SINTEF

SBF2013A0326 – Åpen

Fire eksempler på kontorbygg med svært lavt oppvarmingsbehov

Utredning i FORKLIMA - Forenklet behovsstyrt klimatisering av kontorbygg med svært lavt oppvarmingsbehov

Forfatter(e)
Axel Cablé, Sofie Mellegård, Mads Mysen

SINTEF Byggforsk
Energi og arkitektur
2013-11-29

SINTEF Byggforsk

Postadresse:
Postboks 124 Blindern
0314 Oslo

Sentralbord: 73593000
Telefaks:

byggforsk@sintef.no
http://www.sintef.no/Byggforsk/
Foretaksregister:
NO 948007029 MVA

Rapport

Fire eksempler på kontorbygg med svært lavt oppvarmingsbehov

Utredning i FORKLIMA - Forenklet behovsstyrt klimatisering av kontorbygg med svært lavt oppvarmingsbehov

EMNEORD:
Energibruk
Installasjoner
Yrkesbygninger
Varmeisolasjon

VERSJON	DATO
1	2013-11-29

FORFATTER(E)
Axel Cablé, Sofie Mellegård, Mads Mysen

OPPDRAGSGIVER(E)	OPPDRAGSGIVERS REF.
Norges Forskningsråd	

PROSJEKTNR	ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
102003309-1	38

SAMMENDRAG

Rapporten presenterer hovedgrep for å redusere energibruk ned mot passivhusnivå i 4 kontorbygg.

UTARBEIDET AV	SIGNATUR
Axel Cablé, Sofie Mellegård og Mads Mysen	

KONTROLLERT AV	SIGNATUR
Anna Svensson	

GODKJENT AV	SIGNATUR
Cecilie Flyen Øyen	

RAPPORTNR	ISBN	GRADERING	GRADERING DENNE SIDE
SBF2013A0326		Åpen	Åpen

Forord

FoU-prosjektet " Forenklet behovsstyrt klimatisering av kontorbygg med svært lavt oppvarmingsbehov" er basert på at fremtidens godt isolerte bygningskropper vil få svært lavt oppvarmingsbehov og at det muliggjør forenkling av dagens klimatiseringsløsninger gjennom å dekke behovet for lokal varme i betydelig grad med ventilasjonsanlegget. Slik forenkling ble forsøkt på 70-tallet. Da var maksimalt oppvarmingsbehov 5-10 ganger større enn det som blir tilfelle med kommende byggeforskrift på passivhusnivå.

Prosjektet skal utvikle konsepter for ventilasjonsbasert romoppvarming tilpasset lokaler med meget lavt oppvarmingsbehov og utvikle dokumentasjon om funksjon og hvilke forutsetninger som må ligge til grunn. Dokumentasjonen skal basere seg på tekniske målinger og intervensjonsstudier med inneklimaundersøkelser utført i GK-huset, sammen med CFD-simuleringer og andre teoretiske studier.

Prosjektet er organisert i fire arbeidspakker (WP). Sammenhengen mellom disse er vist i figur 1.

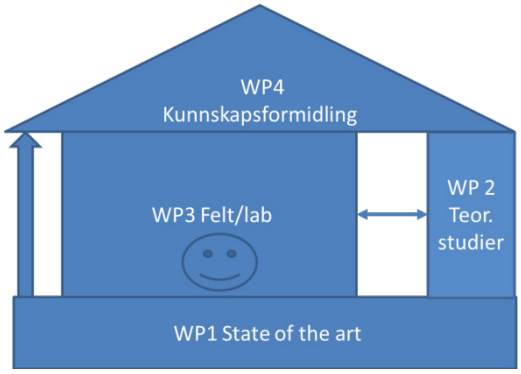


Fig 1. Organisering av prosjektet. Pilen til venstre representerer kunnskap som er vurdert som moden for videre kunnskapsformidling uten ytterligere FoU-aktivitet.

Denne rapporten oppsummerer hovedfunnene i WP1. Vi har valgt ut fire gode eksempelbygg og gjennomgått løsningene som gir energibruk ned på passivhusnivå og som gir grunnlag for å forenkle behovsstyrt klimatiseringen. Videre er erfaring er beste praksis av automatikk for klimatisering av kontorbygg med fokus på behovsstyrt ventilasjon vist i vedlegg til rapporten.

Vi takker Espen Aronsen (GK) og Erik Rigstad (COWI) som er forfattere av beskrivelsene av GK miljøhuset og Sparebank 1, henholdsvis.

SINTEF

Innholdsfortegnelse

Forord **2**

1 Kort om prosjektet FORKLIMA **4**

1.1 Utvikle konsepter for ventilasjonsbasert romoppvarming tilpasset lokaler med meget lavt oppvarmingsbehov 4

1.2 Utvikle kunnskap og verktøy om klimatisering med direkte brukerstyring 4

1.3 Utvikle kunnskap om god termisk komfort uten tradisjonell kaldrassikring? 4

2 Eksempler på gode løsninger **5**

2.1 Miljøhuset GK 6

2.2 Bellonahuset 11

2.3 Sparebank 1, Midt-Norge 15

2.4 Papirbredden 21

3 Diskusjon og oppsummering **26**

4 Kildehenvisninger **27**

BILAG/VEDLEGG

Automatikk for klimatisering av kontorbygg med fokus på behovsstyrt ventilasjon

1 Kort om prosjektet FORKLIMA

De bærende ideene i FORKLIMA er:

1. Behovet for lokal varme kan dekkes helt eller i betydelig grad med ventilasjonsanlegget, slik at det lokale varmeanlegget kan fjernes eller forenkles.
2. Direkte brukerstyring av klimatiseringsanleggene gir flere fornøyde brukere og lavere energibruk.
3. De som først kan utvikle og dokumentere at slike løsninger fungerer godt i næringsbygg, vil bidra til mer bærekraftige bygg, spare byggeiere for både investerings- og driftskostnader og få et markedsmessig fortrinn både nasjonalt og internasjonalt.

Prosjektet baserer seg på at skjerpede energikrav muliggjør ventilasjonsbaserte løsninger som gir god termisk komfort uten bruk av annet oppvarmingsanlegg. De som klarer å komme opp med veldokumenterte forenklede løsninger kan forvente et vesentlig mersalg. Særlig vil lavere investeringskostnader gjøre konseptet attraktivt for byggeiere og dermed gi markedsgjennombrudd.

Hvis dette prosjektet lykkes, kan slike løsninger bli standardløsningen i næringsbygg med oppvarmingsbehov på passivhusnivå. Det er offentlig politikk å innføre "passivhuskrav" i nye bygg fra 2015[1]. Vi tror også slike konsepter vil få rask gjennomslag ved oppgradering av eksisterende bygg fordi de forenkler planlegging og rehabilitering.

Prosjektet har følgende hovedaktiviteter:

1.1 Utvikle konsepter for ventilasjonsbasert romoppvarming tilpasset lokaler med meget lavt oppvarmingsbehov

Hypotesen er at ventilasjonsluft med overtemperatur kan bidra til godt inneklima hvis oppvarmingsbehovet blir tilstrekkelig lavt. Prosjektet vil utvikle dokumentasjon om funksjon og hvilke forutsetinger som må ligge til grunn. Prosjektet vil også vurdere ulike konsepter som vil ha samme funksjonalitet. Slik kunnskap vil gi rask endring i markedet og dette vurderes å ha høy innovasjonsgrad nasjonalt og internasjonalt.

1.2 Utvikle kunnskap og verktøy om klimatisering med direkte brukerstyring

Hypotesen er at direkte styring av luftmengde og temperatur i forhold til behov på den enkelte arbeidsplass gir bedre inneklima med minimal energibruk. Innovasjonen er styring fra den enkelte arbeidsplass. Innovasjonen muliggjøres gjennom bruk av en applikasjon på PC eller mobiltelefon som styrer lokalt inneklima. Dette er nytt vurderes å ha høy innovasjonsgrad nasjonalt og internasjonalt.

1.3 Utvikle kunnskap om god termisk komfort uten tradisjonell kaldrassikring?

Hypotesen er at ved vindusvalg innenfor kriterier gitt av varmetap, utstrekning og utforming vil det ikke være nødvendig med kaldrassikring for å oppnå god termisk komfort. Det finnes gode teoretiske modeller for dette, innovasjonen er å frembringe kunnskap om brukeraksept gjennom vinterhalvåret i Osloklima.

2 Eksempler på gode løsninger

Fire kontorbygg med svært lavt oppvarming behov ble studert i regi av arbeidspakke 1. Her blir hvert enkelte prosjekt presentert med informasjon om bygningen, tekniske tiltak, klima og komfortkrav, samt energiytelse og teknisk kravspesifikasjon. De fire bygningene er:

- Miljøhuset GK, Ryenstubben 10-12, Oslo
- Bellonahuset, Maridalsveien 17, Oslo
- Sparebank 1, Middelthuns gate 29, Trondheim
- Papirbredden, Grønland 51, Drammen

2.1 Miljøhuset GK

Bakgrunn

Miljøhuset GK er et nytt 5 etasjers yrkesbygg lokalisert på Ryen i Oslo. Det er det første kontorbygg i Norge som er bygget som passivhus[1]. Arealet er på totalt 14 300 m^2 BTA inkl. kjeller, som inneholder parkering, garderober, tekniske rom og parkering. Bygget ble offisielt åpnet 23. august 2012. Leietakere er GK Norge AS, GK Rør AS, Kone AS, Coloplast Norge AS og Netcom bedriftssenter. System og energidesign og den tekniske kravspesifikasjonen i forbindelse med dette er utarbeidet av GK Norge AS, og er lagt til grunn for følgende beskrivelse.

Figur 1. Syd og vestfasade, reversible luft/ vann-varmepumper plassert på bakkeplan.

Kilde: Jan Lillehamre

FAKTA	
Adresse:	Ryenstubben 10-12
Kommune:	Oslo
Eier:	Ryenstubben Invest AS
Totalteknisk entreprenør:	GK Norge AS
Byggentreprenør:	Bundebygg AS
ARK:	Solheim og Jacobsen AS
Prosjektledelse:	Oslo Prosjekt AS
RIE:	Lys og Varme AS
RIB:	Bundebygg AS
RIV:	GK Norge AS
Energirådgiver:	GK Norge AS
Entrepriseform:	Totalentreprise
Total kostnad:	200 mil NOK

Ambisjoner og mål

Miljøhuset GK er resultat av at GK Norge AS skulle bygge nytt hovedkontor. GK Norge AS ønsket å oppføre et bygg som reflekterte selskapets overordnede strategier og mål innen energibruk og miljø.

Bygget skal fremstå som et signalbygg hvor lavt energibruk og total miljøbelastning settes i naturlig sammenheng med arealeffektivitet, arkitektonisk kvalitet og god totaløkonomi både i investerings og driftsfasen av bygget.

Leietakerne og eiere av bygget skal oppfatte byggets kvaliteter og miljøprofil som verdiskapende.
Huset oppfyller kravene til passivhusnivå i henhold til NS 3701 og energiklasse A. Samtidig har bygget et inneklima av meget høy kvalitet med fleksibel og individuelle regulering ned på sone og romnivå.
Bygget skal miljøsertifiseres i «Breeam» og vil få karakteren «very good». Bruk av lavemitterende og klimaeffektive materialer har bidratt til den gode karakteren.

[1] Bygninger som bruker passivhusløsninger har lavere energibehov sammenlignet med bygninger etter TEK10. Grunnen til at det kalles for passivhus er bruken av mest mulig passive tiltak for å redusere energibehovet. Eksempler er ekstra tykk isolasjon, god tetthet og høy varmegjenvinning. For å bruke benevningen passivhus må følgende 2 hovedkriterier oppfylles: Beregnet årlig energibehov til romoppvarming må ikke overstige 15kWh/m^2 per år. Maksimalt effektbehov til romoppvarming må ikke overstige 10 W/m^2. (http://passiv.no/hva_er_et_passivhus)

Bygningstekniske tiltak

Bygningskropp

Bygget har en underetasje og fem etasjer over terreng. Bunnplate og kjellervegger er utført med vanntett betong og med underliggende isolasjon (350 mm EPS), yttertaket består av hulldekk-elementer utvendig isolert (450 mm standard isolasjon) og tekket med takmembran (U-verdi 0,10 W/m²K). Gulv på grunn har en ekvivalent U-verdi på 0,07 W/m²K.

Konstruksjonen over terreng er utført med et system av stål i søyler og bjelker og prefabrikkerte hulldekkelementer. Ytterveggene er plassert slik at dekkeforkantene er godt isolert og i kombinasjon med trestendere med polyuretanskum i midten (Iso3 fra Moelven produkter) gir gode kuldebroverdier (0,03 W/m²K) og U-verdier (0,14 W/m²K).

Alle vinduer og dører er levert med dokumentert gjennomsnittlig U-verdi for hele vindus/ dør - konstruksjonen på 0,78 W/(m²K). Vinduene er i trelags glass med argonfylling og solreflekterende belegg. I kontorarealene er det benyttet store vindusflater for god dagslystilgang.

Det er utvendig automatisk solavskjerming på alle fasader utenom nordfasaden for å redusere kjølebehovet på sommerstid mest mulig.

Figur 2. Utvendig solavskjerming og typisk kontorlandskap med grenstav med elektrisk element.

Kilde: Jan Lillehamre

Klima og komfortkrav

En meget god kvalitet på innemiljø er sikret i bygget. Samtidig har bygget et inneklima av meget høy kvalitet med fleksibel og individuelle regulering ned på sone og romnivå.

Krav i kontorareal:

- Sommer maks operativ temperatur: 25 °C
- Vinter min operativ temperatur: 21 °C
- Maks lufthastighet i oppholdssone: 0,15 m/s
- Maks CO_2 konsentrasjon: 900ppm

Bygget overholder krav i NS-8175 tabell 34 «Lydklasse for kontorer i brukstid. Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner»; klasse A: maks lydnivå $L_{d,AT}$ (db) 28/ $L_{p,AT,max}$ (db) 30
Vindusareal utgjør 12,5 % av BRA for kontorarealer.

Tabell 1. Sammenstilte nøkkeltall for Miljøhuset GK

U-verdier W/(m^{2}K)				Varme-gjenvinnings-grad	Lekkasjetall Ved 50 Pa trykkforskjell	SFP-faktor kW/(m^3/s)
Yttervegg	Tak	Gulv	Vinduer og dører			
0,14	0,10	0,07	0,78	88%	0,23	1,2

Oppvarming og kjøling
Medregnede oppvarmede arealer (BRA) er 13 620 m^2.
Bygningens energibehov til oppvarming dekkes med reversible luft/vann-varmepumper ned til -15 °C som gir en dekningsgrad på 98 %.
Byggets data og serverrom har en egen kjølemaskin hvor kondensatorvarmen fra denne tilføres bygget ved oppvarmingsbehov og til forvarming av varmt tappevann.

Energikilde til ventilasjonskjøling: lokal luft/ vann-varmepumpe. Ingen lokal kjøling i bygget.

Luftbehandlingsanlegg
6 stk. balanserte ventilasjonssystemer; alle aggregater utstyrt med roterende varmegjenvinnere med høy virkningsgrad. SFP-faktor er satt til 1,2 kW/(m^3/s).

Varmegjenvinner
De roterende varmegjenvinnere har en varmegjenvinningsgrad på 88 %.

Tetthet
Huset er trykktestet og har en tetthetsgrad på 0,23 ved 50 Pa.

Styring
Energibehovet til drift av ventilasjonsanlegget er redusert gjennom behovsstyring og energieffektive vifter med en SFP-faktor på 1,2 kW/m^{3}h.

Belysning
Belysningsanlegg styres med tilstedeværelsesdetektorer plassert i de aktive tilluftsventilene.

Persienner
Det er utvendig solavskjerming på alle fasader unntatt nordfasaden.

Energiytelse

Det er gjennomført en rekket tiltak for at bygningen skal bruke så lavt energibehov som mulig innenfor gitte rammer. Beregnet netto energibehov (NS 3701) er 64 kWh/m^2/år. Målt levert energi er beregnet til 49 kWh/m^2/år i henhold til NS3031. Bygningen tilfredsstiller passivhusnivå i henhold til NS 3701og kravet til A-merke for energimerkeordningen.

Andre hensyn

- Miljødeklarasjoner for materialer. Bruk av EPD[2], Svanemerking eller tilsvarende.
- Breeam sertifisering, karakter «very good»
- Avfallsbehandling på byggeplass: oppnådd pr. 2012; 81% kildesortering, 20 kg/m^2.
- Bygget sikres et lavt vannforbruk: bruk av naturlig overvannshåndtering, vannbesparende toaletter, og system for deteksjon av lekkasjer.

Teknisk kravspesifikasjon

Klimasimuleringer
Beregninger for angitte luftmengder og energi er utført etter Prosjektrapport 42/ NS 3701 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS 3031.
Bygningen er beregnet som 1 sone. Bruk av PC og annet utstyr samt internlaster/varmelaster og 4 W/m^2 fra belysningen er forutsatt. Beregnet luftmengde i driftstiden: 6,0m^3/hm^2;
utenfor driftstiden: 1 m^3/hm^2.

Det er et forenklet oppvarmingssystem hvor ventilasjons/ klimaanleggene dekke store deler av oppvarmingsbehovet i bygget. Oppvarmingssystemet er vannbasert og vil i prinsippet bestå av ettervarmebatteriene i ventilasjons/ klimaanleggene og konvektorovner i inngangsparti og trapper.

Det vannbaserte oppvarmingsanlegget benyttes til kjøling utenom fyringssesongen (Changeover system). Dette forenkler og reduserer omfanget av rør, komponenter og kjøle/varmebatterier i bygget.

Det lave oppvarmingsbehovet i bygget medfører meget lavt behov for tilleggsvarme i lokalene. Tilleggsvarmen dekkes av elektriske varmeelementer plassert i grenstaver for el og data og som er styrt av ventilasjon/ klimaanlegget.

Varmepumpe/ oppvarmingsanlegg
Bygget har 2 stk. reversible luft/ vann-varmepumper med en samlet kjøleffekt på 520 kW og en samlet varmeeffekt på ca. 325 kW (-15°C). Ved kaldere utetemperatur enn -15°C stopper varmepumpene og bygget oppvarmes av en elektrisk elementkjel. Varmepumpene dekker ca. 98 % av byggets totale årlige energiproduksjon. Bygget ligger i et konsesjon for fjernvarme, men tilknytningsplikten er frafalt på grunn av lavt behov for spisslast og energi.
Det er medtatt innmontering av energimålere på røranlegg og elektriske målere slik at alle energiposter i henhold til NS 3031kan måles og dokumenteres via bygget EOS - system.
All innregulering, prøving, måling, protokollføring og avlevering er utført i overensstemmelse med NS 3420. Alle komponenter er merket i henhold til NS 3451 og tverrfaglig merkesystem for bygninger, TFN-system.

Luftfordelingsutstyr
Bygget utstyres med luftbehandlingsanlegg som dekker alle arealer. Alle aggregater er levert med direktedrevne vifter med frekvensomformer for variabel luftmengde. Luftbehandlingsanlegget er bygget opp med bruk av behovsstyrt ventilasjon DCV (Demand Controlled Ventilation). I alle møterom er luftmengder balansert og behovsstyres etter temperatur, CO_2 og tilstedeværelse. Tilførsel av friskluft skjer i via aktive tilluftsventiler som varierer spaltehøyden i utblåsningen slik at impulsen

[2] Environmental Product Declaration.

i ventilen holdes konstant uavhengig av luftmengden. Alle tilluftsventilene er koblet sammen i et felles bus-system slik at viftene i ventilasjonsanleggene regulerer luftmengder og trykk optimalt. Tilluftstemperaturen behovskompenseres ut fra den gjennomsnittlige romtemperaturen fra alle tilluftsventilene pr. system.

Varmebatterier i ventilasjonsaggregater dimensjoneres for vann 30/25 °C.
Det er installert 6 fasadeoppdelte aggregater med egne tilhørende DCV-systemer. Behandlet gjennomsnittlig luftmengde for alle aggregater er ca. 80.000 m³/t.

Automatikk, SD anlegg og styring
Det er installert et overordnet Web-basert SD-anlegg for styring og overvåkning av alle tekniske installasjoner og oppfølging av energibruk i bygget, med sentral serverinstallasjon og desentraliserte undersentraler. Undersentralene er plassert i de lokale automatikktavlene.
De måleinstrumenter som benyttes tilfredsstiller Byggforskningens krav til målenøyaktighet samt kontroll og justering.
Det er et felles grafisk brukergrensesnitt for betjening av anleggene, alarmhåndtering, logging av hendelser, tidsstyring og kalenderprogram.
Energioppfølgingsverktøy er installert med strømmålere og energimålere for varme og kjøling, og månedlige rapporter genereres automatisk.

Isolasjon
Det er et felles rørsystem for kjøling og varme. Hele dette rørsystemet er derfor isolert med neoprencellgummi og derfor fullstendig kondensisolert. Alle andre varmebærende ledninger er isolert med glassullskåler med alufolie; VVX, armaturer etc. Tykkelse på isolasjon utføres i henhold til leverandørens anvisninger.
Kaldtvannsledninger, varmtvannsledninger, sirkulasjonsledninger, luftet spillsvannsledninger i kalde områder og taknedløp er isolert med neoprencellegummi i henhold til leverandørens anvisninger.

Sanitæranlegg
Installasjoner og materiell er i henhold til NS 3420. Dimensjonering utføres i henhold til ”Normalreglementet for sanitæranlegg - tekniske bestemmelser” samt offentlige og lokale myndigheters krav.

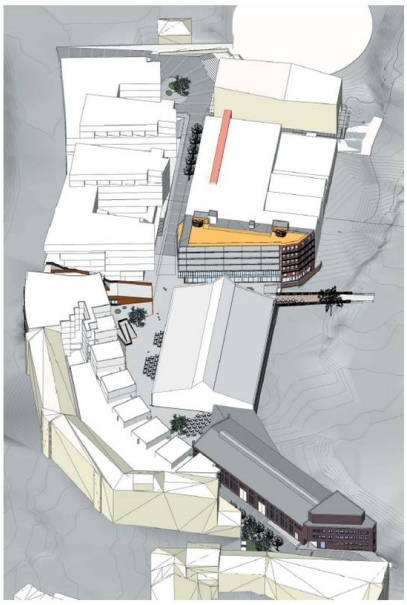
Brannutstyr
Bygget er utstyrt med nødvendige antall brannskap og er i tillegg fullsprinklet i henhold til gjeldene lover og regler. Signal ved utløst brann overføres til SD-anlegget.

Overlevering
Kontroll og dokumentasjon av alle komponenter i anlegget er utført etter anvisninger og tegninger. Etter avsluttet montasje, er alle komponenter rengjort og funksjonsprøvet. Det er utarbeidet en fullstendig drifts- og vedlikeholdsinstruks sammen med "som bygget"-tegninger. All innregulering, prøving, måling, protokollføring og avlevering s er utført i overensstemmelse med NBI-anvisning fra 16-1 og 16-10.
Reklamasjonstiden er 5 år. GK Norge AS har en TTS-drifts og serviceavtale for alle de tekniske anleggene i bygget (TTS – totalteknisk service).
Anleggene er dimensjonert og utformet for en levetid på minimum 20 år under definerte driftstider og normale driftsforhold.

2.2 Bellonahuset

Bakgrunn

Bellonahuset er et nytt 6 etasjers yrkesbygg lokalisert på Vulkan i Oslo basert på passivhusløsninger. Arbeidet ble påbegynt i 2009 og bygningen ble tatt i bruk i årsskifte 2010/11. Første etasje inneholder publikumsrettede forretninger og spisesteder mens øvrige etasjer inneholder kontorer med tilhørende funksjoner. Kontorarealer er utformet med åpent landskap med god arealutnyttelse. Miljøorganisasjonen Bellona er hoved-leietager. Brosjyren "Historien om Bellonahuset – Norges mest energieffektive kontorbygg", 2011, utgitt av Aspelin Ramm og Miljøstiftelsen Bellona, Rapport Bellonahuset – Første ferdigstilte FutureBuild-forbildeprosjekt i Oslo og kravspesifikasjonen for VVS-teknikk utarbeidet av Norconsult er lagt til grunn for følgende beskrivelse.



Figur 3. Illustrasjon av Vulkan-området. Kilde: LPO

FAKTA	
Adresse:	Maridalsveien 17
Lokalisering:	Vulkan-tomta
Kommune:	Oslo
Eier:	Aspelin Ramm
Totalentreprenør:	Veidekke Entreprenør AS
ARK:	LPO Arkitekter
RIE:	ÅF-Consulting AS
RIB:	Kjell Ludvigsen
RIV:	Petter Nome AS
Miljørådgiver:	Hambra
Entrepriseform:	Totalentreprise
Total kostnad:	Ca. NOK 62,5 mill. (inkl. støtte fra ENOVA på 2,9 mill.)

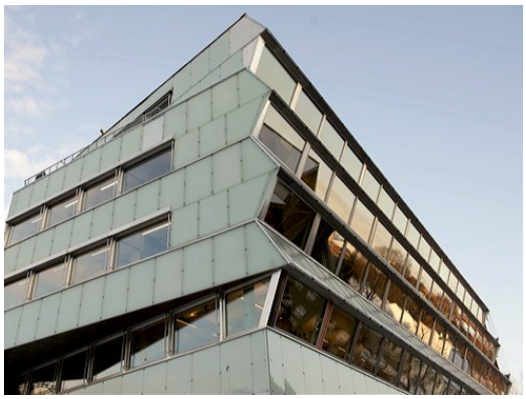
Ambisjoner og mål

Bellona innledet et samarbeid med Aspelin Ramm i 2008. Byggherrens ambisjoner var å bygge et så energieffektivt bygg som mulig innenfor kommersielle rammer. Huset innehar energiklasse A-bygg og er et av forbildeprosjektene i FutureBuild-programmet. Ambisjonene ble utvidet i byggeprosessens tidligfase til å gjelde hele bygningens klimapåvirkning, inkludert bevisst materialvalg og fokus på livsløp.

Bygningstekniske tiltak

Bygningskropp

Bygningen er kompakt i sin utforming og har en hovedkonstruksjon basert på stål og hulldekkeelement. Yttervegger, tak og gulv er utformet som passivhusløsninger. Taket er isolert med 400 mm isolasjon med en u-verdi på 0,11 W/(m^{2}K), vegger er isolert med mellom 250- 300 mm isolasjon med en U-verdi på 0,16 W/(m^{2}K). Gulvkonstruksjon er isolert med 300 mm isolasjon og har en U-verdi på 0,10 W/(m^{2}K). Lokalene er utformet med 50 % eksponert betong som akkumulerer varme og jevner ut temperaturen over døgnet. Vinduer i bygningen har en U-verdi på 0,8 W/(m^{2}K). Søylene er trukket inn fra fasaden for å redusere kuldebroer.



Figur 4. Takkefasaden med doble funksjon, for å redusere direkte dagslys og benytte flater for montering av solfangere.

Kilde: Aspelin Ramm/Finn Ståle Felberg

Den sydvendte takkefasaden er utformet med standard stenderverk med bruk av Iso3-stendere og har en fremtredende karakter med nedadvendte glasspartier. Passivhusutformingen utnytter solinnstrålingen hele året med påmontert termiske solfangerpaneler som varmer oppvarmings- og tappevann. Utformingen beskytter dessuten mot direkte solinnstråling og refleksjoner samtidig som den slipper inn godt med dagslys, noe som minsker behovet for kunstig belysning.

Klima og komfortkrav

Kravene til luftmengder og temperaturintervaller er noe redusert i forhold til bransjenormer.
Noe lavere krav til luxnivå enn bransjenorm[3]. Vindusareal utgjør 17% av BRA for kontorarealer (0,17 x 0,8 < 0,14).

Tabell 2. Sammenstilte nøkkeltall for Bellonahuset

U-verdier W/(m^{2}K)				Varme-gjenvinnings-grad	Lekkasjetall Ved 50 Pa trykkforskjell	SFP-faktor kW/(m^3/s)
Yttervegg	Tak	Gulv	Vinduer og dører			
0,16	0,11	0,10	0,8	88%	0,4	1,5

Oppvarming
En lokal energisentral forsyner Bellonahuset med varme, kjøling og varmtvann. Solpaneler montert på Bellonahusets sydfasade leverer energi i retur til fellesanlegget. Spisslaster i kuldeperioder leveres fra en lokal grunnvannsvarmepumpe og fjernvarme fra Hafslund.
Energikilder til oppvarming: lokal varmepumpe (ca. 50%), solvarme (ca. 23%), fjernvarme (ca. 27%)
Energikilder til varmtvann: solvarme (79%), lokal varmepumpe (14%), fjernvarme (7%)
Energikilde til kjøling: lokal varmepumpe
Energikilde til el: kjøpt el

Luftbehandlingsanlegg
Ventilasjonsanlegget er bygget opp som et behovsstyrt, desentralisert ventilasjonsanlegg der et anlegg er plassert på hver etasje. Anlegget er overdimensjonert for å oppnå lite trykkmotstand med en SFP-faktor på 1,47. Bevegelsessensorer og CO2-følere styrer tilluft og lys og varme/kjøling.

Varmegjenvinner
Ventilasjonsanlegget har en varmegjenvinningsgrad på 88%.

[3] NS-EN 12464-1 Lys og belysning – Belysning av arbeidsplasser – Del 1: Innendørs arbeidsplasser

Tetthet
Huset er trykktestet og har en tetthetsgrad på 0,4 ved 50 Pa.

Styring
Energibehovet til drift av ventilasjonsanlegget er redusert gjennom behovsstyring og energieffektive vifter med en SFP-faktor på 1,5 kW/m^{3}h.

Belysning
Belysningen er behovsstyrt i kontorarealer (3,8 W/m^2). Det er benyttet T5 lysstoffarmaturer med bedre energiytelse en dagens LED-lys.

Persienner
Fasader mot øst og vest har påmontert utvendig solavskjerming for å senke kjølebehovet i sommerhalvåret. Persiennene er automatisk styrt.

Heis
Heisen genererer strøm når den går ned.

Energiytelse

Det er gjennomført en rekket tiltak for at bygningen skal bruke så lavt energibehov som mulig innenfor gitte rammer. Energibehovet i bygningen er ca. halvparten av dagens forskriftskrav i TEK10.

Beregnet netto energibehov (NS 3031) for kontordelen er 82,7 kWh/m^2/år og for forretningsdelen 137,5 kWh/m^2/år. Målt levert energi er på henholdsvis 67 kWh/m^2/år og 104 kWh/m^2/år. Bygningen tilfredsstiller passivhusnivå og kravet til A-merke for energimerkeordningen for både kontordelen og forretningsdelen.

Andre hensyn

- Miljødeklarasjoner for materialer. Bruk av EPD, Svanemerking eller EU-blomst-merker.
- Bruk av lavt energiforbrukende produkter som kjøleskap, oppvaskmaskin, pc-er, skrivere.

Teknisk kravspesifikasjon

Klimasimuleringer
Beregninger for angitte luftmengder er utført med SCIAQ for et typisk kontor (app. A). Bruk av PC og annet utstyr samt internlaster/varmelaster og 4 W/m^2 fra belysningen er forutsatt.

Teknisk grid
Den tekniske kravspesifikasjonen utarbeidet for Bellonahuset er basert på en teknisk grid lagt opp etter 2,4 modul prinsipp.

Behovsstyrt ventilasjon i møterommene etter temperatur, CO2 eller tilstedeværelse eller andre relevante parametere med forrigling mot romregulering av varme. SFP faktor 1,5 kW/m^{3}h ved full luftmengde. Alle luftbehandlingsaggregater styrt med direktedrevne vifter og frekvensstyrt motor. Gjennomsnittlig varmegjenvinningsgrad for alle ventilasjonsaggregat med minimum 80%. Akseptans for 0,5 °C variasjon i innetemperaturen for hver °C svingning i utetemperatur. Ventilasjonsprinsippet for kontorarealer med god fordeling av tilluft kombinert med sentrale avtrekk og overstrømingsventiler fra cellekontor til møterom.

Luftfordelingsutstyr
Modulerende VAV-uniter for tilluft og avtrekk. Aggregater med tilhørende komponeneter dimensjonert for å kunne økes med 10%.

Islolasjon og branntetting
Isolerte tilluftskanaler.
Solfangersystem
Det er forutsatt 250 m^2, solfangerpanler med røranlegg direktekoblet til varmesentralen. Strupeventiler for optimalisering av strømningsrater ved drift. Varmt vann for gulvvarming ført fra solfangere frem til teknisk undersentral i 1. etg. Ved overskudd av varme føres varmtvann til annen bygning på område.

Automatikk og SD anlegg
Web-basert løsning med sentral driftskontrollanlegg for overvåking av alle tekniske installasjoner.

Mulighet for måling og visning av luftmengder på ventilasjonssystemer forutsatt. VAV-er som vises i SD-anlegget og styring av spjeld for styring av leietakerarealer.

Optimal styring fra SD-anlegg av belysning, varme, kjøling og ventilasjon. Luftmengder, effektuttak, kjøling og elektrisitet skal vises. Pådrag på pumper, vifter, VAV'er og aktuatorer vises. Tur/returtemperaturer på varme- og kjølekurser vises. Drift og feilsignaler på alt roterende utstyr, frekvens på frekvensomformere vises. Romkontrollanlegg/sekvensstyring for reglering av radiatorer, gulvvarme og VAV. Tilstrekkelig utstyr for at ikke kjøling og varme flater jobber mot hverandre. Anlegget skal kunne styres med urdrift.

Regulering og styring
Styring av aggregater fra romfølere for nattdrift om sommeren uten pådrag av varme- eller kjøling. VAV-uniter for tilluft/fraluft og automatikk styrt fra romtemperatur og tilstedeværelsesfølere. Sekvensstyring mellom radiatorer og VAV enheter. Startes ved tilstededeteksjon. Modulerende regulering.

Romregulering – modulerende sekvensregulering av varme- og VAV/kjøling i hvert rom – modulerende fra romføler. Alle VVS-installasjoner tilkoblet SD-anlegg.

Kontroll og dokumentasjon av alle komponenter i anlegget etter anvisninger og tegninger. Klargjøring for anleggsprøving. Skriftlig dokumentasjon etter sjekklister og protokoll signert av entreprenør og byggherrens kontrollingeniør. Forhåndsgodkjenning av kontrolldokumenter. Dokumentasjon per system og for hovedutstyr.
Funksjonsprøving og igangkjøring etter felles nordiske retningslinjer (NBI Anvisning 16-5). Kontroll av automatikkoblinger for funksjon og kalibrering av alle givere. Innregulering med justering for normal drift. Setpunkter, grenseverdier, alarmer og alarmprioritering avtales. Statusrapporter, alarmrapporter og trendkurver/rapporter etter avtale med driftspersonell. Måleprotokoll for innregulering og driftsdata. Dokumentasjon av målte og instilte verdier. Sluttdokumentasjon i elektronisk format.

2.3 Sparebank 1, Midt-Norge

Bakgrunn

SpareBank 1 SMN Midt-Norge har etablert nytt hovedkontor og samlet hele konsernets aktivitet i sentrum av Trondheim. Vinnerforslaget til det nye bankbygget innebar en omfattende transformasjon av et helt bykvartal. Det gamle sparebankbygget fra 1882 skulle bevares og opprustes, mens bankbygget fra 70-årene ble revet for å gi plass til et nytt og moderne kontor- og forretningsbygg.

I kontordelen sitter alle ansatte i landskap. Det er plass til en sone pr etasje i hver av tverrfløyene. Med vertikale trapperom mellom tverrfløyene åpner denne oppbygningen for at lokalene kan seksjoneres opp på mange ulike måter for å sikre fremtidig fleksibilitet og ulike måter å dele bygget opp for utleie. Konferansesenteret og møterommene kan leies både av bankens kunder og eksterne aktører.

Sentral plassering muliggjør miljøvennlig kollektivtransport for kunder og ansatte. Antallet parkeringsplasser i kjeller reduseres, mens syklistenes tilbud styrkes med flere sykkelparkeringsplasser.

Figur 5. Ilustrasjon av Sparebank 1.

Kilde: Agraff AS

FAKTA	
Adresse:	Søndre gate 4
Lokalisering:	Trondheim Sentrum
Kommune:	Trondheim
Eier:	SpareBank1 SMN Kvartalet AS
Entreprenør:	Teknobygg Entreprenør AS YIT AS
ARK:	Agraff AS
RIE:	COWI AS
RIB:	Myklbust AS
RIV:	COWI AS
RIM:	COWI AS
RIAku/RIBr:	COWI AS
Energirådgiver:	SINTEF Byggforsk/NTNU
Entrepriseform:	Totalentreprise
Total kostnad:	Ca. NOK 550 mill. (inkl. støtte fra ENOVA på 2,0 mill.)

Ambisjoner og mål

Prosjektet har hatt høye ambisjoner knyttet til arkitektur og estetikk, energiytelse og inneklima. Nybyggets form- og fasadeuttrykk reflekterer arkitektens intensjon om å skape et energieffektivt bygg. Et kompakt nybygg uten mange volumsprang, innskjæringer eller utkraginger reduserer mengden yttervegg og takflater. Veloverveid vindusplassering og nøktern glassbruk bidrar til at varmetap og behov for kjøling reduseres til et minimum (romkjøling = 0).

Energimål var et netto energibehov under 100kWh/m².

Bygningstekniske tiltak

Bygningskropp

I prosjekteringsfasen har det vært fokusert på energikonserverende bygningskropper med lavt varmetap, god lufttetthet og maksimal utnyttelse av passive soltilskudd. Man har videre etterstrebet lavt energitap i inngangssoner o.l. Ytterveggene, vinduene/glassfasadene og tak har henholdsvis U-verdiene 0,15; 1,0; og 0,09 W/m2K.

Nybygget er oppført i fem etasjer med et tradisjonelt betongsøyle og hulldekkesystem. Prefabrikerte veggelementer med innmonterte vinduer med beslag sikret lufttette løsninger på byggeplassen og en tetthetsgrad på under 0,1.

Figur 6. Illustrasjon av Sparebank 1.

Kilde: Agraff AS

Det var 250 mm isolasjon, to lag vindsperre og fuktsperre. På byggeplassen ble det isolert med ytterligere 50 mm noe som gir veggen totalt 300 mm isolasjon.

Energi til romkjøling i nybygget er eliminert ved bruk av eksponert betong i himling, god solavskjerming og reflekterende glass i vinduer og glassfasader.

Klima og komfortkrav

Bestilling fra tiltakshaver:
”Det indre miljø skal være av en kvalitet som er blant de beste i næringsbygg i landet”
”Luftkvaliteten i bygget, både når det gjelder mengder og renhet, skal være av beste kvalitet”

Vindusbruken er forsøkt holdt lav samtidig som lysberegninger garanterer tilstrekkelig med dagslys fra vinduer mot gaten og fra de uoppvarmede glassgårdene. Høytsittende vinduer med reflektorer bidrar til å bringe lys dypt inn i kontorlokalene. Resterende vinduer skjermes mot solen med automatiske utvendige "screens" som samtidig sikrer de ansatte utsikt på solrike dager.
Lavemitterende materialer velges for å sikre et godt innemiljø og redusere ventilasjonsbehovet.

Tabell 3. Sammenstilte nøkkeltall for Sparebank 1

U-verdier W/(m^{2}K)				Varme-gjenvinnings-grad	Lekkasjetall Ved 50 Pa trykkforskjell	SFP-faktor kW/(m^3/s)
Yttervegg	Tak	Gulv	Vinduer og dører			
0,15	0,09	0,10	1,0	85%	0,4	2,0

Oppvarming
De ambisiøse energimålene i dette prosjektet er oppnådd gjennom bygningsintegrerte passive løsninger. Nøkkelen til et lavt varmetap lå i en helt tett fasade med 300mm isolasjon og begrensede vindusåpninger. Energi til romkjøling i nybygget er eliminert ved bruk av eksponert betong i himling, god solavskjerming og reflekterende glass i vinduer og glassfasader. Utjevning av temperatur gjennom døgnet med eksponerte betongdekker, energibesparende utstyr og godt dagslys har bidratt til ytterligere energireduksjon.
Bygget har vannbåren varme via et lavtemperatur radiatorsystem. Alle ventilasjonssystem baseres også på vannbåren varme.
Spillvarme fra kjøleanlegget til byggets datasentral benyttes til oppvarming av bygget. Prosjektet ligger innenfor konsesjonsområdet til Trondheim Energi Fjernvarme og er tilknyttet til fjernvarmenettet.

Luftbehandlingsanlegg
Hele bygget har hybrid ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning. Elektrisitetsbehovet til viftedrift er lavt ved at bygget har et lavtrykks ventilasjonssystem, og det er lagt til grunn utstrakt bruk av behovsstyring. I perioder hvor det ikke er behov for varmegjenvinning slippes det brukte lufte ut gjennom luker i taket. Lavemitterende materialer er valgt for å redusere ventilasjonsbehovet. Tilluft tilføres via gulvventiler. Den eksponerte betongen i taket virker på dagtid som en kjølende flate. Ventilering om natten lader ut konstruksjonen, og gjør at kjølebehovet blir redusert.

Ventilasjonsluften leveres med lavtrykks balansert fortrengningsventilasjon. Luften hentes mekanisk på taket, tilføres i de forskjellige etasjene gjennom datagulvet, stiger gjennom rommet, avgir varme til betongen og fortrenges ut i glassgårdene. Øverst i glassgårdene tas luften inn igjen i en roterende varmegjenvinner med 85 % energieffektivitet som varmer ny ventilasjonsluft. Store kanaler og naturlig fortrengning bidrar til lav energibruk fra viftene og redusert støy.

Prinsippet bak fortrengningsventilasjon er at luften tilføres med lav hastighet, direkte til oppholdsrom. Alle flater i rommet som er varmere enn tilluften forårsaker en oppadgående luftsrtøm som transporterer forurensningen opp mot taket hvor den slippes ut gjennom et avsug. Slik blir det helt ren luft i oppholdsonen og forurenset luft oppunder taket utenfor oppholdssonen. Systemet krever rikelig med luft for å "mate" de oppadgående luftstrømmene. En installasjonsgulvløsning er meget fleksibel, med muligheter for ombygging uten å endre ventilasjonsløsningen, samtidig som alt elektrisk ligger enkelt tilgjengelig i gulvet. Man kan også holde takflatene frie for plasskrevende installasjoner, noe som er gunstig for et bygg med betonghimling som kan fungere som termisk masse som tar opp varme i løpet av dagen og kan frigi dette når temperaturen senkes på kvelden.

Lavemitterende materialer, overflatebehandlig med silikatmaling og fuktregulerende materialer sørger videre for at de ansatte har et godt innemiljø.

Varmegjenvinner
Ventilasjonsanlegget har en varmegjenvinningsgrad på 85 %.

Tetthet
Huset er trykktestet og har en tetthetsgrad på 0,4 ved 50 Pa.

Styring
Energibehovet til drift av ventilasjonsanlegget er redusert gjennom behovsstyring og energieffektive vifter med en SFP-faktor på 2,0 kW/m^{3}h.

Belysning og dagslys
Vindusbruken er forsøkt holdt lav samtidig som lysberegninger garanterer tilstrekkelig med dagslys fra vinduer mot gaten og fra de uoppvarmede glassgårdene. Høytsittende vinduer med reflektorer bidrar til å bringe lys dypt inn i kontorlokalene. Resterende vinduer skjermes mot solen med automatiske utvendige "screens" som samtidig sikrer de ansatte utsikt på solrike dager.

Glassgårdene bidrar til å bringe dagslys inn i den dype bygningskroppen, slik kan nesten hele dybden i volumene brukes som kontorarbeidsplasser. Steder med dårligs lysforhold blir brukt til enhetenes kjerne med toaletter, garderobe, kopirom, stille-rom, lager og tekniske rom. Lysarmaturer har dagslysstyring og er i tillegg behovsstyrt via tilstedeværelsesdetektorer. Det er automatisk utvendig solavskjerming på alle solvendte fasader for å unngå varmeoverskudd fra sola.

Energiytelse

Det er gjennomført en rekket tiltak for å minimere bygningens energibehov. Opprinnelig mål var netto energibehov under 100 kWh/m²/år.

I perioden februar 2011-jan 2012 ble energiforbruket i bygningen målt og overvåket. Tallene viser at kontordelen av bygget bruker 65,9 kWh/m2 årlig, medregnet 10 kWh/m2 til reservekraft. For bygningen inkludert forretningsdelen viser målte tall et forbruk på 88 kWh/m2 år (arealvektet).

Det finnes få kontorbygg i Norge hvor det er gjennomført tilsvarende lave energimålinger. Bygningen ble i 2011 tildelt Trondheim kommunes energisparepris.

Faktisk forbruk:
Opprinnelig energimål: 100 kWh/m²/år
Totalt netto energibehov: 76,1 kWh/m²
Oppvarmingsbehov: 21 kWh/m²
Målt levert energi: 76,4 kWh/m²/år (inkl. 10 kWh/m² til reservekraft)

Andre hensyn

Byreparasjon og transportløsninger, Sentrumsutvikling / styrking av sentrum
Før byggingen av det nye kontorbygget var Søndre gate preget av å være en gjennomkjøringgate. Bebyggelsen hadde få tilbud på gateplan og fotgjengere tok andre traséer. Det nye bygget deler det store kontorvolumet opp i tverrgående volum. Med butikker, meglere og andre publikumsfunksjoner bidrar dette til å aktivere både Søndre gate og Apotekerveita på begge sider av nybygget. Bygget er videre delt fysik i to, og det er etablert en nytt offentlig uterom ved byggets hovedinngang. "Bankplassen" kobler seg også til eksisterende Westermannsveita og Scholdagerveita og reetablerer på denne måten en gammel tapt gangvei mellom Nordre gate og Søndre gate. Bankplassen aktiveres videre ved å legge bankbyggets hovedinngang. I underetasjen er det etablert sikret sykkelparkering med tilhørende garderobearealer. Det er kun etablert 24 parkeringsplasser i bygget.

Riving og gjenbruk
Byggherren har i løpet av forprosjektet vurdert den langsiktige klimabelastningen av en renovering av eksisterende kontorbygg fra 70-tallet satt opp mot riving av eksisterende bygg og oppføring av et nytt kontorbygg. Eksisterende årlig energiforbruk på 520kWh/m2 var i følge Østfoldforskning vanskelig å senke lavere enn 300kWh/m2. Et nybygg med 100kWh/m2 år som målsetning rettferdiggjorde riving av den eksisterende bygningsmasse ut i fra miljøhensyn.

Mangel på generalitet og fleksibilitet i kontordelen fra 70-tallet gjorde at bygget ble funnet vanskelig å utbedre. Fleksible og arealeffektive lokaler i et nybygg ble i arkitektkonkurransen vektlagt av driftsmessige økonomiske hensyn. Endringer i bruk kan ha ulike tidsperspektiv, fra daglige endringer i bruk av enkelte rom til omstrukturering over 5-20 år. Byggherren ønsket et fremtidsrettet og langtlevende kontorbygg der miljøløsningene var integrert fra begynnelsen.
Bankbygget fra 1880-årene og kjelleren i det øvrige bygget ble bevart, mens kontorbygningen fra 70-tallet ble revet. 99,7 % av materialene har blitt gjenvunnet.

Teknisk kravspesifikasjon

Klimasimuleringer
Beregninger for angitte luftmengder er utført med SIMIEN for typiske rom. Bruk av PC og annet utstyr samt internlaster/varmelaster og 4 W/m^2 fra belysningen er forutsatt.

Teknisk grid
Den tekniske kravspesifikasjonen utarbeidet for Bellonahuset er basert på en teknisk grid lagt opp etter 2,4 modul prinsipp.

Behovsstyrt ventilasjon i møterommene etter temperatur, CO2 eller tilstedeværelse eller andre relevante parametere med forrigling mot romregulering av varme. SFP faktor 2,0 kW/m^{3}h ved full luftmengde. Alle luftbehandlingsaggregater styrt med direktedrevne vifter og frekvensstyrt motor. Gjennomsnittlig varmegjenvinningsgrad for alle ventilasjonsaggregat med minimum 80%.
Akseptans for 0,5 °C variasjon i innetemperaturen for hver °C svingning i utetemperatur.
Ventilasjonsprinsippet for kontorarealer med god fordeling av tilluft kombinert med sentrale avtrekk og overstrømingsventiler fra cellekontor til møterom.

Luftfordelingsutstyr
Tilluft tilføres via gulvventiler. Den eksponerte betongen i taket virker på dagtid som en kjølende flate. Ventilering om natten lader ut konstruksjonen, og gjør at kjølebehovet blir redusert.

Ventilasjonsluften leveres med lavtrykks balansert fortrengningsventilasjon. Luften hentes mekanisk på taket, tilføres i de forskjellige etasjene gjennom datagulvet, stiger gjennom rommet, avgir varme til betongen og fortrenges ut i glassgårdene. Øverst i glassgårdene tas luften inn igjen i en roterende varmegjenvinner med 85% energieffektivitet som varmer ny ventilasjonsluft. Store kanaler og naturlig fortrengning bidrar til lav energibruk fra viftene og redusert støy.
I perioder hvor det ikke er behov for varmegjenvinning slippes det brukte lufte ut gjennom luker i taket.

Automatikk og SD anlegg
Web-basert løsning med sentral driftskontrollanlegg for overvåking av alle tekniske installasjoner.

Mulighet for måling og visning av luftmengder på ventilasjonssystemer forutsatt. VAV-er som vises i SD-anlegget.

Optimal styring fra SD-anlegg av belysning, varme, kjøling og ventilasjon. Luftmengder, effektuttak, kjøling og elektrisitet skal vises. Pådrag på pumper, vifter, VAV'er og aktuatorer vises.
Tur/returtemperaturer på varme- og kjølekurser vises. Drift og feilsignaler på alt roterende utstyr, frekvens på frekvensomformere vises. Romkontrollanlegg/sekvensstyring for reglering av radiatorer, og VAV. Tilstrekkelig utstyr for at ikke kjøling og varme flater jobber mot hverandre. Anlegget skal

kunne styres med urdrift.

Regulering og styring
Styring av aggregater fra følere i dekket og romfølere for nedkjøling av dekket nattdrift uten pådrag av varme- eller kjøling.
VAV-uniter for tilluft/fraluft og automatikk styrt fra romtemperatur og tilstedeværelsesfølere.
Sekvensstyring mellom radiatorer og VAV enheter. Startes ved tilstededeteksjon. Modulerende regulering.

Romregulering – modulerende sekvensregulering av varme- og VAV i møterom og landskap – modulerende fra romføler. Alle VVS-installasjoner tilkoblet SD-anlegg.

Funksjonsprøving og igangkjøring etter felles nordiske retningslinjer (NBI Anvisning 16-5). Kontroll av automatikkoblinger for funksjon og kalibrering av alle givere. Innregulering med justering for normal drift. Setpunkter, grenseverdier, alarmer og alarmprioritering avtales. Statusrapporter, alarmrapporter og trendkurver/rapporter etter avtale med driftspersonell. Måleprotokoll for innregulering og driftsdata. Dokumentasjon av målte og instilte verdier. Sluttdokumentasjon i elektronisk format.

2.4 Papirbredden

Bakgrunn

Papirbredden 2 er et nytt 8 etasjers yrkesbygg lokalisert på Grønnland torg i Drammen. Det er av de første kontorbygg i Norge bygget som passivhus. Bebyggelsen består av to frittstående bygninger på total 26 000 m^2 inkl. felles kjeller, som inneholder parkering, sykkelrom, garderobefasiliteter, tekniske rom og arkiv i 2 plan. Hus 1 er ferdigstilt med kontorer, undervisning, servering og felles vestibyle og kantine/kjøkken for begge bygg og ble offisielt åpnet august 2012. Papirbredden 2 ble kåret til Årets bygg 2012. Leietakere er Drammen kommune, Høgskolen i Buskerud, Arbeidstilsynet i Buskerud og MSD Norge. Miljørapport Papirbredden II, FutureBuild, og den tekniske kravspesifikasjonen for VVS-teknikk utarbeidet av EM-teknikk er lagt til grunn for følgende beskrivelse.

Figur 7. Papirbredden 2.

Kilde: FutureBuild

FAKTA	
Adresse:	Grønland 51
Kommune:	Drammen
Eier:	Papirbredden Eiendom AS
Totalentreprenør:	Strøm Gundersen AS
ARK:	LPO arkitekter AS
Prosjektledelse:	OEC Consulting AS
RIE:	ECT AS
RIB:	Multiconsult AS
RIV:	EM teknikk AS NEAS Consulting
Miljørådgiver:	Rambøll

Ambisjoner og mål

Papirbredden 2 er resultat av prosjektkonkurransen Drammen kommune arrangerte i 2005. LPO arkitekter vant med "Drammen united". Huset oppfyller kravene til et FutureBuild forebildeprosjekt: det innehar passivhusnivå og energiklasse A-bygg. Samtidig, målet er å gi gode arbeidsforhold og komfort til leietakere, og redusere Klimatgassutslipp ved hjelp av klimateffektiv materialbruk.

Bygningstekniske tiltak

Bygningskropp

Bygningen har en kompakt utforming og lite løpemeter fasade for å redusere energibehovet og CO_2-belastningen. Yttervegger, tak og gulv er utformet som passivhusløsninger, med gode isolasjonstykkelser: yttervegger er isolert med 350 mm isolasjon med en U-verdi på 0,15 W/(m^2K). Taket er isolert med 400 mm isolasjon med en U-verdi på 0,13 W/(m^2K), og gulv er isolert med 300 mm isolasjon og har en U-verdi på 0,15 W/(m^2K). Vinduer i bygningen er treglas vinduer med argongass og har en U-verdi på 0,8 W/(m^2K). Mot nord og nord-vest er det store glassfasader med 3-lags glass. Det forsyner gode kontorlandskap og bidrar til å redusere nødvendigheten for kunstig belysning. Kontorarealene har mindre vindusflater mot sør og øst for å minske faren for overoppheting om sommeren. Bygget er skråstilt mot vest for å redusere behovet for solavskjerming, og gi best mulig innemiljø for byggets brukere. Samtidig, det reduserer normalisert kuldebroverdi til 0,03 W/(m^2K).

Figur 8. Bilder viser den store glassfasade som reduserer behov for kunstig belysning.

Kilde: Tom Atle Bordervik

Et kontinuerlig fokus på materialbruk var gitt i prosjektet, fordi å ikke bruke helse og miljøskadelige material. Derfor, klimagassutslipp for Papirbredden 2 er redusert med 45 prosent sammenlignet med referansebygget, som er et tenkt kontorbygg i Drammen sentrum med standard materialvalg og prosjektert med et energiforbruk etter TEK07.

Klima og komfortkrav

En god kvalitet på innemiljø er sikret i bygget.
Krav i kontorareal:

- Sommer maks operativ temperatur: 26 °C
- Vinter min operativ temperatur: 22 °C
- Maks lufthastighet i oppholdssone: 0,2 m/s (sommer), 0,15 m/s (vinter)
- Maks CO_2 konsentrasjon: 900ppm

Bygget overholder krav i NS-8175, lydklasse C: maks lydnivå 35dBA.
Vindusareal utgjør 18,6% av BRA for kontorarealer

Tabell 4. Sammenstilte nøkkeltall for Papirbredden

U-verdier W/(m^{2}K)				Varme-gjenvinnings-grad	Lekkasjetall Ved 50 Pa trykkforskjell	SFP-faktor kW/(m^3/s)
Yttervegg	Tak	Gulv	Vinduer og dører			
0,15	0,13	0,15	0,8	85%	0,6	1,5

Oppvarming og kjøling
Medregnede oppvarmede arealer (BRA) er 8536 m^2 for Hus 1 og 10838 m^2 for Hus 2.
Bygningens energibehov skal primært dekkes med varmepumpe der eksisterende energibrønner tilknyttet Papirbredden 1 er energikilden.
Energikilder til romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvann: lokal varmepumpe (ca. 90 %), fjernvarme (ca. 10 %)
Energikilde til ventilasjonkjøling: lokal varmepumpe. Ingen kjøling i bygget unntatt ventilasjon kjøling.
Energikilde til el: kjøpt el.

Luftbehandlingsanlegg
6 stk balanserte ventilasjonssystemer; alle aggregater utstyrt med roterende varmegjenvinnere med høy virkningsgrad. SFP-faktor er satt til 1,5 kW/(m^3/s).

Varmegjenvinner
Varmegjenvinningsgrad er beskrevet 85 %.
Tetthet
Huset er trykktestet og har en tetthetsgrad på 0,6 ved 50 Pa.

Styring
Energibehovet til drift av ventilasjonsanlegget er redusert gjennom behovsstyring og energieffektive vifter med en SFP-faktor på 1,5 kW/m^3h.

Belysning
Belysningsanlegg utført med tilstedeværelsesdetektorer.

Persienner
Got utvendig solavskjerming er gitt mellom automatiske persienner.

Energiytelse

Det er gjennomført en rekket tiltak for at bygningen skal bruke så lavt energibehov som mulig innenfor gitte rammer. Beregnet netto energibehov (NS 3031) er 70 kWh/m^2/år. Målt levert energi er på 58 kWh/m^2/år. Bygningen tilfredsstiller passivhusnivå og kravet til A-merke for energimerkeordningen.

Andre hensyn

- Miljødeklarasjoner for materialer. Bruk av EPD, Svanemerking eller tilsvarende.
- Avfallsbehandling på byggeplass: oppnådd pr. juni 2012 93% kildesortering, 20 kg/m^2.
- Bygget sikres et lavt vannforbruk: bruk av naturlig overvannshåndtering, vannbesparende toaletter, og system for deteksjon av lekkasjer.

Teknisk kravspesifikasjon

Klimasimuleringer
Beregninger for angitte luftmengder og energi er utført etter Prosjektrapport 42 med validert dynamisk timesberegning ette reglene i NS 3031 og effektbudsjett i henhold til NS 3032.
Bygningen er beregnet som 1 sone. Bruk av PC og annet utstyr samt internlaster/varmelaster og 5 W/m^2 fra belysningen er forutsatt. Beregnet luftmengde i driftstiden: 9,8 m^3/hm^2; utenfor driftstiden: 2 m^3/hm^2.

Varmepumpanlegg
I eget rom i kjeller er avsatt plass til energisentral. Der plasseres varmepumpe basert på grunnlast fra brønnvann hentet fra eksisterende brønnsystem i Papirbredden I. Energioverføring skjer via 2 stk. varmevekslere, - en dumpeveksler ved kjøleproduksjon og en kjøleveksler ved varmeproduksjon og ved frikjøling.
Aggregatet tilfredsstiller kravene i NS-EN 378-1 og -2 og ha følgende ytelser:
- varmeeffekt 150 kW, utgående vanntemp. 55 °C
- kjøleeffekt 90 kW, utgående vanntemp. 9 °C

Det medtas innmontering av energimåler på røranlegg på varm side av varmepumpe.

All innregulering, prøving, måling, protokollføring og avlevering er utført i overensstemmelse med NS 3420. Alle komponenter merkes i henhold til NS 3451 og Tverrfaglig merkesystem for bygninger, TFN-system.

Luftfordelingsutstyr
Bygget utstyres med luftbehandlingsanlegg som skal dekke alle arealer. Alle aggregater leveres med direktedrevne vifter med frekvensomformer for variabel luftmengde. Luftbehandlingsanlegget bygges opp med stor grad med bruk av VAV. I alle møterom, undervisningsrom og lignende er luftmengder balansert og behovsstyres etter temperatur, CO_2 eller tilstedeværelse. Tilførsel av friskluft skjer i hovedsak via grenkanaler med vav-spjeld/lydfelle og difusor/boks for åpen montasje. Varmebatterier i ventilasjonsaggregater dimensjoneres for vann 55/35 °C. Ventilasjon aggregater utstyres med varmepumpe som kan reverseres i sommerdrift og kjøle tilluft i sommerhalvåret.
6 aggregater for ulike etasjer med egen tilhørende VAV-systemer. Behandlet luftmengde for alle aggregater er ca. 90.000 m³/t.

Automatikk, SD anlegg og styring
Det finns en SD-anlegg av proprietær type for styring og oppfølging av energibruk i bygget, med sentral serverinstallasjon og desentraliserte undersentraler. Undersentralene plasseres i de lokale automatikktavlene og beskrevner funksjoner for VVS-anleggene.
Automasjons-/SD-anlegg for varmepumpeanlegget er tilknyttes med eksisterende automasjons-/SD-anlegg for tekniske installasjoner fra Unireg i Papirbredden I. Dette system oppfyller krav gitt i Kravspesifikasjon for automatikk og SD-anlegg, rev. 0- 2010-04-29, fra Entra AS.
De måleinstrumenter som benyttes tilfredsstiller Byggforskningens krav til målenøyaktighet samt kontroll og justering.
Serverprogramvare sentral driftskontroll som ivaretar et grafisk brukergrensesnitt for betjening av anleggene, webserver, alarmhåndtering, logging av hendelser, tidsstyring og kalenderprogram.
Energioppfølgingsverktøy er installert med strømmålere og energimålere for varme og kjøling, og månedlige rapporter genereres automatisk.

Islolasjon
Alle varmebærende ledninger isoleres med glassullskåler med alufolie. VVX, armaturer, pumper, luftutskiller er også kondensisoleres. Tykkelse på isolasjon utføres i henhold til leverandørens anvisninger.
Kaldtvannsledninger, varmtvannsledninger, sirkulasjonsledninger, luftet spillsvannsledninger i kalde områder og taknedløp isoleres med neoprencellegummi i henhold til leverandørens anvisninger.

Sanitæranlegg
Installasjoner og materiell er i henhold til NS 3420. Dimensjonering utføres i henhold til ”Normalreglementet for sanitæranlegg - tekniske bestemmelser” samt offentlige og lokale myndigheters krav.

Brannutstyr
Bygget utstyres med nødvendige antall brannskap og brannklassifiserte rammer, for innfelling i brannklassifiserte vegger, for å dekke gjeldende brannforskrifter. Signal ved utløst brann overføres til SD-anlegget.

Overlevering
Kontroll og dokumentasjon av alle komponenter i anlegget etter anvisninger og tegninger. Etter avsluttet montasje, skal alle komponenter rengjøres og funksjonsprøves. Entreprenøren skal utarbeide

en fullstendig drifts- og vedlikeholdsinstruks som overleveres sammen med "som bygget"-tegninger ved overlevering av anlegget. Det medleveres skisser og tegninger med symboler og nummer som korresponderer med anleggets merkesystem. Instrukser og "som bygget"-tegninger leveres i 3 sett. I tillegg leveres i elektronisk format. All innregulering, prøving, måling, protokollføring og avlevering skal være utført i overensstemmelse med NBI-anvisning fra 16-1 og 16-10. Overlevering finner sted når anlegget er igangsatt for normal drift, alle forlangte protokoller, øvrig dokumentasjon og ferdigmelding er overlevert og godkjent samt de påpekte feil og mangler er rettet. Reklamasjonstiden er 5 år. I denne perioden skal entreprenørene ha ansvar for servicearbeidene. Anleggene dimensjoneres og utformes for en levetid på minimum 20 år under definerte driftstider og normale driftsforhold.

3 Diskusjon og oppsummering

Fire yrkesbygg er beskrevet med gode eksempelløsninger for å rekke svært lavt energibehov. Tre av disse er nye yrkesbygg i Oslo området (GK miljøhuset, Bellonahuset, Papirbredden 2)
og Sparebank 1 er et nybygg i Midt-Norge (Trondheim). De beskrevne bygningene har alle høye ambisjoner knyttet til estetikk, energiytelse, inneklima, og miljøpåvirkning.

Bygningens plassering og geometri har mye å si for å oppnå et energieffektivt bygg. Alle de fire bygningene har en kompakt utforming og lite løpemeter fasade for å redusere energibehovet og CO_2-belastningen. I tillegg er yttervegger, tak og gulv utformet som passivhusløsninger, med høy isolasjonstykkelser. Som konsekvens er U-verdiene lave og reduserer energibehovet i stor grad. Sammenligning av de fire studerte bygningene vises i Tabell 5.

For å klare dagens strenge energikrav i både forskrifter og standarder er det helt sentralt å oppnå tette bygninger. Med en lekkasjetall ved 50 pascal trykkforskjell fra 0,23 til 0,6 er disse bygninger mye lufttette. I tillegg har alle bygningene en høy varmegjenvinningsgrad (fra 85 % til 88 %).

Krav til SFP, som er energibruk for å flyte ventilasjonslufta fra anlegget til rommene, varierer fra 2,0 kW/(m^3/s) for Sparebank 1, som er kravet for nye bygninger, til 1,2 kW/(m^3/s) for GK miljøhuset.

GK miljøhuset har de beste verdier både i henhold til isolasjon, varmegjenvinningsgrad, lekkasjetall og SFP-faktor.

Tabell 5. Sammenligningstabell for alle bygninger

		Miljøhuset GK	Bellonahuset	Sparebank 1	Papirbredden 2
U-verdier W/(m^2K)	Yttervegg	0,14	0,16	0,15	0,15
	Tak	0,10	0,11	0,09	0,13
	Gulv	0,07	0,10	0,10	0,15
	Vinduer og dører	0,78	0,8	1,0	0,8
Varmegjenvinningsgrad (%)		88	88	85	85
Lekkasjetall Ved 50 Pa trykkforskjell		0,23	0,4	0,4	0,6
SFP-faktor kW/(m^3/s)		1,2	1,5	2,0	1,5

Disse gode ytelser reduserer energibehov til en stor grad. Beregnet netto energibehov i henhold til NS 3031, og målt levert energi i henhold til NS 3031vises i Tabell 6. GK miljøhuset, Bellonahuset og Papirbredden 2 tilfredsstiller passivhusnivå i henhold til NS 3701 og kravet til A-merke for energimerkeordningen. GK miljøhuset oppnår de beste resultatene med 49 kWh/m^2/år målt levert energi.

Tabell 6. Beregnet energibehov og målt levert energi for alle bygninger

	Miljøhuset GK	Bellonahuset	Sparebank 1	Papirbredden 2
Beregnet netto energibehov ($kWh/m^2/år$)	64	82,7 (kontordelen) 137,5 (forretningsdelen)	76,1	70
Målt levert energi ($kWh/m^2/år$)	49	67 (kontordelen) 104 (forretningsdelen)	76,4	58

Inneklima er av stor betydning, og disse bygninger har strenge krav i forhold til dette. Behovsstyrt ventilasjon er brukt for å opprettholde god luftkvalitet og termiske komfort. Men er kravene egentlig tilfredsstilt?

Inneklimaet skal vurderes med inneklima målinger og brukerundersøkelse i GK miljøhuset, som tilsvarer arbeidspakke 2 i FORKLIMA prosjektet.

Det har vært bestemt å kjøre disse testene i GK miljøhuset fordi dette bygg har de beste ytelser, og tilluftmengde i ulike rommene kan registreres og styres med hjelp av SD-anlegget.

Det skal også vurderes hvis det er mulig å bruke behovsstyrt ventilasjon for å erstatte lokal varme, når oppvarmingsbehov er lavt nok.

4 Kildehenvisninger

1. NS 3701:2012 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger - Yrkesbygninger
2. NS 3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data
3. Tønnesen, T. (2011). *Styringssystem for elektriske bygningsinstallasjoner – løsninger og kommunikasjon mellom ulike systemer.* Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).
4. http://en.wikipedia.org/wiki/KNX
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Bacnet
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus
7. http://en.wikipedia.org/wiki/Lonworks
8. http://www.lonmark.org/
9. http://www.knx.org/
10. NS-EN 15232:2012 Bygningers energiytelse - Innvirkning ved bruk av bygningsautomasjon og bygningsadministrasjon
11. Thoresen, L. J. og Sjøveian, T. (2012). *Behovsstyring av ventilasjonsanlegg med mengderegulering etter ombygging fra CAV*
12. Grini, C. og Wigenstad, T. (2011) *LECO Behovstilpasset ventilasjon. Hvordan får man alle brikkene på plass?*

A Vedlegg: Automatikk for klimatisering av kontorbygg med fokus på behovsstyrt ventilasjon

Muligheter og anbefalinger – State of the art

1 Forord

Rapporten er laget i forbindelse med et forskningsprosjekt, «For Klima!», som er finansiert av Forskningsrådet og private aktører i bransjen. For Klima! har fokus på forenklet, behovsstyrt klimatisering av kontorbygg. Denne rapporten inngår i et dokument som kalles «STATE OF THE ART».

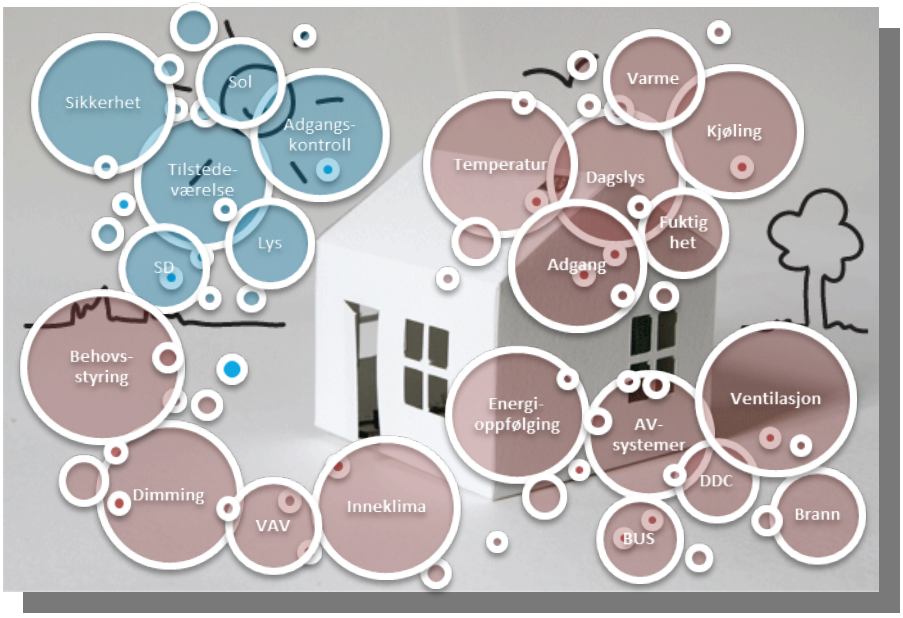
Rapporten gir en oversikt over hvilke muligheter moderne automatiseringsanlegg har for å styre og overvåke tekniske installasjoner i bygninger, slik at man oppnår redusert energiforbruk.

Rapporten er laget av Trond Harsem (Norconsult), Erik Rigstad (COWI), Kjetil Kolltveit (Multiconsult) og Kjell Ivar Moe (Multiconsult).

2 Innledning

Automatiseringsanlegg for styring av ulike tekniske installasjoner i bygg kan ha vidt forskjellig oppbygning, ytelse og kommunikasjonsmuligheter. Mange installasjoner kan leveres med egen automatikk, men de fleste har også mulighet til å leveres uten og i stedet styres av et felles byggautomatiseringsanlegg.

Denne rapporten presenterer de mest brukte regulerings-prinsippene for ventilasjons-anlegg og hvordan det anbefales å bygge opp automatiseringsanlegg for disse, ved bruk av åpne, standardiserte løsninger.



Rapporten innledes med en generell orientering om oppbygning av et typisk, moderne byggautomatiseringsanlegg, med vekt på åpne protokoller og løsninger.

Videre gis en innføring i viktigheten av og behovet for integrasjon mellom automatiseringsanlegg for ulike installasjoner, gjerne omtalt som integrerte tekniske bygningsinstallasjoner (ITB).

3 Sammendrag og konklusjon

En gjennomgang av dagens muligheter for automatiseringsnivå og komponenter som finnes tilgjengelig på markedet, viser at det er fullt mulig å få til optimale og kostnadseffektive løsninger for regulering og overvåkning. Det er slik at valg av løsning og pris henger sammen med fleksibilitet og grad av nøyaktighet på regulering (energioptimalisering). Mao. proprietære systemer (leverandøravhengige systemer) er ofte de billigste, men det gir mindre fleksibilitet.
Med noe mer bevissthet rundt valg av leverandør og oppfølging underveis er det fullt mulig å få til gode og kostnadseffektive automatiseringsløsninger.

4 Overordnet styringsfilosofi

For å sikre at VVS-installasjonene i et bygg fungerer slik det er tiltenkt er man avhengig av at automatiseringssystemet - som faktisk skal styre og regulere installasjonene - også fungerer. Det er i dette kapittelet redegjort for en del overordnede forutsetninger som det bør tas stilling til for å sikre funksjonalitet, fleksibilitet og driftssikkerhet.

4.1 Driftssikkerhet, fleksibilitet, funksjonalitet

Automatiseringsanlegg i vår tid bør prosjekteres med størst mulig grad av autonomi, dvs. delsystemer skal kunne fungere og løse sine oppgaver uavhengig av overliggende systemer. Graden av autonomi og inndeling av delsystemer kan riktignok komme i konflikt med økende grad av integrasjon og samspill med andre systemer. Det som uansett er viktig å påse - og som er fullt mulig - uavhengig av hvor mange systemer som skal integreres med hverandre, er å unngå avhengighet av utstyr som kan brukes til annet enn drift. Med dette menes eksempelvis PC med internett-tilgang som i enkelte anlegg også fungerer som bindeledd for kommunikasjon mellom ulike anleggsdeler. Et eksempel på dette er OPC-server, som i slike tilfeller kan gjøre systemet sårbart. Det anbefales at OPC-servere installeres på egen, dedikert maskinvare, gjerne tavlemontert.

Ved riktig valg av kommunikasjonsløsninger i anlegget er det både fullt mulig, og i de fleste tilfeller ønskelig, å kunne overvåke alle verdier og hendelser i byggets tekniske installasjoner. Dette gir normalt mer effektiv drift, blant annet ved redusert tidsbruk til feilsøking.

Tidligere var det vanlig å spesifisere at historiske data (loggede verdier) skulle være tilgjengelig i 6-12 måneder av hensyn til lagringsplass. I dag er kostnader for lagringsplass så små at data i praksis kan lagres ut hele anleggets levetid. Dette åpner for muligheter til å sammenligne ulike driftsperioder med hverandre, slik det er vanlig i energioppfølgingssystemer (EOS), som et ledd i å optimalisere driften.

4.2 Oppbygning

Et byggautomatiseringsanlegg er typisk delt inn i tre nivåer med ulike oppgaver:

- Administrasjonsnivået (SD-anlegg)
- Automatiseringsnivået (systemnivået)
- Feltnivået

Avhengig av produktene som velges kan nivåene overlappe hverandre. Det finnes for eksempel undersentraler (automatiseringsnivå) med integrert web-server (administrasjonsnivå). Videre finnes det sensorer og aktuatorer (feltnivå) som kan programmeres til å sende/motta kommandoer (automatiseringsnivå), typisk ved bruk av KNX, LonWorks m.fl.

4.2.1 **Administrasjonsnivået**

Det øverste nivået av et byggautomatiseringsanlegg kalles administrasjonsnivået. Herfra kan byggets driftspersonell administrere, dvs. styre, overvåke, byggets tekniske installasjoner. Dette gjøres via sentral driftskontroll (SD) eller SD-anlegg, som er et PC-basert brukergrensesnitt med både sanntids- og historisk informasjon om installasjonene. I tillegg kan programvare for underliggende systemer og komponenter oppgraderes herfra.

Et SD-anlegg kan ha en rekke brukere med ulike rettigheter og med mulighet for fjernstyring over internett.

I utgangspunktet bør alle automatiserte bygningsinstallasjoner fungere som normalt helt uavhengig av eventuelle feil i administrasjonsnivået.

Kommunikasjon på administrasjonsnivå gjøres for det meste med IP-basert teknologi, som for eksempel BACnet IP, LonWorks/IP og Modbus TCP.

4.2.2 **Automatiseringsnivået**

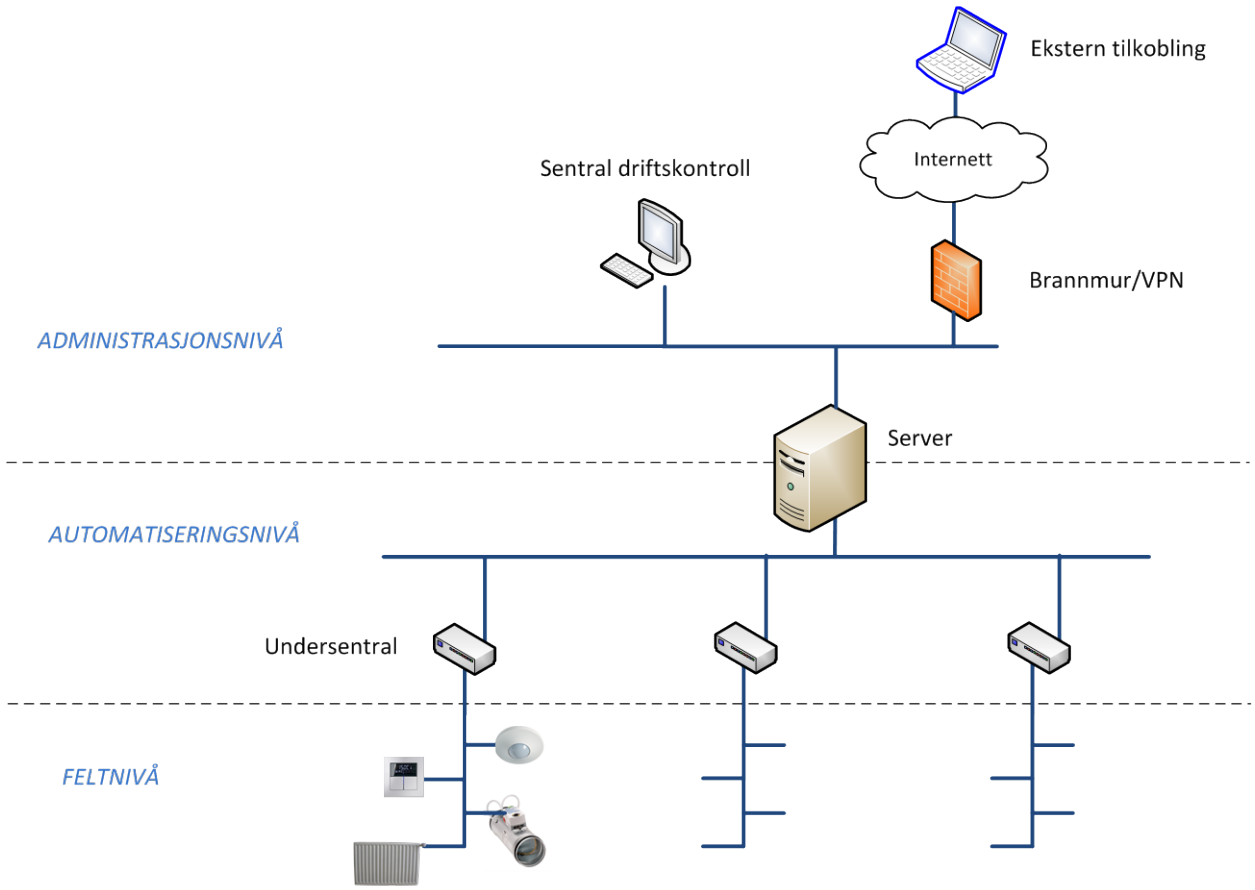
«Intelligensen» i et byggautomatiseringsanlegg ligger i automatiseringsnivået, dvs. styring og regulering av prosesser i tekniske installasjoner, eksempelvis varmeanlegg, ventilasjonsanlegg og lysstyring. I anlegg med programmerbare undersentraler (også kalt DDC eller PLS) vil disse tilhøre automatiseringsnivået. Undersentralene styrer aktuatorer og annet utstyr basert på signaler fra feltkomponenter - som for eksempel temperatur – og forhåndsprogrammerte instruksjoner. Undersentralene kan også styre basert på tid- og kalender.

På automatiseringsnivået benyttes både IP- og bussteknologi, som for eksempel BACnet IP, LonWorks og Modbus RTU mellom undersentraler, og mellom undersentraler og server.

4.2.3 **Feltnivået**

Feltnivået er det laveste nivået i et byggautomatiseringsanlegg. Utstyr som registrerer/måler (sensorer, givere) eller brukes til å påvirke fysiske prosesser (aktuatorer, pådragsorganer), kalles feltkomponenter og tilhører dette nivået.

KNX, LonWorks, Modbus RTU og BACnet MS/TP er eksempler på kommunikasjonsprotokoller som typisk benyttes på feltnivå, også kalt feltbusser.



Figur 9. Prinsipptegning for topologisk oppbygning av byggautomatiseringsanlegg.

4.3 Desentraliserte systemer / Distribuert intelligens

Prinsippet med såkalt «distribuert intelligens» innebærer at det ikke benyttes en sentral, programmerbar enhet (DDC/PLS/undersentral), men at feltkomponentene (sensorer, aktuatorer) i stedet er programmerbare. Feltkomponentene kommuniserer direkte med hverandre over feltbuss og utfører oppgaver «på egenhånd». Desentraliserte systemer er derfor ikke sårbare for at en eventuell defekt sentralenhet lammer store deler av anlegget.

KNX og LonWorks er i utgangspunktet basert på dette prinsippet og feltkomponenter for disse systemene er derfor relativt kostbare ettersom de både kommuniserer på buss og er programmerbare. Det er samtidig kostnader å spare ved at behov for dyre, programmerbare undersentraler utgår, samt mindre kabling sammenlignet med løsninger basert på undersentraler og feltkomponenter med analoge og digitale inn- og utganger.

Distribuert intelligens egner seg godt i små, enkle systemer som eksempelvis styring av lys basert på signal fra bevegelsesdetektor eller styring av radiator basert på temperaturføler. I mer avanserte systemer, som for eksempel styring basert på en utregning av verdier fra flere målere melder det seg likevel et behov for en programmerbar sentralenhet.

5 De viktigste buss- og kommunikasjonsløsninger

Proprietære (leverandøravhengige) kommunikasjons-/bussystemer kan være billige og vel så funksjonelle (som åpne systemer) for alminnelige VVS- og elektroinstallasjoner hvor det ikke kreves spesialtilpasning. Likevel er trenden blant både rådgivere og de største systemleverandørene å velge systemer basert på åpne kommunikasjonsprotokoller. Åpne systemer gir fordeler som friere valg av leverandør ved utskifting av enkeltkomponenter og delsystemer, enklere integrasjon av ulike typer installasjoner, større fleksibilitet mht. spesialtilpasning av anlegg.

Det er her kun redegjort for noen av de mest benyttede, åpne kommunikasjonssystemene innen byggautomatisering i dag.

5.1 Konvensjonell signaloverføring

Det mest brukte overføring av analoge måle- og styresignaler i byggautomatisering er 0-10 V. 4-20 mA er mindre følsom/sårbar for kabellengder enn 0-10 V, og mye brukt i prosessautomasjon.

Sensorer og aktuatorer som kommuniserer med dette prinsippet er i seg selv rimeligere å produsere enn komponenter klargjort for bussteknologi, men ettersom slike komponenter krever en kablet forbindelse direkte til undersentral/PLS er ikke nødvendigvis et system med denne løsningen rimeligere enn ett bussystem.

For styring av sentrale VVS-installasjoner som varmesentraler, kjølesentraler og luftbehandlingsaggregater benyttes for det aller meste konvensjonell signaloverføring mellom komponenter og undersentral.

5.2 BACnet IP

BACnet IP er kanskje den mest benyttede, åpne kommunikasjonsprotokollen på administrasjonsnivå i nye byggautomatiseringsanlegg i dag. Det finnes også en BACnet-protokoll på feltbussnivå (BACnet MS/TP), men ettersom denne er relativt lite utbredt er den ikke gjort rede for her.

BACnet ble ISO-standardisert i 2003 (ISO 16484-5) og er utviklet av ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineers).

5.3 LonWorks

LonWorks er, i likhet med KNX, et desentralisert feltbussystem. Systemet ble utviklet av det amerikanske selskapet Echelon og omfatter blant annet LonMaker (Echelons programvare for programmering av LonWorks-anlegg) og LonTalk som er den standardiserte kommunikasjonsprotokollen (ISO/IEC 14908).

LonWorks har fri topologi, dvs. det kan velges ring-, stjerne-, linje-/busstopologi eller kombinasjoner av disse. Det er likevel en begrensning på maksimalt 64 noder per «kanal». Overføringshastigheten for LonWorks er typisk 78 000 bit/s, men kan være enda høyere avhengig av overføringsmedium.

I Lon-systemet kan det altså benyttes ulike overføringsmedium; tvunnet parkabel, overføring over strømnettet og trådløst er medier som støttes.

5.4 KNX

KNX er en europeisk standard for feltbussystem som er mye brukt i bolig- og byggautomatisering. Systemet er basert på prinsippet med distribuert intelligens og komponenter som støtter KNX kan derfor være relativt kostbare.

KNX er en videreutvikling av EIB (European Installation Bus), EHS (European Home Systems) og BatiBus og blir derfor tidvis fortsatt omtalt som EIB.

Topologien/strukturen for et KNX-anlegg et hiearkisk system med linjer, hovedlinjer og områdelinjer. Hver linje (laveste nivå) kan ha inntil 64 bussdeltakere, hver hovedlinje 15 bussdeltakere og områdelinje 15 bussdeltakere. Overføringshastigheten for KNX er relativt lav (9 600 bit/s). Dette medfører begrensning for mengden informasjon som kan overføres oppover i systemet; kun et utvalg av dataene som er tilgjengelig på linje-nivå kan overføres på hoved- og områdenivå. KNX-systemet kan derfor hindre at man for overvåket, logget og mulighet for overstyre alt man ønsker fra sentral driftskontroll (SD). Som overføringsmedium benyttes normalt den karakteristiske, grønne KNX-kabelen.

5.5 Dali

Dali er en standardisert bussprotokoll beregnet for belysning og ble utviklet gjennom et samarbeid mellom Osram, Philips, Tridonic og Helvar. I dag benyttes ofte Dali som feltbuss for belysningsutstyret alene, mens styrende komponenter som lysbrytere, PIR-detektorer gjerne tilkobles annen feltbuss, som KNX eller LonWorks. Signaler må derfor utveksles gjennom såkalt «gateway» som binder bussene sammen.

5.6 Trådløse systemer

Et alternativ til feltbussystemer er såkalte trådløse systemer. Disse sparer bygg for en del kabling, men det er likevel viktig å være oppmerksom på at noen «trådløse» komponenter fortsatt er avhengig av kablet strømforsyning for å fungere, kun måledata sendes via radiokommunikasjon. Trådløse komponenter gir fleksibilitet i forbindelse med eventuell ombygging av lokaler hvor det blir nødvendig å flytte på de tekniske installasjonene.
Som eksempler på trådløse systemer kan det nevnes EnOcean og ZigBee.

Tabell 7. Oversikt over buss- og nettverksprotokoller

Protokoll	Medium	Hastighet	Maks. Noder (per linje)	Admin.-nivå	Aut.-nivå	Feltnivå	Standard
BACnet IP	Ethernet	→ 10 Gbps		x	x	(x)	ISO 16484-5
LonWorks	TP	78 000 bit/s	32 385 (127)		x	x	ISO/IEC 14908
Modbus RTU	RS 485	→ 19 200 bit/s	(247)		x	x	
KNX	Parkabel	9 600 bit/s	57 600 (64)			x	EN 50090, ISO/IEC 14543
Dali	Parkabel	1 200 bit/s	(64)			x	IEC 60929

6 Funksjoner og systemintegrasjon

Automatiseringsløsninger sørger for samspill mellom de tekniske fagene og kan kalles «hjernen» i moderne bygg. Planlegging og prosjektering av slike løsninger krever tverrfaglig kompetanse kombinert med spisskompetanse i faget byggautomatisering. Målet er å skape løsninger som kombinerer godt inneklima, optimal energiutnyttelse og lave driftskostnader.

I moderne bygg er SD-anlegget driftsorganisasjonens viktigste verktøy for effektiv drift. Ventilasjon, varme, kjøling, lysstyring, elektrotekniske systemer samkjøres og melding om avvik og driftsforstyrrelser varsles ved hjelp av SD-anlegget.

6.1 Funksjoner i et romkontrollsystem

Optimal energiutnyttelse oppnås gjennom blant annet aktiv bruk individuell romkontroll og behovsstyring knyttet til byggenes varierende belastninger. Dette omfatter indre belastninger fra personer, utstyr, maskiner etc., samt varierende ytre påvirkninger fra sol, vind, utetemperatur, luftfuktighet etc.

Et moderne romkontrollsystem skal regulere en rekke funksjoner for klimatisering av rommet, og samtidig inkludere systemer som påvirker romklimaet mer indirekte. I tillegg er det en rekke andre funksjoner, sensorer, programvarer, kommunikasjonsløsninger etc. en bør vurdere, og ta hensyn til, ved planlegging av et romkontroll-system.

Figur 10. Funksjoner og sensorer

6.2 Behov for integrasjon

I moderne bygg er det behov for integrering stadig flere installasjoner med byggautomatiseringsanlegget, som oppvarming, kjøling, belysning, ventilasjon, solavskjerming etc. Årsaken til dette er både funksjonelle behov som å hindre samtidig oppvarming og kjøling, kostnadsbesparelse ved å benytte felles komponenter til flere formål samt at drifts- og vedlikeholdsarbeid forenkles når personell har færrest mulig systemer å forholde seg til.

Jo mer som integreres i automatiseringsanlegget og dermed kan overvåkes og logges i SD, desto større er mulighetene for å kunne analysere hendelsesforløp og dermed avdekke årsaker til feil og andre uønskede hendelser.

Tabell 8. Funksjonsliste og hjelp til energieffektiviserings klassifisering (oversatt fra tabell 1 i EN15232:2007)

	Varme / Kjøling	Ventilasjon/Klima	Belysning	Solavskjerming
A	• Indeviduell rom styring med kommunikasjon mellom kontrollerne • Romtemperatur kontroll av distribusjonsnettet for vannbåren varme. • Integrert sekvensstyring mellom varme og kjøling	• Rombasert behovs eller tilstedeværelse styring av luftmengden (VAV) • Variabel settverdi for belastnings avhengig luftmengde i forhold til romtemperatur • Luftkvalitets kontroll (CO_2 , fuktighet)	• Automatiske dagslysstyring • Automatisk tilstedeværelse – manuell på / auto av • Automatiske tilstedeværelse – manuell på / dimming • Automatiske tilstedeværelse – auto på/av • Automatisk tilstedeværelse – auto på / dimme	• Kombinert/integrert lys/solavskjerming og HVAC styring
B	• Romregulering med kommunikasjon mellom kontrollere • Innendørs temperatur kontroll av distribusjonsnett vann temperatur • Delvis kompabilitet mellom varme og kjøleanlegget (avhengig av HVAC system)	• Tidsstyrt ventilasjon på romnivå • Variabel settverdi for utetempaturkompansering sammenlignet med kontroll av turledingstemperatur • Luftfuktighetscontroll av rom og til/fra luft.	• Manuell dagslyskontroll • Automatisk tilstedeværelse manuell på/automatisk av • Automatisk tilstedeværelse manuell på/dimming • Automatisk tilstedeværelse auto på/av • Automatisk tilstedeværelse auto på/dimming	• Motorisert styring med automatisk solavskjerming
C	• Individuell romkontroll med elektromotor- eller eletrotermisk-ventil • Klimakompensert / utetemperaturkompensering • Delvis kompabilitet mellom varme og kjøleanlegget (avhangig av hvilket HVAC system)	• Tidsstyrt ventilasjons på romnivå • Konstant temperatur settverdi for tilførselsluften. • Begrensninger / kontroll på tilluftsfuktighet.	• Manuell dagslyskontroll • Manuell på/av bryter + mulighet for tidsstyrt av signal • Manuel på/av bryter	• Motorisert styring med manuell solavskjerming
D	• Ingen atuomatisering • Selvsirkulasjon av distribusjonsnettet for vannbåren varme. • Ingen forrigling mellom varme/kjøling	• Ingen ventilasjonsstyring på romnivå • Ingen temperatur regulering • Ingen luftkvalitets kontroll	• Manuell dagslysstyring • Manuell på/av styring + tillegg tidsstyrt av signal • Manuell på/av styring	• Manuell betjening av solavskjermingen

7 Reguleringsprinsipper og oppbygning av automatikk

Flere av de mest benyttede reguleringsprinsippene for behovsstyrt ventilasjon leveres typisk med egen automatikk fra leverandør. Nedenfor følger en kort presentasjon av noen prinsipper med anbefalinger for oppbygning av automatikk.

7.1 CAV med urstyring

Ventilasjonsanlegg basert på CAV (Constant Air Volume) og urstyring har ingen tilbakemelding fra sensorer om behov for luft, og dermed ingen regulering for enkeltrom. Prinsippet innebærer kun start og stopp av selve luftbehandlingsaggregatet etter faste tidspunkt, noen ganger også med mulighet for redusert drift.

7.2 Konstant trykkregulering

7.2.1.1 Styring av romspjeld

Romspjeld er et VAV-spjeld som regulerer luftmengde trinnløst basert på registrert CO_2-konsentrasjon, tilstedeværelse og/eller temperatur i aktuelt rom.

7.2.1.2 Styring av grenspjeld

Grenspjeld er normalt motorstyrte regulerinsspjeld som regulerer trinnløst for å opprettholde konstant trykk langt ut i kanalgrenen (avgreninger fra hovedkanal). Signal fra trykksensorer i kanalgren kommuniseres til regulator som igjen styrer tilhørende grenspjeld.

7.2.1.3 Styring av vifter

Frekvensomformere regulerer viftehastighet trinnløst for å opprettholde konstant trykk i hovedkanalene. Trykksensorer registrere lufttrykket i hovedkanalene som kommuniseres til regulator – typisk i en undersentral – som igjen sender styre-(pådrags-)signal til frekvensomformer

7.2.1.4 Oppbygning av automatikk

Prinsippet med kontanttrykkregulering består av uavhengige reguleringssløyfer i alle nivåer og har følgelig ikke behov for direkte integrasjon av automatikken for disse. For romspjeld og grenspjeld kan det derfor benyttes desentralisert system som KNX, LonWorks. For viftestyring anbefales bruk av undersentral da viftene i tillegg til tykkregulering må ta hensyn forrigling mot inntaksspjeld, frostvakt, røykvakt etc.

7.3 Trykkoptimalisert regulering

7.3.1.1 STYRING AV ROMSPJELD

Romspjeld er at VAV-spjeld som regulerer luftmengde til rom trinnløst basert på registrert CO2-konsentrasjon, tilstedeværelse og/eller temperatur i aktuelt rom.

7.3.1.2 STYRING AV GRENSPJELD

Grenspjeld er normalt motorstyrte regulerinsspjeld som regulerer trinnløst for å opprettholde konstant trykk langt ut i kanalgrenen (avgreninger fra hovedkanal). Signal fra trykksensorer i kanalgren kommuniseres til regulator som igjen styrer tilhørende grenspjeld.

7.3.1.3 STYRING AV VIFTER

Frekvensomformere regulerer viftehastighet trinnløst for å opprettholde ønsket trykk ved trykksensor. Ønsket trykk er gitt i forhold til grenspjeldenes åpningsgrad og reguleres slik at et av grenspjeldene er i maksimal åpen posisjon.

7.3.1.4 Oppbygning av automatikk

Trykkoptimalisert regulering har en direkte avhengighet mellom de ulike nivåene om har derfor behov for en integrert automatikkløsning for hele systemet. Trykkoptimalisert regulering krever en kontinuerlig

regulering av spjeld og vifter, og anbefales derfor styrt av en (eller flere) relativt raske undersentraler. I systemer uten grenspjeld kan én felles undersentral benyttes for både romspjeld og viftestyring, dersom sentralen har kapasitet. Ved bruk av grenspjeld kan det være mer hensiktsmessig å benytte en hierarkisk oppbygning, med undersentraler på grennivå og egen undersentral for vifte-/aggregatstyring.

7.4 Spjeldposisjonsregulering

7.4.1.1 STYRING AV ROMSPJELD

Romspjeld er at VAV-spjeld som regulerer luftmengde til rom trinnløst basert på registrert CO2-konsentrasjon, tilstedeværelse og/eller temperatur i aktuelt rom.

7.4.1.2 STYRING AV GRENSPJELD

Grenspjeld regulerer luftmengden til kanalgrenen slik at et underliggende romspjeld er i maksimal åpen posisjon.

7.4.1.3 STYRING AV VIFTER

Frekvensomformere regulerer viftehastighet trinnløst for å opprettholde ønsket luftmengde. Viftepådraget reguleres slik at et grenspjeld er i maksimal åpen posisjon.

7.4.1.4 Oppbygnings av automatikk

Spjeldposisjonsregulering-prinsippet har en direkte avhengighet mellom de ulike nivåene om har derfor behov for en integrert automatikkløsning for hele systemet. Spjeldposisjonsregulering krever en kontinuerlig regulering av spjeld og vifter, og anbefales derfor styrt av en (eller flere) relativt raske undersentraler. I systemer uten grenspjeld kan én felles undersentral benyttes for både romspjeld og viftestyring, dersom sentralen har kapasitet. Ved bruk av grenspjeld kan det være mer hensiktsmessig å benytte en hierarkisk oppbygning, med undersentraler på grennivå og egen undersentral for vifte-/aggregatstyring.

7.5 Digital behovsstyrt ventilasjon

7.5.1.1 Styring av romspjeld

Romspjeld er på forhånd innjustert i to spjeldposisjoner som tilsvarte maksimum eller minimum luftmengde. Ved registrert tilstedeværelse, eller temperatur over set-punkt, går spjeld i forhåndsinnstilt posisjon som ved innjustering ga maksimum luftmengde, og det går beskjed om prosjektert maksimum luftmengdebehov til grenspjeld. Uten registrert tilstedeværelse etter tidsforsinkelse og temperatur under set-punkt, går spjeld i posisjon som ved innjustering ga minimum luftmengde, og det går beskjed om prosjektert minimum luftmengdebehov til grenspjeld. Det er ingen regulering av romspjeld i forhold til luftmengde, luftkvalitet eller temperatur.

7.5.1.2 Styring av grenspjeld

Regulator til grenspjeld mottar signal om luftmengde fra hvert romspjeld. Luftmengdene summeres og grenspjeldet regulerer for å opprettholde riktigluftmengde i kanalgren (avgreninger fra hovedkanal).

7.5.1.3 Styring av vifter

Frekvensomformere regulerer viftehastighet trinnløst for å opprettholde ønsket luftmengde. Ønsket luftmengde for viften regnes ut ved summering av grenspjeldenes luftmengdebehov.

7.5.1.4 Oppbygnings av automatikk

DBV-prinsippet har en direkte avhengighet mellom de ulike nivåene og har derfor behov for en integrert automatikkløsning for hele systemet. For styring av romspjeld kan det benyttes desentralisert system, forutsatt at dette kan kommunisere med undersentral/regulator for overliggende grenspjeld. Videre kan det også her være mest hensiktsmessig med en hierarkisk oppbygning av automatikk for grenspjeld og vifter.

Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no