemperaturen, når anlægget er forsynet med køleflade. Ved at hæve setpunktet for ønsket rumtemperatur, når udetemperaturen kommer over en vis grænse, og holde rumtemperaturen konstant, når udetemperaturen er under denne grænse, kan både spares energi og opnås indeklimafordele.

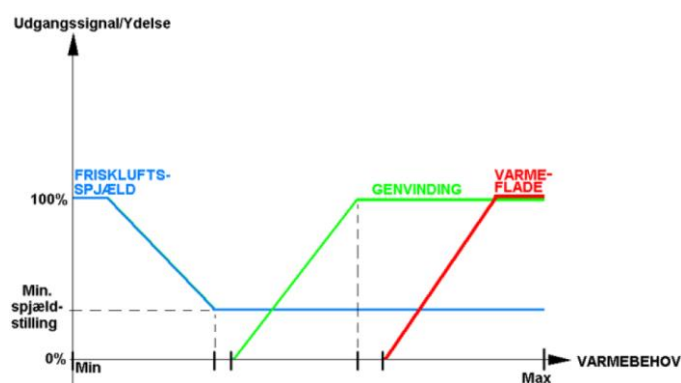
Serieregulering

For at sikre, at varme- og køleflader ikke arbejder samtidig og derved modarbejder hinanden med energispild og dårligt indeklima som resultat, reguleres anlæggets komponenter i serie af samme regulator. I Figur 7-28 er vist et eksempel på regulering i serie. Friskluftspjældet er reguleret til minimum, mens varmetilførslen til varmefladen er aktiv. Først når varmetilførslen er afbrudt kan friskluftspjældene reguleres til en øget udeluftmængde. En neutralzone er indlagt, dels som sikkerhed mod at varmefladen er aktiv, når friskluftspjældet reguleres, dels for imødegå at reguleringen pendler.



Figur 7-28 Regulering i serie med neutralzone 'Varmeblade og friskluftspjæld'

Et faldende varmebehov for anlæg med regulering af indblæsningstemperaturen er udtryk for en stigende varmetilførsel til rummet. Varmetilførslen kan skyldes personer i rummet, solindfald eller varmeafgivende udstyr. For anlæg med anden opvarmningskilde end ventilationsluften, f.eks. radiatorer, vil et faldende varmebehov udtryk for stigende varmetilførsel fra opvarmningskilden eller fra personer, solindfald og varmeafgivende udstyr. På figur er vist et eksempel på anlæg med varmeblæser, varmegenvinding og returluftsaggregat. Ved aftagende varmebehov lukkes for varmeblæseren inden ydelsen på varmegenvindingsanlægget reduceres, og først når varmeydelsen fra genvindingen er afbrudt reguleres friskluftspjældet fra sin minimumsindstilling.



Figur 7-29 Regulering i serie med neutralzoner 'Varmeflade, genvinding og friskluftspjæld'

Kaskaderegulering

Ændres rumtemperaturen hurtigt som følge af pludselige forstyrrelser, f.eks. et pludseligt stort solindfald eller pludselige ændringer i varmeproduktionen i rummet, eller forekommer der ændringer i varmebladens ydelse som følge af varierende varme til varmeblæseren vil en simpel temperaturreguleringssløjfe ikke kunne følge med. For så tidligt som muligt at imødegå store forstyrrelser, kan ventilationsanlægget temperaturregulering tilføjes indre reguleringssløjfer. Tilføjes en 'indre' reguleringssløjfe, som regulerer varmebladens ydelse efter en temperaturføler i indblæsningskanalen, og en 'indre' reguleringssløjfe som forskyder set-punktet for indblæsningstemperaturen, afhængig af rumtemperaturens variation, kan den 'ydre' reguleringssløjfe følge med større forstyrrelser.

Prædiktiv styring (MPC).

Dynamiske facader ses mere og mere i kontorbyggeri, som opføres efter BR15 og bygningsklasse 2020. Risiko for overophedning, sfa. solindfald og varmeproduktion i bygningen, udfordrer sammen med brugernes krav om 'godt lys og frisk luft' bygningens termiske indeklima-anlæg.

I ELFORSK-projekt 345-033 'Prædiktiv styring af hybride ventilationsanlæg i kontorbyggeri med glasfacader' er der arbejdet med styringsalgoritmer, som optimerer forløb af solafskærmning, vinduesåbning, mekanisk ventilation, opvarmning og køling, som minimerer omkostningerne. Simuleringer viser, at et inde-temperaturforløb, som glider fra minimumsgrænsen ved arbejdstidens

begyndelse til maksimum værdi ved slutningen af arbejdsdagen, ofte er det optimale, hvor der er behov for køling.

ELFORSK-projekt 345-033 opsummerer forventningerne til fremtidens hybridventilation:

- Mekanisk ventilation med varmegenvinding, når varmebehov (varmeanlæg 'on')
- Naturlig ventilation og solafskærmning, når kølebehov (varmeanlæg 'off')
- Avancerede CTS-styringer, som både styrer mekanisk ventilation med varmegenvinding og naturlig ventilation
- Flydende setpunkter fastsat efter MPC-optimering
- Kombination af solariemeter og temperaturfølere i rum
- Generel optimering af CTS-styring ved MPC, f.eks. ved variable el-priser

7.13. APPENDIX C (EiSE strategiskemaer - CTS-justeringer)

EiSE-strategien er behandlet andet steds. I dette appendix anføres de CTS-justeringer, som skal foretages for implementering af EiSE-strategien. Tabellerne gælder lokaler, ventilations-, køle- eller varmeanlæg. Kolonnerne i tabellerne repræsenterer komponenter, som enten har eller forårsager et energiforbrug. Hver enkelt komponent reguleres af CTS-undercentraler og IBI-controllere, men kan overstyres i prioriteret rækkefølge. Sikkerhedsdrift har højest og regulering (auto) lavest prioritet:

1. Sikkerhedsdrift
2. Manuel drift
3. Nulstilling
4. Tvangsdrift
5. Regulering

LOKALER

		a	b	c
		VAV spjæld	Varmeventil	Køleventil til f.eks. køleblæser
1	Regulering	Dynamisk køle setpunkt T_{DK}	Dynamisk varme setpunkt T_{DV}	Dynamiske køle setpunkt, T_{DK}
2	Tvang	100 % åben på arbejdsdage i tidsrummet fra f.eks. 06.30-07 fra oktober til maj		
3	Nulstil			
4	Manuel		Individuel brugerværdi f.eks. 19-21 °C på hver-dage f.eks. fra kl. 7-16	
5	Sikkerhed			

1a VAV ventil reguleres efter temperatur. T_{DK} er dynamisk køle setpunkt. Der er en minimumsåbning, så der tilføres luft selvom kølebehovet er nul.

2a VAV ventiler åbnes 100 % ved morgenudluftning.

1b Varmeventil reguleres efter temperaturen. T_{DV} er dynamisk varme setpunkt.

4b Varme normen DS 469 stiller krav om individuelle varmebehov skal tilgodeses.

1c Køleventilen reguleres efter temperatur. T_{DK} er dynamisk køle setpunkt.

Figur 7-30 EiSE strategi på skemaform som grundlag for CTS-programmering

VENTILATIONSANLÆG, HERUNDER KØLEANLÆG TIL KØLEFLADE I AGGREGAT

		a Ventilator	b Roterende veksler	c Varmeventil	d Køleventil
1	Regulering	Frigives når E(DK) > f.eks. 15 %. Hysterese ned til f.eks. 5 % Setpunkt f.eks. dynamisk ps, som er en funktion E(DK)	Setpunkt Tind f.eks. 18 °C	Setpunkt Tind f.eks. 18 °C	Frigives når E(DK) > f.eks. 70 % og Tude > f.eks. TDK - 5 °C. Hysterese på både E(DK) og Tude Setpunkt Tind = $T_{DK} - 6$ °C
2	Tvang	Frigives i tidsrummet 08-16 på arbejdsdage Setpunkt f.eks. dynamisk ps, som er en funktion E(DK)	Setpunkt f.eks. 14 °C i tidsrummet kl. 18-07 fra juni til september		
3		Frigives i tidsrummet fra f.eks. 06.30-07 på arbejdsdage fra oktober til maj F.eks. ps = 150 Pa	Kører 100 % fra oktober til maj		
4	Nulstil			I tidsrummet fra 18-07 + weekend	I weekend
5				Veksler kører mindre end 100 %	
6			Ventilator stop	Ventilator stop	Ventilator stop
7	Manuel				
8	Sikkerhed	Stop ved frostalarm		100 % åben ved frostalarm	
9		Stop ved brandalarm			

- 1a Ventilatorerne frigives når mere end f.eks. 15 af lokalerne har et kølebehov. Ventilatoromdrejningerne reguleres efter ps. Når der er et kølebehov, som registreres ved at E(DK) > 0, så forceres luftmængden op. Kurven er givet ved to eller flere koordinater (E(DK), ps). Eksempel: (0;100 Pa), (0,2;100 Pa); (1; 200 Pa).
- 2a Ventilatorerne frigives i tidsrummet f.eks. 08-16 på arbejdsdage for at sikre luftkvaliteten i arbejdstiden. Ventilatoromdrejningerne reguleres efter ps, som beskrevet under 1a.
- 3a Ventilatorerne frigives i tidsrummet f.eks. 06.30-07 på arbejdsdage fra oktober til maj (morgenudluftning). F.eks. ps = 150 Pa.
- 8a Stop ved frostalarm.
- 9a Stop ved brandalarm.
- 1b Veksleren reguleres efter ønsket indblæsningstemperatur på f.eks. 18 °C.
- 2b Hvis ventilatorerne kører i dette tidsrum, er der et kølebehov. Der er næsten ingen brugere tilstede og indblæsningstemperaturen sænkes derfor til 14°C.
- 3b Vi vil gerne akkumulere så meget varme som muligt i bygningen, derfor kører den 100 %.
- 6b Veksleren er stoppet hvis ventilatorerne er i stop.
- 1c Varmeventilen regulerer efter f.eks. 18 °C.
- 4c Varmeventilen er nulstillet udenfor arbejdstid.
- 5c Varmeventilen er nulstillet, hvis veksler kører mindre end 100 %.
- 6c Varmeventilen er stoppet, hvis ventilatorerne er i stop.
- 8c Varmeventilen åbnes 100 % ved frostalarm.
- 1d Køleventil frigives hvis der er et "globalt" kølebehov og udetemperaturen er over indblæsningstemperaturen. Hysterese på Tude < TDK - 6. Hysterese på E(DK) < f.eks. 50 %. Køleventil regulerer efter indblæsningstemperaturen, som er funktion af det dynamiske køle setpunkt. Det sænker køledydelsen og risikoen for træk.
- 4d Køleventil er altid nulstillet i weekenden, der er ingen eller få brugere tilstede.
- 6d Køleventil er nulstillet når ventilationsanlægget er stoppet.

Figur 7-31 EiSE strategi på skemaform som grundlag for CTS-programmering

KØLEANLÆG TIL INDIREKTE KØLING UDE I LOKALERNE

		a Køle cirkulationspumpe	b Fremløbstemperatur	c Signal til køleanlæg	d Signal til frikøl
1	Regulering	Frigives når E(DK) > f.eks. 15 %. Hysterese E(DK) til f.eks. 5 %	Setpunkt f.eks. $T_f = (TDK - 6 - 3 \cdot E(DK))$	Frigives når køle cirkulationspumpe frigives	Frigives når f.eks. Tude < Tf - 3. Hysterese til Tf - 2
2	Tvang				
3	Nulstil	Ventilator stop		Ventilator stop	
4	Manuel				
5	Sikkerhed				

- 1a Cirkulationspumpen frigives, når der er et kølebehov i mere end f.eks. 15 % lokalerne.
- 3a Cirkulationspumpen stopper, når ventilationsanlægget er i stop.
- 1b Kølevandets temperatur er en funktion af det dynamiske køle setpunkt og hvor mange lokaler, som har et kølebehov.
- 1c Signal til køleanlæg når cirkulationspumpen frigives (der er et kølebehov i mere end f.eks. 15 % af lokalerne). Det forudsættes, at køleanlægget kun kan køre, når dette signal frigives.
- 3c Køleanlæg stopper, når ventilationsanlæg er i stop.
- 1d Signal til frikøl frigives, når udetemperaturen er f.eks. 3 °C lavere end fremløbstemperaturen.

VARMEANLÆG

		a Fremløbstemperatur til varmeblader	b Cirkulationspumpe
1	Regulering	Varmekurve + korrektion, som f.eks. er: $-20 \left(\frac{20 - T_{udb}}{32} \right) (0,3 - E(DV))$	Frigives
2	Tvang		
3	Nulstil		Stop hvis E(DV) = 0 og Tude > f.eks. 5 °C. Hysterese på både E(DV) og Tude
4	Manuel		
5	Sikkerhed		

- 1a Fremløbstemperaturen reguleres efter en varmekurve og korrektionsfaktor. Varmekurven er en funktion af udetemperatur og korrektionsfaktoren er en funktion, som sænker fremløbstemperaturen, når varmebehovet er lille.
- 1b Cirkulationspumpen reguleres efter f.eks. en proportional karakteristik.
- 3b Cirkulationspumpen stoppes, når udetemperaturen er over 5 °C og varmebehovet, i bygningen, er nul. Hysterese på Tude, så cirkulationspumpen først igangsættes ved f.eks. 3 °C. Hysterese på E(DV), så cirkulationspumpen først igangsættes, når f.eks. 10 % af lokalerne har et varmebehov.

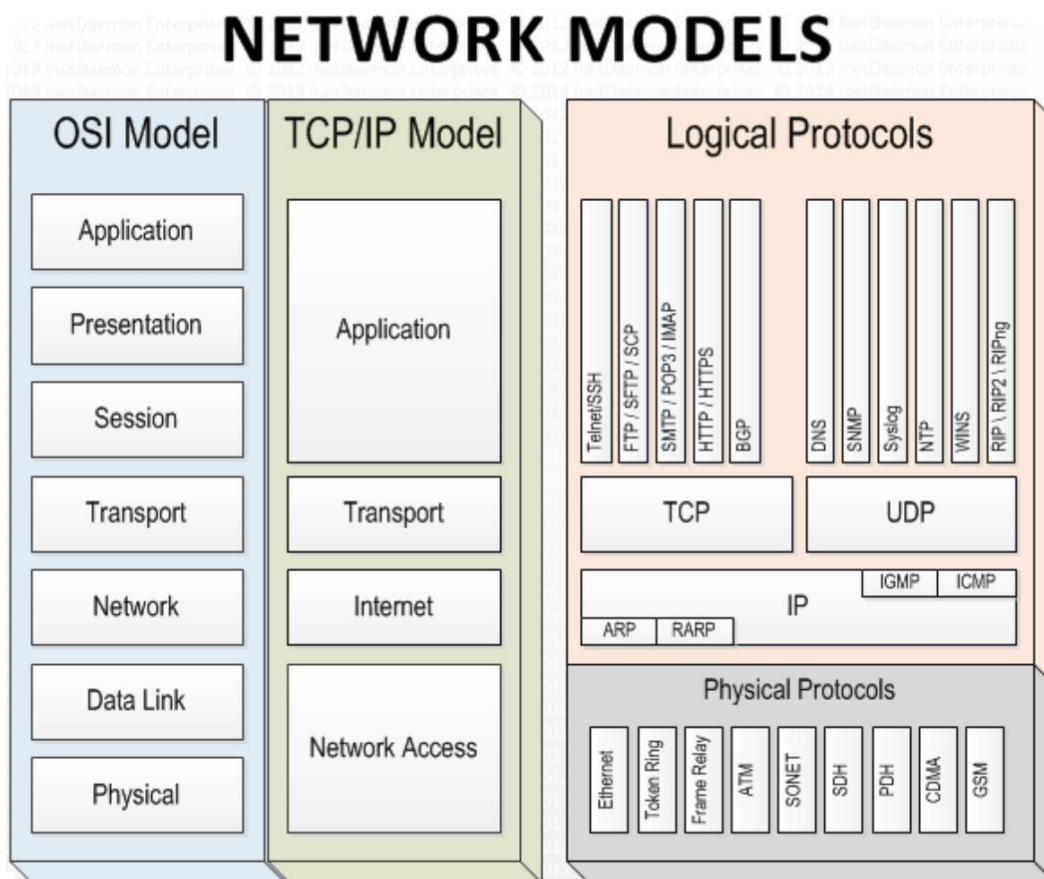
Figur 7-32 EiSE strategi på skemaform som grundlag for CTS-programmering

7.14. APPENDIX D (OSI-modellen og CTS-protokoller)

I dette appendix uddybes protokolbegrebet og protokoller indenfor bygningsautomation med udgangspunkt i OSI-netværksmodellen.

Protokoller. En protokol er et specifikt sæt af regler for udveksling af data.

Protokolstak. En protokolstak implementerer flere tilstødende lag i OSI modellen i en funktion.



Figur 7-33 OSI-modellen

OSI-model (Open System Interconnection reference model). OSI modellen blev defineret af ISO, og i slutningen af 80'erne anbefalet som netværksstandard. Modellen anviste et fælles grundlag at udvikle protokoller til netværksplatforme på. Ideen var, at fulgte producenter modellens logiske adskillelse i lag og kravene til grænsefladerne mellem tilstødende lag, så ville en protokol-funktion udviklet af en producent kunne arbejde sammen med en protokol-funktion hørende til et tilstødende lag, men udviklet af en anden producent. OSI-modellen inddeler protokolfunktionerne i 7 lag, der tilsammen definerer kravene for al kommunikation mellem to computere. Hvert lag benytter det underliggende lags funktioner, og tilbyder funktioner til det overliggende lag. Et system som implementerer flere tilstødende lag kaldes en protokolstak. TCP/IP er et eksempel på en protokolstak. Protokolstake kan implementeres i hardware, software eller en blanding af hardware

og software. Normalt er kun de laveste lag implementeret som hardware, og de højere lag som software.

Lag 1 – Det fysiske lag

De elektriske og fysiske rammer for netværkselementer, f.eks. stik-, spænding- og kabel-specifikationer. Hubs, repeatere, netværkskort og Host bus adaptere er enheder i det fysiske lag. Modulering af digitale data og signaler sendt over kommunikationskanalen, så de kan sendes til tilsluttet udstyr via kabel, fiber eller radiobølger, ligger i dette lag. I laget findes SCSI-busser. Lokale netværk som Ethernet, Token Ring, Fiber og Wireless LAN indeholder såvel det fysiske lag 1 som data link laget lag 2.

Lag 2 – Data link lag

- Faciliterer dataoverførsel mellem netværksmoduler og finder fejl i det fysiske lag. Adresseringsmetoden er fysisk. MAC-adressen er brændt i netværkskortet. Ethernet er en data link protokol, ligesom HDLC point-to-point og ADCCP packet switched netværk. Netværksswitche arbejder i data link laget.

Lag 3 – Netværkslaget

- Internet protokollen IP er et eksempel på en protokol i netværkslaget. Laget tilbyder de funktioner, der skal til for at sende datablokke af varierende størrelse fra kilde til endestation. Pakkerne sendes til den angivne modtager, og protokollen kan udføre ind- og udpakning samt rapportere om leveringsfejl. Adresseringssystemet er logisk og hierarkisk med værdier valgt af netværksadministratoren. Routere arbejder i dette lag.

Lag 4 – Transportlaget

- Transportlaget kontrollerer pålideligheden af en forbindelse, dvs. indpakning-, udpakning- og fejlkontrol. Transportlaget holder styr på pakkerne, og gensender pakker som når frem. TCP (Transmission Control Protocol) er et eksempel på en transportkontrol, hvor transportlaget er det lag som omdanner data til TCP pakker.

Lag 5 – Sessionslaget

- Sessionslaget sikrer 'terminated gracefully'.

Lag 6 - Præsentationslaget

- Laget omdanner data til en kendt grænseflade eller datastruktur. Omdannelse til og fra XML er et eksempel. Kryptering sker i dette lag.

Lag 7 – Applikationslaget

- Laget giver adgang til information på netværket via programmer. Laget er brugers grænseflade til netværket. Eksempler på applikationslag protokoller er FTP (File Transport Protocol), SMTP (Simple Mail Transport Protocol) og HTTP (Hyper Text Transport Protocol).

TCP (Transmission Transport Protocol). TCP er den mest anvendte transportprotokol på internettet. I OSI modellen er TCP laget mellem internetprotokollen i netværkslaget og applikationslaget. Gennem TCP kan applikationer på forskellige værtsmaskiner oprette forbindelse til hinanden og udveksle datapakker. Det er TCP som sikrer at datapakker gensesendes, hvis de ikke når frem, og at de ankommer i den rækkefølge de er afsendt. Ved at benytte port-numre gør TCP det muligt at oprette flere datastrømme til og fra en vært. Sammenkoblingen mellem TCP og internetprotokollen, benævnt TCP/IP, sikrer pålidelige datastrømme, som er nødvendige for afvikling af programmer.

IP (Internet protokol). IP er et eksempel på en protokol i netværkslaget. Benyttes af internettet.

IP adresse. En IP adresse er en numerisk mærkning, som tildeles enheder tilknyttet et netværk, der benytter internet protokollen til kommunikation. IP adressen identificerer både værten og den lokale adresse i værtens netværk. I en IP pakke indgår såvel afsenders som modtagers IP adresser. Controllere i bygningsautomation, som alene kommunikerer indbyrdes via TCP/IP, behøver ikke en unik global IP adresse.

Kommunikationsprotokoller - Bygningsautomation

BACnet (Building Automation and Control network). BACnet er en international standardiseret (ASHRAE, ANSI og ISO) kommunikationsprotokol udviklet til bygningsautomation. BACnet understøttes af producenter i Europa og Nordamerika, og betragtes for den 'reelle' åbne standard indenfor bygningskontrol som understøtter integration af CTS-undercentraler, IBI-anlæg samt brand- og tyverisikringssystemer.

LonTalk. LON teknologien er bygget på LonTalk protokollen, som er internationalt standardiseret (ISO/IEC 14908) og åben for alle producenter.

KNX. KNX er en standardiseret international OSI-baseret netværks protokol (EN 50090, ISO/IEC 14543-3), udviklet pba af tre tidligere europæiske IBI-standarder: European Home System (EHS), BatiBUS og European Installation Bus (EIB). KNX er åben og hovedsagelig anvendt på IBI-anlæg.

Modbus. Modbus er en seriel kommunikationsprotokol udviklet af Modicon (Schneider Electric) som PLC kommunikationsprotokol. Modbus er blevet en 'de facto standard' indenfor PLC kommunikation, nem at installere, nem at vedligeholde og royalty fri. Indenfor bygningsautomation benyttes Modbus primært til styring og regulering af køleanlæg, dataopsamling fra målere, kommunikation med ventilationsanlæg med autonom automatik, samt rumstyringer med begrænset fast programmeret funktionalitet. Standarden er bygget op omkring numeriske adresser uden forklarende labels. En netværksscanning giver som udgangspunkt ikke information om hvorvidt et punkt er bundet til den rigtige CTS-label. Benyttes Modbus som kommunikationsprotokol i ventilationsanlægsstyringer, kan det være problematisk at opdatere softwaren, da adressenummereringen kan flytte sig, og styringen skulle om-programmeres.

M-Bus (Meter-bus). M-Bus er en europæisk standard udviklet for fjernaflæsning af forbrugsmålere, f.eks. varme-, vand-, gas- og elektricitetsmålere. M-Bus anvender to-leder bus kommunikation og opfylder kravet om at være fjernforsynet, eller alternativt batteridrevet. En M-bus måler overleverer periodisk registrerede data til en fælles master, f.eks. en PC eller server. Overførslen kan også foregå via modem. (EN 13.757-2 beskriver det fysiske lag og link laget, mens EN 13.757-

3 beskriver applikationslaget i OSI modellen). Wireless M-Bus understøtter forbrugsopsamling via radiosignal.

PROFIBUS. Standard feltbus indenfor industriautomation. Profibus blev udviklet af det tyske undervisnings- og forskningscenter, og er en udbredt realtids kommunikationsbus i industrien. Profibus definerer profiler for f.eks. encodere, laboratorieinstrumenter, intelligente pumper, robotter og NCC maskiner, og skal sikre interoperability og interchangeability, så et produkt fra en producent skal erstattes af et tilsvarende produkt fra en anden. PROFIBUS må ikke forveksles med PROFINET.

PROFINET. Førende industriel ethernet standard for real-tids applikationer i industrien. Profinet definerer tre protokolniveauer. TCP/IP for ikke kritiske applikationer (100ms), RT for real-tids applikationer, og IRT for såkaldte iso-synkroner applikationer med cyklustider mindre end 1ms, f.eks. præcisionsdrev. Profinet protokollerne kan læses og indlæses med et ethernet analyseværktøj, f.eks. PRONETA eller Wireshark.