

LCC analyse av ulike VAV- og DCV-systemløsninger og installasjoner

En kvalitativ og kvantitativ studie

Erling Viljugrein Stølen

Master i energi og miljø

Innlevert: juli 2014

Hovedveileder: Vojislav Novakovic, EPT

Medveileder: Trond Thorgeir Harsem, Norconsult
Jens Tønnesen, EPT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for energi- og prosesseteknikk

EPT-M-2014-114

MASTER THESIS

for

Student Erling Stølen

Spring 2014

LCC analysis of different VAV and DCV system solutions and installations*LCC analyse av ulike VAV- og DCV-systemløsninger og installasjoner***Background and objective**

Focus on energy use in the Norwegian building stock is large. Energy use for ventilation purposes is 10-20% of the total energy use. Application of the variable air volume (VAV) and demand-controlled ventilation (DCV), this share could be reduced significantly both through reduced SFP (Specific Fan Power) and reduced energy for reheating of the ventilation air after the heat recovery.

The use of DCV has become increasingly common in most building categories. There are 4-6 different dominant manufacturers and suppliers of VAV and DCV solutions to the Norwegian market as of today. The different systems have different functions and operation patterns. This applies particularly for the communication and integration with other technical installations (degree of intelligence and functionality). These different systems have also different investment costs, installation costs, operating and maintenance costs, as well as different lifetimes.

The main goal for the task is to work further with the work done in the project the student done in autumn 2013 and focus on LCC – analysis of different variations systems. It is assumed to use LCCWeb (LCCWeb.no) to the solution of the task.

The following tasks are to be considered:

1. Map typical costs (investment, installation including adjustment and balancing as well as maintenance, replacement interval and electricity use and saving for fan and BACS operation) for the different system solutions / products. If available, map environmental data for the different products.
2. Describe the use of LCC tool (LCCWeb.no)
3. Make LCC analysis of the various system and product solutions
4. Discuss and evaluate the results depending on the installation and functionality application.
5. Make a draft proposal (8-10 pages) for a scientific paper based on the performed work in the master thesis.

-- ” --

Within 14 days of receiving the written text on the master thesis, the candidate shall submit a research plan for his project to the department.

When the thesis is evaluated, emphasis is put on processing of the results, and that they are presented in tabular and/or graphic form in a clear manner, and that they are analyzed carefully.

The thesis should be formulated as a research report with summary both in English and Norwegian, conclusion, literature references, table of contents etc. During the preparation of the text, the candidate should make an effort to produce a well-structured and easily readable report. In order to ease the evaluation of the thesis, it is important that the cross-references are correct. In the making of the report, strong emphasis should be placed on both a thorough discussion of the results and an orderly presentation.

The candidate is requested to initiate and keep close contact with his/her academic supervisor(s) throughout the working period. The candidate must follow the rules and regulations of NTNU as well as passive directions given by the Department of Energy and Process Engineering.

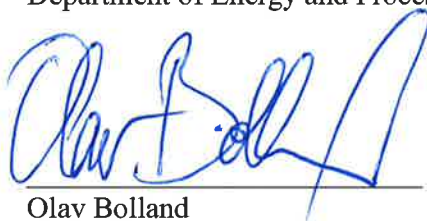
Risk assessment of the candidate's work shall be carried out according to the department's procedures. The risk assessment must be documented and included as part of the final report. Events related to the candidate's work adversely affecting the health, safety or security, must be documented and included as part of the final report. If the documentation on risk assessment represents a large number of pages, the full version is to be submitted electronically to the supervisor and an excerpt is included in the report.

Pursuant to "Regulations concerning the supplementary provisions to the technology study program/Master of Science" at NTNU §20, the Department reserves the permission to utilize all the results and data for teaching and research purposes as well as in future publications.

The final report is to be submitted digitally in DAIM. An executive summary of the thesis including title, student's name, supervisor's name, year, department name, and NTNU's logo and name, shall be submitted to the department as a separate pdf file. Based on an agreement with the supervisor, the final report and other material and documents may be given to the supervisor in digital format.

- Work to be done in lab (Water power lab, Fluids engineering lab, Thermal engineering lab)
 Field work

Department of Energy and Process Engineering, 03. February 2014



Olav Bolland
Department Head



Vojislav Novakovic
Academic Supervisor

Research Advisor: Trond Thorgeir Harsem, Norconsult
PhD candidate Jens Tønnesen

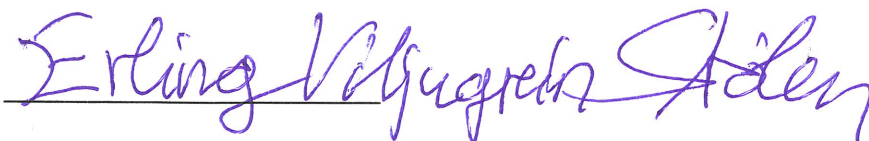
FORORD

Masteroppgaven er skrevet våren 2014 ved Institutt for Energi- og prosessteknikk ved Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng, som tilsvarer 100 % av vårsemesteret. Oppgaven bygger videre på prosjektoppgaven med samme tittel, «LCC analyse av ulike VAV- og DCV systemer og løsninger», skrevet høsten 2013. Analysen har til hensikt å bidra med informasjon og kunnskap om typiske kostnader til behovsstyrte ventilasjonssystemer gjennom et livsløp. Rapporten ser også på kvalitativ informasjon og tilbakemeldinger om disse systemene basert på referanseanlegg der disse systemene er installert.

Datainnsamlingen og undersøkelsene som er gjort i forbindelse med oppgaven har vært langt mer tidkrevende og omfattende enn først planlagt. Med 29 bygg til analyse, hver med 3-6 tilhørende essensielle informanter, har det vært mange personer å følge opp. Mengden data som er produsert ut fra dette og tiden det har tatt å bearbeide disse, kommer trolig ikke til syne i rapporten. På den andre siden har det gitt et enormt godt innblikk i byggebransjen ved å jobbe opp mot ventilasjonsektorene, eiendomsbesittere, driftspersonell, rådgivende ingeniører og andre aktører for tilbakemeldinger på de behovsstyrte systemene i bygg som kan regnes som prestisjebyggene her til lands. Mye nyttige erfaringer er skaffet gjennom samtaler og kommunikasjon mot de respektive.

Arbeidet er utført med prof. Vojislav Novakovic som hovedveileder og Jens Tønnesen, Phd kandidat NTNU, og Trond Thorgeir Harsem, Norconsult AS som medveiledere. Jeg vil gjerne benytte anledningen til å takke dem alle. Det rettes stor takk til co-veileder Trond Thorgeir Harsem på Norconsult for meget relevant og interessant prosjektoppgave som en del av FoU prosjektet ForKlima, samt kontorplass til disposisjon på kontoret i Sandvika. Mye av utfordringene med rapporten hadde aldri blitt løst hadde det ikke vært for Jens Tønnesen sine gode ideer og behjelpende kunnskap underveis. Ellers vil jeg gjerne rette en takk til hovedveileder Vojislav Novakovic for gode innspill når jeg trengte det som mest.

Trondheim, 22. Juli 2014



Erling Viljugrein Stølen

Stud techn

SAMMENDRAG

Fokus på energibruk i norsk bygningsmasse er økende, og det er varslet at de nye tekniske forskriftene (TEK15) som er ventet til neste år tar sikte mot at energibruk i ny bygningsmasse skal tilsvare passivhuskravene. Energibruken til ventilasjon utgjør vanligvis 10-20 % av en kontorbygningens totale energibruk. For å redusere denne og samtidig oppnå et godt inneklima, er det helt avgjørende med stram behovsstyring av oppvarming, kjøling, ventilasjon, lys og utstyr. Overgangen fra ventilasjonssystemer med konstant ventilasjon til systemer som reduserer luftmengdene med behovsstyring og redusert spesifikk vifteeffekt (SFP) til ventilasjonsanlegget, er et av de viktigste tiltakene for å energieffektivisere fremtidens kontorbygninger. På det norske markedet er det 6-8 dominerende leverandører av VAV- (Variable Air Volume) og DCV- (Demand Controlled Ventilation) løsninger som tar sikte på å møte de nye energikravene. Denne masteroppgaven analyserer og belyser livssyklus kostnadene (LCC) til 8 av systemene i markedet med utgangspunkt i totalt 29 tilhørende referansebygg. Basert på de samme referansebyggene blir de ulike systemene også vurdert på en kvalitativ og kvantitativ basis for å belyse andre aspekter enn bare kostnader.

Hovedmålet med å undersøke de ulike VAV- og DCV-systemenes kostnader i et livsløpsperspektiv har vært å avdekke typiske kostnader som kan variere mellom de ulike systemene. I tillegg til investeringskostnaden ved installasjon, inkluderes typiske kostnader som påløper gjennom hele levetiden til ventilasjonsanlegget i forbindelse med drift og vedlikehold, energibruk og utskiftninger. Kostnadsverktøyet LCCWeb er benyttet for å analysere dette. Et av målene har vært å se på om gevinsten ved mer avanserte systemer i form av redusert energibruk motvirkes i form av økte investeringskostnader og andre kostnader over anleggets levetid.

Resultatene fra analysen viser at avanserte systemer med gjennomsnittlig høy investeringskostnad gir høyere funksjonsklassifiserte bygg og lavere energibruk. Analysert over et livsløpsperspektiv ser det imidlertid ut som at den økte investeringskostnaden ikke kan forsvare de reduserte fremtidige kostnadene. Mye tyder på at de laveste LCC-kostnadene sammen med lavt energibruk oppnås hvis investeringskostnaden ligger mellom 1300 kr pr m² til 1600 kr pr m² (målt i 2014-beløp). Det begrensede innsparingspotensialet ved redusert energibruk gjør at de billigere systemene gjør det desidert best i LCC-analysen. Selv ved forutsetninger om lengre levetid og lavere renter, er fortsatt investeringskostnaden den viktigste faktoren for livssyklus kostnadene. Gjennom tilbakemeldingene i den kvalitative og kvantitative spørreundersøkelsen er det ingen sammenheng mellom kostnadene til systemene og de totale poengene de oppnår. De klareste resultatene fra spørreundersøkelsen ses for de billigste systemene som gir noe svakere tilbakemelding på driftskategorien, mens de dyrere systemene scorer bedre på funksjonalitet og opplevelse. Ellers kan det bemerkes at de mest kompliserte byggene har størst sannsynlighet for å oppleve komplikasjoner under installasjon og igangkjøring grunnet flere tekniske komponenter og mer avansert styring.

Byggene som representerer systemene, er den viktigste bestemmende faktoren for det vektede gjennomsnittet som hvert enkelt VAV- og DCV-system oppnår i LCC-analysen og i spørreundersøkelsen. En generalisering fra disse byggene må derfor gjøres med forbehold, og det kan derfor være nødvendig å analysere systemene med et enda større datagrunnlag og innhente enda flere leverandøravhengige kostnader enn de som er benyttet i rapporten.

SUMMARY

Focus on energy use in the Norwegian building stock is rapidly increasing and new expected government regulations (TEK15) next year suggests that new buildings should meet the passive house criteria for their energy use. Energy for ventilation purposes constitutes 10-20 % of the total energy use. This share could be reduced significantly through lower Specific Fan Power effect (SFP) and reduced air volumes in the ventilation system. Application of Variable Air Volume (VAV) and Demand Controlled Ventilation (DCV) is today dominated by 6-8 manufactures and suppliers to the Norwegian market. This thesis aims to analyze and present the life cycle costs (LCC) of the different system solutions based on collected information from 29 representative buildings. From information on the same buildings, a qualitative and quantitative analyses will be presented to illustrate different non-cost related aspects to the systems.

The main aim of this thesis is to perform an LCC-analysis of the various VAV and DCV system solutions including an evaluation and presentation of typical costs related to investment, installation, operation, maintenance, energy use and replacement interval for the different systems. More expensive and advanced systems have lower electricity use and savings for fans. The thesis analyses if the potential savings for the energy use is lost through higher capital cost and other unwanted costs over the lifespan. LCCweb is used to make the calculations.

The results from the analyses show that systems installed with high capital costs have higher functionality in the buildings and lower energy use on average. In general, the results show that higher investment costs in more complex and advanced systems counteract the cost saving purpose from lower energy use. However, the potential to minimize the life cycle costs and to achieve low energy use seems to be most concurrent when the capital costs for ventilation and automation is in the range between 1300 NOK/m² and 1600 NOK/m² (in 2014 amounts). In general, systems with low capital costs also have the lowest life cycle costs, much owed to the size of the investment compared to the future costs (even with potential savings).

The results from the qualitative analyses show no significant correlation between the investment costs and the feedback by the points given in the multi criteria analysis. Lower priced systems seem to have a tendency to produce lower feedback scores regarding operation, while the higher priced systems perform well when it comes to functionality and overall experience with the system. Beyond that, it was found that more expensive systems have the highest probability to experience complications during installation and adjustment/balancing because of more components and more advanced control systems.

Buildings representing the systems are the most important factor for the average weighted results each VAV- and DCV- system obtain, both through the LCC-analysis and the multi-criteria-analysis. To obtain more significant results for generalization it is suggested to increase the basis for the analysis with more system dependent costs.

INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	I
SUMMARY	III
INNHALDSFORTEGNELSE	V
FIGURLISTE	VIII
TABELLISTE	X
1. INTRODUKSJON	1
1.1 FORUTSETNINGER	2
1.2 RAPPORTENS UTFORDRINGER	3
1.2.1 <i>Areal</i>	3
1.2.2 <i>Prising og informasjon</i>	4
1.3 AVGRENSING	5
1.4 STRUKTUR	6
2. VAV- OG DCV- SYSTEMER	7
2.1 GRUNNLEGGENDE OM BEHOVSSTYRTE VENTILASJONSSYSTEMER	7
2.1.1 <i>Spesifikk vifteeffekt – SPF</i>	9
2.2 REGULERINGSPRINSIPPER	13
2.2.1 <i>Konstant trykkregulering</i>	13
2.2.2 <i>Spjeldvinkel strying, Optimizer, proporsjonaltrykkstyrt, luftmengdestyrt</i>	14
2.2.3 <i>Trykkstyrt mot Optimizer regulering</i>	16
2.3 AUTOMATIKK OG KOMMUNIKASJON	17
2.3.1 <i>BMS/BAS/BACS/SD-anlegg – kontrollsystemer</i>	18
2.4 VAV- OG DCV- SYSTEMER PÅ MARKEDET	19
2.4.1 <i>GK – Lindinvent</i>	20
2.4.2 <i>SaasProsjekt – DBV</i>	21
2.4.3 <i>Swegon – Wise</i>	22
2.4.4 <i>FlaktWoods – IPSUM</i>	23
2.4.5 <i>Caverion – Klimatak</i>	24
2.4.6 <i>Micromatic</i>	25
2.4.7 <i>Lindab Pascal</i>	26
2.4.8 <i>Trox Auranor – VIP-X</i>	27
3. LIVSSYKLUSKOSTNADER I ET BYGGEPROSJEKT	29
3.1 HVORFOR/HENSIKT GJØRE EN LCC BEREGNING	30
3.1.1 <i>Miljødeklarasjon (EPD) og LCA</i>	32
3.2 ENTREPRISEFORMENS INNVIRKNING PÅ KOSTNADER I ET BYGGETPROSJEKT	33
3.3 ØKONOMISK GRUNNLAG	34
3.4 LEVETIDSBETRAKTNINGER FOR BEHOVSSTYRTE VENTILASJONSSYSTEMER	37
3.4.1 <i>Hva bestemmer levetiden</i>	39
3.5 DRIFT, VEDLIKEHOLD OG UTSKIFTINGER	41
3.5.1 <i>FDVU kostnadsposter</i>	41
3.5.2 <i>Drift av næringsbygg OG påvirkning på kostnadene</i>	42
3.6 TYPISKE KOSTNADER FOR VENTILASJON OG KJØLING I KONTORBYGG	43
3.6.1 <i>Kostnadstabeller</i>	44
3.6.2 <i>Priseksempler fra bygg og ventilasjonssystemer i analysen</i>	45

3.7	LCC WEB	47
3.7.1	<i>Oppbygging</i>	47
3.7.2	<i>Metode og forutsetninger</i>	48
3.7.3	<i>Andre LCC Verktøy</i>	48
3.8	PRISJUSTERING	49
4.	METODE - KVALITATIV OG KVANTITATIV ANALYSEMETODE	51
4.1	INFORMANTER FOR MASTEROPPGAVEN.....	51
4.2	KVALITATIV OG KVANTITATIV METODE	54
4.3	VALG AV FREMGANGSMETODE OG PROSESS FOR DATAINNSAMLING	54
4.4	MULTIKRITERISK ANALYSE / MULTI-CRITERIA ANALYSIS	55
5.	REFERANSEANLEGG SOM ANALYSERES	57
5.1	GK – LINDINVENT	59
5.2	SAASPROSJEKT – DBV	61
5.3	SWEGON – WISE.....	62
5.4	FLAKTWOODS – IPSUM	64
5.5	CAVERION – KLIMATAK	65
5.6	MICROMATIC	66
5.7	LINDAB – PASCAL.....	68
5.8	TROX AURANOR.....	70
6.	MODELLRESULTATER: DRIFT- OG VEDLIKEHOLD, ENERGI OG UTSKIFTNINGER	73
6.1	DRIFT- OG VEDLIKEHOLDSSKOSTNADS MODELL.....	73
6.1.1	<i>Service-, Filterskift- og Personalkostnader</i>	74
6.1.2	<i>Resultater av drift og Vedlikeholdskostnadsmodell</i>	77
6.2	ENERGIKOSTNADER.....	79
6.2.1	<i>Andel energibruk til ventilasjon i en bygning</i>	80
6.2.2	<i>Energipris</i>	81
6.2.3	<i>Energimerke</i>	82
6.2.4	<i>Resultater av energikostnader</i>	82
6.3	UTSKIFTNINGER	84
6.3.1	<i>Aggregatkostnader og andre utskiftningskostnader</i>	85
6.3.2	<i>Resultater av utskiftningskostnader</i>	86
6.4	ANDRE FDVU-RELATERTE KOSTNADER	87
6.4.1	<i>Ekstrakostnader ved feil og utskiftninger</i>	89
6.5	DISKUSJON OG KONKLUSJON.....	89
6.5.1	<i>Utskiftningskostnad mot investeringskostnad</i>	90
6.5.2	<i>Drift og Vedlikehold</i>	91
6.5.3	<i>Energikostnad</i>	92
7.	RESULTATER AV LCC-ANALYSEN OG ØKONIMISKE BETRAKTNINGER	95
7.1	INVESTERINGSKOSTNADER.....	95
7.2	LCC-ANALYSEN.....	97
7.2.1	<i>BaseCase med kun investering</i>	97
7.2.2	<i>LCC-analysen med Drift, Vedlikehold, Energi og Utskiftninger</i>	98
7.3	SENSITIVITETSANALYSE	101
7.3.1	<i>Variasjon i renter</i>	101
7.3.2	<i>Variasjon i analyseperiode (levetid)</i>	103
7.4	KOSTNADSDISKUSJON OG INNVIRKNINGER PÅ PRISENE	104

7.4.1	<i>Byggavhengighet for investeringskostnaden</i>	105
7.4.2	<i>Investeringskostnad mot andre variabler</i>	105
7.4.3	<i>Prisusikkerhet, Utfordringer og antagelser</i>	106
7.4.4	<i>Usikkerhet og antagelser</i>	109
8.	MULTIKRITERISK ANALYSE OG POENGSETTING	111
8.1	SPØRSMÅLSFORMULERING OG METODE	111
8.2	STRUKTUR OG EVALUERINGSKRITERIER	112
8.2.1	<i>Vektlegging</i>	112
8.3	PRESENTASJON AV POENGSTRUKTUR	114
8.3.1	<i>Utfordringer</i>	116
8.4	RESULTATER - KATEGORISERTE POENG	116
8.5	FUNKSJONSKLASSIFISERING AV VENTILASJONSSYSTEM I BYGG	123
8.6	FUNKSJONALITETER AV VAV- OG DCV- SYSTEMENE	126
8.6.1	<i>Forslag til Funksjonsklassifisering</i>	129
8.7	DISKUSJON	132
8.7.1	<i>Utelukking av problebygg</i>	132
8.7.2	<i>Entreprenørens innvirkning på tilbakemeldingene</i>	133
9.	DISKUSJON	135
9.1	LCC OG KOSTNADSRISULTATENE	136
9.2	MULTIKRITERISK POENGANALYSE MOT KOSTNADENE	138
10.	KONKLUSJON	141
11.	VIDERE ARBEID	143
12.	VEDLEGG	147
12.1	VEDLEGG 1 REFERANSEBYGG	147
12.2	VEDLEGG 2 FUNKSJONSKLASSIFISERING	155
12.3	VEDLEGG 3 EKSTRA INFO , TILBAKEMELDINGER FRA UNDERSØKELSE	158
12.4	VEDLEGG 4 FDVU KOSTNADER I KONTORBYGG	176
12.5	VEDLEGG 5 LCC ANALYSE – TABELLER OG GRAFER	181
12.6	VEDLEGG 6 POENGSKJEMAER	183
12.7	VEDLEGG 7 VITENSKAPELIG ARTIKKEL	185

FIGURLISTE

FIGUR 1. AREAL DEFINISJON (WIKIPEDIA, 2014)	4
FIGUR 2. KOMPONENTER I ET VENTILASJONSANLEGG - PRINSIPPSKISSE (GRINI OG WIGENSTAD, 2011)[7]	7
FIGUR 3. SAMMENHENG MELLOM LUFTMENGDE OG ENERGIBRUK DCV VS. CAV. VENSTRE: DRIFTSTIDER OG LUFTMENGDER I % AV CAV. HØYRE: DRIFTSTIDER OG ENERGIBRUK I % AV CAV[7].....	8
FIGUR 4. BESPARELSE AV LUFTMENGDE VAV VS CAV	8
FIGUR 5. BEHOVSSTYRT VENTILASJONS PÅVIRKNING PÅ ENERGIBRUK RANGERT ETTER ENERGIREDUKSJONSPOTENSIALET[7]	9
FIGUR 6. ANLEGGSKARAKTERESTIKK. BLÅ PIL: KONSTANT TRYKK, ORANSJ PIL: VIFTE OPTIMERT (KILDE:BELIMO)	11
FIGUR 7.FIGUR 6. VARIERENDE LUFTMENGDE OG SFP FORHOLD, GJELDENE FOR R=0,2 TIL R=1[7]	12
FIGUR 8. ÅRLIG ENERGIBRUK VED KONSTANT LUFTMENGDE OG SFP, BRUKSTID 2600 TIMER I ÅRET	12
FIGUR 9. KONSTANT-TRYKKREGULERING. VIFTEPÅDRAG STYRES AV TRYKKSSENSOR I HOVEDKANAL[1].....	13
FIGUR 10. ANLEGGSDIAGRAM KANALTRYKK-REGULERING[10].....	13
FIGUR 11. KONSTANT-TRYKKREGULERING MED SONESPJELD[1]	14
FIGUR 12. TRYKKOPTIMERT REGULERING[1]	14
FIGUR 13. OPTIMIZER FUNKSJON DER KRITISKE GREN ALLTID ER NESTEN 100 % ÅPEN UANSETT LUFTMENGDE[12]	15
FIGUR 14. ANLEGGSDIAGRAM OPTIMIZER SYSTEM[10]	15
FIGUR 15. SPJELDOPTIMALISERT REGULERING - UTEN GRENSPJELD[7]	15
FIGUR 16. PRINSIPPSKISSE MED GRENSPJELD OG SENTRALE AVTREKK[7]	15
FIGUR 17. LUFTMENGDEREDUKSJON: TRYKKREGULERT- MOT OPTIMIZER LØSNING. KILDE: BELIMO[13].....	16
FIGUR 18. ANLEGGSLINJEN I ET VAV-ANLEGG[14]	17
FIGUR 19. SD ANLEGG (KILDE NTNU).....	18
FIGUR 20. STANDARDISERTE PROTOKOLLER I BYGNINGSAUTOMATISERING[15]	18
FIGUR 21. SD ANLEGGETS FUNKSJON	18
FIGUR 22. GK- LINDINVENT SYSTEMPRINSIPP.....	20
FIGUR 23. DBV MENGDEREGULERING PÅ ALLE NIVÅER.....	21
FIGUR 24. SWEGON SYSTEM- OG PRODUKTLØSNING[19]	22
FIGUR 25.SYSTEMOVERSIKT[20]	23
FIGUR 26. KLIMATAK PRINSIPP, FINNES ANDRE UTFORMINGER.....	24
FIGUR 27 MICRO-VAV CONTROL BLACK	25
FIGUR 28 MICRO-VAV CONTROL WHITE, MED INNKOBLING FOR LYS-STYRING	25
FIGUR 29. PASCAL SYSTEM[25]	26
FIGUR 30. VIP-X ENHETEN.....	27
FIGUR 31. VIP-X MED MP-BUS LOKALT OG MODBUS, KNX.....	27
FIGUR 32. INTEGRASJON TIL ANDRE TEKNISKE SYSTEMER.	27
FIGUR 33. TROX AURANOR SONEAPPLIKASJON MED TILHØRENDE MULIGE SENSORER.	27
FIGUR 34. LCC FORKLARING [29].....	29
FIGUR 35. MULIGHET FOR Å PÅVIRKE LCC KOSTNADEN, ISO 15686-5:2008 (E)	31
FIGUR 36. STANDARD PÅVIRKNINGS KOSTNADSKURVE. KILDE: NORSK PRISBOK 2013.....	31
FIGUR 37. BESLUTNINGSMODELL LCC. GRØNNE BOKSER VISER NÅR LCC-BEREGNINGER BØR GJØRES FØR BESLUTNINGSPUNKTENE. FIGURKILDE RAMBØLL[29].....	31
FIGUR 38. KOSTNADER I ET BYGGPROSJEKT (FIGURKILDE SSB)[37]	33
FIGUR 39. NÅVERDIEN AV 1 ENHET PÅ Y AKSEN ETTER X ÅR VED FORSKJELLIGE RENTER.....	35
FIGUR 40. KALKULASJONSMETODIKK NS:3454:2013[27]	36
FIGUR 41. LEVETIDSBETRAKTNING (KILDE:MULTICONSULT).....	37
FIGUR 42. BYGGEPROSESS, DRIFT OG VEDLIKEHOLD I EN BYGNING, KILDEBASERT: HOLTE FDV.....	41
FIGUR 43. BRUKERGRENSESNITT LCCWEB	47
FIGUR 44. FUNKSJONSDEL I LCCWEB.....	48
FIGUR 45. BYGGEKOSTNADER FOR BOLIGER. ENDRING FRA SAMME MÅNED ÅRET FØR.....	50

FIGUR 46. BYGGEKOSTNADSIKKE ETTER ARBEIDSTYPE I BOLIGBLOKK OG KONTOR- OG FORRETNINGSBYGG. PROSENTVIS ENDRING FRA SAMME MÅNED ÅRET FØR. KILDEDATA HENTET FRA STATISTISK SENTRABYRÅ[42]	50
FIGUR 47. FILTERKOSTNAD VED GITT LUFTMENGDE	76
FIGUR 48. DRIFT OG VEDLIKEHOLDKOSTNADER – MODELLRESULTATER MED MARKERTE VEDLIKEHOLDKOSTNADER. ØVRE DEL AV GRAFEN FRA LINJE ER DRIFTSKOSTNADEN	78
FIGUR 49. DRIFT OG VEDLIKEHOLD [KR/M ²]	78
FIGUR 50. DRIFT (DRIFTPERSONELL) VS. VEDLIKEHOLD (FILTERBYTTE + SERVICE)	78
FIGUR 51. ENERGIBRUK I BYGG BASERT PÅ ENERGIMERKET	83
FIGUR 52. ENERGIKOSTNAD PR BYGG OPPGITT I KR PR M ²	83
FIGUR 53. ENERGIKOSTNAD PR SYSTEM	83
FIGUR 54. AGGREGATKOSTNADER, FREKVENSTYRT MED DX KJØLING FRA SYSTEMAIR	85
FIGUR 55. ANTALL VAV-SPJELD. STOLPER ER ANTALL VAV-SPJELD MED NUMMERERING, OG PUNKTER ER VENTILERT AREAL	86
FIGUR 56. OPPDELING AV UTSKIFTNINGSKOSTNADER VED 1 UTSKIFTNING	86
FIGUR 57. ÅRLIGE KOSTNADER TIL UTSKIFTNINGER FOR TROXAURANOR, FRA LCCWEB	87
FIGUR 58. FEIL PÅ VAV-SPJELD FOR DE ULIKE LEVERANDØRENE I PROSENT. NB: LITE DATAGRUNNLAG	89
FIGUR 59. UTSKIFTNINGSKOSTNAD MOT INVESTERINGSKOSTNAD VED 1 UTSKIFTNINGSSYKLUS ETTER 20ÅR	91
FIGUR 60. VEDLIKEHOLDKOSTNAD(FILTER+SERVICE)	92
FIGUR 61. AGGREGAT PR M ²	92
FIGUR 62. ENERGIKOSTNAD MOT INVESTERINGSKOSTNAD	93
FIGUR 63. INVESTERINGSKOSTNAD FOR VENTILASJON OG AUTOMATIKK EKS.MVA PR M ² BTA FOR DE FORSKJELLIGE SYSTEMENE OG BYGGENE	95
FIGUR 64. INVESTERINGSKOSTNAD FOR VENTILASJON OG AUTOMATIKK EKS.MVA PR M ² BTA SOM ET GJENNOMSNIITT PR VAV- OG DCV-SYSTEM.	97
FIGUR 65. NÅVERDIKOSTNAD AV KUN INVESTERING VED 10 000 M ² , 4%, 25 ÅRS BRUKSTID.....	98
FIGUR 66. ÅRSKOSTNADEN AV KUN INVESTERINGEN VED 10 000 M ² , 4%, 25 ÅRS BRUKSTID	98
FIGUR 67. LCC-ANALYSEN AV ULIKE VAV- OG DCV-SYSTEMER, NÅVERDIKOSTNAD VED: 10 000M ² , 4% RENTE, BRUKSTID 25ÅR.....	99
FIGUR 68. LCC-ANALYSEN AV ULIKE VAV- OG DCV-SYSTEMER. ÅRSKOSTNADER VED: 10 000M ² , 4 % RENTE, BRUKSTID 25ÅR	100
FIGUR 69. NÅVERDIKOSTNAD VED FORSKJELLIGE RENTER, 25 ÅR.....	101
FIGUR 70. INDEKSERT NÅVERDIKOSTNAD VED FORSKJELLIGE RENTER, 25 ÅRS LEVETID	101
FIGUR 71. ÅRSKOSTNADER VED FORSKJELLIGE RENTER, 25 ÅR	102
FIGUR 72. NÅVERDIKOSTNAD VED FORSKJELLIGE LEVETIDER, 4 % RENTE.....	103
FIGUR 73. INDEKSERT NÅVERDI FRA 10ÅR VED FORSKJELLIGE LEVETIDER, 4 % RENTE.....	103
FIGUR 74. ÅRSKOSTNADER VED FORSKJELLIGE LEVETIDER, 4 % RENTE	104
FIGUR 75. INVESTERINGSKOSTNAD PR SYSTEM EKSKL. SPESIALLØSNINGER OG BYGG OVER 1700KR/M ²	105
FIGUR 76. INVESTERINGSKOSTNAD MOT DIMENSJONERENDE LUFTMENGDE.....	106
FIGUR 77. SPESIFIKK MAKS LUFTMENGDE I DRIFTSTIDEN PR BYGG	106
FIGUR 78. INSTALLASJON, POENG	117
FIGUR 79. IGANGKJØRING/INNREGULERING, POENG.....	117
FIGUR 80. OVERTAGELSE, POENG	118
FIGUR 81. DRIFT, POENG	119
FIGUR 82. OPPLEVELSE AV FUNKSJONALITET, POENG	119
FIGUR 83. PRISMESSIGHET, POENG	120
FIGUR 84. TILFREDSHET, POENG.....	121
FIGUR 85. TOTAL POENGSUM	121
FIGUR 86. TOTALPOENGSUM MED FJERNING AV PROBLEMBYGG	132
FIGUR 87. OPPDELTE ÅRSKOSTNADER VED 25- OG 50-ÅRS LEVETID, 10 000M ² BYGG	137

TABELLISTE

TABELL 1. UTFORDRINGER TRYKKSTYRT MOT FORDELER OPTIMIZER SYSTEM.....	16
TABELL 2. BESPARELSER TRYKKREGULERT MOT OPTIMIZER SYSTEM.	17
TABELL 3. FYSISK OVERFØRINGSLAG FOR KOMMUNIKASJON I BYGNINGSAUTOMATISERING.....	17
TABELL 4. FORESLÅTTE MINIMUM LEVETIDER FOR KOMPONENTER, KILDE: ISO 15686-1	38
TABELL 5. LEVETIDER FOR KOMPONENTER I ET VENTILASJONSSYSTEM (2007)[28]	38
TABELL 6. INTERVALLER FOR UTSKIFTNINGER (LEVETIDER) AV KOMPONENTER FOR VENTILASJON OG KJØLING (2014): KILDE: HOLTE FDV NØKKELEN. SAMT LEVETIDER OG %VEDLIKEHOLDKOSTNADER FRA NS-EN 15459:2007 TIL HØYRE I TABELLEN	39
TABELL 7. LEVETIDER VAV- OG DCV- SYSTEMER	40
TABELL 8. NS 3454:2013 KOSTNADSKLASSIFIKASJON.....	41
TABELL 9. KOSTNADSPØST 3 OG 4, FDVU FOR ET VENTILASJONSANLEGG BASERT PÅ NS 3454[27].	42
TABELL 10. KOSTNADSFORDELING VVS I RENT KONTORBYGG UTEN GARASJE (NORSK PRISBOK 2013)	44
TABELL 11. KOSTNADSTABELL ARBEIDER	44
TABELL 12. KOSTNADSTABELL INSTALLASJON OG ENHETER	44
TABELL 13. KOSTNADSTABELL DRIFT OG VEDLIKEHOLD	45
TABELL 14. KOSTNADSTABELL UTSKIFTNINGER.....	45
TABELL 15. SWEGON PRISEKSEMPLER	46
TABELL 16. KOMPONENT KOSTNADER PR STK. EKS.MVA, BLANT REFERANSE BYGG TIL ANALYSE.....	46
TABELL 17. ROM OG KOMPONENT KOSTNADER EKS.MVA FRA PROFILBYGGET	46
TABELL 18. INFORMANTER I MASTEROPPGAVEN SOM ER KONTAKTET, MED BESKRIVELSE AV DERES FUNKSJON	53
TABELL 19. EVALUERING AV MULTIKRITERISK ANALYSE[45].....	56
TABELL 20. OPPGITTE REFERANSEANLEGG FRA DE ULIKE VAV- OG DCV- LEVERANDØRENE	58
TABELL 21. SERVICE-KOSTNAD PR AGGREGAT	75
TABELL 22. FILTERKOSTNADER FOR ULIKE LUFTMENGDER PR AGGREGAT	76
TABELL 23. DRIFT OG VEDLIKEHOLD. FAKTISKE KOSTNADER MOT MODELL	77
TABELL 24. TEKNISK FORSKRIFT, HISTORISK OG FORVENTET FORMÅLSDELING AV ÅRLIG ENERGIBEHOV I [kWh/m ²][47].....	81
TABELL 25. FORMÅLSDELING I PROSENT FOR ENERGIBRUK I KONTOR OG FORRETNINGSBYGG I TEK [47]	81
TABELL 26. ENERGIMERKING, VERSJON 01.07.2013. KILDE: ENERGIMERKE.NO[51]	82
TABELL 27. VANLIGE FEIL SOM OPPSTÅR UTOVER I DRIFTSFASEN[1]	88
TABELL 28. TILHØRENDE KOSTNADSIINDELING TIL FIGUR 67	99
TABELL 29. TILHØRENDE KOSTNADSIINDELING TIL FIGUR 68	100
TABELL 30. VEKTINGSMULTIPLIKATOR FØRING.....	113
TABELL 31. VAV- OG DCV- SYSTEM POENGOPPSETT	115
TABELL 32. FUNKSJONSKLASSIFISERING OG GRADERING AV TEKNISK SYSTEM MED FOKUS PÅ VENTILASJONSANLEGGET.....	123
TABELL 33. FUNKSJONSKLASSIFISERING AV BYGG TIL ANALYSE BASERT PÅ NS-EN 15232:2012[53], POENGSETTING FRA TABELL 32	125
TABELL 34. FUNKSJONSUNDERSØKELSE AV VAV- OG DCV- SYSTEMENE	127
TABELL 35. KATEGORISERTE POENGSETTINGER, LINDINVENT OG TROXAURANOR UTEN PROBLEMBYGG.....	132
TABELL 36. BACS FUNKSJONSLISTE - EKSEMPEL FRA NS-EN 15232:2012	157

1. INTRODUKSJON

Fokus på energibruk i norsk bygningsmasse er økende, og det er varslet at de nye tekniske forskriftene (TEK15) som er ventet til neste år tar sikte mot at energibruk i ny bygningsmasse skal tilsvare passivhuskravene. Skal energibruken til ventilasjon som utgjør 10-20 % av bygningens totale energibruk reduseres, er det helt avgjørende med stram behovsstyring av oppvarming, kjøling, ventilasjon, lys og utstyr for å få et reelt lavt energibehov og samtidig et godt inneklima. Etter økte krav om balansert ventilasjon (TEK10) og krav til verdier for spesifikk vifteeffekt (SFP), har det gjennom de siste årene blitt mer og mer vanlig å gå fra konstant ventilasjon til behovsstyrte ventilasjonssystemer i de aller fleste bygningskategorier og funksjonsareal. På det norske markedet er det 6-8 dominerende leverandører av VAV- (Variable Air Volume) og DCV- (Demand Controlled Ventilation) løsninger som tar sikte på å løse behovet for ventilasjonssystemer som tilfredsstillte tekniske og funksjonelle krav og løser brukers ønsker/behov. Denne masteroppgaven analyserer og belyser livssyklus kostnadene til disse 8 systemene med 29 tilhørende bygg som referansegrunnlag. Med de samme referansebyggene vurderes systemene også på en kvalitativ og kvantitativ basis for å belyse andre aspekter enn bare kostnader.

MÅL OG HENSIKT

Hovedmålet med denne rapporten er å undersøke de ulike VAV- og DCV-systemenes kostnader i et livsløpsperspektiv for å avdekke typiske kostnader som kan differensiere de ulike systemene, ikke bare på investeringskostnad ved installasjon, men også på kostnader som påløper gjennom hele levetiden til ventilasjonsanlegget. De ulike systemene kan påregnes å ha ulike kostnader gjennom de ulike fasene i et livsløp. Noen systemer kan være billig i investering og ha høye fremtidige kostnader, mens andre systemer koster noe mer i investering, men gir på sin side lavere kostnader i driftsfasen. For å ta hensyn til dette må investeringskostnaden vurderes opp mot alle de fremtidige kostnadene i driftsfasen som inkluderer kostnader til energi, drift og vedlikehold og utskiftningskostnader. Kostnadsprogrammet LCCWeb er benyttet for å gjennomføre en LCC analyse av livssyklus kostnadene til de ulike VAV- og DCV-systemene i bygg der disse systemene er installert. Hensikten er å evaluere de ulike systemene opp mot hverandre over et lengre tidsperspektiv for å avdekke hvilke systemer som over levetiden operer med de laveste neddiskonterte kostnadene. De andre viktige målsetningene og aspektene som skal undersøkes er

- Kartlegge typiske kostnader for behovsstyrte ventilasjonssystemer
- Avdekke systemenes typiske investeringskostnader, drift- og vedlikeholds kostnader, utskiftningskostnader og energikostnader.
- Kvalitativt og kvantitativt undersøke andre sider ved de behovsstyrte systemene og sammenlikne dem mot hverandre.
- Kan økt investering i mer avanserte systemer forsvares ved redusert energibruk, dvs. se på energikostnader og betydningen av valgt ventilasjonssystem
- Undersøke hvordan de ulike VAV- og DCV-systemene er å installere, innregulere og drifte med fokus på feil og problematikk

De fleste av disse målene ble til underveis, da hovedmålet om å gjennomføre en LCC-analyse av de ulike systemene raskt viste seg å måtte basere seg på innhenting av forenklet informasjon om kostnadene til energi, drift og vedlikehold og utskiftninger. Over levetiden kan disse i mange tilfeller stå for halvparten av de diskonterte kostnadene sammenliknet med investeringskostnaden. Derfor har det vært viktig å inkludere alle disse kostnadspostene.

1.1 FORUTSETNINGER

De økte kravene som de nye bygg-forskriftene vil komme med i forhold til passivhusnivå vil kreve svært energieffektive ventilasjonssystemer som tar mesteparten av kjølingen gjennom ventilasjonsluften. I de to rapportene som har kommet frem gjennom FoU prosjektet ReDuCeVentilation slås det tidlig fast at reduksjon av luftmengder med behovsstyring og reduksjon av spesifikk vifteeffekt (SFP) er de viktigste tiltakene for energieffektivisering av kontorbygninger[1]. De to rapportene «Behovsstyrt ventilasjon, DCV-krav og overlevering» og «Behovsstyrt ventilasjon, DCV- forutsetninger og utforming» har bidratt til kunnskapsformidling og utviklingen av krav som må settes til design, drift og vedlikehold for å unngå unødvendig energibruk og høye driftskostnader gjennom hele levetiden til ventilasjonsanlegget[1]. Resultatene bunner ut i krav som bør settes til SFP ved forskjellige definerte driftssituasjoner og robuste anlegg når det gjelder tilpasning, drift, overlevering og kontroll som gir velfungerende og ressursoptimal behovsstyrt ventilasjon.

Bakgrunnen for masteroppgaven er det pågående FoU-prosjektet ForKlima som ser på muligheter for å forenkle dagens klimatiseringsløsninger med forenklet behovsstyrt ventilasjon av kontorbygg med svært lavt oppvarmingsbehov. Målet til FoU-prosjektet er å komme fram til anbefalte og dokumenterte løsninger for forenklet temperaturbasert behovsstyrt klimatisering av kontorbygg med oppvarmingsbehov på passivhusnivå eller bedre, samtidig som løsningen skal være kostnadseffektiv[2]. FoU-prosjektet skal se om fremtidens ventilasjonssystem kan utfase eller forenkle egne kjøle- og varmeløsninger ved at både kjøling og oppvarming tas gjennom ventilasjonsanlegget. Samtidig skal anlegget oppfylle krav om godt inneklima, lavt energibruk, lav investeringskostnad og fornøyde brukere. Energikravene som settes, gjør at ventilasjonsbransjen kun ser etter løsninger som varierer luften(VAV). ForKlima ønsker å utvikle og formidle ny kunnskap om slike behovsstyrte systemer som møter energikravene og utforming som skal løse alle de tiltenkte behovene i fremtidens bygninger. De nye komponentene og systemene som slike løsninger innebærer, gjør at man ikke bare kan se på løsninger som bidrar til lavt energibehov, men de ulike løsningene og systemene må vurdere samlet ut fra et økonomisk synspunkt. Et av hovedpunktene til ForKlima er å undersøke de økonomiske fordelene til slike systemer, eller om kostnaden i energisparing går tapt i økte LCC-kostnader. Incentiver som energimerkeordningen og BREEAM har påvirket byggeiers ambisiøse energimål, men de har også bidratt til økt bevisstgjøring rundt energiriktig planlegging og prosjektering som sikrer lavt energibruk i drift[3]. Utviklingen i de nye forskriftskravene som straks kommer legger sterke indirekte drivere for den videre utviklingen av de behovsstyrte ventilasjonssystemene. Sammen med Norconsult sitt sykehusprosjekt som konkluderer med at energibruken i norske sykehus kan reduseres med 50 % ved behovsstyrt ventilasjon og økt grad av gjenvinning, er det lite som tyder på at andre løsninger kan oppnå tilsvarende besparelser

Masteroppgaven bygger videre på prosjektoppgaven med lik tittel «LCC analyse av ulike VAV- og DCV-systemløsninger og installasjoner»[4]. Her ble de 8 mest brukte leverandørene på det norske markedet med slike systemer beskrevet og systematisert. I prosjektoppgaven kom det frem at de fleste systemene løste sine tiltenkte behov på ulike vis og med ulik oppbygging av systemet for behovsstyring basert på reguleringsprinsipper for trykk eller luftmengder/spjeldstyring (optimizer system). Selv om systemene på hver sin måte løser kundens behov, er det store forskjeller på hvordan systemene bygges opp, kommuniserer og integreres til annet teknisk utstyr. En del av utfordringene og aspektene som ble møtt i den oppbyggende prosjektoppgaven, er nå forsøkt løst med hovedtyngde på kostnadsanalysen slik at masteroppgaven kan bære sitt rette navn.

1.2 RAPPORTENS UTFORDRINGER

Usikkerhet og aspekter rundt datainnsamling som benyttes til videre analyse er en åpenbar utfordring for å sikre troverdigheten i de resultatene som presenteres. Det første budet i denne rapporten som skal sikre nettopp det er at ventilasjonssystemene skal sammenliknes på det samme grunnlaget. I den sammenheng presenteres det videre for leser de viktigste hovedpunktene som har vært utfordrende i forhold til å bevare sikkerheten i de data og resultater som presenteres.

1.2.1 AREAL

Hele sammenlikningsgrunnlaget for denne rapporten baserer seg på omgjøring av data til arealvekting pr m² for å kvantifisere og sammenlikne resultatene for sammenliknbare størrelser. Uten dette er det svært vanskelig å gjøre gode slutninger da byggene som analyseres har svært ulik størrelse. Jeg har i denne rapporten lagt vekt på å benytte BRA, bruksareal, eller et estimat på bruksareal fra BTA, bruttoareal, med mål om å komme nærmest mulig ventilert areal. Dette samsvarer med oppvarmet del av bruksareal. Den oppvarmede delen av bruksareal følger definisjonene i NS3031:2007, *Beregning av bygningers energiytelser – Metode og data*, mens målereglene er i NS 3940. I NS3031 står det at oppvarmet areal er den delen av BRA som tilføres varme fra bygningens varmesystem, og eventuelt kjøling fra bygningens kjølesystem, og som er omsluttet av bygningens klimaskjerm - primære bygningsdeler som beskytter oppvarmet del av BRA mot utvendig klima.

SINTEF Byggforsk har tidligere gjort en analyse der de har sett på 5 forskjellige kontorbygg i rapporten «LECO – Energibruk i fem kontorbygg i Norge»[5]. Her har de møtt på noen av de samme utfordringene når det kommer til areal og definisjoner og hva som har vært brukt i de forskjellige sammenhengene. Hva som inngår i den oppvarmede delen av arealet, etter definisjonen i NS3031, skiller tydelig på at uoppvarmet areal ikke inngår i den oppvarmede delen av bruksareal, mens det er veldig usikkert om delvis oppvarmede arealer som tekniske rom, lager, glassgård og parkeringskjeller inngår[5]. Tekniske rom inngår i dette arealet dersom rommet er integrert til øvrig oppvarmede areal (selv uten varmebehov), mens det ikke tas med hvis det ligger i en separat del selv om det kan ha et varmebehov[5]. I LECO rapporten vises det også til at parkeringskjellere som regel ikke inngår, dog er det ofte ventilert (med en mindre kostnad) og temperaturgjenvinningsgraden vil begrenses betydelig for dette arealet hvis det inkluderes. Nyere forskning som SINTEF presenterer i rapporten «*Etterprøving av bygningers energibruk – metodikk, 2013*», foreslås det at uoppvarmede eller delvis oppvarmede soner kan behandles som egne energiposter uten netto energibudsjet for selve bygget samtidig som definisjonene av klimaskjerm og oppvarmet bruksareal foreslås endret til[6]:

Klimaskjerm

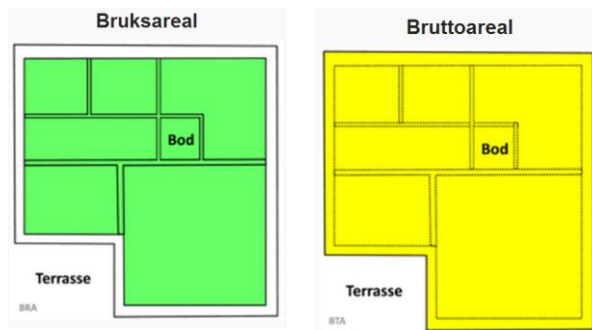
«Primære bygningsdeler etter NS3451 som beskytter byggets bruksareal mot utvendig klima og som er lovpålagt termisk isolasjon»

Oppvarmet del av bruksareal

«Den delen av BRA som er omsluttet av bygningens klimaskjerm og der bygningens oppvarmingssystem er i stand til å holde settpunkttemperaturen for oppvarming fastsatt i tabell A.3 i NS3031:2007»

Oppvarmet areal er tydelig det mest riktige sammenlikningsgrunnlaget når kostnader til ventilasjonsanlegg skal kvantifiseres, men det er sjelden at det er denne typen areal som oppgis for et bygg. I størst mulig grad har det derfor blitt benyttet bruksareal BRA eller bruttoareal BTA oppgitt fra informant eller nettside (Bygg.no) med et prinsipp om å estimere vekk parkeringskjellere og andre betydningsfulle

areal som til liten grad er ventilert. I siste instans har dette så blitt kontrollert opp mot bruksareal og ventilert areal for de byggene som har energimerkerapporter etter byggets ferdigstillelse. I tilfeller der arealene har blitt fremskaffet av byggeier, driftspersonell eller annen informant i byggeprosjektet tas det forbehold om at de også kan ha tatt feil av arealene.



Figur 1. Areal definisjon (Wikipedia, 2014)

1.2.2 PRISING OG INFORMASJON

Prisinformasjon knyttet til investeringskostnaden for de behovsstyrte ventilasjonsanleggene har blitt anskaffet fra byggherre, prosjektleder, ventilasjonsentreprenør eller rådgivende ingeniør (RIV) gjennom direkte kontakt (telefon eller epost) for de forskjellige byggene. Det ble presisert og gjort klart at det var den endelige prisen for ventilasjon (inkl. kjøling) og automatikk uten mva. det ble spurt etter. Bare med de fem¹ mulighetene for misforståelser dette gir hvis man leser setningen nøye så kan det oppstå forholdsvis store avvik dersom prisen ikke oppfyller alle de fem kriteriene. Det har vært utfordringer med å kvalitetssikre dette. Prisen på alle tekniske fag i et byggeprosjekt inkluderer elektro, rør, ventilasjon og automatikk. Byggherren for bygget har som regel oversikt over denne totalkostnaden. Oppsplitting av denne prisen til kun ventilasjon og automatikk er det ikke sikkert byggherren vet, da entreprisen avgjør hvordan prisdelingen er satt og regnskapet er ført. Som regel må man ned et nivå f.eks. til totalentreprenør, ventilasjonsentreprenør eller RIV (rådgivende ingeniør ventilasjon) for å trekke ut kostnaden til ventilasjon og automatikk. Selv blant dem vil det variere hvem som har oversikten avhengig av hvor delaktig de har vært, og om de kan levere ut kostnaden. Dermed har det blitt noe frem og tilbake i søken etter hvem som har oversikten over de endelige kostnadene og kontaktinformasjon til vedkommende. Naturlig ville man kanskje tro at VAV- og DCV- leverandørene har oversikt over hva de har levert av løsninger og funksjonalitet til en avtalt pris. De har som regel det, men ofte er de kun en del av ventilasjonsentreprenørens eller totalentreprenørens kontrakt som leverandør av ventilasjonsteknisk utstyr og løsninger, med mulighet for at det er flere leverandører som levere sine komponenter som sys sammen. Dermed vet de ikke hva den komplette løsningen ender opp med, og hva den koster, når de ofte bare opptrer som leverandør.

PRISING I KONTRAKT

Prisen fastsettes ut fra tilbudte kontrakter, men ender som regel opp med endringer og overskridelser som skjer under byggeprosjektet. Et beløp fastsatt i entreprisen ender som regel opp med en økning på 5-20 % når bygget står ferdigstilt, og i verste fall kan kostnadsrammen sprekke med opptil 50% (muntlig ref. Norconsult). Tar entreprenøren ansvar med styring og bestilling (som i en totalentreprise) er det vanlig at entreprenøren legger på et påslag på 10-15% på sin pris. Dermed kan prisen som gjenspeiles avvike fra den reelle prisen på ventilasjonsløsningen fra leverandørene. VAV- og DCV- leverandørene vil på den andre siden rabattere sine priser på sin løsning inn i kontrakter for å vinne anbudet. Rabattene som gis, kan ofte være på så mye som 50% fra sine veiledende priser. Viktigheten av å vite hva prisen dekker, blir

¹ Endelig pris, ventilasjon, ventilasjon inkl. kjøling, automatikk og uten mva.

også avgjørende når VAV- og DCV- systemer skal sammenliknes. Noe usikkerhet vil det i denne analysen være rundt dette da det ikke er helt sikkert at den oppgitte prisen, etter beste evne, er med eller uten; kjøling, sentralstøvsuger, inkl. innregulering eller mva. osv. Alle prisene i denne rapporten er ekskl. mva. med mindre noe annet er presisert samt at ventilasjonskjøling/komfortkjøling er inkludert i prisen.

DATAINNSAMLING OG UNDERSØKELSE

Omfanget av datainnsamlingen og undersøkelsen krevde mye møysommelighetsarbeid i forbindelse med innsamling og dokumentasjon for de forskjellige byggene og fra de ulike informantene. Blant de 29 byggene² som er analysert har det normalt vært 3-6 kontaktpersoner pr bygg for å skaffe informasjon om det behovsstyrte ventilasjonssystemet. Før de kontaktes må entreprisoppbyggingen og rett person i aktuelt firma som hadde oversikt over bygningen eller prosjekteringsgrunnlaget avdekkes. Hver kontaktperson måtte nødvendigvis kontaktes, følges opp med samtaler og epost slik at ikke henvendelsene ble glemt i en travel hverdag. Informasjon som ble generert i ulikt format via kontakt måtte etterarbeides, analyseres og fremstilles for å gi substans til resultatene. Det har i enkelte tilfeller ikke vært mulig å anskaffe ønsket informasjon fra de aktuelle informantene til enkelte bygg i analysen. Hovedsakelig skyldes det lite villighet til å bruke egen tid på å besvare henvendelser som de ikke tjener noe på eller får noe ut av. I forskningssammenheng vil de man forsker på, forvente å få noe tilbake hvis de bruker tid og krefter på å svare. Mange er også forsiktige med å svare på noe som kan tilkjennegi bedriftens synspunkter og meninger. Andre grunner er generell motstand mot å bidra med svar og motstand mot å gi ut informasjon som kan være sensitiv/konfidensiell. Mer om datainnsamling og metoden for rapporten kan leses i kapittel 4. I kostnadsanalysen er informasjonen om byggene fullstendig når det gjelder investeringskostnaden, mens det for den supplerende informasjonen som videreutvikler kostnadsanalysen og undersøkelsen har vært noe mindre deltagelse. I undersøkelsen er det grovt regnet 77% av de aktuelle informantene som har respondert på undersøkelsen.

1.3 AVGRENSING

Denne masteroppgaven fokuserer hovedsakelig på å analysere kostnadene til de ulike VAV- og DCV-systemene på det norske markedet, begrenset til de 8 antatt største. Det er fokusert på å analysere kostnadene som de ulike systemene har til investering, drift, vedlikehold, energi og utskiftninger, men oppgaven gir også en oversikt over teorien som ligger bak kostnadsanalysen. Alle systemene er beskrevet ut fra typiske kostnader i referansebygg der disse er installert, samt kostnader som på generell basis er modellert. Dette vil reflekteres i resultatene for de ulike leverandørene, men en del av kostnadene som benyttes er ikke direkte leverandøravhengig pga. de forenklinger som gjøres. CO₂ avtrykk og miljødata på komponentene til de ulike leverandørene ble i den forutgående prosjektoppgaven funnet til foreløpig å ikke være implementert som standard, da leverandørene ofte kjøper utstyret sitt fra utenlandske produsenter. På sikt vil trolig et regelverk for dette bli innført blant leverandørene. I denne rapporten vil dette ikke undersøkes nærmere da fokus i hovedsak er på kostnadsanalysene. Men det vises at de ulike leverandørene er i ferd med å vende seg mot dette behovet. De ulike VAV- og DCV-systemene sammenliknes i liten grad mot hvilke funksjonsløsninger de best er tilpasset for. De vurderes heller ikke mot hvilken direkte energibruk og besparelse de har for viften og styringssystemene, fordi rapporten arbeider i dybden med relativt få strategiske bygg som representerer VAV- og DCV-systemene. De andre avgrensingene som blir førende for rapporten er listet under på et overordnet nivå:

² 25 bygg til fullstendig analyse og 4 bygg kun til kostnadsanalysen. Et bygg har senere falt ut av den fullstendige analysen

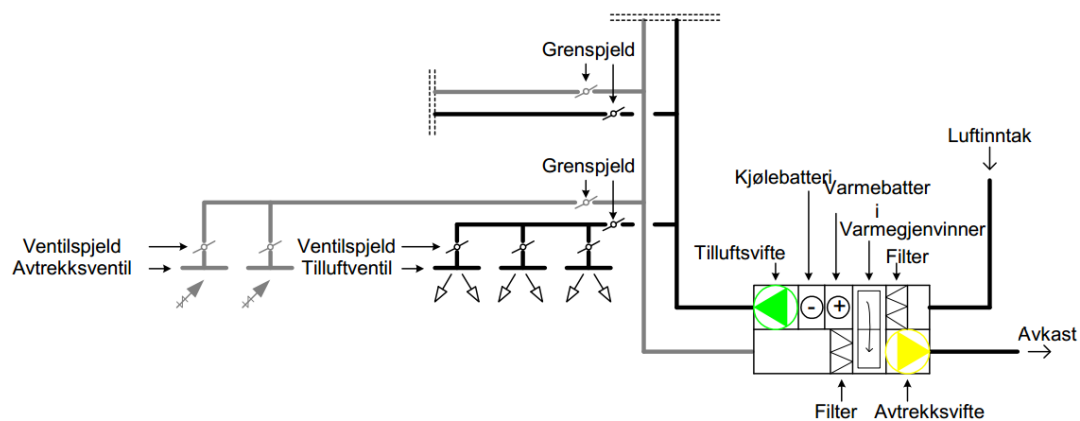
- Vurderingen gjennomføres på grunnlag av valgt referanseanalyseperiode, i dette tilfellet 25 år
- LCC kostnadene analyseres på et bygg på 10 000 m² med 4 % realrente
- Ser ikke på endrede vilkår gjennom analyseperioden, dvs. ingen variasjoner i kostnader (drift, vedlikehold, utskiftning og energi) over tid, konstante levetider og intervaller.
- Rapporten ser ikke på restverdi på ventilasjonsanlegget eller gjenbruk av komponenter før en evt. rehabilitering.
- Rapporten ser ikke om et system som det er lagt mer penger i, er mer fleksibelt for endringer (f.eks spredenett, cellekontorer, soneindeling, innsetting av mer teknisk utstyr), lettere utskiftbare komponenter eller har mer muligheter for individuell styring.
- Ser ikke på kostnader til montasje og arbeid med anlegget
- Ser ikke på bygningens geometri, gjentakelseeffekter, konsept, prosjektstrategi, standard, kvaliteter, isolasjon, vindu, solavskjerming og energikilder.
- Ser ikke på drift- og vedlikeholdsrutiner, bruksfrekvens og bruksmønster.

1.4 STRUKTUR

Formålet med Kapittel 2 er å beskrive generelle forutsetninger og prinsipper bak behovsstyrt ventilasjon mht. reguleringsprinsipper og teori. Kapitlet vil ende opp med et sammendrag av de ulike VAV- og DCV-systemene som ble presentert i prosjektoppgaven. Disse systemene vil bli analysert videre etter de mål som er satt. Før analysen vil det i kapittel 3 bli presentert teori om livssyklus-kostnader og hvordan dette kan anvendes for et byggeprosjekt, samt typiske kostnader og nøkkeltall som kan være relevant for oppgaven. Kapittel 4 beskriver metoden som er benyttet i masteroppgaven i form av en kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode. Det er først i kapittel 5 at de utvalgte byggene som representerer de ulike VAV- og DCV-systemene, presenteres. Dette kapitlet samler bygningene som hører inn under hver enkelt leverandør og presenterer disse med aktuell informasjon om bygningen, entreprisoppbygging for byggeprosjektet og teknisk informasjon. I kapittel 6 analyseres kostnadene som de ulike systemene har til drift, vedlikehold, energi og utskiftninger. Disse kostnadene baserer seg på forenklede modeller for faktiske kostnader. Kapittel 7 starter med å presentere investeringskostnadene til VAV- og DCV-systemene og tilhørende kostnader til ventilasjon og automatikk, slik de er registrert i de forskjellige byggeprosjektene før de generaliseres for de ulike systemene. Videre benyttes investeringskostnaden sammen med resultatene av kapittel 6 som inndataparametere til LCC-analysen som gjennomføres for de ulike systemene. Avslutningsvis i kapittel 8 undersøkes tilbakemeldinger fra brukerne gjennom innhenting av kvalitativ og kvantitativ informasjon om ventilasjonssystemene med tanke på pris, installasjon, innregulering, drift, funksjonalitet og tilfredshet. Her poengsettes svarene i undersøkelsen som er gjennomført for å sammenlikne de ulike systemene. Masteroppgaven rundes av med en kort diskusjon rundt noen viktige aspekter før rapporten konkluderes også med forslag til videre arbeid.

2. VAV- OG DCV- SYSTEMER

I denne første delen av masteroppgaven vil det bli presentert teori og data som er viktig i tilknytning til behovsstyrte ventilasjonssystemer. Slike systemer finnes med ulik funksjonalitet, oppbygging, styring og regulering som alle løser sine behov på ulike måter. De underliggende prinsippene for utformingen av de forskjellige systemene er nokså like og baserer seg på det samme teoretiske grunnlaget. Felles for de ulike systemene og oppbygningen av dem er at de søker å oppnå energioptimal drift med forutsetning om å tilfredsstille forventninger til inneklima og energibruk. Gjennom de neste seksjonene presenteres prinsippene bak behovstilpasset ventilasjon og hvorfor det trolig lønner seg å koste på seg et mer avansert system med flere komponenter. Under følger et prinsipp av et ventilasjonsanlegg som beskriver tydelig hovedkomponentene som er viktig å forstå for den senere deler av rapporten.



Figur 2. Komponenter i et ventilasjonsanlegg - prinsippskisse (Grini og Wigenstad, 2011)[7]

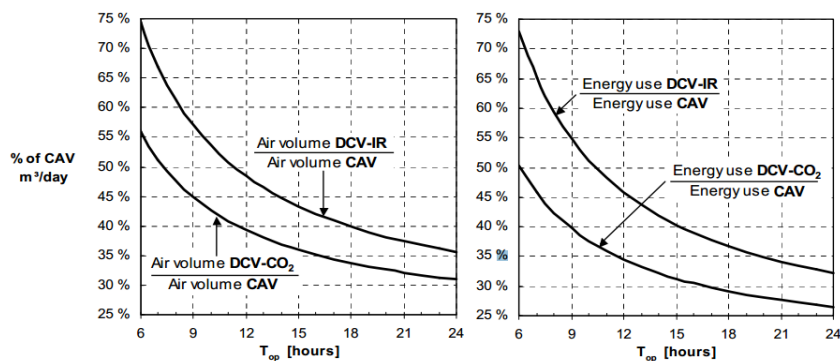
2.1 GRUNNLEGGENDE OM BEHOVSSTYRTE VENTILASJONSSYSTEMER

Behovsstyrt ventilasjon baserer seg på at alle rom eller soner i en bygning mottar akkurat den luftmengden som behøves for å oppfylle definerte kriterier. Disse kriteriene er som oftest luftmengder som tilfredsstiller et godt inneklima, dvs. termisk miljø, atmosfærisk miljø, akustisk miljø, aktinisk miljø, og mekanisk miljø. Hvis et ventilasjonssystem kan variere luftmengdene betegnes det som et VAV-system (Variable Air Volume), og hvis det er behovstilpasset ved at tilført ventilasjonsluftmengde reguleres automatisk etter et samtidig målt behov på romnivå, klassifiseres det som et DCV- system (Demand Controllet Ventilation)[1]. Begge begrepene benyttes om hverandre i mange sammenhenger for å beskrive ventilasjonssystemer som varierer luften etter behovet. Det som skiller begrepene er at VAV-systemer styres på forhåndsatte verdier f.eks. ved en tilstedeværelsesdetektor, DCV systemer styres derimot utelukkende på en eller flere romsensorer som gir et mål/signal på romluftens kvalitet. Dette signalet brukes til å styre luftmengden i en tilbakekoblet reguleringsløype der målt tilstand sammenliknes med ønsket klimatilstand innenfor krav/spesifikasjoner som er satt i en uavbrutt signaloverføring[1]. Dersom det er avvik, må systemet reguleres/kompenseres med en regulator som regner seg frem til pådraget som må til for å regulere tilstanden tilbake til ønsket verdi. I praksis vil det si å tilpasse friskluftmengden i takt med forurensningsproduksjonen (CO_2) eller holde temperaturen innenfor gitte verdier. I denne rapporten vil begge begreper bli benyttet om hverandre, selv om byggebransjen er mest vant med å kalle det VAV og VAV-systemer så lenge luftmengdene varierer i takt med behovet.

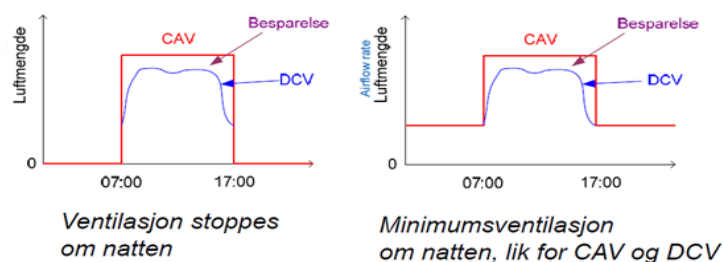
Temperatursensorer er en standard reguleringsparameter i et rom for å finne ut om luften som tilføres klarer å holde ønsket temperatur. Nå i de senere år har det blitt et mye høyere fokus på å installere CO₂-sensorer som måler antall CO₂-partikler i luften ved hjelp av infrarødt lys for å detektere luftkvaliteten. Jo flere personer i rommet, desto raskere øker denne konsentrasjonen. For å ivareta et godt inneklima, bør man styre luftmengdene etter CO₂-nivå og temperatur som de beste indikatorene på luftkvalitet. Sensorplasseringen bør være slik at okkupantens pustesone detekteres best mulig. Ofte er det sentralt i rommet, men det kan også være i avtrekk basert på type ventilasjon i rommet. Kombineres disse sammen med tilstedeværelses-sensorer eller bryter løsninger er det mulig å ventilere energieffektivt ved å gå til minimumsventilasjon hvis det ikke er noen tilstede i et rom. Andre mulig sensorer som kan benyttes som parametere i et behovsstyrt anlegg, er de som måler fukt, gassblandinger eller VOC (volatile organic compounds) partikler.

BESPARELSE

Det kan gi en betraktelig reduksjon i energibruken ved å installere behovsstyrte ventilasjonssystemer. Behovsstyring er mest lønnsomt der belastningen i rommet varierer mye i løpet av et døgn, eller der driftstiden til bygningen går over mange timer med varierende last. Da er det energi å spare ved å følge nivået for behov kontra å ventilere konstant gjennom driftstiden. Figur 3 viser tydelig de prosentvise forskjellene i luftmengder og energibruk mellom CAV (Constant Air Volume) og DCV styrt etter CO₂ som parameter eller tilstedeværelse (IR). Besparelsen som disse forskjellene gir mellom å ventilere konstant og variabelt er vist som arealet mellom de to kurvene i Figur 4. Besparelsene kan ofte være betydelige, og undersøkelser viser opptil 50 % om samtidigheten og behovet er lavt gjennom et driftsdøgn. Det er denne besparelsen som skal motivere til å investere i slike DCV-systemer.



Figur 3. Sammenheng mellom luftmengde og energibruk DCV vs. CAV. Venstre: Driftstider og luftmengder i % av CAV. Høyre: Driftstider og energibruk i % av CAV[7]



Figur 4. Besparelse av luftmengde VAV vs CAV

Slike systemer har en høyere investeringskostnad først og fremst fordi det er mye mer avansert teknisk utstyr og flere komponenter som skal inn i bygningen. Anlegget innebærer styring, regulering og kommunikasjon mellom sensorer, VAV spjeld, SD-anlegg (Sentral Driftskontroll) osv. Samtidig er det mer omfattende installering og innregulering, og driften av ventilasjonsanlegget blir mer teknisk. Derfor er det viktig å være sikker på at investeringen i energieffektive systemer lønner seg hvis man ser på investeringskostnadene dette medfører. I bunn og grunn kan en enkel nåverdiberegning av kostnadsbesparelsen (arealet mellom kurvene) i Figur 4 gjøres for å bestemme hvor mye investeringskostnaden kan gå opp før DCV kommer likt ut med en CAV løsning. Det skal mye til for at DCV-system ikke er lønnsomt som investering over tid og her følger et par hovedpunkter for hvorfor, og hvor energireduksjonspotensialet er størst:

- Økt individuell komfort
- Lavt energibruk
- Mindre strupestøy
- Mindre anlegg og dimensjoner
- Bedre samhandling



Figur 5. Behovsstyrt ventilasjons påvirkning på energibruk rangert etter energireduksjonspotensialet[7]

2.1.1 SPESIFIKK VIFTEEFFEKT – SPF

Viften er den komponenten som avgjør mengden luft som gis ut i ventilasjonsanlegget. Luftmengden og transport av denne er en avgjørende faktor for viftens energibruk, og som vist i Figur 5, er vifteenergi den energiposten som kan reduseres mest ved å benytte behovsstyrte ventilasjonssystemer. For å kvantifisere energieffektiviteten til et viftebasert ventilasjonsanlegg er det mulig å se på energieffektiviteten til systemet i forhold til hvor mye elektrisk effekt som benyttes for å drive tillufts- og avtrekksviftene relativt til mengden luft som sirkulerer. Faktoren, SFP, Specific Fan Power, som denne verdien gjenspeiler, er viftedriftens virkningsgrad. SFP for et gitt system kan defineres som sammenlagt mengde elektrisk effekt som forbrukes av alle vifter i luftfordelingssystemet dividert med total luftmengde gjennom bygningen under forhold med dimensjonerende belastning (NS-EN 13779:2007)[8]. Formel (1.1) gjelder normalt for ett aggregat med en tillufts- og avtrekksvifte for luftmengden dette aggregatet transporterer, men kan også gjelde for flere aggregat i et større ventilasjonsanlegg. Den generelle formelen skrives:

$$SFP = \frac{\sum P}{q_v} [KW / (m^3 / s)] \quad (1.1)$$

Der:

$\sum P$ = summen av alle vifteeffekter (tilluft- og avtrekksvifte) [KW]
 q_v = gjennomsnittlig luftmengde i driftstiden [m^3/s]

Utenfor normal driftstid eller ved redusert luftmengde (i ventilasjonsanlegg med variabel luftmengde, VAV) kan den spesifikke vifteeffekten beregnes med:

$$SFP_{\text{redusert}} = SFP_{\text{driftstid}} \cdot (1,6 \cdot r^2 - r + 0,6) [\text{KW} / (\text{m}^3 / \text{s})] \quad (1.2)$$

Der redusert betyr ved redusert luftmengde eller utenfor driftstid, og:

$$r = \frac{q_{\text{redusert}}}{q_v} \quad (1.3)$$

Dimensjons-analyse viser at SFP kan uttrykkes i trykkenheten Pascal, siden energi pr. m³ luft kan uttrykkes som trykk:

$$[SFP] = \frac{\text{kW}}{\text{m}^3 / \text{s}} = \frac{\text{W}}{\text{l} / \text{s}} = \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} = \text{kPa} \quad (1.4)$$

Deretter kan vi relatere SFP til trykkfall og systemeffektivitet

$$SFP \approx \frac{q_v \cdot \Delta p_{\text{tot}}}{q_v \cdot \eta_{\text{tot}}} = \frac{\Delta p_{\text{tot}}}{\eta_{\text{tot}}} \quad (1.5)$$

Der:

Δp_{tot} = total økning av trykk over viften, som er det samme som det totale trykkfallet i hele ventilasjonssystemet som er gitt av $\Delta p_{1-2} \approx k \cdot v^n$

η_{tot} = viftesystemets totale effektivitet (vifte, transmisjon, el-motor og motorstyring)

I ventilasjonssystemer med luftmengderegulering, som VAV-enheter og luftterminaler er ikke trykktapet konstant, men varierer hele tiden ettersom luftmengden varierer. SFP med varierende luftmengder baserer seg på at systemet har forskjellige driftspunkt (kombinasjon av luftmengde og trykkfall) for forskjellige tider på året. Da blir den gjennomsnittlige SFP over et år med N forskjellige driftspunkt hver med en varighet på Δt_i [9]:

$$\overline{SFP}_e = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\sum P_i \cdot \Delta t_i \right)}{\sum_{i=1}^N (q_{v,i} \cdot \Delta t_i)} = \frac{\sum_{i=1}^N (SFP_{e,i} \cdot q_{v,i} \cdot \Delta t_i)}{\sum_{i=1}^N (q_{v,i} \cdot \Delta t_i)} \quad (1.6)$$

Som nevnt innledningsvis, er reduksjon av spesifikk vifteeffekt det tiltaket som bidrar mest til energieffektivisering av kontorbygninger når det viser seg at viften står for ca. 17 % av et byggs totale energibruk i de nordiske landene[9]. Det er ønskelig å øke denne effektiviteten og utnytte innsparingspotensialet ved å oppnå lave SFP verdier som betyr at viften blir mer effektiv i forhold til den luftmengden som ventileres. Det betyr mindre tap, og energi blir spart. De tre viktigste faktorene for å minimere energibruk i viftedrift er[9]:

- Riktig dimensjonering av luftmengder i et effektivt kanalnett ved å senke behovet i bygget (bedre bygg og behovsstyrt ventilasjon)

- Reduser trykket over viften ved å minimere luftmotstand (i kanaler, bend, inn og utløp)
- Optimer effektiviteten på viftesystemet (viften, variabel viftehastighet, motor, dimensjonering)

DCV systemer er en utmerket måte å redusere vifteeffekten på da ventilasjonsanlegget kan designes for mindre luftmengder som vi ser av det første punktet. Påvirkningen av reduksjon i luftmengden påvirker viftens effektforbruk, og det er lovene om proporsjonalitet (kilde:Belimo[10]) som danner grunnlaget for transport og endringer av luftmengder:

1.lov sier at luftmengden (her uttrykt som V) er proporsjonal med turtallet/hastigheten n på vifta:

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right) = \left(\frac{n_1}{n_2}\right) \quad (1.7)$$

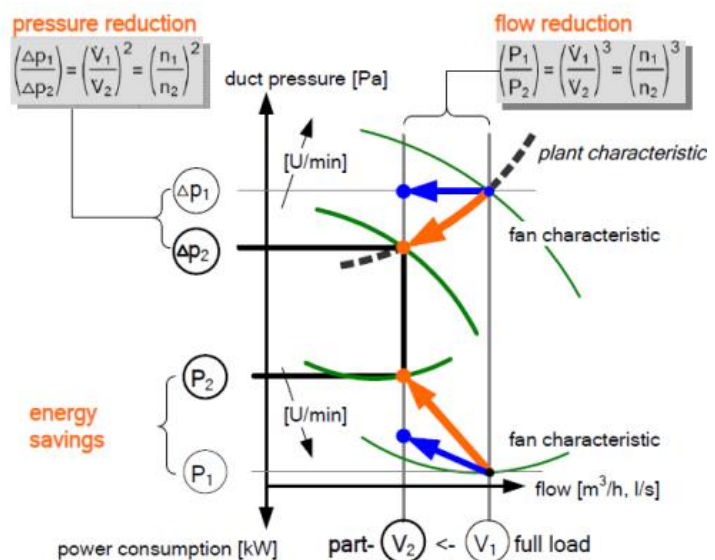
2. lov sier at trykkøkning endres med luftmengdeforholdet i andre potens.

$$\left(\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}\right) = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (1.8)$$

3. lov sier at effektforbruket endres med luftmengdeforholdet i tredje potens.

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^3 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (1.9)$$

Disse tre lovene forklarer i viftediagrammet i Figur 6 hvordan en reduksjon i luftmengde fra V1 til V2 gjør at trykket øker i kanalen for et konstant trykksystem og kanaltrykket er det samme som før. Et vifteoptimert system derimot følger anleggskarakteristikken til systemet og legger seg på en ny anleggslinje med lavere trykk i kanalen når luftmengden reduseres. Dette vil bli grundigere forklart i neste seksjon.

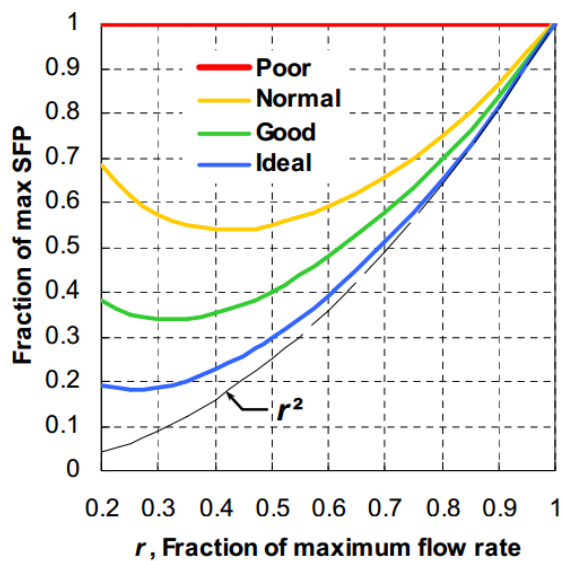


Figur 6. Anleggskarakteristikk. Blå pil: konstant trykk, oransj pil: vifte optimert (kilde:Belimo)

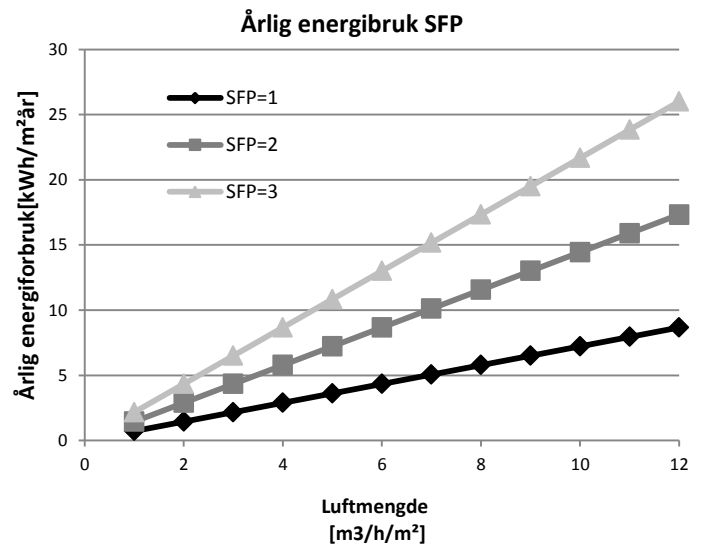
Ved redusert SFP faktor er det store besparelser i energibruk vist i Figur 8 med utregninger gjort med energibrukformelen, Formel 1.10. Formelen gjelder for konstant luftmengde med konstant SFP. Ulike

karakteriserte systemer basert på hvor gode de er vist i Figur 7, der gode systemer med lav SFP kommer adskillig bedre ut ved lavere luftmengder (mindre samtidighet) enn systemet er designet for. I TEK10, paragraf 14-3 under energiltak er det angitt at spesifikk vifteeffekt for bygninger bør være under 2,0 kW/(m³/s) og under 1,5 kW/(m³/s) for passivhus (NS3701) som et gjennomsnitt i driftstiden. Her gjøres det mye feil ved at mange tror dette gjelder ved maksimal luftmengde, mens det egentlig gjelder for årgjennomsnittet i driftstiden (Harsem og Mysen, Teknisk Ukeblad, 5. desember 2013)[11]. Implikasjonene av dette er at passivhus velges bort da overdimensjonering av anlegg er dyrt og plasstrengende (teknisk rom) for å oppnå SFP-verdiene.

$$Energibruk \left[\frac{kWh}{m^2 \text{ år}} \right] = Luftmengde \left[\frac{m^3 / h}{m^2} \right] \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot SFP \left[\frac{kW}{m^3 / s} \right] \cdot Driftstid \left[\frac{h}{\text{år}} \right] \quad (1.10)$$



Figur 7. Figur 6. Varierende luftmengde og SFP forhold, gjeldene for r=0,2 til r=1[7]



Figur 8. Årlig energibruk ved konstant luftmengde og SFP, brukstid 2600 timer i året

2.2 REGULERINGSPRINSIPPER

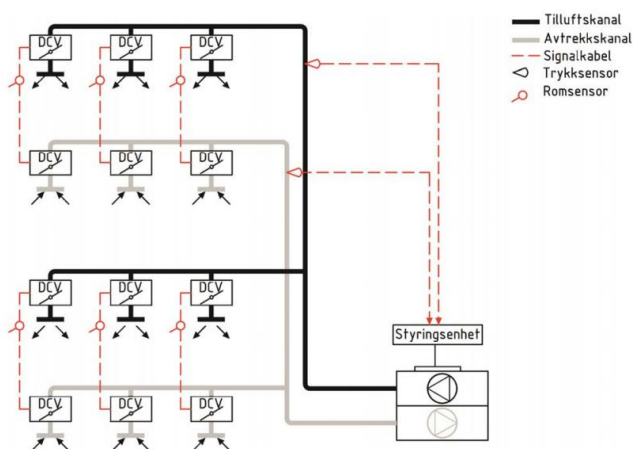
Reduksjon i luftmengde, under dellast drift, løses i dag ved en frekvensregulert/turtallsregulerbar vifte som styres med innebygd automatikk eller på 0-10V signal etc. Viften kan enten styres av:

- Tradisjonell kanaltrykkregulator
- Energieffektivt spjeldvinkelstyring (luftmengdestyring), som også kan gå under navnet proporsjonaltrykkstyring og optimizer-system (produkt navn)

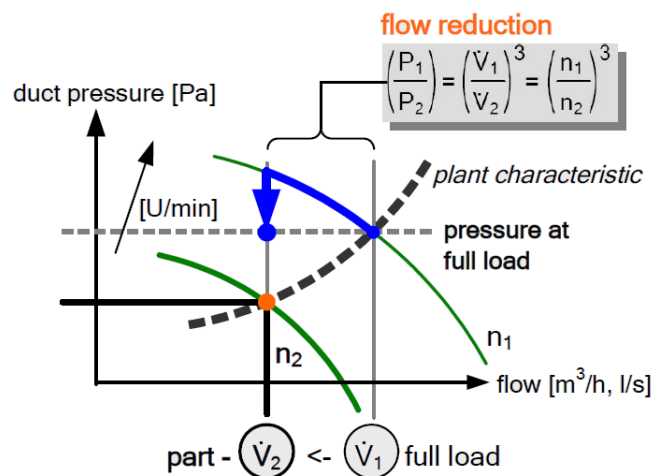
2.2.1 KONSTANT TRYKKREGULERING

Konstant trykkregulering av et ventilasjonsanlegg (tradisjonell løsning) baserer seg på skissen i Figur 9 som viser at viftepådraget styres av trykksensor i hovedkanalen. Disse sensorene er kalibrert til å melde fra om avvik fra trykket som er fastsatt i kanalen til en regulator som styrer viftepådraget på vifta for å opprettholde konstant statisk trykk i kanalen uansett luftmengde[1]. På romnivå er hver enkelt DCV-enhet (VAV spjeld) tilkoblet en sensor som tilpasser luftmengden, dvs. VAV-spjeldet for hvert rom lever sitt eget liv uavhengig av alle de andre rommene. Når luftmengdebehovet endres på romnivå endres spjeldinnstillingen som igjen påvirker det statiske trykket i kanalen. Trykksettpunktet som er reguleringsvariabelen er satt til å tilføre nok trykk (luft) til den mest ugunstige VAV-enheten til enhver tid. Da vil de resterende VAV-enhetene som ligger med lavere luftmengde måtte strupe vekk det ekstra trykket over VAV-enheten, noe som ofte er tilfelle ved variasjoner i behov fra forskjellige rom. Dette forverres under del-last, for da operer disse enhetene i det mest ugunstige området med hensyn til reguleringskarakteristikk, lyd og trykktap.

Anleggsdiagrammet for en slik type regulering er vist i Figur 10. Når luftmengden reduseres, følges viftekarakteristikken på konstant turtall linjen ved at mange spjeld strupes og trykket bygges mer opp. Når ønsket luftmengde er nådd, reguleres trykket ned til satt kanaltrykk ved å gire ned hastigheten på viften. Tilstanden til systemet er nå ved det samme trykket, men med mindre luftmengde, og det er strupingen på VAV-spjeldene som må takle det ekstra trykket. I motsatt tilfelle vil økt luftmengde i et rom sørge for at flere spjeld åpner. Så vil trykket i kanalsystemet øke, og viften girer opp. Dette er en velkjent løsning, men det er knyttet utfordringer til plassering av sonespjeld og trykkgivere på rett sted.

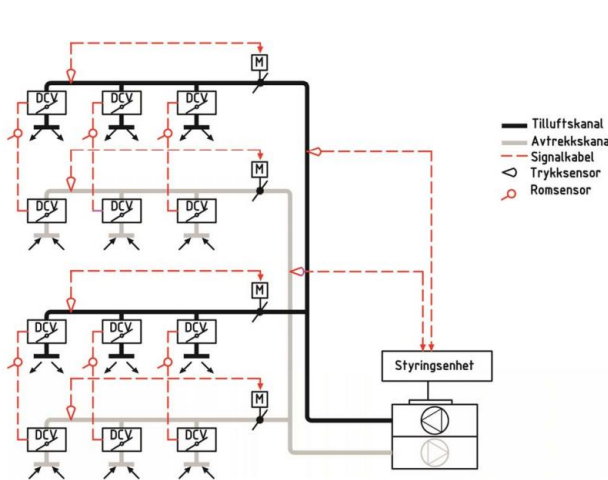


Figur 9. Konstant-trykkregulering. Viftepådrag styres av trykksensor i hovedkanal[1]

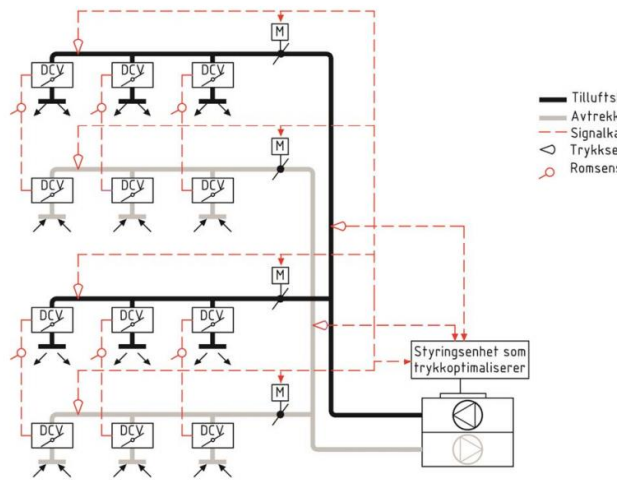


Figur 10. Anleggsdiagram kanaltrykk-regulering[10]

Som Mysen og Schild foreslår i «Behovsstyrt ventilasjon, DCV – krav og overlevering» er en mer fornuftig konstant-trykkstyring å plassere sonespjeld for hver gren styrt etter et 0-10V-signal fra trykk-giverene (plasseres ca. 2/3 ut i gren), se Figur 11[1]. Sonene får da konstant trykk for bedre oppfatning av trykkendringer på romnivå, men også et trykksettpunkt som settes nærmere minimumstrykket til VAV-spjeldene. En annen trykkoptimert løsning, Figur 12, er å installere styringsenhet for trykk-optimalisering av hele systemet ved å sørge for at minst et VAV spjeld er i maksimalt åpen posisjon (i den grenen som har størst behov). Dette krever kommunikasjon med styringsenheten og trykksensorer ute i hver gren og i kanalen for å finne den optimale trykkfordelingen



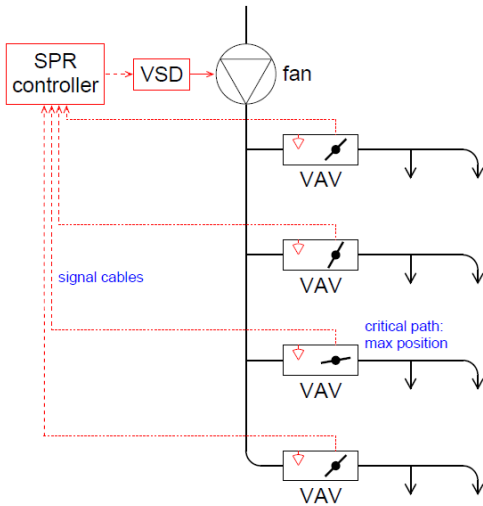
Figur 11. Konstant-trykkregulering med sonespjeld[1]



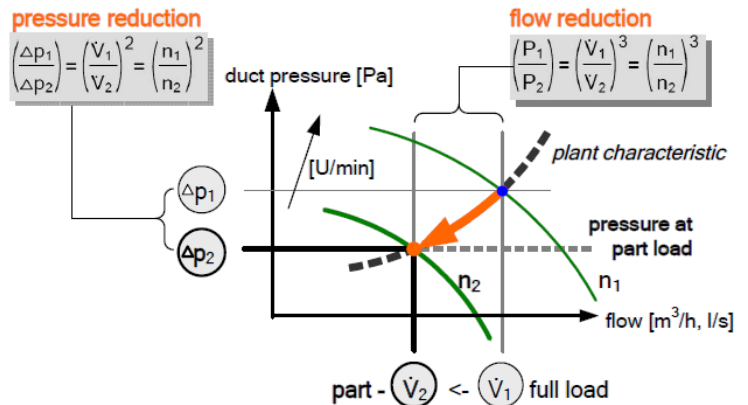
Figur 12. Trykkoptimert regulering[1]

2.2.2 SPJELDVINKEL STRYING, OPTIMIZER, PROPORSJONALTRYKKSTYRT, LUFTMENGDESTYRT

Et optimizer-system (spjeldoptimalisering) fjerner ulempene et kanaltrykkregulert system har. Systemet henter spjeldposisjonene (0-100%), målt og levert luftmengde fra de individuelle rommene/sonene på DCV-spjeldet, ved busskommunikasjon og benytter dem til å generere et energieffektivt settpunkt for vifta via frekvensomformerer (VSD-Variable Speed Drive)[10]. Målet er å holde trykktapet over VAV-enhetene lavest mulig, og derved tilpasse viftetrykket så lavt systemet lar seg regulere med lave vifteturfall. Det gjøres ved å forsøke å holde minst et spjeld (spjeldet med størst luftbehov) omtrent helt åpent (ca. 80-90 %) til enhver tid. Resultatet er at systemet reguleres i det optimale området for reguleringskarakteristikk, lyd og energibruk. Reguleringskarakteristikken følger anleggskarakteristikken vist i Figur 14 der en liten reduksjon i luftmengde tilpasses med reduksjon i vifteturfall og trykk. Totaltrykket blir redusert, og man får det nødvendige systemtrykket til den aktuelle driftssituasjonen.

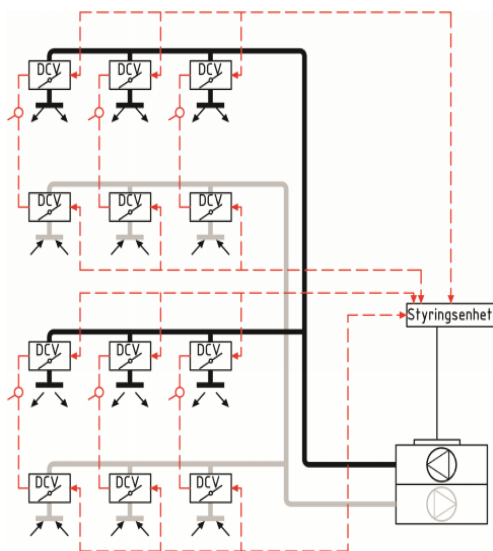


Figur 13. Optimizer funksjon der kritiske gren alltid er nesten 100 % åpen uansett luftmengde[12]

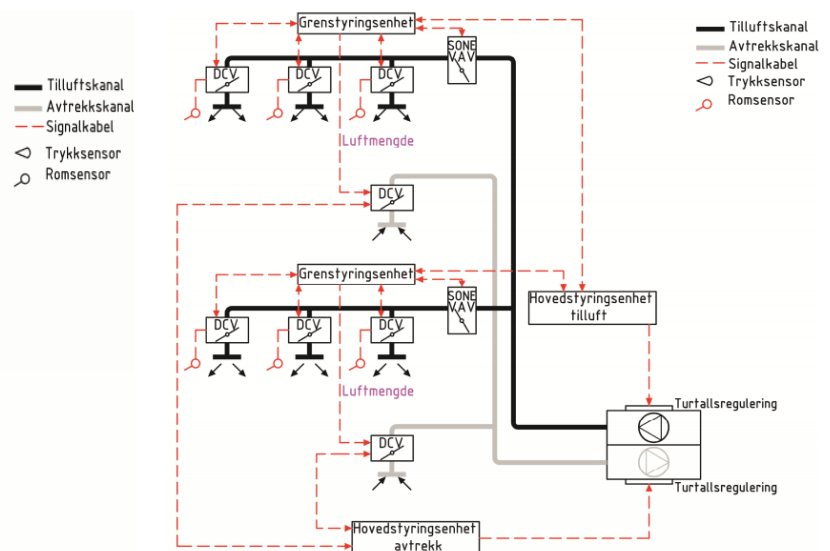


Figur 14. Anleggsdiagram optimizer system[10]

En annen variant av et optimizer system, se Figur 15, som virker på samme måte, er der DCV-enheten (VAV-spjeldet) varierer luftmengden etter behov på romnivå. De innebygde spjeldvinklene kommuniseres så via en styrings- og kommunikasjonsenhet til et overordnet BMS (Building Management System) eller en styringsenhet (PLS, men også kalt optimizer) som optimaliserer styringen av viften ved å summere systemets luftmengder og alle spjeldposisjoner[7]. For større anlegg vil normalt en kombinasjon av Figur 13 og Figur 15 være en bedre løsning, og da gjerne med en hierarkisk oppbygging med grensstyringsenhet, hovedstyringsenhet og SONE-VAV-spjeld som vist i Figur 16[7].



Figur 15. Spjeldoptimalisert regulering - uten grenspjeld[7]



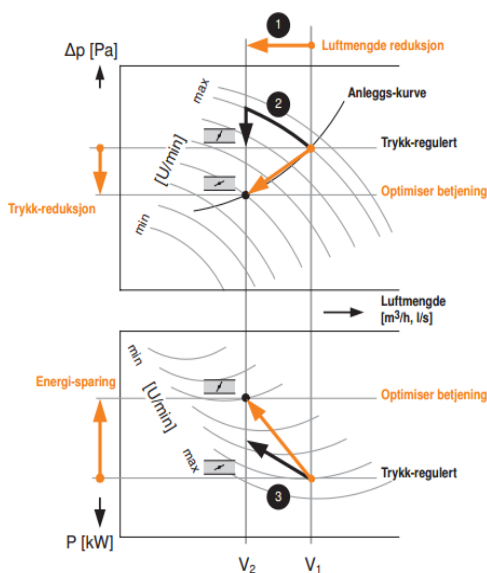
Figur 16. Prinsippkisse med grenspjeld og sentrale avtrekk[7]

2.2.3 TRYKKSTYRT MOT OPTIMIZER REGULERING

De ulike reguleringsprinsippene benyttes ulikt av de ulike VAV- og DCV-systemene som er på markedet og finnes med andre oppsett enn vist i figurene over for rom, sone, gren, avtrekk og viftestyring. Hovedprinsippet er det samme. Noen leverer kun tradisjonell trykkstyring, mens de som leverer optimizer-system også kan trykkstyre deler av et ventilasjonsanlegg med trykkstyring f.eks. i kanalene eller for visse soner med CAV. Trykkstyring kan være godt nok i mange tilfeller ved lik variasjon i behov, mens optimizer har flere fordeler som vist i Tabell 1.

Tabell 1. utfordringer trykkstyrt mot fordeler optimizer system

Trykkstyrt: utfordringer	Optimizerstyrt: Fordeler
Sensor/tryggiver plassering og sensitivitet til å oppdage små trykkforandringer på romnivå som kan endre luftmengde fordelingen i systemet	Viftens energibruk reduseres med inntil 50 % pga. lavere trykk i kanalen[13]
Innregulering av trykksettpunkt	Redusert luftstøy
Systemtrykket er alltid som ved full last	Fri systemstørrelse, pga. mulighet for kaskade
Høyt trykktap pga. spjeldene som struper, strupestøy	Kompenserer for trykktap (skitne filtre)
Unødvendig energibruk til vifte	Fleksible systemkonsept med blandinger av VAV og CAV (trykkstyrte) løsninger



- Trykk-regulert**
- Volum-reduksjon 1** VAV-enheter: Spjeld lukker inntil innstilt luftmengde er nådd
- Respons på kanaltrykk 2**
- Kanaltrykket øker
 - Trykkstyring korrigerer for å sette konstant trykk, dvs trykk ved full last
 - VAV spjeld lukker for å kompensere (eliminere) for høyt kanaltrykk
 - Økt luftstøy
- Energi-sparing 3** Viften går med lavere hastighet pga det reduserte ventilasjonsbehovet. De etterfølgende VAV-enhetene har ikke påvirkning og regulerer derfor i et ugunstig område som et resultat av det økede trykket. Resultat:
- Unødvendig trykk-tap i kanalsystemet
 - Unødvendig høyt energiforbruk

Optimizer betjening

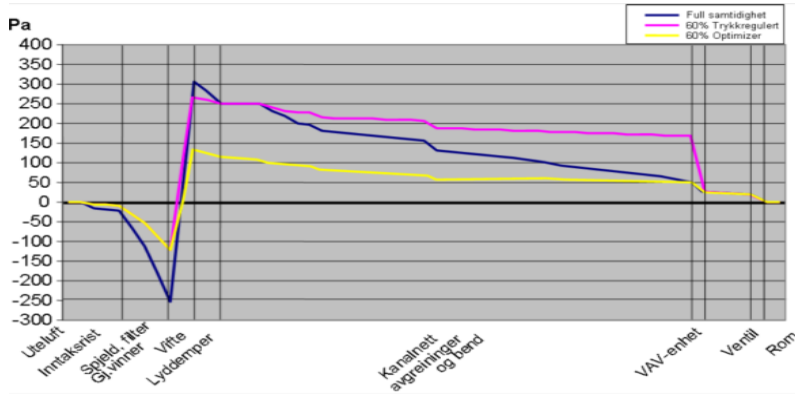
VAV-enheter: Spjeld lukker inntil settpunkt for luftmengde er nådd

Optimiseren registrerer nye situasjonen ut fra endring i spjeld-posisjon og reduserer viftehastigheten inntil spjeldene i alle VAV-enhetene regulerer i det optimale området

- Viften går med lavere hastighet – lavere luftmengde
- Betydelig lavere kanaltrykk enn med trykkregulering pga mindre motstand i kanalnett (optimal spjelstilling)

Figur 17. Luftmengdereduksjon: trykkregulert- mot optimizer løsning. Kilde: Belimo[13]

Figur 17 oppsummerer styringsprinsippene for hvordan et trykkstyrt anlegg og et optimizerstyrt anlegg tilpasses reduserte behov for luftmengder og hvilke energibesparelser dette gir i anleggskarakteristikken. Besparelsen som figuren viser ved lavere kanaltrykk, som igjen medfører lavere nødvendig vifteeffekt, er tydelige. Denne trykkfallsbesparelsen som man unngår med struping over mange VAV-ventiler, kommer godt frem i Figur 18 der vi ser forskjellen i trykktap for de to løsningene ved 60 % samtidighet, og også ved full last. Begge løsningene er nødt til å oppnå det laveste trykket over VAV-enheten for regulering, som vil være dimensjonerende for anlegget. Besparelsen er desidert størst ved dellast, noe Tabell 2 viser ved 60 % samtidighet for et bygg med luftmengdebehov på 10 000 m^3/h og driftstid på 2880 timer. Besparelsen vil da være på ca. 37,4% basert på tall fra Trox-Auranor.



Figur 18. Anleggslinjen i et VAV-anlegg[14]

Tabell 2. Besparelser trykkregulert mot optimizer system.

	Effektbehov vifter		kWh/år
Full samtidighet	4,27 kW	100 %	12 298
60% samtidighet Trykkstyrt	2.19 kW	49 %	6 307
60 % samtidighet Optimizer	1.37 kW	32 %	3 946

2.3 AUTOMATIKK OG KOMMUNIKASJON

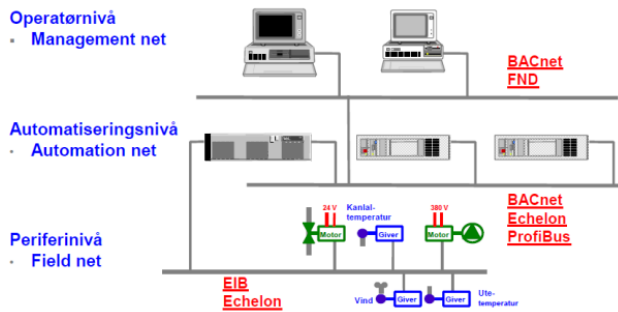
Tekniske funksjoner og installasjoner i dagens bygninger krever en form for regulering, overvåking og samkjøring for å fungere optimalt enten de styres av egen automatikk eller et overordnet bygg-automatiseringsanlegg[7]. Automatikk er en kompleks side ved de behovsstyrte ventilasjonssystem som stadig er svært viktig for at ventilasjonsanlegget skal fungere som tiltenkt. Som vi vil se videre for de ulike VAV – og DCV- systemene foregår kommunikasjon i bygningsautomatisering via «Bus» og protokoller. Dette er to begrep som går litt om hverandre. Bus er et overføringsmedium for dataoverføring fra en eller flere kilder til en eller flere mottakere, mens protokoll er et sett med regler for overføring. Bygg-automatiserings-systemer og protokoller skilles hovedsakelig på om de benytter åpne eller lukkede (proprietære – leverandøravhengige) protokoller og systemer. Forskjellen er at åpne protokoller er basert på åpne standarder og spesifikasjoner som er tilgjengelig for alle, og ikke bare produsenten som utviklet protokollen. Kostnadmessig er de åpne standardene dyrest, men de gir rom for bedre integreringsmuligheter for helhetlig styring og regulering. For transport og overføring av informasjon må alle protokollene benytte et fysisk lag (typisk signal-kabel), og det velges etter ønske om kapasitet, hastighet og sikkerhet, se Tabell 3. Det fysiske laget er ofte der det skjer koblingsfeil og annet kluss på byggeplass ved installasjon som kan føre til problemer med innregulering og riktig styring av systemet.

Tabell 3. Fysisk overføringslag for kommunikasjon i bygningsautomatisering

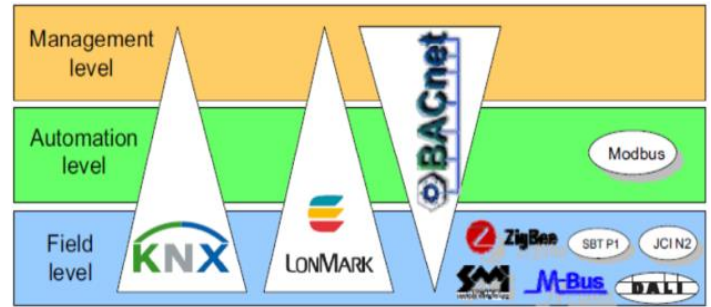
Fysisk lag	Protokoll/BUS og automatiseringsanlegg vurderes i forhold til
Tvinnede tråddpar	Overføringskapasitet og hastighet
Trådløst	Pålitelighet, driftsikkerhet, fleksibilitet
Infrarød	Funksjonalitet
Ethernet	Utvidelsesmulighet
Radiofrekvens	Grensesnitt mot andre systemer
Koaksialkabel	Brukervennlighet
Fiber	Produsenter

For behovsstyrte ventilasjonssystemer og standardiserte protokoller som benyttes verden over, er det i følge[15] vanlig å dele systemet inn i en tredelt hierarkisk modell, se Figur 19.

- **Feltnivå:** Hovedsakelig komponenter ute i bygget som sensorer, aktuatorer, regulatorer og pådragsorgan.
- **Automatiseringsnivå:** Prosesseringsnivå der overvåking, innsamling og programmerbare regulatorer kjører.
- **Managementnivå (SD anlegg):** Informasjonsnivået for kommunikasjon med regulatorer, overvåking, alarm, trendlogging, statistisk analyse, energiovervåking. Vanligvis PC eller Webserver.



Figur 19. SD anlegg (kilde NTNU)



Figur 20. Standardiserte protokoller i bygningsautomatisering[15]

Utviklingen innenfor byggautomatisering har gått raskt der mange aktører har etablert sine egenutviklede kommunikasjonsplattformer. Økt standardisering og samling rundt noen få systemer har gjort at KNX, LONMark og BACnet står igjen som de største protokollene på verdensbasis. Som Figur 20 viser er KNX og LONMark mer feltnivårettet, mens BACnet har størst base rundt managementnivået. Felles for dem alle er at de er komplekse protokoller som kan bli benyttet til all slags mulig styring, kommunikasjon og integrering av forskjellige tekniske komponenter.

2.3.1 BMS/BAS/BACS/SD-ANLEGG – KONTROLLSYSTEMER

Med bruk av bygningsautomatisering kan styring og regulering av ventilasjonsanlegg, belysning, klimastyring, persiennestyring, vindusstyring, brannalarm og innbruddsalarm knyttes sammen i et samkjørt sentralt driftssystem, SD anlegg. Begrepene BMS (Building Management System), BAS (Building Automation Systems), BACS (Building Automation and Control Systems) er tilsvarende systemer som benytter bygningsautomatisering for overordnet styring, overvåking og kontroll av funksjoner i bygget. Hensikten er å optimalisere driftssituasjonen og energieffektiviteten samtidig som ulike tekniske fag integreres til et system for å kunne gi ut informasjon om drift, vedlikehold, energiovervåking (EOS-energioppfølgingssystem), trender, alarmer og analyser om bruken for å gjøre beslutninger for å øke energieffektiviteten. Med et EOS system vil byggeier raskt kunne oppdage eventuelle avvik og gjøre nødvendige korrigeringer før feilbruken gir utslag i for høye energikostnader, som ved erfaringer viser at gir 3-10 % energireduksjon[3]. Et overordnet system benytter matematiske og statistiske modeller/programmer for å vite hva som er optimalt til enhver tid, enten der er å ligge i forkant, litt i etterkant, ha mest mulig jevn drift eller til enhver tid å følge behovet så nøyaktig det lar seg gjøre for at tap i generering og distribusjon holdes ved et minimumsnivå (NS 15232)[16].



Figur 21. SD anleggets funksjon

2.4 VAV- OG DCV- SYSTEMER PÅ MARKEDET

I de påfølgende underkapitlene vil grunnprinsippene og det overordnede systemoppsettet til hvert av de 8 mest brukte VAV-DCV-systemene på det norske markedet blir presentert, med bakgrunn i den oppbyggende prosjektoppgaven[4], og det vises til denne rapporten for detaljerte beskrivelser av systemene og løsningene. Presentasjonen av de ulike systemene er kun ment som belysende informasjon for å bedre forståelsen av de senere analysene av systemene i kapittel 6, 7 og 8. Det er ingen nødvendighet at leser setter seg grundig inn i disse behovsstyrte systemene for å forstå den senere delen av rapporten, men det anbefales å se raskt over de forskjellige oppbygningene og funksjonaliteter som skiller systemene. I det påfølgende avsnittet er et kortfattet sammendrag som gir essensen av de ulike systemene som presenteres.

SAMMENDRAG

Gjennomgangen av de viktigste VAV-systemene på markedet vil tydelig vise at det er ulike løsninger og oppbygginger. Noen systemer styrer viften med optimizer/spjeldstyringsfunksjon, mens noen styrer på konstant trykk i kanalen. Skal man velge system, så er det først og fremst den parameteren man bør se på, samt hva slags SFP-faktor systemet har. Systemene varierer i ulik grad i forhold til antall forskjellige løsninger og typer komponenter som leveres. **Lindinvent (kap.2.4.1)**, **Lindab (kap.2.4.7)** og **Swegon (kap.2.4.3)** har bl.a. trinnløse aktive ventiler i sitt sortiment, mens **DBV (kap.2.4.2)** og **Caverion (kap.2.4.5)** leverer løsninger med trinnstyrte spjeld. **Swegon**, **TroxAuranor (kap.2.4.8)** og **FlaktWoods (kap.2.4.4)** utmerker seg som de største totalløsnings leverandører som kan levere komplette systemer med omtrent alt av aggregat, SD anlegg, alt av ventiler, spjeld, komfortmoduler og sensorer. Det samme gjelder Caverion og GK-Lindinvent som også er ventilasjonsentreprenør for sine løsninger der de har enerett på å levere sitt system. Noen systemer er mindre og mer standardiserte, slik som **Micromatic (kap.2.4.6)** og DBV-Saasprosjekt, og møter sine begrensinger hvis det blir kompliserte systemer og må da integreres med annet utstyr, selv om det er helt vanlig at alle VAV- og DCV- systemene må integrere andre funksjoner/komponenter til sine systemer eller selv integreres til et annet. Valg av protokoll/bus for kommunikasjon er en viktig faktor for integrerbarhet til andre systemer. De fleste systemene har mulighet for åpen standard kommunikasjon opp mot forskjellige typer SD anlegg og ingen er lukket til en plattform annet enn Lindab og sin løsning. Noen systemer har proprietære «bus'er» på feltnivå, og da er det kun produkter fra den leverandøren som er mulig å integrere (gateways for oversetting er mulig, men det blir fort kostbart og tungvint).

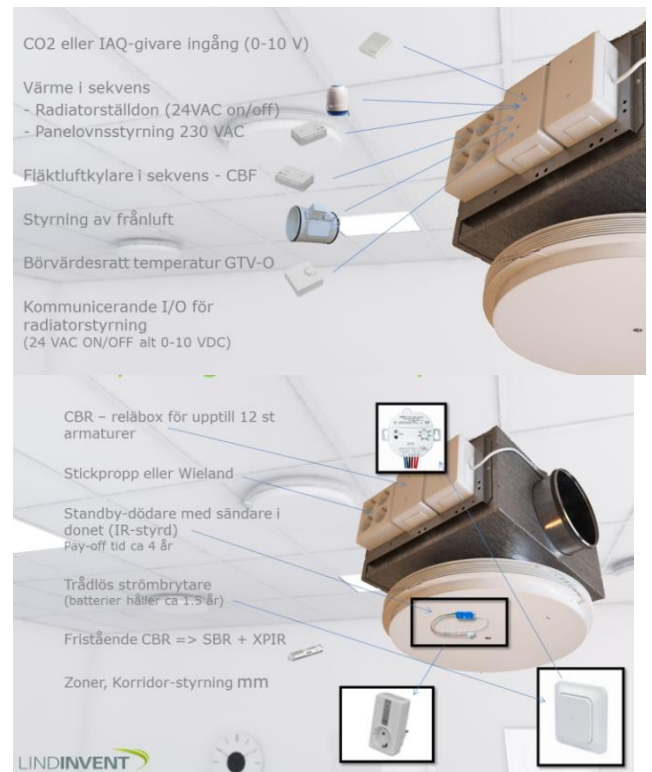
Alle systemene som presenteres videre løser ikke absolutt alt, men de kan være egnet i de fleste tilfeller som et godt alternativ fremfor å skreddersy komponenter fra en rekke ulike produsenter og leverandører sammen til et system. De ulike VAV- og DCV- systemene må også velges/vurderes ut fra type prosjekt og hvilket behov de skal løse m.h.t funksjon og virkemåte som tilfredsstiller spesifikasjonene som bl.a. faktorer som påvirker tilførselsluftmengden. Bruken av bygget må med andre ord bestemmes før man velger system, slik at bygget designes for den aktuelle driftssituasjonen. Til slutt må systemene vurderes opp mot hverandre i forhold til hvor energieffektive systemene er og livssyklus kostnadene de bidrar med i byggets levetid. Det gjelder spesielt i forhold til drift, vedlikehold og utskiftninger. Livssyklus kostnader vil for øvrig bli gjennomgått i detalj i neste kapittel, kapittel 0. På de neste sidene følger et en-sides sammendrag for hvert VAV- og DCV- system, og det bemerkes at systemene har en rekke andre løsninger, komponenter og funksjoner som ikke er omtalt.

System	Kapittel	Side
Lindinvent	2.4.1	20
DBV	2.4.2	21
Swegon	2.4.3	22
FlaktWoods	2.4.4	23
Caverion	2.4.5	24
Micromatic	2.4.6	25
Lindab	2.4.7	26
TroxAuranor	2.4.8	27

2.4.1 GK – LINDINVENT

GK har enerett og avtale med Lindinvent om den behovsstyrte løsningen de leverer. Lindinvent sin løsning for behovsstyrt ventilasjon består hovedsakelig av en løsning med en aktiv tilluftsventil med integrert automatikk, motor, og sensormodul, vist i Figur 22, som styrer både tilførsel av friskluft og temperatur i bygningen. Sensormodulen har innebygd måler for alle de klassiske behovsstyrte ventilasjonsparameterene (CO₂, temp, tilstedværelse) og tilknytninger til flere sensorer i rom. Dessuten er det en styringsenhet som kan styre belysning, radiatorstyring i sekvens, trykk og luftmengde giver. Den trinnløse tilluftsventilen er konstruert for blandingsventilasjon for store variasjoner i luftmengder, der ventilen klarer å opprettholde høy innblåsingshastighet og innblanding selv ved lave luftmengder i tilfeller der luften vanligvis «ramler» rett ned i en passiv ventil [17]. I tillegg bidrar oppbyggingen av ventilen til at trykkvariasjoner mellom 30 og 100Pa skjer uten lyd eller reguleringsproblemer, og om sommeren kan kjølemengden i luften økes for å holde riktig romtemperatur.

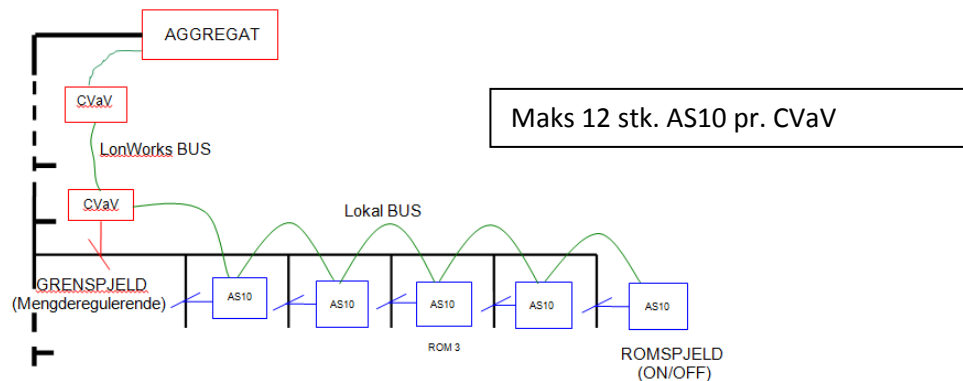
Alle spjeldene kommuniserer via en bus-kabel med aggregatet via et styresystem, og det er bus kabel gjennom alle komponentene. Kommunikasjonen mellom alle komponenter på feltnivå går via 24V AC og CAN som er en lukket/propriær «bus», og høyere opp i systemet går det via CMA-enheten på TCP/IP. Systemet er spjeldvinkelstyrt med optimizer, og det er som regel trykkoptimering av sonene slik at åpningsgraden for ventilen i designsonen (ofte lengst unna) skal være 90 % åpen og viftene genererer akkurat den mengden luft som trengs. Andre funksjoner som Lindinventsystemet integrerer og optimerer er: temperaturregulering, nærværestyring inkl. belysning, CO₂ styring, styring av avtrekk, brann, ventilasjon, logiske soner, master/slave, luftmengde, tilluftstemperatur, sommer/vinter børverdi og sommernattkjøling. For maksimal kontroll og styring kobler Lindinvent sine produkter opp mot et brukergrensesnitt til web, kalt Lindinspect, der en kan følge og drifte anlegget.



Figur 22. GK- Lindinvent systemprinsipp

2.4.2 SAASPROSJEKT – DBV

DBV, Digital Behovstilpasset Ventilasjon, er et norskutviklet mengdestyrt system for behovstilpasset ventilasjon fra romnivå til ventilasjonsaggregat [18]. Kort beskrevet er DBV systemet basert på mengderegulerende grenspjeld og kommunikasjon ned til on/off romspjeld og opp til luftaggregatet. Utviklingen av dette systemet har skjedd i samarbeid mellom Vekst Teknologi AS, Kongsberg Analogic AS og KRO Produksjon AS.



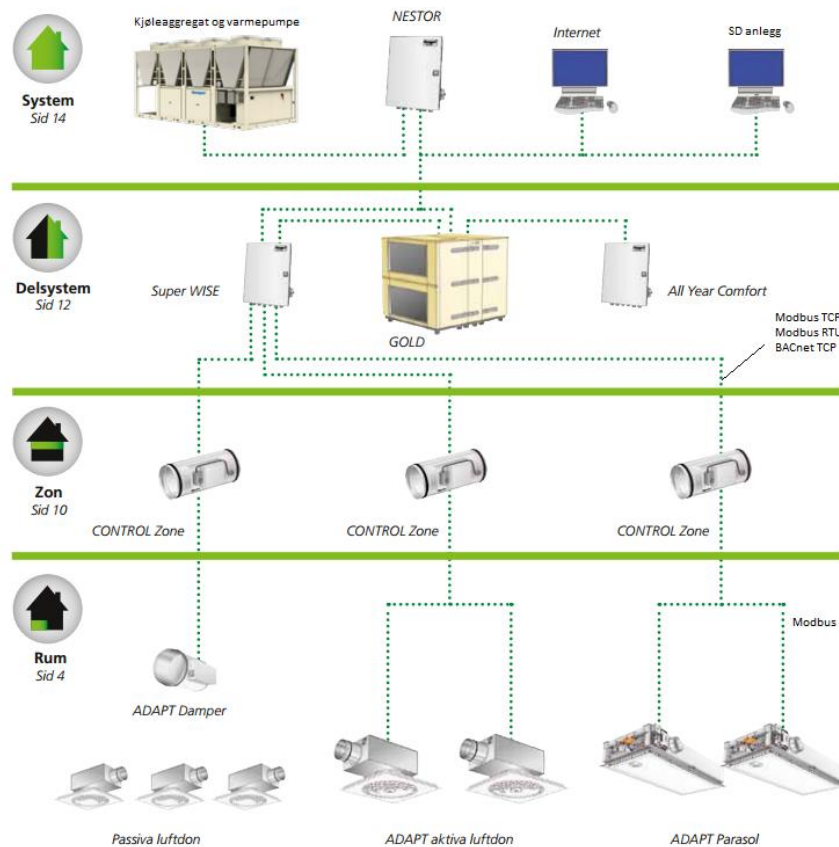
Figur 23. DBV mengderegulering på alle nivåer

Alle spjeld er forsynt med en styrings- og kommunikasjonsenhet (AS10 eller CVaV). Som Figur 23 viser er systemet bygd opp med et sett med romspjeld som har on/off posisjon for min og maks luftmengde og et grenspjeld for hver gren. For å fastlegge ventilasjonsbehovet i et rom benyttes det persondetektor og temperatursensor, CO₂-sensor etc. Når disse sensorene gir signal til styrings- og kommunikasjonsenheten, AS10, om at en person er tilstede eller et behov melder seg, vil AS10 gi et signal til motoren på romspjeldet i kanalen (evt. også slavespjeldet i avtrekkskanalen) om å åpne fra min til maks posisjon. Samtidig vil det gå et signal til CVaV-enheten som styrer grenspjeldet om å tilpasse luftmengden i grenen slik at en forhåndsbestemt luftmengde for dette rommet oppnås og følgelig riktig luftmengde for grenen. Denne luftmengden er programmert inn i CVaV-enheten i en tabell. Når luftmengden endrer seg i grenen, vil CVaV-enheten som styrer grenspjeldet samtidig sende et signal opp til CVaV-enheten som styrer aggregatet om at luftmengden skal justeres tilsvarende. Denne CVaV-enheten summerer alle luftmengdene fra alle CVaV-enhetene for alle grenene, og det er summen av disse som benyttes som settpunkt for aggregatets luftmengde.

Systemet kan kun betegnes som et VAV anlegg, som nevnt innledningsvis, fordi systemet ikke har DCV styring. Dvs. ventilasjonsluftmengden i hele systemet reguleres ikke etter målt luftkvalitetsbehov på romnivå, men justeres etter et sett med innprogrammerte verdier når rommet har behov eller ikke behov for luft. Innsparingene med enklere og billigere system gjenspeiler seg i mindre kontroll for avvik på rom/sone nivå etter installasjon og dokumenteringen av inneklimate i drift[7].

Saas Prosjekt benytter LonWoks som BUS-løsning for å imøtekomme behovet for integrasjon og funksjon ved standardiserte produkter som knyttes sammen i et nettverk for å gi enkel betjening fra et overordnet system som de også kan levere.

2.4.3 SWEGON – WISE



Figur 24. Swegon system- og produktløsning[19]

Figur 24 viser skjematisk eksempler på Swegon's behovsstyrte produkter og løsninger på alle mulige nivåer, og som et komplett system. Det som kjennetegner Wise-systemet er at det er et trykkuavhengig system (optimizer system). Luftterminalene tilpasses til riktig luftmengde basert på sensorer i rommene uavhengig av tilgjengelig trykk i kanalsystemet oppstrøms fra luftventilen. Dette gjør at Wise systemet kan operere optimalt, selv når bygningen blir renovert eller forandret, og dersom eksisterende kanalsystem ønskes beholdt. Luftaggregatet (air handling unit) og sonene er trykkkontrollert (proporsjonal-trykkstyrt) via SuperWise enheten. Trykkstyringen foregår via en trykksensor 2/3 ute i grenen kommuniserer trykket ved 2-10V signal til sonespjeldet i sonen som igjen kommuniserer med SuperWise og aggregatet for å holde sonespjeldene mest mulig åpne og samtidig ha et konstant trykk i sonen.

Løsningene på romnivå omfatter som regel passive ventiler for større luftmengder og større rom, aktive ventiler for mindre rom der regulering er viktig, og komfortmodul der ventilasjon er kombinert med et kjøle/varme batteri. For alle disse løsningene kobles sensorer og radiator/lysstyring til en ADAPT enhet som kommuniserer med spjeldene. I tillegg leverer Swegon egne aggregater som kan kommunisere via SuperWise enheten opp til NESTOR kommunikasjonsenheten og eget SD-anlegg.

2.4.4 FLAKTWOODS – IPSUM

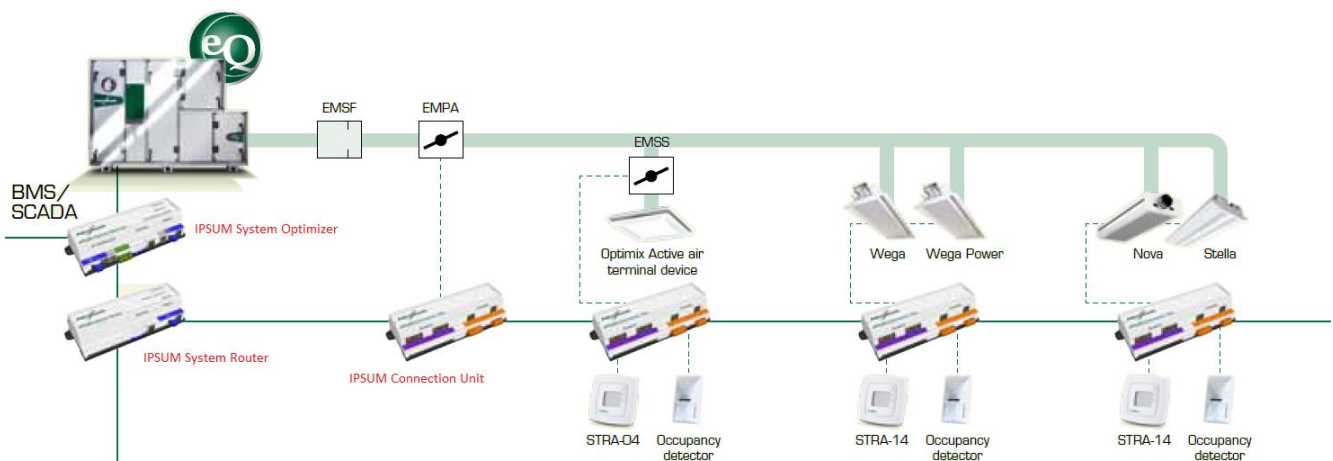
Det behovsstyrte ventilasjonssystemet til Flakt Woods heter «IPSUM Optimization System». Dette systemet har som mål å optimere trykket og temperaturen i ventilasjonssystemet med tanke på inneklime og energibruk. Systemet fokuserer på at det skal være enkelt for brukeren å drifte da det er lagt opp til et web grensesnitt med smarte funksjoner for overvåking og styring helt ned til romnivå. En forutsetning for å benytte IPSUM er at luftaggregatet må være regulerbart[20], ellers kan det benyttes en rekke andre leverandører på utstyrsbiten. Figur 25 viser prinsipielt hvordan et IPSUM system er bygget opp. Det eneste kravet til et IPSUM VAV-system er at de produktavhengige komponentene i IPSUM systemet er installert[20], nemlig:

IPSUM System Optimizer – Optimerer operasjonell data for luftbehandlingsanlegget

IPSUM System Router – Kobler sammen rom, etasjer og soner.

IPSUM Connection Unit – Integrerer produkter/enheter og sensorer til systemet, f.eks rom-regulatorer for manuell styring av temperatur, CO2-sensor eller VAV-aktuator.

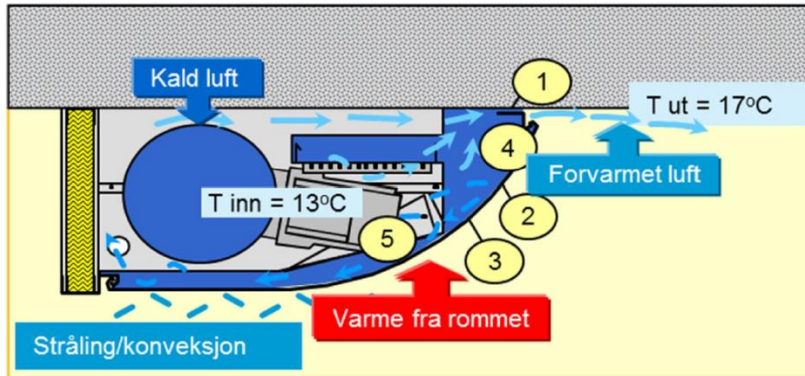
Hjertet i systemet er Optimizeren som optimerer trykket til lavest mulig nivå basert på spjeldposisjonene (der minst et spjeld skal være nesten helt åpent) samt tilluftstemperaturen basert på totalt behov for kjøling eller oppvarming i systemet. For en AHU er det tiltenkt en optimizer som kan kommunisere med inntil 30 rutere, der disse igjen kan kommunisere med 30 stk. koblingsenheter pr enhet. Dette gir muligheter for 900 koblingsenheter, men grensen for hva et system er designet for ligger på opptil 300 koblingsenheter pr system. Systemet kommuniserer på åpne standardiserte protokoller (Modbus og BACnet) slik at integrering til et overordnet BMS-system kan gjøres via en uavhengig systemintegrator. Flakt kan også levere egne aggregater der en hendig egenskap er at systemet benytter frikjøling dersom aggregatet oppdager potensialet i å bruke kjølig luft fremfor vannbasert kjøling.



Figur 25. Systemoversikt[20]

2.4.5 CAVERION – KLIMATAK

CAVERION's behovsstyrte system for ventilasjon og kjøling av kontorbygg heter KlimaTak. Løsningen skiller seg fra andre leverandører ettersom kanalen og ventilen er innbakt i en og samme konstruksjon, derav navnet KlimaTak. Dette er en løsning som kan fjerne store varmelaster, helt opp til 90-110W/m².



- 1 Spalte ved tak for frisklufttilførsel
- 2 Tett aluminiumstak (ingen støvsamling i himling pga. overtrykk)
- 3 Akustisk dempning (1/2 himling er nok for vanlige cellekontorer)
- 4 Temperaturstigning inne i taket før luften strømmer ut i rommet
- 5 Trykkventil (lydsvak struping)

Figur 26. Klimatak prinsipp, finnes andre utforminger

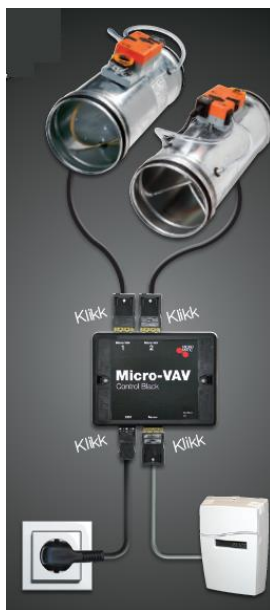
Hovedprinsippet bak KlimaTak, Figur 26, er at varme tas opp fra rommet gjennom konstruksjonen til å forvarme luften som strømmer ut til en riktig inn temperatur. Dette sørger for at varmelasten som kan fjernes, er stor i forhold til den luftmengden som kreves samtidig som det sikrer en god ventilasjon og kjøling i rommet uten trekk. Detaljene bak dette prinsippet er at den kalde luften (13C) går gjennom en trykkventil (5) som lar luften strømme ned langs aluminiumsplatene (2) som varmes fra rommet pga. temperaturredifferanse mellom sidene til flaten. Stråling og konveksjon sørger for at varme blir absorbert i platen, som i tur varmer luften gradvis opp. Denne luften stiger og sirkulerer så ut i rommet gjennom spalten (1) ved ca. 17 grader.

Trykkventilene i Klimatak-løsningen har alle en kapasitet på opp til 330m³/h pr enhet ved 200Pa trykk. Normalt er det ikke ønskelig å kjøre full mengde når ventilen er åpen, så etter behovet og innreguleringen av rommet settes det inn skumremser som kan tette i 10 trinn på henholdsvis 33m³/h ved 200Pa kanaltrykk. VAV-spjeldene har gjerne 3 trinn; åpen, lukket og en ønsket stilling. Trinnene kan aktiveres /styres via en bevegelsessensor, manuell bryter, termostat med releutgang eller CO2 føler, etc.[21].

Klimatak løsningene benytter ofte sentrale avtrekk ved at tilluftsmengde og avtrekksmengde måles med en måleblende. Systemet er trykkstyrt (kan også ha optimizer) ved at en trykksensor plasseres 1/3 ut i hver gren og sørger for konstant trykk ved å kommunisere opp til aggregatet via åpen Bus. Funksjoner som er vanlig å koble inn i Klimataksystemet er sekvensstyring av varme, kjøling, ventilasjon, lysstyring, solavskjerming, feilsignaler og alarm, og da gjerne via KNX-bus. Overordnet har Caverion en løsning for SD, også kalt e-drift (SCADA-Supervisory Control And Data Acquisition) samt egen autmasjonsløsning med mulighet for integrasjon mot andre systemer.

2.4.6 MICROMATIC

Løsningen til MicroMatic for behovsstyrt ventilasjon er en CO₂- og temperaturregulator som styrer spjeldet slik at tilført luftmengde alltid følger behovet for friskluft. I tillegg opprettholdes ønsket temperatur. Løsningen kan styres direkte fra rommet, eller via et sentralt driftskontrollanlegg [22]. Micro-VAV er en trykkuavhengig volumregulator som regulerer luftmengden ut fra belastningen/sensoren i rommet. Reguleringen av de ovale spjeldbladene gjøres via en Belimo VAV-trinnløs regulator som standard, og denne regulatoren kan tilkobles ulike typer sensorer (CO₂, temperatur, bevegelse og ur) med enkle plug & play kablingsystemer via enheten Control Black med Wago Winsta plugger, se Figur 27[23]. Når installasjonsmontøren har satt inn anlegget er det bare å programmere til ønsket min og max for luftmengde og så sette inn 230V støpselet.



Figur 27 Micro-VAV Control Black



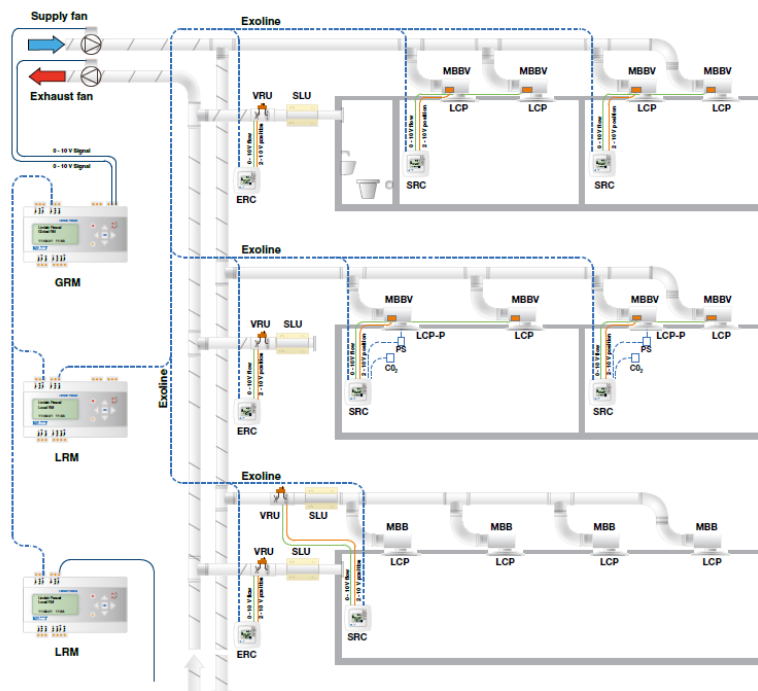
Figur 28 Micro-VAV Control White, med innkobling for lys-styring

Micro Matic har også lagd en ny type løsning som tar med lysstyring og ventilasjon i det samme systemet, kalt Micro-VAV Control White, se Figur 28. Dette systemet passer i mindre rom, inntil 20m², som cellekontorer og små møterom. Det er de samme pluggbare løsningene som for Control Black. I tillegg kan termostatene som Micromatic regulerer alle typer varmekilder med sparefunksjon som kan tilpasses bruksmønster og bruksområde.

Micromatic sitt system kan leveres med komplett KNX styringsystem for lys, varme og ventilasjon i hele bygget og det er denne type Bus som benyttes for kommunikasjon og integrasjon til andre system. Foruten dette oppsettet leverer Micromatic en rekke andre komponenter.

2.4.7 LINDAB PASCAL

Lindab Pascal er et komplett VAV-system basert på luftmengde regulering (variabelt trykksystem) med en vifte-optimizerfunksjon som kontrollerer turtallet på både tilluft-og avtrekksviftene[24]. Lindab's serie av VAV-produkter inkluderer flere typer tilluftsvifter med motoriserte spjeld for å justere luftmengden fra 0 til 100% i tillegg til produkter for luftmengdestyring på sonenivå og trykkgulererte spjeld i kanalsystemet. Systemet leser av alle spjeldposisjoner på romnivå og sørger for nok luft tilgjengelig i alle deler av systemet ved at minst et spjeld er 85% åpent (design sonen) slik at viften ikke genererer høyere trykk enn nødvendig[24]. MBBV-boksen er en aktiv ventil for regulering av luftmengder, der et konisk spjeld muliggjør et trykk på 200Pa med lavt lydnivå og en integrert motor med nøyaktig luftmengdemåling – der et differansetrykk over spjeldet måles i stedet for rett foran.



Figur 29. Pascal System[25]

Figur 29 viser en standard systembeskrivelse av et Pascal anlegg. Figuren viser tydelig hvordan systemet reguleres og kontrolleres i en samhandling mellom rom-regulator, spjeld og overordnede regulatorer. Det er «Regula Combi» (SRC og ERC) enhetene som leser av temperatur i tillegg til evt. CO2 og tilstedeværelse (viften kan også ha denne innebygd). Børverdiene sammenliknes med aktuelle verdier som gir et 0-10V signal til spjeldet i MBBV boksen om å åpne eller lukke for mer luftstrøm. Som den nederste etasjen/sonen viser er det også mulig å regulere luftmengden overordnet for en hel gren. Avtrekksmengden regulerer seg selv basert på summasjon av luftmengden i tilluften via LRM, Local Regula Master, som sammenlikner totalt avtrekk med total tilluft. ERC konverterer Exoline protokollen (proprietær Bus) til et 0-10V signal for avtrekksspjeldet. I tillegg henter LRM alle verdier for luftmengder og spjeldposisjoner for en sone, samt utfører operasjonell kontroll og kommunikasjon til GRM, Global Regula Master. GRM samler alle spjeldposisjoner fra alle LRM'ene og kontrollerer viftehastigheten for å minimere energibruken. I tillegg kan regulatorene kommunisere opp mot SD anlegget som gir oversikt over systemet. Lindab produserer også egne kombibafler, kalt Plexos, men disse har Klimsystem AS enerett på å levere.

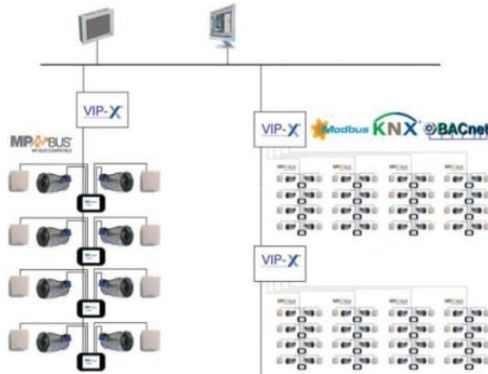
2.4.8 TROX AURANOR – VIP-X

Kjernen i Trox Auranor VAV-systemet er VIP-X enheten. VIP-X står for «Ventilation Integrated Processing» som er en komplett styrings og reguleringsenhet for VAV. Den kan knytte inntil 32 spjeld pr enhet med strømforsyning og bus-kommunikasjon for å integrere hele ventilasjonssystemet opp til SD anlegget. Kommunikasjon kan gå begge veier via Modbus, BACnet eller KNX der viktig informasjon som luftmengder, spjeldvinkler (optimizer funksjon), sensorverdier, osv. kan hentes ut og opp til SD-anlegget, se Figur 31. I motsatt tilfelle kan sensorverdier eller pådrag hentes fra et overordnet system for å styre VIP-X-enheters underlagte periferienivå via MP-bus. Integrasjon til andre tekniske systemer foregår via BACnet som vist i Figur 32.

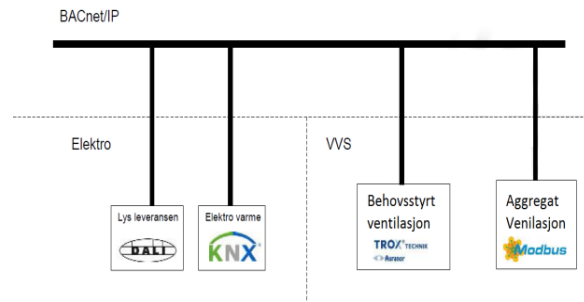
VIP-X har integrert webserveren for visualisering og styring av de tilkoblede enhetene som automatisk settes opp, og innlegging av luftmengder og definering av reguleringsløyper kan enkelt gjøres via dette toppsystemet [26]. For drift vil VIP-X gi full oversikt over spjeldvinkelovervåking, luftmengden og fordelingen av denne, og også trykket dersom det er trykkregulering



Figur 30. VIP-X enheten

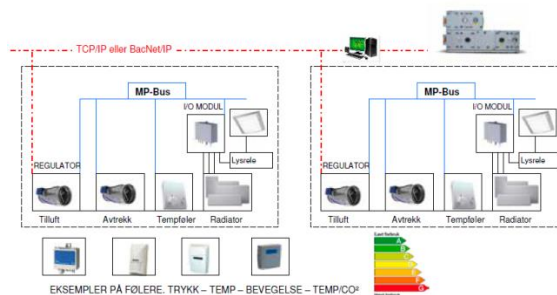


Figur 31. VIP-X med MP-bus lokalt og Modbus, KNX og BACnet mellom VIP-X enheter opp til SD-anlegg.



Figur 32. Integrasjon til andre tekniske systemer.

For sone og romnivå kan Trox soneapplikasjon benyttes, Figur 33. Trox soneapplikasjon er et fritt programmerbart automasjonssystem der hardware og software er integrert i de eksisterende komponentene. Systemet kommuniserer på MP-Bus innad i hver sone, og kan overvåkes og konfigureres via web bilder fra TCP/IP eller BACnet/IP[14]. Ved regulering av standard Belimo VAV spjeldene (trinnstyring, trinnløs eller CAV) benyttes lokale følere som er koblet sammen i en fordelingsboks, eller et signal fra SD-anlegget. Ved trykkregulering av soner benyttes kun trykkfølere fordi reguleringsfunksjonen allerede ligger i VIP-X. Et viktig produkt som TroxAuranor leverer er en nytviklet multibaffel ved navn Svalbard MB. Den inkluderer kjøling, varme, VAV ventilasjon, sprinkling, lysstyring osv.



Figur 33. Trox Auranor Soneapplikasjon med tilhørende mulige sensorer.

3. LIVSSYKLUSKOSTNADER I ET BYGGEPROSJEKT



LCC står for Life Cycle Cost, der vi på norsk sier livssyklus kostnader eller levetidskostnader. De fleste byggherrer som investerer i bygninger kan kalkulere hva det vil koste å bygge en bygning investeringsmessig. Betydningen av å vurdere investeringskostnaden i sammenheng med de etterfølgende kostnadene og skaffe oversikt over disse kan være vanskelig og virke lite viktig. De påfølgende fasene i byggets bruk har i den senere tid fått mer fokus både for eier av bygget og brukere da de fleste forutsetninger og konsekvenser av valg for de etterfølgende fasene blir lagt i nybyggfasen. Høyere fokus og krav på dette gir grunnlag for bedre bygninger, mindre energibruk og lavere fremtidige utgifter, som igjen kan sørge for høyere utleie priser³ og lengre levetid på bygningen. NS 3454:2013, «Livssyklus kostnader i byggverk» legger føringer for kalkulasjonsmetodikk og konstnadsoppstilling for kalkulasjon av livssyklus kostnader for byggverk og bygningsdeler[27]. Standarden definerer livssyklus kostnader til å omfatte alle kostnader som påløper ved oppføring, bruk og avhending av en bygningsdel eller et byggverk[27].

Å gjøre en LCC analyse er et verktøy for å sammenfatte de summerte kostnadene av investeringer og alle de tenkte operasjonelle kostnader som generes gjennom livsløpet til en bygningsdel/byggverk. Livsløpet kan her være fra «ideen om å reise en bygning som investeringsmulighet eller et svar på et behov for lokaler, gjennom utvikling av de ulike fasene i byggeprosessen, til skiftende bruk av bygningen med forvaltning, drift og vedlikehold, og helt frem til bygningen en gang i fremtiden rives (helt eller delvis) og materialene blir gjenbrukt, deponert eller destruert[28]». Alle disse livsløpskostnadene diskonteres så over levetiden for å skaffe et reelt bilde av de faktiske totale kostnadene i et byggeprosjekt. I tillegg gir det et godt bilde av hva som må settes av for å gjøre vedlikehold og utskiftninger gjennom levetiden, samt hvilke tiltak som kan redusere de fremtidige kostnadene. Kjenner man størrelsesorden på de ulike kostnadskomponentene så er det lettere å iverksette innsparingstiltak der mulighetene er størst for å spare penger. I tillegg kan en unngå dårlige investeringer som resulterer i høye operasjonelle kostnader[29]. Med tanke på at anskaffelseskostnadene i hele livsløpet til en bygning utgjør 50-65% av de samlede kostnadene, er det viktig å ta hensyn til de øvrige kostnadene knyttet til forvaltning, drift og vedlikehold. I tillegg kommer kostnader til rehabilitering og ombygninger[29]. Oppsummert i Figur 34, regner man kostnader over hele levetiden, gjennom produksjon, transport, installasjon, bruk og vedlikehold i tillegg til evt. restverdi/avviklingsverdi som trekkes fra.

LCC er alle kostnadene i hele bygningens levetid.

Det vil si anskaffelses- og restkostnad og alle kostnader til forvaltning, drift og vedlikehold, utskifting og utvikling, forsyning og renhold samt restverdi som påløper i bruksfasen. Verdien ved avhending blir trukket fra.

Figur 34. LCC forklaring⁴ [29]

³ Under forutsetning av at leietager betaler for energibruken. Det er mest vanlig

⁴ Restkostnaden er trukket fra med motsatt fortegn av kostnadene

3.1 HVORFOR/HENSIKT GJØRE EN LCC BEREGNING

En LCC-analyse er et viktig redskap ved planlegging av nybygg, rehabilitering, ombygging, forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av eiendommer [30]. En LCC-analyse synliggjør forventede kostnader knyttet til bruken av bygget og kan gi et grunnlag i tidligfase for alternativitetsbetraktninger og husleieberegninger. De viktigste grunnene til å gjennomføre en LCC beregning er først og fremst:

- Synliggjøring av de totale kostnadene i et byggeprosjekt
- Sørger for kostnadseffektive og kvalitetsmessige løsninger med bedret beslutningsgrunnlag for prioriteringer og løsningsvalg
- Mer kontroll med fremtidig forvaltning, drift, vedlikeholds og utviklingskostnader (FDVU) og bidrar generelt til bedre forutsigbarhet og langsiktighet
- Bidrar ved tidligfasevurderinger, lønnsomhetsvurderinger og usikkerhetsanalyse.

Foruten føringene i NS3454 – *Livssykluskostnader for byggverk*, er det i § 6 i lov om offentlige anskaffelser krav om at statlige, kommunale og offentligrettslige organer skal ta hensyn til livssykluskostnader.

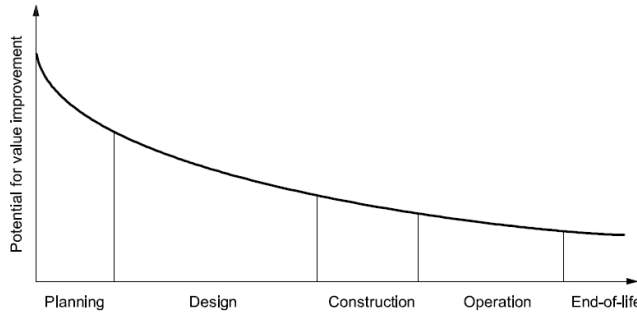
PROSJEKTERING OG ALTERNATIVITETSBETRAKTNINGER

LCC analyse kan benyttes til prosjektering for å beregne kostnader i de ulike fasene i ulike typer prosjekter. Resultatene av kostnadsberegningene kan benyttes til vurdering av alternative investeringer/løsninger ved alternativ utforming, detaljutforming, valg mellom alternative materialer, om det lønner seg med ombygging, påbygg eller nybygg, eller fokus på forbedring eller endring av drift. Det er hele tiden et spørsmål av hva som lønner seg av investeringer i bygge-løsninger og materialvalg kontra de fremtidige kostnadene FDVU som oppstår etter at bygget er oppført. En høyere initiell investering i kvalitet og løsninger kan senke de påløpende kostnadene og i motsatt tilfelle kan de øke om det er spart på gode løsninger, funksjonalitet og holdbarhet for å få bygget billigere oppsatt. Balansegangen mellom investering og fremtidige FDVU kostnader basert på utforming av tekniske løsninger og materialvalg er nøkkelen for å oppnå riktig nytteverdi og økonomi. LCC analysen skal bidra til at man kan vurdere de ulike konsekvensene ved ulike alternativ. Dette muliggjør valg av den løsningen som treffer den mest kostnadseffektive balansen mellom kapital- og driftskostnader og minimerer risiko for tidlige feil og tap av funksjonalitet i bygget[31].

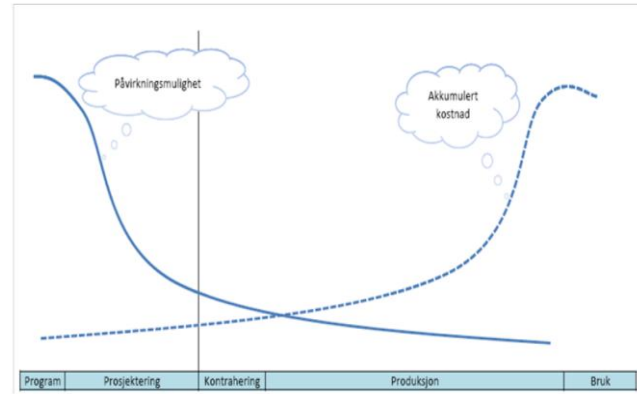
I en alternativitetsvurdering er det interessant å se fordelingen av variable utgifter og faste utgifter opp mot hverandre. De faste utgiftene er ikke påvirkbare, mens de variable er det mulig å påvirke i ulik grad når man skal se på effektiviseringer og innsparinger[32]. En variabel kostnad har som regel et nedre gulv for hvor mye kostnaden kan påvirkes av ytre faktorer, og hvor lønnsomt evt. tiltak for å redusere kostnaden kan bli. Dette kan være avgjørende ved forskjellige alternativer.

PÅVIRKNING PÅ DE FREMTIGE KOSTNADNE

Det er i tidligfasen under planlegging og design at de store besparelsene kan gjøres. Når byggingen starter, er det betydelig færre valg som kan gjøres for å påvirke de fremtidige LCC-kostnadene, se Figur 35 og Figur 36. Opptil 80 % av bygningens drift, vedlikehold og utskiftning kan påvirkes i de første 20 prosentene av program/konsept og i prosjekteringsfasen (ISO 15686)[33]. Hvis feil valg blir tatt, kan det føre til store konsekvenser senere i prosjektfasen, spesielt kostnadsmessig.

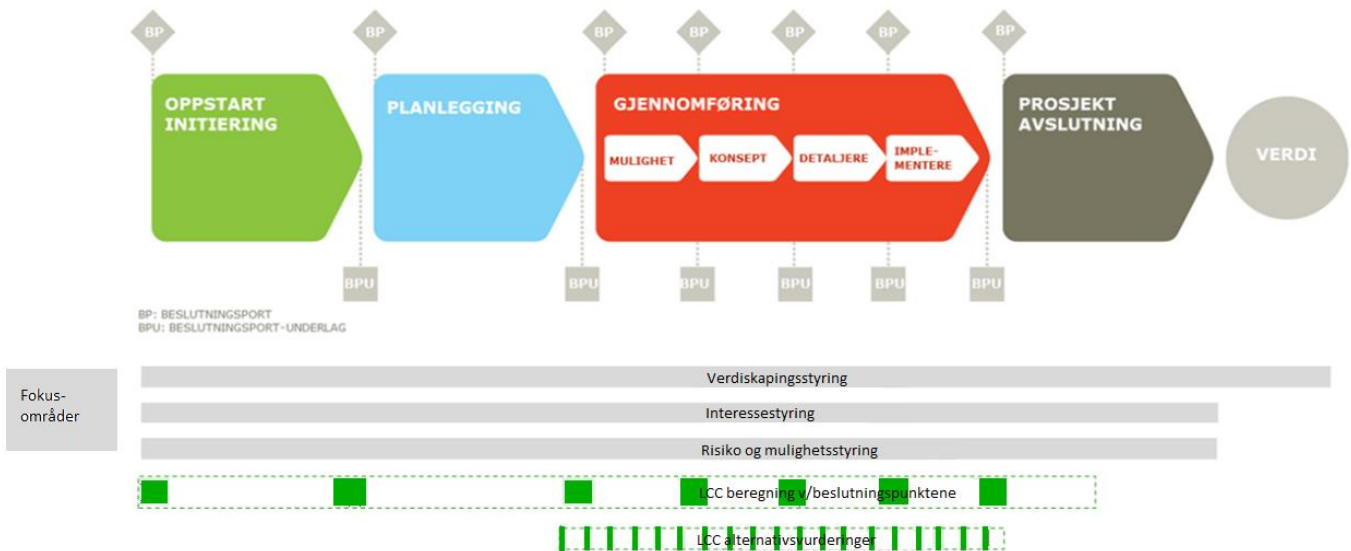


Figur 35. Mulighet for å påvirke LCC kostnaden, ISO 15686-5:2008 (E)



Figur 36. Standard påvirknings kostnadskurve. Kilde: Norsk Prisbok 2013

Det er også viktig at LCC analysen oppdateres og følges opp underveis i byggeprosjektet etter hvert som designet utvikler seg og valg blir tatt. Dette sikrer gjennomtenkte og optimale løsninger gjennom alle faser. Figur 37 viser en beslutningsmodell for en standard byggeprosess med forslag til når LCC-beregninger skal gjennomføres. Ved hvert beslutningspunkt (BP) utarbeides et beslutningsgrunnlag (BPU). I dette underlaget inngår en oppsummering av alle LCC alternativ-vurderinger som er foretatt siden forrige beslutningspunkt + nye tydelige alternativ det skal velges mellom i beslutningspunktet[29]. Beslutningsmodellen viser også at LCC-beregningene alltid skal gjøres forut for en beslutning, ellers gir det ingen verdi for beslutningen i prosjektet. LCC-beregningene ved de ulike beslutningspunktene varierer i omfang, der de gjerne er grove i tidligfasen og mer detaljerte senere. Det samme gjelder for oppsettet av drifts- og vedlikeholdsbudsjettet som fastsettes fra LCC-beregningene. De blir utarbeidet sent i detaljprosjekteringen og bearbeides mer detaljert videre.



Figur 37. Beslutningsmodell LCC. Grønne bokser viser når LCC-beregninger bør gjøres før beslutningspunktene. Figurkilde Rambøll[29]

BREEAM OG LCC

Breeam Nor standarden «MAN 12 – Analyse av levetidskostnader (LCC)» er også en motivasjonsfaktor for å gjennomføre en LCC analyse. I MAN 12 er målet å se hovedlinjene for å gjøre kvalitetsbevisste og løsningsorientert valg som best tilpasses ytelseskravene for å:

- Oppnå en reduksjon i vedlikeholdsbehov og frekvens.
- Forlengede erstatningsintervaller for tekniske installasjoner eller bygningskonstruksjoner
- Avhending med beste gjenbruk og/eller gjenvinning av bygningen

Det første poenget oppnås når en LCC analyse er gjennomført på forslagene (minst to alternativer innenfor konstruksjon, klimaskjerm, tekniske installasjoner og overflater) som fremmes i konsept og designfasen med tanke på bygfasen, drift, vedlikehold og sanering. Det andre poenget (hvis det første er oppnådd) krever at «alternativet med de laveste diskonterte livssyklus kostnadene har blitt, eller vil bli, implementert i design og spesifisering» slik at det ferdigstilte bygget reflekterer det foretrukne alternativet som er identifisert i LCC-analysen[34].

3.1.1 MILJØDEKLARASJON (EPD) OG LCA

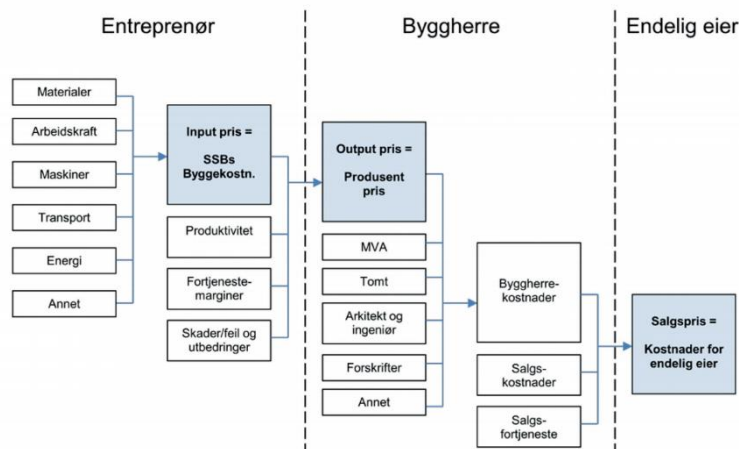
Byggebransjen har gjennom den senere tid fått et mye større fokus på miljøriktige valg når det kommer til utslipp og klimadata fra materialene som velges. Generelt har produsentene blitt mer positive til å bli med på denne merkingen som gjøres med en EPD for å analysere «carbon footprint». EPD, Environmental Product Declaration, er en miljødeklarasjon som benyttes for å vise miljøprofilen til en komponent, et ferdig produkt eller en tjeneste på grunnlag av en livsløpsanalyse (LCA), etter ISO 14040[35]. I tillegg er NS-EN 15804 brukt for byggevarer på tvers av Europa for å standardisere reglene slik at man kan sammenlikne resultatene av EPD'er for produkter fra flere land[35]. EPD standarden sikrer at miljøinformasjon i livssyklusstadiene av et produkt er angitt tydelig for alle faser[36] og skal fremstilles slik at det skal være mulig å sammenlikne miljøprofil og foreta en vurdering og et valg basert på miljødeklarasjonen. Som beskrevet i den tidligere prosjektoppgaven[4] er dette fremdeles ikke utbredt blant VAV leverandørene, men noen har så vidt begynt å se på det, da det også er krav som presser dem til dette. Blant annet er det mulig å få et poeng i Breeam Nor klassifisering dersom EPD'er er spesifisert for noen produkter i et byggeprosjekt. Det tar nok fortsatt noe tid før EPD blir implementert som bransjestandard i Norge, men vi er i gang med å benytte det. I sammenheng med EPD benyttes ofte LCA(Life Cycle Analysis) verktøyet. LCA ser på et produkt eller en tjeneste over et helt livsløp. Det er en tilsvarende type analyse som LCC analysen, men LCA inkluderer i tillegg alle andre faktorer som kan påvirke miljø, helse osv. fra produksjon, transport til destruksjon. Verktøyet er utenfor rapportens område å beskrive mer detaljert.

3.2 ENTREPRISEFORMENS INNVIRKNING PÅ KOSTNADER I ET BYGGETPROSJEKT

BYGGEPROSESSEN

I en byggeprosess vil det være ulike aktører som sitter sammen i en entrepris for gjennomføring av hele byggeprosessen fra tidligfase, idefase, forprosjekt, detaljprosjekt til utførende byggere og gjennomføring. Deltagere er som regel alltid byggherre (tiltakshaver), administrasjon, ledelse, prosjekterende og utførende. Entreprisform angir kontraktstrukturen/organisering og rammebetingelser mellom byggherre, entreprenør og prosjekterende for utførelse av prosjektering, bygging og koordinering av et byggeprosjekt[28]. Prosessen med de ulike aktørene er sammensatt og kan være avgjørende for hvor mye tid/ressurser som brukes på enkelte ting underveis i et prosjekt.

I teorien bør kostnadene være uavhengig av entreprisform hvis de styres optimalt. Norsk Prisbok har sammenfattet en konklusjon om at totalentrepriser ofte faller noe rimeligere ut i investeringskostnad pga. rimeligere løsninger/materialbruk i de tilfeller der byggherre ikke har spesifisert dette tilstrekkelig. I det tilfellet velger entreprenørene de løsningene som gagnar dem i kontrakten[37]. Totalentreprise er den mest valgte løsningen, for da vet byggherren hva som kan forventes av funksjonalitet, kvalitet og utførelse i tillegg til at totalentreprenøren tar unna en del av ansvaret med underentrepriser for å unngå for mye styr for byggherre i forhold til de involverte aktørene. Hovedentreprise benyttes når byggherre ønsker separat kontrakt med rådgivere og arkitekter der en hovedentreprenør står for arbeidet og byggherre oppretter egen kontrakt med de tekniske entreprenørene. Generalentrepriser benyttes i hovedsak når byggherre ønsker mer spesielle og avanserte løsninger med høy egendeltagelse i prosessen og/eller raskere oppstart[37]. Fordelingen av risiko mellom byggherre og entreprenør varierer i ulike entrepriser. Byggherren har hovedansvaret i utførelsesentrepriser, entreprenøren tar store deler i en totalentreprise, og samspilsentrepriser deler risikoen. De ulike entreprisoppbyggingene (finnes flere enn nevnt) har sine innvirkninger på kostnadene, men i prinsippet er det entreprenørens kostnader som blir avgjørende i byggeprosessen som vist i Figur 38. Der vises det at tilleggskostnader som er avgjørende for sluttprisen for en byggherre er avhengig av kostnader entreprenøren bringer med seg i form av hvilken produktivitet de har, fortjenestemargin og omfanget av skader/feil og utbedringer[37]. I tillegg er prosjektets gjennomføringstid innvirkende på prisen.



Figur 38. Kostnader i et byggeprosjekt (Figurkilde SSB)[37]

Med tanke på tekniske løsninger (gjelder generelt) er byggherren den bestemmende beslutningstakeren som trumfer gjennom hvilke løsninger som skal velges investeringsmessig, men han kan også velge løsninger som fokuserer på livssyklus kostnader, herunder fremtidige FDV kostnader og energieffektiv drift[28]. For valg av ventilasjonssystem er det som regel ventilasjonsentreprenøren som har vunnet det prisede tilbudet, som velger anlegg. De vet på forhånd ca. hva det koster å sy sammen en løsning innenfor angitt ramme. De har sine foretrukne leverandører og bestemmer sånn sett relativt mye for hvilken systemløsning som blir valgt for det aktuelle bygget med mindre det er prising og anbud (som regel) eller byggherren har ønske om en spesiell løsning. I en anbudssituasjon der to entreprenører kniver om en entrepriser er det trolig entreprenøren som gjør det detaljert og grundig i sin beskrivelse som trolig taper anbudskonkurransen. I en tøff konkurranse situasjon er sluttprisen viktig, noe som gjør at den billigste løsningen ofte blir valgt (Norsk VVS nr.1 2014). Dette gjelder også for de ulike VAV- og DCV-systemleverandørene, da de som regel har sine ventilasjonstekniske løsninger på anbud til ventilasjonsentreprenøren. Entrepriseløsninger der ventilasjonsentreprenøren er DCV-systemleverandøren finnes også slik som i tilfelle med Caverion og GK.

3.3 ØKONOMISK GRUNNLAG

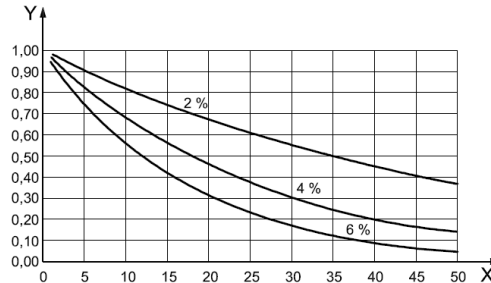
Før vi beskriver temaer knyttet til LCC og behovsstyrte ventilasjonssystemer er det viktig å få et overblikk over hvordan nåverdien av alle investeringer og fremtidige inntekter og utgifter beregnes da dette er basisen for LCC-beregningene og metoden som benyttes før årskostnadene kan regnes ut. Nåverdi er i generelle økonomiske sammenhenger og investeringsteori definert som neddiskontering av alle investeringer, utgifter og inntekters kontantstrømmer (tilfeldige, enkeltstående eller faste annuiteter) til tidspunktet null (nåtid) for å beregne dagens kroneverdi. Definisjonen sier tydelig at nåverdien må være positiv dersom investeringen skal være lønnsom og det er marginen over nullnivået som avgjør hvor mye man kan forvente å tjene på investeringen. NS 3454:2013 *Livssyklus kostnader for byggverk* og generell LCC teori bruker begrepet nåverdi til å omfatte alle fremtidige kostnader som diskonteres tilbake fra det året kostnaden forekommer[27]. Prinsippet for den økonomiske betraktningen er det samme, men bruken av begrepet skiller seg. Som det vil vises senere i rapporten vil alle nåverdier av fremtidige kostnader i LCC sammenheng vises som positive tall, selv om en kostnad er negativ. I sammenheng med de vanlige økonomiske betraktningene er det ikke noe feil å si nåverdi av fremtidige kostnader, men det er viktig å presisere at det er dette som menes og ikke vanlig nåverdi som forteller om en investering er lønnsom eller ikke. For å presisere dette tydelig i denne oppgaven velges det derfor ikke å benytte «Nåverdi» som terminologien benytter i LCC sammenheng, men heller presisere uttrykket ved å si **nåverdikostnad** eller **diskonterte kostnader**. Videre i underkapitlet følger en oppsummering av den generelle økonomiske teorien som ligger bak LCC-beregningene med referanse til den oppbyggende prosjektoppgaven, ref. [4], med fokus kun på fremtidige kostnader.

Fremtidige kostnader kan diskonteres tilbake til nåverdi målt i forhold til basisåret t_0 med den velkjente nåverdi formelen ved en gitt kalkulasjonsrente:

$$Nåverdikostnad = P_0 = C_N \cdot \frac{1}{(1+r)^t} = C_N \cdot (1+r)^{-t} \quad (3.1)$$

Der r er lånerente i %, C_N er fremtidig kostnad i år t og $(1+r)^t$ er rentefaktoren og den inverse av dette er diskonteringsfaktoren. Figur 39 forklarer hvorfor nåverdien av 100kr i dag er mer verdt enn 100 kr

om et år pga. verdistigningen som disse pengene går glipp av fordi det er inflasjon⁵ i markedet. Trekker vi sammenlikningen til kostnader vil det tilsvarende være slik at kostnader som kommer lenger frem i tid vil bli mindre (lavere nåverdikostnad) enn om de skulle vært betalt i dag. Jo lengre levetider som inngår, desto større rolle spiller renten.



Figur 39. Nåverdien av 1 enhet på Y-aksen etter X år ved forskjellige renter

Formelen for nåverdien av fremtidige kostnader må gjøres for hvert eneste år på tilsvarende mange år som kostnaden er frem i tid.

$$\text{Nåverdikostnad}_{\text{utgift}} = \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (3.2)$$

Er det en årlig fast kostnad (annuitet) benyttes formelen for annuitet som trekker kostnadene tilbake:

$$\text{Nåverdikostnad}_{\text{annuitet}} = C_{\text{annuitet}} \cdot \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^t} \right] \quad (3.3)$$

Beregningen av realrenten, r^6 , er en avgjørende faktor for utregningene og er gitt av:

$$r = \frac{(r_n - i)}{(1+i)} \quad (3.4)$$

Der r_n - nominelle renten som f.eks. må betales i banken
 i - inflasjonen (prisstigningen)

Med disse formlene i bakhånd er det nå mulig å definere LCC som:

$$\text{Livssyklusstander (LCC)} = \text{Investering} + \text{Nåverdikostnad}_{\text{AlleFremtidigeKostnader}} \quad (3.5)$$

Der nåverdikostnaden er summen av alle fremtidige enkeltkostnader (inkl. energikostnad) og annuiteter diskontert til nåverdi. Investeringen regnes allerede i nåverdi som det vises i neste formel, og dermed kan livssyklusstander sies å være lik summen av investeringskostnaden og de fremtidige nåverdikostnadene. En mer utfyllende formel for livssyklusstander kan uttrykkes[29]:

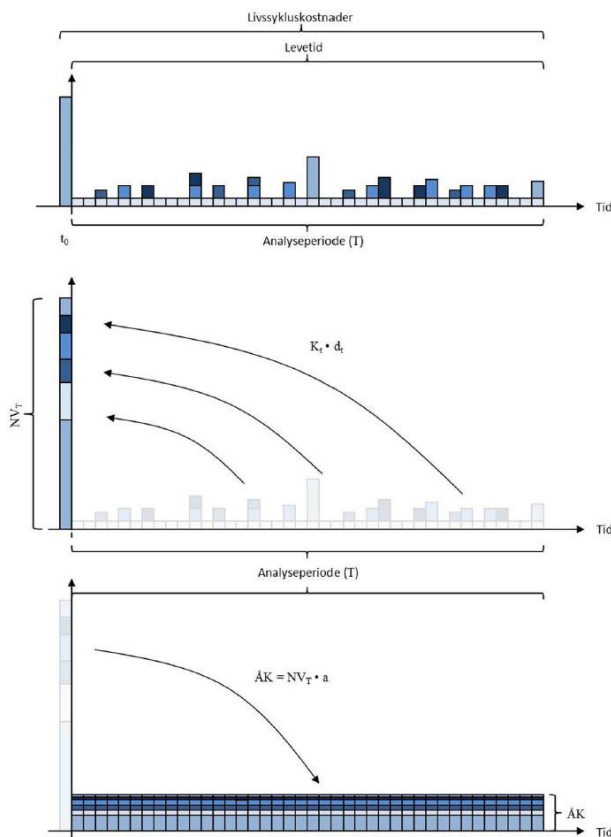
⁵ Er ikke bare knyttet opp mot inflasjon. Selv ved 0 inflasjon er det rimelig med en positiv rente, da det er en fordel å få 100 kroner i dag fremfor i morgen

⁶ Eks: 4% nominell rente og inflasjon på 2% gir en realrente på 1,96%

$$C_{LCC} = C_0 + \sum_{t=1}^T [(1+r)^{-t}] \cdot V_t + \frac{FD \cdot (1-(1+r)^{-T})}{r} - R(1+r)^{-T} \quad (3.6)$$

Der C_{LCC} er LCC kostnaden, C_0 er investeringskostnaden, V er vedlikeholdskostnaden, FD er forvaltning og drift, R er restverdien/restkostnad (negativ kostnad) mens T er levetiden. Forklart ledd for ledd er det første leddet anskaffelseskostnaden, det andre leddet sier noe om vedlikehold som varierer år for år, det tredje leddet sier noe om den faste annuiteten som er satt av til forvaltning og drift mens det siste leddet er forventet salgsinntekt/avviklingskostnad i fremtiden. Alle leddene trekkes tilbake til nåverdien som representeres den totale summen gjennom hele livsløpet. Resultatet er en kostnadssum som ofte havner dobbelt så høyt som investeringskostnaden fordi alle de fremtidige utgiftene i et bygg normalt kan gjenspeile en vektet nåverdikostnad over levetiden med like stor andel som investeringskostnaden (utgjør 40-50%). Fra formelen kan vi se at de viktigste faktorene som påvirker LCC kostnaden er den diskonterte renten r , levetiden T , den initiale investeringen i t_0 og de fremtidige kostnadene. Ofte gjøres C_{LCC} om til en annuitet kalt årskostnad, $\text{\AA}K$, som er nåverdikostnaden (LCC) omgjort til en årlig kostnad (annuitet) som sier noe om hvor mye som må betales hvert år over en periode for å forrente og nedbetale hele beløpet av alle kostnader som beløper seg gjennom livsløpet til byggeprosjektet. Matematisk skrives det slik:

$$\text{\AA}K = \frac{r}{1-(1+r)^{-T}} \cdot C_{LCC} \quad (3.7)$$



Figur 40. Kalkulasjonsmetodikk NS:3454:2013[27]

I følgende avsnitt skal metoden for LCC-beregninger vises visuelt. I de aller fleste tilfeller for en LCC analyse har man et prosjekt som krever en investering som gjøres i nåtid t_0 , en rekke fremtidige kostnader som varierer eller som er faste annuiteter, og evt. også en salgsverdi som er en negativ kostnad. Det er også mulig med kortere analyseperiode enn selve levetiden som ikke vises her.

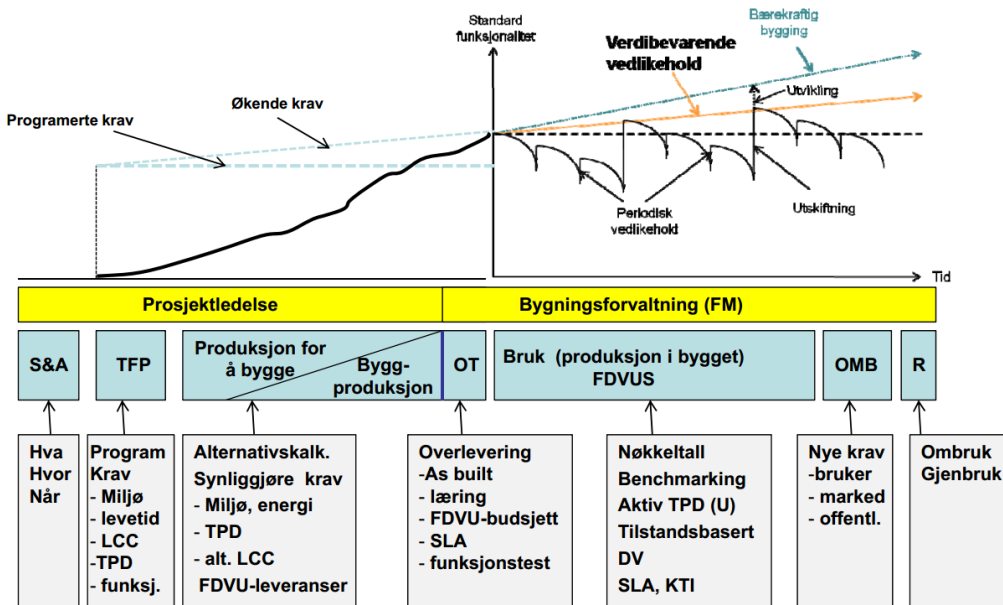
Metoden viser at alle typer fremtidige kostnader trekkes tilbake til nåtid for å se nåverdien av alle kostnader ved å bruke Formel (3.2) for enkeltkostnader og Formel (3.3) for annuiteter. Disse kostnadene kan f.eks. være investering, drift, vedlikehold, utskiftninger og avhendingsverdien på prosjektet.

Deretter spres hele nåverdikostnaden utover som årskostnader ($\text{\AA}K$) over den valgte analyseperioden med Formel (3.7). Dette gir et godt bilde av hva prosjektet koster årlig og gir et godt sammenlikningsgrunnlag dersom man ønsker å se hva som totalt gir den laveste årskostnaden.

3.4 LEVETIDSBETRAKTNINGER FOR BEHOVSSTYRTE VENTILASJONSSYSTEMER

Levetid for et ventilasjonssystem er definert som antall år en komponent eller et ventilasjonssystem lever fra det er installert til avhending eller demontering på grunn av funksjonalitet, svikt, endrede behov og andre forhold som gjør det uforsvarlig eller ulønnsomt å fortsette å drifte det videre. Levetiden for en bygning er fra den reises og til den demonteres, mens levetiden til enkelte komponenter og tekniske systemer kan ha kortere levetid enn selve bygningen. Levetiden på tekniske systemer kan variere mye avhengig av kvaliteten på enkeltkomponenter og sammensettingen av systemet. Avhengig av bruk, vedlikehold og teknisk utvikling må det forutsettes utskiftninger til mer effektive, driftssikre eller «moderne» komponenter etter betydelig kortere tid enn den tiden da produktene er funksjonsdyktige[28]. Det betyr at levetiden vil kortes inn betraktelig slik at den økonomiske levetiden ikke blir lik den tekniske levetiden. Krav eller andre omstendigheter kan også føre til at fullt funksjonelle produkter må ombygges eller skiftes ut lenge før produktet teknisk sett er ubrukbart. Figur 41 trekker inn paralleller fra livssyklus kostnadene i et livsløp og viser hvordan vedlikehold og utskiftning påvirker funksjonalitet og kvalitet gjennom et livsløp. Periodisk vedlikehold/oppgradering forhindrer store akkumuleringer av forfall dersom vedlikehold neglisjeres. Utskiftningene sørger for at systemet gjeninntar den samme funksjonaliteten som ved opprinnelig tilstand i tillegg til noe ny funksjonalitet grunnet økte krav og utvikling. Omfanget av utskiftningene som må gjøres avhenger av det periodiske vedlikeholdet som har stor innvirkning på levetiden.

Livsløp



Figur 41. Levetidsbetraktning (kilde:Multiconsult)

ISO 15685-1 har i sin tabell, her Tabell 4, foreslått minimum design av levetider for komponenter i bygninger for forskjellige levetider for hele bygningen basert på kontinuerlig ideelt vedlikehold. Ser vi på en bygning der forventet levetid ligger mellom 50 til 100 år, der vi normalt regner 60 år ut fra et livsløpsperspektiv, så gir tabellen et utskiftningsintervall på 25 år for tekniske installasjoner (Building services).

Tabell 4. Foreslåtte minimum levetider for komponenter, Kilde: ISO 15686-1

Design life of building	Inaccessible or structural components	Components where replacement is expensive or difficult ^a	Major replaceable components	Building services
Unlimited	Unlimited	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

NOTE 1 Easily replaced components may have design lives of three to six years.
NOTE 2 An unlimited design life should rarely be used as it significantly reduces design options.
^a Including below-ground drainage.

Tabell 5. Levetider for komponenter i et ventilasjonssystem (2007)[28]

Komponent	Levetid [år]
Rør-installasjoner	30 år
Termostater /ventiler	15 år
Roterende varmeveksler	10 år
Ventilasjons- kanaler	30 år
Vifter	15 år
Automatikk og overvåking	15 år

Levetidene som tabellen foreslår, er anbefalte verdier for planlegging, men når det kommer til behovsstyrte ventilasjonssystemer, vil levetidene variere i bred skala avhengig av kvaliteten som leveres på de minste tekniske komponentene til de bevegelige delene og de større enhetene. Etter forslag fra boken ENØK i Bygninger, 2007[28] er det i Tabell 5 gitt estimater på forslag til levetider for komponenter tilknyttet et ventilasjonsanlegg som vi merker oss kan være betydelig kortere enn de generelle tekniske installasjonene. En mer detaljert og utfyllende beskrivelse av forskjellige intervaller og levetider er presentert fra HolteProsjekt FDV nøkkelen[32] i Tabell 6. Her vises et intervall for kort, normal, lang og gjennomsnittlig intervall/levetid for de viktigste bestanddelene/komponenten for ventilasjon og kjøling. I NS-EN 15459:2007 «Bygningers energiytelse – økonomisk evalueringsprosedyre for energisystemer i bygninger» [38] foreslås en rekke andre komponenters levetider sammen med årlige preventive vedlikeholdskostnader som kan benyttes i livsløpskostnader. Et utvalg av levetidene som sammenstilles sammen i Tabell 6 viser at levetidene til NS-EN 15459 er i den korte enden av skalaen sammenliknet med nyere tall fra Holte FDV nøkkelen, samtidig som det er verdt å merke seg at Holte FDV nøkkelen er for norske forhold. Helt til høyre i tabellen er den årlige kostnaden for å drive preventivt vedlikehold oppgitt i % av initiell investering, og det legges merke til at det ligger rundt 2-6% uavhengig av komponent. Komponentene som er av spesiell interesse for behovsstyrte ventilasjonssystemer, er spjeld, VAV enheter, automatikk og kontrollsystemer(alle er uthevet). Disse har alle levetider rundt 15-20 år som er likt med Tabell 5 og Tabell 7 som vi snart vil se.

Tabell 6. Intervaller for utskiftninger (levetider) av komponenter for ventilasjon og kjøling (2014): Kilde: Holte FDV Nøkkelen. Samt levetider og %vedlikeholdskostnader fra NS-EN 15459:2007 til høyre i tabellen

Installasjon	Intervall				Levetid Min-Maks (år)	Årlig preventiv vedlikehold inkludert drift, reparasjon, og service kostnader i % av initiell investering
	kort	normal	lang	gj.snitt		
VENTILASJON						
Varme batteri	15	20	25	20	15-20	2-4
Filter ⁷	10	15	20	15	15	2
Tilluftsvifte	20	40	50	35	15-20	4
Fraluftsvifte	10	20	30	20		
Befukterenheter	5	10	20	12	4-10	4
Innreguleringsautomatikk /Automatikk	10	15	20	15	15-20	2-4
Kanaler for filtrert luft	20	25	35	27	30	2
Spjeld	20	30	40	30	20	1
Spjeld med motor					15	1
VAV enheter					15	6
Ventiler	15	40	50	35	15-20	4
Takhette	10	25	30	20	15-20	-
Varmegjenvinning	15	20	25	20	15	4
Lydfell					15	1
Målere					10	1
Kontrollsystemer: sentralt/romnivå					15-25	4
KJØLING						
Kondensator	10	15	20	15	20	2
Kjølekompressor	10	12	15	12	15	4
Kjøletårn	10	20	30	20	15-20	2
Luftkjølingsenheter/fan coil	10	15	20	15	15	4
Pumper	10	15	25	17	15	1,5-2
Rørsystem	15	20	40	25	30	0,5
Varmepumpe					15-20	2-4

3.4.1 HVA BESTEMMER LEVETIDEN

Som vi vil beskrive kort i denne delen, er det å bestemme varighet for materialer og tekniske løsninger avhengig av bruk, slitasje og drift. Som Holte-nøkkelen presiserer, så finnes det ingen eksakte intervaller for et teknisk system, men et intervall med større eller mindre bredde i tid[32]. Først og fremst er det gangtiden komponentene er i bruk som bestemmer levetiden. Altså er det de bevegelige delene som utsettes for mest slitasje og kontinuerlig bruk som vil få forkortet levetiden. I et behovsstyrt ventilasjonssystem er gangtiden på motoren som styrer spjeldet en avgjørende faktor i tillegg til gangtiden på aggregatet, gjenvinner og automatikk. F.eks. er motoren for den aktive ventilen i GK-Lindinvent systemet oppgitt til å ha en motortid/gangtid på 15 000 timer, og når Lindinvent estimerer den totale gangtiden i løpet av et år til å være rundt 50 timer for Visma bygget i Oslo sier det seg selv at den kan holde i mange år. Men andre faktorer og andre komponenter vil sørge for av det ikke kan forventes at den holder slike tider, men at den er av god kvalitet med lenger levetid enn normalt er mulig. De oppgir selv VAV-spjeldet og den ventilasjonsløsningen til ca. å ha en levetid på 20 år, ref. Tabell 7.

Det er vanskelig å fastsette en fast levetid for leverandørene, men de regner som regel med at de behovsstyrte komponentene de leverer til ventilasjonssystemet holder 15- 20 år som presentert i Tabell 7. Normalt regner gjennomsnittet av leverandørene med at all elektronikk har en levetid på ca. 15 år, mens

⁷ NB: Tabellen viser her levetiden for filterinnsatsen og ikke selve filteret som normalt skiftes årlig.

andre deler, som ikke har elektriske komponenter, er tilnærmet evigvarende (Lindab). I praksis vil det være ulik levetid fra leverandør til leverandør avhengig av hvor god kvalitet de leverer på produktene sine. Dette innebærer at levetiden kan økes for de som leverer med kvalitet. Det skal noe til for å skille seg mye ut da mye elektronikk og små komponenter som er i utstyret til alle leverandørene, ofte kan komme fra de samme produsentene i Asia. Det ble tydelig i 2010-2011 sesongen da de fleste leverandørene hadde den samme feilen på sitt utstyr (ref. GK serviceteknikker). Ytre faktorer som fukt (korrosjon), støv og systemoppbygging vil også kunne innvirke på levetiden. Samtidig vil intervallene for drift og sjekk av komponentene være avgjørende for å holde seg innenfor levetiden. Oppsumert som NS:EN 13779:2009[38] beskriver, avhenger levetid og vedlikeholdskostnadene av følgende:

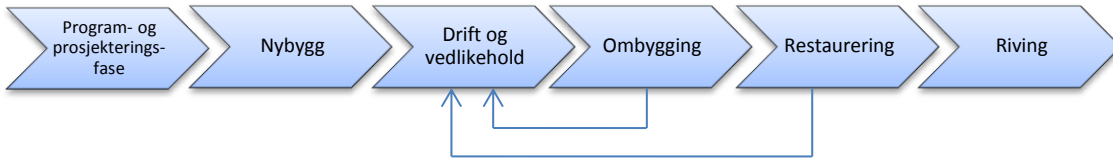
- Komponentenes kvalitet
- Dimensjonering og valg av komponenter
- Utnyttelsesgrad
- Vedlikeholdskvalitet og –metode.

Store variasjoner i levetiden vil ha stor betydning for de fremtidige FDVU kostnadene. Med andre ord er levetiden en kritisk faktor for planoppsettet for hyppigheten av vedlikehold og utskiftninger av komponenter eller hele systemer i et ventilasjonsanlegg. For å optimere planlegging av vedlikeholdet av komponentene er det nødvendig å bestemme varigheten for materialer og tekniske løsninger, og til hvilket tidspunkt de må vedlikeholdes for ikke å redusere sin tekniske kvalitet[32]. Det er rett og slett en kostnadsvurdering om man ønsker å ligge i forkant med preventive tiltak for vedlikehold og utskiftninger som hindrer degenerering av systemet før det får større konsekvenser eller reduserer levetiden. Dårlig planlegging med levetidskostnader kan føre til høye vedlikeholdskostnader gjennom store ombyggingsperioder og tap av leieinntekter hvis store reaktive tiltak må iverksettes for å korrigere uforutsette hendelser og feil som kan oppstå. Utsettelse eller fremskyndig av drift, vedlikehold og utskiftninger for et ventilasjonsanlegg kan ha store kostnadmessige konsekvenser, og der disse kostnadspostene vil videre beskrives.

Tabell 7. Levetider VAV- og DCV- systemer

Oppgitte ca. levetider fra de forskjellige VAV- og DCV- systemleverandørenes ventilasjonsløsning og VAV komponenter (teknisk utstyr). Forutsetter at vedlikehold utføres		
	VAV komponenter	Totale ventilasjonsløsning
GK – Lindinvent	20	20
SaasProsjekt – DBV	15-20	15-20
Swegon – WISE	15	15
FlaktWoods – IPSUM	15-20	15-20
Caverion – Klimatak	15	20
Micromatic	15	15
Lindab Pascal	20	-
Trox Auranor	15-20	15-20 år

3.5 DRIFT , VEDLIKEHOLD OG UTSKIFNINGER



Figur 42. Byggeprosess, drift og vedlikehold i en bygning, Kildebasert: Holte FDV

Tilbakekoblingen til drift og vedlikehold i en bygning som vist i Figur 42 kan stå for 40-50% av de totale livssyklus kostnadene. For å unngå høye driftskostnader må det som sagt velges robuste løsninger med høy kvalitet som også støtter opp om den daglige driften. Et overordnet SD anlegg som kan overvåke og varsle når noe er galt i det tekniske systemet, er helt avgjørende for god drift, men da må leverandørene av ferdig automatikk få utspilt sin rolle bedre i byggeprosessen, da dette er et nøkkelement for å et godt driftssystem. Drift, vedlikehold og utskiftninger i kontor- og forretningsbygg som har tilknytning til tekniske anlegg inkluderer kostnader og aktiviteter som omfatter[39]:

- Energikostnader
- Kostnader til nødvendig kompetent bemanning på stedet og/eller disponibel bemanning ved tilkalling fra eksternt servicefirma
- Kostnader til vedlikehold og service av anleggene
- Rutinemessig utskiftning av filtre, forbruksmateriell og liknende
- Alle nødvendige reparasjoner og utskiftninger av havarert og/eller utslitt materiell som kan oppstå i samme periode.

3.5.1 FDVU KOSTNADSPOSTER

«NS 3454 Livssyklus kostnader for byggverk – prinsipper og struktur»[27] presenterer kostnadskategoriseringen gjengitt i Tabell 8 for beregning av livssyklus kostnader i et byggeprosjekt. De viktigste punktene med tanke på FDVU kostnader for et ventilasjonsanlegg er kostnadspost nr. 3, «Drifts- og vedlikeholdskostnader» og post nr. 4: «Utskiftningskostnader». Disse er delt opp i flere underposter med beskrivelse i Tabell 9 som er aktuelle for drift og vedlikehold og utvikling av et ventilasjonsanlegg. I tillegg er kostnadspost nr. 5, - forsyningskostnader, herunder energi til ventilasjonsanlegget, viktig, men ikke beskrevet videre.

Tabell 8. NS 3454:2013 Kostnadsklassifikasjon

1	2	3	4	5	6
Anskaffelses- og restkostnader	Forvaltningskostnader	Drifts- og vedlikeholdskostnader	Utskiftings- og utviklingskostnader	Forsyningskostnader	Renholds-kostnader

Tabell 9. Kostnadspost 3 og 4, FDVU for et ventilasjonsanlegg basert på NS 3454[27].

3. Drifts- og vedlikeholds-kostnader	Kostnader knyttet til aktiviteter som er nødvendig for å opprettholde ventilasjonsanleggets funksjonalitet over en forventet levetid.
Drift	Drift av tekniske installasjoner omfatter alle oppgaver og rutiner som er nødvendig for at tekniske anlegg innenfor bygget skal fungere funksjonelt, som planlagt og oppfylle lov og forskriftskrav[28]. For tekniske anlegg innebærer dette løpende drift, ettersyn, planlegging av driftsoppgaver, ansvar for serviceavtaler, styring/kontroll/justering/regulering av de tekniske installasjonene: sentral driftskontroll (energi, ventilasjon, kjøle-systemer osv.)[28] og andre tekniske installasjoner innenfor et år og det som går under service m.h.t. utskiftninger/reparasjoner av mindre komponenter og forbruksmateriale (f.eks. filter, remmer, oljer osv.).
Vedlikehold	Forebyggende/planlagte tiltak for at ventilasjonsanleggets funksjonaliteter skal opprettholdes til et fastsatt kvalitetsnivå innenfor antatt levetid som sørger for hensiktsmessig drift, normalt basert på en tilstandsvurdering. Mindre utskiftninger regnes som vedlikehold. ISO 15686 sier at vedlikehold defineres til å inkludere syklisk vedlikehold, momentan bytte (hvis noe feiler) og endringer/oppgraderinger.
Reparasjoner av skader	Tiltak som må utføres for å rette opp skader eller mangler
4. Utskiftnings- og utviklingskostnader	Utskiftning av større deler av ventilasjonsanlegget for å opprettholde byggverkets verdi samt kostnader til utviklingstiltak for å imøtekomme krav fra forbrukere, marked og myndigheter
Utskiftning	Utskiftning av tekniske bygningsdeler, f.eks. ventilasjonsanlegg, pumper, aggregat, sanitæranlegg når de når sin tekniske, estetiske eller funksjonelle levetid. Utskiftning inkluderer også utskiftning pga. slitasje, skader og ineffektiv ytelse.
Utvikling	Oppgradering av eksisterende installasjoner, ny funksjonalitet eller tiltak for å tilpasse endrede behov/krav. F.eks. oppgradering av ventilasjonsanlegget til sonestyling, flytting av ventiler og ombygging.

FDV INSTRUKS

Som beskrevet i avsnitt 3.1, er FDVU-kostnadene som LCC analysen synliggjør, et viktig bidrag for å planlegge ressursbruken, budsjetter, og vedlikeholdsplan for renhold, drift og ettersyn. Dette gir en mye bedre oversikt over drift, vedlikehold og utskiftninger som må utføres til planlagt tid og til hvilken pris. Ønsker byggherren god oversikt over FDV-dokumentasjon er det viktig for byggherren å stille krav om slik dokumentasjon i entreprisekontrakten fra entreprenørene sine arbeider som til slutt kan samles som en FDV-instruks for hele bygget. F.eks. kan ventilasjonsentreprenøren fremskaffe en driftsinstruks som inneholder informasjon om:

- Systematisk tilsyn og vedlikehold, hyppighet
- Forbruksmaterieell
- Materialspesifikasjon
- Brosjyrer/datablad
- Detaljskjemaer

3.5.2 DRIFT AV NÆRINGSBYGG OG PÅVIRKNING PÅ KOSTNADENE

I privat næringsdrift operer en ofte med små driftsavdelinger der driftspersonell kun operer som vaktmestere/kontrollører, mens andre tjenester innen renhold, sikringer, drift og vedlikehold utføres av andre firmaer på årlige kontrakter eller serviceavtaler[28]. Fordelene er at mer teknisk drift overlates til de med kunnskap om tekniske systemer da slike systemer har blitt mer avanserte over de siste årene, i tillegg til at de andre driftstjenestene blir levert i et konkurranse utsatt marked. Det er lettere for byggherre eller leietager å velge en slik løsning ettersom lokale vaktmestere ofte ikke har nok kompetanse om hvordan anlegget skal driftes optimalt samt at driften blir avtalefestet med profesjonelle aktører. «Effektiv drift og ettersyn fordrer nemlig at ledere og operativt personell har kjennskap til moderne drifts- og

vedlikeholdsprinsipper med tanke på forebyggende vedlikehold»[32]. For byggherrer som eier mange bygninger, er det også vanlig å ha bygd opp sin egen tekniske driftsavdeling som tar seg av alle bygningene under forvaltning. Internpersonellet er relativt sett billig i drift (vanlig lønn) mens de innleide koster noe mer. Til gjengjeld trenger de ikke å drifte til enhver tid, men gjøre faste intervallbundne arbeider og være tilgjengelige dersom noe må ordnes. En slik løsning med tilkalling og innleid mannskap er en gjenganger for byggene som blir analysert i denne rapporten. FDVU kostnadene i næringsbygg er som nevnt påvirket av hvor effektiv driftsorganisasjonen er, instruksjer og omfanget og kompleksiteten på de tekniske anleggene. Har ventilasjonsanlegget f.eks. et innebygd SD anlegg med varsling og overvåking for driftspersonell blir det fort en del lettere å ha oversikt over systemet over feil/avvik og driftsrelaterte hendelser. Stedfesting og omfanget av feilen/avviket blir rapportert med en gang og nødvendig vurdering kan gjøres om det er behov for teknikker for å løse problemet.

STØRRE UTSKIFTNINGER

Det er gjerne ventilasjonsentreprenøren eller den rådgivende ingeniøren som står ansvarlig for utarbeidelsen av planleggingen av større service, vedlikeholdsarbeider, ombygginger eller utskiftninger[28]. De har kunnskapen til å anbefale når og hva som bør byttes basert på kontroller og tilstanden til ventilasjonssystemet. Når det gjøres en beslutning om å igangsette større tiltak, er de også ansvarlig for å skaffe innleide teknikere som er kvalifiserte til å gjøre jobben. Hele denne prosessen er forholdsvis dyr da driftsteknikker koster ca. 1000 kr timen. Ellers vises det til typiske utskiftningskostnader i det neste underkapittelet, kapittel 3.6

3.6 TYPISKE KOSTNADER FOR VENTILASJON OG KJØLING I KONTORBYGG

Alle kostnadstallene i dette delkapittelet er nøkkeltall (se forklaring neste avsnitt) hentet fra Norsk Prisbok 2010/2013[37] og HolteProsjekt FDV nøkkelen 2014[32], der det er selvforklarende hvilke tall som kommer fra hvilken nøkkeltallskilde⁸. Det er ikke korrigeret for noen forskjellige typer teknisk funksjonalitet, andre luftmengder og andre størrelser. Alt av kostnader (uten mva) antas derfor for et normalt kontorbygg med normale/gjennomsnittlige spesifikasjoner på alt som har innvirkning på kostnadene. Det vil i de neste underkapitlene bli presentert typiske kostnader for arbeider, installasjon, drift og vedlikehold, utskiftninger og energikostnader. Hensikten i dette delkapittelet er bare å gi et overblikk over kostnader for ventilasjon og kjøling i et kontorbygg uten å gå i detalj. Nøkkeltallene vil bli benyttet senere i analysen eller virke som gode referanseholdpunkter for generelle kostnader i et kontorbygg. For FDV-kostnadene hentet fra Holte FDV-nøkkelen henvises det til Vedlegg 4 for nærmere forklaringer, samt andre dimensjoner, korreksjonsfaktorer og generelle forutsetninger for tallene.

NØKKELTALL

Nøkkeltall baserer seg på en sammensetting av tidligere kostnader i en rekke byggeprosjekt for forskjellige områder, lister med priser på arbeid, komponenter, driftskostnader, erfaringsdata og annen statistikk som samles inn. Dette blir så presentert som teoretiske beregnede tall på hva som bør være et forventet kostnadsnivå for ulike bygningskategorier og komponenter. Ser vi på VVS- nøkkeltallene, hentes de fra sammenliknbare referanseprosjekt selv om det er variasjoner i tekniske løsninger når det kommer til

⁸ FDVU kostnader er fra Holte nøkkelen, mens andre kostnader er fra Norsk Prisbok. Alle nøkkeltall er fra siste versjon fra prisbøkene med mindre noe annet er spesifisert.

valg av brannslukkesystem, dimensjonerte luftmengder, kjøleløsning, elektrisk eller vannbåren varme etc. Erfaringstall og nøkkeltall presenteres ofte på formen kr pr m² BTA og kr pr m³/h/BTA og er mye brukt i LCC-beregninger for å regne kr/m² på ulike kategorier og komponenter for å gi gode gjennomsnittlige anslag i beregningene. Selv om nøkkeltallene er kategorisert etter bygningstype, og gjerne kategorisert etter NS 3454[27], er det knyttet en del påvirkningsfaktorer som Holte FDV[32] presiserer i sine tall:

- Materialvalg, konstruksjoner, og tekniske anlegg
- Beliggenhet, slitasje og virksomhet i bygningen
- Driftsorganisasjon og avtaler med leverandører
- Menneskelige faktorer

3.6.1 KOSTNADSTABELLER

Kostnadene til VVS var i 2013 på kr 2475,- pr BTA. Dette er en kostnad som har økt betraktelig de siste årene, hele 360 % pga. kostnader til oppvarming, vannbåren varme og de nye kravene om balanserte ventilasjonsanlegg (TEK10). Sammen med de økte energikravene og krav til tekniske installasjoner har timeprisen for prosjektering økt, og det samme har antall timer for VVS faget, pr prosjekt. Ser vi kun på installasjonskostnaden i et kontor (uten garasjeanlegg) utgjør VVS-kostnadene 2780 kr/m², dvs. 15 % av de totale kostnadene for et kontor og forretningsbygg. Oppdelingen for VVS kostnadene er vist i Tabell 10. Det er verdt å merke seg for den senere analysen at passivhus koster ca. 148 kr mer pr m² for VVS enn standard kontorbygninger grunnet økt luftbehandling og kjøling noe som kan indikere at disse behovsstyrte ventilasjonssystemene er noe dyrere med økte krav til luftbehandling, SFP verdi og komfortkjøling. Videre i de neste tabellene presenteres et knippe av utvalgte kostnadstall relevant for arbeider, drift og vedlikehold og utskiftninger i et ventilasjonssystem.

Tabell 10. Kostnadsfordeling VVS i rent kontorbygg uten garasje (Norsk Prisbok 2013)

Nr	VVS (sum)	Sanitær	Varme	Brannslukking	Luftbehandling	Komfortkjøling
1	2780 kr/m ²	235,8 kr/m ²	746,7 kr/m ²	352 kr/m ²	962,3 kr/m ²	483,4 kr/m ²

ARBEIDER

Tabell 11. Kostnadstabell arbeider

Nr	Arbeid	Pris[kr]	Enhet
2	VVS arbeider	641	pr time
3	VVS prosjektering	ca. 1000	pr time
4	VVS installasjoner (kontordel)	224,4	pr m ² BTA
5	Byggautomatisering installasjoner	258,7	pr m ² BTA
6	Driftsteknikker	ca. 1000	pr time

INSTALLASJON OG ENHETER

Tabell 12. Kostnadstabell Installasjon og enheter

Nr	Komponent	Pris[kr]	Enhet
7	Komplett luftbehandling for kontordel CAV	915	pr m ² BTA
8	Komplett luftbehandling for kontordel VAV	1281 ⁹	pr m ² BTA
9	Komplett komfortkjøling for kontor	483,4	pr m ² BTA
10	Komplett luftbehandling for kontordel CAV	80,19	pr m ³ /h/BTA
11	Komplett luftbehandling for kontordel VAV	113,7	pr m ³ /h/BTA

⁹ Viktig å huske denne for den senere analysen

12	Luftbehandlingsutstyr; vifter og aggregater	34,6	pr m ³ /h/BTA
13	Kanalnett	41,55	pr m ³ /h/BTA
14	Luftfordeling spjeld, ventiler	16,2	pr m ³ /h/ BTA
15	Luftbehandlingsaggregat, frekvensstyrt 10 000 m³/h → Varmegjenvinner Ø 1600 (mm) i diameter	123 000	pr stk
16	Luftbehandlingsaggregat, frekvensstyrt 20 000 m³/h → Varmegjenvinner Ø 2300 i diameter (ikke inkl.)	194 000	pr stk
17	Luftbehandlingsaggregat, frekvensstyrt 30 000 m³/h → Varmegjenvinner Ø 2800 i diameter (ikke inkl.)	320 000	pr stk
18	Luftbehandlingsaggregat, frekvensstyrt 40 000 m³/h → Varmegjenvinner Ø 3400 i diameter (ikke inkl.)	400 000	pr stk

DRIFT OG VEDLIKEHOLD

Tabell 13. Kostnadstabell drift og vedlikehold

Nr	Luftbehandling	Kr	Enhet
19	Luftbehandling og komfortkjøling: Serviceavtale drift	8,2	pr m ² BTA
20	Luftbehandling og komfortkjøling: Forebyggende teknisk vedlikehold	9,1	pr m ² BTA
21	Luftbehandling og komfortkjøling: Grovrengjøring installasjoner	4,4	pr m ² BTA
22	Drift av vifter og pumper (energikostnad)	10,3	pr m ² BTA
23	Kjøling av ventilasjonsluft (energikostnad)	5,4	pr m ² gulvflate
24	Tilsyn og funksjonskontroll, forebyggende reparasjoner for: Balansert ventilasjon m/varmegjenvinning, luftfordelingsutstyr, luftbehandlingsutstyr, kjøletakanlegg	Se vedlegg 4	

UTSKIFTNINGER

Tabell 14. Kostnadstabell utskiftninger

Nr	Komponent	Levetid [år]	Pris[kr]	Enhet
	Aggregat			
25	Radiell tillufts/avtrekksvifte	10	78 775	pr stk
26	Spjeld motor	18	4 427,-	pr stk
27	Roterende Varmegjenvinner 1,0m i diameter	18	164 335	pr stk
28	Roterende Varmegjenvinner 1,8m i diameter	18	175 547	pr stk
29	Roterende Varmegjenvinner 2,5m i diameter	18	207 000	pr stk
30	Viftemotor	18	17 825	pr stk

ENERGIKOSTNADER,

Nr	Balansert ventilasjon m/varmegjenvinning	Kr	Enhet
31	60 % virkn.grad luftmengde 10 m ³ /h, driftstid: 9t, 5dgr	16,1	pr m ² BTA
32	Energikostnad fra Norsk Nettverk for Næringseiendom (NfN)	74	pr m ² BTA
33	Kjøling av ventilasjonsluft	5,4	pr m ² BTA

3.6.2 PRISEKSEMPLER FRA BYGG OG VENTILASJONSSYSTEMER I ANALYSEN

Generelt for de ulike VAV- og DCV- systemene kan vi regne at Bus og fremlegging av kabler er kostnader som er ca. like selv om ulike koblinger krever ulik innsats av elektrikerer. Man må kunne en del om elektro for å få det til å bli riktig, og i enkelte tilfeller kan denne kostnaden være vel så viktig som kostnader til selve systemet. Under i Tabell 15 vises typiske kostnader for 4 forskjellige romløsninger gitt fra Swegon der vi merker oss at rom som krever ekstra kjøling (komfortmodul) koster to ganger så mye som en standard VAV-løsning, mens en løsning med aktiv ventil koster 46% mer enn generell DCV-styring med spjeld. Tabell 17 har priseksempler oppdelt på type rom, mens Tabell 16 er oppdelt etter type produkter

Enheter	Inkluderer:	Budsjettpris
- 1stk. Aktiv tilluftsventil - Sentralt avtrekk - Kommunikasjon til SD anlegg	Ventil, koblingsboks, 3 timer elektriker arbeid, kabel, Innebygd temperatur- og tilstedeværelse-sensor og regulator for sekvens-styring.	6 200 kr inkl.mva
- 1 stk. aktiv tilluftsventil - Sentralt avtrekk - Forberedt for kommunikasjon til SD-anlegg via LON	Romregulator, temperaturføler, tilstedeværelsesføler, 2timer elektriker arbeid	9 150 kr inkl.mva
- CAV med komfortmodul (Parasol) 120m ³ /h - Ingen kommunikasjon til SD	Parasol, ventil, ventilmotor, romregulator, 2 timer elektriker arbeid	12 530 kr inkl.mva
- VAV med VAV spjeld	VAV spjeld, romføler/regulator, tilstedeværelsessensor, tilluftsventil, 2 timer elektriker arbeid.	6 250 kr inkl.mva

Tabell 15. Swegon priseksempler

Tabell 16. Komponent kostnader pr stk. eks.mva, blant referanse bygg til analyse

	Komponent	Pris [kr]
Sensorer	CO2 sensor	4500,-
	Temperaturføler	640,-
	Tilstedeværelsesføler	490,-
	VOC (organsik)	1500,-
Rom/sone-produkter	Komfortmodul	2500,-
	Tilluftsventil for omrøringsventilasjon Ø250	4800,-
	Tilluftsventil m/kammer	870,-
	VAV spjeld Ø125	2580,-
	VAV spjeld Ø200	3200,-
	VAV spjeld Ø400	5150,-
	VAV spjeld + motor	4500,-
Automatikk	Romregulator	2200,-
	SuperWize optimizer	35 000,-
	Belimo vifteoptimizer	4292,-
	Gateway	4500,-
Teknisk rom	Radialvifte	28 500,-
	Regenerativ varmegjenvinner	46 800,-
	Luftbehandlingsaggregat 6500 m ³ /h	46 800,-
Annet	Sirkulær ventilasjonskanal Ø200	320,-
	Sirkulær ventilasjonskanal Ø400	630,-
	Sirkulær ventilasjonskanal Ø630	900,-

Tabell 17. Rom og komponent kostnader eks.mva fra Profilbygget

	Stille-rom	Møte-rom <12m ²	Møte-rom ca. 20m ²	Kontor langs fasade	Land-skap	Soner
Romregulering	3400,-	3400,-	3400,-	3400,-	3400,-	3500,-
Romregulator	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	
Aktuator varme	190,-	190,-	190,-	190,-	380,-	
Aktuator-kjøling	190,-	380,-	380,-	190,-	380,-	
CO2		1700,-	1700,-			
Programmering	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	700,-
Romføler	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	
Brakett romføler	200,-					
TV		1600,-	1600,-			
Overstrømsventiler	2000,-					
VAV tilluft	2100,-	2400,-	2400,-	2100,-	2100,-	
Montasje	300,-	300,-	300,-	300,-	300,-	
VAV avtrekk		2400,-	2400,-			3200,-
Montasje		300,-	300,-			450,-
LF tilluft	700,-	850,-	850,-	700,-	700,-	
LF avtrekk		850,-	850,-			1900,-
Kombi baffel	2500,-	5000,-	7500,-	2500,-	11 000,-	
Montasje	500,-	1000,-	1500,-	500,-	2500,-	
Sum	12 080,-	20 370,-	23 370,-	10 080	20 960,-	9750-

3.7 LCC WEB

LCCWeb er beregningsverktøyet som LCC-analysen av de ulike VAV- og DCV- systemene skal analyseres med. I oppgaveteksten er det tydelig presisert at det er dette verktøyet som er tiltenkt for å løse oppgaven. Verktøyet er et offentlig tilgjengelig beregningsprogram for å gjøre LCC – livssyklus kostnader i alle faser, fra planlegging til drit av en bygning. Programmet ble utviklet og tilpasset kostnadspostene til revisjonen av NS3454:2010 «Livssyklus kostnader for byggverk – prinsipper og struktur» for å fremme og forenkle bruken av livssyklus kostnader kalkyler. Selv om programmet eies av Statsbygg og holdes vedlike av Statsbygg og Forsvarsbygg i samarbeid med Norconsult, har programmet ikke blitt oppdatert nevneverdig siden 2011 og følger heller ikke oppdateringen til de nye kostnadspostene og føringene i NS3454:2013. Programmet er fremdeles fult ut funksjonelt og benyttes enda av mange for å utføre livssyklus kostnadsberegninger. LCCWeb vil være tilstrekkelig for å løse LCC kalkylen av de ulike VAV- og DCV- systemene selv om det er noen utfordringer og begrensinger.

3.7.1 OPPBYGGING

Figur 43 viser brukergrensesnittet til LCCWeb med systemoppbyggingen til programmet. LCCWeb organiserer LCC-analysen i forskjellige meny-nivåer, og hovedsakelig er funksjonene bunnet opp i en hovedstruktur som er vist i inndelingen (øverste fane). Den viser at et prosjekt må opprettes > Velg fase i prosjektet > Velg funksjonsdel > Velg alternativ > Velg hovedpost > Velg kalkulasjonsnivå. Funksjonsdelen som ønskes analysert, er den viktigste delen av analysen ettersom det er knyttet opp mot areal (BTA), kalkulasjonsrente, bygningskategori (som senere kan gi normtall/nøkkeltall/levetider) og brukstid etc. Ulike typer kostnader kan legges inn i de forskjellige hovedpostene som vist i nedtrekks-menyen i figuren, og under hver hovedpost er det 1-4 kalkulasjonsnivåer for ulik detaljgrad av hvor spesifikk kostnaden er. Figur 43 viser detaljnivå 3 der kostnadene kan legges detaljert inn under kategorien VVS prosjektkostnader. Ellers ser man i menyvalget av rapporter og konsepter (fra ulike prosjekt/alternativer) kan genereres med ulike valg for rapportfunksjonalitet for å presentere resultatene av LCC-analysen med mulighet for å gjøre alternativs-beregninger og konseptanalyser.

The screenshot shows the LCCWeb interface with the following sections:

- Navigation:** Mine sider, Rapporter, Konsepter, Hjelp, Siste nytt.
- Project Info:** Prosjekt: 1 - LCC analyse av ulike VAV systemer, Tilleggskonseptvalg (aktivt), Funksjonsdel: 9 - Alle Systemer, Alternativ: 3 - Tre Auranor, Kalkulasjonsnivå: 11 - Prosjektkostnader.
- Formetninger og stikkord for hovedpost (alle BTA):** Ingen forutsetninger registrert.
- Informasjon om hovedpost:** Tilgjengelighet: Åpen, kan endres; Sitt endret: Ikke endret; Fremdriftstatus: 0%.
- Nøkkelinformasjon:** BTA: 19000,00 m²; Brukere: 0; Brukstid: 25 år; Realrente: Verdi er...
- 11 - Prosjektkostnader, Kalknivå 3:**

	Utellers kostnad	Utellers ansvar	Innverdi				Total årskostnad
	(kr/år)	(kr/m²/år)	(kr/år)	(kr/m²/år)	(kr/år)	(kr/m²/år)	(kr/år)
0 - Ledig (marginer og reserver)	0 kr	0 kr					0 kr
1 - Felleskostnader	0 kr	0 kr					0 kr
2 - Bygning	0 kr	0 kr					0 kr
3 - VVS	4 000 000 kr	400 kr					4 000 000 kr
4 - Elkraft	0 kr	0 kr					0 kr
5 - Tele og automasjon	0 kr	0 kr					0 kr
6 - Andre installasjoner	0 kr	0 kr					0 kr
7 - Utendørs	0 kr	0 kr					0 kr
8 - Generelle kostnader	0 kr	0 kr					0 kr
9 - Spesielle kostnader	0 kr	0 kr					0 kr
Sum:	4 000 000 kr	400 kr					4 000 000 kr
- Innflytning:**

	Utellers ansvar	Innverdi	Sum
30 - Generelt vedr. VVS-installasjoner	100%	4 000 000,00 kr	4 000 000 kr
31 - Sanitær	100%	0,00 kr	0 kr
32 - Varme	100%	0,00 kr	0 kr
33 - Brannstokking	100%	0,00 kr	0 kr
34 - Gass og trykkluft	100%	0,00 kr	0 kr
35 - Proseskjøling	100%	0 kr	0 kr
36 - Luftbehandling	100%	0 kr	0 kr
37 - Komfortkjøling	100%	0 kr	0 kr

Figur 43. Brukergrensesnitt LCCWeb

3.7.2 METODE OG FORUTSETNINGER

For en typisk LCC-analyse med LCC-web i et reelt prosjekt baserer beregningene seg på informasjon fra prosjektgruppen som må føres inn, samt normtall og erfaringstall der opplysninger ikke er tilgjengelige. I den tiltenkte LCC-analysen som presenteres i kapittel 7 velges det tidligfase/konseptvalg med en funksjonsdel på 10 000 m² som kan sammenliknes for de ulike VAV- og DCV- systemene som velges som alternativer. I funksjonsdelen har valgene som er markert med stjerne i Figur 44 blitt gjort. Bygningskategorien «31 Kontorbygning» er valgt, og med et areal på 10 000 m² BTA som base for sammenlikningen mellom systemene ettersom vi har kostnadene målt ved kr/m²¹⁰. Levetiden er satt til den maksimale tiden som et teknisk anlegg kan forventes å være operasjonelt ved kontinuerlig drift, 25 år, som foreslått i Tabell 4, s 38. Samtidig vil en hel runde med utskiftninger inkluderes i denne tiden. Alle kostnadene legges inn eks.mva med et betalingstygdepunkt 0.65, ut i byggetiden, som antas 12mnd for et ventilasjonsanlegg. Kroneverdier, innflyttingsdato og rentebelastning er ikke endret fra standard betingelsene fordi det ikke har innvirkning på analysen som gjøres. Realrenten som er diskonteringsrenten under LCC-beregningene settes til 4% som et godt estimat på dagens markedsforhold der vi kan anta en konstant realrente på 4%, der inflasjonen er 1,5% og den nominelle renten er 5,5%. Inflasjon og nominelle renter vil variere, men over tid kan realrenten regnes konstant. Realrenter og brukstid vil senere endres når en sensitivitets analyse skal gjøres på disse to parameterene i kapittel 7.3.

Funksjonsdel: 9 - Alle Systemer			
Sted	.	Verdi eksisterende bygg	0 kr
Hovedmateriale		Start rentebelast for eksisterende bygg	01.01.2010 dato
Bruttoareal (BTA)	10000,00 m2	Verdi tomt	0 kr
Brukstid	25 år	Start rentebelast for tomt	01.01.2010 dato
Restverdi	0,00 %	Festeavgift	0 kr/år
Restkostnad	0,00 %	Leietaker	.
Bygningskategori	31 Kontorbygning	Bruksområde	.
Byggetid	12 mnd	Antall ansatte	0 stk
Betalingstygdepunkt	0,65 vt	Antall brukere	0 stk
Beskrivelse	...	Innflyttingsdato	01.01.2010 dato
Mva og avgifter	Alle kostnadstall er lagt inn eks. mva/avgifter	Realrente	4,00 %
Forutsetninger	Ingen forutsetninger registrert	Kroneverdidato	01.01.2010 dato

Figur 44. Funksjonsdel i LCCWeb

3.7.3 ANDRE LCC VERKTØY

For å komme frem til et fornuftig kostnadsestimat må en ta stilling til nødvendig underlag for å få gjort beregningene. Deretter må man ta stilling til ulike kalkyleverktøy og hvordan resultatene skal presenteres og sammenliknes med tilsvarende prosjekter. I sammenlikning mot tilsvarende programmer, deriblant LCProfit, har LCCWeb et funksjonsnivå og alternativnivå. Funksjonsdelen gjør det mulig å gjøre beregninger separat for ulike funksjonsdeler, f.eks., ulike bygg eller arealtyper, og summere det opp i en total prosjektkostnad. Alternativnivået gjør det mulig å beregne ulike alternativer, f.eks. TEK10-standard vs. passivhusstandard, og få kostnadene sammenstilt i en rapport[40]. Andre programmer som kan benyttes i LCC sammenheng er egenlagde excel regneark, LCProfit, Holte Byggsafe og TidligLCC som alle har vært en stund på markedet. ISY-Calculus (våren 2014) er det siste programmet som Norcounsell informasjonssystemer og Bygganalyse har utviklet. Programmet er knyttet direkte opp mot Norsk Prisbok med innebygde levetider, kostnader for komponenter, vedlikeholdsaktiviteter og renhold i tillegg til at det inneholder et bedre analyseverktøy (lønnsomhet, usikkerhet, livsløp og klimaberegninger), kobling mot BIM (Building Information Modelling) og et mer moderne brukergrensesnitt. Programmet var ønsket til å løse LCC analysen i denne oppgaven, men ble ikke mulig da det ikke var ferdigstilt tidlig nok.

¹⁰ Arealet har ikke noe å si

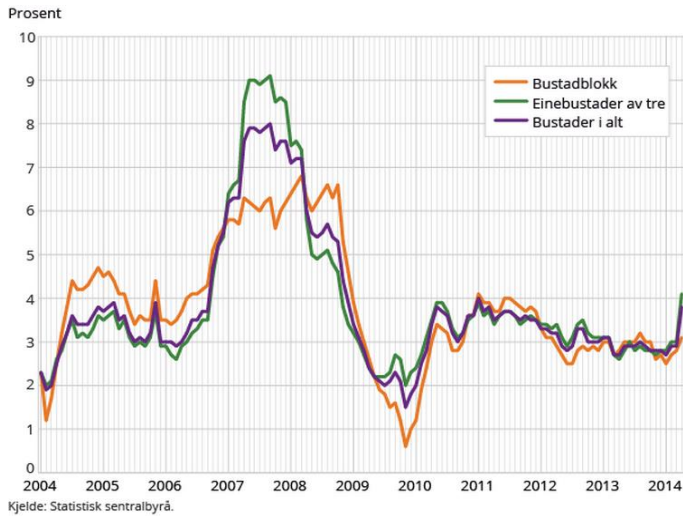
3.8 PRISJUSTERING

Det er oppgitt en endelig kostnad for ventilasjon + automatikk for hvert enkelt anlegg. Byggene er installert i forskjellig år, og derfor må vi ikke glemme at verdiene av de pengene var mer verdt før enn i dag, som gjengitt fra LCC teorien i kapittel 3.3 s.34. Dermed må alle kostnadene som er skaffet om de forskjellige byggene prisjusteres frem til dagens kroneverdi for å sammenlikne byggene på samme premisser. Ved å benytte Norges Bank sin priskalkulator[41] eller Statistisk Sentralbyrå sin prisendrings kalkulator kan alle datidens kroneverdier justeres til dagens verdi ved å se på den generelle prisstigningen i samfunnet som skyldes inflasjonen i den norske økonomien¹¹. Utregningene som disse kalkulatorene baserer seg på er månedlige tall som samsvarer med Statistisk Sentralbyrå sine data for konsumprisindeksen (KPI). KPI justerer opp prisene på varer, tjenester o.l. og innebefatter de fleste faktorer som spiller inn på prisstigningen i samfunnet. Indeksen vil trolig være for generell for at den med sikkerhet justerer prisene for ventilasjon og automatikk riktig. En nyttig indeks kunne trolig vært prisindeksen som SSB tidligere hadde for kontor- og forretningseiendommer (lagt ned pga. store regionale forskjeller i næringseiendom), så da blir det sikreste å se til en byggekostnadsindeks når historiske prisendringer skal analyseres.

Byggekostnadsindeksene måler den samlede prisutviklingen på materialer, arbeidskraft (elektro, rør, ventilasjon, tømring, betong, pussing osv.), transport, maskiner og annet som inngår i bygge- og anleggsvirksomheten. Indeksene er grunnlaget som ofte benyttes av entreprenører som ønsker å sikre byggekontrakter mot kostnadsendringer¹². Statistisk Sentralbyrå har statistikk for kostnadsindeksen for boligblokker, boliger og bygninger totalt, jf. Figur 45. Under hver byggekostnadsindeks er det mulig å hente ut tall på arbeider som innebefatter alt, dvs. arbeidet og utstyret etc. Her vil rørleggerarbeider trolig korrelere godt med ventilasjonsutstyr ettersom rørleggerarbeider dekker alt av varme- og sanitærinstallasjoner, materialer, arbeid osv. I Figur 46 er sanitær- og varmeinstallasjoner vist som egne underprisindekser av rørleggerarbeider sammen med bl.a. rørleggerarbeider i kontor- og forretningsbygg. Figuren bekrefter tydelig den gode korrelasjonen mellom prisutvikling på rørleggerarbeider i kontor- og forretningsbygg mot rørleggerarbeider i boligblokk. Derfor er det valgt å justere kostnadene ved å benytte indeksen som SSB har publisert for rørarbeider i boligblokker med tilhørende ferdiglagde kalkulator for dette. Ellers viser figuren at prisindeksen for elektrikerarbeid i boligblokk har en gjennomgående høyere stigningstakt noe som kan indikere at automatikk kostnadene vil ha en brattere stigningstakt, i sin prisindeks, men som ikke det er tatt hensyn til i denne rapporten. Relatert til prisjusteringen er nåverdien i denne analysen satt til midten av 2013 (Juni) da de fleste nyere byggene er fra denne perioden. For å forenkle prisjusteringen er alle bygg satt til midten av det året bygget er ferdigstilt, uavhengig om bygget er ferdigstilt tidlig eller sent. Dette gjøres fordi det er flere bygg som ikke har en nøyaktig ferdigstillelsesdato, noen bygg er bygget i byggetrinn, og noen bygg har forskjellig innbetalingspunkt. Sett over ett vil et gjennomsnitt av dette gi et riktig bilde når byggene justeres på årsbasis.

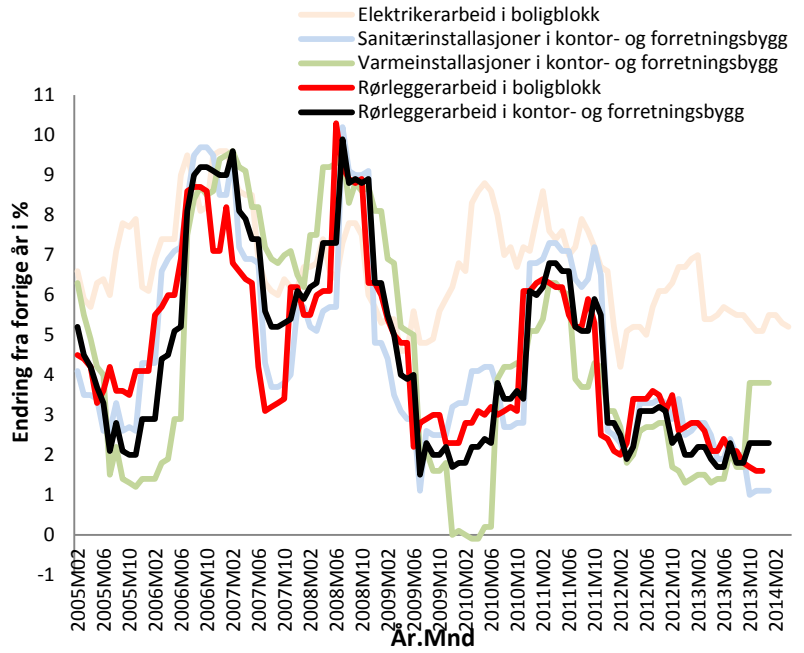
¹¹ Det er realrente som er relevant

¹² For fremtidige vurdering av prisutviklingen er antagelser om realrenten enklest.



Kjelde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 45. Byggekostnader for boliger. Endring fra samme måned året før



Figur 46. Byggekostnadsindeks etter arbeidstype i boligblokk og kontor- og forretningsbygg. Prosentvis endring fra samme måned året før. Kildedata hentet fra Statistisk Sentralbyrå[42]

4. METODE - KVALITATIV OG KVANTITATIV ANALYSEMETODE

Å begi seg ut på informasjonsinnhenting i form av og kvalitativ og kvantitativ analyse basert på undersøkelser, spørsmål og samtaler krever at man holder seg innenfor visse normer og velger den analysemetoden som setter krav om best mulig fremstilling av resultatene. «Datagenerering må kunne frembringe mest mulig relevant og pålitelig informasjon uten unødig bruk av forskerens og deltagerens tid og ressurser»[43]. Derfor må det velges en metode som gir god empiri (erfaringsdata) uten at det går på bekostning av effektiviteten.

Som beskrevet innledningsvis er hensikten med denne oppgaven å kvantifisere data og gjøre opp en kvalitativ og kvantitativ slutning om de ulike VAV- og DCV- systemene. Kvalitativ forskning baser seg på strategiske og planlagte undersøkelser for en gruppe under fokus, mens kvantitative ønsker å generalisere og benytte statistikken som grunnlag. Her i denne masteroppgaven vil det være en kombinasjon av disse to metodene som utnytter begge metodenes kvalitetskriterier med siktemål mot å avdekke gjentakelsesmønstre og hva som er typisk for de ulike ventilasjonssystemene. I hoveddelen av masteroppgaven er det den kvantitative delen som dominerer gjennom å se på typiske kostnadsdata og generalisering av de ulike systemene ut fra referanser i de forskjellige byggene som er til analyse. Oppgaven avsluttes med en kvalitativ del som tar opp noen av linjene i den kvantitative delen, men nå med fokus på tilbakemeldinger fra involverte personer i byggeprosjektene. På den måten vil også denne informasjonen kvantifiseres for å fremstille hovedtrekkene i tilbakemeldingene på en slik måte at det gir mulighet til å få oversikt over hovedtrekkene. Videre vil vi beskrive disse to metodene i tråd med opplegget i «Kvalitative Forskningsmetoder i praksis, 2012»[43] av Aksel Tjora.

4.1 INFORMANTER FOR MASTEROPPGAVEN

Masteroppgaven har som beskrevet en hensikt å skaffe informasjon og svar fra en rekke deltagere på mange ulike byggeprosjekter for å kartlegge de behovsstyrte ventilasjonssystemene. I den forbindelse er det viktig å vite hvem som er kontaktet, og hva de kan bidra med. I

Tabell 18 vises det til de ulike informantene og hvilke roller og funksjoner de har i tilknytning til det behovsstyrte ventilasjonssystemet for de valgte byggeprosjektene. Informantene er valgt ut for å få et så representativt bilde som mulig om de ulike VAV- og DCV- systemene fra forskjellige involverte parter i byggene som analyseres.

Tabell 18. Informanter i masteroppgaven som er kontaktet, med beskrivelse av deres funksjon

Byggherre	Byggherren sitter på pengesekken og er aktøren som valget av ventilasjonssystem har noe å si for kostnadmessig, men også driftsmessig enten for seg selv eller leietager. Byggherren har overordnet kunnskap om byggeprosjektet og kostnadskalkyler som er gjort i tillegg til informasjon om de ulike partene som har vært delaktige.
Prosjektleder	Prosjektleder er her ment som prosjektleder i eksternt firma som styrer prosjektet på vegne av byggherren. De vil opptre som byggherrerepresentant og lede byggeprosjektet. De besitter først og fremst tilsvarende kunnskaper som byggherren om kostnader og deltagere.
Ventilasjonsrådgiver (RIV)	Prosjekterer som regel det ventilasjonstekniske anlegget, utarbeider tilbud, gjør energiberegninger og andre beregninger for å gi råd om løsninger i bygget. De har oversikt eller har fulgt opp hvordan installasjon og innreguleringen av hele anlegget har gått.
Ventilasjonsentreprenør	Bestiller ventilasjonssystem direkte fra leverandøren og sørger for at dette blir fullverdig integrert med andre tekniske systemer. Det er de som kjenner det det behovsstyrte anlegget best og vet hva som fungerer godt eller ikke. I tillegg er de tett på systemet under installasjon, innregulering/overtagelse, men også i noen tilfeller som ansvarlig for oppfølging og service av anlegget.
Driftsteknikker Driftspersonell Driftsansvarlig	Har ofte god kontakt med brukeren av bygget og får mye erfaringer med løsningen som er valgt. De kan si noe om det fungerer som det skal eller ikke og hva det har vært problemer med under driftsperioden. Overordnet tar de strategiske beslutninger om innkjøp av drifts, vedlikeholds- og servicetjenester, oppfølging av driftsaktiviteter og resultater av arbeidet.
VAV-systemleverandør	Har oversikt over sine produkter og funksjonaliteter. For referansebyggene og byggeprosjektene er de som regel kun leverandør og bare en del av ventilasjonsentreprenørens kontrakt. Ventilasjonsentreprenøren kjøper forskjellige produkter som de leverer, så derfor vet de ikke mye om den totale løsningen for hvert enkelt bygg. De kan som regel kun si hvilke komponenter de har levert.

ETISKE BETRAKTNINGER

I et forskningsprosjekt er det viktig å være klar over hvordan personopplysninger og anonymitet skal behandles. I denne masteroppgaven har deltagerne som har blitt kontaktet fått muligheten til selv å velge og besvare henvendelser eller delta med informasjon til masteroppgaven – altså en frivillig avgjørelse om deltagelse på grunnlag av informasjon, egne preferanser og verdier. Aspekter som tillit, konfidensialitet, respekt og gjensidighet er viktig for at informantene kan føle seg trygge på at den informasjonen de gir ut, og sine egne personopplysninger, ikke vil bli misbrukt på noen som helst måte[43]. Derfor har en tilstrekkelig og grundig presentasjon av bakgrunn om masteroppgaven og hva den skal brukes til, blitt tydelig lagt frem. For de fleste henvendelser angående kostnader, tilbakemeldinger og annen informasjon som kan regnes som sensitiv, eller der det er behov for å sikre studieobjektets anonymitet, har det også gått klart frem hva og hvordan resultatene av tilbakemeldingene skulle bli behandlet. Informantene har derfor fått beskjed om at oppgitte data¹³ og informasjon vil bli behandlet anonymt¹³ og konfidensielt. Dette for å sikre at opplysninger, materialer, meninger og personopplysninger blir aidentifisert slik at uheldige konsekvenser unngås for personen eller firmaet som uttaler seg (Forskningsetiske komiteene)[44]. Utenforstående skal ikke kunne spore opp hvem disse dataene stammer fra, men det er ingen garanti at det ikke er mulig i denne rapporten bare man går dypt nok inn i materien. I de tilfeller der det kunne være hensiktsmessig å gå ut med mer informasjon eller personopplysninger knyttet til dataene har informantene måtte samtykke på egen basis.

¹³ Anonymitetens definisjonen sier at selv forskeren ikke skal vite hvor dataene stammer fra, men her menes det anonymiseringen av dataene

4.2 KVALITATIV OG KVANTITATIV METODE

Analyser av kostnader er en ren kvantitativ tilnærming fordi deduktive slutninger gjøres fra logiske premisser som gjerne er målbare (kvantifiserbare) og statistiske. En generalisering med statistikk og matematiske verktøy blir brukt for å avkrefte eller bekrefte teorier med tallfesting av realitetene og variablene som inngår i analysen. Hensikten er at en analytisk vurdering sannsynliggjør resultatene som forutsigbare for de behovsstyrte ventilasjonssystemene. Kvalitativ tilnærming vil si å belyse opplevelser, erfaringer og annet datamateriale med tolkning og vurdering på en helt annen måte og gjerne fra et fåtall nøkkelpersoner fremfor en stor mengde statistiske data som i den kvantitative metoden.

Fra start da arbeidet med oppgaven startet opp har det vært fokus på bearbeiding av spørsmål som har kunnet bidra til å skille de ulike ventilasjonssystemene på funksjon, tilfredshet, installasjon, innregulering og drift. Med de relativt få strategisk utvalgte byggene til analyse har det derfor vært ønskelig å benytte en metode som har en åpen tilnærming. Kvalitativ metode er en slik metode designet for å utvikle kunnskap som er relevant for VAV- og DCV- systemene med mål om å tolke tilbakemeldinger i form av data og meninger, samt innvirkningen av hva det har å si for resultatene. Det følger ikke dermed at den kvalitative analysen er en ren subjektiv analyse, men at den bærer et større preg av forsker subjektivitet. Målet er at den kvalitative analysen skal gi økt kunnskap til leserne om forskningsområdet uten selv å gå gjennom alle data som er generert i løpet av prosjektet[43]. Med ønske om å se sammenhengene til de ulike VAV- og DCV- systemene, baserer tilnærmingen seg ikke på noe hypotese som ønskes avkreftet eller bekreftet. Det har vært et mål å kartlegge sammenhengene og trendene som kan knyttes mot de forskjellige systemene, altså en induktiv tilnærming der man antar (eller utvikler) noen generelle sammenhenger ut fra observasjoner av enkelt tilfeller[43]. Rammen i den kvalitative metoden baserer seg på forskerens perspektivmessige forankring, metodekunnskap og av hva fagfeltet oppfatter som viktig. Derfor ønskes det å gjøre leser oppmerksom på at teorier og perspektiver legger føringer på hva som vektlegges i undersøkelsen. Særlig vil dette vise seg tellende for vektingen av de ulike spørsmålene i poenggivningen av de forskjellige systemene. Den kvalitative undersøkelsen i kapittel 8 vil hovedsakelig fremstilles kvantitativt, da en kvalitativ presentasjon og tilnærming innebærer mer omfattende, tolkningspreget og innfløkt presentasjon av resultatene. Ved å benytte en blanding av kvalitative og kvantitative data i presentasjonen av resultatene blir det gitt flere innfallsvinkler for sammenlikningen av systemene, og ikke bare kostnadmessig. Det bidrar til å validere resultatene begge veier.

4.3 VALG AV FREMGANGSMETODE OG PROSESS FOR DATAINNSAMLING

Tjora presiserer at «Tilgang til ressurser er et viktig pragmatisk hensyn ved valg av metode»[43] med eksempel til tidkrevende arbeider med intervju og observasjonsstudier som produserer mye data (notater, filer, utsagn, referanser) som skal analyseres og bearbeides i ettertid. Slike kvalitative analyser velges sjelden da tiden=kostnaden blir stor. Det er valgt en metode som tar sikte på å ikke være for belastende for informanten som skal svare, i den forstand at det ble valgt en metode som ikke skulle være for krevende både i form av tid og innsats for å besvare spørsmålene i forskningsammenheng. Valget falt på en kombinasjon av samtaler, epost og spørreundersøkelse, der sistnevnte har sin hovedtyngde som gjenspeiles i den generelle presentasjonen av byggene og poengsettingen av de forskjellige systemene. Metoden med spørreundersøkelse ble også valgt for lettere å kunne systematisere tilbakemeldingene med de samme spørsmålene for hvert system, samt gjøre interaksjonene kortere med hver enkelt kilde. 50 % av

spørsmålene er faste med like svaralternativ, mens den andre halvdelene tar inn åpne svar der det blir litt opp til hver enkelt hvor mye kvalitative tilbakemeldinger som ønskes gitt.

I den første fasen ble det fokusert på å definere hvilke spørsmål og problemstillinger som er viktige for de behovsstyrte ventilasjonssystemene. Spørsmål og bakenforliggende temaer ble avdekket under forprosjektet og videre grundig bearbeidet for å designe et opplegg for datagenerering og innsamling. Investeringskostnadene og andre relaterte temaer ble først undersøkt via telefon og epost. Disse innledende rundene avdekket mye av verdi for fremgangsmetoden for hvordan best å møte informantene med riktige typer spørsmål og avgrensninger. Nye interessante spørsmål og problemstillinger dukket opp tidlig i disse rundene som nødvendige til å inkluderes i undersøkelsen. Med andre ord har det vært en endringsprosess underveis som har påvirket fremgangsmetoden og temaer/spørsmål som har hatt betydning for innsamlingen av analysedataene. På den måten har spørsmål blitt optimalisert og tilpasset informantene og selve undersøkelsen på en bedre måte. Et viktig aspekt gjennom datainnsamlingen har vært fokuset på å finne spørsmål som kan generaliseres og sammenliknes mellom de ulike systemene på ulike måter, samtidig som avgrensning og fokus på det viktigste for hvert system er nøkkelen til å skaffe et så helhetlig bilde som overhodet mulig.

4.4 MULTIKRITERISK ANALYSE / MULTI-CRITERIA ANALYSIS

Et ventilasjonssystem er ikke en isolert enhet i bygningen, men en integrert bestanddel som virker sammen med resten av bygningens funksjonaliteter og bruksmønstre. For å vurdere ulike behovsstyrte ventilasjonssystemer opp mot hverandre er det et stort spekter av komplekse problemstillinger som strekker seg ut over flere fagdisipliner som må vurderes for å skille systemene. Enkel sammenlikning av ulike alternativer side om side avdekker ikke nødvendigvis det beste alternativet, selv om det ved første øyekast kan se slik ut. Det er tidligere sett på ulike metoder for nettopp å strukturere alternativer og informasjon i beslutningssammenheng. Metoden som i mange tilfeller gir fornuftige utfall er en enkel addisjonsvektingsmetode, Simple Additive Weighting (SAW)[45]. SAW metoden gir verdibaserte bedømmelser eksplisitt for å øke forståelsen for hva som er viktig å fokusere på, der en del av fordelene med en slik metode er integrering av både kvalitative og kvantitative data (Andresen, 2000) [45]. Andresen presiserer viktigheten av at en slik modell er fleksibel, men møter utfordringer med å skalere, vekte og poengsette ulike alternativer på det samme grunnlaget. Multi-Criteria-Decision-Making (MCDM)[45] er en videreutviklet metode som tar hensyn til vektning av forskjellige variabler på en måte som vil være svært nyttig i sammenheng med analysen av de ulike behovsstyrte ventilasjonssystemene.

De ulike fasene i en slik metode kan fremstilles på tilsvarende måte som Andresen ser på i sin doktorgradsavhandling:

- Formulering av problem, spørsmål og problemstillinger
- Generering av alternativer
- Utfallspredikering
- Evaluering

Rammene som disse fasene gir for en slik metode er benyttet i denne analysen der metoden for de tre første fasene er beskrevet i forkant av resultatpresentasjonen i kapittel 8. Evaluering av resultatene innbefatter den største og viktigste prosessen. Metoden som ble valgt for å presentere resultatene av de kvalitative og kvantitative dataene som er fremskaffet og poengsatt følger et selvlagd oppsett for

poengsetting, skalering, vektning, kategorisering og summering av poeng, og til slutt evaluering av *sensitiviteten*. Forskjellene mellom evalueringskriteriene som Andresen[45] beskriver om MCDM metoden er neglisjerbare i forhold til metoden som er benyttet i denne rapporten. Derfor velges det å presentere de 4 stegvise punktene som en slik metode følger for evaluering av multikriteriske data i Tabell 19, der hvert steg er forklart nærmere når det introduseres i analysen.

Tabell 19. Evaluering av multikriterisk analyse[45]

Steg 1	Skalering og poengsetting:	Vurderingen av hver enkelt kriterie/spørsmål er transformert til en felles skala
Steg 2	Vekting:	Kriteriene er vektet basert på en valgt skala
Steg 3	Akkumulering av poeng:	Vektene og poengene summeres for å få en overordnet evaluering av hvert alternativ
Steg 4	Sensitivitets analyse:	En sensitivitetes analyse gjennomføres for å teste modellen og resultatene ved variasjon i innparametrene.

5. REFERANSEANLEGG SOM ANALYSERES

METODE FOR UTVELGELSE AV BYGG

Alle VAV- og DCV- leverandørene har sine bygg der de har installert sin løsning. For hver systemleverandør ble det spurt etter 5 eller flere referanseanlegg på Østlandet de kunne nevne med størst mulig grad¹⁴ av egen behovsstyrte ventilasjonsløsning som poengtert innledningsvis. Hovedårsaken til å spørre om bygg på Østlandet er flerdelt. Først og fremst er utvalget av nyere og større kontorbygg på Østlandet bedre enn de fleste andre steder i landet. De store regionale prisforskjellene i byggekostnader unngås om et område velges, og det sikrer de samme klimatiske forholdene, som igjen betyr omlag det samme behovet for oppvarming og kjøling.

For hvert bygg ble det spurt etter byggnavn, bygglokasjon, byggår, byggareal og entreprisoppbygging samt en kontaktperson for hvert enkelt bygg fra systemleverandøren. I de fleste tilfeller ble kun byggnavn, bygglokasjon og byggeår oppgitt. En videre utredning ble så gjort for de ulike byggene med resultat i en oversikt med en begrenset mengde informasjon for hvert bygg, ref. vedlegg 1. Oversikten ble helt avgjørende for videre valg av bygg til analysen. Målet var å få et utvalg bygg som så skulle reduseres til 3-4 pr behovsstyrte system for å luke ut bygg som leverandørene selv ønsket å presentere. Avgrensingen om å kun se på kontorbygg ble implementert i utvelgelsen i et forsøk på å kun se på bygg med samme bruksmønster, istedenfor skoler og mindre bygg som er vanskelige å sammenlikne. Faktorene som påvirket utvelgelsen hadde bakgrunn i byggstørrelse, byggår, byggtipe og beliggenhet i første rekke, men også rent tilfeldig. En undervurdert påvirkning for valgene gjenspeiler seg også i informasjonen som var mulig å skaffe i den første fasen, og da kommer prestisjebyggene mer frem i lyset.

Tabell 20 viser i en matrise byggene som ble oppgitt fra hver VAV- og DCV- systemleverandør, der de i svak blåfarge er valgt ut for å analyseres. Byggene som er markert i svakt rødt er ved et senere tidspunkt valgt ut for å ta del i den økonomiske analysen på bakgrunn av manglende/usikre kostnader fra de andre byggene. FlaktWoods har kun et bygg i Norge med IPSUM systemet installert, men flere er på gang. De andre byggene de har med dette systemet i Norden hadde sine begrensinger i muligheten for informasjon og sammenlikningsgrunnlag, og var vanskelig å inkludere. FlaktWoods leverer løsninger til andre standard VAV-prosjekter, men det lyktes ikke å få oppgitt flere referanseanlegg (etter mange forsøk). Vedrørende Caverion sitt KlimaTak-system måtte 2 av byggene i Stavanger inkluderes i LCC analysen, fordi daværende investeringskostnader ved beslutningspunkt i analysen av Nydalshøyden Bygg A og Østre Aker vei 33 skilte seg betraktelig fra alle byggene i analysen. For å unngå urealistiske kostnader og usikkerheten de hadde ble Stavanger-byggene inkludert som ligger i et område med ca. samme prisområde som Østlandet. Senere fikk Nydalshøyden Bygg A og Østre Aker vei 33 bekreftet sine reelle kostnader når jeg kom i kontakt med riktig informant. Akersgata 51 (Micromatic) ble i den første omgangen valgt ut, men falt senere ut av analysen grunnet byggherre og ventilasjonskonsulents motstand mot å gi ut informasjon. Når det kommer til Lindab Pascal er utvalget av byggene begrenset til tre bygg på Østlandet som alle er kommunale rehabiliteringsbygg ettersom Lindab Pascal systemet bare er 1 – 1½ år gammelt. Derfor måtte Fornebuporten som er et pågående byggprosjekt, inkluderes i kostnadsanalysen.

¹⁴ Det er ingen garanti for at bygget inneholder kun deres løsning, de kan ha levert kun deler f.eks.

Videre kommer en halvsides presentasjon av hvert bygg til analysen under hver VAV- og DCV-systemleverandør som sammenfatter informasjon som er innhentet om bygget gjennom hele analysen i en standardisert matrise og generell beskrivende offentlig informasjon fra nettsiden Bygg.no, byggherres nettside og informasjon fra byggherre som bidrar til å presentere bygget. Disse informasjonskildene er også benyttet for bilder, generell info, bekreftelse av areal, entrepriseoppbygging osv. som ikke siteres¹⁵. Matrisene er standardisert for å gi sammenliknbar informasjon om byggene og entrepriseoppbyggingen mens det beskrivende avsnittet under hver matrise kun er ment for overordnet å belyse standarden bygget har og andre tekniske løsninger.

Tabell 20. Oppgitte referanseanlegg fra de ulike VAV- og DCV- leverandørene

Bygg til fulstendig analyse

Bygg kun inkludert i LCC analysen

System								
GK - Lindinvent	Rosenholm campus, konferanse-senter	Visma bygget	Deloite Bygget	GK kontor asker	Miljøhuset GK, hovedkontor	Statnett Norge	Grilstad Marine	
SaasProsjekt - DBV	Asker Kulturhus	Forskningsparken bygg 6,7, og 8	Statens helsetilsyn	Storgaten 33	Regjeringskvartalet, R6			
Swegon - WISE	Skøyen Bygg B	Østensjø-veien 27	Stavanger Businesspark	Schweigaardsgate 21/23	Hagaløkkveien 28			
FlaktWoods - IPSUM	Hoffsveien 70B	Språkskolen Umeå	SFK kontor Göteborg	LTLU Luleå	Freja Pitjå			
Caverion - Klimatak	Nydalshøyden Bygg A	BI Nydalen	Forus Industri Arena	Torvbygget Nydalen	Østre Aker vei 33	Ullern Pano-rama	Caverion kontor Oslo/Trondheim	Vestre - svanholmen 1
Micromatic	Hersleb skole	Nordseter skole	Fr. Nansensvei 7	Nordbygata 1	Profilbygget	Paleet Oslo	Asker Panorama kontorbygg	Akersgata 51
Lindab Pascal	Svoelstikka Opplærings-senter	Øvre Torg Kunnskaps-senter	Haraldrud-veien 20	Danske Bank	Roxel	Fornebu-porten		
TroxAuranor	Førde Rådhus	Nordkraft Narvik	Norsk Maritim Senter	Siemens Oslo	Barcode DNBnor	Grefsen Barneskole	Statoil Fornebu	Storgata 51

¹⁵ Nettsidene til bygg.no, byggherres nettside eller annen nettside som presenterer bygget er ikke sitert da slik informasjon regnes som offentlig tilgjengelig. Spesielle kilder vil siteres.

5.1 GK – LINDINVENT

Visma Bygget				Dronning Eufemias Gate 16, Oslo	
				Programentreprise/Byggherrestyrt	
<i>Ferdigstillelse</i>	Apr.2011	<i>Antall aggregat</i>	45	<i>Byggherre</i>	Oslo S Utvikling
<i>GNR/BRN</i>	234/83	<i>Aggregat type</i>	System Air	<i>Eier/Leietaker</i>	Braathen Eiendom/Visma
<i>BTAI [m²]</i>	21 800	<i>Energimerke</i>	C	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Norconsult
<i>BRA [m²]</i>	20 331	<i>Etasjer</i>	13 og 17	<i>Hovedentreprenør</i>	Oslo S Utvikling
<i>Type bygg</i>	Kontorbygg	<i>Prosjektledelse</i>	Vedal Prosjekt AS	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	GK
<i>SFP_{i drift} [kW (m²/s)]</i>	1.65	<i>Aktive ventiler</i>	ca 1300	<i>Arkitekt</i>	DARK Arkitekter



Dronning Eufemiasgate 16 ble det tredje bygget i den nye bydelen i Operakvartalet. Oslo S Utvikling (OSU) eies av Rom Eiendom, Linsow og Entra Eiendom med en tredjedel hver, der de i den senere tid har solgt bygget til Braathen Eiendom som i dag eier bygget. For å nå energirammen i kravspesifikasjonen i Visma-bygget måtte nye løsninger benyttes. Det er valgt en løsning der mesteparten av kjølebehovet dekkes av ventilasjonsanlegget. Dette krever noe større luftmengder, men med Lindinvent's aktive VAV ventil vil energibruken bli lavere[46]. I tillegg er bygget koblet opp mot fjernvarme og fjernkjøling.

Deloitte Bygget				Dronning Eufemias gate 14, Oslo	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Des.13	<i>Antall aggregat</i>	19	<i>Byggherre</i>	Oslo S Utvikling
<i>GNR/BRN</i>	234/84	<i>Aggregat type</i>	SystemAir	<i>Eier/Leietaker</i>	Braathen Eiendom/Deloitte
<i>BTA [m²]</i>	16 959	<i>Total luftmengde</i>	211 000 m ³ /h	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Erichsen & Horgen
<i>BRA [m²]_{kontordel}</i>	14 740	<i>Energiklasse</i>	B	<i>Hovedentreprenør</i>	Oslo S Utvikling
<i>Type bygg</i>	Kontorbygg	<i>Etasjer</i>	16	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	GK
		<i>Prosjektledelse</i>	Vedal Prosjekt AS	<i>Arkitekt</i>	Snøhetta



Dette bygget har OSU utviklet og solgt videre til Braathen Eiendom for en estimert salgsverdi på 800 millioner kr. Kontordelen av bygget fra 3. til 16. etasje utgjør ca. 15 000 m² mens det resterende arealet på bakkeplan utgjør publikumsrelaterte funksjoner. Bygget har høye miljømål i forhold til energiriktige løsninger, høy gjenvinning av varme, utnyttelse av fjernvarme og fjernkjøling samt at kjølemaskinene skal utnyttes som varmepumper om vinteren. Fasaden har 50% glass og 50% tette elementer for å minimere varmetransmisjonstapet samtidig som visuelle krav opprettholdes

Miljøhuset GK, hovedkontor				Ryenstubben 10, Oslo	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Aug.12	<i>Antall aggregat / type</i>	6 / SystemAir	<i>Byggherre</i>	Ryenstubben Invest
<i>GNR/BRN</i>	148/444	<i>Total luftmengde</i>	90 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	GK
<i>BTA [m²]</i>	14 300	<i>Energiklasse</i>	Passivhus	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	GK
<i>BRA[m²]</i>	13 650	<i>Etasjer</i>	5	<i>Totalteknisk rådgivende entreprenør</i>	GK
<i>Breeam</i>	Very good	<i>Prosjektledelse</i>	Stor Oslo Eiendom	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	GK
<i>Type bygg</i>	Kontorbygg	<i>Totalentreprenør bygg</i>	Bunde Bygg	<i>Arkitekt</i>	SJ Arkitekter



Miljøhuset på Ryen i Oslo er GK's egenutviklede- og Norges største passivhus med et målt netto energibehov på 72 kWh/m². Bygget er et eksempelbygg når det kommer til energiriktige løsninger med målrettet og dokumentert ressurs- og materialbruk. Merkostnaden for energiløsningene ventes innspart etter 4-5 år. Det er godt isolert i vegger og vinduer, Bygget har høy varmegjenvinning, lav SFP verdi (1.2) med store aggregat

og lavt trykktap, varmepumpeløsning, solavskjerming og selvklart behovsstyrt ventilasjon og belysning med Lindinvent's aktive ventiler som styres på nærvær, temperatur og CO₂, alt knyttet til et avansert Lindinspect SD anlegg for energioppfølging og drift. Det er ikke behov for fjernvarme med radiatorløsning ettersom bygget har lave u-verdier i vinduer og godt isolerte vegger, men skulle det være behov er det utviklet et eget varmeelement i grenstavene som gir 200W hver som benyttes under langvarige perioder med ekstremkulde. Bygget kan vise til en bred temperaturvariasjon, fra 0 til +20 graders uteluft, der det i hele perioden ikke er behov for oppvarming eller kjøling.

Statnett Norge				Nydalen Allé 33, Oslo	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Des.12	<i>Antall aggregat / type</i>	10 / Covet	<i>Byggherre</i>	Avantor
<i>GNR/BRN</i>	70/40	<i>Total luftmengde</i>	217 400 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	Statnett
<i>Areal [m²]</i>	28 000	<i>Energiklasse</i>	A, Passivhus	<i>Venilasjonskonsulent</i>	Hjelnes Consult
<i>Type bygg</i>	Kontorbygg	<i>Etasjer</i>	7, 3 kjelleretasjer	<i>Hovedentreprenør</i>	Veidekke
		<i>Aktive ventiler</i>	1100	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	GK
		<i>SD anlegg</i>	Niagara AX	<i>Arkitekt</i>	Itech AS

Statnett eier dette bygget etter kjøp av Avantor for 718millioner. Energi til oppvarming og kjøling leveres fra Nydalen Energisentral, som ved bruk av energibrønner i fjellgrunnen sørger for en effektiv og miljøriktig energibruk (ref. Veidekke). Dette i tillegg til god isolasjonsevne og lite energibruk fører til at dette er det største energiklasse A passivhus som er bygget i Norge, ved gitt tidspunkt.



5.2 SAASPROSJEKT – DBV

Asker Kulturhus				Strøket 15A, Asker	
				Delt entreprise	
Ferdigstillelse	04/05	Antall aggregat	31	Byggherre	Asker kommune
GNR/BRN	2/258	Total luftmengde	225 000 m ³ /h	Eier/Leietaker	Asker Kommune
Areal / BTA [m ²]	25 000 / 17712	Energimerke	D	Totalentreprenør	Skanska
Type bygg	Kulturhus	Etasjer	6	Ventilasjonsentreprenør	Helge Lium AS, Kolberg AS
SD anlegg	IFIX	Prosjektledelse	Guldbrandsen &Wester utvikling AS	Arkitekt	Dyrvik Arkitekter A/S og Link Arkitekter A/S



Asker kulturhus er et kulturhus med budsjettramme på 423 millioner kr gjennomført i et offentlig privat samarbeid (OPS). 7000m² av dette bygget er kontorlokaler som disponeres av Helse Sør Øst. Disse er i 5 og 6 etasje, og noe i 3 etasje. Det er DBV system og temperaturregulering av alle kontorer: Ca. 200 soner med spjeld og radiatorstyring.

Forskningsparken bygg 6,7 og 8				Gaustad Allén 21, Oslo	
				Delte Entrepriser	
Ferdigstillelse	2006	Antall aggregat / type	5 / Novema RVT	Byggherre	Forskningsparken Invest
GNR/BRN	42/127	Total luftmengde	Ca.150 000 m ³ /h	Eier/Leietaker	Forskningsparken Invest/
BTA [m ²]	15 127	Energiklasse	B	Ventilasjonskonsulent	Rambøll
Type bygg	Universitet/høyskole	VAV spjeld	Ca 550	Hovedentreprenør	NCC Construction / Betonmast Bygg Oslo AS / Dokken AS
BRA	13 385	Prosjektledelse	Skansen AS	Ventilasjonsentreprenør	Mercur AS
SD anlegg	Saas + Siemens, Desigo			Arkitekt	Niels Torp AS Arkitekter MNAL



Forskningsparken bygg 6,7 og 8 var tredje byggetrinn på Forskningsparken og disse tre byggene sammenfatter det som kalles Miljøforskningssenteret - CIENS. Her er det en leveranse av DBV systemet for 540 kontorer samt VAV- CO2 regulering av 30 møterom. I tillegg kommer temperaturstyring av 600 radiatorer. Miljøforskningssenteret var tidlig ute med VAV løsning med et ønske om lavt energiforbruk, noe som gav et bygg med halvering av energiforbruken fra 280kWh/m² til 149kWh/m² i forhold til de konvensjonelle nabobyggene.

Energiltakene ga en merkostnad på 1360kr/m², men var ventet innspart etter 10 år.

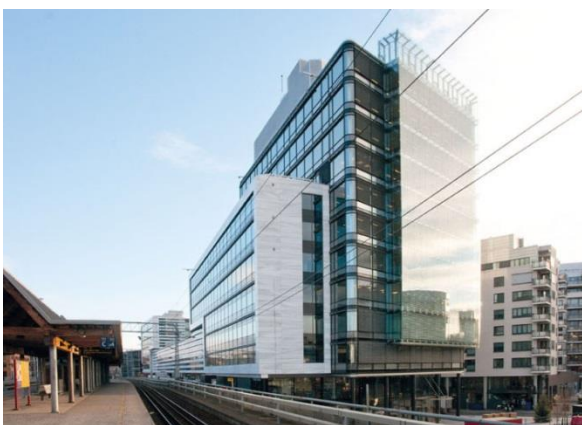
Storgaten 33				Storgaten 33, Oslo	
				Totalentreprise	
Ferdigstillelse	2007	Antall aggregat / type	5 / GOLD RX	Byggherre	Sparebank1
GNR/BRN	208/649	Total luftmengde	110 000 m ³ /h	Eier/Leietaker	Sparebank1
Areal [m ²]	20 841	VAV spjeld	Ca. 550	Ventilasjonskonsulent	-
Type bygg	Kontor-og adm.bygning	Etasjer	10	Totalentreprenør	-
Type prosjekt	Rehabilitering	SD anlegg	Unireg og SaasProsjekt	Ventilasjonstreprenør	Bryn Byggklima
				Arkitekt	-



Dette er et rehabiliteringsprosjekt der det er innsatt DBV system, temperaturregulering og lyststyring av 550 kontorer og møterom. Fullt LON nettverk og binding opp i B-CON topp system og integrasjon av øvrige systemer. Det ble installert 3stk+2stk nye ventilasjonsaggregater sammen med et varme- og kjøle-anlegg. Det er fjernbetjening og fjernservice av systemet med mulighet for tidsinnstilling av ventilasjon og kjøling.

5.3 SWEGON – WISE

Skøyen Bygg B				Karenlyst Allé 49-53, Oslo	
				Totalentreprise	
Ferdigstillelse	Tidlig 13	Antall aggregat / type	21 / GOLD	Byggherre	Skøyen Næringsbygg, Fram Eiendom
GNR/BRN	3/591, 3/450	Total luftmengde	206 000 m ³ /h	Eier/Leietaker	Fram Eiendom/
BRA [m ²]	20 000	VAV spjeld	600	Ventilasjonskonsulent	Delta Tek AS
Type bygg	Kontorbygg	Etasjer	12/8/12	Totalentreprenør	Skanska
Forbruk	147 kWh/m ²	Energimerke	C, 147 kWh/m ²	Ventilasjonstreprenør	Haaland klima
SD anlegg	Wise og IFIX	Solavskjerming	Ja	Arkitekt	Arcasa arkitekter



Skøyen Bygg B har et kompleks bestående av tre bygg med en total kostnad på 400 millioner kr inkl. mva. I planet på bakkenivå er det ca. 2000m² butikker, mens resten av bygget er kontorbygg. Bygget har installert VAV - WISE systemet i hele bygget, men det er desentralisert system. Dvs. det er flere ventilasjonsaggregat pr plan. Det er fleksibelt med hensyn til å ta det i bruk ettersom leietagere kommer eller flytter. Bygget møter alle offentlige forskrifter og krav, Breeam krav og leietaker kravspekk på ventilasjonen.

Østensjøveien 27				Surstoffveien 2, Oslo	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Des.13	<i>Antall aggregat/type</i>	15 / Systemair	<i>Byggherre</i>	NCC Property
<i>GNR/BRN</i>	137/34	<i>Total luftmengde</i>	120 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	NCC Property
<i>BTA [m²]</i>	16 800	<i>Energiklasse</i>	Passivhus, A, 67.5 kWh/m ²	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Ramboll
<i>BreeamNor</i>	Very Good	<i>Etasjer</i>	6	<i>Totalentreprenør</i>	NCC Construction
<i>VAV spjeld</i>	600	<i>Type bygg</i>	Kontorbygg	<i>Ventilasjonstreprenør</i>	Bjerke ventilasjon
<i>Drift</i>	Basale	<i>SD anlegg</i>	Metasys/hohnson Control - Emtech	<i>Arkitekt</i>	Henning Larsen Architects



Østensjøveien 27 er et Breeam-nor: "Very Good" passivhus, i tillegg til et forbildeprosjekt til «Future Built», med VAV-systemet Wise i alle plan. Bygget står uten elektrisk eller vannbåren varme i hovedsak, hvis man ikke ser på kjelleren. Hver etasje er ca. 2790m². Energiforbruket er beregnet til ca. 90 kWh/m². Bygget kostet 187,5 MNOK å oppføre og er i den senere tid solgt for 457,5 MNOK til RS Platou Real Estate AS. Bygget kan også skilte med oppvarming med spillvarme fra nabobyggets overskuddsenergi.

Schweigaardsgate 21/23				Oslo	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Sommer . 13	<i>Antall aggregat / type</i>	15 / Gold	<i>Byggherre</i>	Rom Elendom
<i>GNR/BRN</i>	234/78	<i>Total luftmengde</i>	300 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	Gjensidige og NSB
<i>BRA samlet[m²]</i>	25 200 (felles 10 615 i kjeller)	<i>Energiklasse</i>	B, 126 kWh/m ²	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Hjelnes
<i>Type bygg</i>	Kontorbygg	<i>Etasjer</i>	8	<i>Totalentreprenør</i>	Skanska
<i>Areal fordeling</i>	14850/15450	<i>Prosjektledelse</i>	OEC	<i>Ventilasjonstreprenør</i>	Randem & Hubert
<i>VAV spjeld</i>	250	<i>Areal fordeling BRA</i>	13250/11900	<i>Arkitekt</i>	Lund + Slaatto



Schweigaardsgate 21/23 er Norges første Breeam Excellent sertifiserte bygg, grunnet at det er et pilotprosjekt for å implementere bransjestandarden til norske forhold da det kreves gode løsninger og høyt miljøfokus gjennom hele byggeprosessen. Bygget består sammenhengende av to deler, et bygg til Gjensidige og et til NSB, der hvert bygg utgjør ca. 15 000m². Under bakkenivå er det 3 etasjer med felles parkering, treningssenter osv. Den totale

kostnadsrammen var på 900 MNOK. På ventilasjonen er det installert et WISE behovsstyrt ventilasjonsanlegg.

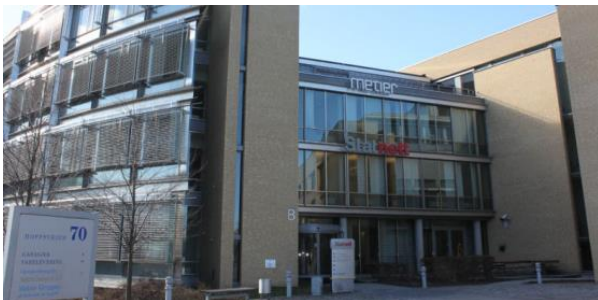
Hagaløkkveien 28				Asker	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	2011	<i>Antall aggregat / type</i>	16 / GOLD	<i>Byggherre</i>	Ferd Eiendom (solgt 2013)
<i>GNR/BRN</i>	6/54	<i>Total luftmengde</i>	192 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	/Aibel
<i>BRAI [m²]</i>	23 000	<i>Energimerke</i>	B/A 90kWh/m ²	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Hjelnes
<i>Type bygg</i>	kontorbygg	<i>Etasjer</i>	5 (+2U)	<i>Totalentreprenør</i>	Skanska
<i>BTA [m²]inkl park.</i>	30 000	<i>Areal fordeling trinn 1 og 2 uten parkering</i>	5 700 / 15 000	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	Oras AS
<i>VAV spjeld</i>	Ca. 1500	<i>Breeam Nor</i>	Very Good	<i>Arkitekt</i>	Jostein Rønsen Arkitekter / HUS Arkitekter

Aibel bygget, som dette bygget også kalles, ble nominert til årets bygg i 2011, pga. at det var det første bygget i Norge på den tiden som hadde oppnådd «Very Good» i Breeam Nor som et av få pilotprosjekt på Breeam. Bygget har blitt bygget i to trinn av der det siste trinnet ble levert med bedre energiklasse. Varmepumper sammen med 36 energibrønner er brukt for å dekke 80% av rom- og ventilasjonsoppvarming og det er WISE system med behovsstyring på bevegelsesdetektor i cellekontorer, CO₂-føler i landskap + temperaturfølere. Sprinkling, lys, data, luft og kjøling er lagt opp for fleksibel endring av bygget fra landskap til cellekontor.



5.4 FLAKTWOODS – IPSUM

Hoffsveien 70B				Helsfyr,Oslo	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	2013	<i>Antall aggregat</i>	Ca.9 (6 nye og 4 som er bygget om til VAV styring, frekvens)	<i>Byggherre</i>	(Nordea Liv) Linstow AS
<i>GNR/BRN</i>	32/956	<i>Total luftmengde</i>	96 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	Lindorff
<i>BRA [m²]</i>	7450 (8450)	<i>VAV spjeld</i>	Ca. 300	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Norconsult
<i>Garasje Areal</i>	Ca. 1000	<i>Drift</i>	Aker Eiendomsdrift	<i>Totalentreprenør</i>	Aktiv Bygg AS
<i>Type bygg</i>	Totalrehabilitering, kontorbygg	<i>SD anlegg</i>	iFix på toppen av IPSUM	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	Bryn Byggklima



Hoffsveien 70B er det første bygget i Norge som har fått installert FlaktWoods sin IPSUM løsning. I dette bygget er det komplett nytt kanalnett fra sjakt og ut i alle etasjer unntatt plan U1 og alt av ventiler er byttet. Det er installert ny kjølemaskin på taket, eksisterende aggregater i kjeller beholdes, men med ny automatikk.

5.5 CAVERION – KLIMATAK

Nydalshøyden Bygg A		Nydalen Allé 37, Oslo			
		Totalentreprise i samarbeidskontrakt			
<i>Ferdigstillelse</i>	2010	<i>Antall aggregat / type</i>	15 / Klimatak	<i>Byggherre</i>	Avantor AS
<i>GNR/BRN</i>	77/365	<i>Total luftmengde</i>	200 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	Avantor/TV Norge/Sats osv.
<i>BTA [m²]</i>	20 000	<i>Energimerke</i>	B, 131 kWh	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Norconsult
<i>SD anlegg</i>	Caverion sitt system	<i>VAV spjeld</i>	Ca 1200 stk.	<i>Totalentreprenør</i>	Vedal Entreprenør AS i samarbeidskontrakt
<i>Type bygg</i>	Kontorbygg/TV studio	<i>Prosjektledelse</i>	Avantor	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	Caverion
				<i>Arkitekt</i>	-



Nydalshøyden Bygg A er bygg 2 av 3 som Avantor bygget i Nydalen med en kontraktssum på 350 MNOK. Caverion har levert på alle tekniske fag på dette prosjektet. I utgangspunktet var bygget tiltenkt som rent kontorbygg, men så kom TVNorge inn som den største leietageren. TVNorge har et behov og en installasjon som ikke likt et typisk kontorbygg, da det fordrer spesielle løsninger i forhold til kjøling. De har blant annet et stort datarom og to relativt store TV studioer som avgir mye varme, som dermed også trenger tilsvarende mye kjøling. Klimatak løsningen er tilpasset slik at mye av kjølebehovet skal tas gjennom luften i ventilasjonsanlegget. Det er prosjektert egne ventilasjonsaggregater som forsyner studioet kontinuerlig med kaldluft. Prisen for de ekstra kostnadene leietager står ansvarlig for er ikke medtatt i analysen her slik at bygget analyseres som et vanlig kontorbygg.

BI Nydalen		Nydalsveien 37, Oslo			
		Byggherrestyrt delentreprise			
<i>Ferdigstillelse</i>	Aug. 2005	<i>Antall aggregat</i>	13	<i>Byggherre</i>	Avantor AS
<i>GNR/BRN</i>	57/407	<i>Behandlet luftmengde_{ABCD}</i>	930 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	BI
<i>BRA [m²]_{ABCD}</i>	70 900	<i>Energimerke</i>	C, 184 kWh/m ²	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Erichson & Horgen
<i>Total Areal alle bygg[m²]</i>	95 200	<i>Etasjer</i>	6	<i>Hoved entreprenør</i>	Vedal prosjekt
<i>VAV spjeld_{uten kontor}</i>	Ca. 100	<i>SD anlegg</i>	Sauter	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	Haaland Klima
<i>SFP_{drift}[kW/(m³/s)]</i>	1,80	<i>Type bygg</i>	Universitets- høyskolebygg	<i>Arkitekt</i>	Niels Torp



BI Nydalen kostet offisielt 2.100 MNOK og består av flere blokker. Det er avgrenset i denne oppgaven til kun å se på A,B og C blokka, da D blokka er noe uoversiktlig. Caverion har på dette bygget hatt en egen entreprise på ventilasjon og tekniske fag på alt ut fra sjakt og ut til rom i 3-7 etasje, mens det var en egen entreprise kun for de tekniske rommene og sjaktene. Bygget er bygd svært fleksibelt for endringer av rom og utstyr for å ta del i videreutvikling i takt med endrede behov. Aggregatene er noe av de største som oppdrives på markedet der 8stk av aggregatene har luftmengde på litt over 100 000 m³/h pr. aggregat for undervisningslokalene.

Østre Aker vei 31				Kabelgaten 2, Oslo	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	2010	<i>Antall aggregat / type</i>	6 / Flakt	<i>Byggherre</i>	OXER AS
<i>GNR/BRN</i>	122/2	<i>Total luftmengde</i>	150 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	/ NAV og Teknologisk institutt
<i>BTA [m²]</i>	16 000	<i>Energiklasse</i>	B	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Sweco og Erichsen & Horgen
<i>Garasje</i>	2 U plan	<i>Etasjer</i>	8/5	<i>Totalentreprenør</i>	OKK Entreprenør AS
<i>Type bygg</i>	Næringsbygg	<i>Prosjektledelse</i>	OKK Entreprenør AS	<i>Totalteknisk entreprenør</i>	Caverion
<i>VAV spjeld</i>	Ca. 60	<i>SD anlegg</i>	YIT Caverion	<i>Arkitekt</i>	Lund & Utheim arkitektkontor AS



Østre Aker vei 31 består av to kontorlammer på henholdsvis 8 og 5 etasjer, knyttet sammen med en glassoverbygget foaje. OXER og OKK Entreprenør utviklet dette bygget med en kontraktsum på 250 millioner inkl. mva. Bygget er bygget fleksibelt for rom endringer og med hele 3,40m høyde i alle etasjer. Klimatak løsningen er installert med vanlig romstyring, dagslysstyring av persienner og et ekstra tiltak for å beregne alle kuldebroer. Ellers er bygget isolert for et energibruk på 150-165kWh/m² der kostnaden for alle tekniske fag var 72 MNOK.

5.6 MICROMATIC

Asker Panorama				Drengsrudbekken 12, Asker	
				Samspilsentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Des.13	<i>Antall aggregat / type</i>	11 / Novema RVT	<i>Byggherre</i>	OXER Gruppen
<i>GNR/BRN</i>	7/10	<i>Total luftmengde</i>	225 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	OXER Gruppen / Kongsberg Gruppen ++
<i>BRA [m²]</i>	32 000	<i>Energiklasse</i>	B	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	EM teknikk/ECT
<i>Kontorlokaler og fellesarealer [m²]</i>	Ca. 22 000	<i>Etasjer</i>	7 + 2U	<i>Totalentreprenør</i>	OKK Entreprenør
<i>Parkering[m²]</i>	Ca. 10 000	<i>Breeam Nor</i>	Excellent	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	Bryn Byggklima
<i>Type bygg</i>	Kontorbygg	<i>VAV spjeld</i>	Ca 180	<i>Arkitekt</i>	Arkitektene



Asker Panorama er et bygg på 32 000m² som er fordelt på to bygg, et bygg A og et bygg B. Totalarealet omfatter 18 000m² kontorlokaler, 1 100m² lager og resten parkeringskjeller og fellesarealer (treningscenter). Kontraktssummen mellom OKK totalentreprenøren og OXER var på 457 millioner kr eks. mva. OXER ønsket et godt Breeam bygg i sin portefølje. Et stykke ut i prosessen så de at det var mulig å oppnå Breeam Nor Excellent (som en av de første med dette) med et beregnet strømforbruk på 57.5 kWh/m². Varme og kjølebehovet hentes fra grunnen med energibrønner

Profilbygget				Drengsrudbekken 12, Fornebu	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Sommer 2013	<i>Antall aggregat / type</i>	6 / Novema RVT	<i>Byggherre</i>	IT fornebu
<i>GNR/BRN</i>	41/942	<i>Total luftmengde</i>	57 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	Technopolis/Accenture
<i>BTA [m²]</i>	5200	<i>Energimerke</i>	B/A	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Rambøll
<i>BRA [m²]</i>	4500	<i>Breeam Nor</i>	Mål:excellent	<i>Totalentreprenør</i>	Skanska Norge
<i>Type bygg</i>	Kontorbygg og bensinstasjon	<i>Prosjektledelse</i>	Stor-Oslo Prosjekt	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	Haaland Klima
		<i>Etasjer</i>	4	<i>Arkitekt</i>	SJ Arkitekter



Profilbygget er et passivhus bygget på en kontraktssum på 133MNOK eks mva. mot totalentreprenøren Skanska, der byggekostnaden utgjør 28 000kr/m². Bygget benytter fjernvarme/fjernkjøling og har et beregnet energiforbruk på 91 kWh/m². Bygget er forventet å få Excellent i Breeam Nor standarden og ellers kjennetegnes bygget av den store dobbelfasaden som virker som en buffer mot store temperatursvingninger og har god isolasjon.

Nordbygata 1				Lakkegaten 19-23 Grønland, Oslo	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Des.13	<i>Antall aggregat / type</i>	11 / Novema DV compact E	<i>Byggherre</i>	Nordbygata 1
<i>GNR/BRN</i>	230/154	<i>Total luftmengde</i>	150 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	Attivo Eiendomsutvikling/ Tine+YS
<i>Areal [m²]</i>	16 000	<i>VAV spjeld</i>	Ca.470	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Delta Tek AS
<i>BRA [m²]</i>	15 000	<i>Energiklasse</i>	B	<i>Totalentreprenør</i>	Strukta
<i>SD anlegg</i>	Niagara	<i>Prosjektledelse</i>	Indian Bygg	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	Klima & Bygg
<i>Type bygg</i>	Kontorbygg			<i>Arkitekt</i>	To pluss To arkitekter



Prosjektet Lakkegaten 19-23 er et bygg i prefabrikkerte elementer i stål og betong bygget på en kontraktssum på ca. 240 MNOK. Fasaden henger utenpå bygget som et element som gjør at kuldebroer unngås og man får et tett bygg. Her har Micromatic levert VAV KNX og CO2/temp i tillegg til lys og varmestyring til hele bygget. Det har vært en del tekniske problemer i bygget grunnet noe Software feil og feil med VAV spjeldene.

5.7 LINDAB – PASCAL

Svovelstikka Opplæringsssenter			Svovelstikka 1-3, Oslo:	
			Delte entrepriser	
<i>Ferdigstillelse</i>	Apr.13	<i>Antall aggregat / type</i>	3 (2 stk. nye GOLD og 1 eksisterende)	
<i>GNR/BRN</i>	130/178	<i>Total luftmengde</i>	80 000 m ³ /h	
<i>Areal [m²]</i>	6500	<i>Energiklasse</i>	D	
<i>BRA[m²]</i>	4 344	<i>VAV spjeld</i>	Ca 155.	
<i>Type bygg</i>	Undervisning/ skole	<i>SD anlegg</i>	ingen	
<i>Tiltakshaver</i>	PS Eiendom	<i>Type byggeprosjekt</i>	Rehabilitering	
			<i>Byggherre</i>	Oslo Kommune
			<i>Eier/Leietaker</i>	-
			<i>Ventilasjonskonsulent</i>	-
			<i>Totalentreprenør</i>	-
			<i>Ventilasjonstreprenør</i>	Bryn Byggklima
			<i>Arkitekt</i>	Astrup og Hellern AS



Svovelstikka Opplæringsssenter er et rehabiliteringsprosjekt der Pascal VAV-systemet er installert. Her ble det levert 2stk. nye aggregater med komplett kanalnett og luftfordelingsutstyr på til sammen 25 000 m³/h. 1 stk. eksisterende ventilasjonsaggregat med kapasitet på 60 000 m³/h ble beholdt. Sjaktkanaler ble beholdt mens sprednettet ut fra sjaktene ble byttet.

Øvre Torg Kunnskapsenter			Otto Sverdrups plass 4, Sandvika	
			Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Aug.14	<i>Antall aggregat / type</i>	8 / Novema 0-10V	
<i>GNR/BRN</i>	7/247	<i>Total luftmengde</i>	180 000 m ³ /h	
<i>BRA [m²]</i>	14 414	<i>VAV spjeld</i>	Ca. 600	
<i>Type prosjekt</i>	Totalrehabilitering + nybygg	<i>SD anlegg</i>	Johnson Control	
<i>Type bygg</i>	Undervisningsbygg	<i>Status bygg</i>	Under igangkjørelse	
<i>Spesielt</i>		<i>Prosjektledelse</i>	Insenti AS	
			<i>Byggherre</i>	Statsbygg, Entra Eiendom
			<i>Eier/Leietaker</i>	Høgskolen i Oslo, Bærum kommune
			<i>Ventilasjonskonsulent</i>	-
			<i>Totalentreprenør</i>	Strøm Gundersen AS
			<i>Ventilasjonstreprenør</i>	Oras
			<i>Arkitekt</i>	Dyrvik Arkitekter AS



Øvre Torg Kunnskapsenter er en pågående totalrehabilitering der ny fasade skal bygges og der alle tekniske installasjoner skal fornyes i tillegg til et nybygg i 5 etasjer. Bygget er delt i flere enheter der Lindab leverer Pascal systemet for kontordelen (høyblokka) som betjener ca. 4000m² kontorer med luftmengde 40 000m³/h. For delen som utgjør kunnskapsenteret på 10 500 m², utgjørende 120 000m³/h, benyttes Johnson undersentral av typen VMA som er direkte montert på et VAV spjeld. Avtrekksspjeldet, CO2 føler, aktuatorer og temp. følere trekkes tilbake til VMA. Fra VMA går det bus kabel til tavla som styrer viftene i aggregatet via 0-10 v signal. Grunnen til at Lindab ikke fikk levert til hele bygget var fordi det var krav om CO2 logging i klasserom. Lindab hadde ikke mulighet for dette ved tilbudet, men har nå den funksjonen. Ventilasjonsanlegget er installert og under igangkjøring. Pascal systemet utgjør ca. 200 VAV enheter av totalt 600. Ellers kan bygget skilte med et Aerogel-glasstak- verden mest miljøvennlige byggmateriale for lave U-verdier og reduksjon i energiforbruket.

Fornebuporten				Fornebu	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	2016	<i>Antall aggregat / type</i>	26 / Flakt Woods 0-10V signal	<i>Byggherre</i>	Fornebuporten AS (Aker ASA)
<i>GNR/BRN</i>	41/957,959	<i>Total luftmengde</i>	735 000 m ³ /h	<i>Eier/Leietaker</i>	Aker ASA
<i>Areal [m²]</i>	80 000	<i>Energiklasse</i>	Minimum B	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	-
<i>BRA[m²] kontor</i>	50 000	<i>Breeam Nor</i>	Kommer	<i>Totalentreprenør</i>	Hent AS
<i>Kjeller/parkering[m²]</i>	30 000	<i>VAV spjeld</i>	Ca. 1500	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	Oras
<i>SD anlegg</i>	Normatic (Web)	<i>Status</i>	Under bygging	<i>Arkitekt</i>	DARK Arkitekter



Fornebuporten er et stort pågående byggeprosjekt med en kontraktsverdi til totalentreprenøren på 2.100 MNOK inkl. moms noe som er den største enkeltstående entreprisen i Norge. Bygget er fordelt på to kontorbygg, hver på 5 lameller, på til sammen 50 000m². Det installeres Pascal VAV i begge blokkene, men med noe ulik løsning. Det trykkuavhengige systemet knyttes opp i Pascal – SD anlegget. I blokk B er det

Pascalventiler av typen MBBV (ventilasjon som er kjøling og VAV spjeldet sitter i ventilen) i grid for fleksibel endring av byggets romløsninger. I de andre områdene er det vanlige VAV spjeld i kanal med egne kjølebafler for rom som trenger det.

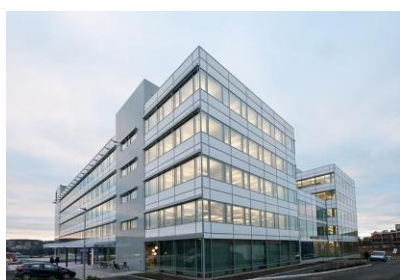
Haraldrudveien 20				Oslo	
				Programanbud	
<i>Ferdigstillelse</i>	Okt.13	<i>Antall aggregat / type</i>	7 / Novema	<i>Byggherre</i>	Oslo Kommune Renovasjonsetaten
<i>GNR/BRN</i>	139/291	<i>SD anlegg</i>	SRO	<i>Eier/Leietaker</i>	Renovasjonsetaten
<i>Areal [m²]</i>	11 500	<i>VAV spjeld</i>	ca.200	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	-
<i>BRA kontor[m²]</i>	8 000	<i>Etasjer</i>	5	<i>Totalentreprenør</i>	Team Bygg Entreprenør AS
<i>Type bygg</i>	Kontorbygg	<i>Type byggeprosjekt</i>	Total rehabilitering	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	GK Kjeller



Haraldrudveien 20 er en totalrehabilitering for ombygging til hovedkontoret for Oslo kommune Renovasjonsetaten. Bygget er utført på programanbud og beskrevet av Aalerud AS. Bygget er på 5 etasjer der hver etasje utgjør ca. 1500m². Pascal VAV-systemet er installert i ca. 120 rom fordelt på 1-5 etasje.

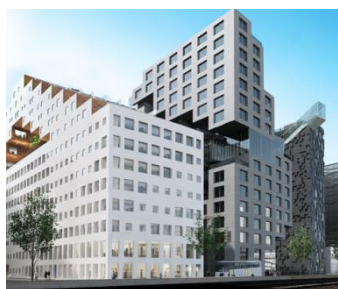
5.8 TROX AURANOR

Siemens HQ, Oslo		Østre Aker vei 88, Oslo	
		Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Des.13	<i>Antall aggregat / type</i>	9 / Systemair - DVCompact
<i>GNR/BRN</i>	88/482	<i>Total luftmengde</i>	160 000 m ³ /h
<i>BRA [m²]</i>	15 000	<i>Energimerke</i>	A
<i>SD anlegg</i>	Siemens SD, Desigo	<i>Etasjer</i>	6
<i>VAV spjeld</i>	Ca. 550	<i>LEED</i>	Leed Gold
<i>Type bygg</i>	Kontorbygg	<i>Byggherre</i>	Finans Gruppen Eiendom AS og Wintra Eiendom AS
		<i>Eier/Leietaker</i>	/Siemens
		<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Sweco
		<i>Totalentreprenør</i>	AF Gruppen
		<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	GK
		<i>Arkitekt</i>	Thorenfeldt Arkitekter



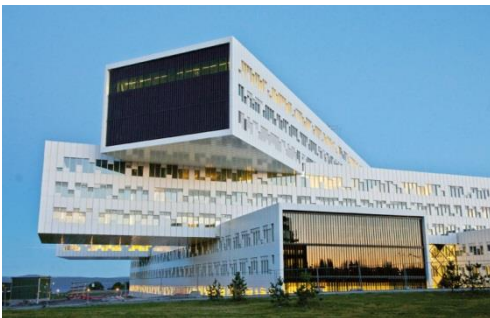
Siemens HQ er et næringsbygg fordelt på to lameller i en totalentreprise med verdi på 264 MNOK uten moms. Bygget skal miljøsertifiseres med LEED-systemet – Leadership in Energy And Environmental Design som er noe tilsvarende Breeam, med vektig innen utforming, bygging, drift og vedlikehold av grønn bygningsmasse. Bygget er bygget for fleksibel endring av innmaten. I dette bygget har Siemens vært inne selv med sine løsninger, blant annet Siemens Desigo 5 og Desigo TRA kontrollsystem for varme, ventilasjon, lys og persienner. Det er verdt å merke seg at toppsystemet ikke er ferdigstilt enda, og bygget kjører ikke i helt normal drift.

Barcode DNBNor A-B-C		Dronning Eufemias gate 18-26, Oslo	
		Byggherrestyrt Delentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	2012/2013	<i>Antall aggregat</i>	Ca.85 (54 + 14 + 15)
<i>GNR/BRN</i>	234/80, 117, 87	<i>Total luftmengde</i>	963 000 m ³ /h (632 000 + 200 000 + 130 000)
<i>BTA [m²]</i>	37 000 A 22 500 B 13 000 C	<i>Energiklasse</i>	B (121 kWh), faktisk 200 kWh pga. utvidet drift
<i>VAV spjeld</i>	Mange hundre	<i>Etasjer</i>	17/15/14
<i>Type bygg</i>	Kontor og bololig	<i>Prosjektledelse</i>	Vedal Prosjekt
		<i>SD anlegg</i>	Sauter
		<i>Byggherre</i>	Oslo S Utvikling og DNB scandinavian property fund
		<i>Eier/Leietaker</i>	DNB
		<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Erichson & Horgen
		<i>Totalentreprenør</i>	Vedal
		<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	Erichson & Horgen
		<i>Arkitekt</i>	DARK Arkitekter/ MVRDV/ a-lab



DNBNor bygget i Bjørvika består av 3 moderne bygninger som er forbundet under bakken. DNB liv har kjøpt byggene for 4.800 MNOK. Byggene benevnes ofte med A, B og C eller Vestbygget, Midtbygget og Østbygget. Den totale luftmengden når 963 000 m³/h fordelt på 85 luftaggregater spredt rundt omkring i bygningen. Det benyttes fjernkjøling med isvannsbatterier på aggregatene, mens det også ellers er installert kombibafler, fancoils og passive bafler. Byggene er behovsstyrt sonevis med CO2 og temperaturstyring.

Statoil Fornebu				Martin Linges vei 33, Fornebu	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Sep.12	<i>Antall aggregat / type</i>	56 / Novema	<i>Byggherre</i>	IT Fornebu Eiendom As
<i>GNR/BRN</i>	41/639	<i>Behandlet luftmengde</i>	720 000 m ³ /h (498 000 _{lameller} + 220 000 _{U1 og 1.etasje})	<i>Eier/Leietaker</i>	Statoil
<i>Areal inkl parkering[m²]</i>	117 000	<i>Energiklasse</i>	A, 100kWh/m ²	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	-
<i>BTA kontorer[m²]</i>	66 800	<i>Etasjer</i>	5x3etasjer	<i>Totalentreprenør</i>	Skanska
<i>BRA kontorer[m²]</i>	64 000	<i>Prosjektledelse</i>	Stor Oslo Eiendom	<i>Ventilasjonsentreprenør. Teknisk totalentreprise samarbeid</i>	Haaland Klima og Randem&Hubert
<i>VAV spjeld</i>	7272 stk	<i>Breeam Nor</i>	Very Good	<i>Arkitekt</i>	A-Lab



Statoil bygget består av 5 like lameller stablet på hverandre i en tilsynelatende tilfeldig konstruksjon. Hvert element består av tre etasjer, hver etasje på gjennomsnittlig 3.100 kvm BTA. Bygget er relativt dyrt (byggekost på 1.500MNOK og verdi 3MRD) der den totaltekniske entreprisen endte på 340 MNOK. For kontoretasjene plan 2-9 er hele etasjen dekket av en kjølebaffel pr. 3x3 meter. Dette er en nyutviklet kjølebaffel (navn: Svalbard MB – multibaffel) med integrert lys, sprinkelhode, VAV og romregulering. Baffelen vil ha en kapasitet på opp til 225 m³/h luft og en kjølekapasitet på 700 W på kjølerregisteret. Totalt vil det bli montert over 3.100 stykker av disse (Haaland Klima). Det er installert Siemens Automatikk + Belimo spjeldmotorer som TroxAuranor har stått for.

Storgata 51				Oslo	
				Totalentreprise	
<i>Ferdigstillelse</i>	Sep.13	<i>Antall aggregat</i>	18	<i>Byggherre</i>	Eiendomsspar
<i>GNR/BRN</i>	208/665	<i>Total luftmengde</i>	-	<i>Eier/Leietaker</i>	Oslo Areal AS / Oslo kommune
<i>BTA [m²]</i>	10 900	<i>Energiklasse</i>	-	<i>Ventilasjonskonsulent</i>	Engenius
<i>BRA kontorer[m²]</i>	9 735	<i>Etasjer</i>	8 +1U	<i>Totalentreprenør</i>	AF Gruppen
<i>VAV spjeld</i>	Ca.500	<i>Breeam Nor</i>	Very Good	<i>Ventilasjonsentreprenør</i>	Bjerke Ventilasjon
<i>SD anlegg</i>	DE link	<i>Type prosjekt</i>	Totalrehabilitering	<i>Arkitekt</i>	



Storgata 51 er en totalrehabilitering med verdi på 114 millioner kr eks.mva. Hver etasje er på ca. 1200m² med unntak av 8.etasje som er på ca. 900 m². Eiendomsspar har solgt bygget videre for over 300 MNOK til Oslo Areal AS som nå leier ut til Oslo kommune på langsiktige kontrakter.

6. MODELLRESULTATER: DRIFT- OG VEDLIKEHOLD, ENERGI OG UTSKIFTNINGER

Et hovedmål med å estimere FDVU kostnadene tidlig i stadiet for et ventilasjonsanlegg er å sikre at anlegget designes og planlegges for å nå sin tiltenkte levetid, og også forstå utfallet av valg som påvirker driften. Som beskrevet i *ISO 15686-5:2008, Buildings and constructed assets- Service-life planning – Part 5:Life-cycle costing*[33] er drift og vedlikehold omfattet av ulike typer aktiviteter og frekvenser som har ulike kostnader og implikasjoner på driften. For de videre underkapitlene vil jeg beskrive, presentere og modellere kostnader knyttet til drift, vedlikehold og utskiftninger. De samme temaene som man bør ta hensyn til når et ventilasjonsanlegg skal driftes, vedlikeholdes og planlegges optimalt gjengis fra ISO 15686-5-2008 i punktene som presenteres under, som også etablerer grunnlaget for hvordan modellene har blitt til. I FDVU sammenheng bør man ta hensyn til:

- Prestasjonen over tid for hvert element i anlegget
- Identifisere sannsynlige levetider for komponentene
- Arbeidet som kreves og assosierte kostnader for å opprettholde akseptabel funksjonalitet gjennom ulike deler av levetiden
- Kostnaden knyttet til at anlegget ryker, eller stanser. De indirekte kostnadene ved tap av funksjon over en periode.
- Kostnaden knyttet til mindre optimal drift, f.eks. dårligere inneklime, mer energibruk osv.
- Redusert levetid som resultat av dårlig vedlikehold
- Kostnaden for en viss utskiftning ved en gitt tid
- Vedlikehold og forvaltningskostnader som ofte dukker opp regelmessig
- Utskiftningskostnader som kan skje over lengre tidsperspektiv, som en del eller ikke av kapitalkostnadene
- Energikostnader som er knyttet til driften av anlegget ved ulike tilstander som følge av drift og vedlikehold

Modellene presenteres først i sin helhet før underkapitlene til hver modell går mer i detalj for hvorfor valgene som er gjort er tatt og hvordan modellen kommer frem.

6.1 DRIFT- OG VEDLIKEHOLDSSKOSTNADS MODELL

I Tabell 9, s.42 ble kostnadspostene og tilhørende funksjoner for drift og vedlikehold kort beskrevet. Drift og vedlikehold av tekniske systemer kan være komplisert og svært omfattende ettersom det er mange komponenter og mye å ha oversikt over. I NS-EN 15239:2007 er det satt opp retningslinjer for inspeksjon av ventilasjonssystemer med en tilhørende sjekklister. Standarden sier at en kontroll av ventilasjonsytelsen skal starte med å sjekke om komponentene i luftbehandlingsanlegget har korrekt ytelse, og at driften er i samsvar med forutsetningene. Dette innebærer:

- Kontroll av bruk og drift når det gjelder: faktiske forhold, tilstrekkelig luftmengde, temperatur, vibrasjon, luftfuktighet, solavskjerming og fastsatte krav
- Funksjon av de mekaniske, elektriske og pneumatiske komponentene, samt at styringssystemet og reguleringsinnstillinger virker som forutsatt
- Elektrisk vifteeffekt og spesifikk vifteeffekt (SFP)
- Minimering av intern varmeeffekt om sommeren

- Periodisk kontroll av: komponenter (filtre, drift, renhet, sensorer), energibruk og hygieneforhold ved systemet

Mesteparten av kostnadene til drift og vedlikehold er avhengig av arbeidet driftspersonellet bruker tid på, deriblant inspeksjon og utskiftninger. I tillegg går det med en del kostnader til faste filterskift og avtalefestet service på komponenter i teknisk rom som krever spesialkompetanse fra innleid personell. Servicekostnaden knyttes hovedsakelig opp mot aggregatservice som vanligvis kreves ca. en gang i året. Splittes dette opp i hovedposter, vil vi kunne si at kostnadene til drift og vedlikehold av et ventilasjonsanlegg inkluderer den antatte kostnaden til de som drifter anlegget på full tid (vaktmestere, driftsteknikere osv), samt service av alle ventilasjonsaggregatene og filterskift ca. *1 gang i året*. Dermed kan drift- og vedlikeholdskostnadene (D&V) moduleres etter følgende formel:

$$Drift \ \& \ Vedlikehold = Service_{pr. \ aggregat} + filterskift_{pr. \ aggregat} + driftspersonell \quad (6.1)$$

Definisjonsmessig dekker drift kostnadene til driftspersonellet, mens vedlikehold dekker service og filterskift. I denne analysen kan drift og vedlikehold moduleres som:

$$D \ \& \ V = (S_{kr} + F_{kr}) \cdot n_{aggregat} + persontimer_{gjennomsnitt.vent.drift.pr.system} \cdot 500kr / time \quad (6.2)$$

Her er servicekostnadene *S* estimert i Tabell 21, og filterskiftkostnadene er estimert etter Tabell 22. Tabellene bygger på faktiske filter- og serviceestimer fra noen bygg sammen med uttalelser fra driftsteknikere og filteransvarlig i GK. I filterskiftkostnaden er det anslåtte arbeidet inkludert da dette bare er en liten del av servicekostnaden. I mange tilfeller gjøres filterskift og service samtidig. 500 kr/timen er valgt som timepris for en person i et typisk eksternt driftsselskap. Denne timeprisen vil være lavere hvis det er internt mannskap som drifter, eller veldig mye høyere hvis det kun er service et fåtalls ganger med egne teknikere for ventilasjonsservice som tar rundt 1000 kr timen. Drift- og vedlikeholdskostnader for hvert enkelt bygg er nødvendigvis ikke en riktig indikasjon på hva det koster å drifte et typisk VAV-anlegg fra gitt leverandør fordi det avhenger mer av andre faktorer ved bygget. Modellen forsøker å gi et tilnærmet riktig bilde i forhold til realitetene der det i de neste avsnittene gis en beskrivelse av postene som inkluderes.

6.1.1 SERVICE-, FILTERSKIFT- OG PERSONALKOSTNADER **SERVICE KOSTNAD**

Alle bygg er forskjellige og krever ulik grad av serviceintervall avhengig av hva slags løsning som er valgt og kvaliteten på det tekniske utstyret. Servicekostnader pr. aggregat er gitt i Tabell 21 etter konsultasjon med erfaren servicetekniker i GK som har jobbet mye med service av aggregater etter faste avtaler. Typisk for et bygg er at det har service 1-2 ganger i året for å sjekke og justere luftaggregat og varmegjenvinner i tekniske rom. Den ene av disse to servicene er en fullverdig service med grundig innregulering, skift, tilpasninger og andre typiske mindre oppgaver som oljeskift, noe rens, skifte av rem, sjekk av frostvæske, filterbytte osv. Den andre servicen er vanligvis kun en liten kontroll-sjekk av tingenes tilstand med en mye mindre kostnad, så den regner vi ikke med i denne analysen.

Den faste kostnaden som er innbakt i arbeidet som en service omfatter, er utkjøring med bil, sending av epost, planlegging og oppdatering via telefon etc. Denne kostnaden ligger som et fast gulv uavhengig av hvor mange aggregater som skal ha servicegjennomgang. En tommelfingerregel fra servicetekniker i GK er at man rekker ca. 5-6 vanlige små aggregat om dagen til en kostpris på kr 10 000,- totalt uten ekstra arbeider. Har derimot bygget bare et par aggregater (1-3), vil prisen pr aggregat i enkelttilfeller komme opp 5000 kr inklusive ekstra arbeider. Prisen vil deretter synke noe jo flere aggregater

som skal sjekkes og jo større avtalen er fordi det blir stordriftsfordel over servicen, og det gir rom for å gi noe rabatt. Serviceavtalen blir dermed billigere for de med mange aggregat kontra de som har få. Samtidig blir det enklere og billigere om aggregatene er av ca. samme størrelse. Størrelsen på aggregatene kan ha betydning for fortjenesten til de som gjennomfører servicen, da mesteparten av fortjenesten ligger på filtermodulen. Selve servicen er om lag den samme fordi det koster f.eks. like mye å sjekke/bytte frostvæsken eller olje, selv om det er noe dyrere jo større aggregatet er. Den nedre smertegrensen for de som selger og utfører service ligger på ca. kr 2 000,- kr pr aggregat hvis det er mange aggregat. Under dette er det ikke mulig å komme uansett avtale. Derfor baseres denne servicemodellen seg på følgende tabell for service av aggregater med hovedtyngde 1 gang i året:

Tabell 21. Service-kostnad pr aggregat

Antall aggregater	Pris pr aggregat [kr] eks mva.
0-5 aggregater (kilde GK)	4 000 kr
5-10 aggregater	3 000 kr
10-20 aggregater	2 750 kr
20-30 aggregater	2500 kr
30-40 aggregater	2 200 kr
40 + aggregater	2000 kr

En viktig bemerkning fra serviceteknikkeren i GK er at det er ingen som selger egne serviceavtaler for sjekk av komponenter utenfor teknisk rom. Dette kommer som regel som en tilleggskostnad og er en service som finner sted når noen (bruker, vaktmester eller annen) oppdager et problem. Nå er det ikke veldig vanlig at vaktmester eller driftspersonell går rundt og sjekker følere eller VAV-spjeld særlig ofte. Som oftest oppdages problemer når noen brukere klager på at noe ikke er som det skal. For en slik type standardservice som minimum tar 2 timer er minimumskostnaden 2500 kr. Det kan også ta en hel dag å utføre standardservice avhengig av hvor mye som er feil eller må sjekkes basert på klager som kommer inn.

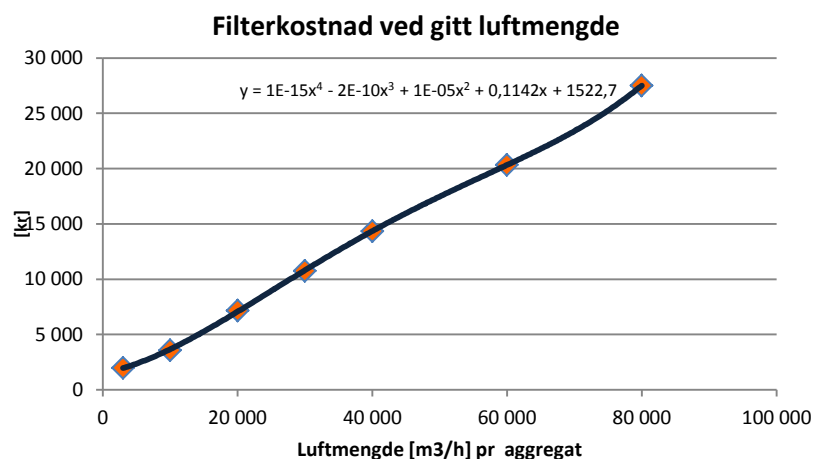
FILTERKOSTNAD

Filter byttes når en grense for maks trykkfall ved minimum luftmengde nås eller ved et fast intervall for å unngå dårlig drift eller redusert innelima. De fleste skifter en gang i året, eller i det minste 70 % gjør det ifølge service teknikker i GK. Noen skifter 2 ganger i året hvis bygget ligger midt i et forurenset område med mye trafikk eller industri. Er det et veldig forurenset område kan 3 ganger i året forekomme på det meste. Filtre kommer i ulike størrelser, typer og kvaliteter. I tillegg varierer antall filtre pr aggregat i forhold til størrelsen på aggregatet (luftmengden). Kostnad på filterskift ved utvalgte luftmengder, med F7 kvalitet (ganske standard, men godt lavenergifilter med fornybare råvarer) er gitt i Tabell 22 etter tall fra Interfil AS – stor norsk leverandør av filtre til bygg. Prisene er oppgitt uten mva. og brto betyr før eventuell rabatt. Ved nærmere undersøkelse operer den andre store leverandøren på filtre i Norge, Camfil, med ca. samme priser i sine prislister. Det som er avgjørende for den endelige prisen, er rabatten og avtalen som opprettes ved bestilling. Større entreprenører/ eiendomsbesittere har som regel 50 % rabatt eller høyere (ref. Interfil AS, salgssjef). Derfor vil prisen i modellen for tilluft og avtrekk estimeres til den samme som den faktiske prisen som er oppgitt for kun tilluft, altså med 50 % rabatt.

Tabell 22. Filterkostnader for ulike luftmengder pr aggregat

Filterpriser, tilluft/avtrekk, fra Interfil AS[ekskl. mva]	Modell	
Filter luftmengde, antall filtre, pris pr filter og totalpris	Luftmengde m ³ /h pr aggregat	Pris pr aggregat [kr/aggregat] eks. mva
3000m ³ standard filter (kilde GK)	0 - 5 000	2000
10 000m ³ 3xLM 12-85 (592x592x635mm/12) 3x1196,-brto 3588,-brto	5 000 - 15 000	3588
20 000m ³ 6xLM 12-85 6x1196,-brto 7176,-brto	15 000 - 25 000	7176
30 000m ³ 9xLM 12-85 9x1196,-brto 10 764,-brto	25 000 - 35 000	10 764
40 000m ³ 12xLM 12-85 12x1196,-brto 14 352,-brto	35 000 - 45 000	14 352
60 000m ³ 17xLM 12-85 17x1196,-brto 20 332,-brto	45 000 - 65 000	20 332
80 000m ³ 23xLM 12-85 23x1196,-brto 27 508,-brto	65 000 - 100 000	27 508

De faktiske kostnadene kan lineariseres etter likningen $y=0,3339x+653,22$, eller et polynom av 4 grad: $y = 1E-15x^4 - 2E-10x^3 + 1E-05x^2 + 0,1142x + 1522,7$, vist i Figur 47. Med andre ord kan vi si at filterkostnadene grovt sett kan regnes som 3400 kr pr 10 000m³ luftmengde i aggregatet. Ettersom filtre er tilpasset noe grovere områder enn helt nøyaktige luftmengder, velges den forenklete modellen i Tabell 22 for de forskjellige luftmengdeintervallene. Tilleggs kostnader som kommer for arbeidet med å bytte filter neglisjeres i denne analysen da det er en enkel og rask jobb.



Figur 47. Filterkostnad ved gitt luftmengde

DRIFPERSONELLKOSTNAD

For alle byggene som er tatt med i denne rapporten, er det spurt driftspersonellet på hvert bygg hvor mange timer og hvor mye tid de normalt bruker på vedlikehold og drift av ventilasjonsanlegget på ukesbasis eller månedsbasis. Tiden de bruker fra dag til dag, uke til uke eller måned til måned vil variere ettersom hvor mange år ventilasjonsanlegget er, og hvor smart og driftsvennlig det er. Tilbakemeldingen fra driftspersonellet vil naturlig nok kun være et grovt estimat og er nødvendigvis ikke ensbetydende med hvor mye tid som vanligvis kreves for å drifte systemet. Derfor vil det være en del usikkerhet med disse tallene. Driftstiden som brukes pr bygg er regnet om til et gjennomsnitt pr kvadratmeter for hvert system. Denne driftstiden pr m² er så videre brukt i analysen. Noen bygg benytter eget driftspersonell som tilhører eier/leietager. Da blir timekostnaden kun internkostnaden for personene som jobber med dette. Da kan vi regne ca. 350kr/timen. Men i mange tilfeller kjøpes drifts- og vedlikeholdstjenester av en ekstern leverandør eller serviceselskap.

6.1.2 RESULTATER AV DRIFT OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADSMODELL

Modellen som følger Formel 6.2 bekrefter sin validitet med tilfredsstillende resultater mot de faktiske kostnadene som vi har fått oppgitt for et par av byggene i Tabell 23. Selv for de byggene som har flest aggregater (DNB/Nor bygget) eller størst luftmengder (BI Nydalen), er modellen nær de realistiske kostnadene. DNB/Nor-bygget anslår de faktiske filterskiftkostnader til 3529,41 kr pr aggregat (300 000kr i året) pr år, noe som modellen treffer til 3588,- kr for 11 329 m³/h pr. aggregat. Totalsummen i modellen blir likevel 26% over de *estimerte* kostnadene grunnet at service av 85 aggregater blir noe dyrt i modellen når antall aggregat overstiger 50 stk.

Den årlige gjennomgangen/serviceen av 8 store anlegg samt noen mindre avtrekk etc. er for BI bygget 41300,- pr år. Denne serviceavtalen er med et ventilasjonsfirma som har service 2 ganger i året. Dette kan gi et hypotetisk kostnadsestimat på ca. kr 3800,- for de 8 store og kr 2300,- for de små. Uansett er gjennomsnittet for de 13 aggregatene 3176,-, noe som stemmer godt overens med modellen som sier 2 750kr. For de 8 store undervisningsaggregatene på hele 100 000 m³/h koster det med rabattene BI Nydalen har for filterbytte ca. kr 16 000,- kun for inntak. Den samme prisen vil gjelde for avtrekk. Til sammen gir det kr 32 000,- mot modellens kr 27 508,- kr når vi regner skift på hele aggregatet en gang i året.

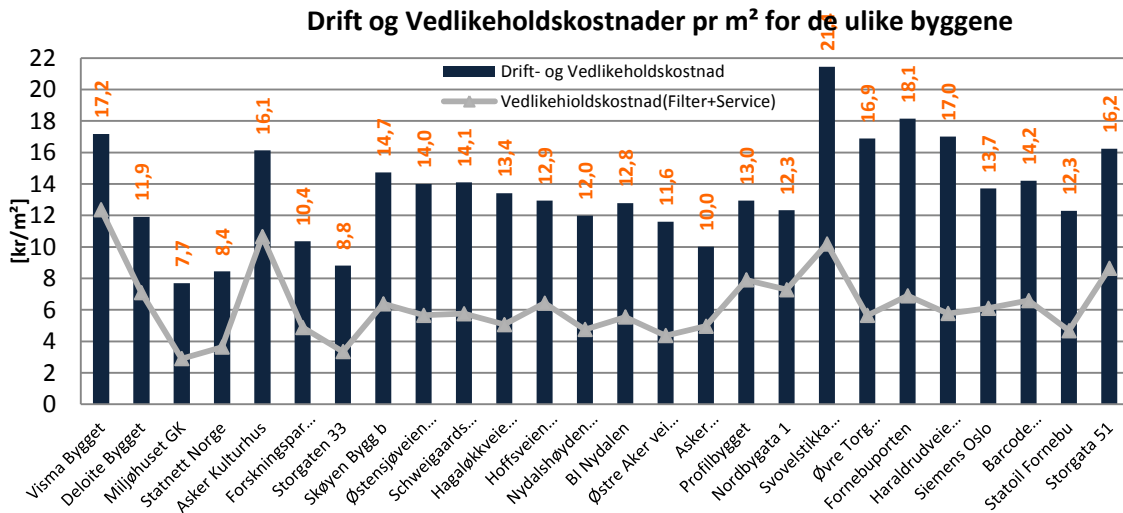
Tabell 23. Drift og vedlikehold. Faktiske kostnader mot modell

	Faktiske kostnader til drift og vedlikehold. evt. avsatte midler i regnskapet	Modell v/1 service
BI Nydalen	907 760	859 377
Nydalshøyden Bygg A	200 000	242 240
DNB Nor Barcode (avsatte midler)	500 000 + 300 000 (service % vedlikehold)	547 523 + 468 422

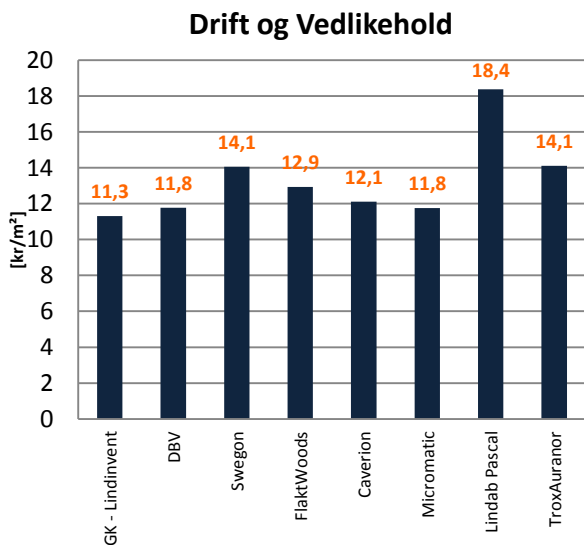
Gjennomsnittet av de tre byggene i tabellen gir en drift- og vedlikeholdskostnad på 11,93 kr/m². Sett under ett gir modellresultatene i Tabell 23 god korrelasjon med de faktiske kostnadene for disse tre byggene. Ser vi på alle byggene i Figur 48, der gjennomsnittet er 13,31 kr/m², vil vi fort se at det er betydelige variasjoner fra bygg til bygg hvor mye kostnaden til drift og vedlikehold blir i kr/m². Husk her at driften for alle byggene under hvert system de tilhørere er lik, dvs. driftskostnaden markert i Figur 50. Derfor er vedlikeholdskostnadene markert i Figur 48, ettersom det er de som varierer pr bygg. Tendensen i Figur 48 viser at normale kostnader til drift og vedlikehold er innenfor 10-15 kr/m². Legges disse enkeltkostnadene sammen som et gjennomsnitt pr VAV- og DCV-system får vi Figur 49, mens Figur 50 ved siden av viser den oppsplittede kostnaden.

Figur 50 viser at vedlikeholdet med filterskift og service er ganske likt med unntak av Caverion sitt system, men at det er stor variasjon i driftskostnadene. GK-Lindinvent kommer best ut med drift- og vedlikeholdskostnader på 11,3 kr/m², mye grunnet den lave personalkostnaden på drift. Det gjelder spesielt for Miljøhuset GK og Statnett-bygget. Sammen med Lindinvent-systemet har Micromatic, DBV og Caverion lave driftskostnader med jevnt over gode bygg. På motsatt side kommer Lindab Pascal-systemet svært dårlig ut grunnet veldig høye driftskostnader. Det er ikke så lett å se hvorfor det er slik ut fra grafene, men i tilbakemeldingene som sier noe om driftstiden, så er det bygget som heter Haraldrudveien 20 som drar snittet opp samtidig som datagrunnlaget er begrenset for de andre byggene. En annen forklaring er at

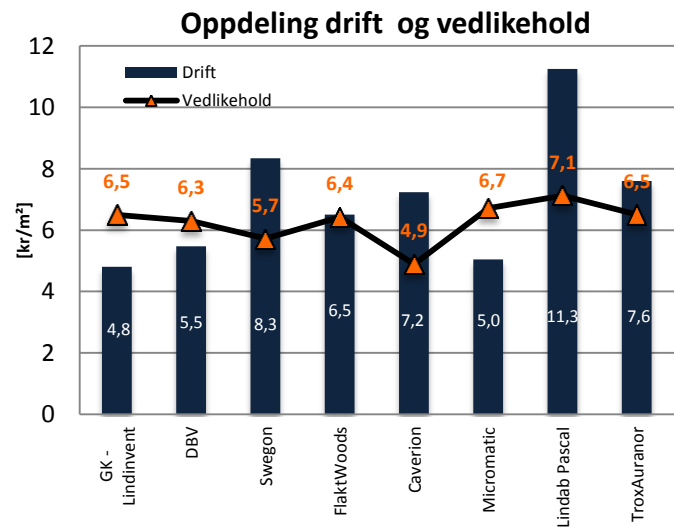
Lindab Pascal er installert på kommunale bygg slik at driftspersonellet (vaktmester) som har en fast stilling, kan ha en tendens til å overdrive hvor mye tid de bruker på ventilasjonsanlegget.



Figur 48. Drift og Vedlikeholdskostnader – modellresultater med markerte vedlikeholdskostnader. Øvre del av grafen fra linje er driftskostnaden



Figur 49. Drift og Vedlikehold [kr/m²]



Figur 50. Drift (driftspersonell) vs. Vedlikehold (filterbytte + service)

For de typiske kostnadene i kapittel 3.6.1, s.44, oppgir Holte FDV-nøkkelen at de for serviceavtale (nr.19) for luftbehandling og komfortkjøling ligger på 8.2 kr pr m² BTA. Disse estimatene er rett under det som vist i Figur 50. Resultatene i modellen samsvarer nesten selv om modellen er en forenkling og bare er basert på data for en del bygg?? . For forebyggende teknisk vedlikehold (nr.20), som går under drift, ligger heller ikke modellen så langt unna i forhold til hva som er standard på 9,1 kr pr m² BTA. For å vise litt hvor lite typisk drift av ventilasjonsanlegg utgjør av drift i en hel bygning, kan jeg trekke frem Statoilbygget med en kostnad på 15 kr/m² av den totale driftskostnaden på 300 kr/m² som innebærer alt av tenkelige driftsutgifter.

Hovedfunnene med modellen, presentert i Figur 50 s.78, beviser at prisene for filter og service ikke skiller så alt for mye fra system til system. Prisene ligger fornuftig i gjennomsnitt på 6,26 kr/m² mot nøkkeltall nr.20 i Norsk Prisbok som benytter 9,1, kr/m² for forebyggende teknisk vedlikehold, som mest sannsynlig dekker materialer og utstyr i tillegg til arbeidet. Den andre delene av modellen er tiden driftspersonellet bruker for å drifte ventilasjonsanlegget. Norsk Prisbok operer med 8,2 kr/m² for serviceavtale for drift (nøkkeltall nr. 19), mot resultatet i Figur 50 som viste at denne kostnaden kunne varierer mye fra system til system, fra 4,8 kr/m² til 11,3 kr/m² med et gjennomsnitt på 7,03 kr/m². Den store variasjonen skyldes en del usikkerhet og estimert tidsbruk som driftspersonell oppgir å bruke på ventilasjonsanlegget, pluss at det mangler noen tilbakemeldinger som hadde gjort tallene sikrere. Differansene mellom Norsk Prisbok og modellene kan ikke regnes som store nok til at den forenklete modellen kan sies å gi noen dårlige prismessige anslag for både drift og vedlikehold.

6.2 ENERGIKOSTNADER

Kostnader til energi går innunder kostnadspost nr. 5 – forsyningskostnader i NS 3454. Grunnen til at energikostnader inkluderes i analysen, er at de vanligvis utgjør 15-30% av FDVU-kostnadene i en normal kontorbygning. I tillegg kan de ulike behovsstyrte ventilasjonssystemene differensieres noe når det kommer til SFP-verdier og effektivitet i sine systemet[32]. For et bygg vil energikostnaden som går med til et ventilasjonssystem (ventilasjon, kjøling og automatikk), være avhengig av byggets totale energibruk med de ulike energikildene, energiprisen for de ulike kildene og andelen av dette som går med til ventilasjonsanlegget. Matematisk kan dette skrives:

$$Energibruk_{Ventilasjonssystemet} [kr / m^2] = Energibruk [kWh / m^2] \cdot Energipris [kr / kWh] \cdot \%_{ventilasjon} \quad (6.3)$$

Formelen er skrevet opp slik den vil bli benyttet for kun en energikilde, som i denne analysen for byggene regnes med ren elektrisk strøm. Selv om flertallet av kontorbygg i tettbebygde strøk benytter fjernvarme og andre fornybare kilder samt egne kilder til topplast (olje, biokjel f.eks) som gjør at dette kan variere mye fra bygg til bygg, så velges likevel den enkleste varianten ved kun å se på den elektriske kostnaden som et ventilasjonsanlegg benytter. Videre presenteres bakgrunnen for beregningene og antagelsene som er gjort for å finne energibruken pr bygg og pr VAV- og DCV-system. For de to siste leddene i formelen kan energikostnaden settes til 55 øre/kWh, og andelen som går til ventilasjon utgjør 25% av den totale energibruken, som videre vil bli forklart i de neste underkapitlene. Disse to leddene er like for hvert eneste bygg i rapporten som en forenkling ettersom byggene er i det samme regionale området der byggene har ca. likt behov for kjøling og oppvarming. Realitetene vil skille byggene noe mer da noen bygg kjører mer av kjølingen/oppvarmingen gjennom luften, mens andre har egne kjøleabfler eller radiatorer f.eks.

Et undervurdert og særs spennende felt for å skille bruken av energi til de forskjellige ventilasjonssystemene er hvor mye standbyeffekt som må til for å holde systemet klart til regulering (f.eks. i motoren til VAV-spjeldet eller automatikk) eller hvor mye effekt det krever under regulering. Lindinvent sin aktive ventil krever ca. 2W standbyeffekt for å holde automatikken i gang, mens den krever 4W under selve reguleringen(muntlig kilde: NTNU). Hvis den regulerer ca. 100 ganger i døgnet så gir det 2W pr VAV ventil. Noen spesielle løsninger med bl.a. brannspjeld kan ha en løsning der det er kontinuerlig effekt på en motor for å holde spjeldet. Summeres standbyeffekten og reguleringseffekten for alle spjeldene i et bygg, kan bidraget utgjøre en del for energibruken

6.2.1 ANDEL ENERGIBRUK TIL VENTILASJON I EN BYGNING

Strengere krav om energibruk og inneklime i Norsk bygningsmasse har ført til et energiskifte. Trenden for den formålsinndelte energibruken i kontorbygninger er mindre energi til oppvarming og belysning, mens bruken av energi til ventilasjon og kjøling har økt. Kravene til innemiljø (luftmengde og temperatur) og reguleringsevne er hovedårsaken til at energibruken til ventilasjon øker[47]. Totalt sett synker energibruken grunnet bedre bygningskropp (isolasjon og vinduer) og økende teknologisk utvikling. Det er usikkert hvor stor andel ventilasjon (herunder vifter, gjenvinner osv.) og luftkjøling har av den totale energibruken da det er kostnadmessig dyrt å måle energibruk detaljert i bygg. Derfor finnes det nesten ikke noe data som sier noe om dette. Ser vi på den historiske og forventede utviklingen i den tekniske forskriften (TEK) mht. energibruk i de ulike delene i en bygning, Tabell 24, ser vi tydelig utviklingen i mindre energibruk (kWh/m²) for de fleste områder. Oppvarming er fortsatt ventet å synke betraktelig da isolasjon, byggematerialer og solavskjerming i byggene er forventet å nå enda bedre standarder for minimering av energitapet til omgivelsene. Reduksjon av energibruk til belysning og teknisk utstyr (fremtidig) skyldes bedre styring og teknisk effektive bedre utstyr. Energifbruk til ventilasjon og kjøling avtar etter TEK10 med noenlunde samme tempo selv om andelen er økende totalt sett i bygningen. Den prosentvise energibruken etter tidligere TEK-standarder, dagens TEK 10-standard og passivhus-standard i Tabell 25 viser andelen energikrevende områder i kontor og forretningsbygg. Den viser samme trenden for oppvarming og kjøling som Tabell 24. TEK10 gir det beste bildet for byggene som er med i denne analysen for hvor mye av energibruken i en typisk norsk kontorbygning som brukes til hele ventilasjonsanlegget. Fra Tabell 25 er det mulig å anslå denne energibruken til å innebefatte ventilasjonsvarme (varmebatteri) + vifter (ventilasjon) og ventilasjonskjøling (kjølebatteri). Da utgjør energikostnaden til det totale ventilasjonsanlegget 31 % av energibruken i bygningen. Regnes formålsdelingen av årlig energibruk i % for Tabell 24, viser den at kun ventilasjon utgjør 13,2 %. Hvis kjøling inkluderes, er andelen 24,8 %. Energifbruk til automatikk regnes under teknisk utstyr, men inkluderes ikke i denne utregningen. Dessuten vil formålsdelingen som går til oppvarming og kjøling i begge tabellene dekke mer enn det som kun går til ventilasjonsanlegget. Et godt estimat basert på ventilasjon og kjøling i disse tabellene ligger på 24,8 % i Tabell 24 og 31 % Tabell 25. Energifbruk til et komplett ventilasjonsanlegg bør utgjøre 25% ettersom oppvarming og kjøling ikke bør telle for mye når mye av dette f.eks. går til andre kjøleløsninger eller annen oppvarming. 25% virker logisk og tilbakemeldinger fra de som jobber i bransjen (Norconsult) kan bekrefte at dette er et godt estimat.

Tabell 24. Teknisk forskrift, historisk og forventet formålsdeling av årlig energibehov i [kWh/m²][47]

Formålsdeling	Oppvarming	Tappevann	Ventilasjon	Kjøling	Belysning	Teknisk_uts.	Prod
Eldre	188,7	5,0	0,0	0,0	47,0	35,8	
TEK_49	173,5	5,0	9,7	0,0	47,0	35,7	
TEK_69	162,6	5,0	23,1	11,4	47,0	37,7	
TEK_87	96,4	5,0	43,1	21,4	47,0	37,7	
TEK_97	78,3	5,0	37,7	20,8	25,1	37,5	
TEK_07	59,4	5,0	21,6	18,8	25,1	37,3	
TEK_10	40,2	5,0	18,1	15,7	20,0	37,1	
TEK_15	14,0	5,0	8,0	9,0	16,0	23,0	
TEK_20	12,0	4,0	8,0	8,0	12,5	18,0	
TEK_25	9,0	2,0	7,0	7,0	10,0	17,0	
TEK_30	9,0	2,0	7,0	7,0	10,0	17,0	
TEK_35	9,0	2,0	7,0	7,0	10,0	17,0	
TEK_40	9,0	2,0	7,0	7,0	10,0	17,0	
TEK_45	9,0	2,0	7,0	7,0	10,0	17,0	

Kilde: Multiconsult m.fl. (2012), COWI (2012) for TEK15 og THEMA Consulting Group

Tabell 25. Formålsdeling i prosent for energibruk i kontor og forretningsbygg i TEK [47]

Aktuell TEK	Eldre	49	69	87	97	07	10
Romoppvarming	68	64	35	21	21	18	22
Ventilasjonsvarme (varmebatteri)	-	-	22	17	17	17	9
Oppvarming av tappevann	2	2	2	2	2	3	4
Vifter (ventilasjon)	-	4	8	17	18	13	14
Pumper	0	0	1	1	1	2	2
Belysning	17	17	16	19	12	15	15
Teknisk utstyr	12	13	12	14	17	21	26
Romkjøling	-	-	-	-	-	-	-
Ventilasjonskjøling (kjølebatteri)	-	-	4	9	10	11	8

Kilde: Multiconsult m.fl. (2012)

Med eksempel i Nydalshøyden bygg A som et av de få byggene i analysen som har oppdelte kostnader for energi, er det mulig å se samme sammenheng. Den totale energibruken i bygget er 4 874 000 kWh for felles arealer, ventilasjon, fjernvarme/kjøling og energibruk i leietagers lokaler (strøm, belysning, pc etc.) utgjørende 2 126 000 kWh med en total kostnad på kr 5 169 011,-. Legger vi sammen energi til ventilasjonsanlegg og energi til kjøling og dividerer på den totale energien får vi 31,5 %. Nå må det også tas hensyn til at Nydalshøyden Bygg A trolig ikke kan regnes som et rent kontorbygg, men et forretningsbygg med et kjølebehov langt fra normalt. Endringene som ble gjort for å tilpasse TV-Norge sitt behov, gjorde også at driftstiden for kjøling er 24 timer mot ventilasjon som bare har 12 timer. Ifølge TEK 10 i Tabell 24 er energibruken til ventilasjon og kjøling nokså lik hverandre der kjølingen utgjør 16 % mer enn energibruken til ventilasjon. Hypotetisk ville dette basert på ventilasjonsbruken i Nydalshøyden Bygg A gi en felles andel for ventilasjon og kjøling på 21,3 % hvis kjølingen regnes om til normale forhold.

6.2.2 ENERGIPRIS

Nøkkeltall som Norsk Nettverk for Næringseiendom (NfN) opererer med for sine innrapporteringer av FDVU kostnader fra medlemsbedrifter viser at energikostnaden (el, olje og fjernvarme) ligger på 74 kr/m²(kilde: fra NfN rapport på BI Nydalen – nøkkeltall). Kostnaden er ikke så lett å knytte til en pris per kWh, så et bedre bilde gir Nordpool som operer med et års kontrakt på strøm til 37,65 øre pr kWh eksklusive avgifter pr 04.06.2014. SSB sin prisoversikt for 1. kvartal 2014 for kraftpris og nettleie ligger i samme området ekskl. avgifter. Legges avgiftene til, kan en kraftpris på 60 øre/kWh tenkes riktig. Holte FDV-nøkkelen har på sin side en energikostnad i sine 2014 tall på 50 øre pr kWh. For å få et best mulig anslag for byggene, som alle er på Østlandet, operer Hafslund, som er den største aktøren i Oslo området og Østlandet, med en nettleie (energitariff) for bedrifter og næringsliv på 17,45 øre/kWh[48]. Prisene er oppgitt eksklusiv merverdiavgift og forbruksavgift på elektrisk strøm, men inklusiv påslag for lovpålagt innbetaling til energifondet (Enova) på 800 kroner per år. Dette påslaget er innarbeidet i fastleddet i tariffene, mens strømpris kommer i tillegg til nettleien. Med Nordpool sin årlige terminkontrakt for strøm på 37,65 øre/kWh (pr. 04.06.2014) og Hafslund sin nettleie på 17,45 kan vi trygt gjøre en antagelse om at energikostnadene for 2014 ligger rundt 55 øre/kWh ekskl. mva. Det er verdt å merke seg at offentlige avgifter kan endres, og også strømprisen varierer mer enn dette.

6.2.3 ENERGIMERKE

Energimerket for de forskjellige byggene i denne analysen er benyttet for å finne byggets energibruk hvis ikke det er mulig å skaffe på annet vis. Energimerking er en karaktersetning av bygningen basert på beregnet levert energi pr m² oppvarmet bruksareal ved standard Oslo-klima for å øke bevisstheten og oppmerksomheten rundt energibruk i bygninger og hvilke tiltak som kan gjøre dem mer energieffektive [49]. Energimerkeordningen er en viktig pådriver for at byggherrer setter stort fokus på bygningenes energibruk med mål om å få lavt energibruk som gir bygget en god karakter. I energieffektiviseringssammenheng bidrar det til at gevinstene mellom byggherre og leietager avstemmes på forhånd ettersom det er vanskelig å måle energieffektiviseringsgevinst objektivt. Lavere energibruk som leietaker må betale for, kan derfor medføre en høyere inntektsdekkende leie. Energimerkeforskriften trådte i kraft 1. januar 2010 og er hjemlet i Energiloven[50]. Den stadfester at energimerking er obligatorisk for nybygg og for alle som skal selge eller leie ut boliger eller yrkesbygg etter at forskriften ble vedtatt. Energimerkeberegningene baserer seg på totalt levert energi over et år, med standardiserte verdier for blant annet klima, internlaster og driftstider fra NS 3031. Dette gjør at faktisk energiforbruk i mange tilfeller avviker fra beregnet levert energi, og i mange tilfeller kan avviket mellom den beregnede og den faktiske verdien være betydelige. ENOVA foreslår at etterprøving bør gjøres om den beregnede/prosjekterte energibruken som benyttes i energimerkeordningen, stemmer med målt energibruk. Driftstider for forskjellige typer bygningskategorier varierer mye, og selv innad i hver bygningskategori, kan dette variere. Energimerket forsøker å minimere forskjellen i forskjellige typer bygg ved å dele opp i bygningskategorier med egne energimerkestandarder. De aktuelle kategoriene som er med i denne analysen, er vist i Tabell 27.

Tabell 26. Energimerking, versjon 01.07.2013. kilde: Energimerke.no[51]

Bygningskategorier	Levert energi pr m ² oppvarmet BRA (kWh/m ²)						
	A	B	C	D	E	F	G
	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Ingen grense
Kontorbygning	85,00	115,00	145,00	180,00	220,00	275,00	> F
Universitets- og høgskolebygning	85,00	125,00	160,00	200,00	240,00	300,00	> F
Kulturbygning	85,00	130,00	175,00	215,00	255,00	320,00	> F

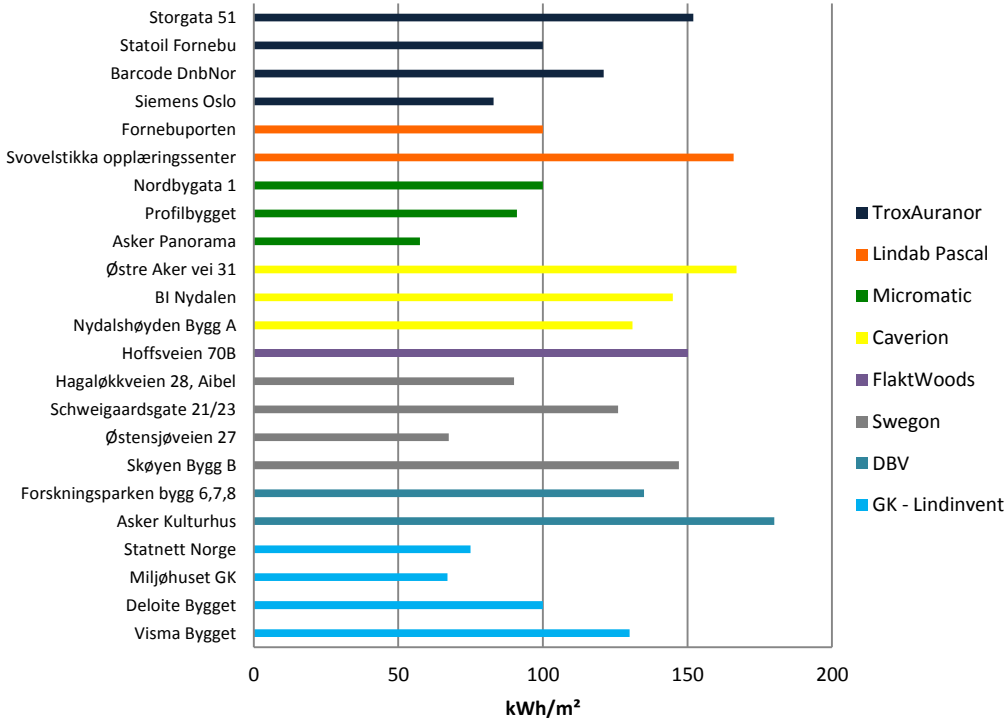
Det er viktig å påpeke at energikostnaden til ventilasjonssystemet i hvert bygg avhenger mer av bygningens utforming, fasader, isolasjon, driftsrutiner, bruk og andre tekniske løsninger fremfor selve leverandøren eller teknisk utforming på ventilasjonssystemet. Det er mulig å argumentere for at energibruken kan ha en viss sammenheng, men sannsynligvis mindre enn andelen på 25 % som vi har satt til energibruk til ventilasjon og kjøling. Viktige føringer for energibegrepene og utregninger av bl.a. netto energibehov, beregnet netto energibehov og levert energi er nedfelt i NS 3031 – *Beregning av bygningers energiytelse*[52]. For energimerkingen er levert energi etter NS 3031 definert som summen av energi, uttrykt pr energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes.

6.2.4 RESULTATER AV ENERGIKOSTNADER

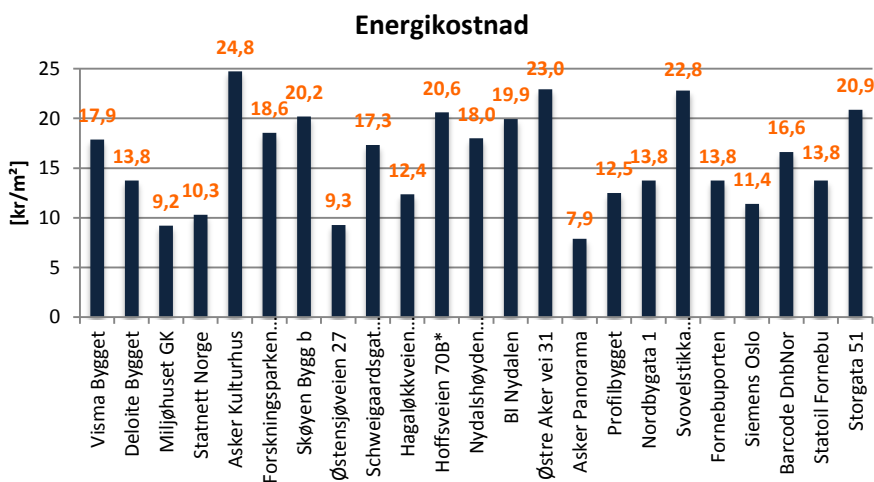
Energibruken til de forskjellige byggene i analysen er hovedsakelig estimert ut fra energimerket for de forskjellige byggene som har dette tilgjengelig som vist i Figur 51. Her er byggene som ikke går under kontorbyggkategorien i energimerket, justert til tilsvarende energibruk om de hadde vært rene kontorbygg. Dette sikrer at alle byggene skal stille på likt grunnlag. Dette gjelder for BI Nydalen, som omregnet gikk fra

184 kWh/m² til 145 kWh/m², Forskningsparken som gikk fra 149 kWh/m² til 135 kWh/m² og Asker Kulturhus som ble endret fra 226 kWh/m² til 180 kWh/m². Hoffsveien 70B er noe usikker ettersom energimerket bygningen har er før rehabiliteringen, men rådgiver mener energibruken vil være ca. den samme etter at IPSUM-systemet kom inn da det ikke er gjort noe med fasadene eller andre løsninger.

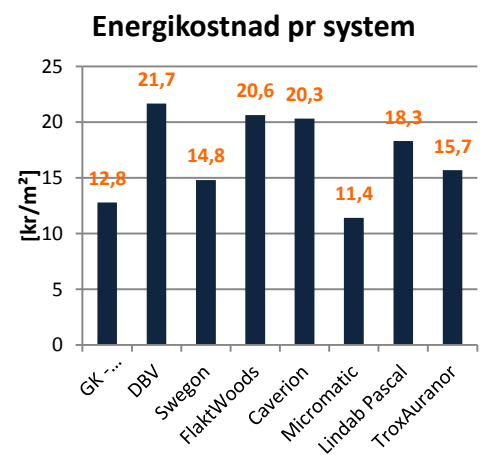
Energibruk i bygg



Figur 51. Energibruk i bygg basert på energimerket



Figur 52. Energifkostnad pr bygg oppgitt i kr pr m²



Figur 53. Energifkostnad pr system

6.3 UTSKIFTNINGER

Den siste modellen som legges inn i analysen er en modell med utskiftninger basert på levetiden til komponentene. Kostnader som går på utskiftninger når komponenten har nådd sin tiltenkte levetid, eller utskiftninger som tvinges frem når noe feiler, kan være betydelige. Hvis noe uventet feiler/sviker er det greit om noen penger er satt av i driftsbudsjettet til dette. Den letteste modellen for å estimere utskiftninger er å si at alt av ventilasjon og automatikk (hele investeringskostnaden) må byttes etter systemets levetid. I en utskiftning er det foruten kostnadene til det som byttes også kostnader som må inkluderes når det gjelder arbeid, prosjektering, riving, installasjon og andre kostnader. Rapporten her benytter en enkel og grov modell for utskiftninger basert på Holte Prosjekt FDV-nøkkelen (2014) sine levetider for komponenter til ventilasjon og kjøling omtalt i kapittel 3.6.1 s.44 Tabell 14 og vedlegg 4. Det må bemerkes at FDV-nøkkelen har få nøkkeltall og dekker kun et fåtall av komponentene som er i et ventilasjonssystem. Det har derfor vært nødvendig å gjøre noen tilleggsantakelser. Hovedantagelsen er at all automatikk som går under elektronikk, overvåking og styring byttes etter 15 år, basert på levetidstabellene i kapittel 3.4 s.37. Som tidligere presentert, viser statistikken for 11 av byggene i analysen at automatikk utgjør 16 % i forhold til ventilasjon, og i forhold til total energibruk utgjør den 13,5 %. Ved å regne ut automatikk-kostnaden for alle byggene med denne utregningsmetoden, vil utskiftningskostnadene normaliseres noe mot hverandre sammenlignet med hvor avansert hvert system er. Feilmarginene blir dermed ikke blir for store.

Modellen for utskiftninger blir noe forenklet til å gjelde all automatikk som må skiftes etter 15 år, hele aggregatene som må skiftes etter 20 år, tillufts/avtrekksvifte i aggregat hvert 10 år (men ikke når nytt aggregat installeres), og til slutt spjeldmotor som må byttes tilnærmet hvert 18 år. Dette kan skrives:

$$Utskiftninger = Automatikk_{15} + Aggregat_{20} + Vifte_{10_Tilluft/Avtrekk} + Spjeldmotor_{18} \quad (6.4)$$

Kostnadene kan uttrykkes:

$$U = (0,135 \cdot I_{\text{automatikk+ventilasjon}})_{15} + (A \cdot x_{\text{aggregat}})_{20} + (78775 \cdot 2 \cdot x_{\text{aggregat}})_{10+20 \cdot n} + (4427 \cdot y_{\text{VAVspjeld}})_{18} \quad (6.5)$$

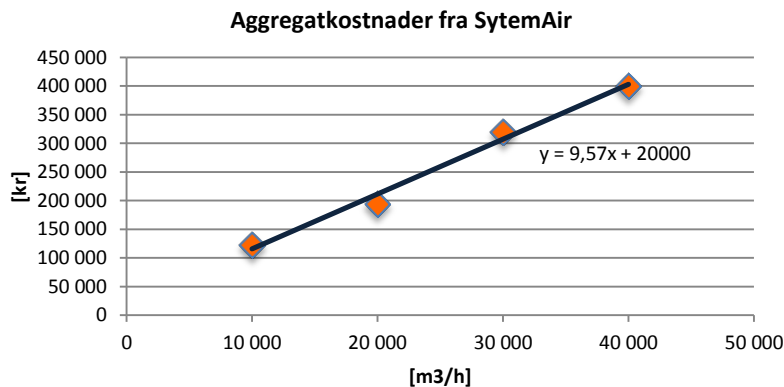
Der

- 13,5 % multipliseres med I som er investeringskostnaden for automatikk og ventilasjon totalt
- A er aggregatprisen som følger den lineære formelen gitt i Figur 54 multiplisert med x antall aggregat (oppgitt i presentasjon pr bygg)
- **78 774** kr er kostnaden for radiell tillufts/avtrekksvifte, nøkkeltall nr. 25 (ganget med **2** fordi det er en tillufts- og en avtrekksvifte)
- **4427** kr er nøkkeltall nr.26 for kostnaden til en gjennomsnittlig spjeldmotor multiplisert med antall spjeld i bygget y
- n er periodenummer fra periodestart 0, og **underscoretallene** er levetiden når kostnaden for utskiftning kommer basert på levetidene i Tabell 6.

Modellen er grov og er svært forenklet i forhold til realitetene. Den tar bl.a. ikke hensyn til utskiftninger av kanaler, børster(15-20 års levetid) i aggregat, SD anlegg etc., men i kroner vil den dekke mesteparten fordi antagelsen om å bytte all automatikk er gjort.

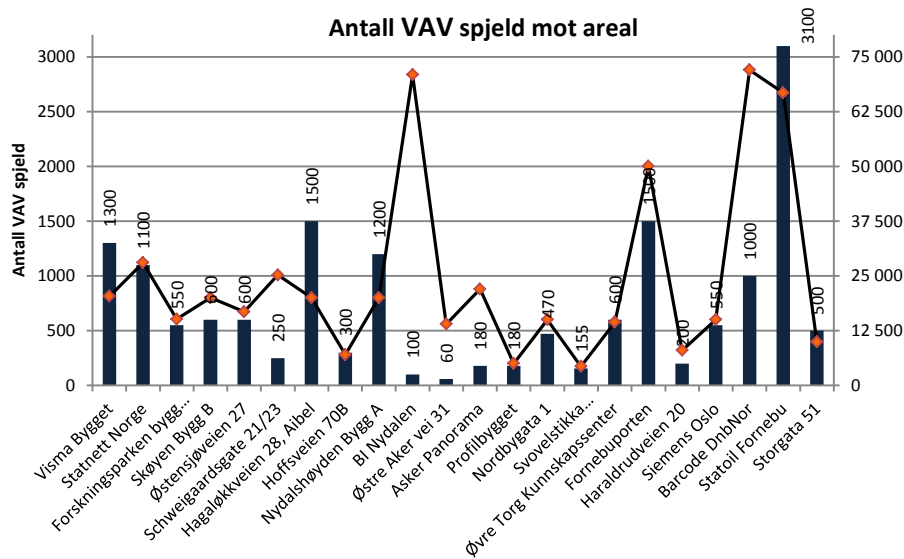
6.3.1 AGGREGATKOSTNADER OG ANDRE UTSKIFTNINGSKOSTNADER

Aggregatkostnader til utskifningsmodellen kom sent inn i analysen da det var usikkert om det skulle inkluderes eller ikke, og hva som var typiske aggregatkostnader. Aggregatpriser varierer mye i pris avhengig av hvilken størrelse de har for transport av luft. Etter samtaler med SystemAir, som er en av de største aktørene som leverer aggregater, ble det anskaffet noen aggregatpriser for forskjellige størrelser pr aggregat gitt i dimensjonerende luftmengde pr time pr aggregat som vist i oransje punkter i Figur 54. Aggregattypen som prisene gjelder for er typiske aggregat som er installert i behovsstyrte ventilasjonsanlegg som er frekvensstyrte og har DX kjøling. En linearisering av de 4 punktene ble så valgt som den gjeldende modellen for estimering av aggregatpriser da det er god sammenheng mellom luftmengder og pris. Slik figuren viser, koster et aggregat ca. 10 000 kr pr 1000 m³/h. Det er nevnt at priser som settes i kontrakter kan være opptil 50 % redusert i pris. SystemAir presiserer at prisene er presset, slik at det ikke er mulig å oppnå særlige reduserte priser selv ved storinnkjøp. Maksimalt kan 5-10 % gis, men det er heller ikke normalt.



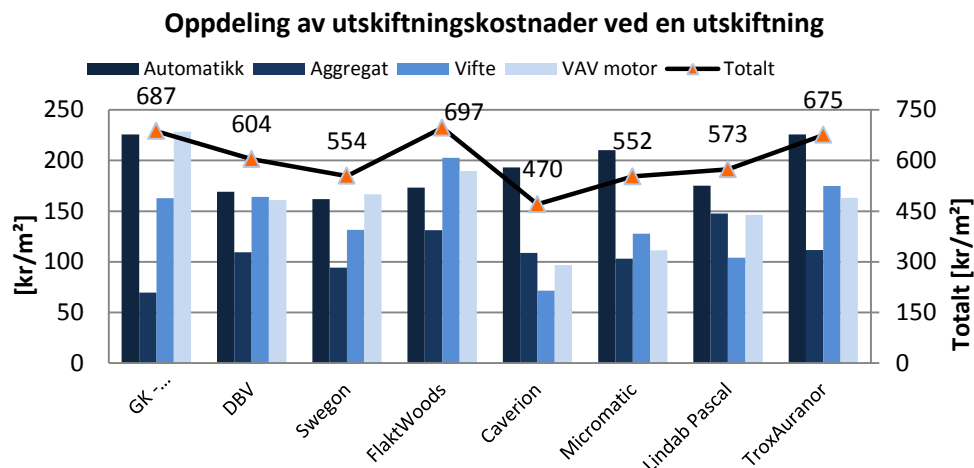
Figur 54. Aggregatkostnader, frekvensstyrt med DX kjøling fra SystemAir

De andre utskifningskostnadene er alt beskrevet med de kostnadene som er brukt i Formel 6.5 basert på nøkkeltallene i Tabell 14. Ettersom antall VAV-spjeld kun er presentert under hvert enkelt bygg i Kapittel 5, viser vi i Figur 55 en samlet oversikt antall VAV spjeld pr bygg. Størrelsene på byggene er en helt avgjørende faktor for hvor mange VAV-spjeld som er installert. Her er de fargede punktene arealet, og stolpene er antall VAV.spjeld med tilhørende antall spjeld markert. Arealet og antall VAV.spjeld korrelerer for de fleste byggene med unntak av BI bygget og Barcode DnbNor bygget som vi har diskutert tidligere, samt Schweigaardsgate 21/23, Østre Aker vei 31 og Asker Panorama som alle har få VAV-spjeld i forhold til arealet. Aibel-bygget og Visma.bygget ser ut til å ha flere spjeld enn det arealet skulle tilsi. Flere VAV-spjeld kan bety bedre regulering, men vil fra formelen også gi mer utskifningskostnader på spjeldmotorene.



Figur 55. Antall VAV-spjeld. Stolper er antall VAV-spjeld med nummerering, og punkter er ventilert areal

6.3.2 RESULTATER AV UTSKIFTNINGSKOSTNADER

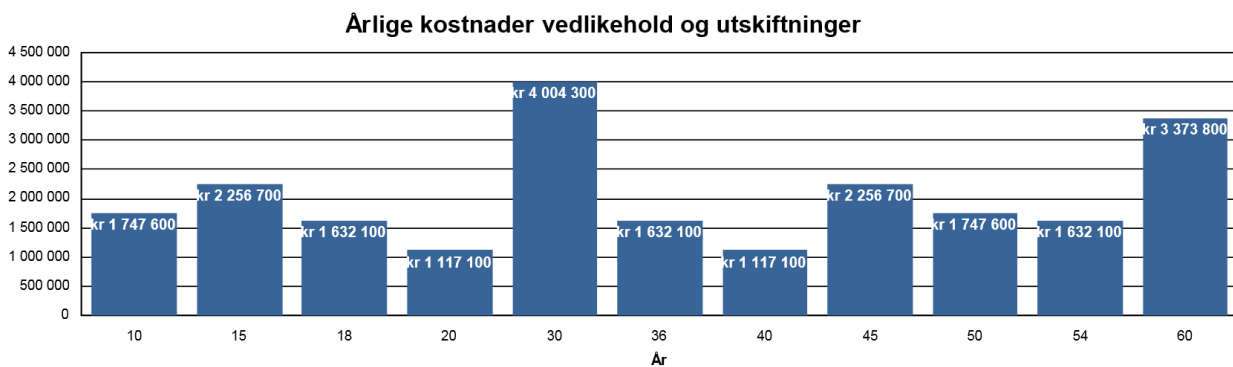


Figur 56. Oppdeling av utskiftningskostnader ved 1 utskiftning

Utskiftningskostnadene som følger av Formel 6.5, benyttes for hvert eneste bygg frem til en utskiftning er gjennomført for automatikk, aggregat, vifte og VAV-motor for å se hvilket system som har de laveste totale utskiftningskostnadene. En total utskiftning innbefatter et bytte av alle disse komponentene, og da må alle utskiftningene til og med år 20 inkluderes. Byggene som har tilhørighet til hvert ventilasjonssystem, fremskaffer et gjennomsnitt pr system for sine utskiftningskostnader slik som ved tidligere utregninger. Resultatet for gjennomsnittet av de forskjellige byggene pr system er vist oppdelt i Figur 56 med utskiftningskostnaden i kr/m² til automatikk, aggregat, vifte og VAV-motor. Figuren viser at Caverion har de laveste utskiftningskostnadene (470kr/m²) gjennom en periode på 20 år, mye fordi viftekostnaden er lav, og byggene ofte benytter grenspjeld fremfor romspjeld som gir lave VAV-motor kostnader. Antall VAV-spjeld ble presentert i Figur 55, der figuren i sammenheng med Figur 56 forklarer hvorfor GK-Lindinvent har de absolutt dyreste VAV-motorkostnadene på 228 kr/m² grunnet mange spjeld i forhold til arealet. Hovedårsaken er den aktive ventilen med innebygd spjeld som benyttes for alle byggene.

Aggregat- og viftekostnadene avhenger begge av antall aggregat, men forholdet kan variere noe ettersom luftmengden bestemmer aggregatprisen, og antall aggregat varierer mye per m². GK-Lindinvent har derimot de desidert laveste aggregatkostnadene med 70 kr pr m² grunnet de laveste luftmengdene på aggregatene pr m², bl.a. for Miljøhuset GK og Statnett bygget. Motsatt med høy luftmengde pr m² kommer Hoffsveien 70B for FlaktWoods dårlig ut med en totalutskiftningskostnad på 697 kr/m². Automatikk-kostnaden som er søylen helt til venstre avhenger kun av investeringskostnaden som vil bli nærmere presentert i LCC analysen, Kapittel 7.2.

Utskiftningskostnadene for de forskjellige komponentene gjentar seg avhengig av levetiden frem til utskiftning slik underscoretallene for hver komponent viser i Formel 6.5. Eksempelvis vil utskiftningskostnadene for de ulike komponentene gjennom en bygnings livsløp på 60 år inntreffe slik Figur 57 viser, her med ventilasjonssystemet til TroxAuranor. Den grafiske fremstillingen er hentet fra LCCWeb og oversikten kan være noe misvisende da ingen vedlikehold er inkludert her.



Figur 57. Årlige kostnader til utskiftninger for TroxAuranor, fra LCCWeb

6.4 ANDRE FDVU-RELATERTE KOSTNADER

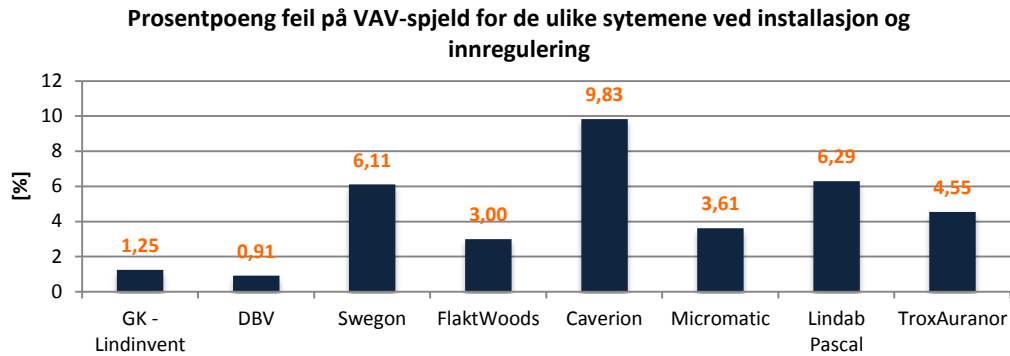
Gjennom de tidligere underkapitlene har de grunnleggende kostnadene til FDVU blitt presentert og inkludert i modeller for de forskjellige behovsstyrte ventilasjonssystemene. Det må ikke glemmes at det er andre driftsrelaterede kostnader som kan oppstå både ved installasjon, innregulering og i driftsfasen. Under installasjon og innregulering er grensnittet mellom ulike komponenter og delsystemer et potensielt vanskelig område som kan føre til store problemer for de som skal integrere et helt system sammen. Hvis det oppstår problemer med å beskrive grensesnittet mellom aggregat, ventilasjonssystem, VAV- spjeld, sensorer og annen automatikk, så har man det gående med mye innreguleringsproblemer og et anlegg som potensielt ikke fungerer optimalt i tillegg til alle de ekstra kostnadene dette medfører i tidsbruk. Et eksempel på et slikt bygg er Siemens-bygget der automatikk-kostnadene har fått en kostnadssprekk på hele 10MNOK grunnet problemer med å integrere inn egne Siemens produkter. Slik som for Siemens bygget sier leverandørene at utstyret bruker samme protokoll. Men det må fortsatt sys sammen på en helhetlig måte, og de som integrerer, er nødt til å forstå programmeringen. Teknisk integrator er avhengig av å ha god forståelse for prosess og programmering, samt at det er viktig å forstå hvordan ulikt utstyr kan kobles sammen. Som en anbefaling er det lurt at en leverandør leverer til hele linja med et felles system fremfor å skreddersy flere systemer sammen. Prisen blir kanskje noe dyrere, men det kan fort spare seg ved raskere innregulering og et mer helhetlig system, samtidig som sannsynligheten for problemer reduseres og tidsbruken reduseres hvis anlegget integreres problemfritt.

I driftsfasen er spesielt slitasje og komponentfeil viktige utgifter som har påvirkning på utskiftningskostnadene, men også på de løpende driftskostnadene ettersom både kvaliteten på driften blir dårligere, og driftspersonellet får mer å sette fingrene i. Typiske feil som oppstår utover i driftsfasen i et behovsstyrt anlegg, er presentert under i Tabell 27 der de fleste er akutte dersom feilene oppstår.

Tabell 27. Vanlige feil som oppstår utover i driftsfasen[1]

Feilnr.	Komponent	Feil	Årsak	Type	Konsekvens
1	Luftmengde-sensor	Låst	Slitasje	Akutt	Måler ikke forandring i tilført luftmengde, og kan derfor ikke tilføre riktig luftmengde ved varierende behov
2	Luftmengde-sensor	Låst på Min eller Max	Slitasje	Akutt	Måler ikke forandring i tilført luftmengde, og kan derfor ikke tilføre riktig luftmengde ved varierende behov
3	Luftmengde-sensor	Avvik	Slitasje	Begynnende	Den faktisk tilførte luftmengden er annerledes enn det som er ønsket av kontrolleren.
4	Spjeld	Sitter fast	Slitasje	Akutt	Når spjeldet sitter fast, er tilluftsmengde konstant (statisk trykkstyring).
5	Spjeld	Henger	Slitasje	Begynnende	Når spjeldet henger, henger tilført luftmengde hele tiden etter ønsket luftmengde ønsket fra kontrolleren.
6	Temperatur-sensor	Avvik	Slitasje	Begynnende	Målt temperatur i sonen avviker fra faktisk temperatur i sonen.
7	Temperatur-sensor	Låst	Slitasje	Akutt	Målt temperatur i sonen er konstant, og avviker fra faktisk temperatur i sonen.
8	DCV terminal	Under kapasitet	Prosjektering	Akutt	Klarer ikke å tilføre ønsket luftmengde
9	DCV terminal	Måler luftmengde lik 0 pga. for lav mengde til å måle	Komponent	Akutt	Ustabil drift. Tilfører mer luft enn nødvendig i korte perioder

Vi ser fra Tabell 27 at feil som oppstår på sensorene er helt essensielle for at anlegget skal operere som tiltenkt. Feil på sensorer er ofte vanskelige å oppdage og kan ta en del tid å finne frem til. Sensorer bør derfor sjekkes i ny og ned, selv om det beste hadde vært om de var selvkalibrerende og varslet dersom det oppstod feil. Foruten automatikk som ikke er nevnt i tabellen, er VAV-spjeldene kritiske for å oppnå riktige luftmengder og minimering av SFP-tap. Typiske feil er at de sitter fast eller henger. Under installasjon og innregulering av VAV-spjeld kan produksjonsfeil, koblingsfeil, komponentfeil og automatikkfeil oppdages. I 2010-2011 hadde alle de ulike leverandørene den samme feilen på en oppbyggende asiatiske komponent på sine spjeldmotorer(serviceteknikker i GK) uavhengig av leverandør. Feilen førte til at de fleste bygg måtte bytte disse, men da som en garantisak. En undersøkelse er gjennomført for anleggene som er med i denne rapporten for å kartlegge hvor mange VAV-spjeld som har kommet med feil, eller som har feilet under installasjon. Dette kan være svært viktig med tanke på det ekstra arbeidet det tar å finne slik feil og rette det opp under igangkjøring, da det allerede er press tidsmessig på å levere over bygget. Som Figur 58 viser, er det en god spredning fra leverandør til leverandør på nesten 10 % fra best til dårligst, men datagrunnlaget for dette er noe tynt for bygninger hvor det er oppgitt samtidig som det kun er anslag som ventilasjonsentreprenør eller RIV har kommet med. Figuren kommenteres derfor ikke videre. Det er nemlig ikke vanlig å dokumentere feil på VAV-spjeld verken ved installasjon, innregulering eller under drift i de første årene grunnet at det er en garantisak der leverandør plikter å stille med nytt utstyr hvis det er noe feil. Ellers ville det ha vært svært interessant og ha hatt over hvor mange VAV-spjeld som feiler under bruk fra system til system. Selv om utskiftningene går på garanti, er det en rekke andre kostnader som er knyttet til de ekstra problemene dette innebærer. I enkelte tilfeller kan denne kostnaden bli betydelig.



Figur 58. Feil på VAV-spjeld for de ulike leverandørene i prosent. NB: lite datagrunnlag

6.4.1 EKSTRAKOSTNADER VED FEIL OG UTSKIFTNINGER

Leverandørene som leverer sine ulike produkter og komponenter til et byggprosjekt sier at det de leverer skal virke. I noen tilfeller virker det ikke, og det oppdages ikke før anlegget skal innreguleres. Nytt utstyr må skaffes, de nye komponentene med feil må skiftes ut, og innreguleringen må gjøres på nytt. Alt det ekstra som må skiftes ut, har ingen kostnad i seg selv da produktene går på garanti fra leverandørene, normalt 3-5 år. Men det som har en kostnad, er den tiden de involverte må bruke på å engasjere seg for å få det fikset. Tiden det tar å feilsøke etter problemer og identifisere disse er for noen systemer en betydelig ekstrakostnad. I tillegg kan bygget bli forsinket i overlevering, noe som betyr tapt leieinntekt for byggeier. Kostnadene som oppstår ved feil og problemer i ettertid under drift gjenspeiles ved den tiden (interntiden) driftsansvarlig og driftspersonell må bruke på problemene som de alternativt burde ha brukt på andre oppgaver. De må identifisere problemet, melde fra om problemet og følge med når det kommer servicepersonell eller leverandør for å fikse problemet. Driftsansvarlig burde heller ha brukt tiden og ressursene sine på planlegging, prioriteringer og sjekk av vedlikehold og utskiftninger. Driftspersonell burde på sin side heller bruke tiden til å optimalisere driften ved syklisk inspeksjon, undersøkelser og overvåking f.eks. ved å sjekke temperaturinnstillinger og at alle sensorer og automatikk virker som det skal. Det er viktig at de involverte i driften får gjort det de skal slik at deres tiltenkte funksjon for å optimalisere driften holdes ved lag. Foruten driftsansvarlig og driftspersonellet sin tid er det mye unødvendig tid som går med til møtevirksomhet mellom byggherre, sjefer, driftspersonell og vaktmestere. Derfor er det lite hensiktsmessig å bruke hundrevis av timer på et bygg som ikke fungerer. Det er tid som de skulle ha vært brukt på andre viktige jobber, som igjen kunne spart penger. Disse kostnadene vil langt på vei overstige differansen mellom investeringskostnadene for de forskjellige systemene, og også om mulig gevinstene som noen systemer har for sine LCC-kostnader. Hvis det er feil som oppstår i et behovsstyrt ventilasjonssystem, er det en fordel om systemet er så avansert at det kan gi tilbakemelding på hvor en evt. feil er, hva den er, og om det krever innleid mannskap for å fikse problemet.

6.5 DISKUSJON OG KONKLUSJON

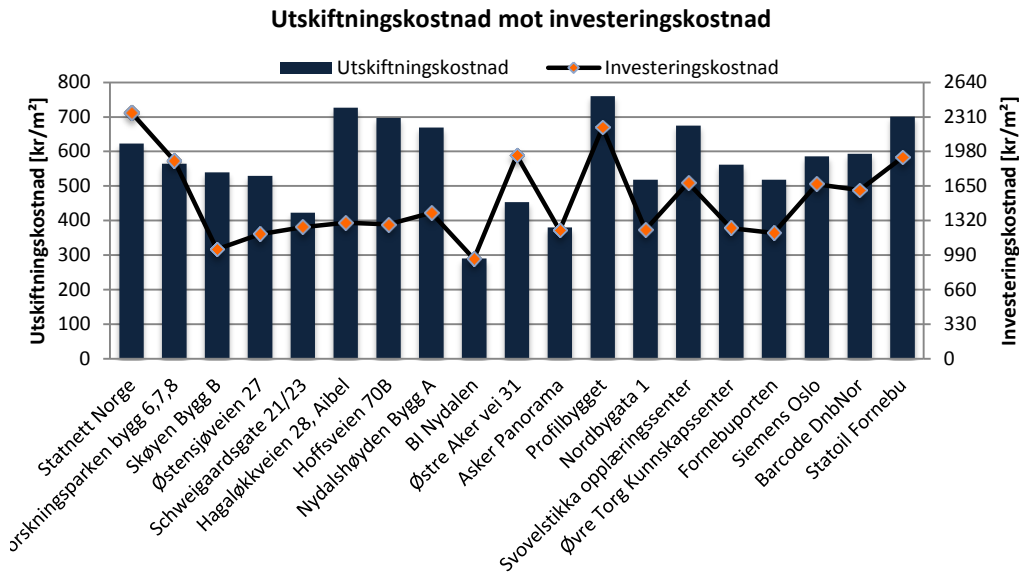
Modellene som er laget, er en grov tilnærming til hvordan faktiske kostnader til drift, vedlikehold, utskiftninger og energi reelt sett pleier å være. Skal man klare å generalisere slike kostnader over en stor lest for de ulike systemene, er man nødt for å basere seg på forenklete metoder og antagelser. Selv om det er gjort mange antagelser, har de vist seg å gi fornuftige svar for forskjellige typer bygninger av forskjellige typer størrelser med forskjellige typer løsninger. Kostnadene og modellene har som mål å beskrive de typiske kostnadene for de forskjellige VAV- og DCV-systemene for å få et innblikk i hva de normalt koster. Modellene estimerer de ulike kostnadene for drift, vedlikehold, energi og utskiftninger på en forholdsvis

forenklet form som på enkelte områder ikke direkte kan knyttes til de byggene og systemene som resultatene gir. Nøkkeltall, reelle og typiske kostnader for komponenter og kostnader som er innhentet for de forskjellige byggene og systemene er satt sammen til en modell som beskriver kostnadene for hvert enkelt bygg. Selv om modellene gir gode estimater, som er vurdert opp mot nøkkeltallene for å sjekke troverdigheten i resultatene, er det en generalisering av de faktiske kostnadene. Spesielt må denne generaliseringen understrekes fordi de faktiske kostnadene for de ulike byggene er veldig avhengig av den løsningen som er valgt. Design, anleggets oppbygging og dimensjonering, grad av funksjonalitet, og hvor avansert BACS er for styring, sensorer, oppfølging og drift, er helt avgjørende for de kostnadene som hvert enkelt bygg har. Modellenes begrensinger, omfang og antagelser som er gjort, er tydelig presentert slik de er fremstilt i kapittel 1.3 for dagens forhold. Videre diskuteres spesielle bemerkninger for hver enkelt modell:

6.5.1 UTSKIFTNINGSKOSTNAD MOT INVESTERINGSKOSTNAD

Utskiftningskostnadene i denne rapporten dekker utskiftning av automatikk, aggregat, vifte og VAV motorer som beskrevet i kapittel 6.3 s.84, men i praksis finnes det en rekke andre komponenter som også må skiftes ut i et VAV- og DCV-system til en rekke andre tider. En bedre modell ville inkludert prisene og de produkt- og leverandørvhengige levetidene som hver enkelt leverandør operer med for disse komponentene, samt tatt mer hensyn til endrede krav og prisendringer gjennom livsløpet. Et typisk livsløp for en bygning, vist i Figur 41, s.37, innebærer en gradvis utskiftning til mer moderne komponenter gjennom bygningens levetid for å opprettholde den funksjonelle standarden som bevarer bygningens verdi og møter de nye kravene. Tabell 6, s.39 viste at levetiden for de ulike systemenes VAV motorspjeld og systemløsninger er tilnærmet den samme, mens det egentlig kan tenkes at den varierer med noen år mellom de ulike systemene. Lik levetid begrunnes med at ingen av de behovsstyrte systemene som analyseres i denne rapporten med dagens tekniske standard har stått mange nok år i reelle bygg til at det finnes nok data som kan dokumentere kvaliteten og levetidene. Teknisk utvikling og bruk av behovsstyrte ventilasjonssystemer gjør at selv de byggene som noen av leverandørene har levert til for 10-15 år siden på langt nær kan sammenliknes med de tekniske systemene som leveres i dagens bygninger. Et lite eksempel har vi sett med DBV-systemet som er installert i en del bygg mellom år 2000 og 2008.

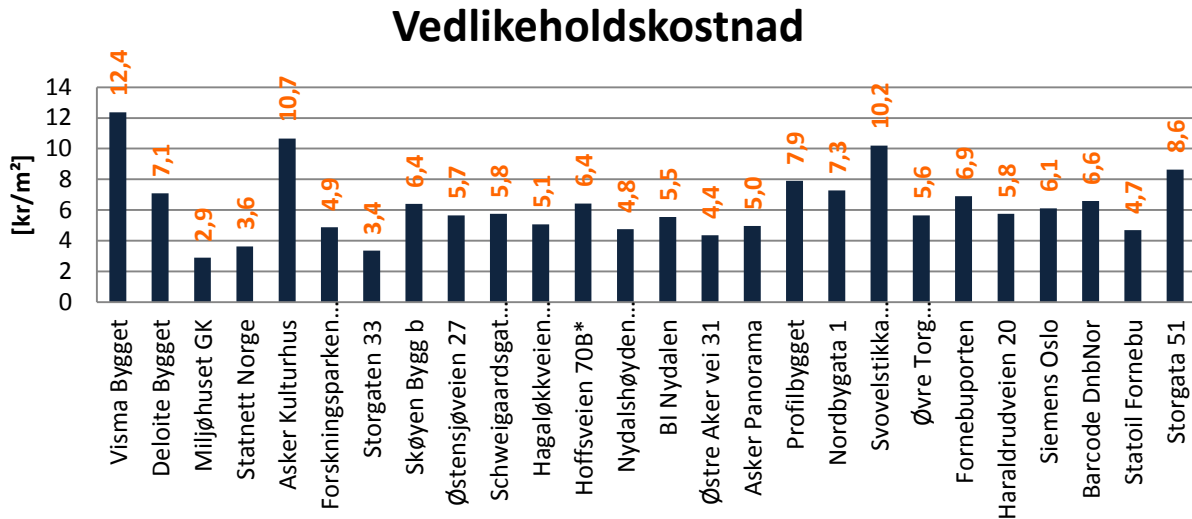
De totale kostnadene til utskiftning, presentert i Figur 56 s.86, gir en sum som bør være dekkende for et realistisk scenario da det er lagt inn forholdsvis mye kostnader for utskiftning av automatikk som veier opp for de manglende småkomponentene som ikke er tatt med i modellen. Automatikken regnes som elektrisk utstyr med levetid på ca.15 år, men det er nok ikke sannsynlig at all automatikken, styrings- og kommunikasjonsenhetene og SD anlegget byttes ut etter denne tiden. En stor usikkerhet eksisterer for noen av byggene som har fått estimert sin automatikk-kostnad (med en forenklet metode), der kun ventilasjonskostnaden var oppgitt. Disse byggene er justert med en pris som baserer seg på et tilsvarende forhold mellom automatikk og ventilasjon slik det er oppgitt i gjennomsnitt for 10 andre bygg i analysen. Kostnadene til automatikk ble funnet til å utgjøre ca. 16 % av ventilasjonskostnadene, selv om det fra bygg til bygg og system til system vil variere betraktelig. Utskiftningen av automatikk er satt til å korrelere med investeringskostnaden, og det påvirker modellen i retningen av at også de totale utskiftningskostnadene korrelerer med investeringskostnaden. Dette gjør at de dyrere byggene får en høyere utskiftningskostnad. Den åpenbare sammenhengen er vist i Figur 59 under, og det kan tenkes at dette er et problem for betydningen av denne kostnadsposten i LCC- analysen. Figuren indikerer at de byggene som følger investeringskostnaden i minst grad er de byggene som får relativt mye av kostnadene sine fra utskiftning av VAV-motorene basert på antall VAV spjeld i Figur 55 s.86. En mer fornuftig modell ville kanskje nedtonet betydningen av utskiftningskostnadene noe mer og funnet de spesifikke levetidene for systemene.



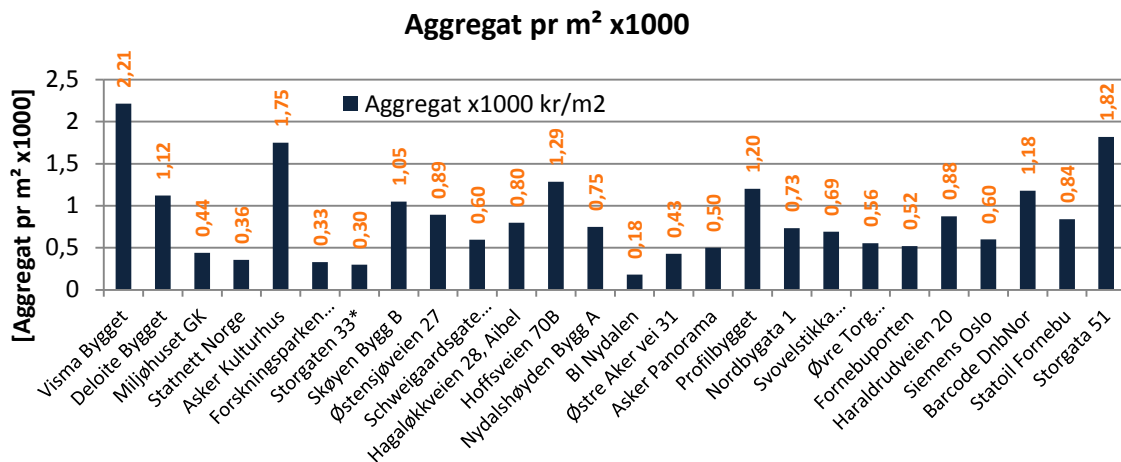
Figur 59. Utskiftningskostnad mot investeringskostnad ved 1 utskiftningscyklus etter 20år

6.5.2 DRIFT OG VEDLIKEHOLD

Drift og vedlikehold ble modellert etter kostnader som kunne settes på service, filterskift og driftspersonell. Service og filterskift avhenger kun av løsningen i valgt bygning når det gjelder antall aggregater og luftmengder disse har. Kostnadene dette innebærer, bidrar ikke til å kvantifisere de ulike VAV- og DCV-systemene, som ikke bestemmer denne løsningen, men modellene bidrar til synliggjøring av hva disse kostnadene utgjør i et ventilasjonsanlegg. En del leverandører leverer som sagt egne aggregater, og som vi har sett, så er prisene for aggregater og filtre avhengige av lineære sammenhenger mellom antall aggregat og luftmengder. Resultatene kan da forventes å være like fra system til system, men i denne analysen avgjør byggløsningen utfallet. Selv om vedlikeholdskostnadene totalt sett ser stabile ut for de forskjellige systemene i Figur 50 s.78, varierer de nokså mye fra bygg til bygg. Indikasjonen på dette sees i Figur 60, der vedlikeholdskostnadene utgjøres av filterkostnader + servicekostnader. Kostnadene varierer helt fra Miljøhuset GK sine 2,9 kr pr m² til Visma byggets sine 12,4 kr pr m². Filter- og servicekostnadene er i modellen antatt kun å være avhengig av antall aggregat (gjennomsnitt) og størrelsen (luftmengden) på disse, samt antall ganger i året service og filterskift gjennomføres. Lite overaskende så ser vi av Figur 60 og Figur 61 at nesten alle byggene er helt identisk rangert når det gjelder betydningen av antall aggregat pr m², og de prosentvise endringene mellom byggene er noenlunde lik. Hvis Formel 6.2 for vedlikeholdskostnadene studeres nøye, så skal filterkostnadene ha mer å si for store luftmengder pr aggregat enn servicen for dem. Luftmengden pr aggregat angir filterkostnadene så det er ingen sammenheng mellom luftmengden pr aggregat (som er byggavhengig) og vedlikeholdskostnadene. For eksempel ses dette for BI Nydalen sine høye luftmengder pr aggregat i forhold til Asker Kulturhus, men allikevel så kommer de helt forskjellig ut for de totale kostnadene. Dermed er det antall aggregater som bestemmer de totale vedlikeholdskostnadene i modellen som indikert.



Figur 60. Vedlikeholdskostnad(filter+service)

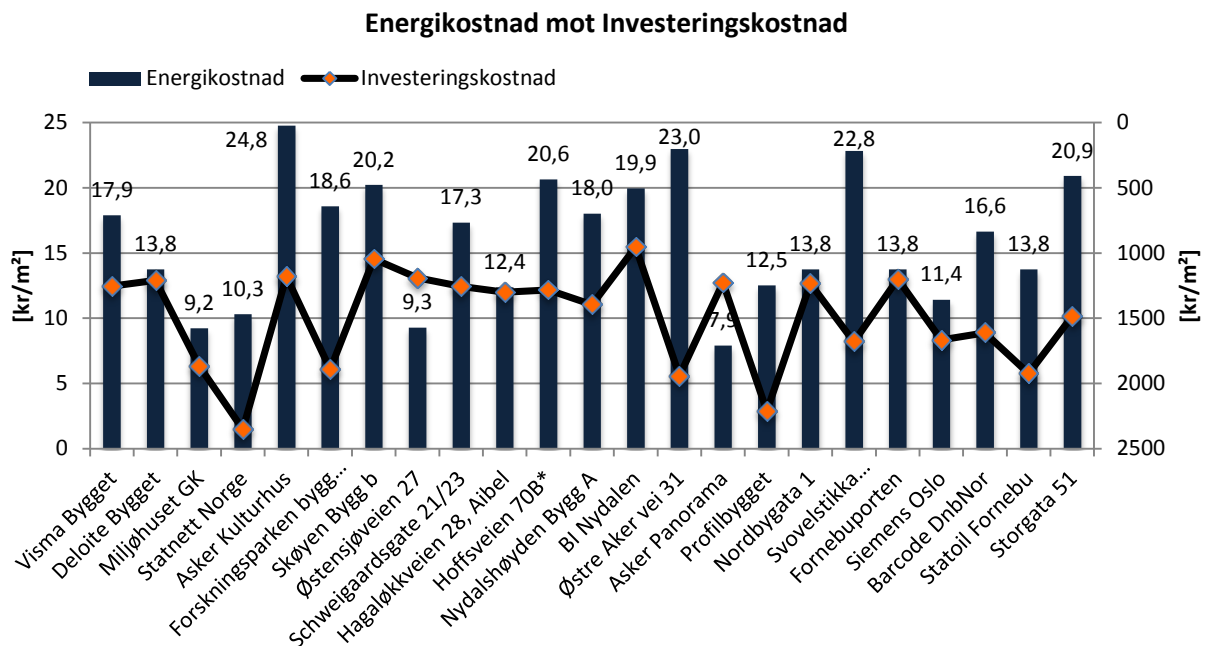


Figur 61. Aggregat pr m²

6.5.3 ENERGIKOSTNAD

Energikostnader ble inkludert i modellen fordi de ulike behovsstyrte ventilasjonssystemene kan differensieres noe når det kommer til SFP-verdier og effektivitet i sine systemer. Igjen vil en slik analyse innebefatte avhengighet til dimensjonering og design av det tekniske anlegget i bygget som analyseres. Som påpekt tidligere er energibruken pr bygg som inngår som variabel i modellen svært usikker ettersom energimerket ikke nødvendigvis gir reelt energibruk. For diskusjon rundt dette så vises det til etterprøving av bygningers energibruk(Dokka, 2013)[6]. Det er lite vits i å investere i billige tekniske systemer hvis energidriften etter relativt kort tid overskrider investeringen. I Figur 62 presenteres energikostnadene som hvert bygg har mot investeringskostnadene for å se om det er noen sammenheng mellom dyre/billige ventilasjonssystemer og energibruk. Aksen til investeringskostnaden er snudd opp ned fordi vi er ute etter å se om de byggene som har lavt energibruk (lav søyle) er avhengig av å ha høy investeringskostnad (lave punkt) for å få dette til. Med oppsettet til figuren vil energikostnader i søylene som kommer under linjen til investeringskostnaden være bygg som både har lavt energibruk og en forholdsvis lav investeringskostnad. Østensjøveien 27 (Swegon) og Asker Panorama (Micromatic) er de eneste to byggene som presterer dette. Bygg som ligger og vaker rundt investeringslinjen med energibruken anses også som gode. På øyemål i Figur 62 ser vi at investeringskostnadene ser ut til å være høye for de byggene som har lavt energibruk, men det

er langt fra noen sikker trend fordi det finnes en rekke unntak. Spesielt høyt energibruk og en relativt høy investering viser seg tydelig for Asker Kulturhus, Østre Aker vei 31, Svovelstikka opplæringscenter og Storgata 51. Høy investering og lavt energibruk stemmer spesielt godt for Miljøhuset GK, Statnett Norge, Profilbygget og Siemens bygget. Figuren viser også at man ikke er avhengig av å investere over 1500 kr/m² for å få dette til. Lønnsomheten i å investere i en løsning til over 1600 kr/m² ser ut til å gi begrensede utslag i energibruken, faktisk så lite at det kun er ett bygg som kan forsvare den økte investeringen (Miljøhuset GK). Det kritiske nivået for å få lønnsomt energibruk i forhold til investeringen ser ut til å ligge rundt 1300 kr/m² eller høyere. Bygg som koster under dette har en mye større sannsynlighet til å ha en energibruk som ligger fra 17 kr/m² til 25 kr/m², mens de som koster noe over 1300 kr/m² utvilsomt har større sannsynlighet for å få et lavere energibruk; rundt 14 kr/m².

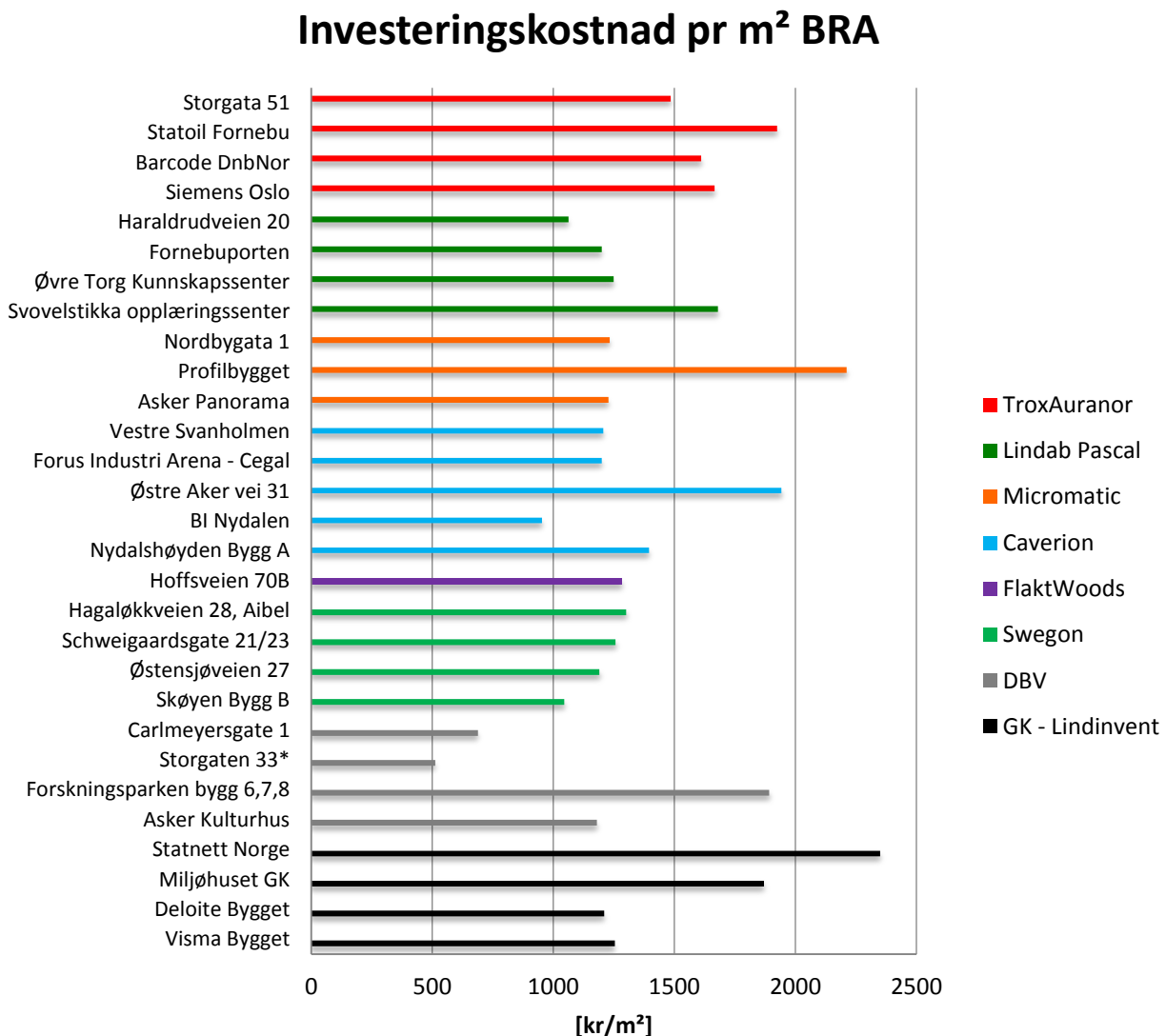


Figur 62. Energikostnad mot investeringskostnad

7. RESULTATER AV LCC-ANALYSEN OG ØKONIMISKE BETRAKTNINGER

7.1 INVESTERINGSKOSTNADER

Investeringskostnadene for ventilasjon og automatikk for de forskjellige VAV- og DCV- systemene sine referansebygg er presentert i Figur 63. Disse kostnadene er basen for hele LCC-analysen i og med at investeringskostnaden utgjør den største kostnaden for systemene over livsløpet. De ulike investeringskostnadene pr m² BRA¹⁶ varierer betydelig mellom de ulike referansebyggene, fra det billigste bygget og til det dyreste utgjør det en 4-dobling i pris¹⁷.



Figur 63. Investeringskostnad for ventilasjon og automatikk eks.mva pr m² BTA for de forskjellige systemene og byggene

¹⁶ Viser til areal problematikk og definisjoner i kapittel. 1.2.1 s.5. BTA kan også være benyttet

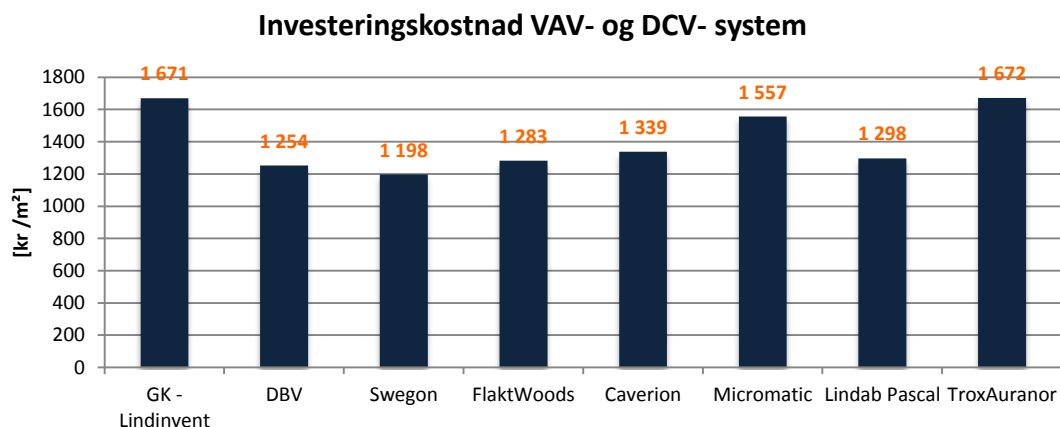
¹⁷ Storgaten 33 som er det billigste bygget (markert med stjerne) koster bare 512 kr/m². Det skiller seg fra alle de andre byggene i og med at det er et rehabiliteringsprosjekt der noen deler av det forrige ventilasjonsanlegget ble beholdt. Derfor kan ikke bygget være med i den videre vurderingen av systemene. Ellers ligger den laveste på 700 kr/m² slik at den største differansen maks blir en tredobling i pris.

I gjennomsnitt ligger investeringskostnadene for ventilasjon og automatikk i et intervall mellom 1100 kr/m² til ca. 1500 kr/m². Det stemmer godt overens med prisen som Norsk Prisbok (2014)[37] operer med for komplett luftbehandling med VAV for kontordel på 1281 kr pr m² BTA listet i seksjon 3.6, nøkkeltall nr. 8. Byggene som overskrider intervallet, er gjerne prestisjebygg som har god energiklasse, høy Breeam poengscore eller andre spesielle forutsetninger som gjør at det har blitt kostet på ekstra mye for ventilasjon og automatikk. Kostnadsmessig kommer Statnett bygget veldig dårlig ut med 2350 kr/m² først og fremst fordi det er et prestisjebygg med høyt fokus på ventilasjon og automatikk. Prisen ble mye dyrere enn hva som var tiltenkt pga. produksjonsfeil på bus-kabel, vanskeligheter med innregulering av romtemperatur og aggregater som stopper ved frostvakt. I tillegg var det 500-600 koblingsfeil (elektriker feil) som også skyldes feil plugg fra fabrikk. Siemens-bygget er også et av byggene med store kostnadsoverskridelser der integrasjon av Siemens sine egne produkter(komponenter og toppsystem) og avansert automatikk har vært svært problematisk. Toppsystemet virker ikke som det skal selv et halvt år etter overlevering, noe som sier litt om omfanget av problemene. Kostnadsoverskridelsene er anslått til 10 MNOK på automatikken, dvs. en kostnadssprekk på 30 %. Likevel er kostnaden «bare» 1667 kr pr m² da mye har gått på garanti. Profilbygget (2211 kr/m²) og Statoilbygget (1923kr/m²) er også dyre bygg med high-end løsninger med kombinert kjølebafler og VAV/DCV-ventilasjon i hele bygget. Prisen for ventilasjon og automatikk på Profilbygget doblet seg fra en generell løsning i det prisede tilbudet til den valgte high-end løsningen. Arealet er ikke så stort, så de ekstra millionene den nye løsningen bidrar med, blir fort synlig i kr/m². For byggene som kommer godt ut prismessig nevnes Carlmeyers gate 1 (689 kr/m²) - totalrehabilitering, BI bygget (953 kr/m²) - kjøpte ventilasjonsanlegget da markedet var desidert på bunn, Skøyen bygg B (1045 kr/m²) – billig priset anlegg, og Haraldrudveien 20 (1062 kr/m²) – et bygg uten installasjon av noe SD anlegg. Byggene som ikke er nevnt hittil, ligger alle med kostnader varierende mellom 1100 og 1900 kr/m².

Ser vi fra system til system, er det Swegon, Trox Auranor, Caverion og Lindab Pascal som har de jevneste prisene på sine bygg. Byggene som representerer Swegon, er forholdsvis like når det kommer til areal og aggregater, samt at de ser ut til å være installert på forholdsvis like typer kontorbygg. Trox Auranor ligger generelt litt høyere enn alle de andre fordi Trox Auranor har levert til noen av de største og mest prestisjetunge byggene som har blitt bygget i Norge i den senere tiden. I de byggene er det ikke spart på mye når det gjelder funksjonalitet, kjøling eller automatikk/styrings- funksjoner som gjør at de er svært avanserte. I kapittel 3.6 ble det bemerket at kostnaden for et passivhus-kontorbygg lå i gjennomsnitt 148 kr/m² over vanlig standard. Kombineres det sammen med økte andre tekniske løsninger når man går for å bygge passivhus, vil det fort forklare hovedårsaken til prisforskjellene mellom 1200 kr/m² og oppover til 1600 kr/m².

Investeringskostnadene som er presentert i Figur 63, har blitt brukt til å finne et gjennomsnitt pr m² for hvert system, som vises i Figur 64. Her er det referansebyggene som er utslagsgivende for den generaliserte kostnaden som systemene oppnår. Sammenhengen mellom den gjennomsnittlige kostnaden som denne figuren viser og byggene de representerer i Figur 63 er tydelig, og noe annet er ikke å forvente. Selv om bl.a. GK Lindinvent-løsningen har to bygg, Deloitte og Visma- bygget, som har normale kostnader trekker Miljøhuset GK og Statnett bygget-prisen kraftig opp slik at det blir den nest dyreste løsningen i gjennomsnitt i denne analysen. Trox Auranor ligger øverst i samme skikte da disse byggene hadde generelt høy investeringskostnad for avanserte bygg. For Micromatic sin del er Profilbygget, det dyreste bygget i analysen, en helt avgjørende faktor for at systemet kommer såpass høyt. Uten dette bygget hadde den gjennomsnittlige kostnaden for Micromatic vært 1230 kr/m². Se for øvrig en slik diskusjon i kapittel 9.1 der de dyreste byggene tas ut. De prosentvise forskjellene mellom systemene viser at de dyreste systemene er 40 % dyrere enn Swegon som her er billigst med 1198 kr/m². De jevnest prisede systemene med DBV,

Swegon, FlaktWoods, Caverion og Lindab Pascal ligger alle innenfor en variasjon på 139 kr/m² som bare er 11,5 % variasjon fra det billigste systemet.



Figur 64. Investeringskostnad for ventilasjon og automatikk eks.mva pr m² BTA som et gjennomsnitt pr VAV- og DCV- system.

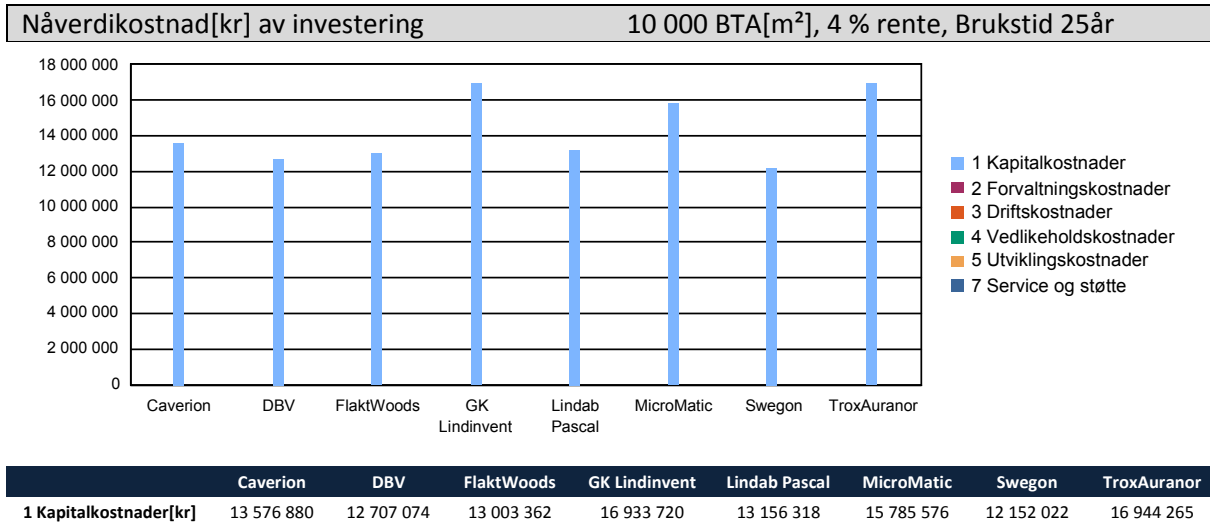
7.2 LCC-ANALYSEN

LCC-analysen har som mål å synliggjøre det økonomiske helhetsbildet for de forskjellige VAV- og DCV-systemene og ikke bare hva de koster i anskaffelse, men også hva de vil medføre av fremtidige kostnader til drift, vedlikehold og utskiftninger. LCC-analysen baserer seg på modellene som ble utviklet i kapittel 6, og anslaget på investeringskostnadene som har blitt innhentet og er presentert innledningsvis til kapittel 7. For øvrig gjelder alle forutsetninger som er beskrevet tidligere, der det viktigste er at:

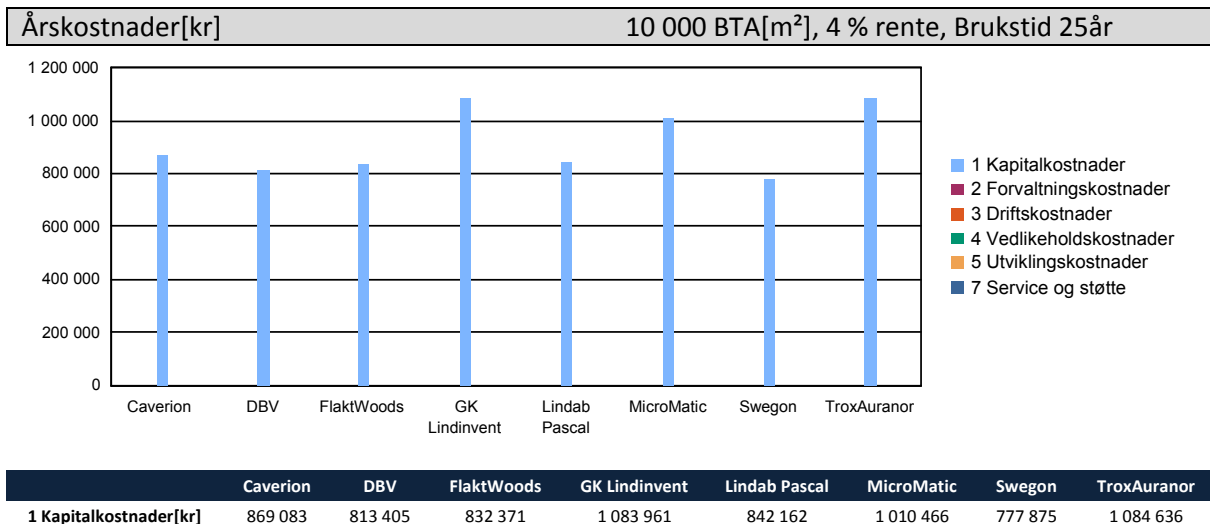
- Programmet LCCWeb er benyttet for analysen
- Kostnadene presenteres eks. mva.-avgift
- Tallene baseres på en m² pris for systemene og analyseres med de samme forutsetninger (bl.a. kontorbygning på 10 000 m²)
- Byggetiden er satt til 12mnd med betalingstygdepunkt vektet til 0,65 (65%) ut i perioden
- 4% realrente benyttes

7.2.1 BASECASE MED KUN INVESTERING

Hovedaspektet ved LCC-analysen er investeringskostnadene for de forskjellige VAV- og DCV-systemene, som tidligere nevnt anslått til å normalt utgjøre 50-70% av de totale livssyklus-kostnadene gjennom en bygnings livsløp. Basert på investeringskostnadene for hvert bygg i kr/m² for ventilasjon og automatikk i Figur 64 vises det underliggende LCC- resultatet av kun investeringskostnaden ved et bygg på 10 000 m² BTA, 4 % rente og 25 års levetid i Figur 65 fra LCCWeb. Dette gjøres for å tydeliggjøre kostnadene for investeringen da LCCWeb senere i analysen inkluderer kostnader til drift, vedlikehold, energi og utskiftninger under investeringskostnadene grafisk slik at det blir noe utydelig å se. Dessuten er det greit få noen detaljerte tall for et eksempelbygg på 10 000 m² BTA og bli kjent med fremstillingen som LCCWeb gir for resultatene. Investeringskostnaden i Figur 64 er selvfølgelig lik nåverdikostnadene som presenteres her i Figur 65 med unntak av at det her er regnet ut per m². En liten økning er sporbar pga. forskyvingen av betalingstygdepunktet i analysen. LCCWeb regner med at investeringskostnadens beløp følger realrenten(prisstigningen) frem til selve betalingen skjer. Det er det samme for alle byggene og påvirker ikke sammenlikningen.



Figur 65. Nåverdikostnad av kun investering ved 10 000 m², 4%, 25 års brukstid

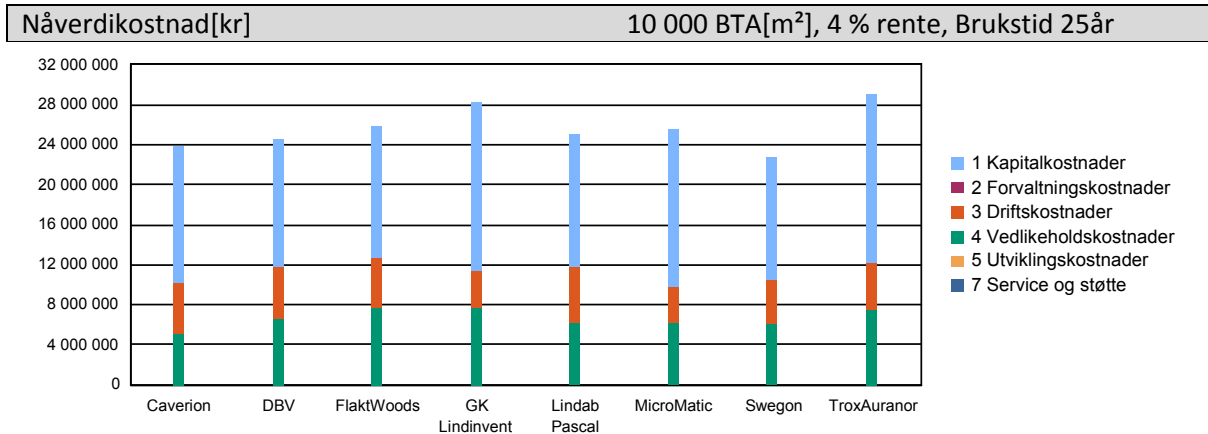


Figur 66. Årskostnaden av kun investeringen ved 10 000 m², 4%, 25 års brukstid

7.2.2 LCC-ANALYSEN MED DRIFT, VEDLIKEHOLD, ENERGI OG UTSKIFTNINGER

I programmet LCCWeb legges alle tidligere resultater for kostnader til drift, vedlikehold, energi og utskiftninger som er presentert for de ulike VAV- og DCV- systemene inn i de tilhørende kostnadspostene. Det vises til Figur 49 s.78, Figur 53 s.83 og Figur 56 s.86 for enkeltresultatene pr system som er lagt inn i LCCWeb. Med LCCWeb presenteres hovedresultatene av LCC-analysen oppdelt for kostnadspostene pr VAV- og DCV- system vist for de diskonterte kostnadene i Figur 67 og årskostnadene i Figur 68, begge med tilhørende inkluderte kostnadsinndeling i Tabell 28 og Tabell 29. Figurene viser hovedsakelig det totale resultatet, mens tabellene tallfester forskjellene i kapitalkostnadene, driftskostnadene, vedlikeholdskostnadene og den samlede kostnaden. Ettersom LCCWeb følger den gamle versjonen av NS3454:2010, og ikke den nye versjonen i NS 3454:2013 som har oppdatert klassifisering av kostnadspostene og noen nye føringer for livssyklus-kostnader, vil LCCWeb presentere resultatene i feil kostnadsposter. LCCWeb legger energikostnadene inn under driftskostnadene - post 3, mens det skulle ha vært ført i kostnadspost 5 for forsyningskostnader. Utskiftningskostnadene legger LCCWeb i post 4 for

vedlikeholdskostnadene, mens det skulle ha vært i kostnadspost 4 – Utskiftnings- og utviklingskostnader. Investeringskostnaden er ført riktig under kapitalkostnader, men det nye navnet skulle ha vært anskaffelses- og restkostnader. Altså vil alle kostnadene som inkluderes i LCCWeb under driftskostnadene innebefatte energi, driftspersonell, service og filterbytter. Vedlikeholdskostnadene representerer utskiftningskostnadene og investeringskostnadene går under kapitalkostnader. Det vises til kapittel 3.5.1 s.41 for beskrivelse av kostnadspostene og kostnadsinndelingen for drift, vedlikehold, energi og utskiftninger slik Norsk Standard angir i den siste versjonen av NS3454.



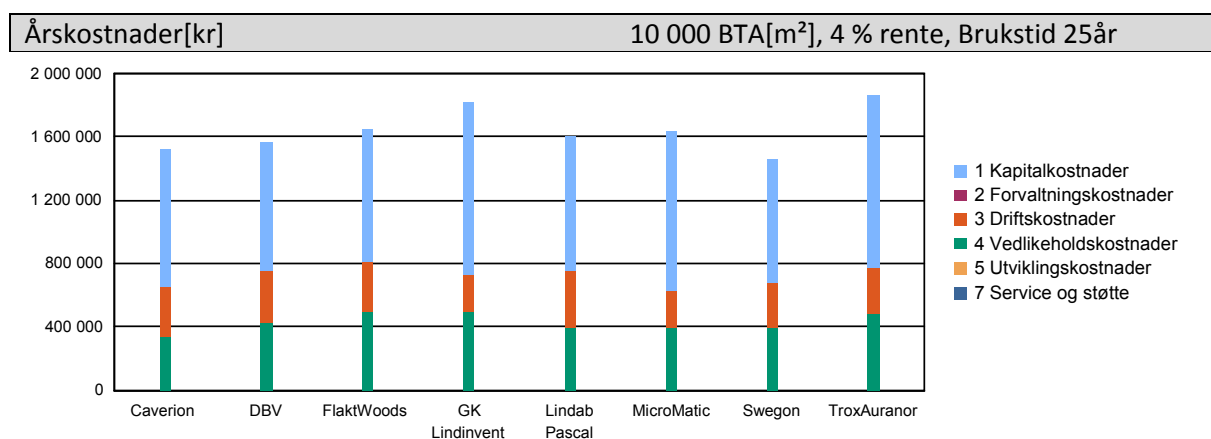
Figur 67. LCC-analysen av ulike VAV- og DCV-systemer, nåverdikostnad ved: 10 000m², 4% rente, brukstid 25år

Tabell 28. Tilhørende kostnadsinndeling til Figur 67

	Caverion	DBV	FlaktWoods	GK Lindinvent	Lindab Pascal	MicroMatic	Swegon	TroxAuranor
1 Kapitalkostnader	13 576 880	12 707 074	13 003 362	16 933 720	13 156 318	15 785 576	12 152 022	16 944 265
2 Forvaltningskostnader	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Driftskostnader	5 064 677	5 220 897	5 114 667	3 763 358	5 728 615	3 616 510	4 508 531	4 653 816
4 Vedlikeholdskostnader	5 157 394	6 636 773	7 629 618	7 649 615	6 145 771	6 162 674	6 068 473	7 516 811
5 Utviklingskostnader	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Service og støtte	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	23 798 950	24 564 744	25 747 648	28 346 693	25 030 704	25 564 760	22 729 026	29 114 892

Den oppmerksomme leser ser at nåverdien av de fremtidige kostnadene som ligger i drift, vedlikehold, energi og utskiftninger utgjør fra 66 % til 97 % av investeringskostnaden med forutsetning om en total utskiftning innenfor 25 år. Dvs. nåverdikostnaden blir nesten dobbelt så stor som kun investeringskostnaden. Dette stemmer med tidligere LCC-teorier om at fremtidige FDVU kostnader kan stå for halvparten av kostnadene over et livsløp. Sammenliknes ren investeringskostnad mot de totale LCC kostnadene etter posisjonen de har seg imellom, er forholdene mellom systemene forholdsvis lik med unntak av DBV, FlaktWoods og Lindab Pascal som får høyere totale kostnader relativt til de andre. Micromatic, Caverion og GK Lindinvent gjør det bedre, mens Swegon og Trox Auranor ligger nær gjennomsnittet. Dette kan bekreftes ved å studere Tabell 29 sine kostnadsposter for drift og vedlikehold. Nåverdikostnaden av LCC-analysen viser at Swegon kommer best ut med en nåverdikostnad på 22,73 MNOK med en margin på 4,7 % (1,07 MNOK) til Caverion som neste konkurrent. Deretter følger DBV med et tillegg på 8 % (1,83 MNOK), Lindab Pascal 10,1 % (2,3 MNOK), Micromatic 12,4 % (2,84 MNOK) og Flakt Woods med 13,3 % (3,02 MNOK) i forhold til Swegon. GK-Lindinvent og TroxAuranor lider igjen pga. sine høye investeringskostnader, og dermed også utskiftningskostnader i denne modellen, og ligger henholdsvis

24 % (5,62 MNOK) og 28 % (6,39 MNOK) over billigste leverandør. Ser vi derimot på driftskostnadene (drift og energibruk), presterer disse leverandørene det mye bedre der GK-Lindinvent kommer rett bak Micromatic med betydelige prosentvise forskjeller til de andre leverandørene. De andre koster henholdsvis 24,7 % (Swegon), 28,7 % (TroxAuranor), 40 % (Caverion), 41,4 % (FlaktWoods), 44,3 % (DBV) og 58,4 % (Lindab Pascal) mer enn GK-Lindinvent og Micromatic. For vedlikeholdskostnadene (utskiftingene) gjør Caverion sin løsning det svært bra; 17,7 % bedre enn nr. 2 (Swegon), der de andre følger rett på og som sagt litt mer for TroxAuranor og GK Lindinvent. Årskostnadene nedenfor i Figur 68 og Tabell 29 viser de samme forholdene for kostnadspostene, men i et enklere format for å forstå hvor mye som må settes av årlig.



Figur 68. LCC-analysen av ulike VAV- og DCV-systemer. Årskostnader ved: 10 000m², 4 % rente, brukstid 25år

Tabell 29. Tilhørende kostnadsinndeling til Figur 68

	Caverion	DBV	FlaktWoods	GK Lindinvent	Lindab Pascal	MicroMatic	Swegon	TroxAuranor
1 Kapitalkostnader	869 083	813 405	832 371	1 083 961	842 162	1 010 466	777 875	1 084 636
2 Forvaltningskostnader	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Driftskostnader	324 200	334 200	327 400	240 900	366 700	231 500	288 600	297 900
4 Vedlikeholdskostnader	330 135	424 833	488 387	489 667	393 403	394 485	388 455	481 166
5 Utviklingskostnader	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Service og støtte	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	1 523 418	1 572 438	1 648 158	1 814 528	1 602 265	1 636 451	1 454 930	1 863 702

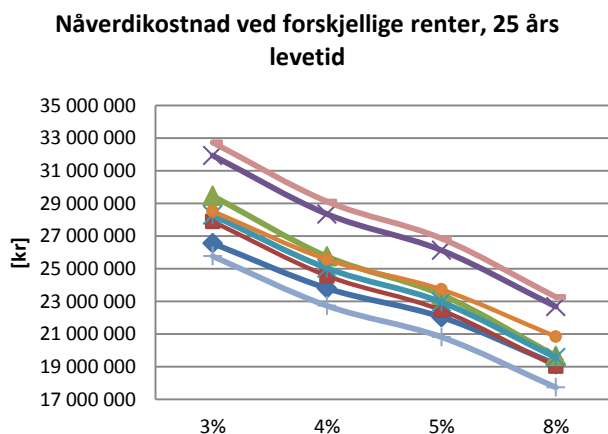
7.3 SENSITIVITETSANALYSE

Ved å variere usikkerhetsmomentene i en analyse er det mulig å se hva som er de største påvirkningsfaktorene, og om endrede betingelser vil endre de mulige resultatene. For at en sensitivitetsanalyse skal gi noen mening, må variasjonene som analyseres være sannsynlige i den forstand at det er sannsynlig at det kan skje. For LCC-analysen av de ulike VAV- og DCV-systemene er de største usikkerhetsmomentene og påvirkningsfaktorene som nevnt:

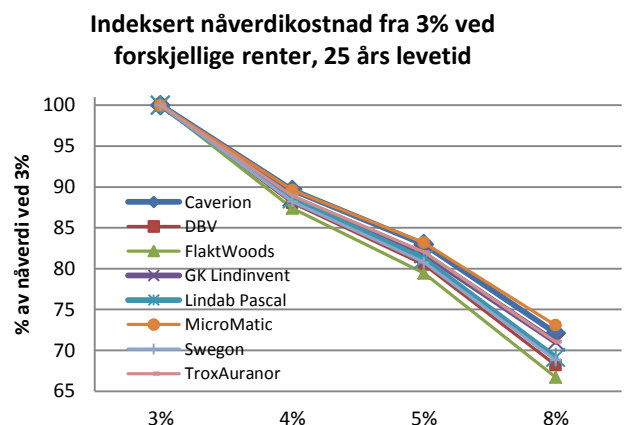
- Diskonteringsrenten (realrenten)
- Perioden for analyse (Levetiden)
- Feil kostnadsantagelser på drift, vedlikehold, energi og utskiftninger

For sensitivitets-analysen av VAV- og DCV-systemene i de to neste underkapitlene vil vi se på variasjonen i LCC- kostnadene for 3, 4, 5 og 8 % markedsrente ved 25 års teknisk levetid i det første underkapittelet og variasjon i levetider for det andre kapittelet med 10, 15, 25 og 50 år som strategiske levetider å analysere med 4 % realrente.

7.3.1 VARIASJON I RENTER



Figur 69. Nåverdikostnad ved forskjellige renter, 25 år



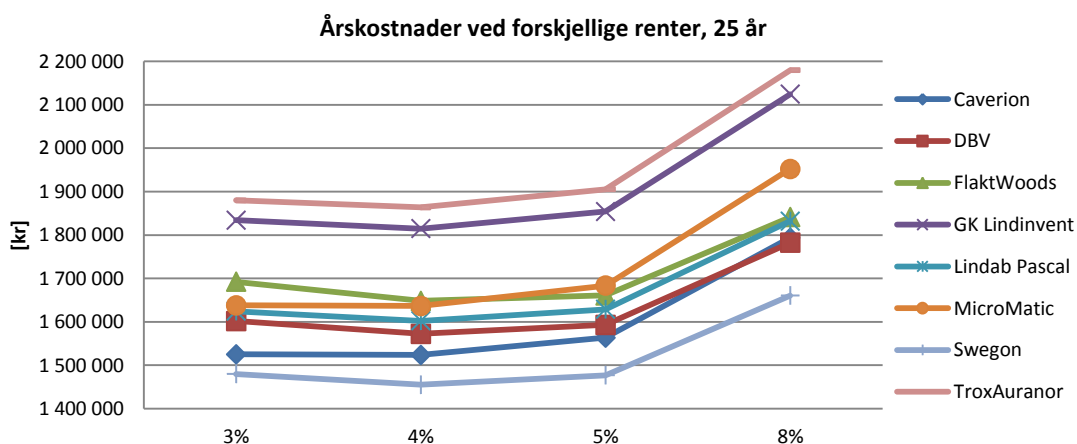
Figur 70. Indeksert nåverdikostnad ved forskjellige renter, 25 års levetid

Figur 69 og Figur 70 viser begge utviklingene i nåverdikostnadene ved sensitivitetsanalysen med forskjellige renter for de inkluderte kostnadsparametrene. Systemene er markert i de samme fargene fra figur til figur slik at de kan sammenliknes uten å måtte markere det på nytt. Figur 69 tydeliggjør utviklingen indeksert relativt til startpunktet ved 3 % der FlaktWoods sin løsning har en sterkere utvikling i nåverdikostnaden når det blir høyere renter, hvilket skyldes at de har en del høyere vedlikeholdskostnader et stykke ut i tid relativt til investeringskostnaden enn de andre. Utviklingen viser at FlakWoods har to prosentpoeng bedre utvikling¹⁸ enn Swegon som er nr. 2 fra 3-8 % realrente, men det utgjør ikke nok til å ta fra Swegon sin posisjon som systemet med lavest nåverdikostnader for de ulike realrentene. Maksimalt er differansen seks prosentpoeng mellom utviklingen i nåverdikostnader mellom systemene fra tre til åtte prosent som i de fleste tilfellene ikke er nok til å endre forholdene. Det skal derfor store forskjeller til i vedlikeholdskostnadene som kommer senere i tid, før det oppveier en viss forskjell i de opprinnelige

¹⁸ Bedre utvikling ved økende renter, men vil tilsvarende ha svakere utvikling relativt til de andre hvis renten synker

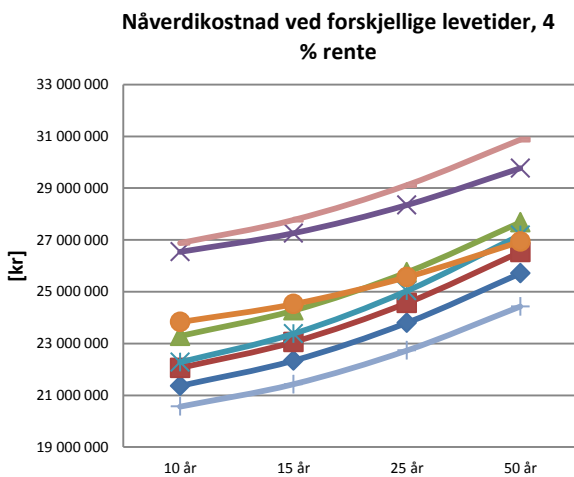
investeringskostnadene. Noe utslag er det, som den sterkere utviklingen til FlaktWoods, DBV, Swegon og Lindab Pascal har i Figur 69. FlaktWoods passerer Micromatic og DBV passerer Caverion. Utslagene i kroner mellom de ulike rentene er en differanse på rundt 9 MNOK fra tre til åtte prosent uavhengig av system, mens de ulike systemene fortsatt har ca. det samme forholdet mellom best og dårligst på 6 MNOK uavhengig av rente. For de systemene som har bedre utvikling ved høyere renter skyldes det hovedsakelig at de har en relativt sett høyere vedlikeholdskostnader som til dels kommer sent i levetiden, noe som er naturlig hvis vi tenker tilbake til LCC-teorien. Ved enda høyere renter vil nåverdikostnaden etter hvert nærme seg gradvis mot investeringskostnaden, men slike renter er ikke å forvente i dagens marked. Fokuset som ble belyst hittil var for økende renter, men det må ikke glemmes at figurene må tolkes vise versa hvis renten før var høy og nå er lav. Da vil de som hadde en dårligere utvikling komme bedre ut, altså slik at Micromatic og Caverion blir noe billigere enn de andre ved lave renter relativt sett.

Årskostnadene viser det samme forholdet, men er verdt å belyse i Figur 71 under allikevel. Her vil nåverdikostnaden gjøres om til en annuitet med rentene som er angitt. Ut fra figuren å bedømme vil investeringskostnaden sin betydning ha mer å si for den endelige årskostnaden ved høyere renter. Det kan vi bl.a. se på MicroMatic sin kurve som stiger mer fra 5 til 8 %. Tilsvarende stigningstakt har også GK-Lindinvent og Trox Auranor. De med lavest stigning i årskostnadene ved høyere renter er naturlig nok de samme som hadde lave nåverdikostnader ved høye renter mest grunnet investeringen. Det er også verdt å merke seg at årskostnadene faktisk synker fra 3 til 4 % for enkelte systemer. Årsaken er at årskostnadene som utskiftningskostnadene (her vedlikeholdskostnader) synker for høyere renter fordi det er fremtidige kostnader. Denne reduksjonen vil i tilfeller med lav investeringskostnad i forhold mot fremtidige utgifter utgjøre mer enn det investeringskostnaden øker i årskostnad ved en økning i realrenten. Spesielt blir det utslagsgivende for Swegon, MicroMatic og FlaktWoods som har lave investeringer relativt til de fremtidige utgiftene. Drift og vedlikehold er her en fast annuitet, og har derfor også fast årskostnad som ikke endres ved endrede renter. Ved høyere rente vil årskostnaden av investeringskostnaden ha mye mer å si enn det utskiftningskostnaden synker. Økningen i nåverdikostnaden grunnet betalingstygndepunktet 0.65 ut i perioden, som nevnt i kapittel 7.2.1, gir ikke noe nevneverdig utslag på årskostnadene til investeringen da årskostnadene for investeringen er en fast kostnad som er fordelt over levetiden slik at dette ikke blir synlig.

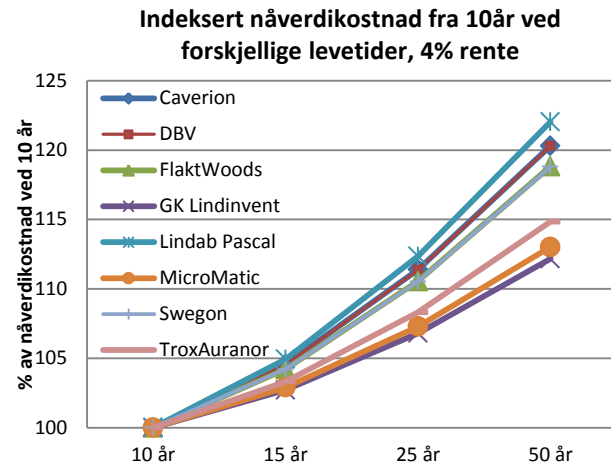


Figur 71. Årskostnader ved forskjellige renter, 25 år

7.3.2 VARIASJON I ANALYSEPERIODE (LEVETID)



Figur 72. Nåverdikostnad ved forskjellige levetider, 4 % rente

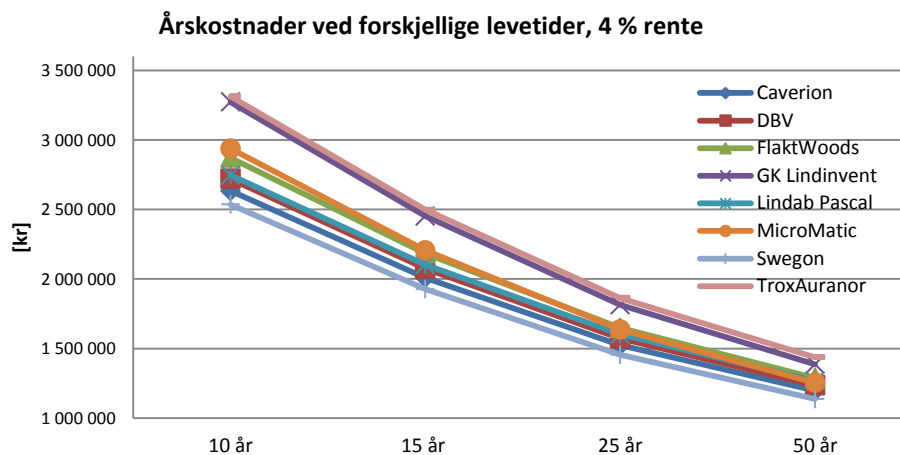


Figur 73. Indeksert nåverdi fra 10år ved forskjellige levetider, 4 % rente

Levetiden er den andre viktige faktoren som påvirker livssyklus kostnadene sammen med den diskonterte renten. I Figur 72 og Figur 73 vises nåverdien på samme vis som for rentene med like farger for systemene for nåverdikostnad og den indekserte nåverdikostnaden. FlaktWoods og Caverion er omtrent helt usynlig i den indekserte grafen, men det er fordi FlaktWoods følger nøyaktig den samme økningen som Swegon mer eller mindre, og tilsvarende for Caverion og DBV. Fra Figur 72 kommer det tydelige frem at de fleste systemene har om lag samme stigningstakt på økningen over de forskjellige årene; med en økning på ca. 4 MNOK fra 10 til 50 år. Micromatic og GK Lindinvent er de leverandørene som skiller seg ut med en slakere stigningstakt på 3,1 og 3,2 MNOK fra 10 til 50 år. Årsaken er de lave årlige driftskostnadene (energi, personal, filter og service), som også Figur 73 bekrefter. Nåverdikostnaden av investeringen er lik uavhengig av levetiden, og nåverdikostnaden av de fremtidige utskiftningskostnadene endrer seg ikke med mer enn noen tusen kr uavhengig av levetid for de forskjellige systemene, dette sees i vedlegg 5. Det er til å stusse over, men faktum viser seg at utskiftningskostnadene skjer så periodevis at forholdet mellom kostnaden og levetiden som analyseres ender opp med den samme summen når kostnadene diskonteres. Regnes det om til årskostnader vil lengre periode bety lavere årskostnader for utskiftningskostnadene sammen med investeringskostnaden. Ettersom investeringskostnaden utgjør nærmere halvparten av kostnadene er det en fordel med lang levetid, slik at årskostnader blir et mer relevant begrep enn nåverdikostnader da det blir flere år å dele på når levetiden øker. TroxAuranor sammen med Mircormatic og GK Lindinvent har den beste utvikling i nåverdikostnadene fra 10 til 50 år på nesten 10 prosentpoeng i forhold til de andre systemene. Merkelig er det også at disse systemene som ligger høyt i nåverdikostnad som skyldes høyere investering, som i dette tilfellet betyr noe lavere driftskostnader. Det vi ser er at de lave driftskostnadene ikke helt veier opp for den høyere investeringskostnadene over en lengre levetid, gjeldende for TroxAuranor og GK Lindinvent. Micromatic systemet kommer billigere ut enn Lindab Pascal og FlaktWoods sitt system etter 25 år og ved 50 års sammenliknbar levetid. Den interessante observasjonen bekreftes med tendensen som Figur 74 også viser for årskostnadene der vi også ser at de to dyreste systemene selv ved lavere driftskostnader ikke klarer å bli bedre enn et annet system. Unntaket er Micromatic som passerer to andre behovsstyrte systemene etter 25 og 50 års levetid. Figuren viser at systemene ser ut til å konvergere mot hverandre ved lengre levetider, noe som er sant grafisk sett, men differansen i årskostnadene har betydelig mye mer å si ved lengre levetider og forholdene mellom

systemene endres knapt. Det som skjer er at forskjeller i investeringskostnad og utskiftningskostnad reduseres når levetiden blir lengre. Selv ved 100 års levetid blir hverken GK-Lindinvent eller TroxAuranor billigere enn noen av de andre systemene.

Det er et valg som må gjøres vurdert mot om disse løsningene er bedre funksjonsmessig, gir bedre inneklime, er lettere å installere, er finere estetisk og gir bedre overvåking og kontroll som er verdt de 2-5 MNOK man kunne ha spart ved å velge et annet anlegg. Uten å konkludere med noe vil det nok være individuelt hva man er ute etter og hvilken løsning som passer bygget som blir bygd. 2-5 MNOK pr 10 000 m² utgjør en del, men ikke så mye hvis funksjonalitet, inneklime og økt levetid er prioritert nr. 1. Det er utenfor denne rapporten å bestemme den eksakte levetiden for de ulike systemene. I realiteten kan den variere med noen år, mens jeg har lagt til grunn at den er lik i de gjennomførte beregningene.. Nærliggende vil man nok tro at levetiden for de systemene som har en høyere investeringskostnad, er lengre for flere komponenter. Det kan bety flere års senere utskiftningskostnad, som igjen vil spare store kostnader sett i et levetidsperspektiv. Oppsummert om figurene som er presentert, er investeringskostnaden en essensiell faktor i LCC-beregningene, der selv lavere driftskostnader over en lengre periode ikke endrer forholdene vesentlig. En grunn er at de fremtidige driftskostnadene teller mindre i nåverdi jo lenger frem i tid de er. En annen grunn er at utskiftningskostnaden til de dyre systemene også er dyrere. Dette innebærer at disse systemene ikke klarer å utklasse et system som er nokså standard kostnadsmessig.



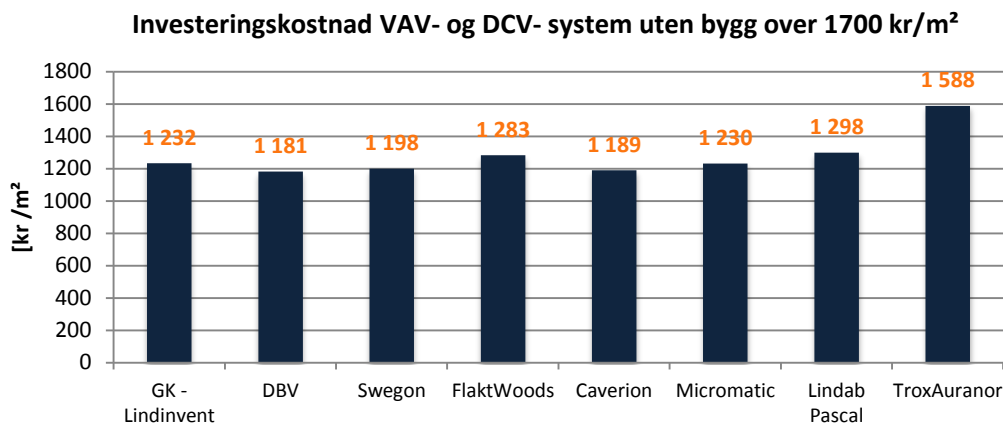
Figur 74. Årskostnader ved forskjellige levetider, 4 % rente

7.4 KOSTNADSDISKUSJON OG INNVIRKNINGER PÅ PRISENE

Presentasjonen av investeringskostnadene til ventilasjons og automatikk ble i kapittel 7.1 s.95 fremstilt i Figur 63 for alle byggenes investeringskostnader og i Figur 64 pr system som et gjennomsnitt av de byggene som hører til hver enkelt leverandør. Resultatene hadde stor spredning i investeringskostnader fra bygg til bygg, men hovedsakelig lå de fleste byggene fra 1100 kr/m² til 1500 kr/m². Kostnadene som knyttes til VAV- og DCV- systemene i Figur 64 viser tydelig avhengigheten av byggene disse systemene er installert i. Spørsmålet er stilt tidligere rundt denne avhengigheten, da noen systemer kommer bedre eller dårligere ut enn de andre, enten pga. vellykkede byggeprosjekter eller problembbygg. Og det er løsningen i det aktuelle bygget som avgjør. Først vil vi vise med eksempel hva enkeltbygg har å si før vi videre ser om investeringskostnadene kan tolkes på andre måter.

7.4.1 BYGGAVHENGIGHET FOR INVESTERINGSKOSTNADEN

Analysen tar med alle byggene uavhengig av løsninger, problemer osv. fordi det er viktig at alle sider inkluderes, og da blir det nødvendigvis slik at noen kommer mer heldig ut enn andre. Studeres dette nærmere kan det tenkes løst ved å ekskludere bygg som koster mer enn 1700 kr/m² som et skille for hva som er normale priser i dagens marked med en forventet kostnad på komplett VAV og luftbehandling til 1281 kr/m² fra nøkkeltall nr. 8. Trolig kan bygg med kostnader over 1700 kr/m² anses som spesialløsninger eller bygg med unormalt store kostnadsoverskridelser i byggeprosessen. Fjernes byggene som ligger over denne grensen, dvs. Statoilbygget (TroxAuranor), Profilbygget (Micromatic), Østre Aker vei 31 (Caverion), Forskningsparken (DBV), Miljøhuset GK og Statnett Norge (GK Lindinvent), men også Carlmeyersgate 1 (billig pga. rehabilitering), oppnås en samling med bygg som naturligvis er mye jevnere. Som vist i Figur 75, er forskjellene mellom de gjenværende byggene svært små.. Alle byggene oppnår en kostnad rundt nøkkeltall nr.8 med unntak av TroxAuranor som fremdeles representerer bygg som koster mellom 1480kr/m² til 1666 kr/m². Figur 75 viser betydningen av enkeltbyggs bidrag i analysen på en god måte. Uten bygg med spesielle løsninger kan en konklusjon trekkes om at det konkurranseutsatte markedet fungerer som det skal, ved at leverandørene konkurrerer med tilsvarende samme priser.

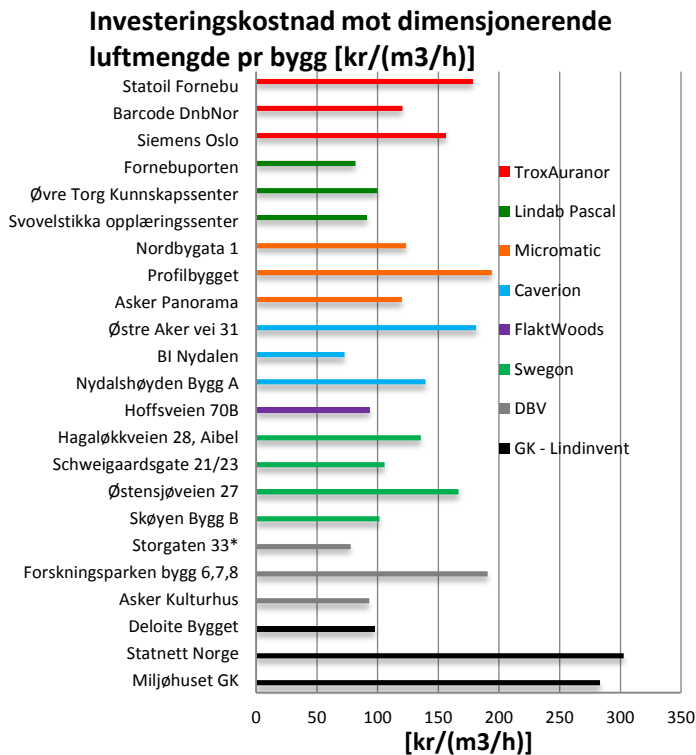


Figur 75. Investeringskostnad pr system ekskl. spesialløsninger og bygg over 1700kr/m²

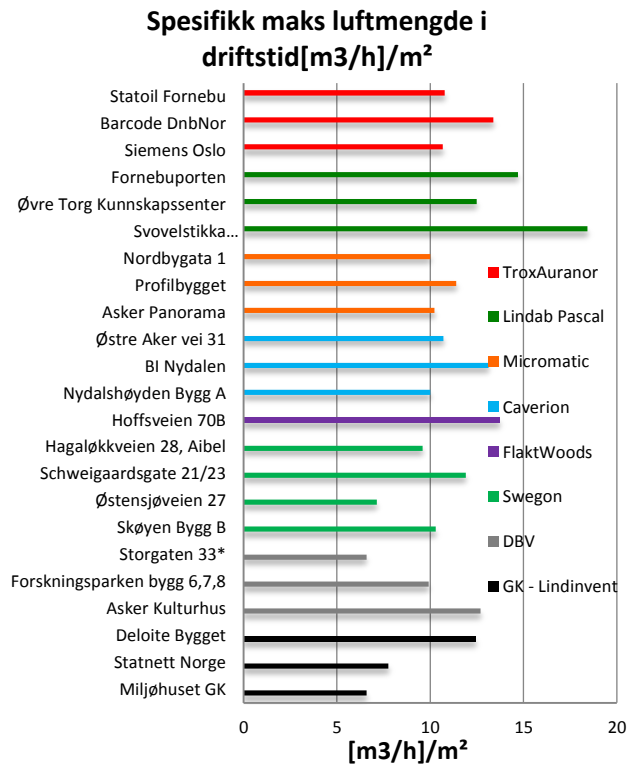
7.4.2 INVESTERINGSKOSTNAD MOT ANDRE VARIABLER

Investeringskostnad pr m² som er benyttet gjennom hele analysen gir en side av saken. Endres dette til investeringskostnad pr dimensjonerende luftmengde i m³/h, så gir det noen andre resultater sammenliknet mot de gitt i kr/m² i Figur 63 s.95. Sammenliknes Figur 63 mot denne nye figuren i Figur 76 som er gitt i kr pr m³/h dimensjonerende luftmengde, så er fortsatt hovedbildet det samme, men bygg som enten har høy investeringskostnad eller lav luftmengde vil tydelig bli lagt merke til. Fremstillingen på kr pr m³/h dimensjonerende luftmengde er en prissettingsmetode som ofte ventilasjonsentreprenør benytter. Kjenner de luftmengden, så kan de raskt si hva det aktuelle utstyret som må tilpasses den luftmengden koster. Investeringskostnaden pr dimensjonerende luftmengde beskriver hvilken luftmengde som kan håndteres for den aktuelle prisen. Slik figuren indikerer blant byggene; Statoilbygget, Siemensbygget, Profilbygget, ØstreAkervei 31, Østensjøveien 27, Forskningsparken, Statnettbygget og Miljøhuset GK, så ligger kostnadene 150 over kr pr m³/h, som igjen er over gjennomsnittet på 142 kr pr m³/h. Byggene til GK-Lindinvent har mye dyrere luftmengde sett mot de andre systemene, eksempelvis FlaktWoods og Lindab Pascal sine bygg som gir mye luft pr krone. Det er ikke like lett å trekke en slutning ut fra figuren om høy pris pr luftmengde er negativt, ettersom byggene som har de høyeste kostnadene pr dimensjonerende

luftmengde også er de mest avansere byggene med stram behovsstyring av luftmengden og antageligvis har mer riktig dimensjonerte anlegg. Spesifikk maks luftmengde i driftstiden pr bygg er en slik vinkling av hvorfor investeringskostnaden for noen bygg er dyre i forhold til den dimensjonerende luftmengden de har. Dette er presentert i Figur 77, der man på motsatt vis kan se at byggene som hadde dyre investeringskostnader pr luftmengde, viser lave luftmengder. Spesielt legger vi merke til det for byggene til GK Lindinvent og Svovelstikka Opplæringscenter (Lindab Pascal), som faller motsatt ut. De andre byggene er mer stabile rundt $10 \text{ m}^3/\text{h}$ pr m^2 med ± 2 kubikk som er i samsvar med de krav som de tekniske forskriftene operer med. Undersøkes dette igjen på en arealvektet form, dvs. dimensjonerende luftmengde pr m^2 , vil bygg som har lav luftmengde, mindre areal og høy kostnad pr m^2 få en mye høyere kostnad for sin luftmengde pr m^2 . Dette gjelder spesielt Profilbygget som da kommer tre ganger så dyrt ut som de andre, samt at Miljøhuset GK og Svovelstikka legger seg 2 ganger over prisen til de andre byggene. Luftmengdene er avgjørende for alle disse måtene å sammenlikne systemene på, og resultatene er ikke konsise nok i forhold til den reelle kostnaden som anbefales benyttet og er gitt i kr/m^2 .



Figur 76. Investeringskostnad mot dimensjonerende luftmengde



Figur 77. Spesifikk maks luftmengde i driftstiden pr bygg

7.4.3 PRISUSIKKERHET, UTFORDRINGER OG ANTAGELSER **ANBUDSPRISING**

Sikkerhet i oppgitt pris er essensielt for at kostnadsanalysene skal bli så riktige som mulig. Det spiller en rolle hvem man får den endelige prisen av, om det er ventilasjonsentreprenøren eller byggherre. Ventilasjonsentreprenøren setter sin endelige kostnad noe tidligere slik at man evt. risikerer å ikke ta med tillegg som evt. kan oppstå ettertid. Hvis det er totalentreprise, så legger gjerne totalentreprenøren et påslag på de reelle prisene opp til byggherren på 12-15 % for å styre og skaffe underentreprenører (muntlig

ref. Norconsult). Det samme gjelder ventilasjonsentreprenøren i mange tilfeller overfor sine underleverandører. Så de reelle prisene for VAV- og DCV- systemene kan i realiteten være 10 % billigere direkte fra leverandør. Men på motsatt side kan disse prisene være forhandlet ned med så mye som 40 %. Kostnaden i ventilasjonsentreprisen er ikke nødvendigvis den reelle kostnaden, da det er flere kostnader som påløper: rådgivere, prosjektering, installasjonsarbeider, elektro og andre komplikasjoner. Flere av byggene som har hatt noen problemer, har vist at det kan komme betydelige kostnader i installasjons-/overtagelsesfasen. Det er derfor spurt etter den endelige kostnaden da bygget skal ha vært komplett ferdig og overlevert i 100 % stand. Men hvis prisene er oppgitt som faktiske kontraktspriser kontra de endelige, så kan prisene variere med så mye som 100 % ifølge erfaren VVS teknikker(forutsatt at noe går galt). I tillegg har det vært essensielt gjennom arbeidet å være bevist på om prisen er med eller uten mva., hva den dekker av funksjoner som SD anlegg, automatikk, kjøling og andre kostnader slik at sammenlikningsgrunnlaget blir det samme. Ingen garanti kan gis for at prisene som er oppgitt er overslag slik informanten oppgir, men slik de er innhentet, har de vært detaljert nok til at de trolig er reelle.

Den aller største utfordringen er prisingen av et system kontra hva enkeltkomponenter koster. Vanligvis innhentes det tilbud fra de forskjellige leverandørene på en planlagt bygning (flere kan få innhentes for ulike komponenter). Norconsult har erfaringer med at slike tilbud kan presse prisen med opptil 40 % i forhold til stipulerte totalkostnader som leverandøren selv operer med. Ofte gis denne rabatten hvis systemleverandøren får levere en stor ordre med mye av utstyret som de leverer. Prisen på et system reflekterer til en viss grad kvaliteten på produktene da de som mener de står for god kvalitet og enkel installasjon velger å prise seg selv litt høyere. Denne rapporten benytter byggspesifikke kostnader og ikke kostnader som leverandøren operer med eller som er oppgitt i noe tilbud.

INSTALLASJONSKOSTNAD, INNREGULERING OG FEILSØKING

Selve installasjonen og de ekstra kostnadene som dukker opp som følge av feil, komponenter som ikke virker og leting etter disse feilene er kostnader som både tar tid og koster ekstra penger. Kompleksiteten og tidsbruken for å få i gang et anlegg, undervurderes ofte. I en vanlig totalentreprise er det hovedentreprenøren som skal sørge for å passe på disse kostnadene. Ofte kan slike ekstra kostnader til installasjon, innregulering og feilsøking på et behovsstyrt anlegg som ikke er kontraktsfestet forsvinne gjennom mailsystemet uten å bli dokumentert, i følge Norconsult. Med andre ord er det slike kostnader som ofte kan være av betydelig størrelse som ikke knyttes rett til VAV leverandøren, men som kun havner i budsjettoverskridelsen sammen med alle de andre kostnadene. Den som tar regningen er nok ikke villig til å gå ut med dette. Dessuten tar heller ikke VAV systemleverandørene noe ansvar for feil som oppstår da de som regel skylder på elektriker, de som kobler opp eller produsenten. I den første fasen i byggingen er det garantier som gjelder, og er det feil på noe så hentes det bare en ny enhet inn uten å dokumentere hyppigheten av dette. De ekstra kostnadene ved komponentfeil for de involverte parter under installasjon, innregulering og den først driftsfasen vil være særdeles avgjørende for ventilasjonssystemets reelle kostnader, som for øvrig er diskutert i kapittel 6.4 s.87.

Elektrokostnadene er ikke diskutert nevneverdig i rapporten og er ikke inkludert i kostnadsberegningene. Det burde de kanskje vært, da elektro og kabling til det tilhørende ventilasjonsanlegget ofte er svært tidkrevende, kostbart og komplisert for noen systemer. Kabling og adressering av VAV- enhetene er ofte et stort problem i kompliserte bygg, ettersom det fort kan gjøres en kablingsfeil som har innvirkning på adresseringen av VAV enhetenes posisjon i bygget eller korrekt regulering. Man må kunne en hel del om elektro for å få det på plass både ved installasjon og igangkjøringen der noen VAV- og DCV-systemer skiller seg ut som enkle, tungvinte, billige eller dyre.

STØRRELSER, KOMPONENTER OG AREAL

Ulike komponenter har ulik pris avhengig av størrelsen. Større dimensjonerte luftmengder og utforming av anlegg fører til at det bl.a. må velges andre spjeld, ventiler, aggregater, og rørføringer som alle har forskjellige kostnader for en spesifikk størrelse. I tillegg må kabling og bus-koblinger for et større system legges over lengre strekninger, og flere enheter må kobles inn på kommunikasjonsmediet. Ofte er det begrensinger på tilkoblingsmuligheter for kommunikasjonsenhetene slik at systemet må kobles i serie eller begrenses til å splittes opp i mindre seksjoner. Alt av kostnader henger sammen med løsningen og funksjonsbehovet for det aktuelle bygget, dvs. det må skreddersys (skreddersøm-løsning). Arkitektens design er her helt avgjørende på løsningene som må benyttes for å få et velfungerende anlegg. Noen VAV-systemer er mer designet for standardiserte kontorer, mens andre kan tilknytte mange typer forskjellige rom og bruk.

Areal diskuterte vi forholdsvis grundig innledningsvis, og denne faktoren er en av de viktigste for resultatene i denne rapporten, spesielt kostnadmessig, fordi resultatene baserer seg på areal-vektede priser. DIFI skriver i LCC-basiskurset at ulike beregningsmåter for areal kan medføre at resultatet fra beregningene kan variere med så mye som +/-15 % [29]. Det har vært utfordringer i denne rapporten med å få verifisert de nøyaktige oppvarmede arealene. I mange tilfeller der ikke opplysninger om det oppvarmede arealet er innhentet, er det nok vanlig at det er bruksareal BRA som er benyttet, samt at garasjeanlegg og andre betydelige areal som ikke er ventilert, er sløffet. Innledningsvis diskuterte vi utfordringene og tolkningene rundt oppvarmet del av BRA da det er noen misforståelser som gjøres for hvilken rom som hører inn under oppvarmet del av BRA. Her referer vi igjen til NS 3940 – *Areal og volumberegninger av bygninger*, EN 15211-6 *Måling av arealer og volumer i fasilitetsstyring* samt SINTEF rapporten «Etterprøving av bygningers energibruk – metodikk, 2013» [6] som klargjør definisjonen av oppvarmet del av BRA. Usikkerheten om de innhentede opplysningene om arealene for de ulike byggene er helt klart en viktig faktor som er forsøkt kontrollert for. Anbefalinger gis allikevel om å kontrollsjekke disse arealene dersom noen av rapportens resultater skal benyttes videre.

PRISJUSTERING

Prisjusteringen av kostnadene til et felles år for alle byggene kan i verste fall gi 6 måneders feil stigning på prisindekseringen ettersom kostnaden legges til midten av året bygget er ferdigstilt. For en del av byggene er ikke den nøyaktige datoen/måneden oppgitt så sikkert, samt at kontraktene kan enten bli betalt på forskudd, ved levering eller i ettertid. Maksimalt vil et estimat med å sette prisingen halvveis ut i året, enten frem eller tilbake, utgjøre 1-2 % på det meste, og det antas at dette også utjevnes når det er snakk om flere bygg pr system slik at det ikke spiller noen stor rolle.

LEVETID

Levetiden har blitt diskutert gjennomgående ettersom den er en svært viktig faktor for resultatene i denne analysen. Antagelsene som er gjort for levetiden for de forskjellige systemene og komponentene baserer seg på nøkkeltall og oppgitte data. Det ville ha vært et viktig bidrag til analysen om det faktisk var dokumenterbare skiller for de forskjellige systemenes løsninger og komponenter, fremfor å analysere de som om enkeltkomponentene har like lang levetid. Noen systemer har lengre driftstid på sine komponenter, og dette er av klar betydning for levetiden. Slik informasjon eller statistikk om komponentutskiftninger går ikke systemleverandøren av behovsstyrt ventilasjon ut med. Hadde slik informasjon vært tilgjengelig, hadde det trolig vært lettere å velge den leverandøren som det er minst feil med, og som leverer produkter som holder det de lover.

7.4.4 USIKKERHET OG ANTAGELSER

Andre usikkerheter og antagelser som har innvirkning på rapportens resultater for de analyserte byggene og systemene, er listet under. De fleste punktene er tatt hensyn til, men noen punkter er utenfor rapportens omfang, og derfor ikke inkludert i analysen selv om utslaget potensielt kan være stort.

- Valg av kostnader som er inkludert og ikke inkludert
- Renter og inflasjon. En realrente på 4 % er valgt i dagens marked
- Positivism, optimistiske estimater f.eks. på levetider
- Usikre tilbakemeldinger
- Hva som påvirker prisen
- Kostnader for FDV
- Klimatiske endringer
- Isolasjon, vindu og solavskjerming påvirker vesentlig hva som kan spares på termisk og elektrisk oppvarming og kjøling, og dermed også hvor mye som trengs å ventileres
- Bygningens geometri, gjentakelseeffekter, konsept, prosjektstrategi, standard og kvaliteter, arealeffektivitet(brutto/netto – faktor)
- Sikkerhet i oppgitt pris
- Drift- og vedlikeholdsrutiner, bruksfrekvens og bruksmønster

8. MULTIKRITERISK ANALYSE OG POENGSETTING

8.1 SPØRSMÅLSFORMULERING OG METODE

I sammenheng med kostnadsanalysene og innsamling av data for de forskjellige byggene er det gjennomført ulike undersøkelser rundt de forskjellige VAV- og DCV- systemene på de respektive byggene i etterkant. Målet med en slik analyse har vært å avdekke kostnadsrelaterte problemstillinger rundt installasjon, drift og vedlikehold som ikke nødvendigvis kan måles i kroner, men som drar inn de viktigste kvalitative og kvantitative parameterne disse temaene tar opp for å analysere systemene grundigere. Spørsmålene som har vært ønsket avdekket, har blitt til via formuleringer i oppgaveteksten, men først og fremst gjennom tilbakemeldinger og arbeid underveis i prosessen med oppgaven. Spørsmålene som er valgt, fokuserer på kriterier som kan belyse og skille de ulike VAV- og DCV- systemene der hvert spørsmål individuelt skal belyse et område. Problem og spørsmålsformuleringen baserer seg på en metode der de viktigste spørsmålene som kan besvares fra de ulike informantene bestemmes i første omgang før de senere sorteres. Hovedsakelig kan dette anses som en «bottom-up» tilnærming der spørsmål, problemer og temaer defineres før hovedmålet bestemmes, selv om spørsmålene er predefinert ut fra en «top-down» tilnærming basert på hovedmålet og temaene med undersøkelsen. Opplegget har sammenheng med at undersøkelsen ikke var direkte planlagt fra start, men at den ble til underveis.

Kvalitative data fra ulike bygg er spesielt vanskelig å fremstille på en god måte med kun intervju/samtaler og epost da svarene og tilbakemeldingene vil varierer mye, og det blir store rom for tolkninger. I lys av dette og ønske om å bevare anonymitet og personopplysninger fra informanter er det valgt en løsning der store deler av datamaterialet er innsamlet via en anonym spørreundersøkelse. Undersøkelsen gir ut både kvalitative og kvantitative data om de forskjellige VAV- og DCV- systemene. Verktøyet Questback er benyttet for mesteparten av innsamlingen, mens det også er benyttet intervjuer og samtaler for å få svar på de samme spørsmålene som er stilt via spørreprogrammet. Questback er et innsamlings- og spørreundersøkelsesprogram som skal gjøre det lettere for respondenter å gi tilbakemeldinger. Verktøyet ser status på om noen har svart eller ikke svart, muliggjør oppfølging og presenterer resultatene av undersøkelsene oversiktlig internt. Basert på tilbakemeldingene fra de ulike byggene har jeg valgt å kvantifisere de ulike kvalitative og kvantitative tilbakemeldingene med en poengvektingsstruktur basert på en felles mal for deler av spørsmålsutvalget og informasjonen som er innhentet. Metoden som er valgt for å fremstille en slik analyse kalles Multi-Criteria-Decision-Making (ref.kap.4.4).

Empirien i alle spørsmålene ble underveis identifisert til å omfatte 7 ulike kategorier i tråd med «Millers teori» om at 7 hovedkriterier +-2 gir maksimalt med informasjon en observatør kan få om et objekt på basis av en absolutt bedømming [45]. Kategoriene i denne analysen er:

- Installasjon
- Igangkjøring/innregulering
- Overtagelse
- Drift
- Funksjonalitet
- Pris
- Tilfredshet

8.2 STRUKTUR OG EVALUERINGSKRITERIER

Tilbakemeldingene på byggene med de ulike systemene følger en poengsetting som er justert i ettertid til en felles skala fra 1-6 for hvert enkelt spørsmål. I vedlegg 6, ligger rådataene til spørsmålene (i forkortet format), og de ulike svaralternativene som disse spørsmålene har. Der vises det også hvordan spørsmålene enkelt er rangert og poengsatt ut fra hvilket svar som gis. Null poeng er referansepunktet i poengstrukturen, ettersom dette er det dårligst oppnåelige man kan oppnå per spørsmål. Jo flere alternativer som graderes bedre enn nullnivået, jo flere poeng er det mulig å få. Denne poenggivningen gjør at hvert spørsmål får ulik poengsum og vil telle ulikt. For å løse dette er alle poengene vektet fra de forskjellige skalaene til en felles skala der seks poeng er maksimalt oppnåelige poeng (terningkast skala). Skaleringen opp til seks poeng er valgt med hensyn til menneskers begrensede evne til å uttrykke kvalitative graderinger samtidig som det ikke er nødvendig med en for fin skala i kvantitativ sammenheng med tanke på usikkerheten som allerede ligger inne i dataene. Det kan være vanskelig å forstå hvordan poengene som presenteres i identisk skala er fremkommet, men desto lettere blir det å se forskjellene i poenggivning fra bygg til bygg og system til system, slik som poengstrukturen viser i Tabell 31.

Spørsmålene er sortert etter hvilken kategori de dekker og innad i hver kategori. Det betyr at det er helt åpent hvilke av informantene (Byggherre, prosjektleder, rådgivende ingeniør, driftsansvarlig/driftsteknikker etc.) som har avgitt svaret. Dermed er det ikke mulig å spore opp enkeltpersoners svar direkte for å bevare personopplysninger og anonymitet slik som avtalt med informantene/respondenten. Det er *gjennomsnittet* av de avgitte svarene pr spørsmål om byggene i hver VAV- og DCV-leverandørs bolk som poengsettes. Hvert spørsmål (gjennomsnittet av byggene) legges sammen til en totalsum der denne igjen vektet til en *poengsum ut av 10 mulige* for hver av kategoriene. På den måten vil kategoriene som vektet ut av 10 mulige få økt lesbarhet i tillegg til at man kan se på resultatene ved forskjell i prosentpoeng målt mot full score (hvor 10 tilsvarer 100 prosent). Tilsvarende vil totalpoengsummen summere hver kategori som er satt til å telle like mye og vekte dette som et gjennomsnitt ut av 10 poeng. Hovedresultatene for hver kategori inkl. totalsummen er presentert grafisk i kapittel 8.4 s.116.

8.2.1 VEKTLÉGGING

Noen spørsmål er vektet innad i hver kategori med en egen vektingsmultiplikator. Multiplikatoren multipliserer poengene for det aktuelle spørsmålet med valgt faktor. Visningen av poengene på spørsmålet endres ikke av multiplikatoren, men det er kun summeringen for å få frem totalsummen, som vektet til 10 poeng, som blir påvirket. Valget av faktor baserer seg på grundige tilbakemeldinger om hva som er viktig fra personer i bransjen i kombinasjon med egenoppfatning av hva som er viktig. Multiplikatoren er i en egen kolonne helt til høyre i Tabell 31, mens Tabell 30 viser føringer som er benyttet for valget av multiplikator. Vektingsmultiplikatoren skal sørge for at de spørsmålene som anses viktigere eller mindre viktige enn andre innad i hver kategori, trekker mer opp/ned fordi spørsmålene kan være av ulik art eller ha lite datagrunnlag – i tråd med MCDM metoden.

Tabell 30. Vektingsmultiplikator føring

Vektingsmultiplikator	Benyttes når:
[3x] Veldig viktig	Spørsmålet skiller seg betraktelig fra de andre i kategorien som viktig og har veldig godt datagrunnlag på alle byggene.
[2x] Viktig	Når spørsmålet anses som viktigere enn de fleste spørsmål i kategorien
[1x] Normalt	Standard
[0,5x] Lite viktig	Benyttes når det er manglende datagrunnlag og mindre viktig spørsmål
[0x] Uvesentlig	Kun hvis spørsmålet er helt irrelevant og/eller datagrunnlaget er for dårlig, dvs. spørsmålet burde ikke vært med.

Valget av vektingsmultiplikator er helt avgjørende for utfallet av antall poeng som er mulig å få pr spørsmål relativt til de andre spørsmålene i samme kategori. Studeres Tabell 31 grundigere med fokus på spørsmålene og hvilken vektingsmultiplikator de har fått, vises det at føringene for vektingsmultiplikatoren i Tabell 30 er gjennomgående benyttet for alle spørsmålene. Stegvis sammenliknes hvert spørsmål innad i hver kategori mot hverandre for å finne middelnivået for hva som er viktig, slik at spørsmål som anses som viktigere kan få en høyere multiplikator for å vekke spørsmålet litt opp. Tendensen viser at de fleste spørsmålene får normal vektning på, 1x og ingen spørsmål anses som så uvesentlige at de ikke burde telle. Men da hadde de antageligvis heller ikke vært med tabellen. I kategorien «installasjon» har begge spørsmålene fått en vektingsmultiplikator på 2, noe som er helt unødvendig resultatmessig og som ikke direkte følger vektingsprinsippet. Dette er likevel valgt for å vise at spørsmål nr. 1 og spørsmål nr. 2 begge anses som viktige. Spørsmål nr. 3 har imidlertid fått en vektingsmultiplikator på 0.5x. Spørsmålet ville normalt kanskje fått en vektingsmultiplikator på 1x eller 2x, men pga. det tynne datagrunnlaget må vektingen for dette spørsmålet reduseres. I kategorien «overtagelse» teller alle spørsmål likt ettersom ingen spørsmål ble sett på som mer eller mindre viktige enn de andre. Spørsmål nr. 5 har fått vektingsfaktor 2x, men kan diskuteres. Mer tidsbruk for innregulering i de tilfeller det gjøres nøyaktig, burde egentlig bety et bedre innregulert anlegg. Slik den kvalitative tilbakemeldingen på dette spørsmålet er, så dreier det seg om opplevelsen av om innreguleringen krevde mer eller mindre tid enn planlagt, mens det er spørsmål nr. 7 som dekker hvor godt anlegget er innregulert. Liknende problemstillinger er ikke til stede i andre spørsmål. I kategorien «pris» er poengene i spørsmål nr31-34. fastlagt på en grov måte da underlaget kun gir poeng om den behovsstyrte leverandøren kommer bedre ut enn snittet eller ikke. Det kan være noe uheldig for noen bygg som vaker rett rundt gjennomsnittet, og der poengene har relativt mye å si om det tipper på den ene eller andre siden. I ettertid kan man se at poengene burde ha vært delt opp i et større graderingsområde, men da vil det igjen skille mindre. Muligheten for at det kan være liknende spørsmål som bør diskuteres på tilsvarende måte som de som er gått gjennom som eksempler, er tilstede. Det vil ikke bli diskutert videre hvorfor det ene eller andre spørsmålet er valgt, og hvorfor vektingen er satt slik den er satt. Fornuftigheten i spørsmålene, poengsettingen og vektingene som er satt er nøye gjennomtenkt. Likevel kan det ikke utelukkes at andre kan tolke/oppleve det annerledes enn hva som er satt i tabellen.

De syv identifiserte kategoriene er satt på bakgrunn av spørsmålsutvalget, og også av temaene/målet til undersøkelsen. Spørsmålene som hører inn under hver kategori er som oftest selvforklarende i begrunnelse for hvorfor de har havnet der de er, selv om det spesifikt kan være lite skille mellom kategoriene *igangkjøring* og *innregulering*, *overtagelse* og *drift*. Disse spørsmålene kan være noe overlappende og vanskelige skille fra kategori til kategori fordi de bl.a. dekker overgangene som disse tre fasene utgjør i en bygnings prosessforløp. Kategoriene viser tydelig at undertegnede har vektlagt og spurt mest om igangkjøring/innregulering og hvordan driften er, da det var mest interessant å sammenlikne de ulike systemene rundt disse temaene. Driftskategorien har hele 9 inkluderte spørsmål mot de andre som

har 4-6 spørsmål som normalt. Installasjonskategorien har bare 2 stk. spørsmål, og er nok noe tynt. Spørsmålene som belyser fasene fra installasjon til drift står for 22 av spørsmålene, og utgjør 56 % av alle spørsmålene. De resterende dekker funksjonalitet, pris og overordnet tilfredshet. Det er sikkert flere spørsmål som på sine måter kunne ha vært med og belyst systemene bedre, men de som er satt opp var de som ble identifisert til å dekke de ulike systemene så komplett som mulig uten å overlape. Uansett hvor mange spørsmål som inkluderes under hver kategori, så har dette ingen ting å si for resultatet (annet enn datagrunnlaget), da kategoriene er vektet likt for visningen sin del og for den totale poengsummen. Ut fra tabellen som presenteres i neste underkapitlet, ses det også at spørsmålene fokuserer mer på problematikk enn positive sider, da det er lettere å avdekke om noe ikke fungerer som det skal fremfor atalt er «ok».

8.3 PRESENTASJON AV POENGSTRUKTUR

Oppsummering og forklaring av poengstrukturen som presenteres i Tabell 31 rett under viser at det er:

- Lik poengvekting pr spørsmål, vektet til 6 mulige
- Lik poengvekting pr kategori,
- Lik poengvekting for hvert system
- Lik poengvekting totalt, vektet til 10 mulige
- Gjennomsnittet av poengene for byggene pr system som avgjør poeng fra enkeltspørsmål
- Vektingsmultiplikator for å justere hvor mye hvert spørsmål teller innad i hver kategori.

Tabell 31. VAV- og DCV- system poengoppsett

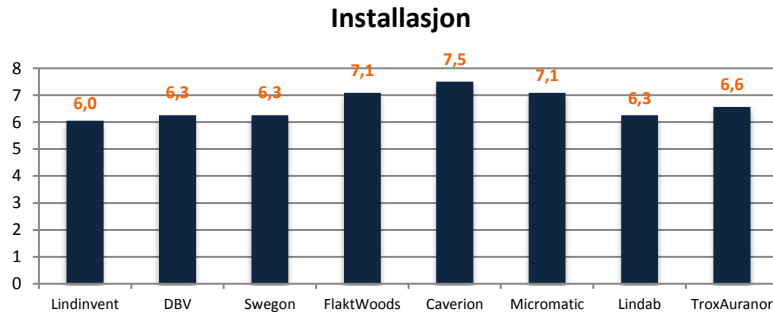
		Visma Bygget	De lorte Bygget	Miljøhuset GK	Statnett GK	Aster Kulturhus	Forskningsparken	Storgaten 33	Skøyen Byggs b	Østensveien 27	Schwelgelandsgate 21/23	Hagalakkvænen 28, Albat	Høfsveten 70B	Nydalskveiden Bygg A	Bl Nydalen	Østre Akter vel 31	Aster Panorama	Profilbygget	Nordbygata 1	Syvelstikka oppl.	Øvre Torv Kusk.s	Fornebuporten	Hara Brukveien 20	Siemens Oslo	Barrode DNBNor	Statoli Fornebu	Storgata 51			
		GK Lindinvest	DBV	Swegon WISE	Flakt Woods	Caverion	Micromatic	Lindab Pascal	Trox Aurator																	Vektingsfaktor				
Spørsmål																														
Installasjon																														
1	Tilfredshet med hvordan installasjon ha gått	6	6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6	3	4,5	6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6	6	6	1,5	2	
2	Enkelt for fagarbeider(elektiker) å koble opp	2	2	2	2	2	4	4	4	4	0	4	6	2	4	4	4	4	4	4	4	2	4	6	0	2	4	2	4	2
	Sum	6,04				6,25				6,25				7,1		7,50		7,08		6,25		6,56								
Igangkjøring/innregulering																														
3	Var det problemer under igangkjøring/innregulering					0		3		3		0	6	0		3			6							6	0	0	0,5	
4	Tilfredshet med igangkjøring i forhold til at det virket	6	6	4,5	1,5		4,5	4,5	4,5	6		4,5	6	6	4,5	4,5	4,5	3	4,5			3	0	6	6	3			1	
5	Innregulerings tidsbruk	4	4	4	0	4	4	4	2	4	4	4	6	4	6	2	6	4	4				2	0	4	4	4	2		
6	Grad av problemer installasjon og igangkjøring	3	3	3	3	6	6	3	3	3	3	3	6	6	3	3	6	3	6	0			0	0	6	3	3	2		
7	Godt eller dårlig innregulert	6	6	1,5	3	4,5	4,5	4,5	3	4,5	6	3	4,5	6	3	3	4,5	3	4,5			4,5	0	6	6	3	1			
8	Byggherre/eier testing ved igangkjøring					2		4		6		4	6	4		4			6					4	6	4	0,5			
	Sum	5,7				7,1				6,3				5,6		8,3		6,4		6,3		5,4								
Overtagelse																														
9	Fungerte ventilasjonsanlegget som det skulle når brukere leietagere flyttet inn					6	0		6	6	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	1	
10	Fungerte alt fra første dag			4	4	2	2	2	0			6	4	4	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	1	
11	Ble ventilasjonsanlegget levert i tide	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1		
12	Om alt har fungert uten problemer etter overlevering	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	4	2	6	2	4				2	2	4	6	4	1		
	Sum	7,8				6,3				7,1				6,7		8,9		7,2		6,3		5,8								
Drift																														
13	Har det vært utskiftninger eller problemer med komponenter i ventilasjonsanlegget	0	6	0	0	0	0	0	6	6	0	0	6	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5		
14	Dritspersonell om hvor raskt leverandør stiller opp med nytt utstyr	4		2		2	4				2		4	4		4	4	2	2	2	2	2	2	2	6	6	0	1		
15	Vent.entrepenør om hvor raskt leverandør stiller opp med nytt utstyr	4	4	4	4	4	6	4	4	4	4	4	4	6	4	6	6	0	6				6	6	6	4	4	2		
16	Hvor fort og hvor lett det er å gjøre utskiftninger	3		1,5		3				4,5		4,5	4,5		4,5	4,5	1,5	3	1,5			1,5	6	6	3	2				
17	Hvor enkelt det er å feilsøke hvis det er noe som feiler	3		1,5		1,5				4,5		4,5	4,5		3	4,5	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6	6	3	2				
18	Hvordan ventilasjonsanlegget har fungert så langt	4,5	4,5	3	4,5	3	4,5	3	4,5	4,5	4,5	6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3	4,5	3	4,5	3	4,5	3	4,5	6	0	2		
19	Hvor lett det er å drifte på en skala fra 1 til 10	2,4	3	4,2	4,8	3,6	4,2	4,8	4,2	6		4,2	5,4		4,8	5,4	4,2	3,6				1,8	6	6	6	6	1			
20	Tilfredshet med SD anlegget for enkel drift	4,5	4,5	4,5	4,5	3	3	4,5	4,5	4,5	4,5	6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	1,5	1,5	0,5			
21	Barnesykdommer/feil med ventilasjonsanlegget fra overtagelse og frem til i dag		2	2	2	2	2	2	2	2		4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	4	6	0	1			
22	Fungerer ventilasjonsanlegget som det burde i dag?	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	2	2	4				4	6	6	0	2			
	Sum	5,4				5,8				7,1				7,6		7,4		5,6		5,5		6,5								
Funksjonalitet																														
23	Energibruk	6	6	6	4	4	6	4	4			4	6	6	4	4	4	6	6	6	4		4	6	4		1			
24	Riktige luftmengder	5	6	6	4	4	4	4	6	6	4	6	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	6	4	5	1			
25	Inneklima/luftkvalitet	5	6	6	4	5	4	4	4	5	4	4	6	5	4	4	5	5	4	5	4	5	4	5	5	1				
26	Støy	5	6	6	4	4	4	4	4	6	4	4	5	5	4	6	4	4	5	4	5	4	4	6	6	5	1			
27	Kanalføringer	5	6	6	4	4	4	4	4	6	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	3	0,5			
28	Energiklasse	3,6	4,8	6	6	2,4	4,8	3,6	6	6	6	3,6	4,8	3,6	4,8	4,8	6	4,8	2,4	6		6	6	4,8	6	2				
	Sum	8,7				6,8				7,8				7,9		7,8		5,3		7,4		8,4								
Pris																														
29	Estimerte kostnadene i det prisede tilbudet riktig	3	3	0		3	3	3	0	0	0	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0,5		
30	Ventilasjonsentreprenør om endelig pris i forhold til hva som faktisk ble levert	6	4,5	4,5	3	4,5	4,5	4,5	0	3	4,5	4,5	6	3	0	3	4,5	3	3	4,5	3	3	4,5	0	6	4,5	1,5	2		
31	kr/m2 Investering	6	6	0	0	6	0	6	6	6	6	6	0	6	0	6	0	6	6	0	6	6	6	6	6	0	1			
32	kr/m3 Investering	6	0	0		6	0	6	0	6	6	6	6	6	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	1			
33	Kr/m2 Vedlikehold(filterbytte + service)	0	0	6	6	0	6	6	0	6	6	6	0	6	6	6	0	0	6	6	0	6	6	6	6	0	1			
34	kr/m2 Utskiftninger				0	6	6	6	6	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	1			
	Sum	4,6				7,1				6,6				5,8		6,7		5,6		6,9		4,1								
Tilfredshet																														
35	Eier/byggherre om ventilasjonsanlegget	1,5	1,5	3		3		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6			4,5	4,5				6	6	4,5	1				
36	Eier/byggherre om samarbeid og kvalitet på det ventilasjonstekniske					3		4,5	4,5	4,5	4,5	3	4,5	4,5	6			3	4,5				4,5	6	1,5	0,5				
37	Slik ventilasjonsanlegget virker i dag					4,5		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6			4,5						4,5	6	1,5	1			
38	Valg av ventilasjonssystem	6	6	6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6	4,5	3	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3	1,5	4,5	6	4,5	2		
39	Samarbeid med automatikk/systemleverandør	6	6	6	4,5	4,5	4,5	6	3	4,5	3	4,5	6	4,5	3	4,5	4,5	4,5	4,5	3	3	0	6	6	3	2				
	Sum	8,2				6,9				7,3				7,3		7,5		8,5		6,6		7,0								
Total poengsum																														
	Sum	6,3				6,4				6,7				6,6		7,5		6,3		6,2		6,0								

8.3.1 UTFORDRINGER

Tilfeller med blanke felt indikerer at informant har valgt å ikke svare eller at det ikke lot seg gjøre å finne en aktuell person til å besvare henvendelsene. Årsakene er som regel bygg som er solgt videre, involverte som har sluttet i bedriften eller bygg som er for gamle. Bygg som selges videre gjør det vanskeligere for ny eier eller tidligere eier å svare. Informasjonen forsvinner i overføringen så å si. Blanke felt innebærer mer avhengighet av de andre byggene i hver kategori og kan føre til mer markante svingninger positivt eller negativt ettersom gjennomsnittet får mindre datagrunnlag. Løsningen for bolker der ingen bygg har noe datagrunnlag, vist i rødt vedlegg 6, er tatt hensyn til både ved å utelate spørsmålet i aktuell kategori for å unngå null poeng, men også i vektingen slik at alle systemene stiller likt poengmessig.

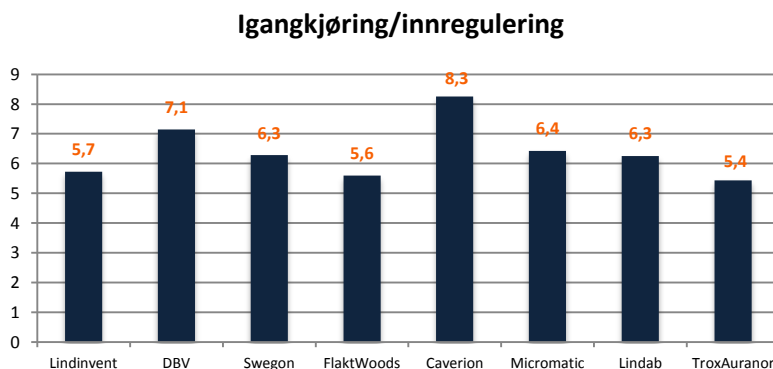
8.4 RESULTATER - KATEGORISERTE POENG

De kategoriserte poengene som fremkommer i Tabell 31 (de oransje tallene) er oppgitt ut av 10 mulige poeng. 10 poeng er derfor maksimalt, og det er temmelig urealistisk at dette er mulig å oppnå med flere spørsmål og flere bygg. Derfor anses generelt 7 poeng som et godt nivå, dvs. en 70 % oppnåelse av mulige poeng. Poeng som er over eller under dette anses som sterkere eller svakere i denne rapporten og sammenlikningen av de ulike systemene gjøres med prosentpoeng og ikke prosentforskjeller mellom systemene. De syv kategoriene og poengresultatene for disse vil i dette kapittelet kort bli presentert og diskutert. Avslutningsvis presenteres totalpoengsummen som dekker alle kategoriene. Det anbefales å ha Tabell 31 i mente for å se byggenes poengsum som gir det endelige resultatet pr VAV- og DCV- system. Det er verdt å legge merke til at FlaktWoods kun har et bygg og vil således være avhengig av dette, noe som gjør at resultatene fort går i den ene eller andre retningen. For øvrig er datagrunnlaget begrenset til de byggene som analyseres slik at også resultatene gjenspeiler seg i disse.



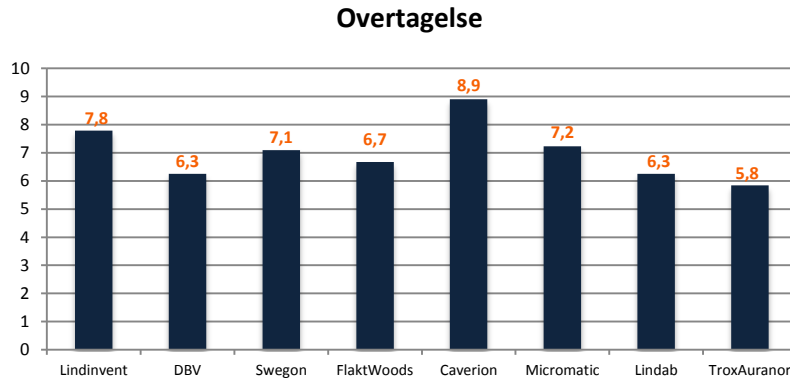
Figur 78. Installasjon, poeng

Figuren indikerer at systemene kommer relativt likt ut installasjonsmessig. Resultatene er ca. 25-40 prosentpoeng under maksimalt oppnåelige poeng, men som vi skrev er dette helt standard. FlaktWoods, Caverion og Micromatic utmerker seg med en opplevelse som ligger noe over gjennomsnittet for oppfatningen av installasjon. Caverion gjør det fire prosentpoeng bedre enn Swegon og Micromatic. Det skyldes at Caverion får full score på Nydalshøyden Bygg A samtidig som de andre byggene kommer likt ut som byggene til Micromatic og FlaktWoods for de to spørsmålene. Lindinvent er svakest på installasjon, men kun tre prosentpoeng under DBV, Swegon og Lindab. For disse fire systemene er det spørsmål nr. 2 om hvor enkelt det er for fagarbeider å koble opp ventilasjonssystemet som trekker ned. Alle byggene til Lindinvent opplever det som noe utfordrende å koble opp, noe som indikeres i tilleggsinformasjon i Vedlegg 3.



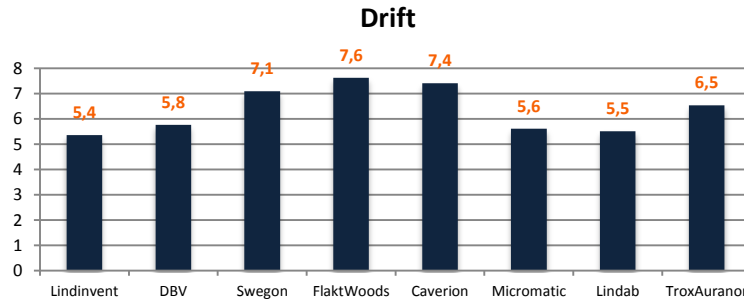
Figur 79. lgangkjøring/innregulering, poeng

Lindinvent, FlaktWoods og Trox Auranor har alle bygg som har hatt en del problemer i innregulerings-fasen der dette kommer tydelig frem i Figur 79. For TroxAuranor er det Statnett bygget som drar snittet kraftig ned med null poeng på fire spørsmål som omfatter grad av problemer og tidsbruk. Bygget har hatt mye problemer med koblingsfeil og innregulering av romtemperatur og aggregater. Mye av dette er nok elektriker sin feil og ikke TroxAuranor som system. Uten dette problembygget hadde TroxAuranor oppnådd hele 7.0 poeng. Lindinvent har Siemens bygget som har hatt mye trøbbel med integreringen av egen Siemens-automatikk, -komponenter og toppsystem. Ellers ville Lindinvent fått nærmere 6.7 poeng. Caverion scorer 12 prosentpoeng bedre enn nærmeste konkurrent, DB V, fordi Nydalshøyden Bygg A igjen trekker snittet kraftig opp mens de andre byggene også gir gode resultater. Det finnes ikke noe bedre forklaring enn at tilbakemeldingene kan ha en tendens til å bli litt for positive for de spørsmålene som innebefatter tilbakemeldinger fra ventilasjonsentreprenøren, som her er Caverion selv.



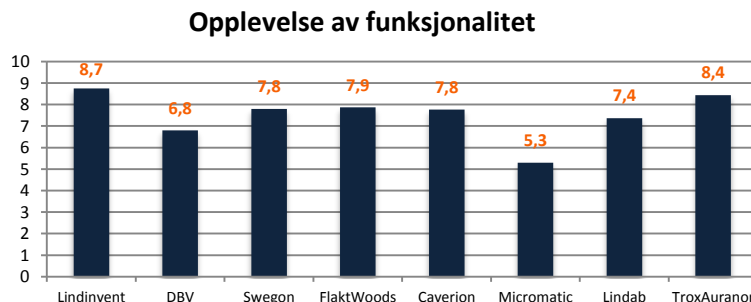
Figur 80. Overtagelse, poeng

Med et noe begrenset datagrunnlag i forhold til de andre kategoriene blir det noen svingninger i overtagelsespoengene. De samsvarer naturlig nok veldig godt med igangkjørings/innreguleringskategorien da det ene kan føre til det andre. Hvis vi skal trekke frem noe, er det først og fremst DBV systemet og Lindinvent systemet som endrer seg markant fra Figur 79 til Figur 80. Forskningsparken er bygget som bidrar mest til at de ikke blir så mye poeng grunnet at spørsmål nr. 9 blir helt avgjørende. Tilsvarende er dette spørsmålet utslagsgivende også for FlaktWoods og TroxAuranor. Spørsmål nr. 10 er av samme sort med spørsmål om alt fungerte som det skulle fra første dag ved overtagelse. Svarene på dette spørsmålet indikerer at så og si ingen av byggene overleveres i perfekt tilstand uten noen små feil. Dette trekker snittet for de fleste VAV- og DCV-systemene noe ned, men ikke for FlaktWoods sitt eneste bygg som trekker dette opp. Caverion får full pott på spørsmål nr. 9 og spørsmål nr. 11 som betyr at KlimaTak løsningen er levert i tide, og at det fungerer som det skal når leietager har flyttet inn. Faktum er den at alle bygg som har avgitt svar på spørsmål nr. 11 - om ventilasjonsanlegget ble levert i tide, så sier alle at det gjorde det. Tilfeldigheter gjør at de byggene som er nevnt som problembygg tidligere ikke har en informant som har avgitt svar på dette. Lindinvent systemet får 7,8 poeng som er en økning på 21 prosentpoeng fra innreguleringskategorien, mye pga. at Statnett bygget ikke trekker noe ned her og spørsmål nr. 9 som ingen har svart på. TroxAuranor, som også her kommer uheldig ut, har dårlige tilbakemeldinger på Storgata 51 for spørsmål nr. 10 og nr. 11. Dette skyldes et ventilasjonsanlegg som ikke var idriftssatt ordentlig eller overlevert i brukbar stand, da flere gjenvinnere ikke var i drift, og SD anlegget ikke viste riktige temperaturer (ref. vedlegg 3)



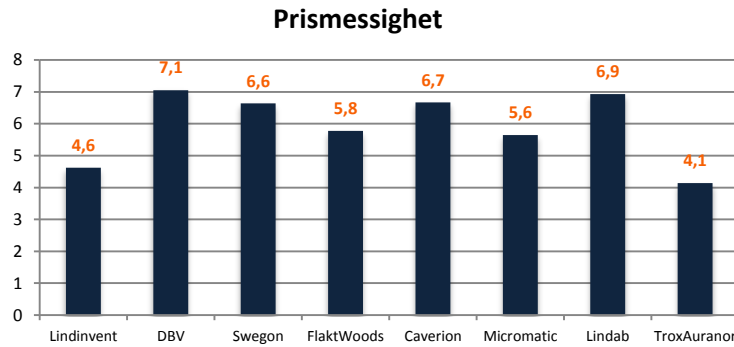
Figur 81. Drift, poeng

Figuren viser at Swegon, FlaktWoods og Caverion utmerker seg som solide på drift i kategorien som har flest spørsmål. FlaktWoods er avhengig av kun det ene bygget, og når det mangler fire besvarte spørsmål her, er disse poengene meget usikre. Lindab påvirkes negativt av kun to besvarte bygg som er kommunale der det er spart noe på avanserte og funksjonelle løsninger for drift. Det kan nevnes at Svoelstikke opplæringscenter ikke har et SD anlegg som gjør driftsopplevelsen noe dårligere og funksjonelt. Spjeldene i Haraldrudveien 20 ikke er koblet mot SD anlegget, men reguleres og styres via Pascal systemet. Spørsmål nr. 13 vil på tilsvarende måte som spørsmål nr. 10 indikere at de det ikke er til å unngå at det har vært utskiftninger eller problemer med komponenter i ventilasjonsanlegget i driftsperioden. Jo lengre periode, jo større sannsynlighet er det for at det har vært noe feil. Det er kun Miljøhuset GK, to bygg fra Swegon (Skøyen bygg B og Østensjøveien 27), Hoffsvæien 70B og Østre Aker vei 31. Felles for de tre beste systemene er at de alle oppnår maksimalt med poeng på spørsmål nr.22 – «fungerer ventilasjonsanlegget som det burde i dag» som anses så viktig at det også er vektet med faktoren 2x. De andre systemene ligger grovt 15 prosentpoeng lavere, og mye av årsaken ligger i hvor lett det er å feilsøke hvis det er noe som feiler, spørsmål nr. 17.



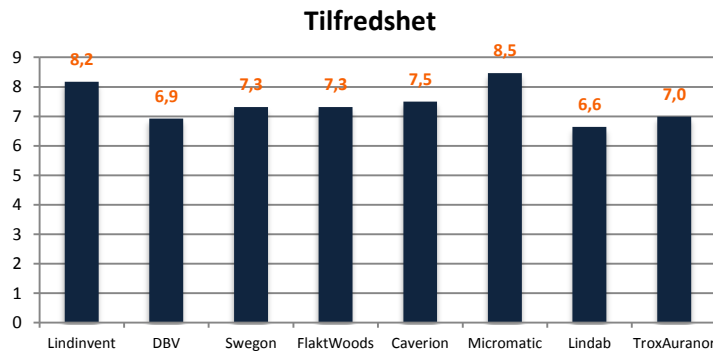
Figur 82. Opplevelse av funksjonalitet, poeng

Funksjonalitets-kategorien baserer seg hovedsakelig på opplevelsen av hvordan energibruk, luftmengder, innklima/luftkvalitet, støy og kanalføringer er i bygget. Viktigst av alt i denne kategorien er energiklassen som bygget har for sitt beregnede energibruk. Utslagene disse temaene gir for de ulike systemene er vist i Figur 82 med Lindinvent og TroxAuranor som svært gode systemer. Samlet gir byggene for disse to systemene gjennomgående gode tilbakemeldinger, og energiklassene er blant de beste. Swegon, FlaktWoods og Caverion følger henholdsvis 8 og 7 prosentpoeng bak Lindinvent. Micromatic sine bygg er gjennomsnittelig litt svakere på alle punkter bortsett fra luftmengder og innklima som gjør at systemet kun får 5,3 poeng. DBV har også gjennomgående 4 av 6 poeng for de fleste spørsmålene og vil naturlig havne i dette området for poeng.



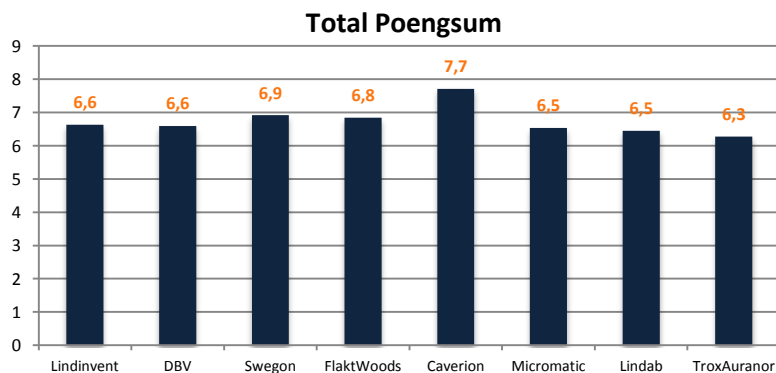
Figur 83. Prismessighet, poeng

Poengene som er gitt for prismessighet sier noe om prisen ble riktig, om pris i forhold til hva som ble levert og om de inkluderende bygningene pr system er over eller under snittet når det kommer til investering i kr pr m² areal og m³ luft (diskutert i diskusjonskapitlet 8.7), samt pris for vedlikehold og utskiftninger. De samme retningslinjene for hva som anses gode poengsummer gjelder også her. Poengresultatene i Figur 83 bør delvis korrelere med resultatene for kostnadene som er gitt i kapittel 6 og kapittel 7 siden spørsmål nr. 31 til nr. 34 får sine poeng fra tidligere resultater. For ikke å tillegge dem for stor vekt er spørsmål nr. 30, som sier noe om ventilasjonsentreprenørens opplevelse av den endelige prisen i forhold til hva som faktisk ble levert, blitt vektet med 2x. Ventilasjonsentreprenøren vet hva man kan forvente å få levert fra de ulike leverandørene i forhold til den prisen de operer med, da de kjenner produktene godt og kan sammenlikne dette mot de andre systemene de kjenner. På dette spørsmålet får de beste systemene 4,5 poeng ut av 6 mulige, og det gjelder Lindinvent, DBV, FlaktWoods og Caverion. Totalt sett gjenspeiler kostnadsresultatene seg fra tidligere med at Lindinvent og TroxAuranor scorer en del svakere fordi de begge har bygg med høy investeringskostnad. Det er ikke til å komme bort fra at spørsmål nr. 34 trekker ned for Lindinvent, der Statnett bygget sørger for at spørsmålet får 0 poeng. Hvis Statnett bygget hadde gitt full poenguttelling som DBV sitt ene bygg, så hadde Lindinvent fått 6,2 poeng, som er en nokså betydelig endring. Undersøkelsens laveste poengkategoriserte score får TroxAuranor. Ettersom alle byggene er dyrere enn gjennomsnittet investeringsmessig, og det at Siemensbygget har sin kostnadsprekk på automatikk, så sanker TroxAuranor lite poeng på kostnadsspørsmålene. Systemene som sanker mest poeng er DBV, Swegon, Caverion og Lindab med henholdsvis 7.1, 6.6, 6.7 og 6.9 poeng. Studeres vedlikehold i Figur 49, var Caverion og Swegon billige. I Figur 56 om utskiftninger kom alle de fire systemene godt ut, og for investeringen presentert i Figur 64 så gjorde DBV, Swegon og Lindab Pascal det bedre enn gjennomsnittet.



Figur 84. Tilfredshet, poeng

Tilfredshet-kategorien baserer seg hovedsakelig på kvalitative tilbakemelding på en skalert opplevelsesskala om ventilasjonsanlegget. Skalaen er begrenset til 5 alternativ fra svært tilfreds som best til svært lite tilfreds som dårligst. Figur 84 viser med tydelighet at Lindinvent med 8,2 poeng og Micromatic med 8,5 får de klart mest tilfredse tilbakemeldingene. Lindinvent scorer 7 prosentpoeng bedre enn nærmeste konkurrent Caverion på tredjeplass, mens de andre systemene følger tett på. Lindab Pascal systemet kommer 4 prosentpoeng under 70 % skillet, og mye av grunnen er spørsmål nr. 39 som er vektet med en faktor på 2x der de kommer noe dårligere ut på samarbeid med ventilasjonsentreprenøren. Ventilasjonsentreprenøren opplever systemleverandøren Lindinvent og TroxAuranor som de beste å samarbeide med. Micromatic stikker av med seieren i denne kategorien fordi de bl.a. får full poengsum på spørsmål nr. 35 til nr. 37 for prestisjebygget Asker Panorama.



Figur 85. Total poengsum

Figur 85 oppsummerer alle de 7 kategoriene; *installasjon, igangkjøring/innregulering, overtagelse, drift, funksjonalitet, pris og tilfredshet* som et gjennomsnitt av hver enkelt kategori pr system. Selv om resultatene innad i hver kategori har variert til dels mye, viser totalresultatet en veldig jevn fordeling med en liten variasjon på kun 6 prosentpoeng med unntak av Caverion som er minst 8 prosentpoeng bedre enn de andre. Begrunnelsen ligger i de generelt høye poengsummene for hver eneste kategori, og selv der de gjør det svakest i kategorien pris, så er de likevel i toppen i denne kategorien. Tydeligvis er det ikke så mye å utsette på Caverion sin løsning, spesielt ikke på de tre første kategoriene der de er kategoriennere. De andre systemene har mye større varians i sine kategorieresultater, som gjør at gjennomsnittet blir deretter. Dette gjelder spesielt Lindinvent, FlaktWoods og TroxAuranor som for noen kategorier er helt i toppen, og for andre havner et stykke under de andre systemene. Resultatene gjenspeiler byggene på en god måte, men det betyr bare at det for noen systemer slår mer heldig ut enn for andre. Dette er nevnt der det har størst innvirkning. Noen viktige aspekter rundt disse resultatene vil bli drøftet videre i kapittel 8.7.

8.5 FUNKSJONSKLASSIFISERING AV VENTILASJONSSYSTEM I BYGG

I NS-EN 15232:2012 – «Bygningers energiytelse - Innvirkning ved bruk av bygningsautomasjon og bygningsadministrasjon»[53] er det satt opp en tabell med forslag til forskjellig grader av funksjonalitet for BACS og tekniske systemer som har innvirkning på energibruken i bygningen og som gir et bilde av hvor avansert dette systemet er. Den kategoriserer de ulike funksjonene i forhold til grad av kontroll og styringsevne for oppvarming, fjernvarme, kjøling, ventilasjon, lys, solavskjerming og det tekniske overordnede systemet (SD anlegget). Metoden for å klassifisere graden av funksjonalitet er en fin måte for å si noe om hvor avansert ventilasjonssystemet og det tilhørende styrings- og reguleringsystemet (BACS) er i hvert enkelt bygg. Dette kan brukes for å si noe om det er mye funksjonalitet for pengene, gradering av funksjonaliteten og i hvilken grad det er funksjonelt for brukeren. Basert på de mest relevante funksjonsklassifiseringene som omfatter et ventilasjonssystem og romkontroll fra tabellen i NS-EN 15232:2012[53] er det først i vedlegg 2 satt opp et tilsvarende forslag for hvordan et ventilasjonssystem og tilhørende BACS grovt kan poengsettes. En enda mer avansert poenggivningsstruktur som NS-EN 15232:2012 presenterer er også lagt ved til slutt. Grunnen til at den første tabellen er noe forenklet er fordi det er viktig å finne rette typer kriterier som man kan forvente at driftspersonell eller andre som kjenner i løsningen i bygget vet noe om i tillegg til at det for denne analysen først og fremst er tenkt å studere ventilasjonsanlegget og tilhørende automatikk. Med inspirasjon i klassifisering's tabellen, i vedlegg 2, er en tilsvarende undersøkelse for byggene som er med i denne rapporten utført. Spørsmålene og klassifiseringen følger de samme prinsippene som i vedlegget med små modifikasjoner som er presentert nedenfor i Tabell 32 for de 20 utvalgte spørsmålene med tilhørende alternativer og graderingen av disse.

Tabell 32. Funksjonsklassifisering og gradering av teknisk system med fokus på ventilasjonsanlegget

Nr.	Maks poeng	Spørsmål	Gradering av funksjon for svar alternativ
1	1	Er det sekvensstyring av radiator med ventilasjonsluften?	[1]Ja, [0]Nei
2	2	Er det varmegjenvinner for luft	[2]Gjenvinner med overhetingskontroll og defrost, [1]Gjenvinner, [0]Ingen
3	2	Er det lysstyring? ¹⁹	[2]Automatisk detektering med sensor for på og av, [1]Manuell on/off med dimmer, [0]Manuell on/off
4	4	Er det solavskjerming? ²⁰	[4]Kombinert solavskjerming med SD anlegget, der energibruken optimeres med lys, ventilasjon og solavskjerming for okkuperte og uokkuperte rom, [3]Automatisk motorisert[2]Motorisk manuell, [1]Manuell, [0]Ingen
5	2	Hvor avansert er SD anlegget?	[2]SD anlegg med avanserte styringsparametere, alarmer, settpunkt,logging, nettverk, analyser, [1]SD anlegg kan endre settpunkt og parametere, [0]SD anlegg viser kun status
6	4	Hvor avansert er styringen av romtemperatur?	[4]Alle de neste i tillegg til tilstedeværelse, [3]Individuell romkontroll på termostat med kommunikasjon mellom regulator og SD, [2]Individuell romkontroll på termostat mot ventil eller elektrisk regulator, [1]Sentralt automatisk ved aggregatet, [0]Ingen automatisk kontroll
7	3	Måles og styres deler av ventilasjonen på CO2 eller andre gasser?	[3]Co2 sensor eller annen sensor med kommunikasjon opp mot SD anlegget, [2]Sensor som detekterer CO2 og styrer spjeld på romnivå, [1]Måles kun ved aggregatet, [0]Ingen
8	3	Hvordan styres luftmengden på romnivå	[3]Behovsstyrt regulering(på temp,tilstedeværelse, CO2), [2]Tilstedeværelse via sensor, [1]Tidsstyrt(fast daglig), [0]Ingen kontroll
9	3	Hva slags kontroll er det av luftmengde eller trykk på aggregatet	[3]Automatisk luftmengde eller trykk for lastavhengig luftmengde for å tilpasse alle rom i systemet, [2]Trinnstyring av trykket, for å redusere energibruken, [1]Kjører konstant trykk med maks luftmengde, [0] Ingen kontroll

¹⁹ Lysstyring er ofte knyttet mot automatikken til ventilasjonsanlegget + varmen lyset avgir må fjernes via luften

²⁰ Solavskjerming er avgjørende for mengden innstrålt varme som ventilasjonsanlegget må fjerne

10	3	Kan systemet redusere bruken av kjølebatteriet?	[3]Mengden utendørsluft og resirkulert luft er modulert for å minimere energibruken, [2]Frikjøling, [1]Natt kjøling, [0]Nei
11	3	Temperaturstyring på tilluften?	[3]Variabelt settpunkt med last-avhengig kompensering, [2]Variabelt settpunkt med utendørs kompensasjon, [1]Konstant settpunkt, [0]Ingen kontroll
12	2	Er det fuktighetskontroll i luften?	[2]Direkte kontroll der tilluft eller romluft er fuktighetskontrollert, [1]Duggpunkt kontroll, [0]Nei
13	1	Er det luftmengdestyrt eller trykkstyrt anlegg(konstant trykk i kanaler)?	[1]Luftmengdestyrt, [0]Trykkstyrt
14	1	Sitter VAV spjeld i ventil eller i kanal?	[1]Ventil, [0]Kanal
15	2	Regulerer spjeldene seg trinnløst(gradvis), på trinn eller on/off på romnivå når luftmengden skal endres?	[2]Trinnløst, [1]Trinn, [0]on/off
16	4	Hvor raskt justerer spjeldet seg ved forandringer	[3]under 30sek, [2]30sek-1min, [1]1-3min, [0]3-10min
17	1	Er styringen delt opp i soner	[1]Ja, [0]Nei
18	1	Kan temperatur eller CO2 sensor på romnivå overstyre for å få mer luftmengde?	[1]Ja, [0]Nei
19	2	Hvis et spjeld feiler, hvordan fanges det opp?	[2]SD anlegget viser at det er noe galt og varsler, [1]Teknisk-Service personell finner det, [0]Klager ute i rom
20	2	Er det høyt eller lavt trykk i ventilasjonsanlegget?	[2]Lavt, [1]Middels, [0]Høyt

Resultatene av en slik analyse av byggene som er med i denne rapporten gjennomgås ikke like grundig som den første poengsettingen av de kategoriserte poengene. Prinsippene er nokså like og det har også sin begrunnelse i at det bare er 11 av byggene som har respondert, der blant annet Swegon og FlaktWoods sine bygg ikke er representert. Svakheten dette medfører gjør at resultatene kun blir presentert som et eksempel på hvordan en slik klassifisering kunne vært benyttet for å skille graden av funksjonalitet i de byggene som analyseres. Klassifiseringsresultatene som presenteres i Tabell 33 kunne vært vektet og justert på tilsvarende måte som i Tabell 31 for å vektlegge ønskede funksjonaliteter, mer eller mindre - alt ettersom. I tillegg ville det fjernet noe av skjevhetene som eksisterer i poengsettingen som baserer seg på de graderte poengene ut fra alternativene i funksjonalitets-skalaen. Rådataene er presentert slik de er brukt og ingen av tallene er vektet eller justert. Summen av funksjonalitetsklassifiseringene er presentert nederst i tabellen uavhengig av om det mangler svar som er markert i svakt grått. Resultatene i Tabell 33 for de 11 byggene som er listet under, viser at gjennomsnittet av byggene ligger rundt 32 poeng ut av 46 mulige, dvs. 70%. Det kommer ikke som noen overraskelse at det er Profilbygget, Statoil bygget og Asker Panorama som står som de mest avanserte byggene, som ved forslagene i NS-EN 15232:2012[53](listet i vedlegg 2) burde klassifiseres til klasse A bygg.

Tabell 33. Funksjonsklassifisering av bygg til analyse basert på NS-EN 15232:2012[53], poengsetting fra Tabell 32

Nr. Spørsmål	Bygg										Maks po	
	Visma Bygget	Forskningsparken	Storgaten 33	Nybakshøylen Bygg A	BJ Nybålen	Østre Aker vei 31	Asker Panorama	Profilbygget	Haraldrudveien 20	DNB A		Statoil Fomebu
	Lindinvent	DBV	Caverion			Micromatic		Lindab	TroxAuranor			
Funksjonsklassifisering inspirert av NS-EN 15232:2012												
1	1	1	1	1	-	1	1	-	1	-	1	
2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	
3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
4	1	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	
5	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	
6	4	4	3	4	3	3	4	3	3	4	4	
7	0	2	1	0	3	3	3	3	2	3	3	
8	3	2	2	3	3	2	1	3	1	3	3	
9	3	3	3	3	3	3	3	3	-	3	3	
10	0	2	3	2	0		2	3	3	3	3	
11	3	2	1	2	2	1	3	3	3	2	1	
12	0	0	0	0	0	-	-	2	-	1	0	
13	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	
14	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	
15	2	0	2	0	2	2	2	1	2	2	2	
16	3	2	2	3	1	-	2	2	-	-	2	
17	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	
18	1	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
19	2	-	0	0	1	2	2	2	1	2	2	
20	2	-	1	0		1	1	1	1	2	1	
Sum	33	26	28	28	29	30	35	39	30	34	36	46

Samlet er resultatene for de 11 byggene og de 12 respondentene(2stk på DNB bygget) for noen av spørsmålene at:

- 90% har sekvensstyring med radiator med ventilasjonsluften
- 100% avgir at de har automatisk detektering for av og på av lysstyring
- 75% oppgir å ha automatisk motorisert solavskjerming mens det kun er Østre Aker vei 31 som har dette tilknyttet til SD anlegget.
- 58% av byggene har individuell romkontroll på termostat med kommunikasjon mellom regulator og SD, samt tilstedeværelse
- 58,3% har behovsstyrt regulering av luftmengde på romnivå
- Det er 50/50 fordeling av bygg med trykkstyring og luftmengdestyring av anlegget
- 58,3% har VAV spjeldet i kanalen, mens de andre byggene har det i ventilen(aktiv ventil)
- 66,7% har VAV spjeld som endrer luftmengden trinnløst
- 54,5% oppgir at SD anlegget fanger opp evt. feil på spjeldet, mens 18,2% oppgir at service teknikker må finne feilen. 27,3 % av byggene finner ikke feilen før noen brukere ute i rommene klager. Det at bruker må oppdage feilen selv er ikke noe optimalt for å opprettholde et funksjonelt anlegg.

8.6 FUNKSJONALITETER AV VAV- OG DCV- SYSTEMENE

I den oppbyggende prosjektoppgaven[4] ble de forskjellige systemene nøyere beskrevet og presentert. Til slutt i rapporten ble det satt opp en enkel matrise for systemene sine funksjonaliteter og begrensinger. Med dataene som er samlet sammen i det videre arbeidet er det på nytt lagd en tilsvarende matrise, men denne gangen kun med informasjon som leverandøren selv har oppgitt og ikke basert på databladene som sist gang. Resultatet av sammenstillingen vises i Tabell 34 for overordnet å se funksjonalitetene til de forskjellige systemene, hva slags levetid de operer med og hvordan de kommuniserer. Sammenstillingen viser kort fortalt at:

- 62,5% oppgir å ha aktive ventiler
- 75% har komfortmodul med varme, kjøling og ventilasjon i en enhet
- Alle leverer egne VAV spjeld
- 37,5% leverer alltid plug and play kabling(Caverion, Swegon og DBV), de resterende 62,6% sier det er en mulighet.
- 50% oppgir å ha eget SD anlegg, og muligheten til å koble til andre
- 75% bruker modulerende trinnstyring på VAV spjeldene, Caverion benytter trinnstyring og DBV har av/på spjeld
- 62,5% oppgir å ha miljødata(EPD) på sine produkter

Det siste punktet er kanskje det som overasker undertegnede mest ettersom dette var noe som ikke ble funnet eller som var dokumenterbart for bare et år siden. I tillegg sier 25% at de kommer til å gjøre noe med det, mens det bare er DBV og Micromatic som foreløpig sier nei om denne merkingen. Det er ikke i denne rapportens omfang og studere denne miljømerkingen videre eller kontrollere om EPD merkingen gjelder generelt eller om det kun er noen få produkter. Levetidene er alt presentert, men det interessante er hvilken garantitid de benytter på sine produkter. Tabell 34 viser at det er stor spredning i garantitiden, som selvfølgelig er avhengig av kontraktene, kjøpsloven og NS, men som fremdeles viser at Lindab benytter 1 år som normalt mot de andre som bruker 3-5år. Resultatet av tabellen følger på hele den neste siden.

Tabell 34. Funksjonsundersøkelse av VAV- og DCV- systemene

TroxAvranor	Lindab Pascal	Micromatic	Caverion	FlaktWoods	Swegon WISE	DBV	GKLindivent	System	Funksjon/egenskap
15-20år	20år	ca.15år	15år	15-20	15år	15-20år	20år	Levetid og garantitid	Levetid på VAV komponenter
15-20år	-	15år	20år	15-20år	15år	15-20år	20år		Levetid på totale ventilasjonsløsning
15-20år	15år	15år	15år	15-20år	-	-	20år		Utskiftingsfrekvens på komponenter i systemet
iht kjøpsloven	1år	3år	Jfr NS	3-5år	Følger kontrakter, varierer:3-5år	3år	5år		Normal garantitid på produkter
Ja	Exoline	KNX, Modbus, BACnet, MP Bus og LON	KNX, samt alle åpne protokoller	Ja	Vanlig givere	LON / One Wire Bus	CANbus	Kommunikasjon	Bus protokoll på feltnivå(sensorer og spjeld)
Ja	Exoline	KNX, Modbus og BACnet	Ja	Ja	Modbus RTU	LON / One Wire Bus	Modbus RTU/TCP, KNX BACnet,		Bus protokoll på automasjonsnivå(regulering og styring av systemet)
Ja	Modbus	KNX, Modbus og BACnet	Ja	Ja	Modbus eller BACnet	BACnet / IP	Modbus RTU/TCP, KNX BACnet,		Bus protokoll på management nivå(til SD anlegget)
[4]	[1],[2],[3],[4],[5]	[1],[2],[3],[4]	[1],[4]	[1],[2],[3],[4]	[6]	[4]	[4]	Styringsprinsipp	Styringsprinsipp av luft - [1]Trykkstyrt, [2]Trykkstyrt konstant, [3]Luftmengdestyrt, [4]Luftmengdestyrt optimizer, [5]Spjeldvinkelstyrt, [6]Trykkstyrt optimizer
[1]	[1]	[1]	[2]	[1]	[1]	[3]	[1]		Trinnstyring av VAV'ene på romnivå/systemnivå - [1]Modulerende, [2]Trinnstyrt, [3]Av/På
[3]	[3]	[2]	[2]	[3]	[2]	[2]	[2]	Leverer:	Eget SD anlegg eller tilknytning til andre - [1]Kun eget, [2]Eget, og mulig å koble til andre, [3]Kobler kun til andre, [4]Kan ikke koble opp mot andre SD anlegg
Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja		Aktive ventiler
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei		Komfortmodul med varme, kjøling og ventilasjon i en
Ja	JA	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		Leverer egne VAV spjeld
Mulig	Mulig	Mulig	Ja, alltid	Mulig	Ja, alltid	Ja, alltid	Mulig		Plug and play kabling
Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Kun lys.	Ja	Ja		Leverer lysstyring og persiennstyring
Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Nei		Leverer egne aggregat
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja		Leveranse av laboratorie/renrom løsninger
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei		Brannløsninger
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		Sensorer
Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja		Lysstyring
Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja		Persiennstyring
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		Radiator i sekvens
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		Temperaturføler
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Tilstedeværelsesføler	
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	CO2 føler	
Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	VOC	
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Manuell bryter	
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Romkontroll enhet	
3W 5VA	24V AC, 5VA	24V, 2W	230V, 24V	24V	3VA-13VA, 0 når de ikke går	3W	ca 1-2 VA i standby. ca 5VA ved regulering	Annet	Energibruk/effekt til VAV spjeld/enheter ved standby og regulering
Ja	Ja	Nei	Kommer til å gjøre noe med det	Ja	Ja	Nei	Ja		Miljødata(EPD) på produktene

Undersøkelsen forsøkte også å se på hva som er normalt trykkforhold i de forskjellige systemene sine anlegg. Raskt ble det oppdaget at dette ikke kunne fastsettes på noen god måte fordi det er kanaldesign, anleggets oppbygging og dimensjonering, samt hvordan entreprenør har montert anlegget som er avgjørende. For de systemene som er trykkuavhengige (luftmengdestyrt) kan trykket varierer fra kunde til kunde, og de har også mulighet til å installere f.eks. trykkstyrte grenspjeld der man kan kjøre så høyt trykk man bare vil helt til det blir et støypproblem. For gode systemer vil trykket i avgrensning til rom være ca. 35-40Pa, da reguleringsområdet til VAV spjeldene krever noe minstetrykk som dimensjonerende for å ha gode reguleringskarakteristikker. Et system som benytter høye trykk er Caverion som til vanlig benytter 200Pa i kanalnettet. Ved varme/kjøling og ventilasjon i en enhet er det tenkt en vannbasert kjøle/varme enhet med ventilasjon. Flere leverandører har påpekt at det også er mulig å kjøre under- eller overtemperert luft for å få samme effekt. På den måten trengs slikt utstyr i mindre grad. Tabell 34 viser også kommunikasjonsløsningene på de forskjellige nivåene i en bygning. Det vises til prosjektoppgaven[4] for kommunikasjons protokoller for de systemleverandørene som presterte og kun si «ja» på at de har kommunikasjon. Bevisst er det ikke endret fordi det er noe svakt å ikke oppgi hva de benytter. Den siste bemerkningen av tabellen gjøres for energibruk/effekt til VAV spjeld ved standby og regulering. Ut fra svarene å bedømme vet ikke leverandørene dette helt sikkert, da heller oppgir hvilken spenning som er på spjeldet. Resultatene viser at 5VA er vanlig, men effekten ved regulering vil variere alt ettersom hvor stort spjeldet er (fra 3VA til 13VA). Derfor er det også noe vanskelig å fastsette dette for de forskjellige systemene, med mindre man undersøker en fast størrelse. Informasjon om standbyeffekt på komponenter og effekt ved små kontinuerlige justeringer står normalt ikke oppgitt fra leverandøren. Summeres effekten for alle de små komponentene som står i standby eller regulerer, så vil det utgjøre et viktig bidrar til energikostnadene ved anlegget. I fremtiden vil det bli satt høyere krav til merking av disse effektene da det kan være mye å spare ved å unngå høy standbyeffekt.

Tabell: Veileder funksjonstabell, forklaring for de neste to tabellene

FUNKSJONSTABELL / ROMKONTROLL						
Koder anvendes på funksjonsskjema						
Hovedfunksjon	Koder		Funksjonsbeskrivelse			
Gruppestyring	A	A	Radiatorventiler –KAxxxx skal kunne åpnes/stenges fra SD anlegget i grupper inndelt i fløy og etasje (f.eks. fløy B / 2.etg. er en gruppe o.s.v.) NB Dette gjøres spesielt ved innregulering av kursene, og må ha en justerbar tidsbegrensning slik at tilbakestilling ikke blir glemte.			
		B	Fan coil ventiler –KAxxxx skal kunne åpnes/stenges fra SD anlegget i grupper inndelt i fløy og etasje (f.eks. fløy B / 2.etg. er en gruppe o.s.v.) Tidsbegrensning som over.			
		C	VAV spjeld –SQxxxx skal kunne stilles «min-mid-maks» fra SD anlegget i grupper inndelt i fløy og etasje (f.eks. fløy B / 2.etg. er en gruppe o.s.v.) Tidsbegrensning som over.			
		D	Gruppering av lys, hvis aktuelt, må avklares			
Temp.regulering	B	A	Temperaturføler –RTxxxx i rommet regulerer radiatorventil -KAxxxx for å holde innstilt romtemperatur. Temp.avlesning i SD			
		B	Temperaturføler –RTxxxx i rommet regulerer radiatorventil -KAxxxx og Fan coil ventil -KAxxxx i sekvens for å holde innstilt romtemperatur Temp.avlesning i SD			
		C	Temperaturføler –RTxxxx i rommet regulerer radiatorventil -KAxxxx og VAV spjeld -SQxxxx i sekvens for å holde innstilt romtemperatur Temp.avlesning i SD			
Bevegelsesdetektor	C	A	Bevegelsesdetektor -RBxxxx reduserer innstilt settpunkt med 2°C (justerbart) til en «standby» temperatur når kontoret er tomt.			
		B	Bevegelsesdetektor -RBxxxx reduserer innstilt settpunkt med 2°C (justerbart) til en «standby» temperatur når møterommet er tomt. VAV spjeldet går til minimum posisjon når i «standby» modus			
Dag-/Nattstyring	D	A	Et «nattprogram» reduserer innstilt settpunkt 4°C (justerbart), f.eks. mellom kl.1800 og 0800, men kan overstyres av –RBxxxx hvis kontoret blir tatt i bruk.			
CO Styring	E	A	CO føler –RYxxxx i rommet åpner VAV spjeld –SQxxxx fra «min» mot «maks» tilførsel av friskluft til rommet for å holde innstilt CO nivå .			
Lysstyring	F	A	Lysstyring med manuell bryter –Ukxxxx og DALI demping			
		B	Lysstyring med manuell bryter –Ukxxxx og av/på DALI			
		C	Lysstyring med manuell bryter –Ukxxxx , av/på DALI og DALI lysdemping			
		D	Lysstyring med manuell bryter –Ukxxxx , av/på DALI og styring med bevegelsesdetektor -RBxxxx			
		E	Lysstyring med manuell bryter –Ukxxxx , av/på DALI, DALI lysdemping og styring med bevegelsesdetektor -RBxxxx.			
Solavskjerming	G	A	Avklares			
			1	19.11.2013	aap	
			Revisjoner	Dato	Sign	Ktr

Tabeller: Veileder behovsstyrt ventilasjon basert på denne rapportens prosjektoppgave utarbeidet av Arne Pedersen, Norconsult

VEILEDER BEHOVSTYRT VENTILASJON

Systemleverandører

X Egen leveranse O Underleverandør / Sideentreprise

LEVERANDØR	Spesifisert System	Bus kode	Gateway	VAV aktuator m/regulator	Rom temp. føler	Tilstede - værelseføler	CO2 føler	SD tilknytning	SD anlegg	Programmering VAV/DCV	Programmering SD anlegg	Igangkjøring / innregulering	Srvicetrakt	Anmerkning
Belimo	B1	1A,2A 2G	MP til C,D,etc	X	X			X		X				
Caverion	A2 (*)	1C,2F, 3H	Diverse	(**)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	(*) Klimatak system (***) 10 seller, vanlig styrt i 3 trinn (åpen-lukket-ønsket)
FläktWoods	B1	1A,2E, 3F		X	X	O	O	X	O	X	O	X	O	
Johnson Controls	A1,A2, B1	1B,2B, 3F,3B		X	X	X(*)	X	X	X	X	X	X	X	(*)Temp.føler inngår
Lindab	B1	1A,2I, 3H		X	X	X(*)	X	X	O	X	O	X	O	(*)Temp.føler inngår
Lindinvent	B2	1B,2B 3B		Aktiv ventil m/reg	X	X	X	X	O(*)	X	O(*)	X	O(*)	(*) Lindinvent inngår i program for GK Ventilasjon (inkl. SD)
Micromatic		1C,2C, 2D,2E, 2G		X	X	X	X							
Saas Prosjekt	A0	1J,2D		X(*)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	(*) Romspjeld er av/på (min - maks), grenspjeld modulerende
Swegon	B1, A2,A3	1A,1E 2E	Diverse	X	O	O	O	X	O	X	O	X	X	
Trox Auronor	A1,B1	1A,2A, 2G,3F	MP til C,D, etc.	X	O	O	O	X	O	X	O	X	X	

VEILEDER LABORATORIEVENTILASJON

Systemleverandører

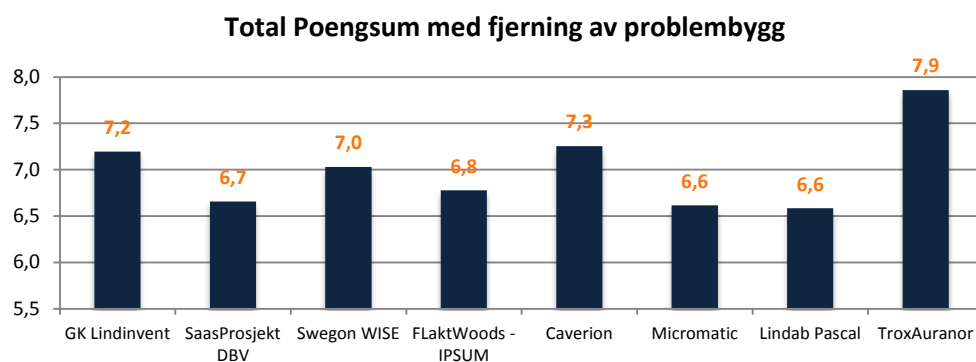
X Egen leveranse O Underleverandør / Sideentreprise

LEVERANDØR	Spesifisert System	Bus kode	Gateway	VAV aktuator m/regulator, mengdemåper	VAV m/aktuator	Rregulator (sumboks)	Rom temp.føler	Tilstede - værelseføler	CO2 føler	Rullepotmeter	Srøningsvakt	Δp romføler	Dørkontakt	Styre-/statuspanel	Regulator programmering	Igangkjøring / innregulering	Anmerkning
FläktWoods	(*)	1A,2D, 2E		X			O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	(*) Konstant trykk i felles avtrekk med innstilt mengde på VAV regulator som også regulerer VAV på tilluft
Halton	C0,C3	1A,2A, 2G		X			O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	
LabVent, DK	C0-C4 C5	1A,1J 2A,3A			X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	
Lindinvent	C0-C4 C5	1B,2B, 3B		Aktiv ventil m/reg			X(*)	X(*)	O	O	X	X	O	X	X	O(*)	(x) Lindinvent inngår i program for GK ventilasjon
Netavent	C0-C4 C5	1A,1J 2E,3E			X	X	X	X	O	X	X	O	O	X	X	O	
Trox Lab.control	C0-C4 C5	1A,1J 2A,2G, 3F		X			X	X	O	X	X	O	O	X	X	X	
TSI	C0-C4 C5	1D,2E 3F			X	X	X	X	O	O	X	X	O	X	X	O	

8.7 DISKUSJON

8.7.1 UTELUKKING AV PROBLEMBYGG

Under analysen av resultatene fra spørreundersøkelsen om egenskapene til de ulike anleggene ble det til stadighet poengtert hvilke systemer som har gjort det best og dårlig for de forskjellige kvalitative kategoriene under poengsettingen. I en del av kategoriene havnet GK-Lindinvent og TroxAuranor på den negative siden fordi Statnettbygget og Siemensbygget er de byggene i analysen som har hatt mest problemer med automatikk, og at ting ikke har fungert som det skulle. En løsning kan være å fjerne disse byggene fra denne poengsettingen sammen med Storgata 51 (TroxAuranor) som på tilsvarende vis har opplevd mye problemer. Disse problemene er ikke nevnt like ofte, med det vises tydelig i poengsettingen og også på noen tilbakemeldinger i vedlegg 3. Ved å fjerne problembyggene er målet at de gjenværende kan sammenliknes nærmere ut fra hva som kan betegnes som normalt, men for TroxAuranor blir nå betydningen av de andre 2 byggene veldig store. Hovedresultatet presenteres under i Figur 86



Figur 86. Totalpoengsum med fjerning av problembbygg

Poengsummene er kun endret for GK Lindinvent og TroxAuranor, og viser en betydelig forbedring. Det kan virke noe tendensiøst at disse systemene får fjernet sine problembbygg, men det viser også hvilken innvirkning de har hatt for resultatene. Hadde de andre systemene kunnet fått fjernet det bygget som gir dårligst tilbakemeldinger, ville ikke forandringene i forholdet mellom dem vært veldig store. Lindinvent systemet øker poengene sine med fra 6,6 poeng i Figur 85 til 7,2 poeng (9 % økning), mens TroxAuranor øker fra sisteplassen sin på 6,3 poeng til hele 7,9 poeng (25 % økning), og ville i realiteten ha blitt den store vinneren av analysen. Med problembyggene ute av verden er det spesielt i kategoriene «opplevelse av funksjonalitet» og «Tilfredshet» systemene scorer rundt 90 % av mulige poeng, noe som er veldig høyt. Vi ser blant kategoriene Tabell 35 at TroxAuranor bedrer seg kraftig på driftskategorien og kommer opp i 8,6poeng.

Tabell 35. Kategoriserte poengsettinger, Lindinvent og TroxAuranor uten problembbygg

Kategori	GK – Lindinvent	TroxAuranor
Installasjon	6,3	7,5
Inngangkjøring/innregulering	6,7	7,9
Overtagelse	8,0	7,4
Drift	5,8	8,6
Opplevelse av funksjonalitet	9,1	8,9
Prismessighet	6,0	5,4
Tilfredshet	8,5	9,3

8.7.2 ENTREPRENØRENS INNVIRKNING PÅ TILBAKEMELDINGENE

GK er ventilasjonsentreprenør for Lindinvent løsningen, og Caverion er entreprenør for KlimaTak løsningen. Dermed står de som leverandør og entreprenør for sin egen løsning. Innvirkingen det kan ha for tilbakemeldingene vil trolig være på den positive siden, fordi de normalt sett ønsker å trekke frem de positive sidene uten å si noe negativt eller være kritiske til sine egne løsninger. I innhenting av tilbakemeldingene er det direkte spurt om det aktuelle bygget har en egen ansvarlig informant, hvilket betyr at det er forskjellige informanter innad i entreprenørens bedrift. Ventilasjonsentreprenørens tilbakemeldinger utgjør ca. 24 % av punktene som poengsettes, så selv med noe positivt syn vil det ikke utgjøre for mye. For å se om så er tilfelle for de to aktuelle systemene, kan vi se nærmere på Tabell 31, s.115 for å avdekke om GK-Lindinvent eller Caverion viser tegn til å gi urealistiske tilbakemeldinger. Halvparten av poengsummen i spørsmål nr. 23 til nr. 27 er ventilasjonsentreprenørens tilbakemeldinger på funksjonalitet. GK-Lindinvent får her mange gode tilbakemeldinger. Undertegnede som vet hva som er svart fra de forskjellige informantene, kan bekrefte at spesielt Nydalshøyden Bygg A (Caverion) får unormalt gode tilbakemeldinger fra en ventilasjonsentreprenør, og det er 9 av spørsmålene som får full score. Det viser seg i kategoriene: installasjon, igangkjøring og overtagelse, men også for noen andre enkeltspørsmål. BI Nydalen har noen av de samme tendensene, men virker noe mer troverdig. GK-Lindinvent har stor variasjon i tilbakemeldingen på de samme aktuelle punktene og må derfor anses som mer troverdige. Tilsvarende som tidligere kunne en løsning ha vært å fjerne Nydalshøyden Bygg A fra analysen, men her velges det kun å fjerne svarene fra denne ene informanten. Utslaget dette ville ha gitt i poengresultatene er ingen forandring for den totale summen, og kun små endringer med noe svakere score for installasjon og igangkjøring, og noe sterkere på overtagelse.

9. DISKUSJON

Rapporten har hatt til hensikt å belyse typiske kostnader ved de ulike VAV- og DCV-systemene gjennom et livsløp, samt kvalitativt og kvantitative belyse andre sider ved de behovsstyrte systemene. En del av problemstillingen knyttet til dette har vært å se om kostnadene som investeres i mer avanserte tekniske ventilasjonsanlegg både gir lavere energibruk, og over tid lavere LCC kostnader. Behovsstyrte ventilasjonssystemer møter det økende energifokuset i norsk bygningsmasse som settes gjennom stadig strengere krav om lavt energibruk og energieffektive bygg. De nye forskriftene som står på trappene bidrar også til at reduksjon av luftmengder og reduserte SFP-verdier fremstår som et av de viktigste tiltakene for å oppnå energioptimal ventilasjon[1]. Vi har kommet til det stadiet der vi putter stadig mer tekniske komponenter inn i bygningen. Stadig mer avanserte systemer krever både grundigere installasjon, innregulering og etterfølging for å oppnå et velfungerende anlegg i drift. Fokuset på reduksjon i energibruk har gått så langt at sideeffektene av å installere mange tekniske komponenter i bygningene fort glemmes. Miljøet og staten sparer noe energi, men det er dyrt å investere i slike løsninger.

Metoden som er benyttet for å frembringe nødvendig kunnskap om de behovsstyrte systemene, er hovedsakelig gjennom en kvantitativ tilnærming med innsamling av kostnadsdata på referansebyggene som VAV- og DCV-systemene er installert i. Med LCCWeb er kostnadene analysert i et livsløpsperspektiv. Men programmet følger ikke de nye føringene til NS 3454:2013[27], og funksjonaliteten er begrenset. Det finnes andre måter å presentere LCC-kostnader på, og det letteste og kanskje det beste er å sette det opp analysen selv i excel, fremfor å møte begrensinger i et program som settes for dataauthenting, presentasjon av grafer og analyse med endrede alternativer og sensitiviteter. Undersøkelsen og informasjonsinnhentingene dekker ikke i detalj hvilke løsninger og forutsetninger for kostnadene som hvert enkelt byggeprosjekt er basert på. Med siktemål om å generalisere for de ulike systemene på bakgrunn av de innhentede kostnadene, kan man stille spørsmål om hvilke implikasjoner som følger av begrensningene i datagrunnlaget.

For den andre delen av analysen er det benyttet en kvalitativ tilnærming gjennom spørreundersøkelse og tilbakemeldinger. Presentasjonen av denne analysen gjøres med en metode som likner Multi-Criteria-Decision-Making, der kvalitative tilbakemeldinger poengsettes etter definerte kriterier. Metoden avdekker på mange måter hovedessensen på en rask måte, men utdyper ikke grundigere for enkeltinnvirkninger, tolkninger eller diskusjon slik kvalitative data gir rom. Det kan også stilles spørsmål om denne metoden kunne ha vært benyttet på andre måter for å synliggjøre systemene bedre, f.eks. gjennom andre oppdelinger, vektinger, valg av spørsmål eller områder som undersøkelsen omfatter. I en tidligere masteroppgave om «*Beslutningsstøtteverktøy for integrert miljødesign i nybygg*» har (Sivertsen, 2009)[54] utviklet en metode for et beslutningsstøtteverktøy med utgangspunkt i en analytisk hierarkisk prosess (AHP) for vurdering av en rekke kvalitative og kvantitative faktorer som gjøres ved beslutninger i byggebransjen. En tilsvarende metode kunne ha løst denne rapportens analyse på en helt annen måte med mulige andre resultater. AHP-metoden benytter også prioriteringer for å vekte relevante områder slik at det man er ute etter kommer bedre frem. Hovedgrepet i denne metoden er at den baserer seg på en parvis sammenlikning. Først vurderes faktorene (viktighet) parvis mot hverandre før løsninger/aspekter vurderes parvis mot hverandre i forhold til hver av faktorene. På den måten er det mulig å vekte det som er viktig for et gitt tilfelle. Det kan også tenkes at det finnes andre metoder som behandler komplekse kvalitative og kvantitative aspekter for prioriteringer og vurderinger av faktorer som har som mål å avdekke den beste løsningen (her ventilasjonssystem) eller de beste valgene.

9.1 LCC OG KOSTNADSRESULTATENE

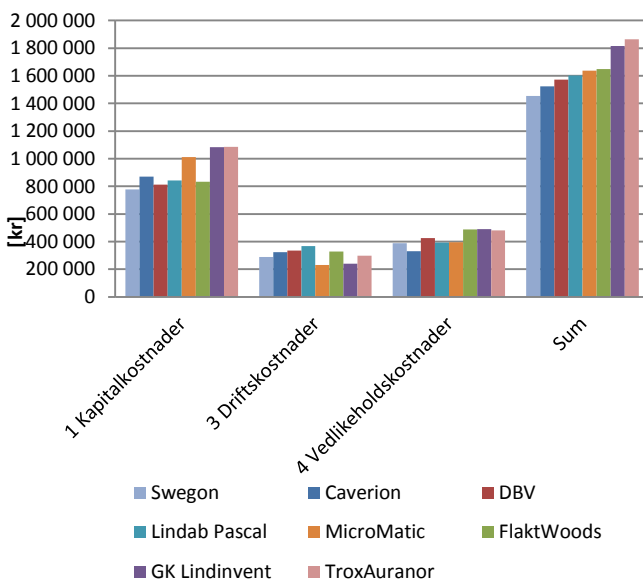
En LCC analyse krever mange antagelser om fremtidige forhold man ikke vet i dag i tillegg til kvaliteten på tilgjengelig data og robustheten disse har. I denne rapporten er det benyttet en del underliggende antagelser om blant annet at kostnadene til de ulike komponentene og systemene fra dagens forhold fortsetter å gjøre seg gjeldene i fremtiden. Dette gjenspeiler seg i modellenes oppbyggende resultater til LCC-analysen som diskuteres i kapittel 6. En åpenbar utfordring for beregningene er usikkerheten ved kostnadene. Prisingen og kostnadene som er lagt til grunn, er basert på informasjon, nøkkeltall og modeller, som i prinsippet skulle gi like sikre tall basert på informasjon fra dem som driver med tilbudsprising og andre tjenester. Men det kan godt tenkes at datagrunnlaget for denne rapporten inneholder enda flere usikkerhetsaspekter enn hva som er å finne i normale tilbudsprisinger. Det er heller ikke gjort noen tilsvarende sammenlikninger av de behovsstyrte ventilasjonssystemene slik at det er vanskelig å få verifisert resultatene mot andre undersøkelser. Med mange usikre kostnader kan de totale kostnadene bli nokså usikre, men likevel viser kvalitetssikring av rapporten opp mot relevante nøkkeltall at resultatene kan anses innenfor et akseptabelt gjeldighetsområdet.

Figur 68 s.100, og den tilhørende tabellen, Tabell 29, viste resultatet av LCC-analysens årskostnader. Her i Figur 87 vises resultatene oppdelt på nytt etter henholdsvis 25 og 50 års analysetid fordi det ikke er noe poeng å sammenlikne systemene uten at de har gjennomgått en syklus med utskiftninger. Selv om drifts-, vedlikeholds- og energikostnader (her driftskostnader) er av klar betydning, ser vi av figuren at det er utskiftningskostnadene (her vedlikeholdskostnader) som blir avgjørende ved 25 års levetid. Driftskostnadene blir derimot vel så viktig i forhold til utskiftningskostnadene når vi legger til grunn at anlegget har en levetid på 50 år. Driftskostnadene og vedlikeholdskostnadene summeres til om lag å utgjøre det samme bidraget til årskostnaden som den meget viktige investeringskostnaden. Trenden som denne figuren viser, er at de endrede forholdene i kostnadspost 3 og 4 ikke klarer å endre de totale resultatene (sum) fordi investeringskostnaden har en såpass stor betydning. TroAuranor, GK Lindinvent har høy investeringskostnad. Det betyr også høye årskostnader for kapitalkostnadene, men figuren viser at de også har de absolutt laveste driftskostnadene. Skal man ha et ordentlig system så må man betale for det, men spørsmålet er om man kan spare det inn med lavere energikostnader. Resultatene av Figuren viser at det spares inn i området 90 000 kr i årlige kostnader for driftskostnadene (drift, vedlikehold og energi) ved forutsetning om 50 års levetid for et bygg på 10 000 m². Det interessante er at utskiftningskostnadene for de dyre systemene korrelerer med hvilken investeringskostnad byggene har, slik at gevinsten grovt sett begrenses til kun 40 000 kr i årlige kostnader. Det kan diskuteres om modellen som beregner utskiftningskostnadene er reelle nok da de avhenger av at all automatikk skal byttes ut etter en teknisk levetid på 15 år. Andre potensielle besparelser kan ha vel så stor betydning for årskostnadene som investeringskostnadene. Lavere investeringskostnad kan også ofte innebære reduksjon av kvalitet og standard

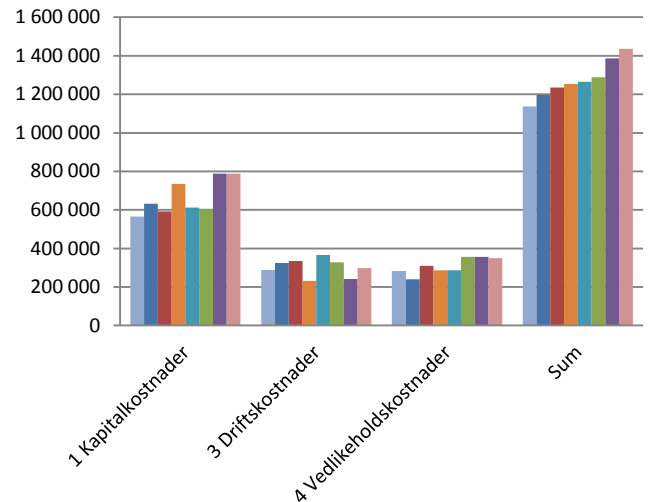
DBV og Caverion har et enklere system reguleringsmessig på spjeldene enn de andre systemene, som vist i Tabell 34. Mindre avanserte spjeld betyr billigere løsning (billigere motor og automatikk), og det viser seg også at disse systemene er blant de billigere systemene som analyseres investeringsmessig. I LCC-analysen betyr dette også lavere utskiftningskostnad. Spørsmålet som må stilles er om de går glipp av noe funksjonalitet eller egenskaper som de andre systemene har, fordi disse systemene kommer relativt godt ut for de summerte kostnadene over analysetiden. I Tabell 33, s.125 viste funksjonsklassifiseringen av en del av byggene som er med i analysen at byggene som tilhører DBV og Caverion får litt under 30 poeng, mens de andre får litt over. Hvis en begrensning i funksjonalitet på f.eks. 10 %, eller at systemene bare holder seg

innenfor angitte krav for reguleringsområder og inneklimateparametere 90 % av tiden, sammenlignet med de systemene som oppfyller dette 100 %, kan denne differansen kanskje veie opp de ekstra kostnadene det krever å få et høyere funksjonsklassifisert system. Det er avveiningen mellom funksjonalitet, prestisje og pris som blir avgjørende. For det er ikke alltid sagt at man må velge det mest avanserte for å få tilfredsstillende løsninger som også gir lave LCC-kostnader.

Årskostnader oppdelt, 25 års levetid, 4% rente



Årskostnader oppdelt, 50 års levetid, 4% rente



Figur 87. Oppdelte årskostnader ved 25- og 50-års levetid, 10 000m² bygg

LCC-analysen viser at noen bygg har veldig høy investeringskostnad grunnet svært avanserte løsninger som kjører full pakke med automatikk og lave luftmengder, både for å få et så funksjonelt anlegg som mulig, men også for å spare energi som et hovedmål. Det er også blant byggene som skal være de mest avanserte hvor det har oppstått mest problemer fordi VAV-systemet har blitt så komplisert oppbygd. Med mange ulike aktører inne i bildet blir det fort mange «kokker» med ulike grensesnitt når bl.a. automatikken skal kommunisere med VAV-spjeldet, sensoren, aggregatene, romkontrollene og SD anlegget. Da er det fort gjort at noe kan gå galt. Statnettbygget er et slikt problembygget, mens GK miljøhuset er et eksempelbygg på motsatt side for hvordan det bør gjøres. For der har de hos GK prosjektert det selv og har hatt kontroll under hele prosessen. Viktigheten av at noen har ITB- (integrator) kontroll hele veien fremfor at mange skal sette anlegget sammen er svært viktig for å få en vellykket installasjon. Selv om kostnadene for dette er noe større, vil man slippe unna mye problemer.

9.2 MULTIKRITERISK POENGANALYSE MOT KOSTNADENE

Potensielt er det mulig at det kan være noen sammenhenger mellom resultatene av LCC analysen og poengresultatene i undersøkelsen. Det ene kan underbygge det andre og motsatt, men det trenger heller ikke å være noen sammenheng. Det er vanskelig å gjennomføre tallfesting av en slik sammenheng ettersom systemene varierer såpass mye i både kostnader og poenger de oppnår i undersøkelsen. De kategoriserte punktene som inngår i spørreundersøkelsen, Tabell 31 s.115, viser at det omtrent ikke er noen spørsmål som direkte kan knyttes mot kostnader. Mesteparten av spørsmålene går på kvalitative parametere som kun går på opplevelse av ventilasjonsanlegget, enten slik det har vært eller slik det virker. Det er trolig slik at høye investeringskostnader vil bety høye poengsummer for installasjon, igangkjøring/innregulering, overtagelse, drift, funksjonalitet og tilfredshet, dvs. god score på alle kategoriene bortsett fra pris. Det kan avkrefte med en gang da spørsmålene som poengsettes er kvalitative i utstrekning og helt prosjektavhengige i mange tilfeller.

Sammenliknes først årskostnadene i LCC analysen, Figur 68 s.100, mot poengene systemene har fått og rekkefølgen systemene oppnår, ses det umiddelbart at GK-Lindinvent og TroxAuranor, med de høyeste LCC kostnadene over 25 år, har blant de laveste poengsummene i undersøkelsen. Mye av dette skyldes selvfølgelig blant annet at de får dårlig poengsum på priskategorien som utgjør 14,3 % av de totale poengene. Priskategorien er også den eneste kategorien der det er noe mindre kvalitative tilbakemeldinger, men harde kvantitative fakta som gir poeng om systemene er under eller over gjennomsnittet på de forskjellige kostnadspunktene. DBV, Caverion, Lindab Pascal og Swegon er blant systemene som har de absolutt laveste LCC-kostnadene, men i poeng er det kun Caverion og delvis Swegon som får en brukbar poengsum. Lindab og DBV kommer dårlig ut selv om priskategorien gir dem mye poeng, og det er først og fremst kategorien overtagelse og drift som trekker dem ned. Inkluderes Micromatic og FlaktWoods som ligger rett rundt Lindab Pascal i LCC-kostnader, så er også Micromatic dårlig på drift, mens FlaktWoods gjør det veldig bra. Indikasjonene dette gir, tyder på at lave LCC-kostnader gir noe dårligere poeng på drift selv om det er usikkert.

Mest logisk vil det være at høy investeringskostnad vil bety et godt system for drift, et høyt funksjonelt anlegg og godt tilfredse tilbakemeldinger. Driftskategorien spør blant annet om hvor enkelt det er å drifte, om SD anlegget er godt og hvor enkelt det er å feilsøke. Resultatene av driftskategoriene viser tvert om at det ikke er noen sammenheng med investeringskostnadene for de forskjellige systemene, se Figur 64 s.97, og poengene som oppnås i Figur 81, s.119. Både Swegon (1198 kr/m²), FlaktWoods (1283 kr/m²) og Caverion (1339 kr/m²) som har blant de laveste investeringskostnadene, utklasser de dyre systemene på dette området. De eneste poengene som ser ut til å korrelere mot kategorien drift, er kostnadene til drift og vedlikehold i Figur 60 s.92. Sammenhengen ser ut til å være at høye drift og vedlikeholdskostnader i modellene gir høyere poenger fordi flere aggregater og lavere energibruk kanskje innebærer et mer avansert og teknisk system som oppleves bedre på drift. Kategorien for funksjonalitet burde være kostnadsavhengig, og det vises i Figur 82 at den også er. Figuren viser at GK Lindinvent (1671 kr/m²) og TroxAuranor (1672 kr/m²) som er dyre i investering, får gode skussmål på opplevelsen av funksjonalitet. Micromatic (1557 kr/m²) som er den tredje dyreste, svekker påstanden fordi de på motsatt side gjør det svært dårlig (5,3 poeng) på denne kategorien. Ellers får de fleste tilfredsstillende tilbakemeldinger på denne kategorien. Det gjelder også DBV som skulle være et noe enklere system. Den siste kategorien som investeringskostnadene kunne ha gitt utslag på, er kategorien tilfredshet. Heller ikke her kan en tydelig og sikker slutning gjøres basert på sammenlikning mellom investeringskostnadene og tilfredshetsfiguren, Figur 84 s.121. Trenden viser dog at både Lindinvent (8,2), Micromatic (8,5) får bra

tilbakemeldinger, mens TroxAuranor (7,0) får passe. Lindab (6,6) og DBV (6,9) som er billige i investering, får noe mindre poeng.

Oppsummert er det ingen entydig sammenheng mellom poengene systemene får og hvilken kostnad de har verken i investering eller i LCC. Byggene som representerer GK-Lindinvent og TroxAuranor ville ha fått en del flere poeng om det ikke hadde vært for at begge systemene har sine problematiske bygg. Sett uten dem, som i Figur 86, betyr høye kostnader god tilfredshet på de fleste kategorier og en god total poengsum, noe som ikke gjenspeiles i de originale resultatene. Alt i alt er det derfor liten sammenheng mellom den kvalitative biten av analysen og resultatene i LCC-analysen og kostnadene de forskjellige systemene har. De poengsatte spørsmålene fra undersøkelsen komplimenterer heller kostnadsanalysene, og det kan være et fint verktøy for å se andre sider av det behovsstyrte anlegget. Utnyttelsen av resultatene vil som vist avhenge veldig av hvilke løsninger de ulike byggene har valgt.

10. KONKLUSJON

Behovstilpassede ventilasjonsanlegg i kontorbygg er en forutsetning for å tilfredsstillende de økte energikraver i de nye byggeforskriftene som sikter mot passivhusstandarden i TEK15 til neste år. Det vil derfor være hensiktsmessig å benytte VAV- og DCV-løsninger som reduserer SFP-faktoren til anlegget i form av reduserte luftmengder, riktig dimensjonerte anlegg og god reguleringsteknisk samhandling. Rapporten har analysert 8 av de største VAV- og DCV-systemene på det norske markedet som løser de fleste styrings- og reguleringstekniske utfordringer for å levere et komplett anlegg som tilpasser sine luftmengder etter behovet. Hoveddelen av rapporten er basert på en analyse av livssyklus-kostnadene til disse 8 systemene med 29 tilhørende bygg som referansegrunnlag. I tillegg er en kvalitativ og kvantitativ undersøkelse gjennomført for å skille systemene på mer enn bare kostnader. Denne undersøkelsen har hatt som mål å avdekke ulike tilbakemeldinger (synspunkter, opplevelser og informasjon) fra involverte i byggprosessen for å kunne si noe om hvordan de ulike VAV- og DCV-systemene er å installere, innregulere, overta, drifte, funksjonaliteter det gir, samt tilfredshet om det valgte anlegget og opplevelsen av pris.

Hovedmålet med denne rapporten har vært å undersøke de ulike VAV- og DCV-systemenes kostnader i et livsløpsperspektiv for å avdekke typiske kostnader som kan være forskjellig for de ulike systemene. I tillegg til investeringskostnaden ved installasjon, gjelder det også på kostnader som påløper gjennom hele levetiden til ventilasjonsanlegget. De påløpende kostnadene gjennom driftsfasen til et ventilasjonsanlegg kan akkumulert gi en diskontert sum som er like stor som hele investeringskostnaden. For å ta hensyn til dette, må alle kostnader i driftsfasen som inkluderer energikostnader, drift og vedlikehold og utskiftningskostnader nøye vurderes opp mot investeringskostnaden. Noen systemer kan være billige i investering og ha høye fremtidige utgifter, mens andre systemer kan være dyre i investering og gi lavere kostnader i driftsfasen. Implikasjonene av hva disse kostnadspostene utgjør av de totale kostnadene gjennom et livsløp for hvert enkelt system er avdekket i denne rapporten ved å se på livssyklus-kostnadene med kostnadsvertøyet LCCWeb.

Resultatene i rapporten viser tydelig at de enkelte byggene som representerer systemene, er den viktigste bestemmende faktoren for den vektede gjennomsnittlige LCC-kostnaden som hver enkelt VAV- og DCV-system oppnår i analysen. Systemet med lavest LCC-kostnader under forutsetning om 25 års analyseperiode og 4 % realrente er Swegon etterfulgt av Caverion (4,7 % dyrere), DBV (+8 %), Lindab Pascal (+10,1 %), Micromatic (+12,4 %), FlaktWoods (+13,3 %) og så GK-Lindinvent (+24,7 %) og TroxAuranor (+28,1 %). Investeringskostnadens betydning er avgjørende for utfallet, selv om de dyrere systemene har 25-40 % lavere kostnader til drift og vedlikehold. Den høyere investeringen forsvaret ikke de reduserte fremtidige kostnadene, men systemene med de høyeste investeringskostnadene kan vise til høyere funksjonsklassifiserte bygg.

Hovedresultatene fra undersøkelsen der spørsmål er poengsatt og kategorisert, viser at de ulike behovsstyrte systemene kommer relativt likt ut med alt fra 6,3 til 7,7 poeng ut av 10 mulige, der det er Caverion som scorer gjennomsnittlig høyt på de fleste kategoriene. Undersøkelsen viser at systemene får noe ulike poengsetting på ulike områder, men overordnet er totalresultat av poengene relativt likt for de ulike systemene. Hovedinntrykket er at alle systemene får tilfredsstillende tilbakemeldinger på kvalitative parametere uavhengig av hvilken investeringskostnad de har. De viktigste forskjellene i poengsettingen er at de billigste systemene får noe dårligere tilbakemeldinger på drift, mens de dyreste systemene får best tilbakemeldinger på funksjonalitet og total tilfredshet med anlegget.

Utfordringen med begge disse analysene er spørsmålet om i hvilken grad en kan generalisere med utgangspunkt i de inkluderte byggene for de ulike systemene, der TroxAuranor og GK Lindinvent blir straffet noe hardt grunnet et par problembygg. Uten dem ville rapporten ha indikert at de høyeste investeringskostnadene betyr best tilbakemeldinger i den kvalitative analysen og at de generelle investeringskostnadene for de ulike VAV-systemene ikke skiller så mye. De andre hovedresultatene som følger av LCC-analysen og spørreundersøkelsen er at:

- Energibruken til systemene avhenger av den løsningen som er valgt for det aktuelle bygget. En høyere investeringskostnad indikerer også lavere energibruk. Resultatene viser at der et ventilasjonssystem (ventilasjon og automatikk) koster over 1300 kr pr m² (målt i 2014-beløp), så er det en mye større sannsynlighet å få et lavt energibruk i bygningen. Det er imidlertid en grense for hvor mye man trenger å investere før vinningen går opp i spinningen. For det ser ikke ut som løsninger med kostnader over 1600 kr pr m² kan forsvare den økte investeringen. En lavere energibruk gir lavere drifts- og vedlikeholdskostnader i LCC-analysen. Resultatene viser at den økte investeringen ikke klarer å spares inn ved lavere energibruk over levetiden fordi innsparingspotensialet blir noe redusert med økte utskiftningskostnader.
- Sensitivitetsanalysen med endrede betingelser for realrente og levetid endrer ikke resultatene nevneverdig selv om noen systemer har en bedre utvikling ved andre forutsetninger.
- De kategoriserte poengene viser at byggene til Caverion kommer best ut i spørsmålene og punktene som omfatter installasjon (7,5poeng), innregulering (8,3) og overtagelse (8,9). FlaktWoods får best tilbakemeldinger på drift (7,6). GK-Lindinvent samler flest poeng for funksjonalitet (8,7). DBV scorer høyest på prismessighet (7,1), og Micromatic er på topp når det kommer til tilfredshet (8,5).
- Trenden i analysen viser at byggene med de avanserte systemene også er de som opplever mest problemer under installasjon og innregulering. Komplikasjoner eller uforutsette ting skjer for alle systemene uansett fordi det er så mange komponenter som skal innhentes uten feil fra leverandør, kobles riktig, adresseres riktig, og så reguleres riktig.
- En LCC-analyse er et nyttig verktøy for å fremstille fremtidige kostnadene knyttet til FDVU-aktiviteter ved valg av løsning og utforming av et ventilasjonsanlegg. Kombinert med en kvalitativ analyse som belyser andre aspekter av hva man kan være ute etter, kan det bidra til å gjøre et godt valg av et behovsstyrt ventilasjonsanlegg som tilfredsstillte tekniske og funksjonelle krav og løser brukers ønsker/behov. Spørsmålet blir bare hvor mye ekstra penger man ønsker å legge i et enda mer funksjonelt og avansert system, når man i prinsippet greier seg med et enklere system med noe mindre funksjonalitet, men til en rimeligere penge
- Spørsmålet om i hvilken grad en kan generalisere basert på de innhentede opplysningene og analysene for de utvalgte byggenes VAV- og DCV- system er en åpenbar utfordring. Vi har sett at enkeltbyggs problemer, spesielle løsninger eller kostnader kan gi klare utslag for resultatene. Det anbefales derfor å undersøke systemene på et enda større datagrunnlag for å validere resultatene i større grad.
- LCCWeb er ikke oppdatert siden 2011, hverken med nøkkeltall eller de nye føringene for kostandsposter i NS 3454:2013. Verktøyet oppleves som noe tungvint å benytte for innlegging av kostnader. Programmet møter sine utfordringer og begrensinger når resultater ønskes fremstilt i mer detalj og enkeltvariabler skal endres. Programmet er godt nok for enkeltstående kalkyler, men det anbefales heller å benytte Excel eller evt. prøve det nyutviklede LCC-programmet ISY-Calculus.

11. VIDERE ARBEID

Denne masteroppgaven har beskrevet typiske kostnader for de ulike VAV- og DCV-systemene gjennom et helt livsløp basert på en rekke faktorer og antagelser. En del av antagelsene og modellene baserer seg på reelle priser og nøkkeltall, men de fleste er ikke direkte knyttet mot en spesifikk ventilasjonsleverandør. For å løse databehovet må enten detaljerte kostnader fra et eller flere referanseprosjekt analyseres grundig, ellers så må det skaffes flere generelle kostnader for de ulike komponenter som inngår i leverandørens system. Arealene som nøkkeltallene og de areal vektete kostnadene baserer seg på, bør kvalitetssikres i større grad. Foruten kostnader gjelder dette også levetider, som helst burde vært analysert som leverandøravhengig da det har stor betydning for utskiftningskostnaden. LCC-analysen ga et overordnet bilde basert på et relativt lite antall bygg pr system. Dette antallet bør økes for å få et større datagrunnlag slik at sikkerheten i resultatene blir noe bedre.

Sammenlikning av LCC-kostnadene for de ulike VAV- og DCV-leverandørene kan best gjøres hvis de sammenliknes på et helt likt bygg. Ved å skissere et forenklet bygg med de vanligste typer rom sammen med en vanlig kravspesifikasjon, kan man få de ulike leverandørene til å prise sine løsninger for et komplett system for dette bygget. Dette bør settes i sammenheng med et bygg som f.eks. Sintef Byggforsk eller NTNU skal bygge slik at det blir reelle forhold og konkurranse om å vinne kontrakten. I tillegg bør det analyseres over hvor mange år man må ha VAV-anlegget i drift før en tilsvarende investering i et konvensjonelt CAV anlegg er innspart med reelle kostnader til drift, vedlikehold og utskiftninger. Energibruken blir lavere, men det er usikkert om kostnadene veier det opp fordi man vanligvis ikke har oversikt over alle kostnader som påløper.

Det bør utarbeides en metode for å beregne typisk energibruk for systemene til hver behovsstyrt leverandør. Dette kan gjøres gjennom å måle SFP-verdier på referanseanleggene for å se om det er noen trend i SFP-verdier, selv om SFP og energibruk avhenger sterkt av utformingen av anlegget og aggregatene. Luftmengder, trykkforhold og effektforhold bør inkluderes i analysen slik at man kan kartlegge hvordan SFP endres ved forskjellige luftmengder for de forskjellige systemene. I tillegg kan det være interessant å se forskjellen mellom systemene som leverer trykkstyring mot spjeldvinkelstyring (luftmengdestyrt). Hvis det benyttes energibruk direkte fra bygget, bør det benyttes målt energibruk og ikke et estimat fra energimerket. For grundigere analyse kan man se etter energistatistikk for de forskjellige byggene på R3Web, EvoTel, Entro Energi eller tilsvarende. Innvirkning på energibruken fra standby-effekten og gangtiden for de ulike systemenes VAV-motorer bør kartlegges. Foreløpig er det ikke gjort mange undersøkelser på den ekstra effektbruken av automasjonsutstyr da det er svært krevende å få tak i alle data som trengs.

Undersøke FDV-instrukser som ventilasjonsentreprenørene trolig har utarbeidet for flere bygg av de ulike leverandørene, da dette blir mer og mer vanlig. Dette kan gjøre modellene for utskiftning, vedlikehold og drift bedre og samtidig skille systemene mer. Feil og ekstrakostnader systemet har påført etter installasjon bør undersøkes bedre for de systemene der slik data er dokumentert. Det anbefales også å analysere kostnadene til montasje og arbeid med anlegget, da halvparten av kostnadene går med til dette.

De to matrisene med funksjonsbeskrivelser for de ulike VAV- og DCV-systemene bør bearbeides til en mer detaljert matrise som kan benyttes som et verktøy for å systematisere funksjoner og begrensinger. Den bør også utformes slik at den kan benyttes som beslutningsgrunnlag for valg av system til aktuelt bygg. Funksjoner og integrasjonsmuligheter vil da kunne være bestemmende sammen med den økonomiske betraktningen gjort i en LCC-analyse.

REFERANSELISTE

- [1] M. Mysen and P. Schild, "Behovsstyrt ventilasjon, DCV – krav og overlevering," 2013.
- [2] SINTEF Byggforsk, Norconsult AS, Statsbygg, COWI, and m.flere, "ForKlima - Forenklet behovsstyrt klimatisering av kontorbygg med svært lavt oppvarmingsbehov," 16.10.2012 2012.
- [3] NVE, "Analyse av energibruk i forretningsbygg, Formålsdeling Trender og drivere," vol. nr 1, 2014.
- [4] E. V. Stølen, "LCC analyse av ulike VAV og DCV- systemløsninger og installasjoner," Project Thesis Unpublished December 20 2013.
- [5] Catherine Grini, Hans Martin Mathisen, Igor Sartori, Mathias Haase, Helle Wøhlk Jæger Sørensen, Arnkell Petersen, *et al.*, "LECO - Energibruk i fem kontorbygg i Norge, befarings og rapportering," 2009.
- [6] T. H. Dokka and C. Grini, "Etterprøving av bygningers energibruk, metodikk," 2013.
- [7] M. Mysen and P. Schild, "Behovsstyrt ventilasjon, DCV - forutsetninger og utforming : Veileder for et energioptimalt og velfungerende anlegg," SINTEF Byggforsk, Oslo, Project number: 191042 ISSN 1894-1583 ISBN 978-82-536-1372-7, 2014.
- [8] Norsk Standard, "NS-EN 13779:2007 Ventilasjon i yrkesbygninger - Ytelseskrav for ventilasjons- og romklimatiseringssystemer ", ed, 2007.
- [9] P. G. Schild and M. Mysen, "Technical Note AIVC 65 - Recommendations on Specific Fan Power and Fan System Efficiency," *International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme*, 2009.
- [10] Belimo, "Grunnleggende om behovsstyrte ventilasjonssystemer," ed, 2008.
- [11] Trond Thorgeir Harsem and Mads Mysen. (2013). *Mistforståelser om ventilasjon kan gjøre passivhus dyrere enn nødvendig*. Available: <http://www.tu.no/bygg/2013/12/05/misforstaelser-om-ventilasjon-kan-gjore-passivhus-dyrere-enn-nodvendig>
- [12] M. M. P.G. Schild, "Recommendations on Specific Fan Power and Fan System Efficiency," *Technical Note AIVC 65*, p. 42, 2009.
- [13] Belimo. (2008, 06.2014). *VAV/CAV system-løsning for energi-optimal vifteregulering for romventilasjon*. Available: http://www.belimo.no/storage/webshop_products_files/Produktdatablad_norsk.pdf
- [14] T. Auranor, "Behovsstyrt ventilasjon - TROX Auranor har kompetansen," ed.
- [15] O. Nyvlt. (2011). *Buses, Protocols and Systems for Home and Building Automation*. Available: http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/SZS/Buses,%20Protocols%20and%20Systems%20for%20Home%20and%20Building%20Automation.pdf
- [16] "NS-EN 15232:2012, "Bygningers energiytelse, Innvirkning ved bruk av bygningsautomasjon og bygningsadministrasjon", ed, 2012.
- [17] Lindinvent, "Klimastyring."
- [18] D. S. Prosjekt, "Behovstilpasset ventilasjon, DBV eller "trykkstyrt" - hva er forskjellen," E. Stølen, Ed., ed, 2013, p. 2.
- [19] Swegon, "Oversikt, Behovsstyrt ventilasjon," ed. Swegon.no, 2013.
- [20] FlaktWoods, "IPSUM Optimization System, demand controlled ventilation," ed.
- [21] S. G. J. Odd Drage, Paul Haaland, Jens Petter Burud, Torger Mikalsen, "3 VVS, 36 Luftbehandlingsanlegg," Caverion, Ed., ed, 2013.
- [22] MicroMatic, "Behovsstyrt ventilasjon, Produktoversikt," ed.
- [23] MicroMatic, "Micro-VAV, smarte løsninger behovsstyrt ventilasjon."
- [24] Lindab, "Lindab Pascal, Forenklet VAV-løsning med fullt potensial..", ed.
- [25] Lindab, "Lindab Pascal system, Technical documentation," ed, 2012.
- [26] T. Auranor, "VIP-X, Komplette styrings og overvåkingssystem for VAV," ed, 2011.
- [27] "NS 3454:2013, Livssyklus kostnader for byggverk, Prinsipper og klassifisering," Standard Norge, Ed., ed, 2013.
- [28] NTNU and SINTEF, *ENØK I BYGNINGER, Effektiv energibruk*, 3. utgave ed., 2007.
- [29] DIFI Direktoratet for forvaltning og IKT. (2013, v3 12.2013). *LCC basiskurs*. Available: <http://www.anskaffelser.no/verktoy/lcc-basiskurs-kursmateriale>

- [30] S. Forsvarsbygg. (2011). *LCCWeb.no*. Available: <http://www.lccweb.no/>
- [31] S. Bjørberg, A. Larsen, and H. Øiseth, "Livssyklus kostnader for bygninger," 2007.
- [32] Holte Byggsafe, "Holte Byggsafe FDV-nøkkelen 2014," 2014.
- [33] "ISO 15686-5:2008(E) Buildings and constructed assets - Service-life planning, Part 5: Life-cycle costing," ed, 2008.
- [34] BREEAM NOR, "BREEAM-NOR 2012, Man 12 - Analyse av levetidskostnader," pp. 58 - 60, 2012.
- [35] Norsk Standard, "NS-EN ISO 14040:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk (ISO 14040:2006) ", ed, 2006.
- [36] Norconsult, "Livsløpsvurdering, Life Cycle Assessment LCA, ," 01.2014.
- [37] "Norsk Prisbok 2013, et oppslagsverk for byggebransjen," ed: Norconsult Informasjonssystemer AS i samarbeid med Bygganalyse, 2013.
- [38] N. Standard, "NS-EN 15459:2007, Bygningers energiytelse – økonomisk evalueringsprosedyre for energisystemer i bygninger," ed, 2007.
- [39] (14.07.2014). *Teknisk drift og vedlikehold*. Available: <https://kgv.doffin.no/app/docmgmt/downloadPublicDocument.asp?DVID=10090&FMT=1&AT=15&ID=42474>
- [40] Statsbygg. Available: <http://statsbygg.no/Dokumenter/LCC-verktoy/>
- [41] Norges Bank. (2013). *Norges Bank Priskalkulator*. Available: <http://www.norges-bank.no/no/prisstabilitet/inflasjon/priskalkulator/>
- [42] SSB. (2014). *Priser og Prisindekser, Byggjekostnadsindeks for rørleggjararbeid i kontor- og forretningsbygg, april 2014, Byggjekostnadsindeks for bustader, april 2014*. Available: <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser>
- [43] A. H. Tjora, *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. Oslo: Gyldendal akademisk, 2012.
- [44] De nasjonale forskningsetiske komiteene. (2007, 23. april). *Beskyttelse av forsøkspersoner*. Available: <https://www.etikkom.no/Forskningsetikk/Etiske-retningslinjer/Naturvitenskap-og-teknologi/Beskyttelse-av-forsokspersoner/>
- [45] I. Andresen, "A Multi-Criteria Decision-Making Method for Solar Building Design," Dr. ingeniøravhandling, Faculty of Architecture and Fine Art, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Architecture and Fine Art, diva, 2000.
- [46] (2011). *Visma Bygget*. Available: <http://www.bygg.no/article/76891>
- [47] THEMA Consulting Group, "THEMA-Rapport 2012-28: Energibruk i kontorbygg - trender og drivere," 2012.
- [48] Hafslund Nett. (2014, 1. Jan). *Nettleiepriser for bedrifter og næringsliv*. Available: http://hafslundnett.no/nett/artikler/les_artikkel.asp?artikkelid=239
- [49] NVE, "Praktisk veileder for energimerking," vol. 5, 2013.
- [50] (1990). *Energiloven - Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m* [Government law]. Available: http://www.regjeringen.no/nb/dok/lover_regler/lover/energiloven.html?id=489167
- [51] (2013). *Energimerking.no - energimerkeskalaen*. Available: <http://www.energimerking.no/no/Energimerking-Bbygg/Om-energimerkesystemet-og-regelverket/Energimerkeskalaen/>
- [52] Norsk Standard, "NS 3031:2014 - Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data," ed, 2014.
- [53] N. Standard, "NS-EN 15232:2012, Bygningers energiytelse - Innvirkning ved bruk av bygningsautomasjon og bygningsadministrasjon," ed, 2012.
- [54] Ole Aksel Sivertsen, "Beslutningsstøtteverktøy for integrert miljødesign i nybygg," Master i energi og miljø Master, Institutt for energi og prosessteknikk, Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet, 2009.

12. VEDLEGG

12.1 VEDLEGG 1 REFERANSEBYGG

Tidligfase informasjon om bygg til analyse der alle kontaktpersoner og kontaktinformasjon er fjernet da det ikke er gjort avtale om å publisere dette

GK LINDINVENT

Referanseanlegg	Byggnavn*	Bygglokasjon/adresse*	Bygg areal	Byggår*	Tilleggsinfo/ kommentarer
1	Rosenholm Campus, konferansesenter	Sør Øst Oslo, Oppgård	25000(11.000) av 43.000 kvm		<p>Entrepriiseoppgjøring* Aspelein Ramm Eiendom</p> <p>Byggherre: Sweco Ventilasjonskonsulent: GK Hoved entreprenør: AF-byggformyelse Driftspersonell:</p> <p>Ombbygging av kontorbygg: 150 kWh pr kvm. Prosjektet kostnad 100mill kroner</p>
2	Visma bygget	Dronning Eufemias gate 14, Oslo barcode	21.800 (25.000)	apr.13	<p>1300ventiliter i rammesøknaden er det innarbeidet 20.170 kvm kontorareal (inklusive fellesareal) og to arealer til bevertning (hiv 174 og 60 kvm). Publikumsrelaterte funksjoner som forretning og bevertning er planlagt i hovedutvalgs 1. og 2.</p> <p>Entrepriiseform: byggherre styrt delentreprise. Oslo S utvikling. Bygget er kjøpt og eies av Braathen Eiendom</p> <p>Byggherre: Norconsult Ventilasjonskonsulent: GK Hoved entreprenør: Utbygger: Oslo S Utvikling Braathen Eiendom Driftspersonell: Oslo S utvikling. Solgt til Braathen Eiendom</p>
3	Deloitte bygget	Dronning Eufemias gate 14, Oslo barcode	14279 (14.740)	høst 2013	<p>Energiklasse B</p> <p>Byggherre: Oslo S utvikling Braathen Eiendom Ventilasjonskonsulent: GK Hoved entreprenør: Braathen Eiendom Driftspersonell: Solbråveien Eiendom AS</p>
4	Gk kontor asker	Solbråveien 23	15.000		<p>Rehabiliteringsprosjekt. 80 kWh/m². 125 mill kroner</p> <p>Byggherre: Ryenstubben invest. Prosjektleder: Stor Oslo Eiendom Ventilasjonskonsulent: GK Hoved entreprenør: Ryenstubben invest. Prosjektleder: Stor Oslo Eiendom Driftspersonell:</p>
5	Miljøhuset Gk, hovedkontor	Ryenstubben 10, Ryen, Oslo	14.300	aug.12	<p>Kontraktssum eks mva 108 mill kr. Passivhus netto energibehov 67 kWh/m². Besparelse på 900 000 kr årlig. 6 aggregater. Breeam very good. SFP = 1.2</p> <p>Byggherre: Hjeltnes Consult Ventilasjonskonsulent: GK Hoved entreprenør: Hovedentreprenør bygg: BundeBygg. Hovedentreprenør tekniske fag: Gk.norge Driftspersonell: Avantor. Totalentreprise. Statnett kjøpte av Avantor for 718mill</p>
6	Statnett Norge	Nydalen Allé 33, Oslo	28.000	des.12	<p>Kontraktssum 380 mill kroner eks mva. Energiklasse A passivhus</p> <p>Byggherre: Veidekke Ventilasjonskonsulent: Statnett Hoved entreprenør: Statnett Driftspersonell:</p>
	Grillstad Marine	Trondheim	12.500	Høst 14	Passivhus-standard

SAASPROSJEKT – DBV

Referanseanlegg	Byggenavn*	Byggekasjon/adresse*	Bygg areal	Byggår*	Entreprenøroppbygging*		Leveranse på	Tilleggsinfo/ kommentarer
1	Asker kulturhus	Asker	25000/7000m ² kontorkaler i 2004/2005 og 6 etasje, noe i 3 etasje	2004/2005	Byggherre: Asker kommune	Driftspersonell: Asker kommune	DBV system og temperaturregulering av alle kontorer. Ca 200 soner med kjøling og radiatorstyring. 7000m ² kontor 15 og 6 etasje, noe i 3 etasje.	420 millioner i total prosjekter verdi, ommeunengasjerte Verdal Prosjekt på Lysaker til prosjekt- og byggeledelse
2	Forskningsparken bygg 6, 7 og 8, Oslo	Oslo	15127(20000)	2006	Byggherre: Forskningsparken Invest Rambøll	Driftspersonell: Merkur (oppløst) Betommast Bygg Oslo AS	Leveranse av DBV system for 540 kontorer samt VAV- CO2 regulering av 30 møterom. Temperaturstyring av ca 600 radiatorer.	3 PF radiatorer (nummer 2), kostnad: Energi sentral koster ca. 10 mill NOK mer enn en mer konvensjonell løsning, men denne merkostnaden spares inn i løpet av ca. 10 år pga. store driftsge
3	Statens Helse tilsyn	Calmeyers gate Oslo	10000		Byggherre: Ventilasjon konsulent: Ventilasjon entreprenør: Hoved entreprenør:	Driftspersonell: Ventilasjon konsulent: Ventilasjon entreprenør: Hoved entreprenør:	DBV system og lysstyring for ca 200 cellekontorer og møterom. Fullt LON-nettverk og binding opp i B-CO2 toppsystem. Integrasjon av øvrige systemer som ventilasjonsaggregater, møteroms AV-system, temperaturregulering av glassgård m.m.	
4	Storgaten 33	Oslo	21000	2007	Byggherre: Ventilasjon konsulent: Ventilasjon entreprenør: Hoved entreprenør:	Driftspersonell: Sparebank 1 Byn bygg klima	DBV system, temperaturregulering og lysstyring av 550 kontorer og møterom. Fullt LON nettverk og binding opp i B-CO2 topp system. Integrasjon av øvrige systemer som ventilasjonsaggregater, varme- og kjøle-anlegg.	10 etasjer
5	Regjeringskvartallet R6	Oslo	20000	2012	Byggherre: Ventilasjon konsulent: Ventilasjon entreprenør: Hoved entreprenør:	Driftspersonell: Boro GK Norge AS	Fjernbetjening og fjernservice. Drift 2008 3270167 kWh 500 soner varme/kjøling og DBV i LON-bus systemer, og persennestyring av 200 vinduer i LON system, samt sonevis styring av lys. Alt knyttet opp i Design toppsystem via BæhNet. Fjernbetjening og fjernservice. Full integrasjon etter NS3935 inneholdene	Sentral driftskontroll Saas Prosjekt

SWEGON - WISE

Referanseanlegg	Byggnavn*	Byggløkasjon/adresse*	Bygg areal [m ²]	Byggår*	Entreprisepoppbygging*	Leveranse på	Tilleggsinfo/ kommentarer
1	Skøyen bygg B	Skøyen	20000	tidlig 2013	Byggherre: Fram Eiendom Ventilasjonskonsulent: Tegnet: Delta tek AS Ventilasjons entreprenør: Haaland Klima er ventilasjons entreprenør, Hoved entreprenør: Skanska Driftspersonell:	System: GOLD/WISE	Totalentreprise. VAV i hele bygget, men det er desentralisert system. 2 Eiler flere ventilasjonsagregat pr plan. Flexibel med hensyn til å ta det i bruk etter som leietagere kommer.
2	Østensjøveien 27	Helsøy	17000	høst 2013	Byggherre: NCC property Ventilasjonskonsulent: Multiconsult eller Rambøll Ventilasjons entreprenør: Berke Ventilasjon Hoved entreprenør: NCC construction har bygget Driftspersonell:	System: WISE	Breem-nor: "Very Good". Totalt entrepris VAV med system Wise i alle plan. Passivhus. Bygg uten elektrisk eller vannbåren varme i hovedsak. Kanskje noe i kjeller.
3	Stavanger Businesspark	Stavanger	10 000 (byggetrinn 1)	2013	Byggherre: NCC property som eiendomsbesitter Ventilasjonskonsulent: Stavanger klima Ventilasjons entreprenør: NCC construction har bygget Hoved entreprenør: Driftspersonell:	System: GOLD/WISE	Breem: "Very Good". Prosjekt i 5 byggetrinn der første er på 10 000m ² .
4	Sivhveigardsgate 21/23	Rettved Oslo S	20000	2013	Byggherre: RomEiendom (mulig kombinasjon med Gjensidige) Ventilasjonskonsulent: Hjelnes VVS teknisk rådgiver for Gjensidige sin del Randem og Høbert AS Ventilasjons entreprenør: Skanska Hoved entreprenør: Driftspersonell:	System: GOLD/WISE	Breem-nor: "Excellent", første i Norge. Wise behøvstyre anlegg. Det er to bygg, det ene holder NSB iii i (rom og eiendom) og det andre holder Gjensidige til.
5	Hagaløkkveien 28, Alibel	Aster	20000	2011	Byggherre: Albel leier. Ferd Eiendom Hjelnes Ventilasjonskonsulent: Hjelnes Ventilasjons entreprenør: Oras AS Hoved entreprenør: Skanska v/ anlegsleder Driftspersonell:	System: GOLD/WISE	Gutta som jobbet med det ventilasjonstekniske har sluttet. Energibrønner, sprinkling, lys, data, luft, kjøling, varme, lagt opp for fleksibel endring av bygget fra landskap til celleteknor.

FLAKTWOODS - IPSUM

Referanseanlegg	Byggnavn*	Bygglokasjon/adresse*	Bygg areal	Byggår*	Entreprisoppbygging*		Tilleggsinfo/ kommentarer
1	Hoffsveien 70B	Hoffsveien 70B, Oslo, Hølsfyr, Smestaddammen	6000 (av 8450)	2013	Byggherre: (Nordea Liv) Linstow AS Ventilasjonskonsulent: Norconsult Ventilasjons entreprenør: Kunde: Brynbygg klima as Hoved entreprenør: Aktiv Bygg AS Driftspersonell: Oslo Eiendomsservice. Overført til Aker Eiendomsdrift.	Peab Sverige Ventilasjonskonsulent: Lindbergs Energi & VVS AB Hoved entreprenør: Totalentreprenør	Komplett nytt sprednett, alt av ventilert byttet, noen VAV spjeld trukket ut (for mange i beskrivelse)
2	Språkskolan Umeå,	Sverige	2 400	jan.14	Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjons entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	Peab Sverige Ventilasjonskonsulent: Lindbergs Energi & VVS AB Hoved entreprenør: Totalentreprenør	Totalentreprise, verd: 45-50 mkr. 2 bygg 60 mil. Baltigruppen som står bak bygget.
3	SKF kontor Gøteborg, Hornsgatan 1	Sverige			Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjons entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:		SKF Eurotrade AB
4	LTU Luleå, Universitetsområdet, Porsön, 971 87 Luleå, Sweden	Sverige		sep.14	Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjons entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	NCC NCC	Luleå tekniska universitet, bygger passivhus
5	Freja Piteå	Sverige			Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjons entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:		

CAVERION - KLIMATAK

Referanseanlegg	Byggnavn *	Bygglokasjon/adresse *	Bygg areal	Byggår*	Entreprisepoppbygging*
1	Nydalshøyden Bygg A	Nydalen Allé 37, Oslo	20 000	2010(2005)	Byggherre: Avantor AS Ventilasjonskonsulent: Norconsult Total entreprenør: Vedal Entreprenør AS i samarbeidskontrakt Hoved entreprenør: Avantor AS. Driftspersonell: (Nydalen Campus AS), Avantor AS
2	BI nydalen (3. etg til 7 etg.)	Nydalsveien 37, Oslo	95 200	aug.05	Byggherre: Erichson & Horgen Ventilasjonskonsulent: Haaland eller Randem & Hubert Hoved entreprenør: Byggherrestyrt delentreprise. Vedal prosjekt BI (Eier og drifter) Driftspersonell: Avantor AS
3	Gjerdrums vei 4 Nydalen	Oslo		2012	Byggherre: Caverion Ventilasjonskonsulent: Caverion (Betonmast) Hoved entreprenør: Pandox AS Driftspersonell: Caverion
4	Torvbygget i Nydalen (radisson Blue Hotel)	Oslo			Byggherre: OXER AS Ventilasjonskonsulent: Sweco for YIT, Erichsen & horgen for OKK Hoved entreprenør: Caverion Driftspersonell: Totalentreprenør / Prosjekt- og byggleielse: OKK entreprenør AS
5	Østre Aker Vei 31	Oslo	16 000	2010	Byggherre: OXER AS Ventilasjonskonsulent: Sweco for YIT, Erichsen & horgen for OKK Hoved entreprenør: Caverion Driftspersonell: Totalentreprenør / Prosjekt- og byggleielse: OKK entreprenør AS
6	Ullern Panorama	Silurveien 1, Oslo	30 000	Byggetrinn 1 ferdig desember 2014.	Byggherre: AS Sevaagbygg Ventilasjonskonsulent: AS Sevaagbygg Hoved entreprenør: AS Sevaagbygg Driftspersonell:
7	Caverion Norge Hovedkontor	Ole Deviks vei 10, Oslo			Byggherre: Base Property Ventilasjonskonsulent: Sweco v/ Beset Hoved/ventilasjons - entreprenør: Caverion Driftspersonell: Seabrokers Sweco
8	Forus Industri Arena, Avdeling Cegal	Forus	2500 av Ca10800	2013	Byggherre: Sweco Ventilasjonskonsulent: Sweco Hoved/ventilasjons - entreprenør: Caverion Driftspersonell: Seabrokers Sweco
9	Vestre Svanholmen 1	Forus	Ca 31 000 m2	Jan.11	Byggherre: Caverion Ventilasjonskonsulent: Caverion Hoved/ventilasjons - entreprenør: Caverion Driftspersonell: Caverion
	Caverion sine lokaler i Trondheim		Kontorbygg	2008	ca 12 000
	Ingvald Ystg.v 23		kontorbygg		ca 8 000
	TMW Odden, Trondheim		Kontorbygg		ca 25 000

MICROMATIC

Byggenavn*	Bygglokasjon/adresse*	Bygg areal	Byggår*	Entreprisepoppbygging*		Tilleggsinfo/ kommentarer
Hersleb skole	Oslo, Osterhaus' gate 22	ca 10 000	aug.14	Byggherre: Ventilasjonsskonsulent: Ventilasjonss entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	Samspilskontrakt mellom Undervisningsbygg og HENT Undervisningsbygg	Har de god oversikt over: Rehabiliteringsprosjekt . Kontaktpunkt for leverandøren som har blitt tildelt kontrakten: Pewe Entreprenør AS/5 980991172. Kontraktens samlede verdi 350mill uten Mva
Nordseter skole	Eikebergveien 200A	7480 bruttutareal	Ferdigstilt i løse 2014	Byggherre: Ventilasjonsskonsulent: Ventilasjonss entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	oppdragsgiver: Betonmast	Har de god oversikt over: Entrepriseform:partnering. Bygges etter passivhusstandard
Asker Panoramia, kontorbygg	Drengersdubekken 12, 1383 Asker	32 000	des.13	Byggherre: Ventilasjonsskonsulent: Ventilasjonss entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	OXER Gruppen Byrn byggklima Totalentreprenør: OKK Entreprenør OXER Gruppen	Kontraktssum e ks mva 457 millioner kr. Breeam excellent. Beregnet strømførbbruk er ca. 57,5 kWh/kvm • Beregnet produksjon av fornybar energi er ca. 31,8 kWh/kvm
Fredrikstad helsehus	Sarpsborg	22.000 inkl p-kieller(15 000 + 5 500)	november 2013	Byggherre: Ventilasjonsskonsulent: Ventilasjonss entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	samarbeidsprosjekt mellom Totalprosjekt AS som konseptleier og Værste AS som tiltakshaver Ingenia Totalentreprenør: AF Bygg Østfold	NVS sikret seg hele VVS entreprisen. Prosjektverdi: 450 millioner kroner. Totalentreprise
Nordbygata 1	Grønland, Oslo	15 000 kontorer	des.13	Byggherre: Ventilasjonsskonsulent: Ventilasjonss entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	Oppdragsgiver Struktura AS	Entrepriseverdi 200000
Profilbygget	Snarøya, Fornebu	28 000 kvm	2013	Byggherre: Ventilasjonsskonsulent: Ventilasjonss entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	IT fornebu AS splittet til technopolis eier og driver Norconsult Haaland klima Totalentreprenør: Vedal Entreprenør AS, Skanska Technopolis	Kontraktssum 500mill eks mva. Eies av Technopolis. Bygget driftes av utleier. Erik Kirstensen for å forberede driften.
Ft. Nansensvei 7	Oslo			Byggherre: Ventilasjonsskonsulent: Ventilasjonss entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:		
Jerikoveien 7	Oslo			Byggherre: Ventilasjonsskonsulent: Ventilasjonss entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:		
Paleet	Oslo	10 000	mai.14	Byggherre: Ventilasjonsskonsulent: Ventilasjonss entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	KLP eiendom	Kjøpesenter
Akersgata 51	Akersgata 51, Oslo	18500	høst2008	Byggherre: Ventilasjonsskonsulent: Ventilasjonss entreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	Entra Eiendom v/prosjektstjef Erichson & Hørgen Totalentreprise NCC construction	265 mill kr, Energiemerke E. Info på entra.no.

LINDAB – PASCAL

Referanseanlegg	Byggnavn	Bygglokasjon/adresse	Bygg areal	Byggår	Entreprisepoppbygging		Leveranse på	Tilleggsinfo/ kommentarer
1	Svovlestikka Opplyringscenter	Svovlestikka 1-3, Oslo	6 500	apr.13	Byggherre: Oslo Kommune	Ventilasjonskonsulent: Bryn Byggklima	Pascal VAV	I drift. Skole, totalrehab. Leieavtale mellom PS eiendom og utdanningsetaten i Oslo kommune. Startet 1/1 med å måle. Totalentreprise - Aggregat 75 000 m ³ /h
2	Øvre Torg, Kunnskapsenteret	Øvre Torwei 1, Sandvika	15 500	aug.14	Driftspersonell: Entra Eiendom AS, prosjektansvarlig og ledelse: Optimo Prosjekt AS	Ventilasjonskonsulent: ORAS	Pascal VAV. Kun til deler av bygget, dvs til høyblokk fordi de ikke hadde logg/mulighet til å lese av CO2 logg da det er krav om dette i klasserom. Har skaffet seg den muligheten nå. Ca 200 VAV enheter, totalt 400	Under oppstart. breeam sertifisert. Totalentreprise.
3	Haraldrudveien,	Oslo			Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Hoved entreprenør: Driftspersonell:		Pascal VAV	I drift. Rehabilitering
4	Danske Bank	Søndre Gata 15, Trondheim	2007?		Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	Danske Bank, E.C Dahl Eiendom	Pascal VAV	I drift. Rehabilitering. Pilotprosjekt. Kun Pascal VAV i 1 del av bygget (av 2 deler). Ikke VAV i resten av bygget
5	Roxel,	Stavanger, Skogstøraen 21	1600		Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Hoved entreprenør: Driftspersonell:		Pascal VAV	Kom feridg fra Lindab. Full flex anlegg for endring av kontorer. Detektorer i tilluftsventil.
6	Fornebuporten	Fornebu	80000 (5000kontor, 30000kjeller, 20000bolig)	Ferdig 2016, første kontorbyg g ferdig 2015	Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Hoved entreprenør: Driftspersonell:	Fornebuporten AS, Oras	Pascal VAV, ca 2000 VAV enheter. I en blokk (første blokken) ca halvparten av totale areal.	Under bygging. HENT som har gitt kontrakt til Lindab

TROX AURANOR

Referanseanlegg	Byggnavn*	Ygglokasjon/adresse	Bygg areal	Byggår*	Entreprisecoppbygging*	Leveranse på	Tilleggsinfo/ kommentarer
1	Menstad Ungdomsskole	Haugsvaleien 34, 3712 Skien			Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjonsentreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell: GK Norge AS Avd Porsgrunn		
2	Førde Rådhus	Hafstaadvegen 42, 6800 Førde	8 500	15.nov	Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjonsentreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell: Nordplan AS Total rådgiver: Norconsult Caverion Norge Åsen & Øvreid		Totalkostnad eks mva 260mill
3	Nordkraft, Narvik	Teknologiveien 2, 8517 Narvik	3 600	nov.13	Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjonsentreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell: Nordkraft RH Ventilasjon		Kontraktssum på 62,2 millioner
4	Norsk Maritim senter	Ålesund, Ålebyen	23 000 m2		Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjonsentreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell: Oras Trondheim		Har tilgang på driftspersonell
5	Siemens Oslo	Østre Aker Vei 90, 0595 Oslo	25 000	des.13	Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjonsentreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell: Finans Gruppen Eiendom AS og Winta Eiendom AS GK Norge AS Avd Oslo AF		Totalentreprise med en verdi på 264 mill uten moms. Siemens solgt bygget i 2010 for 321 mill. Sertifiseres med Lead Gold.
6	Barcode DnbNor A-B-C	Dronning Eufemias gate 20-24 Oslo	Denne jobben er stor, 3bygg: 85 000(37 000 + 22 500 + 11 686	2013	Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjonsentreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell: Oslo 5 utvikling solgt til Dnb livsforsikring asa & DNB scandinavian property fund. Kontaktpersoner DNB: Erichson & Horgen GK Norge AS Byggherrestyrt delentrepriser, ledet av Vedal prosjekt		eieendomsverdi 4,8 mrd. Prosjektledelse Vedal Prosjekt. Jeg skjønner at du her tenker på Midtbygget, det midterste av DNB byggene i Operakvarteret. Byggene benevnes hhv Vestbygget, Midtbygget og Østbygget.
7	Greisen Barneskole	Oslo			Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjonsentreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell: Undervisningsbygg Oslo KF Berke Ventilasjon AF gruppen		Alle tre byggene eies forenklet sett av DNB Liv – dette er DNBs Livsforsikringselskap. DNB Næringsleiidom er
8	Statoli Fornebu	Martin Linges vei 33, Fornebu	117000 inkl parkering, 66 800 kontorer	sep.12	Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjonsentreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell: IT Fornebu Eiendom AS oppdragsgiver, Stor-Oslo Eiendom var prosjektledere Haaland Klima og Randem & Hubert i samarbeid Slensskontakter for bygget. Kontraksverdi 1.1MRD		Verdi på avtale MNOK 210 (eks mva) Klasse A bygg. Koster 19 500 kr pr m2. Siemens Automatik + belimo. Driftskost 500kr/m2. Energibruk 100kwh/m2, se mer IT fornebu
9	Storgata 51	Storgata 51, Oslo	10 900	sep.13	Byggherre: Ventilasjonskonsulent: Ventilasjonsentreprenør: Hoved entreprenør: Driftspersonell: Eiendomsspar. Bygg kjøpt av Oslo Areal Berke Ventilasjon AF gruppen Eiendomsspar		Totalentreprise, 114 millioner kr. Totalrehabilitering

12.2 VEDLEGG 2 FUNKSJONSKLASSIFISERING

Poenggivning for funksjoner basert på NS-EN 15232:2012[53]

Poeng	Oppvarming og kjøling
0	Ingen automatisk kontroll av rom temperatur
1	Sentral automatisk kontroll av rom oppvarming fra tilluft og avtrekk
2	Individuell romkontroll: På termostatiske ventiler, eller elektriske regulatorer
3	Individuell romkontroll på termostat med kommunikasjon mellom regulator og BACS
4	Individuell romkontroll med kommunikasjon og tilstedeværelse
CO2 og gasser	
0	Ingen kontroll
1	Sentral automatisk kontroll
2	Individuell romkontroll med sensor som detekterer CO2 konsentrasjonen og regulerer luftmengden på romnivå.
3	Individuell romkontroll der CO2 sensor eller andre gass-sensorer har kommunikasjon opp mot BACS og styrer luftmengden etter det.
Sekvensstyring på radiator	
0	Nei
1	Ja
Luftmengde på romnivå	
0	Ingen kontroll, systemet går konstant
1	Tidskontroll. Systemet kjører på en tidsinnstilling
2	Regulering på tilstedeværelse. Systemet kjører avhengig av tilstedeværelse i rommet via lysbryter, IR sensorer etc. Dvs. on/off
3	Behovsstyrt regulering. Basert på antall personer, inneluft parametere eller kriterier (CO2, VOC, temp) som er tilpasset bruken.
Luftmengde og trykk kontroll på aggregatet	
0	Ingen kontroll
1	Kjører konstant trykk med maks mengde luft
2	Trinnstyring av trykket, for å redusere energibruken på viften.
3	Automatisk luftmengde eller trykk for lastavhengig luftmengde til alle tilhørende rom i systemet.
Varmegjenvinner	
0	Ingen gjenvinner
1	Gjenvinner
2	Gjennvinner med overhetingskontroll og defrost.
Mekanisk kjøling	
0	Ingen automatisk kontroll
1	Natt kjøling
2	Fri kjøling
3	H,x kontroller. Mengden utendørsluft og resirkulert luft er modulert for å minimere mengden mekanisk kjøling
Temperaturstyring på tilluft	
0	Ingen automatisk kontroll
1	Kontant settpunkt
2	Variabelt settpunkt med utendørs temperatur kompensasjon
3	Variabelt settpunkt med last avhengig kompensering
Fuktighetskontroll	
0	Ingen automatisk kontroll
1	Duggpunkt kontroll
2	Direkte kontroll der tilluft eller romluft er fuktighetskontrollert.
Lystyring	
0	Manuell on/off
1	Manuell on/off med dimmer
2	Automatisk detektering på og av (timer), dimmer
Solavskjerming	
0	Ingen
1	Manuell
2	Motorisert manuell
3	Automatisk motorisert
4	Kombinert solavskjerming og HVAC kontroll, der energibruken optimeres med lyst, ventilasjon og solavskjerming for okkuperte og uokkuperte rom
	forts.
SD anlegg, BACS	
0	Ingen
1	Enkelt SD anlegg som viser status
2	SD anlegg der settpunkt kan settes og reguleres for ulike parametere
3	SD anlegg med avanserte styringsprogrammer, alarmer, settpunkt, logging, nettverk, analyser

Totalpoengene eller underpoengene for hver enkelt bolk kan benyttes til å si noe om systemet er enkelt eller avansert. Oppdeles det i klasser, har EN 15232:2012[53] et forslag i oppdeling fra A-D der A er mest avansert og D er minst avansert. Standardene for hva som hører til hver enkelt klasse må på forhånd bestemmes slik at klassifiseringen kommer i rett klasse. En føring som forteller noe om klassene er beskrivelsen som sier at:

- Klasse A: høy energieffektiv BACS og tekniske funksjoner
- Klasse B: avansert BACS og noen tekniske funksjoner
- Klasse C: Standard BACS
- Klasse D: Ueffektiv BACS, systemet er ikke godt.

12.3 VEDLEGG 3 EKSTRA INFO , TILBAKEMELDINGER FRA UNDERSØKELSE

Her kommer problemer og komplikasjoner tydelig frem hvis det har vært det. Gjør oppmerksom på at det bare er en kladd. Sortert i samme rekkefølge som systemene er presentert. NB! noen personmeninger om anlegget kan komme frem

GK LINDINVENT

Visma Bygget	
Ventilasjonssystem valgt på bakgrunn av:	Funksjonalitet
Ventilasjonssystem prosjektert av:	RIV
SD anlegg:	
Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp	
7 kjeller aggregater og 35 kontoraggregater levert av Systemair ventilerer dette bygget. Bygget benytter Lindinvent sin aktive ventil i stort omfang der alle er koblet opp mot SD anlegget, og luftmengder på kontor og møterom styres via Lindinvent programmet.	
Bygget hadde det gamle Lindinvent programmet, men får nå det nye Lindinspekt programmet installert for 100 000kr.	
Garanti	
5 års garanti	
Service og drifts avtale	
Har vært utskiftninger eller problemer med:	
VAV spjeld, komponentsvikt, luftmengder	
Fordeler/Ulemper ved installasjon	
Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering	
Har vært en del problemer med kortslutning da de som lagde kabler(i kjelleren i bygget ved installasjon) lagde 3 meters WAGO kabler. Disse måtte kobles riktig for de 5 ledningene de hadde – og da ble det fort noe feil.	
Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse	
Problemer og utskiftninger etter at leietager flyttet inn	
Trykkfølere i VAV ventiler er det byttet mange av i garantitiden. Det er usikkert hvor mange, men det er byttet flere ganger på samme ventil. Feiles skyldes problemer med trykkfølere i Lindinven ventilen, der loddingen ryker. Det som skjer da, er at de åpner seg 100% og gir maks luftmengde. Det skal skiftes til en ny type som skal eliminere problemet.	
Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag	
Fortsatt noe å forbedre i forhold til å bli kvitt problemet med trykkfølerene nevnt over.	
Pris informasjon	
Pris oppgitt uten automasjon – estimerte med statestikk for 11 andre bygg	
Positivt/Negativt	

Deloitte Bygget	
Ventilasjonssystem valgt på bakgrunn av:	Funksjonalitet
Ventilasjonssystem prosjektert av:	RIV, Erichson & Horgen
SD anlegg:	
Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp	
19 Aggregater av merke Systemair. Alle spjeld, mest aktive Lindinvent ventiler, er knyttet opp mot SD anlegget.	
Garanti	
5 års garanti	
Service og drifts avtale	
Har vært utskiftninger eller problemer med:	

Fordeler/Ulemper ved installasjon
Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering
Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse
Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn
1,5 år før det fungerte som det skulle
Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag
Pris informasjon
Positivt/Negativt
Energibesparende og 5 års garanti

Miljøhuset GK	
Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:	Funksjonalitet
Ventilasjonsystem prosjektert av:	RIV, GK
SD anlegg:	2 delt, Niagara sammenfattet med Lindinspekt
Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp	
<p>I dette bygget er det 6 store luftaggregater av typen Systemair-behovsstyrt installert med en total dimensjonerende luftmengde for aggregatene på 90 000 m³/h. Ifølge GK gir de store ventilasjonsaggregatene lavere spesifikk vifte effekt, SFP, noe som reduserer energibruken. I dette bygget er den på 1.2 noe som kan anses som svært godt. Lindinvent sin aktive ventil med innebygget spjeld står i hovedrollen samtidig som alt er knyttet opp mot SD anlegget. Det er kun luftkjøling, men eget opplegg med egen isvannsmasing for kjøleanlegg til rom med særbehov(datarom mm). Overskuddsvarmen brukes til å varme lokalene om vinteren og til å varme forbruksvann hele året. En annen spesiell løsning for sparing av røropplegg er løsningen med isvann og varmtvann kjøres i samme røret der utetemperaturen defineres om det kjøres varmt eller kaldt vann.</p> <p>Her er det 450 aktive Lindinvent ventiler, der få har feilet før ferdigstillelse. Tilluftsventilen styrer lyset av og på, den registrer hvor varmt det er i rommet og temperaturen på lufta som blåses inn i rommet. I motsetning til urstyring teller systemet antall personer som hører til aktuelt aggregat for området.</p> <p>Innregulering: Sjekke for kortslutninger, strømløst, setter opp til 60 Ohm som adresserer alle ventiler. Ber om full luftmengde på alle ventiler -> sjekker at alle går til maks, så til minimum mengden. Deretter settes den i auto.</p> <p>Anlegget gikk i 1,5 år uten å være tilkoblet Lindinvent systemet. I kontorer og landskap er det temperatur og bevegelses styring, mens det er CO2 styring i alle møterom og alle avtrekk i hver etasje.</p>	
Garanti	
Garantiavtale ved feil - 3 år	
Service og drifts avtale	
Har vært utskiftninger eller problemer med:	
Fordeler/Ulemper ved installasjon	
Kun en kabeltype som skal kople sammen alt. Velegnet for prefab. kabelsystem. Fordel å jobbe sammen med de som har koplet dette tidligere for å unngå en mindre lærerskel.	
Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering	
Tidspress, videre mangel på leietakere i deler av bygget	
Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse	
2-3uker i videre innregulering etter overtagelse pga. foregående punkt.	
Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn	
Det var noe feil på programmering av Lindinvent systemet – I dag er det ingen problemer	
Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag	
Pris informasjon	

Positivt/Negativt

Gode tilbakemeldinger om det behovsstyrte systemet, og åpenheten med hensyn til ulike reguleringsfunksjoner og nye løsninger. Også positive tilbakemeldinger over god oversikt på Lindinspekt SD anlegget. Leveringstiden på Lindinvent komponentene kan være noe treg og må bestilles noe tid i forveien, men går som regel greit bare en husker det.

Statnett Norge

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av: Pris og anbud

Ventilasjonsystem prosjektert av: RIV, Hjelnes Consult

SD anlegg: Niagara AX

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Ventilasjonsanlegget består av 10 aggregater med en total kapasitet på 217.400 m³/h. Aggregatene er av typen Couvet. Her er det ca. 1100 aktive ventiler og VAV i alle rom, der 30 av ventilene kom med feil eller feilet før ferdigstilling. Kjøling via luft i sekvens med radiator. Styres etter tilstedeværelse og temperatur.

Garanti

Service og drifts avtale

Service og vedlikeholdsavtale som blir utført 1x gang pr.år og tilsyn 1x pr. år. Responstid for utrykning er 4 timer i normal arbeidstid og 4 timer utover normal arbeidstid.

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Automatikk og styring, luftmengder, varme/kjøling

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Feil skyldes innregulering: Produksjonsfeil fra fabrikk på busskabel. Vanskeligheter med innregulering av romtemperatur og aggregater som stopper ved frostvakt. Her var det 500-600 koblingsfeil(elektriker feil) i tillegg til feil plugger fra fabrikk.

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Pris informasjon

Positivt/Negativt

Fleksibilitet for senere utbygging endringer
Automatikk - alle parametere ligger tilgjengelig
Enkel SD grensesnitt

DBV SAASPROSJEKT

Asker Kulturhus

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:

Ventilasjonsystem prosjektert av:

SD anlegg: IFIX

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Det er installert i alt 31 ventilasjonsaggregater i bygget. Anleggene forsyner selve bygget med klimatisert med total kapasitet på 225.000 m³/h. Dette gir et maksimalt luftskifte på ca. 9-10 luftvekslinger i timen. Anleggene er dimensjonert for en fremtidig utvidelse på ca. 10-25% og det er bygd opp med mulighet for varmegjenvinning, kjøling og varme. Alle spjeld styres med smart VAV.

Tok 12 uker før anlegget fungerte som det skulle

Garanti

Service og drifts avtale

Serviceavtale på alle anlegg med et lokalt firma, de får melding på mobilen hvis det er driftstans. De rykker ut både på dag/kveldstid.

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Innkjøringsproblemer

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Det var klager på luftkvaliteten på noen kontorer der det tok litt tid å få justert dette riktig inn. Fungerer nå OK etter diverse justeringer

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Det eneste problemet i dag er noen kontorer som grenser ut mot glassgården. Derfor ligger de et par grader over pga. varmen derfra. Ellers så fungerer ventilasjonen ganske bra.

Pris informasjon

10% overskridelser og 100 000kr i ekstra innregulering

Positivt/Negativt

Positive tilbakemeldinger med lite driftstans. Det eneste minuset er att driftspersonell gjerne skulle ønsket at de kunne justert smart VAV selv, istedenfor VEKST Teknologi AS som sitter på programmet. Da må de kontaktes for justering/sjekk av VAV.

Forskningsparken bygg 6,7,8 – Miljøforskningscenteret

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:

Pris og anbud

Ventilasjonsystem prosjektert av:

RIV, Rambøll

SD anlegg:

En kombinasjon av SaasProsjekt og Siemens, Desigo

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Miljøforskningscenteret har 5 aggregater av typen Novema RVT som styres på SD anlegget med 160 000 m³/h som total luftmengde. Det er sentrale kjølebatterier i aggregatene og noe lokalkjøling i rom med stort kjølebehov. Kjøleløsningen baseres på aggregatkjøling med direkte kjøling med vann fra grunnvannsbrønner. Det er konstant tilført kjøletemp med overstyring lokalt med økning av luftmengde hvis rom ikke er i bruk og temp kommer over ønsket verdi.

I kontorene reguleres tilstedeværelse belysning og ventilasjon, med ca. 550 Av/PÅ spjeld med min. luftmengde for tomme kontorer og maks luftmengde for kontorer i bruk. Avtrekk går via spalte under dør til sentralt avtrekkspunkt i fellesområdet. Møterom styres på CO2 og temperatur i tillegg til at det er temperaturstyring av 600 radiatorer(fra termostat i rommet). Systemet er som beskrevet om DBV systemet sumasjons-regulert, dvs. systemet teller opp hvor mange kontorer som er i bruk og gir deretter signal til aggregatet i forhold til pådrag. Det er utvendig solavskjerming på alle solvendte fasader. Alle tekniske anlegg er knyttet til SD anlegget.

Dette system ble installert i 2006 og VAV var noe nytt da. I dag er dette systemet litt tilbake i kvalitet i forhold til det vi ville brukt i dag.

Garanti

3 år

Service og drifts avtale

Ordinær service avtale med Caverion på ventilasjon og egen serviceavtale med SaasProsjekt på automatikk

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Aggregatproblemer, VAV spjeld - 5stk byttet, automatikk og styring, kablingsfeil

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Noen utfordringer i forhold til grid system med åpne kontorløsninger da regulering er basert på tilstedeværelseføler. Det gjør at anlegget kjører mer luft enn nødvendig. Dette er jo et normalt problem i forhold til dagens VAV

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Det har vært noe innkjøringsproblemer med varmpumpe og økt antall kontorplasser (fortetning).

Under installasjon var det noen utfordringer med støy på bus kabel og feilkoblinger av elektriker. Feil kabel i forbindelse med frekvensomformer på aggregat som medførte at automatikk leverandør brukte mye tid på feilsøking.

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Kablingsproblematikk vedr automatikk, feil på signaler.

Det tok 1 år å fikse det helt etter at leietager flyttet inn.

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag
Pris informasjon
Kostnader til ekstra oppfølging. 50-100' kr
Positivt/Negativt
Positivt: Drift kan bytte selv: Spjeld m/motor i enkeltkontorer. Det var lite problemer med Siemens og aggregatkomponenter. Saas prosjekt var flinke til å følge opp feil og mangler. Det er ikke trykkstyrt system med de utfordringer trykkfølere har i forhold til plassering og feil. Bra anlegg til å være tidlig ute med VAV i 2006, da dette var noe nytt. Negativt: SAAS styresystem har stått for mest av problemene.

Storgaten 33	
Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:	
Ventilasjonsystem prosjektert av:	Bryn Byggklima
SD anlegg:	SaasProsjekt har levert SD anlegget, Unireg og SaasProsjekt
Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp	
Rehabiliterings prosjekt med innsetting av DBV system, temperaturregulering og lysstyring av 550 kontorer og møterom. Fullt LON nettverk og binding opp i B-CON topp system og integrasjon av øvrige systemer. Det ble installert 3stk+2stk nye ventilasjonsaggregater av typen GOLD med kapasitet 28 000 m ³ /h og 12 500 m ³ /t (totalt 110 000m ³ /h) sammen med et varme- og kjøle-anlegg (sentral isvannsmaskin). Det er fjernbetjening og fjernservice av systemet og mulighet for tidsinnstilling av ventilasjon og kjøling. Sjaktkanalene ble ikke skiftet	
Det er grenspjeld i VVS sjakter og VAV spjeld i forb. med romstyringen som styres på tilstedeværelse og temperatur. Kro Produksjon har levert spjeld for kontorer og TroxAuranor har levert hovedspjeld mot sjakter.	
Garanti	
Service og drifts avtale	
De som har kompetanse og autorisasjon til utbytting av komponenter kontaktes ved behov.	
Har vært utskiftninger eller problemer med:	
Varme/kjøling, VAV spjeld, kablingsfeil, automatikk og styring, luftmengder	
Fordeler/Ulemper ved installasjon	
Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering	
Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse	
Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn	
Det er byttet en del komponenter. Ventilasjonsanlegget har for liten kapasitet. Det har vært en del problemer med styring fordi det har vært feil med kabling.	
Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag	
Gammelt SD anlegg	
Pris informasjon	
Positivt/Negativt	
Utarbeidet FDV dokumentasjon.	

SWEGON

Skøyen Bygg B	
Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:	Pris og anbud
Ventilasjonsystem prosjektert av:	RIV,
SD anlegg:	WISE sitt eget for romregulering og iFlx vers.5.5
Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp	
Skøyen Bygg B har 21 GOLD aggregater med total luftmengde på 206 000 m ³ /h. Aggregater som betjener butikker styres med fast luftmengde. Aggregater som betjener kontorer styres av romreguleringen (WISE) i forhold til luftmengde behovet. Alle aggregatene har kjøling (isvann) fra 4 stk kjølemaskiner som i eget teknisk rom betjener hele bygget med kjøling (fan coiler, kjølebafler og insvannsvatier i aggregater).	

Ventilasjonsmessig er det benyttet både tilluftsventiler med integrert VAV spjeld samt kombibafler med VAV enheter i kanalen foran baffel. Avtrekket er sentralt, med unntak av enkelte møterom og toaletter etc. Ellers i bygget er det ca. 600 VAV spjeld(tilluft og avtrekk) til møterom og ca. 90 sonespjeld. 80 av disse spjeldene kom med feil eller feilet før ferdigstillelse. Alle kontor og møterom styres av WISE systemet på SD anlegget.

Garanti

Service og drifts avtale

Avtale basert på FDV kostnadene

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Aggregatet; Disse har integrert automatikk og krever derfor lit kobling på plassen.

Romregulering: Krever noe kobling fra elektriker, men en del av koblingene er med hurtigkabler som leveres av leverandøren av romreguleringen.

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Fabrikks feil på en del sonespjeld der spjeldene mistet kommunikasjon og stod i låst stilling. Disse har blitt skiftet ut.

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Feil på børverdi og kanaltrykk

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Pris informasjon

Positivt/Negativt

Østensjøveien 27

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:

Pris og anbud

Ventilasjonsystem prosjektert av:

RIV, Rambøll

SD anlegg:

Johnson Control Metasys - Emtech

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Østensjøveien 27 har 15 kompakttaggregater fra Systemair AS (totalt 120 000 m³/h) designet for 70% samtidig, med innebygd automatikk med overstyring av ur/temp fra byggets SD anlegg – Swegon Wise VAV løsning. Det er ingen lokal kjøling, men kun sentral kjøling fra luftkjølt isvannsmaskin på 420 kW i et ett rørs varme/kjøleanlegg.

Kontor og møterom styres av Swegon WISE systemet der alle mengdestyrte spjeld og enheter er knyttet opp mot SD anlegget. Hvert rom har en kontroll enhet for å tilpasse kjøling, oppvarming og persiennestyring. Det er 600 VAV spjeld, der ca. 10 kom med feil eller feilet før overlevering. Temperatur på romnivå reguleres mht. tilført luftmengde og temperaturer på ytre og indre fasade. Tilluftstemperatur utkompenseres iht. erfaringer og beregner gjort i Simien.

Garanti

Periode ennå ikke utløpt. Leverandørene utbedrer feil fortløpende.

3 års reklamasjonstid

Service og drifts avtale

Service og driftsavtale med utførende TE samt vaktmester ved Basale. Vaktmester var med 0,5 år på innkjøring før ferdigstillelse.

Driftsavtale i reklamasjonstiden som dekker forbruk.

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Enkel kabling, stor fleksibilitet, god visuell fremvisning av arealer med mange parametere

Std komplikasjoner i denne type bygg med noe avstand mellom hva som forventes av bruker og hva byggherre ønsker. Brukere har som regel ingen forståelse for energikonseptet og at stor individuell kontroll medfører et høyere energiforbruk.

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

6 uker redusert til 3 som følge av presset fremdrift.

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Hovedsakelig var det ikke tilstrekkelig mengder med varme som kunne leveres via fjernvarmen. 1-2 mnd å fikse - kostet 0 kr

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

En del innkjøring av sonespjeld og soner som ikke fungerte optimalt. Vifte på noen aggregater er byttet som reklamasjon. Noe lokale avtrekk i birom var for dårlig etablert.

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Sommerdrift var ikke innregulert fordi det er første året med dette

Pris informasjon

Holdt seg innenfor kalkyle. Levert anlegg er kostnadmessig for rimelig kontra hva byggherre har fått. SD og endringer i byggetiden er inkludert i prisen i tillegg til innregulering og div montasje på 1,5 MNOK eks mva. Det er usynlige kostnader hvor de utførende i kontrakt har definert grensesnittet (mot elektro og rør) og derfor ikke er sportbart.

Positivt/Negativt

Positivt: Godt og robust anlegg med stor fleksibilitet. Lave hastigheter, minimalt med lyd og lave trykk i systemet. Levert anlegg er kostnadmessig for rimelig kontra hva byggherre har fått.

Negativt: Wise systemet er lite integrerbart med system som ikke leveres av Swegon. Grensesnitt blir ofte vanskelige og lite smidige.

Schweigaardsgate 21/23

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av: Byggherre bestemte

Ventilasjonsystem prosjektert av: RIV,

SD anlegg: Levert av Klimacontrol AS

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Schweigaardsgate 21/23 har 15 luftaggregat levert av Swegon GOLD m/integrert automatikk til en total luftmengde på 300 000m³/h. Bygget har isvannsanlegg, kjølebatterier i aggregater og kombibafler i møterom. Hele systemet, med bl.a. 250 VAV spjeld, for kontorrom, møterom og aggregat styres fra SD anlegget, men via SuperWise fra Swegon hvor man kan lese av og evt. endre parametre, luftmengder etc.

Garanti

Standard

Service og drifts avtale

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Noe feil grunnet feilkabling/kobling av elektriker.

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Pris informasjon

Ble ca 2MNOK dyrere enn antatt. Pris inkludert kjøling

Positivt/Negativt

I forhold til forutsetningene i totalentreprisen er byggherre meget fornøyd med leveransen. Tilbakemeldingene var gode ra Gjensidige og NSB.

Hagaløkkveien 28, Aibel

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av: Funksjonalitet

Ventilasjonsystem prosjektert av: RIV,

SD anlegg: Metasys

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Aibel bygget har 16 aggregater på til sammen 192 000 m³/h av typen GOLD. Kjøling gjøres fra brønnpark (varmepumper) og kjølemaskin (isvannskjøling). Totalt er det opp mot 1500 VAV spjeld som er knyttet til Wise – VAV systemet. Møterom og kontorrom styres automatisk på CO2 og temperatur, men også tilstedeværelse eller manuell.

De som jobbet med det vetnilasjonstekniske på dette bygget har sluttet.

Bygget er bygget i 2 byggetrinn KB1 og KB2(det største) med oppdeling i 7 systemer.

Garanti

Service og drifts avtale

Serviceavtale tilsyn og filterskift. Tilkalling av proforsjonelle ved feil.

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Spjeldmotorer, ca 50stk byttet, feilsignal, garanti

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Få alt til å fungere sammen, krever mye tid.

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Pris informasjon

Positivt/Negativt

Blir igangkjøringen utført nennsomt, vil det gå forholdsvis greit, men et slikt system krever utrolig mye tid. Her er det gode muligheter for justeringer av enkeltkontorer og soner mht. inneklima. Generelt er det god kvalitet på tekniske komponenter fra kjente produsenter osv. En annen positiv ting rundt dette bygget var at driftspersonell ble tidlig med i planleggingen for særlig drøfting av tekniske og praktiske løsninger.

FLAKTWOODS

Hoffsveien 70B

Ventilasjonssystem valgt på bakgrunn av: Funksjonalitet

Ventilasjonssystem prosjektert av: RIV, Norconsult

SD anlegg: iFix på toppen av IPSUM på rom og optimeringsnivå

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Hoffsveien 70B er et totalrehabiliteringsprosjekt med 9 ventilasjonsaggregat, der 6 ble nye og 3-4 av aggregatene fra år 2000 ble bygget om til VAV styring med frekvensomformere og optimering. 80 000 m³/h reguleres via behovsstyrt system og viftoptimering(frekvens) mens ca 16 000 m³/h kjøres med konstant luftmengde på det siste aggregatet for kjøkken og kantine. Det er 2 kjølemaskiner, og separat isvannsmaskin med kjøleytelse på 500 kW.

Det er ca 300 VAV spjeld for ca. 200 regulerte soner med temperatur og luftmengderegulering. Kjøling skjer via ventilasjonsluft(kan ha frikjøling) og kjølebafler(aktive og passive) i alle soner. Alle spjeldene er knyttet opp mot SD anlegget.

Garanti

Leverandør erstatter defekte komponenter

Service og drifts avtale

Energima har service 2 ganger i året

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Feilsøking på BUS kabling. Sikringer i 24V trafoer

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Ventilasjonsanlegget, herunder spesielt automatikken var ikke ferdig ved overtagelse (03.03.14), og er fortsatt ikke testet fullt ut(07.05.14). Anlegget vil nok ikke være ferdig testet og ferdigstilt før til sommerferien i år. Deretter går man inn i en prøveperiode på 6 måneder før byggherren overtar ansvar for driften.

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Se punkt over

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Pris informasjon

I prisen ligger demontering av eksisterende anlegg og installering av ny kjølemaskin på taket til ca 1,3 MNOK. Videre beholdes eksisterende aggregater i kjeller, men det monteres ny automatikk. Nytt kanalnett fra sjakt og ut i alle etasjer unntatt plan U1.
Kostnad på 240 000kr i innreguleringskostnader

Positivt/Negativt

Krever en del kabling, men det er et relativt enkelt system og lett å koble opp for elektriker. Det er solide og robuste produkter med automatikk som passer til en byggeplass.

CAVERION

Nydalshøyden Bygg A

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av: Erfaringsmessig velfungerende

Ventilasjonsystem prosjektert av: Caverion

SD anlegg: Caverion sitt eget system

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Nydalshøyden Bygg A har installert 15 aggregater av typen Behovsstyrt Klimatak. 10 av dem er etasjeanlegg, og 5 stk. er plassert sentralt i kjeller. Den totale luftmengden er på 200 000 m³/h. Det er egne ventilasjonsaggregater som forsyner studioet kontinuerlig med kaldluft.

Det er ca 1200 stk VAV spjeld(Klimatak enheter) der kjølingen gjøres via luften og styres/reguleres ved hjelp av temperatur og tilstedeværelse på kontorer. Det er CO2 styring på møterom.

Garanti

Service og drifts avtale

Standard service avtale med ventilasjonsleverandøren om ble innhentet ifm. prosjektet. Her er det en type Caverion- seriflex avtale på vent. og kjøle/varme med leverandør. Den innebefatter 24 timer drift/overvåking, med alarmoverføring til leverandør med utrykning utenom arbeidstid. Driftspersonell har mulighet for eventuelt bytte reimer og filter.

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Automatikk og styring, varme/kjøling

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Modulbaser system, stor grad av fleksibilitet.

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Vært noen småproblemer med KNX og romregulering, tempgivere osv. Sonestyring og SD-anlegg.

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Eiertakertilpasninger, økende og endring i internlast. Samt noen funksjoner som er litt ustabile i SD.

Pris informasjon

Prisen som er benyttet i utregningene på ventilasjon og automatikk er eksklusive endringer i fm TV Norge på 8,5MNOK slik at bygget stiller likt med tilsvarende kontorbygg slik det originalt var tiltenkt. Samlet teknisk entreprisepkostnad på 124 mill ekskl. mva ekskl. prosjekteringskostnader for tekniske fag. Dette er inkludert alle tillegg mot leietager. Heis er ikke medtatt.

Positivt/Negativt

Virker stor sett greit, er som regel en utfordring med tempstyring i landskaper hvor det sitter mange med forskjellig oppfatning av luftkvaliteten. Klimataket krever stort trykkfall over ventil, opp mot 250Pa. Dette er svært lite gunstig i nye anlegg med SFP krav.

BI Nydalen

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av: Pirs og anbud

Ventilasjonsystem prosjektert av: RIV,

SD anlegg: Levert av Sauter Byggautomasjon AS, Mulig siemens anlegg

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

BI Nydalen er delt inn i 4 blokker, ABCD, som ventileres av 13stk forholdsvis store ventilasjonsaggregat på til sammen 930 000 m³/h. Dette er trykkstyrte aggregater med roterende grenvinnere der også noen er levert med batteri gjenvinner. Kjøle og varme leveres fra Nydalen Energisentral.

Ute i anlegget er det montert VAV spjeld og trykkventiler som styres av tilstedeværelsesdetektorer, temperatur og CO2 givere. Dette gir så signal til frekvensomformere på ventilasjonsanlegget om å gire opp eller ned etter behov og antall personer i bygget. Luften fra luftaggregatet er tilluftstemperaturregulert. Det er ca. 100 VAV spjeld(gjelder ikke kontoretasjer, da annen leverandør hadde disse arealene). Møterom/grupperom domineres av klimatak med trykkventiler. Disse leverer luftmengder med konstant trykk. Hver ventil har 2stk spjeld. Grunnventilasjonen er på 40 %. 30 % blir styrt av en tilstedeværelses detektor og de siste 30% blir styrt av en temperaturgiver der man kan forskyve setpunktet opp eller ned.

Garanti

5 års reklamasjon

Service og drifts avtale

Daglig kontroll via SD-Anlegget. Her avdekkes og kontrolleres temperaturer, trykk og feilsignaler. Driftspersonell har selv tilsyn av ventilasjonsanleggene hver 12. uke som historikk loggføres i et FDV system. Her blir det avdekket ulåter og feil på et tidlig stadium. I tillegg er det også en servicekontrakt 2 ganger i året med et autorisert ventilasjonsfirma som sjekker lager, vifter og bytter tilluft og avtrekksfilter etter behov.

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Luftmengder, automatikk og styring.

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Det er mye motorstyrte brannspjeld på anlegget, og disse er det vanskelig å orientere seg mot.

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Frekvensomformerene som driver motorene til viftene er skiftet ut til et annet fabrikat pga. mye driftsstans med de gamle. Luftmengdene er økt i et par aggregater da bruken og antall personer i byggene har økt. Utskiftning av VAV komponenter fra bygget var nytt til i dag er nok under 5% et sted.

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Vi har god kontroll og lite problemer.

Pris informasjon

Pris inkl. tillegg, kjøpt inn når markedet var desidert på bunn.

Positivt/Negativt

Positivt at det er utarbeidet FDV dokumentasjon. Det er budsjettert for både service og deler samt også investeringer i utvidelser. Ventilasjonsanleggene er store og tilfører luft til flere etasjer i en blokk. Driftspersonell mener det er en utfordring å få alle til å bli fornøyd. «Det hadde kanskje vært en fordel og installert flere små anlegg, men det er vel et kostnadsspørsmål i prosjekteringsfasen». De store aggregatene har svart til forventningene og spesielt den ekstra kostnaden(400 000 dyrere enn billigste konkurrent) som ble lagt ned i roterende gjennvinnere(6m i diameter) med henblikk på kvalitet.

Østre Aker vei 31

Ventilasjonssystem valgt på bakgrunn av:

Pris og anbud

Ventilasjonssystem prosjektert av:

Caverion

SD anlegg:

Caverion

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Østre Aker vei 31 har 6 luftaggregater av typen Flakt med en samlet total luftmengde på 150 000 m³/h. Totaleffekten på hovedkursen til kjølingen er på 886 kW og det er også en frikjølingskurs på 26 kW.

Møterom og kontorrom styres hovedsakelig av VAV(60 totalt, i hovedsak for møterom) som er knyttet opp mot SD anlegget. Det er ca. 60VAV spjeld, der disse er i møterom for

Koster ca 90.000,-/år for å drifte hele klimaanlegget(vent-kjøling etc)

Garanti

Service og drifts avtale

Serviflex avtale med Caverion

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Standard gjentakelses-effekt.

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Styringen

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Pris informasjon

Positivt/Negativt

Gjentagelse ,likt fra rom - rom.

MICROMATIC

Asker Panorama

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:

Ventilasjonsystem prosjektert av:

SD anlegg:

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Asker Panorama har 11 Novema RVT luftaggregat med en kapasitet på 225 000 m³/h. Kjøle- og varmeløsningen er vannbåren direkte fra energibrønner der det hovedsakelig kun er kjøling som trengs til kjølebafler, fancoils og ventilsjons aggregatene. Hele ventilasjonsanlegget er knyttet opp mot SD anlegget der møterom og åpne landskap styres av VAV(ca 180stk) med CO2 følere og temperaturfølere. Kontorrommene har kun enkel CAV. Ventilasjonen i blokkene er inndelt i 4 vertikaldelte soner.

Garanti

Standard ved leveranser

Service og drifts avtale

Vent entreprenør skal drifte anlegget i 1 år og det er opprettet serviceavtale. Service avtalen er standard, hvor leverandør skifter filter osv. 2 ganger i året, foruten at de justerer og trimmer inn anlegget i samarbeid med driftspersonell for optimal drift. Driftspersonell følger med på SD anlegget og gjør de endringene de kan. Blir det avansert tar de kontakt med leverandør/vent.teknikkere.

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Varme/kjøling, automatikk og styring

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Vanskelig tilgang hos leietakere.

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Mye som måtte innreguleres

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Noe smårusk, men ikke mye. Noe av dette er knyttet til rørentreprise(kjøling). Det var noe ombygging ved styringen pga. innregulering av kjølingen.

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Noen klager på områder som må dimensjoneres bedre etter faktisk belastning. Leietaker spesifikasjonen krevde stor kjølekapasitet, noe som viste seg å være mer enn faktisk behov. Det kan være litt utfordrende å regulere inn dette – tok ca. 2mnd.

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Det er en utfordring i evnen til å skille soner og etasjer med stor belastning kontra de etasjer der det er færre personer ettersom ventilasjonsblokkene er vertikaldelt.

Pris informasjon

Lagt inn tilstrekkelig innregulering: ca. 500.000 i innregulering.

Positivt/Negativt

Veldig smart løsning med å bruke vann fra energibrønner direkte i fancoils, kun kostnad til pumper for vannet. Stor utfordring med 4 forskjellige anlegg/soner i en bygning med vertikaldelte soner. Burde vært VAV på alt for å unngått det problemet

Profilbygget

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:

Funksjonalitet

Ventilasjonsystem prosjektert av:

Haaland Klima

SD anlegg:

SaasProsjekt, Satchwell system, Niagara og KlimaKontroll iFix.

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Profilbygget har 6 luftaggregat, type Novema RVT med integrert automatikk, med total luftmengde på 57 000 m³/h. Kjøle løsning leveres fra Fortum for fjernvarme og fjernkjøling.

Det er VAV løsning (ca. 180 VAV spjeld) sammen med vanlige CAV spjeld med tilluft pr 2,4m modul og sentrale avtrekk. I tillegg er det kombibafler og romtermostater som styrer VAV + kombibaffel + radiator. Møterom har avtrekk direkte i rommet og alle møterom og kontorrom har CO2 og temperatur følere. Hele ventilasjonsanlegget er knyttet opp mot SD anlegget.

Garanti

3 års reklamasjon

Service og drifts avtale

Haaland klima og Klimacontrol står for service og drift med inkludert opplæring av driftspersonell. De har filterskifte for ventilasjon og kjølesystem en gang i året og besøk for gjennomgang av selve ventilasjonsanleggets hardware 2 ganger i året. Kontraktene er fordelt på 3 stk SD leverandører som sjekker programmene opp mot energioptimaliseringslogg.

Driftspersonell kan bytte en del selv, men velger ofte å få leverandøren til å utføre for dem.

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Varme/kjøling, luftmengder, VAV spjeld, automatikk og styring.

Det var feilproduksjon på VAV spjeld.

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Store muligheter for feilkoblinger i forhold til et plug and play system.

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

SD anlegget var ikke ferdigstilt, tok 1mnd å fikse, kost 45000.

I hovedsaken var det styring av anlegget som var problemstillingen og hvordan de kan påvirkes og kontrolleres.

Nei selve anlegget fungerte.

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Styring på kulvertaggregat

Enten blir det en hardware feil eller så er det programmeringsfeil.

Pris informasjon

Lagt ca ca. 60.000kr i igangkjørelse. Pris er for high end løsning.

Positivt/Negativt

«Klima er nest etter kaffen det som samtales mest om i forhold til om det er kaldt eller varmt i lokalet. Stabil temperatur generer veldig gode arbeidsforhold for drift og det skaper god økonomistyring».

Nordbygata 1

Ventilasjonssystem valgt på bakgrunn av: Funksjonalitet

Ventilasjonssystem prosjektert av: RIV

SD anlegg: Niagara

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Nordbygata 1 har fått installert 11 Novema DV Compact E ventilasjonsaggregat med integrert automatikk(overstyres av SD anlegg). Den totale luftmengden på hele bygget er ca. 150 000 m³/h og det er installert kjøleanlegg til hvert aggregat.

Felles for hele bygget er at møterom og stillerom styres på CO2/temp føler. Kontorarealer styres av temp føler og bevegelsesføler.

I 5. t.o.m. 8 etasje er det konstante luftmengder med kjølebafler i kontorer og fellesarealer. Møterom og stillerom har VAV i kombinasjon med kombibafler. I 1 t.o.m 4. etasje betjenes av to store aggregater plassert i teknisk rom i kjeller. Disse etasjene har VAV i alle kontorer og møterom. Alle korridorer og fellesarealer har fast luftmengde. Totalt er det ca 470 VAV spjeld, der trolig alle kom med feil: «uvist, men sannsynligvis alle».

Garanti

Std garanti i hht NS 8407

Service og drifts avtale

Tilkalling ved behov

Har vært utskiftninger eller problemer med:

VAV spjeld - Alle sammen bør/skal skiftes ut.

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Overvåking av hvert rom vedr temp, luftmengde og lys krever mye kabling og mange automatikk-komponenter, men samtidig gir det bygget stor fleksibilitet. Det er mulig å endre setpunkter etc. fra SD anlegget samt sjekke pådrag på de ulike komponentene uten å fysisk være tilstede.

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering
Alle komplikasjoner knyttet til igangkjøring gjelder VAV-spjeldene. De er levert med KNX-motorer fra Siemens som hadde en program-bug som gjorde at spjeldene i perioder ikke fungerte som de skulle. Alle motorene er byttet ut og programmert på nytt, noe som medførte mye ekstra arbeid.
I fremdriftsplanen var det satt av 6 uker til innregulering og prøvedrift, noe som burde vært tilstrekkelig. Pga. forsinkelser i byggingen av bygget var det ikke mulig å starte opp de siste anleggene før rett før overtagelse. Feil på VAV spjeldene har medført 8 ukers arbeid med å skifte VAV motorer, programmering og ny innregulering.
Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse
Ref. overnevnte punkt.
Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn
Ref. problemer ved installasjon og innregulering
Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag
Pris informasjon
Pris inkludert sentralstøvsuger
Positivt/Negativt

LINDAB PASCAL

Svovelstikka opplæringscenter	
Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:	Funksjonalitet
Ventilasjonsystem prosjektert av:	Bryn Byggklima
SD anlegg:	Har ikke SD anlegg!
Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp	
Svovelstikka opplæringscenter har 3 luftaggregat, 2 stk. nye GOLD aggregat og 1 stk. eksisterende aggregat. Den totale luftmengden er på maks 80 000 m ³ /h. Kjøleløsningen på bygget er isvann på det eksisterende aggregatet på 55 000 m ³ /h, mens det er DX for de to nye anleggene på til sammen 25 000 m ³ /h.	
155 VAV spjeld styres og reguleres på sensorverdier der Pascal systemet benytter tilstedeværelse, temperatur og CO2. Det er CO2 måler som styrer møterom og kontorrom. Det er verdt å merke seg at dette Pascal systemet står uten et eget SD anlegg, men styrer og regulerer normalt uten mulighet til å se og justere via SD anlegget.	
Garanti	
3år	
Service og drifts avtale	
Må ringe firma ved feil	
Har vært utskiftninger eller problemer med:	
Det har vært problemer(i lite omfang) med: VAV spjeld, komponentesvikt, aggregatproblemer, varme/kjøling, kablingsfeil og luftmengder. Problemene har kun vært i lite omfang.	
Fordeler/Ulemper ved installasjon	
Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering	
Måtte bytte lager på vifta.	
Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse	
Det var feil på sikringer, luftmengder og driftstider. Dette tokk det 1 år å ordne opp i.	
Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn	
Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag	
Mangel på vedlikehold	
Pris informasjon	
Noe er beholdt av komponenter og sjakter.	
Positivt/Negativt	
Noen tilbakemeldinger har kommet på Oslo kommune har bommet på skolepolitikken og nødutbyggingen av dette bygget der det har vært 30-40 %	

belegg med folk under rehabilitering

Øvre Torg Kunnskapssenter

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:	Funksjonalitet
Ventilasjonsystem prosjektert av:	RIV
SD anlegg:	Levert av Johnson Control
Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp	
<p>Øvre Torg Kunnskapssenter benytter 8 luftaggregat av typen Novema 0-10V for et anlegg med konstant tilluft. Ca. estimatet gitt av entreprenør sier at det er 600 VAV spjeld(omtrent alle rom) som alle er knyttet opp mot SD anlegget. Det eneste kjølingen er isvannet som er installert for aggregatet. Bygget er delt i flere enheter der Lindab leverer Pascal systemet for kontordelen(høyblokka) som betjener ca. 4000m² kontorer med luftmengde 40 000m³/h med bl.a 200 VAV spjeld. For delen som utgjør kunnskapssenteret på 10 500 m², utgjørende 120 000m³/h, benyttes Johnson undersentral av typen VMA som er direkte montert på et VAV spjeld. Avtrekksspjeldet, CO2 føler, aktuatorer og temp. følere trekkes tilbake til VMA. Fra VMA går det bus kabel til tavla som styrer viftene i aggregatet via 0-10 v signal.</p>	
Garanti	
Service og drifts avtale	
<p>Kostnader på drift tas på felleskostnaden, dvs. leietager. Større vedlikeholdsoppgaver vil være en eierkost, men dvs. når installasjonene er i enden av sin tekniske levetid</p>	
Har vært utskiftninger eller problemer med:	
Fordeler/Ulemper ved installasjon	
Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering	
Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse	
Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn	
Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag	
Pris informasjon	
400000 kr i innregulering	
Positivt/Negativt	

Fornebuporten

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:	Funksjonalitet
Ventilasjonsystem prosjektert av:	RIV
SD anlegg:	WEB basert (Normatic)
Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp	
<p>Oraflex – varme og kjøle i en enhet i taket i den ene blokken.</p>	
Garanti	
5 års garanti	
Service og drifts avtale	
Har vært utskiftninger eller problemer med:	
Fordeler/Ulemper ved installasjon	
<p>Elektrikker kobler "nesten" bare bus kabel samt legger opp stikkontakter. Det er levert utstyr med 24 V trafo ferdig koblet.</p>	
Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering	
Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse	

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn
Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag
Pris informasjon
Positivt/Negativt

Haraldrudveien 20

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:	Pris og anbud
Ventilasjonsystem prosjektert av:	RIV
SD anlegg:	Leverert av SRO, deres system
Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp	
Haraldrudveien har 7 Novema aggregater der 4 av dem har integrert DX-kjøling og 3stk er uten. Det ca 200VAV spjeld i tillugsventiler på cellekontorer og møterom med avtrekk i korridor. Spjeldet er ikke knyttet opp mot SD anlegget men reguleres av Pascal systemet. På romnivå er det automatisk romregulering i 3 trinn.	
Garanti	
Garanti. Reklamasjon i hht 8407	
Service og drifts avtale	
Serviceavtale med G.K. Omfattende og gjelder alle aggregater osv. Driftspersonell justerer og kontrollerr barre påfyll av væsker, olje osv. mens GK har all annen drift.	
Har vært utskiftninger eller problemer med:	
Det har vært noen problemer med varme/kjøling, komponentsvikt og luftmengder.	
Fordeler/Ulemper ved installasjon	
Ulemper: Vanskelig å montere ventiler. Store muligheter for feilkopling. Systemt gir ikke tilbakemelding om virkelig luftmengde - kun spjeldposisjon. Slangor for trykkmåling løsner.	
Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering	
Feilkopling av kabler og mangler ved utstyret.	
Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse og når leietager flyttet inn	
Det var problemer med at anlegget stoppet 3 ganger i uken. Anlegget måtte restarteres daglig og det var mye problemer med frostvaktten på aggregatet ved ca. 0 grader grunnet oppstart/overganger luftvarme. Det tok 7 mnd å fikse alt. I tillegg har det vært for varmt i små kontorer med mye ståling gjennom vinduer.	
Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag	
Fungerer nå.	
Pris informasjon	
ca kr 100000 ble lagt i igangkjørelse	
Positivt/Negativt	
Positivt: Relativt rimelig system. Negativt: Krever en del prosjektering elektro. Ventiler var ikke montasjevennlige. Systemet burde kunne koplet seg opp mot en pc under igangkjøring. Leverandør kunne hatt bedre kunnskap om systemet.	

TROX AURANOR

Siemens Oslo

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:	Pris og anbud
Ventilasjonsystem prosjektert av:	RIV
SD anlegg:	Desigo
Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp	

Siemens HQ bygget har installert 9 Systemair luftaggregater: 2 stk. DVCompakt-40, 1 stk. DVCompakt-80 og 6 stk. DVCompakt-100. Alle VAV spjeld(550 stk.) er montert med Siemens motorer som er koblet opp på SD anlegget. Bygget har hatt en del problemer da halvparten av VAV spjeldene feilet pga. feil-programmering. Det er tilluft i TUB(TroxAuranor) og sentralavtrekk i landskap. Alle temperatur og CO2 sensorer som er tilknyttet SD anlegget og spjeldene er levert av Siemens. Alle intern automatikk er levert fra Siemens og styres over Siemens SD anlegget.

Garanti

3 år

Service og drifts avtale

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Ulempene er man må kunne Siemens SD og programmering, samtidig som en underentreprenør ikke følger fremdriften og har ressurser til å følge opp leveransen.

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Siemens resurser og evne til å følge framdriften, det gjelder også underentreprenør som ikke følger fremdriften og har ressurser til å følge opp leveransen. Bygget er ennå ikke innregulert etter overtagelsen 10 des. 2013. Det skyldes at Siemens BAU ikke er ferdig med programmering og SD-toppssystemet. «Planen var 3mnd prøvedrift etter 4 uker innregulering. Det ble ingen prøvedrift og ennå ikke klart for innregulering»

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Se installasjon og innregulering

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Se installasjon og innregulering

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Se installasjon og innregulering

Pris informasjon

Ble 30 % dyrere. Siemens var inne selv med automatikk fra SBAU til 10MNOK.

Positivt/Negativt

Negativt: Deltaker i prosjektet mener standard vent.utstyr hadde vært lettere og bygget ville stått ferdig. Det er egne avtaler med automatikkleverandør som ikke er vanlig for dette systemet. Det har fungert dårlig med at Siemens skulle ha all komponent leveransen og egen automatikk, mens ventilasjonsanlegget måtte tilpasses dette.

Barcode DNBor

Ventilasjonssystem valgt på bakgrunn av:

Pris og anbud

Ventilasjonssystem prosjektert av:

RIV,

SD anlegg:

Sauter

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

DNBNor bygget er et komplekst anlegg med komplekse styringsparametere. Her er det totalt 85 ventilasjonsaggregater fordelt på ca. 80 000kvm, med ca 10-12m³/m² for kontorlokalene og 963 000 m³/h totalt. Oppbyggingen og luftmengder:

Vestbygget: ca 15000m², 15 stk ventilasjonsaggregat, totalt 130.000 m³/t.

Midtbygget: ca 40.000m², 54 stk aggregat, totalt 632.000 m³/t.

Østbygget: ca 25000m², 14 stk aggregat, totalt 200.000m³/t

Byggene er behovsstyrt sonevis med CO2 og temperaturstyring. Deler av bygget har kombibafler for de fleste rom. Ellers har alle møterom fancoils og passive baffler. Kjølingen gjøres for alle tre byggene med fjernkjøling med isvannsbatterier på aggregatene.

Garanti

5 års garanti fra leveringsdato. Leverandør som utfører alt arbeid på garanti.

Service og drifts avtale

Service og vedlikeholdsavtale(inkl. vurdering av tekniske anlegg) basert på NVE krav

Service partner og leverandør tar alle service og vedlikeholdsoppgaver(24 timers beredskap) mens egnekontroll tas via driftspersonalet.

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Komponenter det har vært noe problemer med: VAV spjeld(motorer og styring byttet), automatikk og styring, komponentsvikt, luftmengder, varme/kjøling. Det er først og fremst justeringen/innreguleringen på varmesiden som har vært problematisk.

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Det har vært noe feil med vannmengder på varmesiden, samt noe justering på kjøling(baffler, fancoils). Dette ble stort sett ordnet i prøvedriftsperioden som var 6 mnd fra overtagelsesdato.

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Fremdeles komplekse parametere som det tar tid og erfaring å justere. Fra 5-80% funksjonalitet de første ukene estimerer driftspersonell at det nå er 90% funksjonalitet(12mai)

Pris informasjon

Pris var oppgitt uten autmasjon – måtte gjøre anslag basert på data fra 11 andre kontorbygg.

Positivt/Negativt

God byggeledelse og gode prosjekterende.

Statoil Fornebu

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:

Pris og anbud

Ventilasjonsystem prosjektert av:

RIV,

SD anlegg:

Klimakontroll, Siemens

Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp

Statoil bygget har 56 aggregater av typen Novema med en total luftmengde på 720 000 m³/h. Lamellene har 3-4 etasjeaggregat i hver etasje (totalt 42stk. og 498 m³/h) som styres via intern styring, og for plan U1 og 1(møtesenter, kantine, trimsenter, servicesenter) er det 13 aggregater(totalt 220 m³/h) som styres via ekstern automatikk levert av Siemens. Totalt i bygget er det godt og vel 7272 VAV spjeld, der ventilasjonsløsningen er med VAV sonespjeld til optimizer. Hvert sone spjeld er trykkstyrt mot egne VAV spjeld som er integrert i den nyutviklede kjølebaffelen som det er plassert en av pr. grid(3x3m) – det blir 3.100 slike. Her er også lys, sprinkelhode og romregulering integrert. Baffelen vil ha en kapasitet på opp til 225 m³/h luft og en kjølekapasitet på 700 W på kjøleregisteret. Alle spjeldene og romreguleringen er koblet opp mot SD anlegget og ellers styres møterom og kontorrom på fra romreguleringen på bevegelse, termostat og CO2 føler. Tilluftstemperaturen er stilt til 19 grader og radiatorer som er koblet i sekvens kan øke temperaturen hvis det er behov.

Kjølebaffelen, Svalbard-MB, er en prefabrikeret/systemintegret multibaffel levert fra TroxAuranor som ble spesialutvilet for dette bygget. Den har tilluft, avtrekk og kjøling med VAV og lydtemper, omstillbar dysefunksjon, justerbart spredningsmønster, integret lys og lys styring, integrert sprinkel, påmontert regulator for varme og kjøling. Bl.a har den også innebygd tilstedeværelsesføler, trinnløst justerbare dyser, røykdetektor og tilkobling til romregulering.

Garanti

Garanti på anlegget enda, NS3406

Service og drifts avtale

Service avtale med 2 besøk per år. Filter bytte 1 gang i året.

Det er opprettet serviceavtale på ventilasjon, klimakjøling, varme og SD-anlegg.

Har vært utskiftninger eller problemer med:

Det har vært byttet 2 stk. tilluftsmotorer på 3 KW grunnet dårlige lagere

Fordeler/Ulemper ved installasjon

Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering

Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse

Innregulering var ikke klar(luftmengden).

Problemer og utskiftninger etter at leietager har flyttet inn

Det var et kontraktskrav at ventilasjon-, varme- og kjøleanleggene ble testet gjennom en prosedyre hvor samhandlingen mellom systemene ble testet ut før endelig overtakelse og ikke etter. Det er et meget omfattende SD-anlegg (levert av ventilasjons- og kjøleentreprenør) i dette bygget. Problemer med automatikken ved innflytting. Så komplisert at det tok ett år å fikse. Men uten særlige konsekvenser for leietaker ut over høyere driftskostnader (energi).

Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag

Ingen mangler i dag

Pris informasjon

Pris for ventilasjon, klimakjøling og automatikk/SD. Automatikk utgjør ca 18-20MNOK

Positivt/Negativt

Stor fleksibilitet, full kontroll via SD, raskt å gjøre endringer.
Stor investeringskostnad for byggherre.

Storgata 51

Ventilasjonsystem valgt på bakgrunn av:	Funksjonalitet
Ventilasjonsystem prosjektert av:	Bjerke Ventilasjon
SD anlegg:	DE Link
Aggregat og ventilasjonsanlegg informasjon. Styringsprinsipp	
I totalrenoveringen av Storgata 51 er det installert 18 nye luftaggregater som er trykkstyrte. 550 VAV spjeld er installert og knyttet opp mot SD anlegget. Kontor og møterom styres på VAV i forhold til temperatur og eller CO2.	
Garanti	
Ingen garanti - kun reklamasjonsrett. Ventilasjonsanleggene er nye og har garanti.	
Service og drifts avtale	
Ventilasjonsanleggene er nye og har garanti. De er ikke overlevert eier av bygget i brukbar stand fra leverandør og er stadig under utbedring. Normalt utarbeider eier serviceavtale for ventilasjon.	
Har vært utskiftninger eller problemer med:	
Områder det har vært noe problem med: komponentsvikt, kablingsfeil, aggregatproblemer, automatikk og styring.	
Fordeler/Ulemper ved installasjon	
Grensesnitt og trykkforhold	
Komplikasjoner og utfordringer ved installasjon og innregulering	
Problemer og problematikk som gjorde at det ikke fungerte ved overtagelse og når leietager har flyttet inn.	
Ventilasjonsanleggene er var ikke overlevert eier av bygget i brukbar stand fra leverandør og er stadig under utbedring. Leverandør påstod at anleggene var drift-satt og i orden. Ved nærmere ettersyn er kun halvparten av gjenvinnerene i drift da noen ikke er koblet, andre fungerer ikke grunnet temperaturfølere som ikke er koblet og en har en mekanisk feil. Temperaturfølere koblet mot SD og automatikk viser ikke riktig. Det gjenstår å se hvor lang tid det tar å fikse(12 mai).	
Mangler som gjør at det ikke fungerer optimalt i dag	
Varmegjenvinnere som ikke virker. Små vannlekkasjer på varmekursen. Luft I kjølekurs med noe støy. SD viser ikke riktige temperaturer. En vifte slo ut på overload på frekvensomformer, en feilprogrammering ble det antydnet. Shuntmotorer som ikke er koblet opp. Tempfølere som ikke er koblet opp. mm	
Pris informasjon	
Positivt/Negativt	

12.4 VEDLEGG 4 FDVU KOSTNADER I KONTORBYGG

Alle FDV-kostnadene er hentet fra HolteProsjekt FDV Nøkkelen 2014. Oppdelingen presenterer først drift, så utskiftninger og til slutt energi.

31 DRIFT

36 Luftbehandling

Delytelser	Fag
Bygningssdeler NS 3451 med beskrivelse	Ressurser og priser

360.2 Balansert ventilasjon

360.22 Balansert ventilasjon m/ varmegjenvinning

Beskrivelse	Dim	Enh	Frekvens	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	Driftsteknikker	
								Selvkost	Enh.pris
01 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	10000 m ³ /h	RS	3	5 209,31	0,0	22,000	8 976,00	14 185,31	15 603,8
02 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	30000 m ³ /h	RS	3	5 953,50	0,0	35,000	14 280,00	20 233,50	22 256,9
03 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	60000 m ³ /h	RS	5	7 813,97	0,0	43,000	17 544,00	25 357,97	27 893,8

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
1 Serviceavtale drift - pr m2 BTA	8,2	Lavt teknisk nivå: Eldre installasjon, lav installasjonstetthet
2 Forebyggende teknisk vedlikehold - pr m2 BTA	9,1	Middels teknisk nivå: Normal installasjonstetthet
3 Grovrengjøring installasjoner - pr m2 BTA	4,4	Høyt teknisk nivå: Ny installasjon, høy installasjonstetthet
		Justering enhetstider (timer) for m ² BTA: 4000 - 8000 m ²
		Justering enhetstider (timer) for m ² BTA: 10000 - 16000 m ²

Spesielle forutsetninger

31 DRIFT

36 Luftbehandling

Delytelser	Fag
Bygningssdeler NS 3451 med beskrivelse	Ressurser og priser

364.0 Luftfordelingsutstyr

364.00 Luftfordelingsutstyr

Beskrivelse	Dim	Enh	Frekvens	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	Vaktmesterarbeider	
								Selvkost	Enh.pris
01 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	10000 m ³ /h	RS	2	1 518,14	4 813,5	4,000	1 600,00	7 931,66	8 724,8
02 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	30000 m ³ /h	RS	2	2 478,14	5 984,4	6,000	2 400,00	10 862,51	11 948,8
03 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	60000 m ³ /h	RS	3	3 200,01	8 586,3	8,000	3 264,00	15 050,28	16 555,3

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
1 Serviceavtale drift - pr m2 BTA	8,2	Lavt teknisk nivå: Eldre installasjon, lav installasjonstetthet
2 Forebyggende teknisk vedlikehold - pr m2 BTA	9,1	Middels teknisk nivå: Normal installasjonstetthet
3 Grovrengjøring installasjoner - pr m2 BTA	4,4	Høyt teknisk nivå: Ny installasjon, høy installasjonstetthet
		Justering enhetstider (timer) for m ² BTA: 4000 - 8000 m ²
		Justering enhetstider (timer) for m ² BTA: 10000 - 16000 m ²

Spesielle forutsetninger

31 DRIFT

36 Luftbehandling

Delytelser	Fag
Bygningssdeler NS 3451 med beskrivelse	Ressurser og priser

365.0 Luftbehandlingsutstyr

365.00 Luftbehandlingsutstyr

Beskrivelse	Dim	Enh	Frekvens	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	Driftsteknikker	
								Selvkost	Enh.pris
01 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	10000 m ³ /h	RS	1	2 679,07	44 232,3	15,000	6 120,00	53 031,37	58 334,5
02 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	30000 m ³ /h	RS	1	3 572,10	44 232,3	18,000	7 344,00	55 148,40	60 863,2
03 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	60000 m ³ /h	RS	1	4 524,66	44 232,3	23,000	9 384,00	58 140,96	63 955,1

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
1 Serviceavtale drift - pr m2 BTA	8,2	Lavt teknisk nivå: Eldre installasjon, lav installasjonstetthet
2 Forebyggende teknisk vedlikehold - pr m2 BTA	9,1	Middels teknisk nivå: Normal installasjonstetthet
3 Grovrengjøring installasjoner - pr m2 BTA	4,4	Høyt teknisk nivå: Ny installasjon, høy installasjonstetthet
		Justering enhetstider (timer) for m ² BTA: 4000 - 8000 m ²
		Justering enhetstider (timer) for m ² BTA: 10000 - 16000 m ²

Spesielle forutsetninger

Dårlig teknisk nivå: Gammel installasjon, mekanisk ventilasjon.
Middels teknisk nivå: Eldre installasjon, normalt ventilasjonsanlegg.

31 DRIFT

37 Komfortkjøling

Delytelse	Fag
Bygningsdeler NS 3451 med beskrivelse	Ressurser og priser

370.1 Luftkjøling

Beskrivelse	Dim	Enh	Frekvens	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	Driftsteknikker	
								Selvkost	Enh.pris
01 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	20 kW	RS	2	3 200,01	6 960,1	12,000	4 896,00	15 056,09	16 561,7
02 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	30 kW	RS	2	3 795,36	8 586,3	16,000	6 528,00	18 909,63	20 800,6
03 Tilsyn og funksjonskontroll, foreb. reparasjoner	40 kW	RS	3	4 695,82	12 228,9	25,000	10 200,00	27 124,75	29 837,2

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
1 Serviceavtale drift - pr m2 BTA	8,2	Lavt teknisk nivå: Eldre installasjon, lav installasjonstetthet
2 Forebyggende teknisk vedlikehold - pr m2 BTA	9,1	Middels teknisk nivå: Normal installasjonstetthet
3 Grovrengjøring installasjoner - pr m2 BTA	4,4	Høyt teknisk nivå: Ny installasjon, høy installasjonstetthet
		Justering enhetstider (timer) for m² BTA: 4000 - 8000 m²
		Justering enhetstider (timer) for m² BTA: 10000 - 16000 m²
		1,5 - 1,1
		0,9 - 0,7

Spesielle forutsetninger

41 UTSKIFTING

36 Luftbehandling

Delytelse	Vedlikeholdsintervall	Fag
Bygningsdeler NS 3451 med beskrivelse	Kort Normal Lang	Årlige ressurser og priser

364.1 Ventil, diffusorer

Beskrivelse	Dim	Enh	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	VVS-arbeider	
							Selvkost	Enh.pris
01 Bytte tiluftsventil med trykkammer	125 mm	stk	0,00	1 600,0	0,000	0,00	1 600,00	1 840,0
02 Bytte tiluftsventil med trykkammer	160 mm	stk	0,00	2 100,0	0,000	0,00	2 100,00	2 415,0
03 Bytte tiluftsventil med trykkammer	200 mm	stk	0,00	2 250,0	0,000	0,00	2 250,00	2 587,5

Beskrivelse	Dim	Enh	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	VVS-arbeider	
							Selvkost	Enh.pris
01 Bytte av fraluftsventil med kontrollventil	100 mm	stk	0,00	310,0	0,000	0,00	310,00	356,5
02 Bytte av fraluftsventil med kontrollventil	160 mm	stk	0,00	355,0	0,000	0,00	355,00	408,3

Beskrivelse	Dim	Enh	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	VVS-arbeider	
							Selvkost	Enh.pris
01 Bytte overluftsventil	100 mm	stk	0,00	650,0	0,000	0,00	650,00	747,5
02 Bytte overluftsventil	125 mm	stk	0,00	695,0	0,000	0,00	695,00	787,8
03 Bytte overluftsventil	160 mm	stk	0,00	765,0	0,000	0,00	765,00	879,8

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
		Lav mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor
		1,25
		Normal mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor
		1,00
		Høy mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor
		0,80

Spesielle forutsetninger

Måles i antall stk ventiler.

41 UTSKIFTING

36 Luftbehandling

Delytelse	Vedlikeholdsintervall	Fag
Bygningsdeler NS 3451 med beskrivelse	Kort Normal Lang	Årlige ressurser og priser

365.0 Luftbehandlingsutstyr

Beskrivelse	Dim	Enh	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	VVS-arbeider	
							Selvkost	Enh.pris
01 Utskifting av kondensavfukter, frittstående	16 ltr/dag	stk	0,00	4 850,0	0,000	0,00	4 850,00	5 577,5

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
		Lav mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor
		1,25
		Normal mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor
		1,00
		Høy mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor
		0,80

Spesielle forutsetninger

41 UTSKIFTING

36 Luftbehandling

Delytelse Bygningdeler NS 3451 med beskrivelse	Vedlikeholdsintervall Kort Normal Lang			Fag Årlige ressurser og priser
--	--	--	--	--

365.1 Luftbehandlingsaggregat

365.12 Spjeldmotor	14 år	18 år	22 år	VVS-arbeider					
Beskrivelse	Dim	Enh	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	Selvkost	Enh.pr	
01 Bytte spjeldmotor til luftbehandlingsaggregat		stk	0,00	3 850,0	0,000	0,00	3 850,00	4 427,5	

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
	Lav mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor	1,25
	Normal mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor	1,00
	Høy mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor	0,80

Spesielle forutsetninger

Justér med hensyn på aktuell materialpris. Reguleringsutstyr inngår ikke. Måles i antall stk spjeldmotorer.

41 UTSKIFTING

36 Luftbehandling

Delytelse Bygningdeler NS 3451 med beskrivelse	Vedlikeholdsintervall Kort Normal Lang			Fag Årlige ressurser og priser
--	--	--	--	--

365.2 Varmegjenvinner

365.21 Varmegjenvinner	14 år	18 år	22 år	VVS-arbeider					
Beskrivelse	Dim	Enh	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	Selvkost	Enh.pr	
01 Bytte Gjenvinningsagregat		stk	0,00	142 900,0	0,000	0,00	142 900,00	164 335,0	
02 Bytte varmegjenvinner ventilasjon, roterende	1,0 m	stk	0,00	142 900,0	0,000	0,00	142 900,00	164 335,0	
03 Bytte varmegjenvinner ventilasjon, roterende	1,8 m	stk	0,00	152 650,0	0,000	0,00	152 650,00	175 547,5	
04 Bytte varmegjenvinner ventilasjon, roterende	2,5 m	stk	0,00	180 000,0	0,000	0,00	180 000,00	207 000,0	

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
1 Kun bytte kilrem - pr stk	909,0	1,25
	Normal mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor	1,00
	Høy mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor	0,80

Spesielle forutsetninger

Prisene påvirkes i høyeste grad av tilgjengelighet og utskifting av øvrige installasjoner, anvend derfor kalkylen som en grovkalkyle. Måles i antall stk varmegjenvinner.

41 UTSKIFTING

36 Luftbehandling

Delytelse Bygningdeler NS 3451 med beskrivelse	Vedlikeholdsintervall Kort Normal Lang			Fag Årlige ressurser og priser
--	--	--	--	--

365.4 Vifter

365.41 Radial avtrekksvifte	5 år	10 år	20 år	Vaktmesterarbeider					
Beskrivelse	Dim	Enh	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	Selvkost	Enh.pr	
01 Utskifting av avtrekksvifte (i loll.)		stk	0,00	3 060,2	0,000	0,00	3 060,16	3 476,2	
02 Bytte radial avtrekksvifte	1500m ³ /h	stk	0,00	20 500,0	0,000	0,00	20 500,00	23 575,0	
03 Bytte radial avtrekksvifte	10000m ³ /h	stk	0,00	68 500,0	0,000	0,00	68 500,00	78 775,0	

365.42 Viftemotor	14 år	18 år	22 år	VVS-arbeider					
Beskrivelse	Dim	Enh	Matr	UE-kost	Timer	Arb.kr	Selvkost	Enh.pr	
01 Utskifting av elektrisk varmemvifte, trittstående	6 kw	stk	3 500,00	0,0	0,200	171,60	3 671,60	4 038,8	
02 Bytte elektrisk viftemotor, 1400 o/min	0,4 kW	stk	0,00	5 100,0	0,000	0,00	5 100,00	5 865,0	
03 Bytte elektrisk viftemotor, 1400 o/min	7,5 kW	stk	0,00	15 500,0	0,000	0,00	15 500,00	17 825,0	

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
0 Demontering av fastmonterte installasjoner	341,5	1,25
	Normal mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor	1,00
	Høy mengde pr enhet bygningsdel - Størrelsesfaktor	0,80

Spesielle forutsetninger

Priser på vifter varierer med hensyn på kapasitet, type, fabrikkat m.m. Justér derfor prisen med hensyn på aktuell materialpris. Måles i antall stk avtrekksvifter.

51 ENERGI

36 Luftbehandling

Delytelser
Bygningsdeler NS 3451 med beskrivelse

Ressurser og priser

360.2 Balansert ventilasjon

360.21 Balansert ventilasjon u/ varmegjenvinning

Beskrivelse	Dim	Enh	Frekvens	Energifakt.	Temp.fakt.	Timer	kWh	Selvkost	Enh.pris
01 Luftmengde; 5 m ³ /h, driftstid; 9 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	1,05	16,3	2 350,000	40,22	0,00	20,1
02 Luftmengde; 5 m ³ /h, driftstid; 15 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	1,05	16,3	3 910,000	66,92	0,00	33,5
03 Luftmengde; 5 m ³ /h, driftstid; 24 t, 7 dgr	NTA	m ²	1/Å	1,05	16,3	8 760,000	149,93	0,00	75,0
04 Luftmengde; 7 m ³ /h, driftstid; 9 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	1,47	16,3	2 350,000	56,31	0,00	28,2
05 Luftmengde; 7 m ³ /h, driftstid; 15 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	1,47	16,3	3 910,000	93,89	0,00	46,8
06 Luftmengde; 7 m ³ /h, driftstid; 24 t, 7 dgr	NTA	m ²	1/Å	1,47	16,3	8 760,000	209,90	0,00	104,9
07 Luftmengde; 10 m ³ /h, driftstid; 9 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	2,10	16,3	2 350,000	80,44	0,00	40,2
08 Luftmengde; 10 m ³ /h, driftstid; 15 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	2,10	16,3	3 910,000	133,84	0,00	66,9
09 Luftmengde; 10 m ³ /h, driftstid; 24 t, 7 dgr	NTA	m ²	1/Å	2,10	16,3	8 760,000	299,85	0,00	149,9

360.22 Balansert ventilasjon m/ varmegjenvinning

Beskrivelse	Dim	Enh	Frekvens	Energifakt.	Temp.fakt.	Timer	kWh	Selvkost	Enh.pris
01 60% virkn.grad, luftmengde; 5 m ³ /h, driftstid; 9 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	0,42	16,3	2 350,000	16,09	0,00	8,0
02 60% virkn.grad, luftmengde; 5 m ³ /h, driftstid; 15 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	0,42	16,3	3 910,000	26,77	0,00	13,4
03 60% virkn.grad, luftmengde; 5 m ³ /h, driftstid; 24 t, 7 dgr	NTA	m ²	1/Å	0,42	16,3	8 760,000	59,97	0,00	30,0
04 60% virkn.grad, luftmengde; 7 m ³ /h, driftstid; 9 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	0,59	16,3	2 350,000	22,60	0,00	11,3
05 60% virkn.grad, luftmengde; 7 m ³ /h, driftstid; 15 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	0,59	16,3	3 910,000	37,60	0,00	18,8
06 60% virkn.grad, luftmengde; 7 m ³ /h, driftstid; 24 t, 7 dgr	NTA	m ²	1/Å	0,59	16,3	8 760,000	84,24	0,00	42,1
07 60% virkn.grad, luftmengde; 10 m ³ /h, driftstid; 9 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	0,84	16,3	2 350,000	32,18	0,00	16,1
08 60% virkn.grad, luftmengde; 10 m ³ /h, driftstid; 15 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	0,84	16,3	3 910,000	53,54	0,00	26,8
09 60% virkn.grad, luftmengde; 10 m ³ /h, driftstid; 24 t, 7 dgr	NTA	m ²	1/Å	0,84	16,3	8 760,000	119,94	0,00	60,0
10 60% virkn.grad, luftmengde; 20 m ³ /h, driftstid; 9 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	1,68	16,3	2 350,000	64,35	0,00	32,2
11 60% virkn.grad, luftmengde; 20 m ³ /h, driftstid; 15 t, 5 dgr	NTA	m ²	1/Å	1,68	16,3	3 910,000	107,07	0,00	53,5

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
1 Drift av vifter og pumper - pr m ² BTA	10,3	Temperaturkorreksjon, beliggenhet - Østlandet
2 Kjøling av ventilasjonsluft - /pr m ² gulvflate	5,4	Temperaturkorreksjon, beliggenhet - Vestlandet
		Temperaturkorreksjon, beliggenhet - Nord-Norge
		Vindkorreksjon, beliggenhet - Skjermet
		Vindkorreksjon, beliggenhet - Normal
		Vindkorreksjon, beliggenhet - Utsatt

Spesielle forutsetninger

Energifaktor tilsvarer luftmengde multiplisert med luftens varmekapasitet (0,35 Wh/m³K). Temperaturfaktor er differansen mellom romtemperatur (22 grader C) og årsmiddeltemperatur (5,7 grader C). For årsmiddeltemp. - kfr. NS 3031 tabell 7. Selvkost er kWh multiplisert med strømprisen, som er satt til 50 øre pr kWh - kfr. også tabell for det fylke/kraftlag som er aktuelt. Enhetsprisen har en temperaturkorr. for Østlandet på 1,05.

51 ENERGI

37 Komfortkjøling

Delytelser
Bygningsdeler NS 3451 med beskrivelse

Ressurser og priser

370.1 Luftkjøling

370.11 Komfort - luftkjøleanlegg

Beskrivelse	Dim	Enh	Frekvens	Energifakt.	Temp.fakt.	Timer	kWh	Selvkost	Enh.pris
01 Dim kjølebehov; 20 W/m2 (innetemp, 26 C)	NTA	m ²	1/Å	20,00	1,0	800,000	16,00	0,00	8,0

370.12 Komfort - kjøletakanlegg

Beskrivelse	Dim	Enh	Frekvens	Energifakt.	Temp.fakt.	Timer	kWh	Selvkost	Enh.pris
01 Dim kjølebehov; 27 W/m2 (innetemp, 26 C)	NTA	m ²	1/Å	27,00	1,0	800,000	21,60	0,00	10,8
02 Dim kjølebehov; 40 W/m2 (innetemp, 23 C)	NTA	m ²	1/Å	40,00	1,0	1 250,000	50,00	0,00	25,0

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
	Temperaturkorreksjon, beliggenhet - Østlandet	1,05
	Temperaturkorreksjon, beliggenhet - Vestlandet	0,94
	Temperaturkorreksjon, beliggenhet - Nord-Norge	1,18
	Vindkorreksjon, beliggenhet - Skjermet	0,80
	Vindkorreksjon, beliggenhet - Normal	1,00
	Vindkorreksjon, beliggenhet - Utsatt	1,15

Spesielle forutsetninger

Energifaktor tilsvarer behov/omfang på tilleggskjøling (W/m2). Temperaturfaktor settes her til 1,0. Selvkost er kWh multiplisert med strømprisen, som er satt til 50 øre pr kWh - kfr. også tabell for det fylke/kraftlag som er aktuelt. Enhetsprisen har en korreksjon på 1,05.

51 ENERGI

36 Luftbehandling

Delytelser
Bygningsdeler NS 3451 med beskrivelse

Ressurser og priser

365.4 Vifter

365.40 Vifter - generelt

Beskrivelse	Dim	Enh	Frekvens	Energifakt.	Temp.fakt.	Timer	kWh	Selvkost	Enh.pris
01 Drift av vifter; driftstid; 9 timer, 5 dager	20 kW	stk	1/Å	20 000,00	1,0	2 350,000	47000,00	0,00	23 500,0
02 Drift av vifter; driftstid; 15 timer, 5 dager	20 kW	stk	1/Å	20 000,00	1,0	3 910,000	78200,00	0,00	39 100,0
03 Drift av vifter; driftstid; 24 timer, 7 dager	20 kW	stk	1/Å	20 000,00	1,0	8 760,000	175200,00	0,00	87 600,0

Tilleggsytelser	Till.kost.	Korr.fakt.
	Temperaturkorreksjon, beliggenhet - Østlandet	1,05
	Temperaturkorreksjon, beliggenhet - Vestlandet	0,94
	Temperaturkorreksjon, beliggenhet - Nord-Norge	1,18
	Vindkorreksjon, beliggenhet - Skjermet	0,80
	Vindkorreksjon, beliggenhet - Normal	1,00
	Vindkorreksjon, beliggenhet - Utsatt	1,15

Spesielle forutsetninger

Energifaktor tilsvarer en omregnet installert effekt (W/m2). Temperaturfaktor settes her til 1,0. Selvkost er kWh multiplisert med strømprisen, som er satt til 50 øre pr kWh - kfr. også tabell for det fylke/kraftlag som er aktuelt. Enhetsprisen har en korreksjon på 1,05.

12.5 VEDLEGG 5 LCC ANALYSE – TABELLER OG GRAFER

Tabellene og grafene viser resultater fra LCCWeb som ikke er presentert i sitt fulle i rapporten, men som er benyttet ved sensitivitets analysen.

	Caverion	DBV	FlaktWoods	GK Lindinvent	Lindab Pascal	MicroMatic	Swegon	TroxAuranor	10 år
1 Kapitalkostnader	13576876,0	12707079,0	13003362,0	16933718,0	13156326,0	15785580,0	12152018,0	16944262,00	
3 Driftskostnader	2629554,00	2710663,00	2655509,00	1953916,00	2974267,00	1877673,00	2340806,00	2416237,00	
4 Vedlikeholdskostnader	5158743,00	6638512,00	7631619,00	7651604,00	6147381,00	6164276,00	6070060,00	7518780,00	
Sum	21365173,00	22056254,00	23290490,00	26539238,00	22277974,00	23827529,00	20562883,00	26879279,00	

	Caverion	DBV	FlaktWoods	GK Lindinvent	Lindab Pascal	MicroMatic	Swegon	TroxAuranor	15 år
1 Kapitalkostnader	13 576 881	12 707 080	13 003 362	16 933 719	13 156 318	15 785 580	12 152 017	16 944 259	
3 Driftskostnader	3 604 577	3 715 761	3 640 156	2 678 417	4 077 108	2 573 904	3 208 763	3 312 164	
4 Vedlikeholdskostnader	5 155 991	6 634 979	7 627 550	7 647 541	6 144 114	6 161 003	6 066 830	7 514 787	
Sum	22 337 449	23 057 820	24 271 068	27 259 676	23 377 540	24 520 486	21 427 610	27 771 210	

	Caverion	DBV	FlaktWoods	GK Lindinvent	Lindab Pascal	MicroMatic	Swegon	TroxAuranor	25 år
1 Kapitalkostnader	13 576 880	12 707 074	13 003 362	16 933 720	13 156 318	15 785 576	12 152 022	16 944 265	
3 Driftskostnader	5 064 677	5 220 897	5 114 667	3 763 358	5 728 615	3 616 510	4 508 531	4 653 816	
4 Vedlikeholdskostnader	5 157 394	6 636 773	7 629 618	7 649 615	6 145 771	6 162 674	6 068 473	7 516 811	
Sum	23 798 950	24 564 744	25 747 648	28 346 693	25 030 704	25 564 760	22 729 026	29 114 892	

	Caverion	DBV	FlaktWoods	GK Lindinvent	Lindab Pascal	MicroMatic	Swegon	TroxAuranor	50 år
1 Kapitalkostnader	13 576 885	12 707 072	13 003 375	16 933 711	13 156 328	15 785 575	12 152 015	16 944 259	
3 Driftskostnader	6 964 521	7 179 343	7 033 264	5 175 056	7 877 514	4 973 124	6 199 756	6 399 540	
4 Vedlikeholdskostnader	5 163 885	6 645 124	7 639 212	7 659 212	6 153 505	6 170 411	6 076 104	7 526 259	
Sum	25 705 291	26 531 539	27 675 851	29 767 979	27 187 347	26 929 109	24 427 875	30 870 057	

	Caverion	DBV	FlaktWood s	GK Lindinvent	Lindab Pascal	MicroMatic	Swegon	TroxAurano r	3 %
1 Kapitalkostnader	13 531 676	12 664 763	12 960 073	16 877 331	13 112 525	15 733 027	12 111 548	16 887 849	
3 Driftskostnader	5 645 338	5 819 469	5 701 060	4 194 824	6 385 396	4 031 140	5 025 430	5 187 372	
4 Vedlikeholdskostnader	7 379 616	9 410 562	10 804 919	10 867 780	8 785 675	8 758 022	8 628 852	10 662 131	
Sum	26 556 630	27 894 795	29 466 051	31 939 935	28 283 595	28 522 190	25 765 830	32 737 352	

	Caverion	DBV	FlaktWood s	GK Lindinvent t	Lindab Pascal	MicroMati c	Swegon	TroxAurano r	4 %
1 Kapitalkostnader	13 576 880	12 707 074	13 003 362	16 933 720	13 156 318	15 785 576	12 152 022	16 944 265	
3 Driftskostnader	5 064 677	5 220 897	5 114 667	3 763 358	5 728 615	3 616 510	4 508 531	4 653 816	
4 Vedlikeholdskostnader	5 157 394	6 636 773	7 629 618	7 649 615	6 145 771	6 162 674	6 068 473	7 516 811	
Sum	23 798 950	24 564 744	25 747 648	28 346 693	25 030 704	25 564 760	22 729 026	29 114 892	

	Caverion	DBV	FlaktWood s	GK Lindinvent t	Lindab Pascal	MicroMati c	Swegon	TroxAurano r	5 %
1 Kapitalkostnader	13 621 807	12 749 124	13 046 394	16 989 751	13 199 849	15 837 811	12 192 231	17 000 322	
3 Driftskostnader	4 569 255	4 710 195	4 614 356	3 395 230	5 168 248	3 262 747	4 067 511	4 198 585	
4 Vedlikeholdskostnader	3 844 362	4 993 215	5 747 452	5 743 661	4 585 661	4 625 800	4 552 695	5 653 178	
Sum	22 035 424	22 452 534	23 408 202	26 128 643	22 953 757	23 726 359	20 812 437	26 852 085	

	Caverion	DBV	FlaktWood s	GK Lindinvent t	Lindab Pascal	MicroMati c	Swegon	TroxAurano r	8 %
1 Kapitalkostnader	13 754 917	12 873 715	13 173 879	17 155 772	13 328 844	15 992 585	12 311 367	17 166 458	
3 Driftskostnader	3 460 762	3 567 510	3 494 921	2 571 553	3 914 440	2 471 210	3 080 740	3 180 015	
4 Vedlikeholdskostnader	1 931 996	2 582 559	2 984 304	2 951 671	2 312 498	2 375 244	2 334 349	2 920 063	
Sum	19 147 675	19 023 783	19 653 104	22 678 997	19 555 782	20 839 040	17 726 457	23 266 537	

12.6 VEDLEGG 6 POENGSKJEMAER

SPØRSMÅL OG POENGSETTING

Nr.	Mak	Installasjon	
1	4	Tilfredshet med hvordan installasjon ha gått	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds
2	3	Enkelt for fagarbeider(elektriker) å koble opp	[3]Ja veldig enkelt, [2]Ja forholdsvis enkelt, [1]Noe utfordrende, [0]Vanskelig mye kan gå galt
Igangkjøring/innregulering			
3	2	Var det problemer under igangkjørelse/installasjon	[2]Nei, [1]Noe, [0]Ja
4	4	Tilfredshet med igangkjøring i forhold til at det virket	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds
5	3	Innregulerings tidsbruk	[3]Svært raskt, [2]Raskt, [1]Tregt, [0]Svært tregt
6	2	Grad av problemer installasjon og igangkjørelse	[2]Nei, [1]Ja noe, [0]Ja mye
7	4	Godt eller dårlig innregulert	[4]Veldig grundig, [3]Grundig, [2]Passelig, [1]Lite grundig, [0]Så vidt igangkjørt
8	3	Byggherre/eier testing ved igangkjøring	[3]Svært godt, [2]Godt, [1]Lite godt, [0]Meget dårlig
Overtagelse			
9	1	Fungerte ventilasjonsanlegget som det skulle når brukere leietagere flyttet inn	[1]Ja, [0]Nei
10	3	Fungerte alt fra første dag	[3]Ja, alt fungerte som det skulle, [2]Ja alt fungerte med noen små feil, [1]Delvis, [0]Nei det var mye
11	1	Ble ventilasjonsanlegget levert i tide	[1]Ja, [0]Nei
12	3	Om alt har fungert uten problemer etter overlevering	[3]Ja uten problemer, [2]Ja kun med små problemer, [1]Ja med en del problemer, [0]Nei
Drift			
13	1	Har det vært utskiftninger eller problemer med komponenter i ventilasjonsanlegget	[1]Nei, [0]Ja
14	3	Dritspersonell om hvor raskt leverandør stiller opp med nytt utstyr	[3]Med en gang, [2]Det tar kort tid, [1]Det tar noe tid, [0]Det tar lang tid
15	3	Vent.entreprenør om hvor raskt leverandør stiller opp med nytt utstyr	[3]Raskt, [2]Forholdsvis raskt, [1]Litt tregt, [0]Veldig tregt
16	4	Hvor fort og hvor lett det er å gjøre utskiftninger	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds
17	4	Hvor enkelt det er å feilsøke hvis det er noe som feiler	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds
18	4	Hvordan ventilasjonsanlegget har fungert så langt	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds
19	10	Hvor lett det er å drifte på en skala fra 1 til 10	[10]Svært lett - [1]Svært vanskelig
20	4	Tilfredshet med SD anlegget for enkel drift	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds
21	3	Barnesykdommer/feil med ventilasjonsanlegget fra overtagelse og frem til i dag	[3]Nei ingen, [2]Nei lite, [1]Ja noe, [2]Ja noe, [0]Ja mye
22	3	Fungerer ventilasjonsanlegget som det burde i dag?	[3]Ja, tilfredstillende, [2]Ja delvis, [1]Nei fortsatt noe å forbedre, [0]Nei mye problemer fortsatt
Opplevelse av funksjonalitet			
23	3	Energibruk	[3]Svært godt, [2]Godt, [1]Lite godt, [0]Svært dårlig
24	6	Riktige luftmengder	[3]Svært godt, [2]Godt, [1]Lite godt, [0]Svært dårlig
25	6	Inneklima/luftkvalitet	[3]Svært godt, [2]Godt, [1]Lite godt, [0]Svært dårlig
26	6	Støy	[3]Svært godt, [2]Godt, [1]Lite godt, [0]Svært dårlig
27	6	Kanalføringer	[3]Svært godt, [2]Godt, [1]Lite godt, [0]Svært dårlig
28	5	Energiklasse	[5]A, [4]B, [3]C, [2]D, [1]E, [0]F
Pris			
29	2	Estimert kostnadene i det prisede tilbudet riktig	[2]Billigere, [1]Ja og Ja nesten, [0]Nei dyrere
30	4	Ventilasjonsentreprenør om endelig pris i forhold til hva som faktisk ble levert	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds
31	1	kr/m2 Investering	[1]Under snittet, [0]Over snittet
32	1	kr/m3 Investering	[1]Under snittet, [0]Over snittet
33	1	Kr/m2 Vedlikehold(filterbytte + service)	[1]Under snittet, [0]Over snittet
34	1	kr/m2 Utkiftninger	[1]Under snittet, [0]Over snittet
Tilfredshet			
35	4	Eier/byggherre om ventilasjonsanlegget	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds
36	4	Eier/byggherre samarbeid og kvalitet på det ventilasjonstekniske	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds
37	4	Slik ventilasjonsanlegget virker i dag	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds
38	4	Valg av ventilasjonssystem	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds
39	4	Sammarbeid med automatikk/systemleverandør	[4]Svært tilfreds, [3]Tilfreds, [2]Nøytral, [1] Lite tilfreds, [0]Svært lite tilfreds

RÅMATERIALET FRA ORIGINALPOENGENE, UVEKTET

Original poengene vises i tabell under som følger poenggivingen gitt i tabell overr. NB: Poengene blir ikke helt sammenliknbare når det er huller for et bygg som gjør at det ikke blir likt grunnlag.

Nr.	Installasjon	Byggprosjekt																									
		Verna Bygget	Deiote Bygget	Miljøhuset GK	Statens Høge	Asker Kulturhus	Forretningsparken bygg 6, 7 & 8	Storgaten 25	Skeien Bygg b	Østans paven 27	Hagebaradagte 21/23	Høgskoleveien 28, Alnab	Hoffvæien 708	Nydelshøyden Bygg A	BI Nydelton	Østra Alter vei 51	Asker Panorama	Proffbygget	Nordbygget	Sveve Strøka oppslutningsanlegg	Øvre Torv Kunnslapsenter	Fornesporten	Haldridøken	Sirens Oslo	Barcoede D Nibhor	Stratall Fornebu	Storgata 51
		GK Lindiment	DBV	Swegon WISE	Fakt. Woods	Caverion	Micromatic	Lindab Pascal	Trox Auronor																		
1	Tilfredshet med hvordan installasjon ha gått	4	4 4 3 3		3 3	3 3 4 2	3	4 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3	3	4 4 4 1													
2	Enkelt for fagarbeider(elektriker) å koble opp	3	1 1 1 1		1 2	2 2 2 0	2	3 1 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	1 2 3 0	1 2 1 2														
		7	4,50		4,50	4,5	5,0	5,3	5,0	4,5		4,8															
Igangkjøring/innregulering																											
3	Var det problemer under igangkjøring/innregulering	2			0	1 1	0	2 0	1		2		2 0 0														
4	Tilfredshet med igangkjøring i forhold til at det virket	4	4 4 3 1		3 3	3 3 4	3	4 4 3	3 3 2	3	2	0 4 4 2															
5	Innregulerings tidsbruk	3	2 2 2 0		2 2	2 1 2 2	2	3 2 3	1 3 2 2	2	1	0 2 2 2															
6	Grad av problemer installasjon og igangkjøring	2	1 1 1 1		2 2	1 1 1 1	1	2 2 1	1 2 1 2	0	0	0 2 1 1															
7	Godt eller dårlig innregulert	4	4 4 1 2		3 3	3 2 3 4	2	3 4 2	2 3 2 3	3	3	0 4 4 2															
8	Byggherre/eier testing ved igangkjøring	3			1	2	3	2	2	3	3	2 3 2															
		18	8,3		11,0	12,5	10,0	14,5	11,3	13,0		10,5															
Overtagelse																											
9	Fungerte ventilasjonsanlegget som det skulle når brukere leietagere flyttet inn	1			1 0	1	1	0	1 1 1	1	1	1 0 0															
10	Fungerte alt fra første dag	3	2 2		1 1	1 0		3	2 2	0 2 1	0	1 2 0															
11	Ble ventilasjonsanlegget levert i tide	1	1 1 1 1		1 1	1 1 1 1	1	1 1 1	1 1 1	1	1	1 1 1 1															
12	Om alt har fungert uten problemer etter overlevering	3	2 2 2		2 2	2 2 2 2	2	3 3 2	1 3 1	2	1	1 2 3 2															
		8	5,0		4,5	4,5	6,0	6,7	4,7	3,5		4,3															
Drift																											
13	Har det vært utskiftninger eller problemer med komponenter i ventilasjonsanlegget	1	0 1 0		0 0 0	1 1	0	1	0 0 1	0 0 0	0	0 0 0															
14	Dritspersonell om hvor raskt leverandør stiller opp med nytt utstyr	3	2 1		1 2		1	2 2	2 2 1	1	1	3 3 0															
15	Vent. entreprenør om hvor raskt leverandør stiller opp med nytt utstyr	3	2 2 2		2 3	2 2 2 2	2	2 3 2	3 3 0	3	3	3 3 2 2															
16	Hvor fort og hvor lett det er å gjøre utskiftninger	4	2 1		2		3	3 3	3 3 1	2	1	4 4 2															
17	Hvor enkelt det er å feilsøke hvis det er noe som feiler	4	2 1		1		3	3 3	2 3 2	3	3	3 4 2															
18	Hvordan ventilasjonsanlegget har fungert så langt	4	3 3 2		3 2 3	2 3 3	3	4 3 3 3	3 3 2 3	2	2	3 4 0															
19	Hvor lett det er å drifte på en skala fra 1 til 10	10	4 5 7		8 6 7	8 7	10	7 9	8 9 7	6	3	10 10 1															
20	Tilfredshet med SD anlegget for enkel drift	4	3 3 3		3 2 2 3	3 3	3	4 3 3 3	3 3 3	3	3	3 3 1															
21	Barnesykommer/feil med ventilasjonsanlegget fra overtagelse og frem til i dag	3	1 1		1 1	1 1		2 1 1 1	1 1 1	1	0	2 3 0															
22	Fungerer ventilasjonsanlegget som det burde i dag?	3	1 3 3		3 3 3	3 3		3 3 3 3	2 1 1	2		2 3 0															
		39	21,2		23,0	27,7	16,0	28,7	24,3	21,0		25,8															
Funksjonalitet																											
23	Energibruk	3	3 3 3 2		2 3	2 2		2	3 3 2	2 2 3	3 3 2	2 3 2															
24	Riktige luftmengder	4	5 6 6 4		4 4 4	4 6 6 4	6	5 4 5	5 5 5	5 4 4	4	5 6 4															
25	Inneklima/luftkvalitet	6	5 6 6 4		5 4 4	4 5 4 4	6	5 4 4	5 5 4	5	4	5 5 4															
26	Støy	6	5 6 6 4		4 4 4	4 6 4 4	5	5 4 6	4 4 5 4	4	4	4 6 6 5															
27	Kanalføringer	6	5 6 6 4		4 4 4	4 6 4 4	5	5 4 4	4 4 4	5 4	4	4 5 5 3															
28	Energiklasse	5	3 4 5 5		2 4	3 5	5	3 4 3 4	4 5 4	2	5	5 4 5															
		32	28,0		21,8	24,6	27,0	24,7	24,7	23,3		26,2															
Pris																											
29	Estimert kostnadene i det prisede tilbudet riktig	2	1 1 0		1 1	1 0 0 0	1	1 1 0	1 1 0	1 1 1	1	1 1 1 0															
30	Ventilasjonstreprenør om endelig pris i forhold til hva som faktisk ble levert	4	4 3 3 2		3 3	3 0 2 3	3	4 2	3 2 2	3 2	3	0 4 3 1															
31	kr/m2 investering	1	1 1 0 0		1 0	1 1 1 1	1	0 1 0	1 0 1	0 1 1	1	0 0 0 0															
32	kr/m3 investering	1	1 0 0		1 0	1 1 0 1	1	1 1 0	1 0 1	1 1 1	1	0 1 0															
33	kr/m2 Vedlikehold(filterbytte + service)	1	0 0 1 1		0 1 1	0 1 1 1	0	1 1 1	1 0 0	0 1 0	1	1 0 1 0															
34	kr/m2 Utskiftninger	1	0		1	1 1 1 0	0	0 1 1	1 0 1	1 1	1	1 1 0															
		9	5,0		5,8	4,8	6,0	5,7	4,7	5,9		3,6															
Tilfredshet																											
35	Eier/byggherre om ventilasjonsanlegget	4	1 1 2		2	3 3	3	3 3	4	3 3		4 4 3															
36	Eier/byggherre samarbeid og kvalitet på det ventilasjonstekniske	4			2	3 3	2	3 3	4	2 3		3 4 1															
37	Slik ventilasjonsanlegget virker i dag	4			3	3 3	3	3 3	4	3		3 4 1															
38	Valg av ventilasjonssystem	4	4 4 4 3		3 3	3 3 3 3	3	4 3 2	3 3 3	3 3	2	1 3 4 3															
39	Samarbeid med automatikk/systemlevereandør	4	4 4 4 3		3 3	4 2 3 2	3	4 3 2	3 3 3	3 2	2	0 4 4 2															
		20	8,8		13,0	14,8	14,0	15,0	18,0	13,5		14,3															
Total Poengsum		133	80,8		83,7	93,3	84,0	100,5	92,7	84,8		89,4															

12.7 VEDLEGG 7 VITENSKAPELIG ARTIKKEL

Presentert neste side

VEDLEGG 7 VITENSKAPELIG ARTIKKEL

SAMMENDRAG

Denne rapporten beskriver resultatene av en masteroppgave på NTNU ved Energi og prosesssteknikk våren 2014. Bakgrunnen for rapporten er det pågående FoU-prosjektet ForKLima med SINTEF Byggforsk, Norconsult m.fl. som initiativtakere, der hensikten er å se på muligheter for å forenkle dagens klimatiseringsløsninger med forenklet behovsstyrt ventilasjon av kontorbygg med svært lavt oppvarmingsbehov. Ventilasjonssystemer som reduserer luftmengden med behovsstyring og reduserte spesifikk vifteeffekt (SFP) er et av de viktigste tiltakene for å energieffektivisere fremtidens kontorbygninger. Utfordringen for slike systemer er at de er dyrere i anskaffelse, mer kompliserte å installere, innregulere og drifte. Dette innebærer at man ikke bare kan se etter løsninger som bidrar til lavt energibehov, men de ulike løsningene og systemene må vurderes ut fra et økonomisk synspunkt. Hovedmålet med dette arbeidet har derfor vært å undersøke 6-8 av de dominerende leverandørene av VAV- (Variable Air Volume) og DCV- (Demand Controlled Ventilation) løsninger for å analysere kostnadene disse systemene har i et livsløpsperspektiv. Et av målene har vært å se om gevinsten ved mer avanserte systemer i form av redusert energibruk motvirkes i form av økte investeringskostnader og andre kostnader over anleggets levetid.

Resultatene fra analysen viser at avanserte systemer med gjennomsnittlig høy investeringskostnad gir høyere funksjonsklassifiserte bygg og lavere energibruk. Analysert over et livsløpsperspektiv ser det imidlertid ut som at den økte investeringskostnaden ikke kan forsvare de reduserte fremtidige kostnadene. Mye tyder på at de laveste LCC-kostnadene sammen med lavt energibruk oppnås hvis investeringskostnaden ligger mellom 1300 kr pr m² til 1600 kr pr m² (målt i 2014-beløp). Det begrensede innsparingspotensialet ved redusert energibruk gjør at de billigere systemene gjør det desidert best i LCC-analysen. Selv ved forutsetninger om lengre levetid og lavere renter, er fortsatt investeringskostnaden den viktigste faktoren for livssyklus-kostnadene. Gjennom tilbakemeldingene i den kvalitative og kvantitative spørreundersøkelsen er det ingen sammenheng mellom kostnadene til systemene og de totale poengene de oppnår. De klareste resultatene fra spørreundersøkelsen ses for de billigste systemene som gir noe svakere tilbakemelding på driftskategorien, mens de dyrere systemene scorer bedre på funksjonalitet og opplevelse. Ellers kan det bemerkes at de mest kompliserte byggene har størst sannsynlighet for å oppleve komplikasjoner under installasjon og igangkjøring grunnet flere tekniske komponenter og mer avansert styring.

1. INTRODUKSJON

Fokus på energibruk i norsk bygningsmasse er økende, og det er varslet at de nye tekniske forskriftene (TEK15) som er ventet til neste år tar sikte mot at energibruk i ny bygningsmasse skal tilsvare passivhuskravene. Skal energibruken til ventilasjon som utgjør 10-20 % av bygningens totale energibruk reduseres, er det helt avgjørende med stram behovsstyring av oppvarming, kjøling, ventilasjon, lys og utstyr for å få et reelt lavt energibehov og samtidig et godt innneklima. Etter at de økte kravene om balansert ventilasjon (TEK10) og krav til verdier for spesifikk vifteeffekt (SFP), har det gjennom de siste årene blitt mer og mer vanlig å gå fra konstant ventilasjon til behovsstyrte ventilasjonssystemer i de aller fleste bygningskategorier og funksjonsareal. På det norske markedet

er det 6-8 dominerende leverandører av VAV- (Variable Air Volume) og DCV- (Demand Controlled Ventilation) løsninger som tar sikte på å løse behovet for ventilasjonssystemer som tilfredsstiller tekniske og funksjonelle krav og løser brukers ønsker/behov. De ulike systemene kan påregnes å ha ulike kostnader gjennom de ulike fasene i et livsløp. Utfordringen for slike systemer er at de er dyrere i anskaffelse, mer kompliserte å installere, innregulere og drifte. Dette innebærer at man ikke bare kan se etter løsninger som kun bidrar til lavt energibehov, men de ulike løsningene og systemene må vurderes ut fra et økonomisk synspunkt. For å forsvare den økte investeringen er en utfordring å balansere gevinstene ved mer avanserte systemer med lavere energibruk mot de økte investeringskostnadene og andre kostnader over anleggets levetid.

Denne rapporten beskriver resultatene av en masteroppgave på NTNU ved Energi og prosesssteknikk våren 2014. Bakgrunnen for rapporten er det pågående FoU-prosjektet ForKLima med SINTEF Byggforsk, Norconsult m.fl. som initiativtakere, der hensikten er å se på muligheter for å forenkle dagens klimatiseringsløsninger med forenklet behovsstyrt ventilasjon av kontorbygg med svært lavt oppvarmingsbehov. Målet til FoU-prosjektet er å komme fram til anbefalte og dokumenterte løsninger for forenklet temperaturbasert behovsstyrt klimatisering av kontorbygg med oppvarmingsbehov på passivhusnivå eller bedre, samtidig som løsningen skal være kostnadseffektiv[1].

Hovedmålet med denne rapporten er å undersøke de ulike VAV- og DCV-systemenes kostnader i et livsløpsperspektiv for å avdekke typiske kostnader som kan differensiere de ulike systemene, ikke bare på investeringskostnad ved installasjon, men også på kostnader som påløper gjennom hele levetiden til ventilasjonsanlegget. De ulike systemene kan påregnes å ha ulike kostnader gjennom de ulike fasene i et livsløp. Noen systemer kan være billige i investering og ha høye fremtidige kostnader, mens andre systemer koster noe mer i investering, men gir på sin side lavere kostnader i driftsfasen. For å ta hensyn til dette må investeringskostnaden vurderes opp mot alle de fremtidige kostnadene i driftsfasen som inkluderer kostnader til energi, drift og vedlikehold og utskiftningskostnader. Kostnadsprogrammet LCCWeb er benyttet for å gjennomføre en LCC analyse av livssyklus-kostnadene til de ulike VAV- og DCV-systemene i bygg der disse systemene er installert. Hensikten er å evaluere de ulike systemene opp mot hverandre over et lengre tidsperspektiv for å avdekke hvilke systemer som over levetiden operer med de laveste neddiskonterte kostnadene. 29 tilhørende referanseanlegg benyttes for kostnadsanalysen og tilsvarende benyttes disse på en kvalitativ og kvantitativ basis for å belyse andre aspekter enn bare kostnader for de ulike VAV- og DCV-systemene.

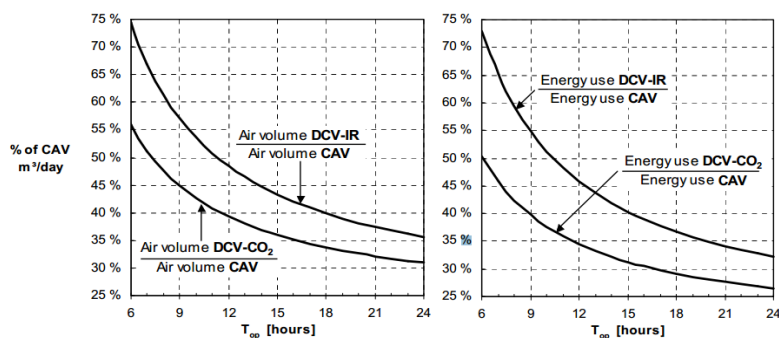
2. VAV- OG DCV- SYSTEMER TEORI OG PRAKSIS

Behovsstyrt ventilasjon baserer seg på at alle rom eller soner i en bygning mottar akkurat den luftmengden som behøves for å oppfylle definerte kriterier. Disse kriteriene er som oftest luftmengder som tilfredsstiller et godt inneklima, dvs. termisk miljø, atmosfærisk miljø, akustisk miljø, aktivt miljø, og mekanisk miljø. Hvis et ventilasjonssystem kan variere luftmengdene betegnes det som et VAV-system (Variable Air Volume), og hvis det er behovstilpasset ved at tilført ventilasjonsluftmengde reguleres automatisk etter et samtidig målt behov på romnivå, klassifiseres det som et DCV-system (Demand Controlled Ventilation)[2]. Begge begrepene benyttes om hverandre i mange sammenhenger for å beskrive ventilasjonssystemer som varierer luften etter

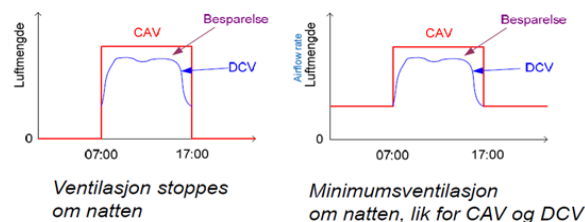
behovet. Det som skiller begrepene er at VAV-systemer styres på forhåndsatte verdier f.eks. ved en tilstedeværelsesdetektor, DCV systemer styres derimot utelukkende på en eller flere romsensorer som gir et mål/signal på romluftens kvalitet. Dette signalet brukes til å styre luftmengden i en tilbakekoblet reguleringsløyfe der målt tilstand sammenliknes med ønsket klimatilstand innenfor krav/spesifikasjoner som er satt i en uavbrutt signaloverføring[2]. Dersom det er avvik, må systemet reguleres/kompenseres med en regulator som regner seg frem til pådraget som må til for å regulere tilstanden tilbake til ønsket verdi. I praksis vil det si å tilpasse friskluftmengden i takt med forurensingsproduksjonen (CO₂) eller holde temperaturen innenfor gitte verdier. Denne rapporten benytter begge begreper om hverandre, selv om byggebransjen er mest vant med å kalle det VAV og VAV-systemer så lenge luftmengdene varierer i takt med behovet.

BESPARELSE

Det kan gi en betraktelig reduksjon i energibruken ved å installere behovsstyrte ventilasjonssystemer. Behovsstyring er mest lønnsomt der belastningen i rommet varierer mye i løpet av et døgn, eller der driftstiden til bygningen går over mange timer med varierende last. Da er det energi å spare ved å følge nivået for behov kontra å ventilere konstant gjennom driftstiden. Figur 1 viser tydelig de prosentvise forskjellene i luftmengder og energibruk mellom CAV (Constant Air Volume) og DCV styrt etter CO₂ som parameter eller tilstedeværelse (IR). Besparelsen som disse forskjellene gir mellom å ventilere konstant og variabelt er vist som arealet mellom de to kurvene i Figur 2. Besparelsene kan ofte være betydelige, og undersøkelser viser opptil 50 % om samtidigheten og behovet er lavt gjennom et driftsdøgn. Det er denne besparelsen som skal motivere til å investere i slike DCV-systemer. I bunn og grunn kan en enkel nåverdiberegning av kostnadsbesparelsen (arealet mellom kurvene) i Figur 2 gjøres for å bestemme hvor mye investeringskostnaden kan gå opp før DCV kommer likt ut med en CAV løsning. Det skal mye til for at DCV-system ikke er lønnsomt som investering over tid når faktorer som redusert energibruk til vifte, ventilasjonsluft og kjøling legges sammen med andre fordeler som økt individuell komfort.



Figur 1. Sammenheng mellom luftmengde og energibruk DCV vs. CAV. Venstre: Driftstider og luftmengder i % av CAV. Høyre: Driftstider og energibruk i % av CAV[3]



Figur 2. Besparelse av luftmengde VAV vs CAV

REGULERINGSPRINSIPPER

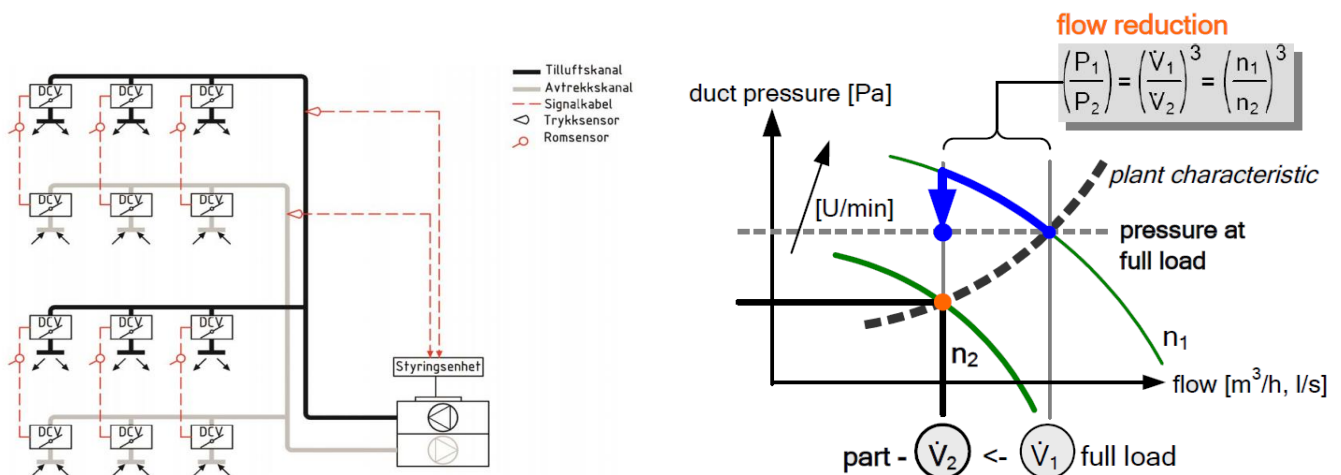
Reduksjon i luftmengde, under dellast drift, løses i dag ved en frekvensregulert/turtallsregulerbar vifte som styres med innebygd automatikk eller på 0-10V signal etc. Viften kan enten styres av:

- Tradisjonell kanaltrykkregulator
- Energieffektivt spjeldvinkelstyring (luftmengdestyring), som også kan gå under navnet proporsjonaltrykkstyring og optimizer-system (produkt navn)

KONSTANT TRYKKREGULERING

Konstant trykkregulering av et ventilasjonsanlegg (tradisjonell løsning) baserer seg på skissen i Figur 3 som viser at viftepådraget styres av trykksensor i hovedkanalen. Disse sensorene er kalibrert til å melde fra om avvik fra trykket som er fastsatt i kanalen til en regulator som styrer viftepådraget på vifta for å opprettholde konstant statisk trykk i kanalen uansett luftmengde[2]. På romnivå er hver enkelt DCV-enhet (VAV spjeld) tilkoblet en sensor som tilpasser luftmengden, dvs. VAV-spjeldet for hvert rom lever sitt eget liv uavhengig av alle de andre rommene. Når luftmengdebehovet endres på romnivå endres spjeldinnstillingen som igjen påvirker det statiske trykket i kanalen. Trykksettpunktet som er reguleringsvariabelen er satt til å tilføre nok trykk (luft) til den mest ugunstige VAV-enheten til enhver tid. Da vil de resterende VAV-enhetene som ligger med lavere luftmengde måtte strupe vekk det ekstra trykket over VAV-enheten, noe som ofte er tilfelle ved variasjoner i behov fra forskjellige rom. Dette forverres under del-last, for da operer disse enhetene i det mest ugunstige området med hensyn til reguleringskarakteristikk, lyd og trykktap.

Anleggsdiagrammet for en slik type regulering er vist i Figur 4. Når luftmengden reduseres, følges viftekarakteristikken på konstant turtall linjen ved at mange spjeld strupes og trykket bygges mer opp. Når ønsket luftmengde er nådd, reguleres trykket ned til satt kanaltrykk ved å gire ned hastigheten på viften. Tilstanden til systemet er nå det samme trykket, men med mindre luftmengde, og det er strupingen på VAV-spjeldene som må takle det ekstra trykket. I motsatt tilfelle vil økt luftmengde i et rom sørge for at flere spjeld åpner. Så vil trykket i kanalsystemet øke, og viften girer opp. Dette er en velkjent løsning, men det er knyttet utfordringer til plassering av sonespjeld og trykkgivere på rett sted.

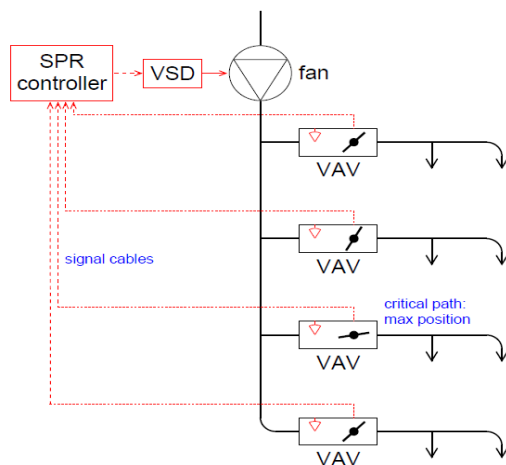


Figur 3. Konstant-trykkregulering. Viftepådrag styres av trykksensor i hovedkanal[2]

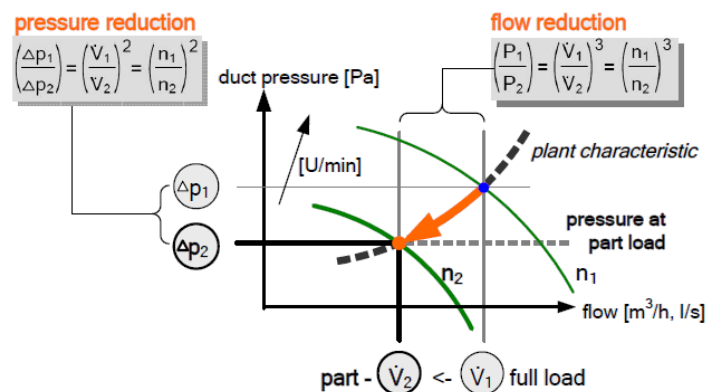
Figur 4. Anleggsdiagram kanaltrykk-regulering[4]

SPJELDVINKEL STRYING, OPTIMIZER, PROPORSJONALTRYKKSTYRT, LUFTMENGDESTYRT

Et optimizer-system (spjeldoptimalisering) fjerner ulempene et kanaltrykkregulert system har. Systemet henter spjeldposisjonene (0-100%), målt og levert luftmengde fra de individuelle rommene/sonene på DCV-spjeldet ved busskommunikasjon og benytter dem til å generere et energieffektivt settpunkt for vifta via frekvensomformereren (VSD-Variable Speed Drive)[4]. Målet er å holde trykktapet over VAV-enhetene lavest mulig, og derved tilpasse viftetrykket så lavt systemet lar seg regulere med lave vifteturttall. Det gjøres ved å forsøke å holde minst et spjeld (spjeldet med størst luftbehov) omtrent helt åpent (ca. 80-90 %) til enhver tid. Resultatet er at systemet reguleres i det optimale området for reguleringskarakteristikk, lyd og energibruk. Reguleringskarakteristikken følger anleggs-karakteristikken vist i Figur 6 der en liten reduksjon i luftmengde tilpasses med reduksjon i vifteturttall og trykk. Totaltrykket blir redusert, og man får det nødvendige systemtrykket til den aktuelle driftssituasjonen. En annen variant er å plassere VAV spjeldet direkte på romnivå for å variere luftmen direkte, noe som er vanlig for løsninger med aktive ventiler.



Figur 5. Optimizer funksjon der kritiske gren alltid er nesten 100 % åpen uansett luftmengde[5]



Figur 6. Anleggsdiagram optimizer system[4]

3. LIVSSYKLUSKOSTNADER I ET BYGGEPROSJEKT

LCC står for Life Cycle Cost, der vi på norsk sier livssyklus-kostnader eller levetidskostnader. De fleste byggherrer som investerer i bygninger kan kalkulere hva det vil koste å bygge en bygning investeringsmessig. Betydningen av å vurdere investeringskostnaden i sammenheng med de etterfølgende kostnadene og skaffe oversikt over disse kan være vanskelig og virke lite viktig. De påfølgende fasene i byggets bruk har i den senere tid fått mer fokus både for eier av bygget og brukere da de fleste forutsetninger og konsekvenser av valg for de etterfølgende fasene blir lagt i nybyggfasen. Høyere fokus og krav på dette gir grunnlag for bedre bygninger, mindre energibruk og lavere fremtidige utgifter, som igjen kan sørge for høyere utleie priser¹ og lengre levetid på bygningen. NS 3454:2013, «Livssyklus-kostnader i byggverk» legger føringer for kalkulasjonsmetodikk og konstnadsoppstilling for kalkulasjon av livssyklus-kostnader for byggverk og bygningsdeler[6]. Standarden definerer livssyklus-kostnader til å omfatte alle kostnader som påløper ved oppføring, bruk og avhending av en bygningsdel eller et byggverk[6].

¹ Under forutsetning av at leietager betaler for energibruken. Det er mest vanlig

4. METODE

Som beskrevet innledningsvis er hensikten med denne oppgaven å kvantifisere data og gjøre opp en kvalitativ og kvantitativ slutning om de ulike VAV- og DCV- systemene. Kvalitativ forskning baser seg på strategiske og planlagte undersøkelser for en gruppe under fokus, mens kvantitative ønsker å generalisere og benytte statistikken som grunnlag. Her i denne masteroppgaven vil det være en kombinasjon av disse to metodene som utnytter begge metodenes kvalitetskriterier med siktemål mot å avdekke gjentakelsesmønstre og hva som er typisk for de ulike ventilasjonssystemene. I hoveddelen av masteroppgaven er det den kvantitative delen som dominerer gjennom å se på typiske kostnadsdata og generalisering av de ulike systemene ut fra referanser i de forskjellige byggene som er til analyse. Oppgaven avsluttes med en kvalitativ del som tar opp noen av linjene i den kvantitative delen, men nå med fokus på tilbakemeldinger fra involverte personer i byggeprosjektene. På den måten vil også denne informasjonen kvantifiseres for å fremstille hovedtrekkene i tilbakemeldingene på en slik måte at det gir mulighet til å få oversikt over hovedtrekkene

5. KOSTNADSMODELLER

Et hovedmål med å estimere FDVU kostnadene tidlig i stadiet for et ventilasjonsanlegg er å sikre at anlegget designes og planlegges for å nå sin tiltenkte levetid, og også forstå utfallet av valg som påvirker driften. Videre er det beskrevet, presentert og modellert kostnader knyttet til drift, vedlikehold, energi og utskiftninger som vil bli benyttet i LCC analysen, samt typisk investeringskostnad for de ulike systemene.

DRIFT OG VEDLIKEHOLD

Mesteparten av kostnadene til drift og vedlikehold i et ventilasjonsanlegg er avhengig av arbeidet driftspersonellet bruker tid på, deriblant inspeksjon og utskiftninger. I tillegg går det med en del kostnader til faste filterskift og avtalefestet service på komponenter i teknisk rom som krever spesialkompetanse fra innleid personell. Servicekostnaden knyttes hovedsakelig opp mot aggregatservice som vanligvis kreves ca. en gang i året. Splittes dette opp i hovedposter, vil vi kunne si at kostnadene til drift og vedlikehold av et ventilasjonsanlegg inkluderer den antatte kostnaden til de som drifter anlegget på full tid (vaktmestere, driftsteknikere osv.), samt service av alle ventilasjonsaggregatene og filterskift ca. *1 gang i året*. Dermed kan drift- og vedlikeholdskostnadene (D&V) moduleres etter følgende formel:

$$\text{Drift \& Vedlikehold} = \text{Service}_{pr.aggreat} + \text{filterskift}_{pr.aggreat} + \text{driftspersonell} \quad (6.1)$$

ENERGI

Kostnader til energi går innunder kostnadspost nr. 5 – forsyningskostnader i NS 3454. Grunnen til at energikostnader inkluderes i analysen, er at de vanligvis utgjør 15-30% av FDVU-kostnadene i en normal kontorbygning. I tillegg kan de ulike behovsstyrte ventilasjonssystemene differensieres noe når det kommer til SFP-verdier og effektivitet i sine systemet[10]. For et bygg vil energikostnaden som går med til et ventilasjonssystem (ventilasjon, kjøling og automatikk), være avhengig av byggets totale energibruk med de ulike energikildene, energiprisen for de ulike kildene og andelen av dette som går med til ventilasjonsanlegget. Matematisk kan dette skrives:

$$Energibruk_{Ventilasjonssystemet} [kr / m^2] = Energibruk [kWh / m^2] \cdot Energipris [kr / kWh] \cdot \%_{ventilasjon} \quad (6.3)$$

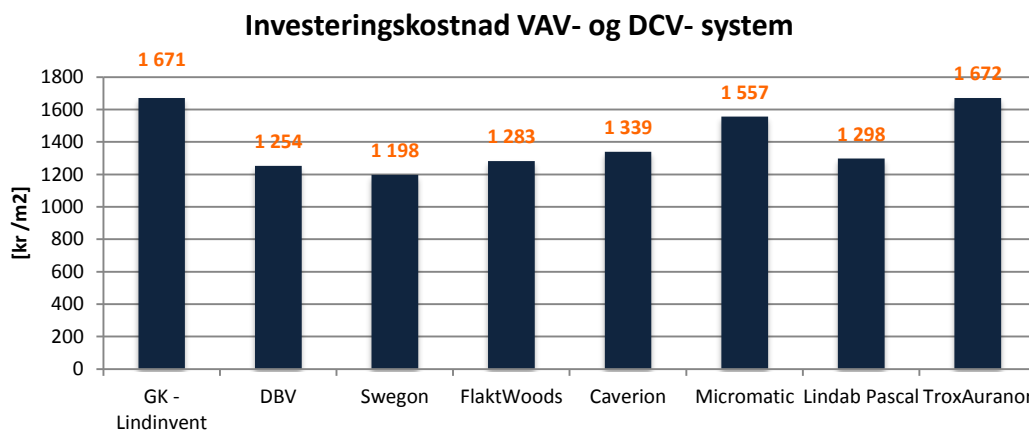
UTSKIFTNINGER

Den siste modellen som legges inn i analysen er en modell med utskiftninger basert på levetiden til komponentene. Kostnader som går på utskiftninger når komponenten har nådd sin tiltenkte levetid, eller utskiftninger som tvinges frem når noe feiler, kan være betydelige. Hvis noe uventet feiler/svikter er det greit om noen penger er satt av i driftsbudsjettet til dette. Modellen for utskiftninger blir noe forenklet til å gjelde automatikk som må skiftes etter 15 år, hele aggregatene som må skiftes etter 20 år, tillufts/avtrekksvifte i aggregat hvert 10 år (men ikke når nytt aggregat installeres), og til slutt spjeldmotor som må byttes tilnærmet hvert 18 år. Dette kan skrives:

$$Utskiftninger = Automatikk_{15} + Aggregat_{20} + Vifte_{10_Tilluft/Avtrekk} + Spjeldmotor_{18} \quad (6.4)$$

INVESTERINGSKOSTNAD

Investeringskostnad for ventilasjon og automatikk for de forskjellige VAV- og DCV- systemene utgjør den største delen av kostnaden for systemene over livsløpet. Gjennomsnittet av de 29 referanseanleggene som representerer gir et resultat i arealvektet pris pr m2 vist i Figur 7 under.



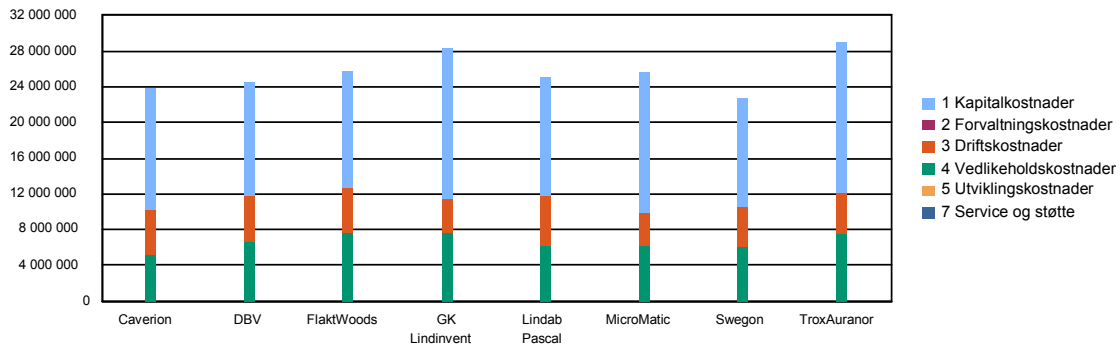
Figur 7. Investeringskostnad for ventilasjon og automatikk eks.mva pr m2 BTA som et gjennomsnitt pr VAV- og DCV- system.

6. RESULTATER AV LCC ANALYSEN

I programmet LCCWeb legges alle tidligere resultater for kostnader til drift, vedlikehold, energi og utskiftninger som er presentert for de ulike VAV- og DCV- systemene inn i de tilhørende kostnadspostene. Med LCCWeb presenteres hovedresultatene av LCC-analysen oppdelt for kostnadspostene pr VAV- og DCV- system vist for de diskonterte kostnadene i Figur 8 med tilhørende inkluderte kostnadsinndeling i Tabell 1. Figurene viser hovedsakelig det totale resultatet, mens tabellene tallfester forskjellene i kapitalkostnadene, driftskostnadene (energi, driftspersonell, service og filterbytter), vedlikeholdskostnadene (utskiftningskostnadene) og den samlede kostnaden.

Nåverdikostnad[kr]

10 000 BTA[m²], 4 % rente, Brukstid 25år



Figur 8. LCC-analysen av ulike VAV- og DCV-systemer, nåverdikostnad ved: 10 000m², 4% rente, brukstid 25år

Tabell 1. Tilhørende kostnadsinndeling til Error! Reference source not found.

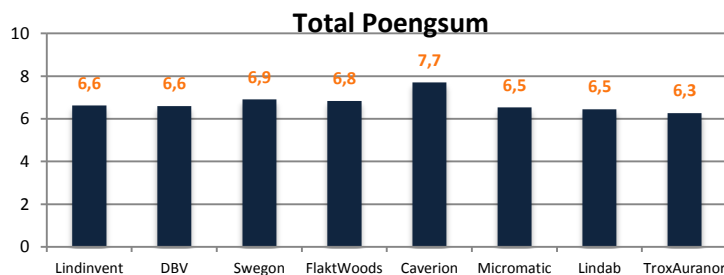
	Caverion	DBV	FlaktWoods	GK Lindinvent	Lindab Pascal	MicroMatic	Swegon	TroxAuranor
1 Kapitalkostnader	13 576 880	12 707 074	13 003 362	16 933 720	13 156 318	15 785 576	12 152 022	16 944 265
2 Forvaltningskostnader	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Driftskostnader	5 064 677	5 220 897	5 114 667	3 763 358	5 728 615	3 616 510	4 508 531	4 653 816
4 Vedlikeholdskostnader	5 157 394	6 636 773	7 629 618	7 649 615	6 145 771	6 162 674	6 068 473	7 516 811
5 Utviklingskostnader	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Service og støtte	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	23 798 950	24 564 744	25 747 648	28 346 693	25 030 704	25 564 760	22 729 026	29 114 892

Den oppmerksomme leser ser at nåverdien av de fremtidige kostnadene som ligger i drift, vedlikehold, energi og utskiftninger utgjør fra 66 % til 97 % av investeringskostnaden med forutsetning om en total utskiftning innenfor 25 år. Dvs. nåverdikostnaden blir nesten dobbelt så stor som kun investeringskostnaden. Dette stemmer med tidligere LCC-teorier om at fremtidige FDVU kostnader kan stå for halvparten av kostnadene over et livsløp. Sammenliknes ren investeringskostnad mot de totale LCC kostnadene etter posisjoneringen de har seg imellom, er forholdene mellom systemene forholdsvis lik² med unntak av DBV, FLaktWoods og Lindab Pascal som får høyere totale kostnader relativt til de andre. Micromatic, Caverion og GK Lindinvent gjør det bedre, mens Swegon og Trox Auranor ligger nær gjennomsnittet. Dette kan bekreftes ved å studere Tabell 1 sine kostnadsposter for drift og vedlikehold. Nåverdikostnaden av LCC-analysen viser at Swegon kommer best ut med en nåverdikostnad på 22,73 MNOK med en margin på 4,7 % (1,07 MNOK) til Caverion som neste konkurrent. Deretter følger DBV med et tillegg på 8 % (1,83 MNOK), Lindab Pascal 10,1 % (2,3 MNOK), Micromatic 12,4 % (2,84 MNOK) og Flakt Woods med 13,3 % (3,02 MNOK) i forhold til Swegon. GK-Lindinvent og TroxAuranor lider igjen pga. sine høye investeringskostnader, og dermed også utskiftningskostnader i denne modellen, og ligger henholdsvis 24 % (5,62 MNOK) og 28 % (6,39 MNOK) over billigste leverandør. Ser vi derimot på driftskostnadene (drift og energibruk), presterer disse leverandørene det mye bedre der GK-Lindinvent kommer rett bak Micromatic med betydelige prosentvise forskjeller til de andre leverandørene. De andre koster henholdsvis 24,7 % (Swegon), 28,7 % (TroxAuranor), 40 % (Caverion), 41,4 % (FlaktWoods), 44,3 % (DBV) og 58,4 % (Lindab Pascal) mer enn GK-Lindinvent og Micromatic.

² Viser betydningen av investeringen og at de fremtidige kostnadene ikke påvirker i stor grad.

For vedlikeholdskostnadene (utskiftingene) gjør Caverion sin løsning det svært bra; 17,7 % bedre enn nr. 2 (Swegon), der de andre følger rett på og litt mer for TroxAuranor og GK Lindinvent.

7. MULTIKRITERISK ANALYSE



Figur 9. Total poengsum

Figur 9 oppsummerer alle de 7 kategoriene; Installasjon, Igangkjøring/innregulering, Overtagelse, Drift, Funksjonalitet, Pris og Tilfredshet som et gjennomsnitt av hver enkelt kategori pr system. Selv om resultatene innad i hver kategori har variert til dels mye, viser totalresultatet en veldig jevn fordeling med en liten variasjon på kun 6 prosentpoeng med unntak av Caverion som er minst 8 prosentpoeng bedre enn de andre. Begrunnelsen ligger i de generelt høye poengsummene for hver eneste kategori, og selv der de gjør det svakest i kategorien pris, så er de likevel i toppen i denne kategorien. Tydeligvis er det ikke så mye å utsette på Caverion sin løsning, spesielt ikke på de tre første kategoriene der de er kategoriennere. De andre systemene har mye større varians i sine kategorieresultater, som gjør at gjennomsnittet blir deretter. Dette gjelder spesielt Lindinvent, FlaktWoods og TroxAuranor som for noen kategorier er helt i toppen, og for andre havner et stykke under de andre systemene. Resultatene gjenspeiler byggene på en god måte, men det betyr bare at det for noen systemer slår mer heldig ut enn for andre.

8. KONKLUSJON

Resultatene i rapporten viser tydelig at de enkelte byggene som representerer systemene, er den viktigste bestemmende faktoren for den vektete gjennomsnittlige LCC kostnaden som hver enkelt VAV- og DCV-system oppnår i analysen. Systemet med lavest LCCkostnader under forutsetning om 25 års analyseperiode og 4 % realrente er Swegon etterfulgt av Caverion (4,7 % dyrere), DBV (+8 %), Lindab Pascal (+10,1 %), Micromatic (+12,4 %), FlaktWoods (+13,3 %) og så GK-Lindinvent (+24,7 %) og TroxAuranor (+28,1 %). Investeringskostnadens betydning er avgjørende for utfallet, selv om de dyrere systemene har 25-40 % lavere kostnader til drift og vedlikehold. Den høyere investeringen forsvarer ikke de reduserte fremtidige kostnadene, men systemene med de høyeste investeringskostnadene kan vise til noe høyere funksjonsklassifiserte bygg.

Hovedresultatene fra undersøkelsen der spørsmål er poengsatt og kategorisert, viser at de ulike behovsstyrte systemene kommer relativt likt ut med alt fra 6,3 til 7,7 poeng ut av 10 mulige, der det er Caverion som scorer gjennomsnittlig høyt på de fleste kategoriene. Undersøkelsen viser at systemene får noe ulik poengsetting på ulike områder, men overordnet er totalresultat av poengene relativt likt for de ulike systemene. Hovedinntrykket er at alle systemene får tilfredsstillende tilbakemeldinger på kvalitative parametere uavhengig av hvilken investeringskostnad de har. De

viktigste forskjellene i poengsettingen er at de billigste systemene får noe dårligere tilbakemeldinger på drift, mens de dyreste systemene får best tilbakemeldinger på funksjonalitet og total tilfredshet med anlegget.

Utfordringen med begge disse analysene er spørsmålet om i hvilken grad en kan generalisere med utgangspunkt i de representative byggene for de ulike systemene, der TroxAuranor og GK Lindinvent blir straffet noe hardt grunnet et par problembygg. Uten dem ville rapporten ha indikert at de høyeste investeringskostnadene betyr best tilbakemeldinger i den kvalitative analysen og at de generelle investeringskostnadene for de ulike VAV-systemene ikke skiller så mye. De andre hovedresultatene som følger av LCC-analysen og spørreundersøkelsen er at:

- Energibruken til systemene avhenger av den løsningen som er valgt for det aktuelle bygget. En høyere investeringskostnad indikerer også lavere energibruk. Resultatene viser at der et ventilasjonssystem (ventilasjon og automatikk) koster over 1300 kr pr m² (målt i 2014-beløp), så er det en mye større sannsynlighet å få et lavt energibruk i bygningen. Det er imidlertid en grense for hvor mye man trenger å investere før vinningen går opp i spinningen. For det ser ikke ut som løsninger med kostnader over 1600 kr pr m² kan forsvare den økte investeringen. En lavere energibruk gir lavere drifts- og vedlikeholdskostnader i LCC-analysen. Resultatene viser at den økte investeringen ikke klarer å spares inn ved lavere energibruk over levetiden fordi innsparingspotensialet blir noe redusert med økte utskiftningskostnader.
- Sensitivitetsanalysen med endrede betingelser for realrente og levetid endrer ikke resultatene nevneverdig selv om noen systemer har en bedre utvikling ved andre forutsetninger.
- De kategoriserte poengene viser at byggene til Caverion kommer best ut i spørsmålene og punktene som omfatter installasjon (7,5poeng), Innregulering (8,3) og overtagelse (8,9). FlaktWoods får best tilbakemeldinger på drift (7,6). GK-Lindinvent samler flest poeng for funksjonalitet (8,7). DBV scorer høyest på prismessighet (7,1), og Micromatic er på topp når det kommer til tilfredshet (8,5).
- Trenden i analysen viser at byggene med de avanserte systemene også er de som opplever mest problemer under installasjon og innregulering. Komplikasjoner eller uforutsette ting skjer for alle systemene uansett fordi det er så mange komponenter som skal innhentes uten feil fra leverandør, kobles riktig, adresseres riktig, og så regulere riktig.
- En LCC-analyse er et nyttig verktøy for å fremstille fremtidige kostnadene knyttet til FDVU-aktiviteter ved valg av løsning og utforming av et ventilasjonsanlegg. Kombinert med en kvalitativ analyse som belyser andre aspekter av hva man kan være ute etter, kan det bidra til å gjøre et godt valg av et behovsstyrt ventilasjonsanlegg som tilfredsstiller tekniske og funksjonelle krav og løser brukers ønsker/behov. Spørsmålet blir bare hvor mye ekstra penger man ønsker å legge i et enda mer funksjonelt og avanserte system, når man i prinsippet greier seg med et enklere system med noe mindre funksjonalitet, men til en rimeligere penge
- Spørsmålet om i hvilken grad en kan generalisere basert på de innhentede opplysningene og analysene for de utvalgte byggenes VAV- og DCV- system er en åpenbar utfordring. Vi har sett at enkeltbyggs problemer, spesielle løsninger eller kostnader kan gi klare utslag for

resultatene. Det anbefales derfor å undersøke systemene på et enda større datagrunnlag for å validere resultatene i større grad.

- [1] SINTEF Byggforsk, Norconsult AS, Statsbygg, COWI, and m.flere, "ForKlima - Forenklet behovsstyrt klimatisering av kontorbygg med svært lavt oppvarmingsbehov," 16.10.2012 2012.
- [2] M. Mysen and P. Schild, "Behovsstyrt ventilasjon, DCV – krav og overlevering," 2013.
- [3] M. Mysen and P. Schild, "Behovsstyrt ventilasjon, DCV - forutsetninger og utforming : Veileder for et energioptimalt og velfungerende anlegg," SINTEF Byggforsk, Oslo, Project number: 191042 ISSN 1894-1583 ISBN 978-82-536-1372-7, 2014.
- [4] Belimo, "Grunnleggende om behovsstyrte ventilasjonssystemer," ed, 2008.
- [5] M. M. P.G. Schild, "Recommendations on Specific Fan Power and Fan System Efficiency," *Technical Note AIVC 65*, p. 42, 2009.
- [6] "NS 3454:2013, Livssyklus kostnader for byggverk, Prinsipper og klassifisering," Standard Norge, Ed., ed, 2013.
- [7] NTNU and SINTEF, *ENØK I BYGNINGER, Effektiv energibruk*, 3. utgave ed., 2007.
- [8] DIFI Direktoratet for forvaltning og IKT. (2013, v3 12.2013). *LCC basiskurs*. Available: <http://www.anskaffelser.no/verktoy/lcc-basiskurs-kursmateriale>
- [9] A. H. Tjora, *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. Oslo: Gyldendal akademisk, 2012.
- [10] Holte Byggsafe, "Holte Byggsafe FDV-nøkkelen 2014," 2014.