

OsloMet - Storbyuniversitetet
 Institutt for bygg- og energiteknikk
 Energi og Miljø i Bygg

Postadresse: Postboks 4. St. Olavs plass, 0130 Oslo
 Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

Telefon: 67 23 50 00
 www.hioa.no

Masteroppgave

OPPGAVERNS TITTEL Trådløs behovsstyrt ventilasjon - en kost-nytte analyse og sammenligning av installasjonskostnader	DATO 23.05.2019
	ANTALL SIDER: 83 ANTALL VEDLEGG: 7
FORFATTER Jens Kunter Bergersen	VEILEDERE Sigurd Haugli Mads Mysen

SAMMENDRAG

Installasjonskostnader for klimatiseringsløsninger er fluktuerende og dermed krevende å kartlegge. Oppgaven skal sammenligne installasjonskostnader for det trådløse ventilasjonsanlegget Swegon Wise 2 med Wise 1, Lindinvent og Lindab Pascal. Det vil utføres en sammenligning av kostnader samt en kost-nytte analyse som gjøres på bakgrunn av data innsamlet i prosjektarbeidet. Det er formulert hypoteser vedrørende klimatiseringsløsningene som gjennom oppgaven skal bekreftes eller avkreftes. De tre nullhypotesene er som følger: *Trådløse ventilasjonsanlegg har like stor eller større totale installasjonskostnader enn kablede anlegg, Det trådløse aspektet har ingen eller negativ innvirkning på installasjonsprosessen og Den reduserte installasjonskostnaden er ikke tilstrekkelig til å kunne brukes til annen investering i byggprosessen.* I prosjektarbeidet ble det tatt i bruk flere forskjellige typer datainnsamling. Aktuelle personer ble kontaktet vedrørende installasjonskostnader fra tidligere prosjekter, det ble bestemt et referansebygg som skulle prises av de ulike ventilasjonsleverandørene, et intervju ble laget og det ble samlet inn konkrete elektrokostnader. Videre fremkommer det i resultatene at det er mulig å spare 800 – 3300kr per punkt ved å velge Swegon Wise 2. Resultatene viser at uten behov for signalkabel vil det være mulig å spare 800 – 900kr sammenlignet med Wise 1 og Lindinvent, hvor en til sammenligning kan spare opptil 3300kr sammenlignet med Lindab Pascal. Dersom det regnes en besparelse på 800kr per produkt vil dette tilsvare 120.000kr for ett plan i bygg B og C i referansebygget. Det vil si en besparelse på 180.000kr per etasje. Dette kan da medføre en besparelse på 1,44 millioner for hele bygget. På bakgrunn av resultatene, sammenligningene og analysen ligger det til grunn nok bevis for å avkrefte de to første nullhypotesene og de alternative hypotesene *Trådløse ventilasjonsanlegg har lavere totale kostnader enn kablede anlegg og det trådløse aspektet har positiv innvirkning på installasjonen av ventilasjonsanlegget* kan derfor med høy sikkerhet bekreftes. Til slutt kan også den siste nullhypotesen avkreftes og den alternative hypotesen *den reduserte installasjonskostnaden er tilstrekkelig til å kunne brukes i annen investering i byggprosessen* kan bekreftes.

3 stikkord:

Behovsstyrt ventilasjon

Trådløst

Kost-nytte

Forord

Masteroppgaven er skrevet våren 2019 i forbindelse med studiet Energi og Miljø i Bygg ved Institutt for bygg- og energiteknikk ved OsloMet - Storbyuniversitetet. Oppgaven står for 30 studiepoeng, som vil si at den opptar 100% av semesteret. Oppgaven utføres i samarbeid med Swegon, med Sigurd Haugli, avdelingsleder inneklimateknikk, som ekstern veileder og Mads Mysen, professor II ved OsloMet og fagdirektør i GK Inneklima, som intern veileder.

Oppgaven har til hensikt å avdekke og sammenligne installasjonskostnader for ventilasjonsanlegg med aktive tilluftsventiler, herunder Swegon Wise 1 og 2, Lindinvent og Lindab Pascal. Wise 2 er en klimatiseringsløsning som kommuniserer trådløst; løsningene som kommuniserer via kabel skal derfor sammenlignes med Wise 1 for å finne prisforskjellen mellom trådløse og kablede ventilasjonsanlegg. Oppgaven vil gjennom en kost-nytte analyse avdekke fordeler og ulemper ved de ulike løsningene som vurderes opp mot kostnadene, både i forbindelse med ventilasjon og elektro.

Jeg vil gjerne rette en stor takk til Sigurd Haugli for god informasjon og bistand underveis. Marius Taxt og Vegard Døssland hos Swegon har også bidratt med god informasjon, kalkyler og plantegninger i prosjektarbeidet. Jeg vil også takke Mads Mysen for uvurderlig hjelp og veiledning gjennom hele semesteret, samt gode innspill vedrørende oppgavens tema og fremgangsmåte. I tillegg vil jeg også takke Petter Andreas Helland, Birgith Stuan og Jarle Bjerke hos GK for hjelp til prising av referansebygget og avgjørende elektrokostnader. Videre vil jeg rette en stor takk til Håkon Ødegaard hos Vedal for god informasjon og hjelp i forbindelse med referansebygget, samt arrangement av befaringsreise på Fyrstikkaléen 1. Til slutt ønsker jeg å takke alle som har bidratt til at denne oppgaven var mulig å gjennomføre; fullstendig liste med navn på dem som har bidratt ligger i vedlegg B.

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Struktur	7
1.3	Hensikt	8
1.4	Hypoteser	8
1.5	Forutsetninger og begrensninger	9
1.5.1	Forutsetninger	9
1.5.2	Begrensninger	9
2	Metode	11
2.1	Beskrivelse av bygg brukt i oppaven	11
2.1.1	Referansebygg - Fyrstikkalléen 1	11
2.1.2	Blomsterringen	11
2.1.3	Lilleakerveien 2	12
2.2	Fremgangsmåte	13
2.2.1	Litteratursøk og funn	13
2.2.2	Datainnsamling	15
2.2.3	Intervju	16
2.2.4	Valg av sammenligningsmetode	16
2.3	Teori	16
2.3.1	Kvantitativ metode	16
2.3.2	Kvalitativ metode	17
2.3.3	Hypotesetesting	17
2.3.4	Kost-nytte analyse	18
2.4	Grunnleggende om behovsstyrte systemer	18
2.4.1	Hovedprinsipper i et behovsstyrt anlegg	18
2.4.2	Reguleringsprinsipper	19
2.4.3	Aktive ventiler	23
2.5	Automatikk og kommunikasjon	24
2.5.1	Modbus	24
2.5.2	BACnet	25
2.5.3	KNX	25
2.5.4	DALI	27
2.6	Grunnleggende om klimatiseringsløsningene	28
2.6.1	Swegon Wise 2	28
2.6.2	Swegon Wise 1	31
2.6.3	Lindinvent	32
2.6.4	Lindab Pascal	33
2.7	Koblingsskjemaer	34
2.7.1	Wise 2	34
2.7.2	Wise 1	36
2.7.3	Lindinvent	37
2.7.4	Lindab Pascal	39
3	Datasamling og resultater	40

3.1	Litteratursøk	40
3.2	Referansebygg	40
3.2.1	Wise 2	41
3.2.2	Wise 1	43
3.2.3	Lindinvent	44
3.3	Andre prosjekter	44
3.3.1	Lilleakerveien 2	45
3.3.2	Blomsterringen	47
3.4	Elektrokostnader	48
3.4.1	Priser	49
3.4.2	Wise 2	51
3.4.3	Wise 1	52
3.4.4	Lindinvent	53
3.4.5	Lindab Pascal	54
3.5	Sammenligning	55
3.5.1	Referansebygget, Lilleakerveien og Blomsterringen	55
3.5.2	Elektrokostnader	56
4	Diskusjon og analyse	58
5	Konklusjon	62
5.1	Forslag til videre forskning	62
6	Vedlegg	66
A	Intervjuer	66
A.1	<u>Håkon Ødegaard - Vedal</u>	66
A.2	<u>Halvor Grepperud - GK</u>	69
A.3	<u>Petter Andreas Helland - GK</u>	71
A.4	<u>Martin Aketun - GK</u>	74
A.5	<u>Patrick Gundersen - Haaland Klima</u>	76
A.6	<u>Nils Jarle Goffeng - Bjerke Ventilasjon</u>	80
B	Kontaktliste	83

Sammendrag

Installasjonskostnader for klimatiseringsløsninger er fluktuerende og dermed krevende å kartlegge. Oppgaven skal sammenligne installasjonskostnader for det trådløse ventilasjonsanlegget Swegon Wise 2 med Wise 1, Lindinvent og Lindab Pascal som er valgt på bakgrunn av at de benytter aktive tilluftsventiler. Det vil utføres en sammenligning av kostnader samt en kost-nytte analyse som gjøres på bakgrunn av data innsamlet i prosjektarbeidet.

Det er formulert hypoteser vedrørende klimatiseringsløsningene som gjennom oppgaven skal bekrefte eller avkreftes i den statistiske metoden hypotesetest. De tre nullhypotesene er som følger: *Trådløse ventilasjonsanlegg har like store eller større totale installasjonskostnader enn kablede anlegg, Det trådløse aspektet har ingen eller negativ innvirkning på installasjonsprosessen og Den reduserte installasjonskostnaden er ikke tilstrekkelig til å kunne brukes til annen investering i byggeprosessen.* En hypotesetest har til hensikt å forsøke å avkreftes nullhypotesene slik at en kan si at det ligger tilstrekkelig bevis til grunn for at en alternativ hypotese kan bekrefte. I denne oppgaven er de alternative hypotesene *Trådløse ventilasjonsanlegg har lavere totale installasjonskostnader enn kablede anlegg, Det trådløse aspektet har positiv innvirkning på installasjonen av ventilasjonsanlegget og Den reduserte installasjonskostnaden er tilstrekkelig til å kunne brukes i annen investering i byggeprosessen.*

I prosjektarbeidet ble det tatt i bruk flere forskjellige typer datainnsamling. Aktuelle personer ble kontaktet vedrørende tall fra tidligere prosjekter, det ble bestemt et referansebygg som skulle prises av de forskjellige ventilasjonsleverandørene, et intervju ble laget og det ble samlet inn konkrete elektrokostnader. Fyrstikkalléen 1 ble valgt som referansebygg og består av tre bygg, A, B og C, hvor det i prosjektet ble tatt utgangspunkt i 7. etasje i bygg B og C. Bygget er en kombinasjon av kontor og landskap, og har et areal på $39.000m^2$. De to byggene i 7. etasje har et areal på ca $2.000m^2$.

Hva gjelder prising av ventilasjonskomponenter har dette vært krevende da det er konkurrenter som skal sammenlignes. Det var derfor kun mulig å sammenligne elektrokostnader på tvers av leverandørene. Kun Swegon Wise 1 og 2 hadde mulighet til å sammenligne enhetspriser seg i mellom da sammenligningsgrunnlaget var likt. Videre fremkommer det i resultatene at det er mulig å spare $800 - 3300kr$ per punkt ved å velge Swegon Wise 2. Resultatene viser at uten behov for signalkabel vil en kunne spare $800 - 900kr$ sammenlignet med Wise 1 og Lindinvent, hvor det til sammenligning kan spares opptil $3300kr$ sammenlignet med Lindab Pascal. Dersom det regnes en besparelse på $800kr$ per produkt vil dette tilsvare $120.000kr$ for ett plan i bygg B og C i referansebygget. Det vil si en besparelse på $180.000kr$ per etasje. Dette kan da medføre en besparelse på 1,44 millioner for hele bygget. Dette står også i samsvar med at Vedal anslo overodnet en besparelse på 1,5 millioner kr ved å velge Wise 2 som klimatiseringsløsning i Fyrstikkalléen 1 [1].

På bakgrunn av resultatene, sammenligningene og analysen ligger det til grunn nok bevis for å avkreftes de tre nullhypotesene og de alternative hypotesene *Trådløse ventilasjonsanlegg har lavere totale kostnader enn kablede anlegg, det trådløse aspektet har positiv innvirkning på installasjonen av ventilasjonsanlegget og den reduserte installasjonskostnaden er tilstrekkelig til å kunne brukes i annen investering i byggeprosessen* kan derfor med høy sikkerhet bekrefte.

Abstract

Installation costs for indoor climate solutions are fluctuating and therefore difficult to assess. This thesis will compare installation costs for the wireless climate solution Swegon Wise 2 with that of Wise 1, Lindinvent and Lindab Pascal. These climate solutions are chosen for their use of active diffusers. A comparison of costs will be made, along with a cost-benefit analysis which will be done on the basis of the results acquired in the project work.

Hypotheses are formulated in relation to the climate solutions, which through the thesis will be confirmed or disproven with the statistical method of hypothesis testing. There are three null hypotheses formulated for this thesis, namely *Wireless climate solutions have equally great or greater installation costs than that of wired climate solutions*, *The wireless aspect of the climate solution has no or negative impact on the installation process* and *The reduction in construction costs is not sufficient to be used for other investments in the construction process*. The purpose of a hypothesis test is to disprove the null hypothesis so that one can say that sufficient proof is present for the alternative hypothesis to be confirmed. In this case the corresponding alternative hypotheses are *Wireless climate solutions have lower installation costs than wired solutions*, *The wireless aspect of the climate solution has a positive impact on the installation process* and *The reduction in construction costs is sufficient to be used in other investments in the construction process* respectively.

During the project work, several methods for data collection were used. Relevant businesses were contacted regarding costs from earlier projects, a reference building was chosen which was to be priced by the ventilation suppliers, an interview was made to collect factual experiences and points of view, and electrical costs were collected. The building chosen as a reference building is Fyrstikkalléen 1, which consists of three buildings (A, B, and C), where the 7th floor of building B and C was chosen. The building is a combination of both open landscape and offices and the entire building has an area of $39.000m^2$, while the 7th floor has an area of about $2.000m^2$.

In regards to the pricing of the ventilation components, the process has been challenging as the suppliers are competitors and prices are regarded as sensitive information. Because of this, comparing the unit costs of the different climate solutions was not possible except for Wise 1 and 2. The electrical costs were used as the basis for comparison between the different suppliers. Moreover, the results show a possible saving of $800 - 3300kr$ per unit by choosing Wise 2. Without the need for a signals cable, it is possible to save $800 - 900kr$ per unit when comparing Wise 2 with Wise 1 and Lindinvent. Compared to Lindab Pascal, it is possible to save up to $3300kr$ per unit. With a saving of $800kr$ per unit it will be possible to save $120.000kr$ in the reference building alone. This translates to $180.000kr$ per floor and 1,44 million for the entire building. This is in compliance with Vedals executive estimate of saving 1,5 million kr by opting for Wise 2 instead of the other climate solutions [1].

On the basis of the results, comparisons and the analysis there are sufficient evidence present to disprove all three null hypotheses and thus confirming the alternative hypotheses *Wireless climate solutions have lower installation costs than wired solutions*, *The wireless aspect of the climate solution has a positive impact on the installation process* and *The reduction in construction costs is sufficient to be used in other investments in the construction process* is confirmed.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for oppgaven har sitt opphav i faget Ventilasjonsteknikk hvor det skulle holdes en presentasjon om et valgfritt tema innen ventilasjon. Vår gruppe valgte trådløs behovsstyring som innebar en presentasjon om Swegons Wise 2. Vi tok kontakt med Sigurd Haugli hos Swegon for å spørre om en presentasjon av anlegget, hvilket vi fikk. Gjennom studiene har jeg opplevd at ventilasjon ofte er den største bidragsyteren til godt eller dårlig inneklime, og jeg har derfor blitt spesielt interessert i dette. Denne presentasjonen ble grobunn for et en ny side ved min allerede store interesse for ventilasjon og jeg valgte derfor å kontakte Sigurd Haugli for å forespørre et samarbeid i forbindelse med denne oppgaven. Da det er et relativt nytt konsept er det derfor planlagt å gjøre en kostnadsanalyse av Wise 2 og sammenligne anlegget med tradisjonelle kablede anlegg for å fastslå hvorvidt det kan forsvares å gå for et trådløst anlegg istedenfor et vanlig kablet med utgangspunkt i installasjonskostnader. I tillegg er bransjen preget av mye avtalerabatter mellom entreprenør/leverandør og andre forhold som påvirker prisene. Dette gjorde det meget interessant å forsøke å danne et bilde av hvordan dette ser ut i praksis.

1.2 Struktur

Opgaven følger IMRAD struktur og begynner med et introduksjonskapittel der oppgavens hensikt og bakgrunn, samt hypotesene forklares slik at dette blir klart for leseren. Det vil her forklares hvordan oppgaven ble valgt og hva som ønskes å oppnå ved å bevise eller motbevise hypotesene. Forutsetninger og begrensninger er også vesentlige i dette kapittelet da det setter utgangspunktet for prosjektarbeidet. Det vil her belyses hva det tas utgangspunkt i, hva som ekskluderes fra oppgaven og hvilke faktorer som har vist seg å være begrensende for oppgaven.

Videre vil kapittel 2 ta for seg relevant teori, herunder forskningsmetoder og -etikk og informasjon vedrørende de klimatiseringsløsninger som skal analyseres. I tillegg vil fremgangsmåten beskrives i detalj slik at prosjektet kan utføres igjen senere.

Deretter er det kapittel 3, som presenterer kostnadene som er innhentet i prosjektarbeidet. Disse kategoriseres utfra type enhet slik at de forskjellige enhetene lettere kan sammenlignes. Oversiktighet og ryddighet vil være sentralt da det er mange kostnader og forskjellige enheter i ulike dimensjoner.

Til slutt er det kapittel 4 hvor kost-nytte analysen, hvor de ulike kostnadene sammenlignes, og fordeler og ulemper ved anleggene settes opp mot kostnadene. På denne måten vil forholdet mellom kostnad og nytte fremstilles og konkretiseres.

1.3 Hensikt

Oppgavens hensikt er å undersøke og vurdere installasjonskostnadene til forskjellige klimatiseringsløsninger for å sammenligne dem med Wise 2. Ett av Swegons salgsmomenter i forhold til Wise 2 er at det reduserer elektrokostnadene da det er mindre kabling som er nødvendig. Wise 2 kan derfor redusere de totale kostnadene og denne oppgaven har til hensikt å avdekke hvorvidt Wise 2 lønner seg i forhold til denne reduksjonen av installasjonskostnader. Når anleggene er installert vil de kunne operere relativt likt, gitt at de er dimensjonert likt, og det vil derfor ikke gjøres en life cycle cost (LCC) analyse av anleggene. Gjennom studiene er det dannet et inntrykk av at det er billigste løsning som velges i byggeprosesser, og tanken er at dette kan gå utover innneklimaet ved at utilstrekkelige komponenter eller løsninger benyttes.

1.4 Hypoteser

Jeg har valgt å fremlegge tre nullhypoteser vedrørende denne kost-nytte analysen hvor det, for å følge metodikken i hypotesetesting, vil stilles alternative hypoteser. Hensikten med dette er å med høy grad av sikkerhet kunne forkaste nullhypotesen basert på resultatene som fremkommer i rapporten. De alternative hypotesene vil derfor bekreftes dersom nullhypotesene avkreftes.

De tre nullhypotesene er formulert som følger:

- Trådløse ventilasjonsanlegg har like store eller større totale installasjonskostnader enn kablede anlegg
- Det trådløse aspektet har ingen eller negativ innvirkning på installasjonen av ventilasjonsanlegget
- Den reduserte installasjonskostnaden er ikke tilstrekkelig til å kunne brukes til annen investering i byggeprosessen

Hvor de alternative hypotesene er:

- Trådløse ventilasjonsanlegg har lavere totale installasjonskostnader enn kablede anlegg
- Det trådløse aspektet har positiv innvirkning på installasjonen av ventilasjonsanlegget
- Den reduserte installasjonskostnaden er tilstrekkelig til å kunne brukes i annen investering i byggeprosessen

Hypotesene vil kunne besvares etter analysen er gjort og kostnadene er vurdert. Hensikten med dette er å utdype hva som kan gjøres med et potensielt overskudd, dersom det viser seg at de første nullhypotesene kan motbevise.

1.5 Forutsetninger og begrensninger

1.5.1 Forutsetninger

Den mest fremtredende forutsetningen for oppgaven er innhenting av data. Oppgaven avhenger av at det innhentes tilstrekkelig med ventilasjons- og elektrokostnader for å kunne gjøre en analyse og for å kunne sammenligne. Et felles sammenligningsgrunnlag vil være av høy viktighet da det er mange forskjellige priser og rabatter i bransjen. Det vil si at det er behov for å regne alle priser i kr/enhet, kr/m² eller lignende. Det vil først og fremst benyttes pris per punkt i denne rapporten, samtidig som det vil utføres prising av et referansebygg der sammenligningsgrunnlaget også vil være pris per punkt. Det vil her være relevant å avdekke eventuelle forskjeller i like enheter fra ulike leverandører. Det vil i tillegg være mulig å sammenligne referansebygget med andre prosjekter ved å sammenligne en etasje med den i referansebygget. På denne måten vil det kunne avdekkes forskjeller i forhold til materiallisten og størrelsen. Videre er oppgaven både kvalitativ og kvantitativ da noen variabler beskrives med henholdsvis ord og andre beskrives med tall. For at kost-nytte analysen skal ha best mulig utgangspunkt er det avgjørende med god og utfyllende data, samt gode beskrivelser av anlegg og prosjekter. Til slutt er egen erfaring på temaet en stor forutsetning da jeg ikke har tidligere erfaring fra byggebransjen og hvordan prissetting, budrunder, valg av klimatiseringsløsninger eller lignende praktiseres.

1.5.2 Begrensninger

Datainnsamling

Prosessen med innhenting av data har vist seg å være en begrensende faktor for oppgaveskrivingen. For innhenting av informasjon er en avhengig av å ta kontakt med en rekke mennesker i forskjellige firmaer, hvilket gjøres per epost, telefon og SMS. Byggebransjen er hektisk, og uten hyppig oppfølging er det fort gjort at en blir glemt eller nedprioritert. Oppfølging av samtaler og eposter har derfor vært viktig for innhenting av data. Det er også vanlig å bli henvist videre til noen som angivelig kan dette bedre eller har bedre forutsetninger for å hjelpe. I tillegg er det ikke alle som har mulighet til å hjelpe da de kanskje ikke har ressursene til å sette av den tiden det tar å hjelpe til med oppgaven. Det er heller ikke alle som kan gi ut sine priser, sannsynligvis i forhold til konkurransedyktighet og -fortrinn, da dette er sensitiv informasjon.

I forbindelse med datainnsamlingen var det generelt utfordrende å få kontakt med Lindab da de brukte lang tid på å svare og når de først svarte var det ikke til noen særlig nytte for oppgaven, hvilket endte med at referansebygget kun ble priset av Swegon og GK. Det ble henvist til ventilasjonsentreprenøren som hadde ansvar for Blomsterringen, der det ble gjort en befaring, men fikk ikke svar på forespørselen om å prisen referansebygget. Videre er det heller ikke mulig å vise plantegninger av referansebygget da det er unntatt innsyn ihht. offentleglova §24 3. ledd [1] [2], som gjør det utfordrende å visualisere bygget for leseren.

Priser

Prisene for de forskjellige ventilasjonsanleggene viser seg også å være særdeles begrensende da det er mye rabatter på det som leveres. Dette gjør det utfordrende å fastslå én spesifikk pris for produktene og det må derfor mer data til for å danne et godt sammenligningsgrunnlag. GK har enerettsavtale med Lindinvent som gjør det utfordrende å oppdrive bruttopriser for deres inneklimateprodukter.

Inn-priser for Lindinvent er ikke mulig å benytte i oppgaven da det er konfidensielt [3]. Hva gjelder Wise 2 er innregulering, feilsøking, automatikk og andre kostnader inkludert i prisen som også gjør det utfordrende å fastslå fast pris per produkt. Det vil derfor være nødvendig å finne en måte å ekskludere disse kostnadene for å få en 'ren enhetspris', eventuelt ta hensyn til dette i kost-nytte analysen. Dersom dette ikke er mulig vil det være nødvendig å vurdere de andre enhetsprisene sammen med kostnader som nevnt over, hvilket kompliserer analysen. Prisene avhenger også av en rekke andre variabler som prosjektstørrelse og -kompleksitet og om det er nybygg eller rehab-prosjekt. Det vil derfor være avgjørende å oppdrive denne informasjonen der prisene som anskaffes er fra tidligere prosjekter, slik at prisen kan knyttes opp og vurderes mot variablene.

De forskjellige variablene henger sammen, som for eksempel at et nybygg gjerne er et stort prosjekt og øker derfor den totale kostnaden, men med et stort bygg vil det sannsynligvis gis rabatter grunnet dette. I tillegg er nybygg stort sett ukompliserte som igjen reduserer kostnadene. På denne måten kan en oppnå en lavere kostnad per kvadratmeter enn på eksempelvis et rehabprosjekt. I rehabprosjekter er en avhengig av å bruke den bygningsmassen og -utformingen som allerede er der, hvilket kan gjøre montasje og prosjektering komplisert, og dermed øke kostnadene. Samtidig er rehabprosjekter oftere mindre enn nybygg, som vil medføre mindre rabatt på produktpakken.

Erfaring

Fra tidligere har jeg ingen erfaring om hvordan byggebransjen fungerer og jeg merker at dette har vært en begrensning da jeg har måttet lære mye fortløpende. Dersom jeg hadde vært klar over eller hadde hatt noe kunnskap om hvordan prising av anlegg foregår ville det sannsynligvis ha påvirket fremgangsmåten. Fokuset ville også ha vært endret da bedre forståelse for temaet trolig ville gitt bedre grunnlag for god prioritering. Dette kunne da ha ført til mer effektivt prosjektarbeid og det ville blitt mer tid til innsamling av data og analyse av resultatene. Videre er også mangel på erfaring innen utførelse en begrensende faktor da korrekt utførelse er viktig der det i oppgaven brukes meterpris på kablene.

2 Metode

2.1 Beskrivelse av bygg brukt i oppaven

2.1.1 Referansebygg - Fyrstikkalléen 1

Det er, med tillatelse fra Vedal, GK og Swegon, tatt utgangspunkt i byggeprosjektet Fyrstikkalléen 1 i Oslo som er et kontor- og næringsbygg på $39000m^2$. Prosjektet består av tre 'bygg' (A, B og C), og referansen er 7. etasje i bygg B og C, hvor etasjen har et samlet BRA på $2105m^2$. Bygget har både åpne landskap og kontorer/møterom. Bygget inneholder stort sett åpne kontorlandskap, men noen fokus- og møterom. Etter befaring på byggeplassen ble det informert om at flere av rommene ble valgt bort til fordel for åpent landskap [1]. Det er store vindusflater og det benyttes radiatorer for varme ved disse, både i landskap og enkeltrom plassert ved en yttervegg. Tegninger for bygger er unntatt innsyn ihht. offentleglova §24 3. ledd og er derfor ikke inkludert i oppgaven [2]. I oppgaven vil det refereres til referansebygget hvilket kun innebærer 7. etasje i bygg B og C. Det vil videre refereres til Fyrstikkalléen 1 der bygget omtales i sin helhet.

2.1.2 Blomsterringen

Blomsterringen er et kontorbygg med tilhørende hall for oppbevaring av planter og blomster. Kontordelen av bygget har et areal på ca $2000m^2$ med en kombinasjon av åpne landskap og kontorer. Det er tatt i bruk både aktive og passive ventiler selv i mindre rom og soner. Dette ble erfart etter en befaring på bygget.

2.1.3 Lilleakerveien 2

Lilleakerveien 1 er et rehab-prosjekt i Oslo med et areal på 19.050m². Det er en kombinasjon av åpent landskap og kontorer, og er prosjektert med bafler for klimatisering. Bildet under viser de to etasjene som er hentet inn i forbindelse med oppgaven.



Figur 1: Lilleakerveien 2, 8. etg [4]



Figur 2: Lilleakerveien 2, 9. etg [4]

2.2 Fremgangsmåte

2.2.1 Litteratursøk og funn

Litteratursøket for oppgaven ble begynt høsten 2018 i forbindelse med prosjektoppgaven i faget MAEN5300 Forskningsmetoder og -Etikk. Dette prosjektet fungerte som et forberedende forprosjekt til masteroppgaven som la grunnlaget for videre arbeid. Det ble da laget en artikkelmatrise for å finne relevante søketermer, inndelt i tre konsepter. Her ble det tatt utgangspunkt i ventilasjon, kostnader og analyse. Videre ble det funnet synonymer og andre søkeord som har tilknytning til de ovennevnte konseptene for å skape et bredere søk. I forbindelse med litteratursøket er databasene Engineering Village og Google Scholar benyttet. Artikkelmatrisen vises i tabell 1 og inkluderer både norske og engelske søkeord.

Konsept 1	Konsept 2	Konsept 3
Ventilasjon DCV VAV Trådløst	Kostnader Installasjonskostnader Feilkabling Ressurssparing	Analyse Kostnadsanalyse Kostnadseffektivitet Lønnsomhet LCC LCA
Ventilation DCV VAV Wireless	Cost Construction costs Construction errors Resource management	Analysis Cost analysis Cost benefit Profitability LCC LCA

Tabell 1: Artikkelmatrise

Søkeordene blir deretter benyttet i forskjellige databaser for å finne relevant eller støttende litteratur. Første database som ble brukt var Engineering Village da dette er en database som er brukt i forbindelse med søkekurs tidligere og fremgangsmåten for databasen var kjent. I tillegg ble denne databasen prioritert da det finnes flere engelskspråklige artikler, oppgaver og avhandlinger enn det gjør norske. Deretter ble Google Scholar benyttet for å finne norske oppgaver og artikler, da de sannsynligvis er mer relevante for det norske markedet. Søkeloggen er oppgitt i tabell 2. Samtlige søk ble utført med tidsbegrensning 2008-2019 for å unngå gamle resultater som ikke lenger er relevant. Dette er fordi priser endres over tid og ved en kost-nytte analyse vil det være fordelaktig å bruke så nye tall som mulig.

Database	Dato	Søkestreng	Resultater	Kommentar	
Engineering Village	18.12.18	ventilation AND cost benefit analysis AND buildings	251		
		ventilation AND cost benefit AND (buildings OR offices) AND wireless	11		
		LCC AND ventilation	37		
	9.1.19	Ventilation AND cost AND analysis	1272		
		Ventilation AND construction cost AND analysis + suggested term: cost benefit analysis	89		
		demand controlled ventilation AND construction AND cost analysis	1		
		Ventilation system AND construction cost AND buildings AND cost benefit AND cost analysis	43		
		Demand controlled ventilation AND cost benefit analysis	35		
	10.01.19	wireless AND air condition AND cost AND buildings	31		
		ventilation AND lcc AND buildings	20		
		vav AND wireless AND buildings	13		
		vav AND wireless AND buildings AND costs	2		
		ventilation AND construction errors AND cost analysis	11		
	Google Scholar	18.12.18	ventilasjon AND (kostnadsanalyse OR installasjonskostnader)	179	én relevant
			Ventilasjon AND kostnadsanalyse	67	
LCC ventilasjon			168		
10.01.19		Ventilasjon AND kostnadsanalyse OR LCC	179		
		VAV AND bygninger AND kostnader	178		
		VAV AND kostnadsanalyse AND bygninger	15	én relevant	
		VAV AND feilkobling AND kostnader	48		
kost nytte analyse AND ventilasjon AND bygg	1470	én relevant			

Tabell 2: Søkelogg

2.2.2 Datainnsamling

Innhenting av informasjon

Innhenting av data ble gjort ved å ta kontakt med flere personer i ulike firmaer som har jobbet med Swegon Wise 1 og/eller 2. Kontaktinformasjonen ble gitt av Sigurd Haugli innledningsvis i prosjektet, som ga et godt utgangspunkt for datainnsamlingen. Personene ble så kontaktet per telefon og epost, hvor det enten ble gitt hjelp i form av informasjon eller en henvisning til noen som hadde bedre forutsetninger for å hjelpe. Listen med navn ble derfor raskt utvidet og det ble nødvendig å opprette en oversikt over navn, kontaktinformasjon og når personen sist ble kontaktet og på hvilken måte, samt resultatet av forrige korrespondanse. Listen med de kontaktede personene finnes i vedlegg B. Det var utfordrende å oppdrive informasjon og mye oppfølging var nødvendig. Samtalene ble notert ned og alt av tall, kostnader, meninger og erfaringer ble ført inn i et dokument. Den innhentede informasjonen ble inndelt etter hvem som har oppgitt den, slik at det blir oversiktlig og mulig å referere til senere i rapporten. Med all denne informasjonen ble det bestemt at ekstra tid skulle brukes på å samle inn mest mulig informasjon slik at 'nytte' delen av kost-nytte analysen ville ha best mulig utgangspunkt.

Elektrokostnader

Vedrørende elektrokostnader var det forskjellige prissettingsmetoder, der det både var pris per meter kabel, samt faste priser for spesifikke typer arbeid som trekking av signalkabel til radiator eller installasjon av stikkontakter. Dette gjør det mer komplisert å sammenligne, men gjør at sammenligningen blir grundigere da den baserer seg på flere forskjellige priser. For å få bedre innsikt i hvordan det elektriske utføres i praksis var jeg med på en befaring til referansebyggets byggeplass slik at jeg fikk sett dette og fikk innføring i hvordan ting generelt gjøres i et prosjekt. Dette gjorde at tegning og måling av kabellengder ble mer nøyaktig enn den ville ha vært uten befaringen. For å kunne bruke 'pris per løpemeter' ble det derfor målt opp hvor mange meter kabel det ville vært behov for, både signal og strøm. Kablene ble tegnet fra el.skapet og ut til produktene på plantegningen.

Referansebygg

Det ble også bestemt et tilfeldig referansebygg, med den hensikt å få et likt sammenligningsgrunnlag for prising av de forskjellige klimatiseringsløsningene. De forskjellige leverandørene (Swegon, GK og Lindab) ble derfor oppsøkt for å få bygget priset. Dette ble utført ved at Swegon priset dette med Wise 2, for å skape et utgangspunkt for hvilke produkter som er valgt slik at GK og Lindab kunne prise med det samme med tilsvarende produkter. Etter første prising var utført var det Lindinvent og Wise 1 som skulle prises. Kalkylen fra første prising ble oversendt sammen med plantegning for å bidra til at sammenligningsgrunnlaget skal være så likt som mulig. Kalkylene ble fortløpende lagt inn i et excel-ark slik at det ble laget en oversikt. Det ble så laget pris per punkt for forskjellige produkter på de forskjellige klimatiseringsløsningene, slik at sammenligning av elektrokostnader ville være mer gjennomførbart. I tillegg er det også tatt hensyn til bruksarealet slik at det er mulig å vurdere pris i forhold til størrelse.

Sammenligning av resultater

Sammenligning av priser og kostnader ble utført i Excel, hvor det ble laget tabeller og formler for å komme frem til de ulike enhetsprisene. Kalkyler fra to andre prosjekter, Lilleakerveien 2 og Blomsterringen, ble også innhentet som gjorde det mulig å sammenligne dem med referansebygget. På den måten vil en kunne se forskjeller i produktpakker og prosjektstørrelse, og derfor kunne finne hvordan dette påvirker kostnadene. Videre ble det også gjort vurderinger på hva som kreves for å

installere hvert punkt, herunder selve produktet, strøm og buskabling. Da det er flere forskjellige prissettingsmetoder for elektroarbeidet vil det være forskjellige pris per punkt avhenging av den brukte metoden.

2.2.3 Intervju

Utover i prosjektarbeidet ble det bestemt at intervjuer ville være en god måte å innhente erfaringer og meninger om det forskjellige klimatiseringsløsningene på. Et spørreskjema med 14 spørsmål angående bruk, installasjon, forskjeller, fordeler og ulemper vedrørende de forskjellige løsningene ble så laget i samråd med veileder Mads Mysen. Entreprenører, da særlig ventilasjonsentreprenører, ble så kontaktet med forespørsel om å svare på spørsmålene. Det ble i hovedsak gjort per epost, men muligheten for å utføre et fysisk intervju var alltid foreslått. Intervjuene ligger i vedlegg A.

2.2.4 Valg av sammenligningsmetode

Innledningsvis i oppgaven var det oppsøking og innhenting av data fra tidligere prosjekter som var valgt fremgangsmåte. Etter en stund med lite resultater og mange kommentarer på at dette blir utfordrende ble derfor fokuset flyttet til pris per punkt. Hensikten med dette var å avdekke prisen for installasjon av ett punkt, både luftteknisk og elektrisk, slik at dette så kunne sammenlignes. Etter et møte hos GK ble det foreslått et referansebygg og at dette kunne prises av de forskjellige leverandørene. På denne måten vil en få det samme grunnlaget for sammenligning og det kan være mer konkret. Swegon, GK og Lindab ble deretter oppsøkt for å få dette gjennomført.

Wise 2 ble priset først for å skape et grunnlag for valg av komponenter og enheter, slik at GK og Lindab kunne prise riktig antall og type enheter i anlegget. Ved å gjøre det på denne måten vil det også være mulig å få en pris per punkt som gjør at det vil kunne sammenlignes på et mer generelt grunnlag. Den totale prisen, samt pris per punkt vil kunne vurderes opp mot type bygg, størrelse og kompleksitet; dette underbygger dataene på en god måte da variablene er relevante i alle byggeprosjekter og påvirker kostnadene.

2.3 Teori

2.3.1 Kvantitativ metode

Kvantitativ forskningsmetode innebærer et større utvalg data som beskrives med tall, grafer eller tabeller; en kvantitativ studie består i hovedsak av mye data som analyseres ved hjelp av statistiske eller økonometriske metoder. Videre består en kvantitativ studie av enheter og variabler, hvor denne oppgavens enhet er ventilasjonsanlegg. Variablene er egenskaper ved enheten og i denne oppgaven inkluderer det priser, prosjektstørrelse og -kompleksitet, nybygg eller rehabilitering, type bygg (kontor/bolig/annet) og trådløst/kablet.[5]

Kvantitative studier brukes også for å trekke beskrivende slutninger og som belegg for årsaksforhold. Det vil si at en ønsker å avdekke om én eller flere variabler har en sammenheng, og årsaksforhold er uavhengige variabler. Det er også ønskelig å avdekke om en uavhengig variabel påvirker en avhengig, hvilket er relevant for oppgaven. Hva oppgaven gjelder er nybygg/rehab en uavhengig variabel, som

påvirker størrelse og kompleksitet, som påvirker kostnadene. Det vil derfor være ytterst relevant å avdekke korrelasjonen mellom variablene for å danne et mer konkret bilde av ventilasjonskostnadene i et bygg. I tillegg til ventilasjon vil det være relevant å analysere elektrokostnadene da Wise 2 er trådløst og krever mindre kabling enn de tradisjonelle anleggene; det kan da være mulig å avdekke en tverrfaglig korrelasjon. [5]

Regresjonsanalyse er den vanligste formen for kvantitativ analyse; dette er en statistisk metode som har til hensikt å avdekke sammenhengen mellom to eller flere variabler. [5] Dette blir ytterst relevant for oppgaven da forholdet mellom variablene og kostnadene vil være til god hjelp i forprosjektstadiet for å fastslå ventilasjonskostnadene mer nøyaktig. I en slik regresjonsanalyse er det normalt å introdusere kontrollvariabler for å undersøke om sammenhengen mellom variabler forårsakes av andre egenskaper ved enheten som vurderes. [5]

Avslutningsvis er det analysens validitet som består av indre og ytre validitet. Dersom en sammenheng avdekkes uten at den faktisk er der har studien lav indre validitet. Dette kan komme av at en avhengig variabel som skal beskrives av en uavhengig variabel påvirker den uavhengige variabelen. Det kan også være at det er en bakenforliggende variabel som ikke er tatt hensyn til. [5] Studiens ytre validitet styrkes av at det er et stort antall enheter/variabler som undersøkes, som øker potensialet for å kunne generalisere resultatene. Større utvalg betyr en mer representativ studie [5].

2.3.2 Kvalitativ metode

I motsetning til en kvantitativ studie beskrives dataene i en kvalitativ studie med ord og ikke tall, i tillegg til at den vektlegger egenskaper og kjennetegn i motsetning til tall og verdier [5]. Prosjektet er i hovedsak kvantitativt, men hvor flere av variablene beskrives med ord istedenfor tall, herunder type bygg, nybygg/rehab og kompleksitet. Dette gjør oppgaven til en kombinasjon av de to forskningsmetodene og gir dataene et bedre grunnlag for analyse. Flere av variablene påvirker hverandre, og for å få mest ut av dem er det viktig at årsaken kartlegges. Variabelenes kompleksitet krever at bygget og årsaken til at det er komplekst beskrives til beste evne slik at en korrelasjon vil være lettere å avdekke [6].

2.3.3 Hypotesetesting

Hypotesetesting er en statistisk metode som har til hensikt å teste hypoteser på bakgrunn av innsamlet data. Denne typen test er gjerne forbundet med statistikk og analyse av data der usikkerhet og variasjon er tilstede. For å teste en hypotese stilles det en nullhypotese og en alternativ hypotese. Hypotesene er formulert slik at dersom nullhypotesen avkreftes kan de sies at det ligger til grunn tilstrekkelig bevis for at den alternative hypotesen kan bekreftes. Dette gjøres ved at det stilles en nullhypotese og en alternativ hypotese hvor målet så er å avkrefte nullhypotesen med det datagrunnlaget som er samlet inn, slik at den alternative hypotesen kan bekreftes [7].

Med utgangspunkt i denne oppgaven kan den første hypotesen ”**trådløse ventilasjonsanlegg har like store eller større totale installasjonskostnader enn kablede anlegg**” brukes som eksempel. Dette er en nullhypotese og målet er å avkrefte denne. For å utdype dette stilles det også en alternativ hypotese, som kan bekreftes dersom nullhypotesen avkreftes, og i denne

oppgavens tilfelle er den alternative hypotesen ”**trådløse ventilasjonsanlegg har lavere totale installasjonskostnader enn kablede anlegg**”. Det som kompliserer hypotesetestingen i dette tilfellet er at det er mye variasjon og usikkerhet i datagrunnlaget da det er mye rabatter, avtaler og andre variabler som prosjektstørrelse og -kompleksitet som påvirker prisene. Dette må derfor tas hensyn til i analysen, men i forhold til hypotesetesten vil det tas utgangspunkt i datagrunnlaget og i tilfeller med kostnader vil de være like eller forskjellige. Det vil derfor være mulig å bekrefte den alternative hypotesen dersom nullhypotesen kan forkastes på bakgrunn av dataene [7].

2.3.4 Kost-nytte analyse

En kostnad-nytte-analyse, eller kost-nytte analyse, er en analyse som vurderer lønnsomhet i prosjekter ved å summere fordeler og ulemper, som vil gi den samfunnsøkonomiske lønnsomheten [8]. I tillegg til at fordeler og ulemper summeres, vil også kostnadene tilknyttet fordelene/ulempene tas hensyn til. Dette er for å vurdere om spesifikke tiltak er verdt investeringen. Det vil ikke gjøres en analyse av livssyklus-kostnader (LCC - Life Cycle Cost) i denne oppgaven, men vil kunne være supplerende for en kost-nytte analyse da en vil vurdere komponentenes livsløp i tillegg til installasjon og vil derfor få et mer utfyllende resultat. I en kost-nytte analyse er det også viktig å inkludere eksterne virkninger, som eksempelvis forurensning, videreutvikling av trådløs ventilasjonsteknologi, eller andre innvirkninger prosessen kan ha utenfor eget område [8].

Årsaken til at valget falt på en kost-nytte analyse er at installasjonskostnader er svært varierende i bransjen da det er avhengig av flere variabler. Wise 2 reduserer behovet for engasjement fra elektrofaget, og vil derfor potensielt kunne redusere den totale kostnaden for installasjon. Da det er flere variabler som påvirker prisen vil det være hensiktsmessig å se hva som reduserer/øker kostnadene, til hvilken grad og å se hvilke utgifter som vil være verdt investeringen i forhold til den nytten den har.

Videre er begreper som bærekraft, energibruk, inneklima og BREEAM stadig mer sentralt ved bygging av både nye bygg og rehabiliteringsprosjekter. Dette gjør at et potensielt overskudd som følge av besparelser på elektrokostnadene vil kunne investeres i andre områder av byggeprosessen for å forbedre de ovennevnte punktene.

2.4 Grunnleggende om behovsstyrte systemer

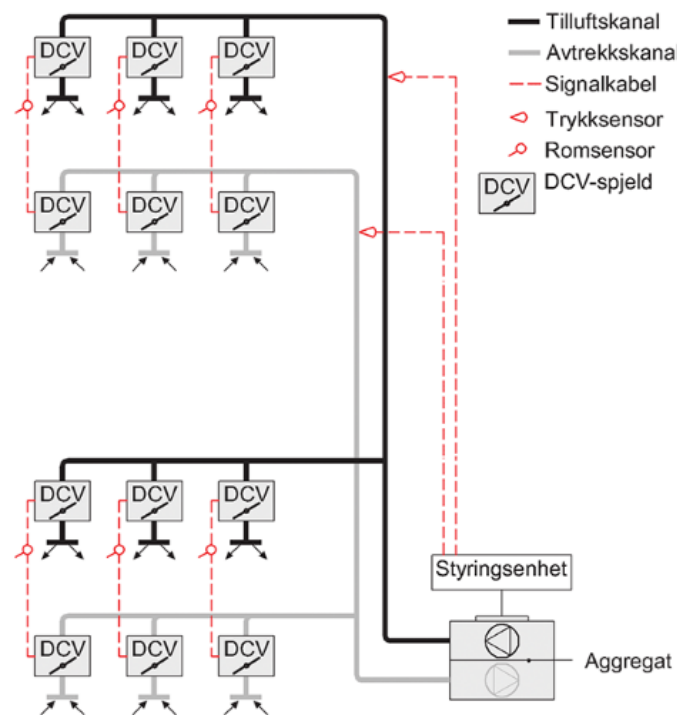
2.4.1 Hovedprinsipper i et behovsstyrt anlegg

I et behovsstyrt anlegg (Demand Controlled Ventilation eller DCV) reguleres ventilasjonsluftmengden automatisk. Dette gjøres ved hjelp av romfølere som registrerer inneklimaet på romnivå, som videre kommuniserer med de aktuelle spjeldene for å endre romluftmengden i forhold til de målte verdiene. Det sendes også signaler til vifta i aggregatet for å regulere vifta slik at tilluftmengden kan økes eller reduseres. Spjeldet kan også måle luftmengden og sammenligner den med fastsatte verdier for å strupe eller åpne spjeldet dersom dette er nødvendig. Det vil da sendes signaler til vifta for å øke eller redusere turtallet, hvilket gir en energieffektiv drift [9].

2.4.2 Reguleringsprinsipper

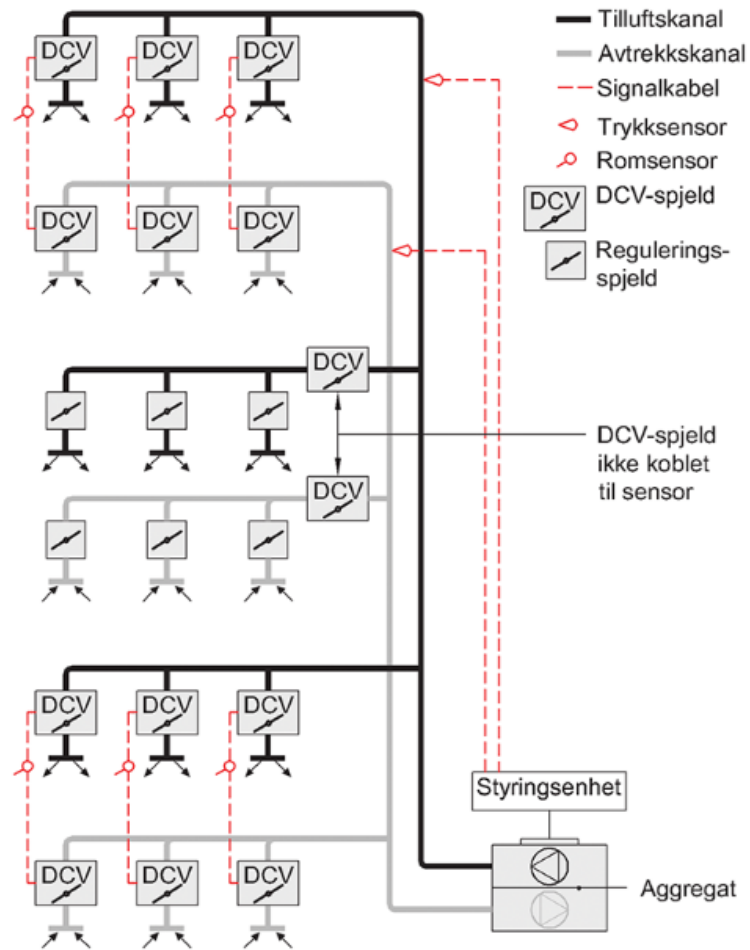
Konstantrykkstyring

Ved regulering av spjeld i et behovsstyrt anlegg vil det føre til endring i kanaltrykk. Dersom spjeldet strupes vil trykket øke og ved åpning av spjeldet vil trykket reduseres. For å opprettholde konstant trykk i kanalen installeres det en trykksensor som kommuniserer med aggregatet og justerer viftepådraget i forhold til trykkendringen som oppstår i kanalen. Trykksensoren er koblet til en regulator i styringsenheten som igjen er koblet til aggregatet. Videre bestemmes det et trykk som skal opprettholdes i kanalen ved trykksensoren; dette kalles referansetrykk [9]. Figur 3 viser prinsippsskisse av et konstantrykkstyrt DCV-anlegg.



Figur 3: Prinsippsskisse Konstantrykkstyring [9]

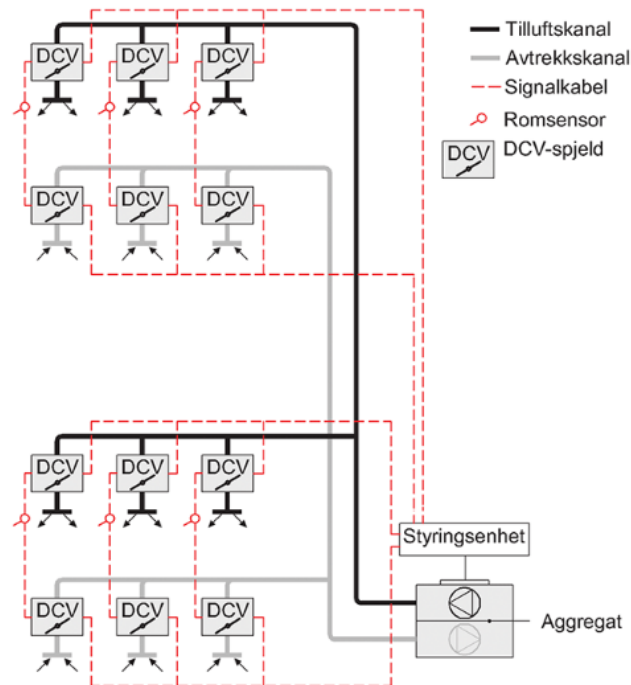
I moderne bygg er det også relevant med kombinerte anlegg der det benyttes både behovsstyrte spjeld og CAV spjeld (Constant Air Volume). Dette brukes gjerne på toaletter og lignende rom der det ikke er nødvendig med behovsstyring. Figuren under viser prinsippskisse av et slikt anlegg. Hentet fra byggedetaljblad 552.325.



Figur 4: Prinsippskisse Konstanttrykkstyring, kombinert anlegg [9]

Spjeldoptimalisering

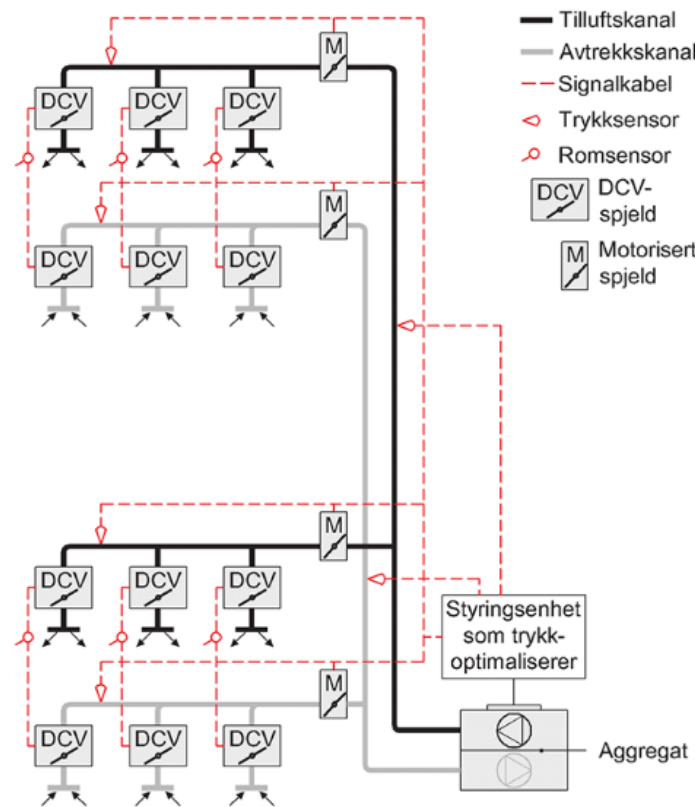
Styring av ventilasjonen etter spjeldoptimaliseringsprinsippet innebærer å regulere luftmengden slik at minst ett DCV-spjeld er i helt åpen posisjon. Helt åpen tilsvarer 80% åpning for å sikre trykkfall over spjeldet slik at det blir mulig å måle verdier og regulere spjeldet. Hensikten med dette er å oppnå lavest mulig vifteenergi ved at trykket over vifta blir minst mulig; dette oppnås ved at én kanalvei er helt åpen fra vifte til rom. I denne typen styring måles spjeldvinkel, tilluftsmengde og luftmengdebehovet i alle DCV-spjeld. Denne informasjonen sendes så til styringsenheten som har et innebygd program som finner spjeldet med størst åpningsgrad, da det er spjeldet med størst åpningsgrad som bestemmer viftepådraget. I en løsning som denne er det også mulig å ha styringsenheten som en del av det sentrale driftsanlegget (SD-anlegg) eller som en separat enhet. Dersom det er valgt en separat enhet er det en begrensning på antall spjeld som kan kobles til styringsenheten, vanligvis 16 spjeld. I større bygg kan det derfor være aktuelt med flere styringsenheter. [9] Figur 5 viser prinsippsskisse av et spjeldoptimalisert, også hentet fra 552.325.



Figur 5: Prinsippsskisse spjeldoptimalisert anlegg [9]

Trykkoptimalisering

Trykkoptimalisering kombinerer spjeldoptimalisering og trykkregulering. Den gjør dette ved at det er et motorisert regulerings-spjeld i hver sone som styres av en trykksensor og kommuniserer med styringsenheten. Videre leser styringsenheten av sonespjeldets vinkel og regulerer trykksettpunktet slik at ett sonespjeld er i maks åpning[9].

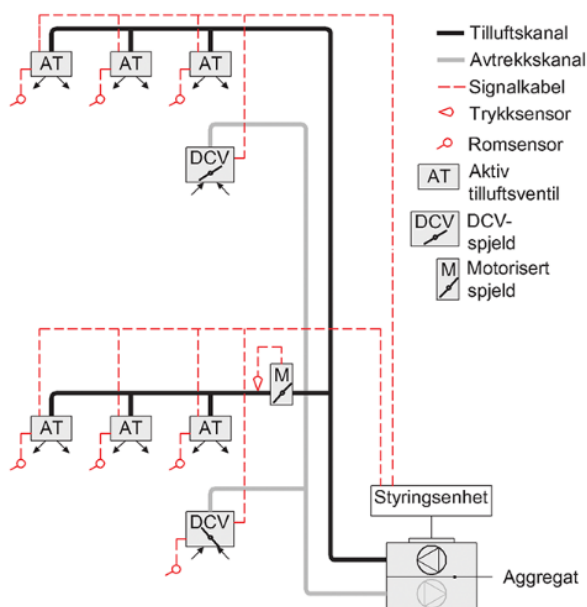


Figur 6: Prinsipp-skisse trykkoptimalisert anlegg [9]

2.4.3 Aktive ventiler

Wise 1, Wise 2, Lindinvent og Lindab Pascal bruker alle aktive tilluftsventiler. Disse ventilene har innebygd spjeld, sensor og automatikk, og kan reguleres med spjeldoptimalisering, konstanttrykkstyring eller trykkoptimalisering; aktive tilluftsventiler har ikke et eget prinsipp. I løsninger med aktive tilluftsventiler er det også behov for en trykkgrensning der trykket kan bli for høyt. Det plasseres derfor motoriserte sonespjeld som skal sikre at trykket ikke havner utenfor de aktive tilluftsventilenes arbeidsområde. Sonespjeldene står i åpen stilling og strupes kun dersom trykket blir for høyt i forhold til arbeidsområdet [9].

Med aktive ventiler avleses tilluftsmengde, luftmengdebehov og spjeldvinkel av styringsenheten. Den regulerer deretter viftepådraget slik at minst én aktiv tilluftsventil er i helt åpen posisjon, samt ett DCV-spjeld på avtrekksiden. Med aktive tilluftsventiler er det vanligvis DCV-spjeld på avtrekksiden som samkjøres mot relevante tilluftsventiler slik at det oppnås balansert ventilasjon, overtrykk eller undertrykk avhengig av hva rommet skal brukes til. Tilluftsmengdene summeres kontinuerlig og DCV-spjeldene samkjøres mot dette for at luftmengdene skal bli korrekt [9].



Figur 7: Prinsippskisse aktive tilluftsventiler [9]

Videre må en være klar over at det kan forekomme forskjeller i responstiden ved at tilluft eller avtrekk reguleres fortere enn den andre. Det kan da oppstå uønskede resultater som for eksempel over- eller undertrykk, spesielt i lufttette konstruksjoner [9].

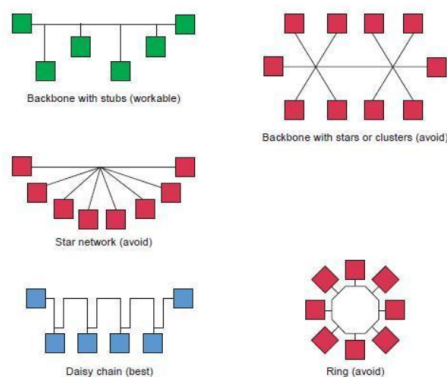
2.5 Automatikk og kommunikasjon

Den valgte klimatiseringsløsningen er avhengig av at SD-anlegget kommuniserer med komponentene i anlegget, som inkluderer ventiler, spjeld, følere, aktuatorer, og lys. Automatikken er bygd opp i flere nivåer og undernivåer, der undersentraler og servere videregir informasjon til SD-anlegget, som overvåker og styrer driften av bygget. SD-anleggets systemløsning er avgjørende for komponentvalget i klimatiseringsløsningen da det finnes ulike kommunikasjonsprotokoller å velge mellom. Noen av de mer brukte protokollene er BACnet, MODbus, KNX, MP-bus og DALI. Hver protokoll snakker sitt eget språk og kan derfor ikke kommunisere med andre protokoller med mindre det finnes en gateway. Gatewayen fungerer som en tolk og gjør at to forskjellige protokoller forstår hverandre og kan kommunisere [10].

2.5.1 Modbus

Modbus®-feltbussen er en åpen kommunikasjonsprotokoll fra 1979 og ble introdusert av Schneider Electric. Denne har blitt en viktig og sentral protokoll som støttes av en rekke leverandører og har blitt en av standardene i bransjen.

Modbus-nettverk (RTU og ASCII) bruker seriell kommunikasjonskobling av typen RS232/RS485 som er EIA-standard, eller over Ethernet (TCP/IP). Modbus baseres på master/slave-prinsippet som innebærer at slaven først agerer når melding sendes fra masteren. Av denne grunn må masteren stadig oppsøke informasjon fra sine tilknyttede slaveenheter slik at de kan besvare forespørselen og passende tiltak kan fattes i systemet. Modbus er ikke avhengig av det fysiske nettverket og seriell datakommunikasjon kan derfor sømløst integreres i et Modbus TCP-nettverk. For at dette skal gå er det behov for en eller flere gatewayer slik at de to systemene vil kunne snakke med hverandre [11]. I tillegg til disse egenskapene kan Modbus ha opptil 247 enheter på et TCP/IP system, opptil 1 km nettverksrekkevidde og det støtter kringkasting av meldinger. I forhold til topologi fungerer en seriell kobling best dersom nettverkskabelen går i en linje fra slave til slave, vist med blå tegning under. Det er imidlertid akseptabelt med en hovedlinje med utstikkere til slavene, men for å unngå elektromagnetisk støy/ -interferens (EMI) burde avstikkerene holdes under 20 meter, vist med grønt i figur 8. Dette setter begrensninger på kablingen og kan komplisere installasjonsprosessen.



Figur 8: Topologiskisser av Modbusnettverk [11]

Til slutt finnes det tre forskjellige protokoll versjoner. De beskrives i listen under, som også er hentet direkte fra ITB-guidens hjemmeside[11].

- **Modbus RTU**
Brukes i seriell kommunikasjon og benytter en kompakt, binær representasjon av dataene for protokollkommunikasjon. Kommunikasjonen følger EIA standard EIA-232 eller EIA-485
- **Modbus ASCII**
Brukes i seriell kommunikasjon og benytter ASCII-tegn for protokollkommunikasjon. Kommunikasjonen følger EIA standard EIA-232 eller EIA-485
- **Modbus TCP/IP**
Dette er en Modbus-variant som brukes til kommunikasjon via TCP / IP-nettverk. Kommunikasjonen følger OSI modellen og ligger på presentasjon og applikasjonslaget

2.5.2 BACnet

En ofte brukt kommunikasjonsprotokoll er BACnet, som er en åpen protokoll. Det vil si at teknologi og leverandør er uavhengig. BACnet er amerikansk og europeisk standard, samt standard i en rekke andre land. Det er også utviklet en internasjonal ISO standard (ISO 16484-5 og -6) som videreutvikles og vedlikeholdes kontinuerlig. I motsetning til flere andre automasjonssystemer er BACnet kun et ”språk”. Dette er kommunikasjonsregler som forteller hvordan de forskjellige komponentene skal snakke med hverandre, enten mellom enheter eller opp mot SD-anlegget. Videre støtter BACnet flere teknologier og topologier, herunder Ethernet, ARCNET, MS/TP og BACnet/IP.

2.5.3 KNX

Den eneste globale standarden for byggautomasjon er KNX, som eies og utvikles av KNX Association. Standarden innebærer alt fra lysstyring og solskjermingsautomasjon til varme og kjøling, ventilasjon, og lyd mm. KNX kan også benyttes i både gamle og nye bygg.

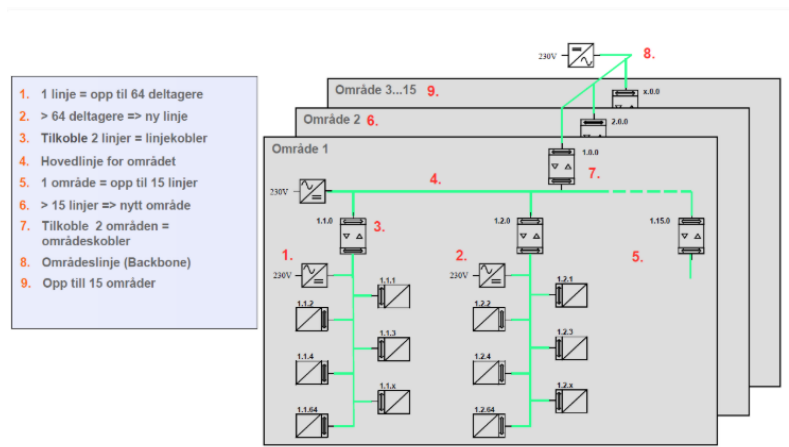
KNX er godkjent etter følgende standarder [12]:

- European Standard (CENELEC EN 50090 and CEN EN 13321-1)
- International Standard (ISO/IEC 14543-3)
- Chinese Standard (GB/T 20965)
- US Standard (ANSI/ASHRAE 135)

Standarden baserer seg på markedserfaringer fra de siste 24 år og det finnes 370 leverandører i verden som produserer KNX-produkter; produsentene har tilsammen over 7000 KNX-produkter å tilby. Videre er konfigureringsverktøyet *Engineering Tool Software* en del av KNX standarden, og gjør planlegging og konfigurering enkelt og produsentuavhengig. KNX støtter medier som TP, Ethernet (IP), trådløst (RF) eller Powerline (som er en lettrukken kabel for diverse bruksområder). Strømforsyning, linjekoblere og grensesnitt driver KNX systemet og kommuniserer med det. Termostater, brytere, sensorer og vindmålere genererer forhåndsprogrammerte meldinger når de gitte forutsetninger er til stede. Releer, dimmere, ventiler eller DALI gatewayer mottar meldinger fra sensorene, og de aktuatorene som meldingen er adressert til utfører handlingen som er beskrevet i meldingen. Melding kan også sendes fra aktuator til sensor eller systemkomponenter for å visualisere aktuatorens status [12]. Dette beskriver systemoppbyggingen av et KNX-anlegg hvor komponentene har individuelle adresser og applikasjonsprogram ved igangkjøring; dette gjør at intelligensen i systemet er desentralisert [12]. Ved at intelligensen er desentralisert vil ikke hele systemet falle fra dersom en komponent svikter, som er en fordel med tanke på drift og feilsøking. Videre er det heller ikke behov for undersentraler da sensorene kommuniserer direkte med aktuatorene. KNX er et hendelsesbasert system som vil si at systemet må oppfatte en endring før handling utføres. Dette kan være brytere, sensorer eller følere som måler endring og dermed sender melding til rett plass i systemet om at regulering er nødvendig. Slike endringene kan være kanaltrykk, temperatur, tilstedeværelse, lys og CO_2 -konsentrasjon [12].

I KNX-systemet brukes det gjerne en 2-leder buskabel for overføring av meldinger mellom sensorer og aktuatorer. Ved å gjøre kablingen på denne måten spares det arbeid da en ikke har behov for de konvensjonelle kablene rundt om i anlegget; i tillegg er det enkelt å koble nye komponenter på systemet dersom anlegget skal utvides [12].

Topologien i et KNX-system er lagt opp slik at systemet har en områdekobling, også kalt backbone, som forbinder de forskjellige områdene. I systemet kan det være 15 områder, hvert område kan ha 15 linjer og hver linje kan ha 64 deltagere. Dette gjør at antallet deltagere det er plass til på systemet er 14.400. Topologien illustreres i figur 9.



Figur 9: Topologi, KNX [12]

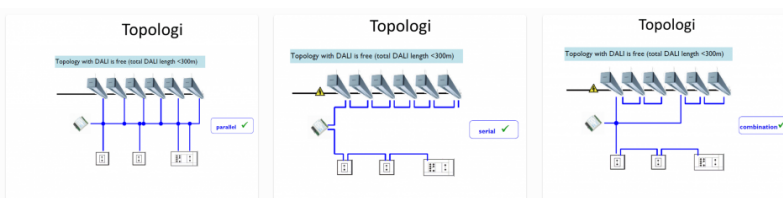
2.5.4 DALI

DALI (Digital Adressable Light Interface) er en lysstyringsprotokoll og er en videreutvikling av 0-10V lysstyringen. Denne protokollen er et åpent alternativ til DSI (Digital Signal Interface) som den bygger på [13].

DALI konkurrerer ikke med eksempelvis Modbus eller KNX, men er spesialisert innen lysstyring. Denne vil derfor komme i tillegg til eventuell annet bussystem. Lysstyringen levert med et DALI system er svært fleksibel og kan enkelt endres med software dersom en ønsker nye oppsett, lysgrupper, rom eller lignende. Hva gjelder vedlikehold kan elektrikere uten kjennskap til resten av systemet og automatikken enkelt endre eller bytte komponenter. Dette kommer av *easy replacement* funksjonen hos masterkomponentene. I forhold til kombinerings av DALI med andre styringsprotokoller er det gjerne slik at små prosjekter har DALI som et selvstendig system, hvor større prosjekter integrerer det med eksempelvis BACnet, KNX eller Modbus[13].

DALIs tekniske egenskaper innebærer 0-10V styreprinsipp, asynkron kommunikasjon med to-leder bus, opptil 300m kabellengde (600m ved bruk av repeater) og opptil 64 produkter, eller adresser, per linje [13].

Nettverket består av en master og en eller flere slaveenheter. Slaveenhetene kan være forkoblinger, LED-drivere eller dimmere som har DALI-grensesnitt. En enhet kan potensielt tilordnes 16 individuelle grupper og 16 individuelle scener, og med toveis kommunikasjon kan en enkelt sende tilbakemeldinger fra slave til master. Hva gjelder topologi går kommunikasjonen over ledningspar, også kalt DALIbus som kan kobles i serie- eller stjernetopologi eller en kombinasjon av disse som vist i figuren under [13].



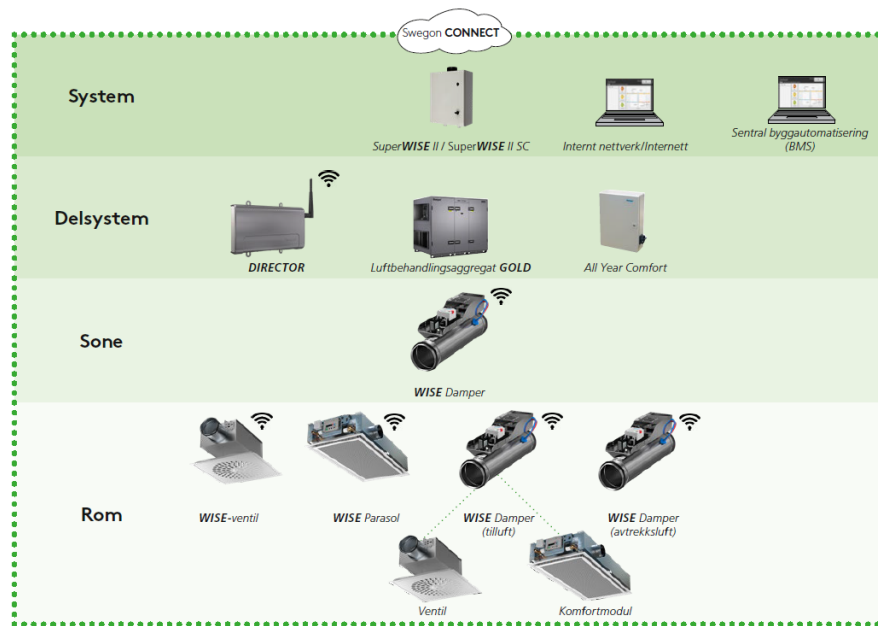
Figur 10: Topologiskisse, DALI [13]

2.6 Grunnleggende om klimatiseringsløsningene

2.6.1 Swegon Wise 2

Swegon Wise 2 er et behovsstyrt ventilasjonsanlegg (DCV) som kommuniserer trådløst mellom alle komponenter (noder) og styrer på den måten automatikken uten egen kabling for dette; anlegget fungerer som et mesh-nettverk hvor alle noder snakker med hverandre. Dersom forbindelsen brytes på ett punkt, vil den bruke andre noder til å finne en alternativ rute slik at kommunikasjonen kommer fram dit den skal. Det er firmaet LumenRadio som står for den trådløse kommunikasjonen, som går på radiobølger. Da dagens samfunn er fullt av trådløse enheter, er det mye støy på radiofrekvensbåndet. Wise 2 scanner derfor frekvensbåndet for å finne ledig plass, slik at signalstyrken ikke trenger å økes for at signalene skal nå fram til nodene. Med tanke på et integreringsperspektiv er informasjonen helt sikker da det benyttes AES 128 bits kryptering, som forøvrig brukes av amerikanske myndigheter. SuperWise er systemets grensesnitt som brukeren bruker for å kommunisere med systemet, ved å eksempelvis styre temperatur på eget kontor. For å fordele signalene herifra installeres det en Wise Director som videresender signalene hvor det gjerne er tilstrekkelig å montere én i hver etasje. Givere og romfølere kan også operere trådløst og går da på batteri. For å øke levetiden på batteriet vil giverene måle rommet en gang i minuttet og sende signal slik at inneklimate justeres deretter. Romfølerene kan også operere med strøm fra veggen og vil da kunne måle rommet konstant. Dette kan gi et bedre inneklimate da reguleringen er pågående, men dette må eventuelt undersøkes nærmere [14].

Wise 2 er et trykkoptimert anlegg som avleser åpningsgraden av sonespjeldene i systemet. Super-Wise tilpasser trykket i kanalene til minste mulige driftstrykk og reduserer på denne måten trykktap i kanalnett. Videre opererer Wise 2 med aktive og passive tilluftsventiler, samt kjøle- og/eller varmebaffer. De aktive ventilene brukes gjerne i mindre arealer der klimaregulering er viktig, og passive ventiler i større arealer eller på toaletter. Sammenligningen av anlegg vil derfor kun inkludere anlegg som også opererer med aktive tilluftsventiler. Oversikt over forskjellige romprodukter vises i figur 11 [15].

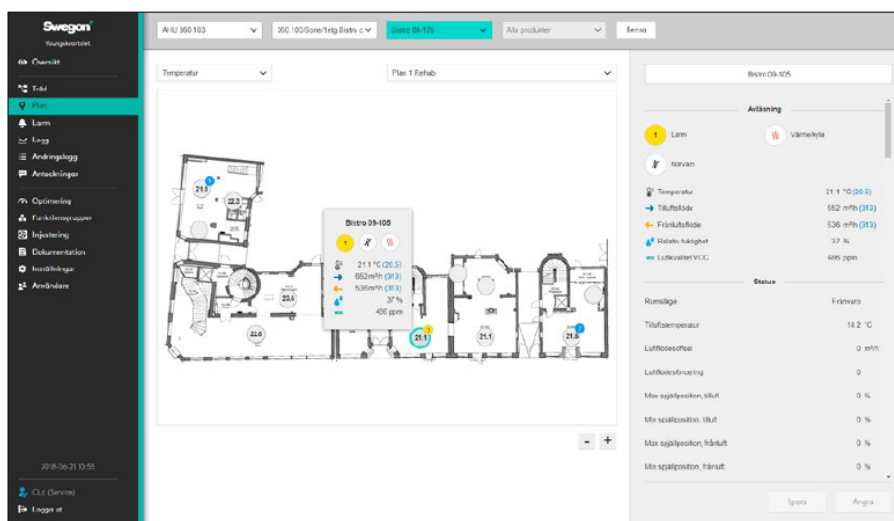


Figur 11: Oversikt over romprodukter i Wise 2 [16]

Med hensyn til nytte-aspektet ved Wise 2 er det mulig å dele inn enheter i grupper avhengig av temperatur, luftkvalitet, tilstedeværelse, belysning, luftbalansering og vinduskontakt. Det vil si at for en temperaturgruppe vil flere enheter i samme rom dele temperaturgiver eller ved hjelp av hverandres givere. Dette gjør temperaturregulering i større rom mer synkront og kan resultere i et bedre inneklima. Luftkvalitetsgrupper styres av en luftkvalitetsgiver (CO_2 eller VOC) plassert i avtrekkskanal som måler luftkvaliteten i gruppen. Dersom flere givere brukes i gruppen kan den giveren som først registrerer nedsatt inneklima regulere luftmengden i samtlige rom slik at den dårlige luften byttes ut og øvrige rom vil unngå å nå et punkt der romluften oppfattes som dårlig. Tilstedeværelsesgruppen styres slik at dersom det registreres tilstedeværelse i ett rom vil resterende rom også få tilstedeværelsesstatus i systemet. Prinsippet for gruppene er like og fungerer slik at den aktuelle verdien måles i alle rom og ved første tegn til avvik vil hele gruppen reguleres.

MAEN5900 Masteroppgave

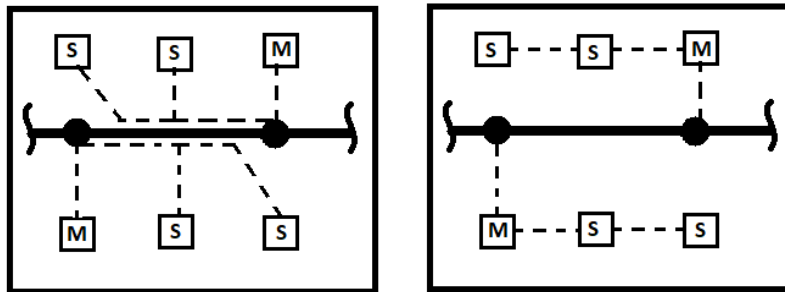
Wise 2 gir også god fleksibilitet i forhold til ombygging da en enhet enkelt kan endre tilhørighet i SuperWise. Dette gjøres enkelt gjennom grensesnittet og tar bort behovet for å måtte kable på nytt dersom en ønsker å ta plass fra et åpent landskap for å lage kontor/møterom eller motsatt. Til slutt fjernes sannsynligheten for feilkobling ved at romproduktene identifiseres og tildeles riktig rom/soner/gruppe ved bruk av en håndscanner og -terminal (nettbrett). Et utsnitt av grensesnittet er vist i figur 12.



Figur 12: Wise 2 grensesnitt [14]

2.6.2 Swegon Wise 1

Wise 1 styres på samme måte som Wise 2, men bruker buskabler for kommunikasjon til romprodukter og styring av inneklima. Wise 1 bruker buskabler av typen RJ45 som legges opp ved bruk av koblingsbokser (UFO). Fra disse UFOene kan romproduktene så tilkobles. Wise 1 produktene kommer levert med en RJ45-kabel ferdig montert som gjør at de enkelt kan tilkobles UFOene og gjør at installasjonsprosessen forenkles. Videre kables produktene gjerne i serie innenfor hver sone/gruppe, illustrert i figur 13. Det kan også kables en og en kabel fra koblingsboksen og ut til produktene, som vist til venstre i figur 13, men det er seriekoblingen som stort sett tas i bruk.

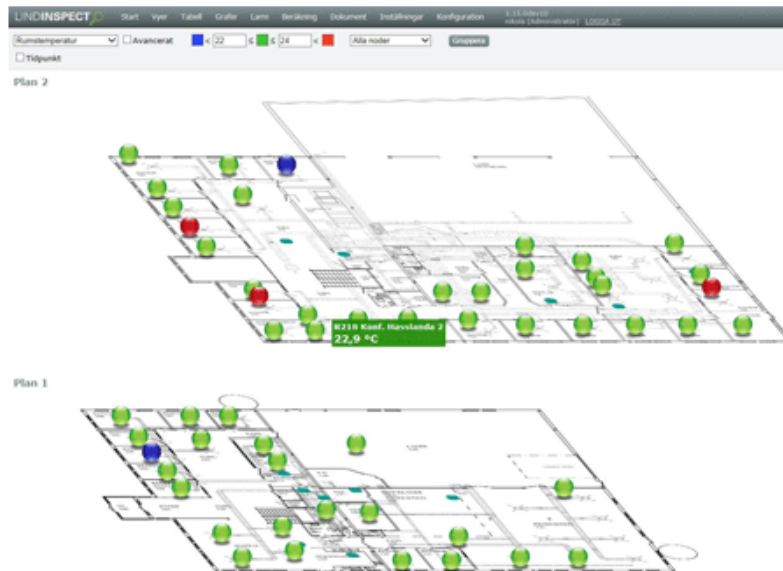


Figur 13: Kobling mot UFOer [17]

Videre opererer Wise 1 på Modbus som er et master/slave system. Det vil si at det er en master per sone/gruppe som styrer de andre enhetene ved å kontinuerlig oppsøke oppdateringer fra slavene. Ved endring kan masteren så sende signal videre til styringsenheten og aggregatet slik at inneklimate justeres.

2.6.3 Lindinvent

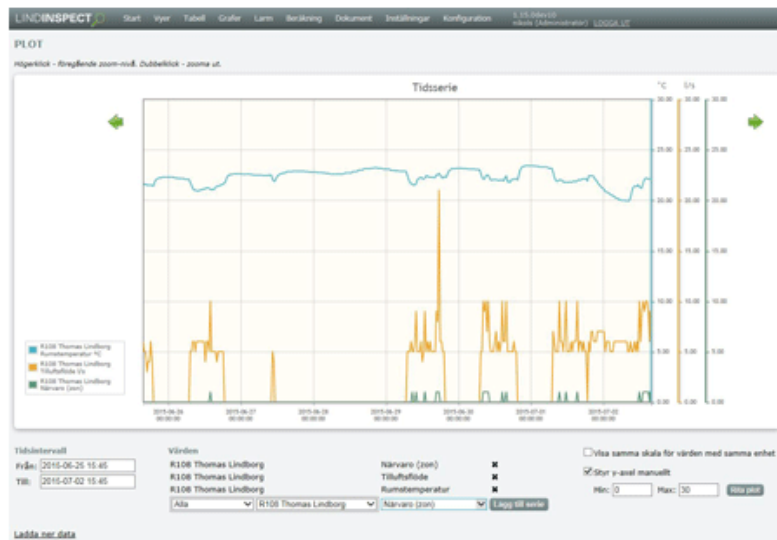
GK Inneklima har enerettsavtale for Lindinvent's behovsstyrte ventilasjonsløsning i Norge. Lindinvent's aktive tilluftsventiler er også et behovsstyrt anlegg som benytter CO_2 -, temperatur- og bevegelsessensorer til å regulere inneklimaet. Sensorene er ferdig montert i ventilen og trenger derfor ikke ekstra kabling. Tilluftsventilene består av en rekke sirkulære, regulerbare plater som øker størrelsen på åpningen avhengig av tilluftsmengde. Dette er for å opprettholde en konstant lufthastighet, og dermed unngå trekk og ubehag. Ved at den aktive tilluftsventilen øker åpningen for tilluft vil en i tillegg til å forhindre trekk, redusere støy ved høyere tilluftsmengder. Det kan i tillegg brukes luftkjøling uten at det oppstår problematikk med luftsjuket i rommet. Videre har Lindinvent sitt eget grensesnitt, kalt Lindinspect, som benyttes for regulering av temperaturer, drift, vedlikehold og for å se på statistikker og bruksmønster. En kan eksempelvis se hvor ofte ulike rom benyttes eller temperaturen i rommet over en bestemt periode. Dette kan så knyttes opp mot renholdsrutiner for å minimere renholdet i rom som brukes sjelden; i tillegg vil en kunne energioptimere anlegget ved hjelp av oversikten Lindinspect gir brukeren. I Lindinspect har en mulighet til å se bygget i 4D (3D-visning av bygg med tidsvelger), dagens vær, endring av noder, bærverdihistorikk mm. [18]. I figurene under vises noen av visningene fra Lindinspect:



Figur 14: 4D visning[18]



Figur 15: Valg av noder og aggregat [18]



Figur 16: Trendstatistikk i Lindinspect [18]

Med disse visningene er det enkelt for brukeren å regulere inneklimate, samtidig som det er tilrettelagt for energieffektiv drift. I tillegg oppleves det at dersom brukere har mulighet til å regulere inneklimate der de jobber reduserer dette antallet klager på dårlig inneklimate [17].

2.6.4 Lindab Pascal

Lindab Pascal er Lindabs VAV system som opererer med variabelt trykk og luftmengderegulering. Volumstrømsmåling og -regulering skjer via plenumsbokser og VAV spjeld. En trenger derfor ikke reguleringspjeld mellom vifta og plenumsboksen (MBBV). Anlegget kan operere med lav temperatur og lav luftmengde uten å forårsake trekk. I tillegg er det bevegelsessensor integrert i de dynamiske armaturene. Romstyring skjer i hovedsak ved hjelp av temperatur, men en kan også benytte CO_2 , luftfuktighet og bevegelsessensor [19].

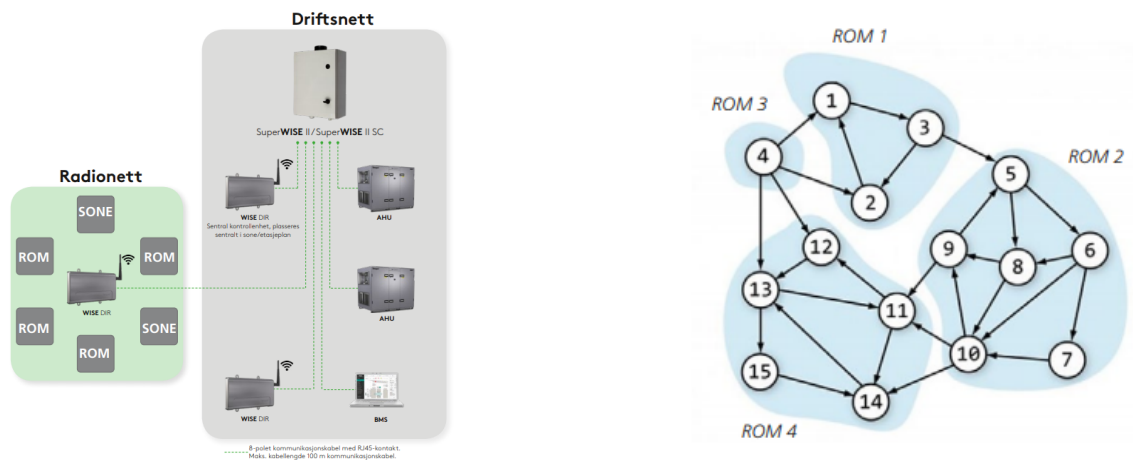
Anlegget reguleres med Regula Master som styrer avtrekksspjeldene slik at avtrekksluftmengden tilsvarer tilluftsmengden. Dette gjør det også mulig å programmere ulike luftmengder, herunder konstant flowfaktor eller over-/undertrykk. Automatikken styres med buskabler, der Exoline buskommunikasjon brukes mellom Regula Master og Regula Combi. Videre brukes Exoline, Modbus eller BACnet via TCP i resten av systemet. Det tas også i bruk en OPC-løsning for å muliggjøre bruk av flere 'språk'. [20]

Etter befarung på Blomsterringen ble grensesnittet vist frem og det så ut til å være et relativt enkelt program som ikke gir anledning til individuell endring av inneklimate. Det vil si at dersom en ønsket en endring på sin arbeidsplass så en seg nødt til å oppsøke den personen som har tilgang til serverrommet og grensesnittet om at det ønskes endring. Dette gjør det relativt komplisert å skulle endre på inneklimate og en bruker unødvendig tid på å oppsøke denne personen istedenfor å kunne endre det fra egen arbeidsplass.

2.7 Koblingskjemaer

2.7.1 Wise 2

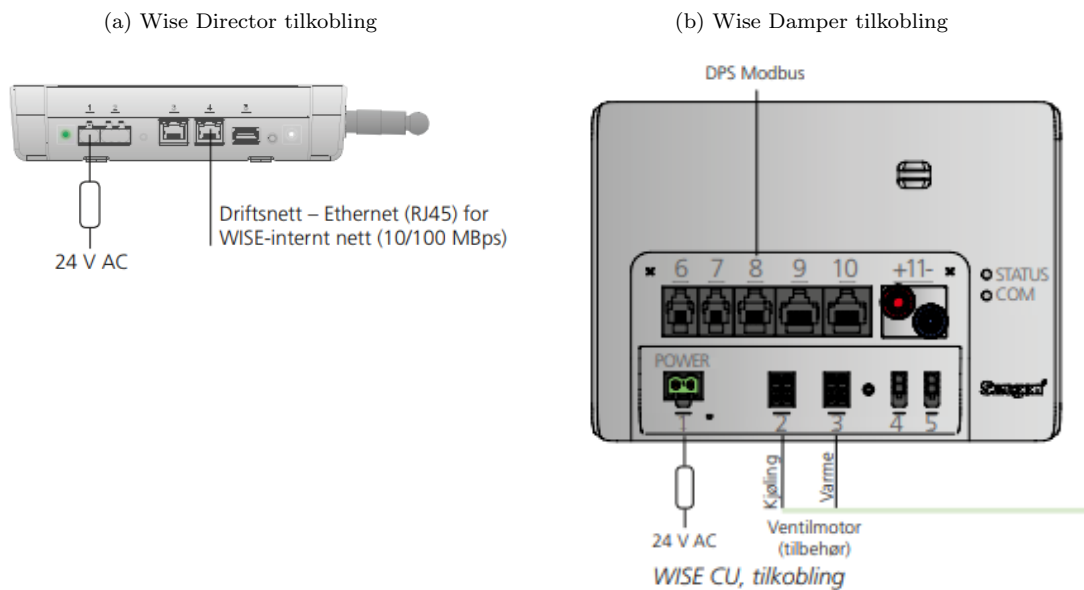
Figur 17 viser hvordan Wise 2 opererer trådløst via radiokommunikasjon. Hver enhet i anlegget er en node som kommuniserer trådløst med de andre nodene for at radiokommunikasjonen skal nå fram via minste motstands vei, samt finne alternative ruter dersom en node skulle falle fra. En kan se her hvordan SuperWise, som er hjernen i systemet, sender signal til en Wise Director i hver etasje. Director sender deretter signalet videre til enhetene. Dette gjør at det kun vil være behov for kabling av elektrisitet og styrekabel til radiatorer der det er aktuelt. Følere er integrert i ventilene og givere på vegg kommuniserer trådløst slik at de også kun har behov for 24V strøm eller et enkelt AA-batteri[16].



Figur 17: Wise 2 radiokommunikasjon [16]

På denne måten bidrar den trådløse kommunikasjonen til å redusere installasjonskostnadene for Wise 2, i tillegg gjør den igangkjøring og paring av produkter mye enklere. Ved at paring og igangkjøring forenkles reduseres arbeidsmengden og dermed kostnaden i forbindelse med dette, samt reduserer sjansen for feil.

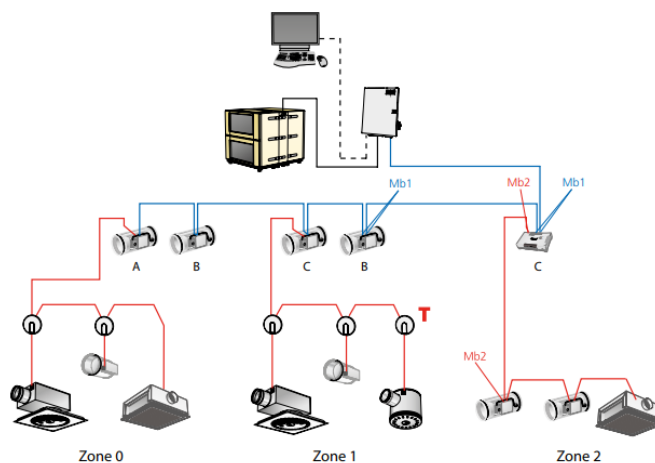
Figur 18 viser en Wise Director og kontrollenheten i en Wise Damper. En kan se at det for hver Director er behov for en nettverkskabel til SuperWise samt 24V AC. På tross av at det er trådløs kommunikasjon er det likevel behov for noe kabling for å sørge for at signalene rekker frem dit det skal. Videre er det kontrollenheten for et Wise Damper sonespjeld som illustreres og det er lagt opp til 24V AC, tilkobling til ventilmotorer dersom det ønskes og til slutt en DPS Modbus trykkstyret. En DPS Modbus er kun nødvendig dersom det benyttes sentraliserte aggregater i bygget.



Figur 18: Wise 2 kobling [16]

2.7.2 Wise 1

Wise 1 opererer i hovedsak med Modbus TCP/IP som trekkes fra SuperWise og til produktene. Wise 1 baseres på master/slave- prinsippet (pga Modbus®) og deles inn i klimasoner. Derfor tas det i bruk koblingsbokser som sprer signalet videre til klimasonens master-enhet. De andre enhetene kan videre kobles i serie fra masteren, eller så kan det kables individuelle kabler fra koblingsboksen og ut til hver enhet i sonen. Dette gjør at prosessen blir relativt ryddig og oversiktlig, men det er fortsatt en mulighet for feilkabling og dermed behov for feilsøking og gjenoppretting av feil som kan øke kostnadene. Figur 19 viser hvordan et system kan legges opp med hensyn på kommunikationskabler.

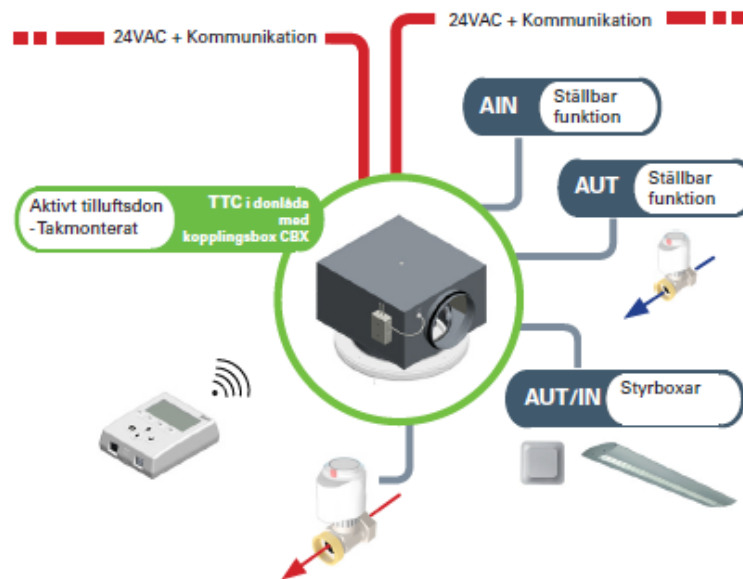


Figur 19: Modbus i Wise 1 [21]

2.7.3 Lindinvent

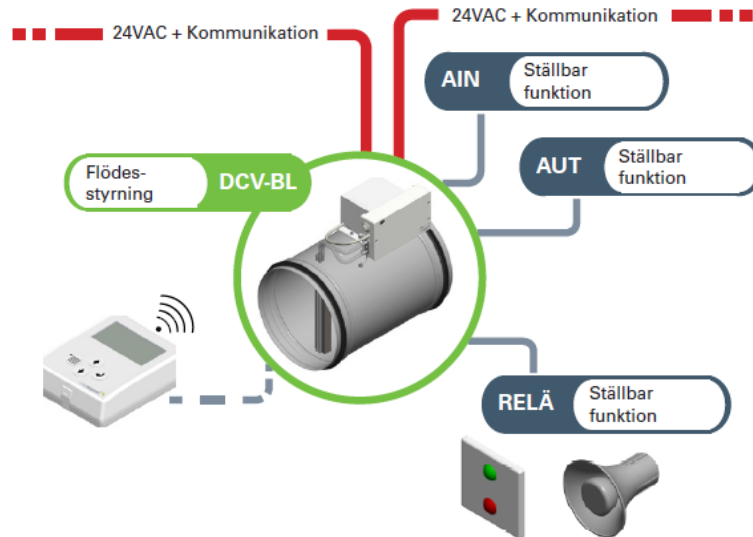
I sine systemer bruker Lindinvent Wago-kabler som tilrettelegger for enkel og vedlikeholdsfri installasjon. Ved å bruke Wago-kabler er det mulig å ha strøm og signal i samme kabel. Dette er en stor fordel da det i praksis trekkes like mange kabler som på Wise 2. Dette gjør at installasjonskostnaden reduseres da elektrikerarbeider ikke tar like lang tid som om en skulle trukket to separate kabler. Wago-pluggene gjør at kabling blir 'plug and play' som vil si at kablene enkelt kan kobles til produktene ved installasjon. Wago-plugger kommer ferdig montert slik at arbeidet skal bli så enkelt som mulig [3].

Som det fremkommer i figur 20 er det kabling av strøm og 24 V AC, givere og eventuelt andre funksjoner som vises. I likhet med Wise er det mulig å legge inn blant annet lystyring i enhetene, selv om det generelt brukes DALI for å regulere og styre belysningen [3]. Siden Lindinvent også har integrerte følere (temperatur, bevegelse) vil det ikke være behov for kabling til disse, men kun givere og eventuelt radiatorer der dette er relevant.



Figur 20: Koblingsanvisning for TTC aktiv tilluftsventil [22]

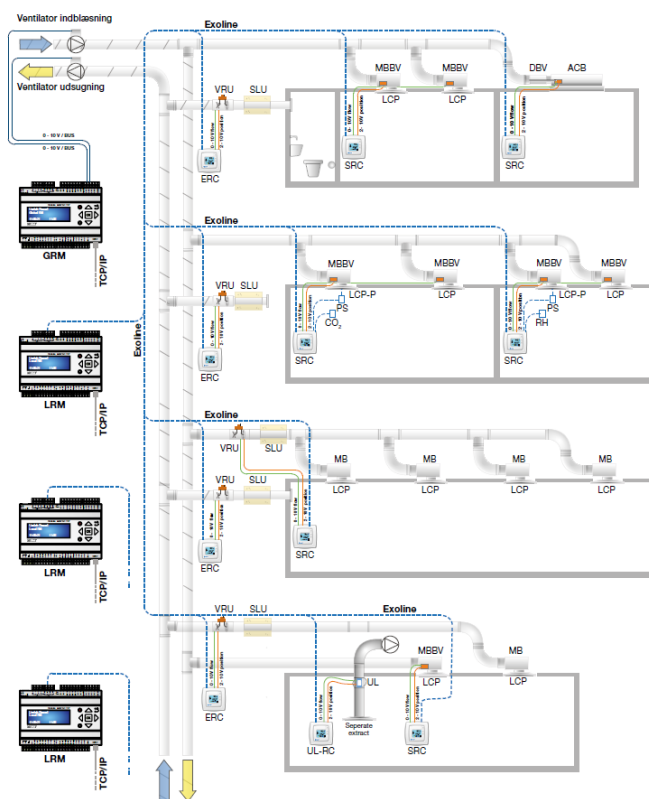
Figur 21 viser at det i stor grad er de samme tilkoblingsmulighetene for spjeld som det er på tilluftsventiler, sett bort ifra lysstyring. Spjeld har kun behov for strøm og signal og ved bruk av Wagokabler vil det kun være behov for å trekke én kabel til spjeldene.



Figur 21: Koblingsanvisning for DCV-BL spjeld [23]

2.7.4 Lindab Pascal

Lindab Pascal opererer med mange ulike enheter og forskjellige kabler, som betyr mer kabling. Figur 22 viser fire forskjellige klimatiseringsløsninger med tilhørende kabling. Lindab Pascal bruker Regula Master for å videresende signaler. Det er da en Global Regula Master (GRM) som styrer Lokale Regula Mastere og Local Regula Master (LRM) som regulerer de forskjellige sonene, en Supply Regula Control (SRC) som regulerer på romnivå, samt Exhaust Regula Control (ERM) på avtrekkssiden. Det er derfor behov for kabling til GRM, fra GRM til LRM, fra LRM til ERC og SRC. På romnivå kables det fra SRC til trykkfordelingsboksen i hver ventil, og eventuelle følere i rommet (eksempelvis CO_2 eller temperatur); ERC regulerer spjeldet på avtrekkssiden og i tillegg til alt dette skal det legges strøm til alle produktene. Dette gjør at elektroarbeidet blir omfattende og potensielt dyrt da det er mange enheter som skal kables, det brukes flere ulike kabler og sjansen for feilkabling kan da bli betydelig større.



Figur 22: Koblingsanvisning Lindab Pascal [20]

3 Datasamling og resultater

3.1 Litteratursøk

Gjennom litteratursøkene ble det ikke funnet forskning eller prosjektoppgaver med lignende problemstilling. Det ble derimot funnet noen oppgaver med relevante temaer, herunder LCC av ventilasjonsanlegg, kvalitativ- og kvantitativ undersøkelse, og kost-nytte analyse. Temaene er alle sentrale og relevante for oppgaven, og har derfor blitt brukt som inspirasjon og som et verktøy for å sikre at alle relevante områder inkluderes i rapporten. Oppgavene som er benyttet gjengis i tabellen under:

Forfatter	Problemstilling	Utdanningssted	År	Kilde
Erling Viljugrein Stølen	LCC analyse av ulike VAV- og DCVsystemløsninger og installasjoner - En kvalitativ og kvantitativ studie	NTNU	2014	[15]
Marius Arion Nilsen	Energiltak og -merking av bygg	Universitetet i Agder	2011	[24]
Vegard Stokke	Behovsstyrt ventilasjon i kontorbygg- Evaluering av lønnsomhet	Universitetet i Stavanger	2014	[25]

Tabell 3: Relevante artikler

3.2 Referansebygg

Dette kapittelet vil ta for seg kostnadene for de forskjellige klimatiseringsløsningene i referansebygget. Kalkylene vil presenteres slik at en får en helhetlig oversikt over de ulike kostnadene. Det skal også vurderes pris per punkt, som tar for seg alle kostnadene som er inkludert i installasjonsprosessen. Det er flere likheter i elektrokostnadene for de ulike enhetene, da kablingen er lik. Lindinvent har både strøm og bus i samme kabel som kan påvirke kostnaden, hvilket vil vises i avsnittet. Det tas derfor utgangspunkt i de kostnadene som ble innhentet i datainnsamlingen. Referansebygget ble først priset med Wise 2 for å danne et grunnlag for hvilke komponenter som velges. På denne måten kan bygget prises likt for de forskjellige leverandørene. Referansebygget består av av tre bygg: A, B og C. Det er kun priset for bygg B og C, da bygg A enda ikke er priset og bestemt i sitt byggeprosjekt. Figur 23 viser Wise 2-kalkylen for plan 7 av bygg B og C, som er utgangspunktet for de andre kalkylene. Det er her kun prosjektert vanlige aktive tilluftsventiler og ikke baffer, samt noen vanlige tillufts- og avtrekksventiler. I tillegg er det også kun priset med 2 børverdiomstillere; én i hvert møterom. Her vil det med høy sannsynlighet installeres følere på vegg for hvert rom og hver sone.

3.2.1 Wise 2

Kalkylen viser de forskjellige enhetsprisene som er priset for referansebygget og er en omtrentlig bruttopris [17]. Enhetene merket med gult er de passive tilluftsventilene og avtrekksventiler, samt trykkfordelingsbokser. Ikke alle de aktive tilluftsventilene er i nærheten av en radiator, og kabling til aktuator kan derfor sees bort ifra for enheten ligger lenger inn i bygget der det ikke er radiatorer.

WISE 2				
Materialliste Referansebygg	2105 kvm			
0 Wise Parasol 1192-A-PF+SMB	Aktiv Kjølebaffel - int. T-føler+PIR integrert	11,075.40		-
0 Wise Parasol 532-A-PF+SMB	Aktiv Kjølebaffel - int. T-føler+PIR integrert	10,328.00		-
7 Wise Colibri 250	Tilluft aktiv ventil. T-føler+PIR integrert.	8,767.50		61,372.50
122 Wise Colibri 160	Tilluft aktiv ventil. T-føler+PIR integrert.	8,410.50		1,026,081.00
3 Wise Damper ø500	VAV Avtrekk	8,589.00		25,767.00
2 Wise Damper ø400	VAV Avtrekk	8,179.50		16,359.00
5 Wise Damper ø315	VAV Avtrekk	7,056.00		35,280.00
4 Wise Damper ø250	VAV Avtrekk	6,468.00		25,872.00
3 Wise Damper ø200	VAV Avtrekk	6,226.50		18,679.50
0 Wise Damper ø160	VAV Avtrekk	6,142.50		-
0 Wise Damper ø125	VAV Avtrekk	6,100.50		-
0 Wise Damper ø500	VAV Tilluft	8,589.00		-
1 Wise Damper ø400	VAV Tilluft	8,179.50		8,179.50
2 Wise Damper ø315	VAV Tilluft	7,056.00		14,112.00
1 Wise Damper ø250	VAV Tilluft	6,468.00		6,468.00
0 Wise Damper ø200	VAV Tilluft	6,226.50		-
0 Wise Damper ø160	VAV Tilluft	6,142.50		-
0 Wise Damper ø125	VAV Tilluft	6,100.50		-
0 Wise DPS Modbus	Trykkføler	2,761.50		-
0 Wise IAQ CO2	CO2-giver	4,504.50		-
0 Wise OCS	Tilstedeværelsesgiver	1,239.00		-
2 Wise RTA	Børverdiomstiller +/-3	2,047.50		4,095.00
0 Wise IORE	Input Output Radio Extender (styringsenh)	2,047.50		-
83 Luna Actuators b 24V NC	Aktuator for varmestyring	271.00		22,493.00
150 Noratel 20VA Trafo	Trafo. (1 per aktive produkt)	305.00		45,750.00
2 Noratel 20VA Trafo	Trafo til director	305.00		610.00
			Sum	1,311,118.50
3 PELICAN CEa HF 250 - 600		855.00		2,565.00
1 PELICAN CEa HF 315 - 600		855.00		855.00
13 PELICAN CEa HF 400-600		985.00		12,805.00
3 LOCKZONE Ca 125-600 Ceiling		675.00		2,025.00
3 LOCKZONE Ca 160-600 Ceiling		1,116.00		3,348.00
4 LOCKZONE Ca 200-600 Ceiling		1,116.00		4,464.00
8 LOCKZONE Ca 250-600 Ceiling		1,237.00		9,896.00
1 LOCKZONE Ca 315-600 Ceiling		755.00		755.00
3 LOCKZONE Fa 1-125 Free		1,290.00		3,870.00
1 LOCKZONE Fa 1-200 Free		1,640.00		1,640.00
3 ALSd 100-125 Commissioning box		494.00		1,482.00
3 ALSd 125-160 Commissioning box		560.00		1,680.00
4 ALSd 160-200 Commissioning box		685.00		2,740.00
3 ALSd 200-250 Commissioning box		840.00		2,520.00
3 ALSd 250-315 Commissioning box		1,200.00		3,600.00
21 ALSd 315-400 Commissioning box		1,580.00		33,160.00
			Sum	1,398,543.50
			Kr/kvm	664.39

Figur 23: Kalkyle Wise 2 [26]

MAEN5900 Masteroppgave

Det ble også gjort vurderinger av enhetspriser, inkludert elektro, som vises i figur 24 Videre er det kun priset aktive tilluftsventiler i referansebygget, men kostnadene for baffler foreligger likevel i kalkylen og det ble derfor laget en kostnad for dette da Wise 2-prosjektet som ble innhentet utenom referansebygget er prosjektert med baffler. Figur 25 viser kostnadene for en kjølebaffel dersom den skulle monteres i referansebygget. Da den faktiske kostnaden for legging av rør til varme/kjøling i bafflene er ukjent er det tatt utgangspunkt i 1000kr per punkt. Dette kunne derfor ha vært utelatt, men er tatt med i den hensikt å danne et mest mulig nøyaktig bilde av prisen for de forskjellige produktene.

Pris Per punkt: Colibri 160	
Wise Colibri 160	8,010.00
Noratel 20VA Trafo	305.00
Stikk	450.00
Kabling aktuator	900.00
Sum	9,665.00

Pris per punkt: Colibri 250	
Wise Colibri 250	8,767.00
Noratel 20VA Trafo	305.00
Stikk	450.00
Kabling aktuator	900.00
Sum	10,422.00

Figur 24: Pris per punkt: Wise Colibri [26]

Pris per punkt: Parasol 1192-A-PF	
Wise Parasol 1192-A-PF	11,075.00
Noratel 20VA Trafo	305.00
Stikk	450.00
Kabling aktuator	900.00
Legge rør til varmekjel	1,000.00
Sum	13,730.00

Pris per punkt: Parasol 592-A-PF	
Wise Parasol 592-A-PF	10,328.00
Noratel 20VA Trafo	305.00
Stikk	450.00
Kabling aktuator	900.00
Rør til varmekjel	1,000.00
Sum	12,983.00

Figur 25: Pris per punkt: Wise Parasol [26]

3.2.2 Wise 1

Referansebygget ble også priset med Wise 1, hvor det ble valgt tilsvarende enheter som i Wise 2-kalkylen. Disse enhetene er enklere ved at det ikke er trådløst, hvilket påvirker prisen. Figur 26 viser Wise 1-kalkylen for referansebygget.

WISE 1					
Materialiste Referansebygg	2105 kvm		Enhetspris	Rabatt	Pris
7 ADAPT Cd 250 Master DEFAULT		576565	7,858.00		55,006.00
122 ADAPT Cd 160 Master DEFAULT		576563	7,534.00		919,148.00
3 CONTROL Za 500-N Default		576758	7,944.00		23,832.00
3 CONTROL Za 400-N Default		576757	7,620.00		22,860.00
7 CONTROL Za 315-N Config		76756	7,279.00		50,953.00
5 CONTROL Ra 250-N (Room)		76745	8,416.00		42,080.00
3 CONTROL Ra 200-N (Room)		76744	8,304.00		24,912.00
2 TUNE Tb, Set point selector		93207	711.00		1,422.00
83 ACTUATOR b 24V NC		80121701	271.00		22,493.00
150 Noratel 20VA Trafo	NO102040		305.00		45,750.00
				Sum	1,208,456.00
3 PELICAN CEa HF 250 - 600			855.00		2,565.00
1 PELICAN CEa HF 315 - 600			855.00		855.00
13 PELICAN CEa HF 400-600			985.00		12,805.00
3 LOCKZONE Ca 125-600 Ceiling			675.00		2,025.00
3 LOCKZONE Ca 160-600 Ceiling			1,116.00		3,348.00
4 LOCKZONE Ca 200-600 Ceiling			1,116.00		4,464.00
8 LOCKZONE Ca 250-600 Ceiling			1,237.00		9,896.00
1 LOCKZONE Ca 315-600 Ceiling			755.00		755.00
3 LOCKZONE Fa 1-125 Free			1,290.00		3,870.00
1 LOCKZONE Fa 1-200 Free			1,640.00		1,640.00
3 ALSd 100-125 Commissioning box			494.00		1,482.00
3 ALSd 125-160 Commissioning box			560.00		1,680.00
4 ALSd 160-200 Commissioning box			685.00		2,740.00
3 ALSd 200-250 Commissioning box			840.00		2,520.00
3 ALSd 250-315 Commissioning box			1,200.00		3,600.00
21 ALSd 315-400 Commissioning box			1,580.00		33,180.00
				Sum	1,295,881.00
				Kr/kvm	615.62

Figur 26: Kalkyle Wise 1 [26]

Som illustrert nederst og i gult i figur 23 og 26, er det to forskjellige ventiler med tilhørende sone-spjeld og plenumkammere, hvor Lockzone er en tilluftsventil og Pelican er avtrekksventil. Prisene og antall er det samme for begge kalkylene og det vil derfor være samme enhetspris uavhengig av kalkyle. På den annen side er det her ulik pris avhengig av kanaldimensjon. Videre illustrerer figur 27 pris per punkt for Swegon Adapt aktive tilluftsventiler inkl. kabling og transformator (trafo).

ADAPT Cd 160		ADAPT Cd 250	
ADAPT Cd 160 Master DEFAULT	7,534.00	ADAPT Cd 250 Master DEFAULT	7,858.00
Stikk	450.00	Stikk	450.00
Noratel 20VA Trafo	305.00	Noratel 20VA Trafo	305.00
Buskabling	500.00	Buskabling	500.00
Kabling aktuator	900.00	Kabling aktuator	900.00
Sum	9,689.00	Sum	10,013.00

Figur 27: Pris per punkt Swegon Adapt [26]

3.2.3 Lindinvent

GK har som tidligere nevnt enerettsavtale med Lindinvent og er derfor de eneste som selger denne klimatiseringsløsningen i Norge. Dette gjør at prisingen utføres noe anderledes enn hos eksempelvis Swegon. For at prisene skal være så like som mulig og for at prisene skal kunne sammenlignes ble det fra GK sin side tatt utgangspunkt i kostpriser; i tillegg var det ikke ønskelig at enhetsprisene skal være med da prisene er sensitiv informasjon og det er derfor kun benyttet en totalpris for referansebygget som er vist i figur 28.

Sum	665,798.00
Kr/kvm	316.29

Figur 28: Totalpris Lindinvent [3]

For denne totalprisen er det tatt utgangspunkt i akkurat de samme enhetene som i Wise 2 kalkylen. I tillegg er tjenester som igangkjøring, paring av produkter og oppkobling mot SD-anlegg tatt med. Dette er fordi disse tjenestene er inkludert i prisen for en SuperWise. Selve enhetsprisen blir derfor komplisert å sammenligne og det vil videre tas utgangspunkt i elektrokostnadene for å sammenligne Wise, Lindinvent og Lindab.

3.3 Andre prosjekter

I tillegg til referansebygget ble det anskaffet ventilasjonskostnader fra to andre prosjekter, Lilleakerveien 2 som er prosjektert med Wise 2 og Blomsterringen som er prosjektert med Lindab Pascal. Kostnadene for de andre prosjektene vil sammenlignes med referansebygget for å avdekke hvordan størrelse på bygg, kompleksitet og produktpakke påvirker enhetsprisene i kalkylen.

3.3.1 Lilleakerveien 2

Lilleakerveien 2 er et rehabilprosjekt på Lysaker bestående av nærings- og kontorlokaler. Det er i denne sammenligningen tatt utgangspunkt i to etasjer, plan 8 og 9, som gir et samlet bruttoareal på 4.329m². De to etasjene består av en god fordeling av både kontorer og åpent landskap. Ved at arealet er dobbelt så stort, samt med en annen produktpakke, ser en forskjeller i pris. Lilleakerveien er også prosjektet med kjølebafler, noen ordinære samt noen med åpen montasje. Der det forekommer åpen montasje påløper det en del ekstra kostnader og kompleksiteten øker da det er flere komponenter som skal monteres per punkt. Størrelsen vil derfor kunne redusere totalkostnaden, samtidig som den øker på grunn av kompleksiteten. Kalkylen for Lilleakerveien 2 vises i figur 29.

WISE 2				
Materialliste Lilleakerveien 2A	4329 kum			
67	Wise Parasol EX 1290-A-PF	Aktiv Kjølebaffel - int. T-føler+PIR integrert. For åpen mon	12,698.00	850,766.00
67	DESIGNKIT EX 1290-STD-PF	Designkit for parasol EX	3,432.00	223,944.00
67	PARASOL EX o T-ICP Täckplåt	Dekkplate	259.00	17,353.00
67	SYST FH-F1-500-12 Flexslang	Flexslange - click-on.	212.00	14,204.00
67	Lakkering iRAL	Lakkering av underplate baffel, designkit og dekkplate	850.00	56,950.00
122	Wise Parasol 1192-A-PF	Aktiv Kjølebaffel - int. T-føler+PIR integrert.	10,548.00	1,286,856.00
0	Wise Parasol 592-A-PF	Aktiv Kjølebaffel - int. T-føler+PIR integrert.	9,836.00	-
0	Wise Colibri 250	Tilluft aktiv ventil. T-føler+PIR integrert.	8,350.00	-
20	Wise Colibri 160	Tilluft aktiv ventil. T-føler+PIR integrert.	8,010.00	160,200.00
0	Wise Damper ø500	VAV Avtrekk	8,233.82	-
0	Wise Damper ø400	VAV Avtrekk	7,782.68	-
28	Wise Damper ø315	VAV Avtrekk	6,713.54	187,979.12
0	Wise Damper ø250	VAV Avtrekk	6,153.40	-
0	Wise Damper ø200	VAV Avtrekk	5,925.53	-
0	Wise Damper ø160	VAV Avtrekk	5,848.34	-
0	Wise Damper ø125	VAV Avtrekk	5,809.20	-
0	Wise Damper ø500	VAV Tilluft	8,233.82	-
0	Wise Damper ø400	VAV Tilluft	7,782.68	-
28	Wise Damper ø315	VAV Tilluft	6,713.54	187,979.12
0	Wise Damper ø250	VAV Tilluft	6,153.40	-
0	Wise Damper ø200	VAV Tilluft	5,925.53	-
0	Wise Damper ø160	VAV Tilluft	5,848.34	-
0	Wise Damper ø125	VAV Tilluft	5,809.20	-
28	Wise DPS Modbus	Trykkløser	2,629.59	73,628.52
0	SMA/VOC integrert i baffel	Innebygget SMA/VOC i Wise Parasol	1,242.00	-
0	Wise IAQ VOC	Luftkvalitetsgiver (Volatile Organic Compounds)	2,930.00	-
0	Wise OCS	Tilstedeværelsesgiver	1,180.00	-
0	Wise RTA	Børverdiomstiller +/-3	1,948.76	-
198	Noratel 20VA Trafo	Trafo.	290.00	57,420.00
2	Noratel 20VA Trafo	Trafo til director	290.00	580.00
			Sum	3,123,859.76
			Kr/kvm	721.61

Figur 29: Wise 2 - Kalkyle Lilleakerveien 2 [4]

MAEN5900 Masteroppgave

Som det fremkommer i kalkylen er det inkludert DPS Modbus trykkfølere, som ikke er inkludert i kalkylene for referansebygget. Dette er fordi Lilleakerveien har sentralisert ventilasjonsaggregat og vil derfor ha behov for trykkstyring. Til sammenligning har Fyrstikkalleen desentraliserte aggregater og trykkfølere vil da bli overflødig. Forskjellene i prosjektene gjør at det blir forskjellige enhetspriser, som illustreres i figurene under:

Pris per punkt: Parasol 1192-A-PF		Pris per punkt: Parasol 592-A-PF	
Wise Parasol 1192-A-PF	10.548,00	Wise Parasol 592-A-PF	9.836,00
Noratel 20VA Trafo	290,00	Noratel 20VA Trafo	290,00
Stikk	450,00	Stikk	450,00
Rør varme/kjøel	1.000,00	Rør varme/kjøel	1.000,00
Aktuator	900,00	Aktuator	900,00
Sum	13.188,00	Sum	12.476,00

Figur 30: Pris per punkt: Wise Parasol [4]

Da Lilleakerveien er et rehabprosjekt er en nødt til å jobbe med det bygget som står. Det vil derfor kunne være behov for å installere kjølebafler for åpen montasje og det vil være nødvendig å ta med en rekke ekstrautstyr, eksempelvis deksel. Dette illustreres i figur 31.

Pris per punkt: Parasol EX 1290-A-PF (åpen montasje)	
Wise Parasol EX 1290-A-PF	12.698,00
DESIGNKIT EX 1290-STD-PF	3.432,00
PARASOL EX c T-ICP Täckplåt	259,00
SYSTEM FH-F1-500-12 Flexslang	212,00
Lakkering i RAL	850,00
Noratel 20VA Trafo	290,00
Stikk	450,00
Rør varme/kjøel	1.000,00
Aktuator	900,00
Sum	20.091,00

Figur 31: Pris per punkt for Wise Parasol med åpen montasje [4]

Videre er det de aktive tilluftsventilene som illustreres under.

Pris Per punkt: Colibri 160		Pris per punkt: Colibri 250	
Wise Colibri 160	8.010,00	Wise Colibri 250	8.350,00
Noratel 20VA Trafo	290,00	Noratel 20VA Trafo	290,00
Stikk	450,00	Stikk	450,00
Wise DPS Modbus gj.snitt ifht ant enheter	371,00	Wise DPS Modbus gj.snitt ifht ant enheter	371,00
Aktuator	900,00	Aktuator	900,00
Sum	10.021,00	Sum	10.361,00

Figur 32: Pris per punkt: Wise Colibri [4]

I prosessen med å fastslå pris per punkt for Lilleakerveien ble det bestemt at trykkfølerne skulle integreres i kostnaden. Totalprisen for trykkfølerne ble derfor delt på antall produkter for å finne hvor stor andel av trykkfølerkostnadene som kunne inkluderes i installasjonskostnaden for ventilene.

3.3.2 Blomsterringen

Det var ikke mulig å få referansebygget priset av Lindab, men etter en befaring hos Blomsterringen på Lahaugmoen var det mulig å oppdrive enhetspriser for bygget. Blomsterringen er en blomster-grossist og har derfor en stor hall som brukes til oppbevaring og henting av blomster som derfor gjør bygget ganske forskjellig fra de andre i oppgaven. Utfra korrespondansen med ventilasjons-treprenøren er det tatt utgangspunkt i kontordelen av bygget, som tilsvarer ca 2000m² og er derfor likt som referansebygget med hensyn på størrelse [27]. Kalkylen for Blomsterringen vises i figur 33 og er salgspriser. Det vil si at det ikke har likt sammenligningsgrunnlag som de andre prisene, men en vil kunne få et inntrykk av kostnadene for et Lindab Pascal anlegg.

Lindab Pascal				
Materialiste Blomsterringen	2000 kvvm	Enhetspris	Rabatt	Pris
6 LCC PT - Integra VAV ø315	Aktiv tiluftsventil m. PIR og temp	1.300,00		7.800,00
13 LCC PT - Integra VAV ø250	Aktiv tiluftsventil m. PIR og temp	1.300,00		16.900,00
6 LCC PT - Integra VAV ø200	Aktiv tiluftsventil m. PIR og temp	1.300,00		7.800,00
2 LCP PT - Integra VAV ø315	Aktiv tiluftsventil m. PIR og temp	1.300,00		2.600,00
11 LCP PT - Integra VAV ø200	Aktiv tiluftsventil m. PIR og temp	1.300,00		14.300,00
3 LCP PT - Integra VAV ø160	Aktiv tiluftsventil m. PIR og temp	1.300,00		3.900,00
1 LCP T - Integra VAV ø315	Aktiv tiluftsventil m. temp	550,00		550,00
2 LCP T - Integra VAV ø250	Aktiv tiluftsventil m. temp	550,00		1.100,00
7 LCP T - Integra VAV ø200	Aktiv tiluftsventil m. temp	550,00		3.850,00
3 LCP T - Integra VAV ø160	Aktiv tiluftsventil m. temp	550,00		1.650,00
15 LCP - Takventil ø315	Takventil	400,00		6.000,00
11 LCP - Takventil ø250	Takventil	400,00		4.400,00
4 LCP - Takventil ø200	Takventil	400,00		1.600,00
8 LCP - Takventil ø160	Takventil	400,00		3.200,00
10 LCP - Takventil ø125	Takventil	400,00		4.000,00
1 MBBV - Fornebu - 20VA - ø200/250	Trykkfordelingsboks for aktiv ventil	2.400,00		12.000,00
4 MBBV - Fornebu - 20VA - ø160/200	Trykkfordelingsboks for aktiv ventil	2.400,00		9.600,00
1 MBBV - Fornebu - 20VA - ø125/160	Trykkfordelingsboks for aktiv ventil	2.400,00		2.400,00
2 MBBV - Fornebu - 35VA - ø200/250	Trykkfordelingsboks for aktiv ventil	2.400,00		4.800,00
4 MBBV - Fornebu - 35VA - ø160/200	Trykkfordelingsboks for aktiv ventil	2.400,00		9.600,00
1 MBBV - ø200/315	Trykkfordelingsboks for aktiv ventil	4.695,00		4.695,00
1 MBBV - ø250/315	Trykkfordelingsboks for aktiv ventil	5.085,00		5.085,00
1 MBBV - ø160/250	Trykkfordelingsboks for aktiv ventil	4.318,00		4.318,00
15 MBB - ø250/315	Trykkfordelingsboks for ordinær ventil	665,56		9.983,40
7 MBB - ø200/315	Trykkfordelingsboks for ordinær ventil	1.099,00		7.693,00
1 MBB - ø250/250	Trykkfordelingsboks for ordinær ventil	660,00		660,00
13 MBB - ø200/250	Trykkfordelingsboks for ordinær ventil	507,36		6.595,68
4 MBB - ø160/250	Trykkfordelingsboks for ordinær ventil	408,00		1.632,00
3 MBB - ø200/200	Trykkfordelingsboks for ordinær ventil	507,36		1.522,08
10 MBB - ø160/200	Trykkfordelingsboks for ordinær ventil	403,76		4.037,60
9 MBB - ø160/160	Trykkfordelingsboks for ordinær ventil	398,16		3.583,44
2 MBB - ø125/160	Trykkfordelingsboks for ordinær ventil	346,90		693,80
9 MBB - ø125/125	Trykkfordelingsboks for ordinær ventil	343,84		3.094,56
14 GS23HE0 ø600	Tilufsventil	722,00		10.108,00
5 GS23H ø315	Tilufsventil	1.205,98		6.029,90
5 GS23H ø250	Tilufsventil	1.107,12		5.535,60
3 GS23H ø200	Tilufsventil	1.007,00		3.021,00
1 KSU ø200	Avtrekksventil	202,20		202,20
17 KSU ø160	Avtrekksventil	183,60		3.121,20
40 KSU ø125	Avtrekksventil	174,60		6.984,00
1 VRGU ø200	Søkkel	51,00		51,00
17 VRGU ø160	Søkkel	45,00		765,00
40 VRGU ø125	Søkkel	31,20		1.248,00
1 VRU MF ø630	Tiluftsspjeld	4.354,00		4.354,00
3 VRU MF ø500	Tiluftsspjeld	4.061,00		12.183,00
2 VRU MF ø400	Tiluftsspjeld	4.041,00		8.082,00
6 VRU MF ø315	Tiluftsspjeld	3.536,00		21.216,00
6 VRU MF ø250	Tiluftsspjeld	3.875,00		23.250,00
4 VRU MF ø200	Tiluftsspjeld	3.840,00		15.360,00
3 VRU MF ø160	Tiluftsspjeld	3.605,00		10.815,00
1 VRU MF EX ø630	Avtrekkspjeld	4.000,00		4.000,00
4 VRU MF EX ø500	Avtrekkspjeld	4.023,00		16.092,00
4 VRU MF EX ø400	Avtrekkspjeld	3.909,00		15.636,00
6 VRU MF EX ø315	Avtrekkspjeld	3.536,00		21.216,00
1 VRU MF EX ø250	Avtrekkspjeld	3.497,00		24.475,00
4 VRU MF EX ø200	Avtrekkspjeld	3.483,00		13.852,00
1 VRU MF EX ø125	Avtrekkspjeld	3.210,00		3.210,00
2 Varmebatteri ø500	Varmebatteri	5.600,00		11.200,00
1 Varmebatteri ø400	Varmebatteri	3.300,00		3.300,00
5 Varmebatteri ø315	Varmebatteri	2.400,00		12.000,00
4 Varmebatteri ø250	Varmebatteri	2.000,00		8.000,00
8 Varmebatteri ø200	Varmebatteri	2.000,00		16.000,00
20 Varmebatteri ø160	Varmebatteri	1.800,00		36.000,00
2 Regula Master Web		3.899,00		7.798,00
5 Regula Master		3.536,00		17.680,00
46 Thermostatic valve	Aktuator	584,00	40%	16.118,40
46 Actuator mod cable	Signalkabel til aktuator	1.781,00	40%	49.155,60
46 Adaptionering		24,00	40%	662,40
34				
			SUM u/MVA	680.373,18
			SUM m/MVA	725.466,48

Figur 33: Kalkyle Blomsterringen [27]

Slik det fremkommer i kalkylen er det spesielt mange enheter å forholde seg til i kalkylen for Blomsterringen. Ventilasjonstreprenøren kunne informere om at det var nødvendig å overlate alt valg av type enheter og dimensjoner til Lindab da det er utfordrende å forstå hva som er hva i Lindab Pascal sitt system [27]. Akkurat denne problematikken er ikke gjeldende for Swegon og Lindinvent, hvor det er lagt opp på en oversiktlig måte uten for mange produkter.

LCC/LCP PT - Integra VAV		LCP T - Integra VAV	
LCC PT - Integra VAV ø315	1.300.00	LCC PT - Integra VAV ø315	550.00
MBBV - ø200/315	4.695.00	MBBV - ø200/315	4.695.00
kabling - Aktuator + føler	2.365.00	kabling - Aktuator + føler	2.365.00
Buskabling	500.00	Buskabling	500.00
Sum	8.860.00	Sum	8.110.00

Figur 34: Pris per punkt Blomsterringen [27]

Som figur 34 illustrerer er det trykkfordelingsboksen, MBBV, som er den største kostnaden for ventilasjonsenhetene, så selv om selve ventilen er relativt billig vil en komplett enhet ligge på ca 5.995kr. Utfra resultatene skiller Lindab Pascal seg ut med lave enhetspriser og høye elektrokostnader.

3.4 Elektrokostnader

Elektrokostnadene er det som utgjør den store forskjellen mellom de kablede klimatiseringsløsningene og Wise 2. De innsamlede elektroprisene har kommet fra flere kilder og varierer derfor avhengig av hvem som har oppgitt prisene og hvordan prisen måles (per punkt eller per løpemeter). De vil derfor beskrives og illustreres i dette delkapittelet.

Det som er viktig å tenke på er at i en byggeprosess er det flere nivåer, der totalentreprenøren er øverst med kontroll over underentreprenørene og leverandørene. I en byggeprosess skal også alle deltagere tjene penger, ved at det må medregnes et påslag på prisen. Dette gjør at en ikke kan sammenligne alle priser med hverandre uten å først vite hvor de kommer fra.

Gjennom datainnsamlingsprosessen er det mottatt hjelp fra flere ulike firmaer, som alle har forskjellige måter å prise det elektriske på. Det begynnes derfor med Bravida, som benytter seg av dataprogrammet Eldata som automatisk kalkulerer prisen for det elektriske arbeidet i et prosjekt. Det vil si at det ikke var noen faste priser som kunne gis, men at det erfaringsmessig påløper ca 500kr pr. time for en elektriker. I tillegg vil det være ca 50 kr/meter med kabel. Akkurat pris pr. løpemeter vil i stor grad avhenge av type kabel, så her blir det nødvendig med flere priser i formatet pris pr. løpemeter for å finne forskjeller og likheter. Videre ble det informert om risikoen som vedlegges kalkyler i forhold til potensialet for feilkabling. Det ble da gitt en omtrentlig verdi for dette som var ca 100.000 kr i risiko for et prosjekt på 8 millioner, som vil si at risikoen tilsvarer ca 1,25% av totalsummen. Dersom dette forholdet overføres til referansebygget, som har en prislapp på ca 1,4 millioner (for Wise 2) vil en kunne redusere installasjonskostnadene for elektro med opptil 17.500kr ved at risikoen reduseres. Referansebygget er $\frac{2}{3}$ av ett plan i Fyrstikkalleen 1. Dersom dette utvides til hele etasjen vil en kunne få en besparelse på 26.250kr per etasje i dette bygget. Dette er en generalisering og skal kun belyse potensiell besparelse. Kostnaden vedrørende risiko er kun fått som et eksempel og er ikke undersøkt nærmere.

Videre er det innhentet elektrokostnader fra både el.- og totalentreprenør, henholdsvis Arkel, GK og Vedal. Det viser seg at entreprenørene har faste priser på arbeidet som utføres og enhetene som skal installeres. Etter befaring på Fyrstikkalléen 1 ble det informert om at det gjøres på denne måten for å vite hvor mye det vil koste å eksempelvis installere et nytt dobbelstikk eller lignende. Dette er da generelle erfaringstall, og ikke priser som gjelder for ett spesifikt prosjekt. Fra entreprenørbedriftene ble det innhentet punktpriser for diverse tjenester, som i stor grad var like. Dette forteller at prisene på entreprenørnivå ikke er så forskjellige, men for å kunne utdype dette vil det være nødvendig å gjøre et grundigere søk etter elektrokostnader i byggeprosessen. Tabellen under viser de forskjellige prisene for de forskjellige tjenestene.

3.4.1 Priser

De første prisene som oppgis er fra Arkel, som i likhet med de andre prisene, er generelle.

Arkel

Enhet	Beskrivelse	Pris [kr]
SuperWise	Strømpunkt	850
	Nettverkstilkobling	2000
Director	24V Strømpunkt	900
	Kom.kabel fra SuperWise	4000
Wise Parasol	24V strømpunkt	900
Wise Damper	24V strømpunkt	900
Panelovn	Styrekabel fra ventil	900
Trafo		3500

Tabell 4: Enhetspriser fra Arkel [28]

Videre foreligger kostnadene oppgitt av Vedal. Dette er generelle priser som ikke knyttes til ett spesifikt prosjekt men er basert på erfaring.

Vedal

Enhet	Beskrivelse	Pris [kr]
Dobbelstikk	En fas kurs + første punkt	3000
	Per punkt utover første stikk	850
Aktuator	Styrekabel	15-20 kr/m *
KNX	buskabel	40 kr/m *
cat 6a enkel RJ45	Enkelt datapunkt	1800
	Dobbelt datapunkt	2300

* Arbeidskostnad for elektriker kommer i tillegg til dette

Tabell 5: Enhetspriser fra Vedal [1]

GK opererer også med Wise, selv om de har enerettsavtale med Lindinvent. Dette gjør at de også har tall på elektrokostnadene for installasjon av Wise i tillegg til Lindinvent. Tabellen under viser priser for kabling av forskjellige enheter i et Wise-anlegg:

GK		
Enhet	Beskrivelse	Pris [kr inkl MVA]
SuperWise	Punkt for strøm og signal	3250
Director	1xRJ45 for signal + 24V	2440
Aggregat	1xRJ45 for signal	1560
Sentralavtrekk	Strøm	1875
Tilluft	Strøm	812
Avtrekk i møterom	Strøm	812
Radiator	Styrekabel	1625
Kjølebaffel	Strøm	812
Termostat/CO2	Strøm	1625

Tabell 6: Elektrokostnader Wise 2 [29]

Videre foreligger elektropriser for Lindinvent i tabell 7.

GK		
Enhet	Beskrivelse	Pris [kr inkl MVA]
Ventil	Wago	1625
Radiator	Styrekabel	1625
Termostat/CO2	Strøm	1625

Tabell 7: Elektrokostnader Lindinvent [29]

Det er også innhentet ulike timespriser for elektriker som i snitt ligger på $812kr/time$ inkl MVA [30][31]. De to aktuelle timesprisene er $625kr$ og $975kr$ inkl. MVA. I tillegg er tidsbruken undersøkt, og på lik linje med ventilasjonsprisene avhenger elektrikerens tidsbruk helt på kompleksiteten av arbeidet. Dersom forholdene er lagt til rette og det eksempelvis ikke er behov for stige vil arbeidet gå raskere og det kan kables mye på kort tid [30]. Dersom det for eksempel er behov for stige eller det er kompliserte strekk hvor kablene skal legges vil det ta lenger tid. Slik som stikkontaktene er lagt opp i referansebygget anslås det at én elektriker vil kunne installere ca 50 dobbelstikk på en vanlig arbeidsdag på 7,5 timer[30]. Dette utgjør en tidsbruk på ca 9 minutter per dobbelstikk. Hva gjelder antall stikkontakter anslås det utfra plantegningene at det er ca 79 dobbelstikk som skal gi strøm til inneklimaprodukter, og med 79 dobbelstikk vil det ta 11,85 timer, eller ca $1\frac{1}{2}$ arbeidsdag for én elektriker. Utfra hvordan montasjen er gjort vises det at den er utført på en tidsbesparende måte[30]. Samme tidsbruk gjelder signalkablene da de ligger i kabelbroer og er derfor enkle å legge opp [30]. Det uvisst hvor mange elektrikerer det har vært brukt samtidig i dette prosjektet. Med flere elektrikerer som jobber sammen vil tidsbruken gå ned men kostnaden for elektrikerene vil øke. Med utgangspunkt i tidsbruken nevnt over og timespris for elektriker kan det så fastslås hvor mye dette koster for hvert produkt. Ved å bruke disse tallene er det da mulig å opprette en punktpris for

de forskjellige enhetene fra de ulike leverandørene, både med 'stykkpriser' samt pris per løpemeter og per time for elektriker.

I alle prissammenligningene av løpemeterpris og timepris for elektriker er det tatt utgangspunkt i $62,5kr/m$ inkl MVA for bus- og $62,5kr/m$ inkl MVA 230V kabel, samt $812kr/time$ inkl MVA for elektriker[30][31]. Videre er det anslått at elektrikerens vil bruke 1,5 timer på all kabling som behøves i forbindelse med installasjon av et inneklimateprodukt på et kontor, 0,5 timer i landskap og 0,75 timer for et spjeld. Grunnen til dette er at det antas elektrikerens å bruke lenger tid på kontorene da det er flere ulike kabler som skal trekkes over flere avstander. Ventilene i landskap er gjerne frittstående og med få hindringer og anses derfor å være raskest å montere. Det er tatt med kabling av styrekabel til ventilene i landskap, selv om det kun er ventilene i nærheten av vindu som har dette. De ventilene i landskap som ligger lenger inn i bygningen vil derfor være noe raskere å montere opp. Til slutt er det spjeld som antas å ha lenger kabelstrekker og som potensielt må hankses med vegger og andre hindringer som vil øke tiden det tar å montere.

3.4.2 Wise 2

På tross av at Wise 2 er et trådløst ventilasjonsanlegg er det fortsatt behov for strøm og det vil derfor være behov for legging av 230V kabler over himlingen. I dette prosjektet er det innhentet flere ulike priser og det er derfor laget to prissammenligninger for tilluftsventiler og spjeld, som vist i figur 35.

(a) Priser fra GK [29]

Wise Colibri - Kontor		Wise Colibri - Landskap		Wise Damper	
Strøm	812.00	Strøm	812.00	Strøm	812.00
Radiator	1,625.00	Radiator	1,625.00		
Giver	1,625.00				
	4,062.00		2,437.00		812.00
Strøm	257.67	Strøm	257.67	Strøm	257.67
Elektriker	1,218.75	Elektriker	406.25	Elektriker	609.38
Radiator	257.67	Radiator	257.67		
Giver	515.33				
	2,249.42		921.58		867.04

(b) Priser fra Arkel og Vedal [28] [1]

Wise Colibri - Kontor		Wise Colibri - Landskap		Wise Damper	
Strøm	425.00	Strøm	425.00	Strøm	425.00
Radiator	900.00	Radiator	900.00		
Giver	900.00				
	2,225.00		1,325.00		425.00
Strøm, meterpris	257.67	Strøm, meterpris	257.67	Strøm, meterpris	257.67
Elektriker	1,218.75	Elektriker	406.25	Elektriker	609.38
Radiator	257.67	Radiator	257.67		
Giver	515.33				
	2,249.42		921.58		867.04

Figur 35: Elektrokostnader for Wise 2

Øverste del av tabellene i figurene over inneholder faste priser der materialer og arbeid er inkludert. Dette vil da være inkludert påslag og av den grunn er denne prisen høyere enn de nederste i hver figur. Den nederste delen av tabellen i figurene er løpemeterpris på kabler samt timepris for

elektrikere. Det fremkommer av prisanslagene med GK sine priser at for installasjon av en Wise Colibri aktiv tilluftsventil på et kontor vil det påløpe ca 4.062kr, hvor den største andelen av dette er for kabling av radiator og giver. For en Wise Colibri montert i landskap vil det ikke være vanlig å installere en giver, og ventilen vil derfor kun behøve styrekabel til radiator dersom den er i nærheten av en eller flere vindusflater. Videre fremkommer det at spjeld er spesielt mye billigere enn ventilene da det kun er strøm som skal kobles på. Med meterpris og arbeidstimer for elektriker havner prisene ganske likt i forhold til hverandre. Det skal imidlertid sies at det sannsynligvis vil legges et påslag på kostnadene som inkluderer time- og meterpriser da underentreprenørene også skal tjene penger i byggeprosessen. Figur (b) viser stykkpriser fra andre entreprenører som gir en lavere totalsum per ventil ved at kabling til radiator og giver er vesentlig billigere. I Likhhet med ventilasjonsanlegg varierer prisene avhengig av om det er i forbindelse med budrunde eller lignende, samt størrelse og kompleksitet på prosjektet.

3.4.3 Wise 1

Wise 1 er kablingsmessig lik Wise 2, med unntak av signalkabel hvor Wise 1 bruker en RJ45 kabel for kommunikasjon. De kobles til UFOer utenfor hver klimasonen. Kablene trekkes så til hvert produkt i den aktuelle klimasonen. En stor fordel med Wise 1 er at denne RJ45-kabelen kommer ferdig montert på produktet og trenger kun å kobles til riktig UFO. Dette gjør kablingsarbeidet vesentlig enklere å utføre og kan både redusere tid og kostnader i byggeprosessen.

(a) Priser fra GK [29]

Wise 1 Adapt - Kontor		Wise 1 Adapt - Landskap		Wise 1 Control - Spjeld	
Strøm + signal	1,625.00	Strøm + signal	1,625.00	Strøm + signal	1,625.00
Radiator	1,625.00	Radiator	1,625.00		
Giver	1,625.00				
	4,875.00		3,250.00		1,625.00
Strøm + signal	515.33	Strøm + signal	515.33	Strøm + signal	515.33
Elektriker	1,218.75	Elektriker	406.25	Elektriker	609.38
Radiator	257.67	Radiator	257.67		
Giver	515.33				
	2,507.08		1,179.25		1,124.71

(b) Priser fra Arkel og Vedal [28] [1]

Wise 1 Adapt - Kontor		Wise 1 Adapt - Landskap		Wise 1 Control - Spjeld	
Strøm + signal	1,325.00	Strøm + signal	1,325.00	Strøm + signal	1,325.00
Radiator	900.00	Radiator	900.00		
Giver	900.00				
	3,125.00		2,225.00		1,325.00
Strøm + signal	515.33	Strøm + signal	515.33	Strøm + signal	515.33
Elektriker	1,218.75	Elektriker	406.25	Elektriker	609.38
Radiator	257.67	Radiator	257.67		
Giver	515.33				
	2,507.08		1,179.25		1,124.71

Figur 36: Elektrokostnader for Wise 1

Tabellene her er lagt opp på samme måte som for Wise 2 og det en kan se på prisene fra GK er at forskjellen kun er signalkabelen. Her inkluderes da strøm og signal i samme pris. Prisene for de ulike ventilplasseringene og spjeldet er 812kr dyrere enn GK-prisene i figur 35.

For prisene fra Arkel og Vedal er det flere priser som kombineres for å få en samlet strøm- og signalkabelpris. Som vist i tabell 5 vil det koste ca 850kr for et dobbeltstikk. Slik Swegon opererer i forhold til installasjon benyttes det ett dobbeltstikk per to komponenter. Det vil si at elektrokostnaden for et enkelt produkt vil ligge på 425kr. Det som kommer i tillegg til dette vil være antall kurser som tas i bruk, som ikke er så mange da ventiler trekker lite strøm. Ifølge Vedals erfaringstall vil en ny kurs med kabling fram til første punkt koste ca 3.000kr og hvert punkt etter dette på samme kurs vil da koste ca 850kr [1]. Det er derfor tatt utgangspunkt i 850kr per dobbeltstikk og deretter legge til 2.150kr per kurs i etasjen [1]. Ved å bruke Vedals priser vil dette gjøre installasjonskostnaden vesentlig lavere enn om en skulle bruke GK sine priser. Videre er det stykkprisene som er den samme som i tabellen over og som vil være lik på de påfølgende figurene. Det en kan se utfra dette er at meterprisene har stor variasjon i forhold til de faste prisene, og det er også usikkert hvor mye påslag som må regnes med. Prisen med løpemeter og elektriker er derfor et utgangspunkt som kan vurderes, selv om det ikke er sikkert hvor mye påslag som legges på. I likhet med Wise 2 er det ventil montert i landskap og spjeld som har lavest installasjonskostnad.

3.4.4 Lindinvent

Elektrokostnadene for Lindinvent er de samme som er brukt for Wise 1 og kostnadene kommer derfor likt ut. For Wise 1 er det brukt Lindinvent-priser da det på bakgrunn av de utførte intervjuene antas at kostnaden vil være relativt lik A. Her er det også kun GK-priser som er brukt da GK har monopol på Lindinvent.

Lindinvent AT - Kontor		Lindinvent AT - Landskap		Lindinvent Spjeld	
Strøm + Signal	1,625.00	Strøm + Signal	1,625.00	Strøm + Signal	1,625.00
Radiator	1,625.00	Radiator	1,625.00		
Giver	1,625.00				
	4,875.00		3,250.00		1,625.00
Strøm + signal	515.33	Strøm + signal	515.33	Strøm + signal	515.33
Elektriker	1,218.75	Elektriker	406.25	Elektriker	609.38
Radiator	257.67	Radiator	257.67		
Giver	515.33				
	2,507.08		1,179.25		1,124.71

Figur 37: Elektropriser Lindinvent [29]

3.4.5 Lindab Pascal

Lindab Pascal bruker flere forskjellige enheter enn de andre klimatiseringsløsningene og har derfor behov for en mer omfattende kablingsjobb. Som vist i figur 22 bruker Lindab Pascal en Supply/Exhaust Regula Connect (SRC/ERC) til å regulere ventiler og spjeld på henholdsvis tillufts- og avtrekkssiden. I tillegg skal det kables til følere, givere og trykkfordelingsbokser. Dette gjør at det blir mange kabler som må legges og øker derfor kostnaden for arbeidet betraktelig. utfra koblingsskjemaet trekkes det en og en kabel til hver ERC/SRC, og uten integrert temperaturføler blir det en ekstra kabel som må mellom SRC, føler og ventil. Arbeidet blir dyrere og mer komplisert, og det blir flere faktorer å forholde seg til.

(a) Priser fra GK [29]

Pascal - Kontor		Pascal - Landskap		Pascal - Spjeld	
Strøm	812.00	Strøm	812.00	Strøm	812.00
Radiator + styrekabler	3,249.00	Radiator	1,625.00	ERC	1,625.00
Giver + SRC	3,250.00	SRC + styrekabel	3,250.00		
	7,311.00		5,687.00		2,437.00
Strøm + signal	515.33	Strøm + signal	515.33	Strøm + signal	515.33
Elektriker	1,218.75	Elektriker	406.25	Elektriker	609.38
Radiator	257.67	Radiator	257.67		
Giver	515.33				
	2,507.08		1,179.25		1,124.71

(b) Priser fra Arkel og Vedal [28] [1]

Pascal - Kontor		Pascal - Landskap		Pascal - Spjeld	
Strøm	850.00	Strøm	850.00	Strøm	850.00
Radiator + styrekabler	1,750.00	Radiator	900.00	ERC + styrekabler	2,700.00
Giver + SRC	2,700.00	SRC + styrekabler	2,700.00		
	5,300.00		4,450.00		3,550.00
Strøm + signal	515.33	Strøm + signal	515.33	Strøm + signal	515.33
Elektriker	1,218.75	Elektriker	406.25	Elektriker	609.38
Radiator	257.67	Radiator	257.67		
Giver	515.33				
	2,507.08		1,179.25		1,124.71

Figur 38: Elektrokostnader for Lindab Pascal

Som figuren over viser er elektrokostnadene i forbindelse med Lindab Pascal relativt høye, grunnet flere eksterne følere, flere kabler og lengre kabelstrekker. Med det sagt har Pascal også ventiler med integrerte følere (temp. og tilstedeværelse), men utfra kalkylen for Blomsterringen ser det ut til at det, på tross av dette, velges en del ventiler som enten kun har integrert temperaturføler eller som ikke har integrerte følere i det hele tatt.

3.5 Sammenligning

3.5.1 Referansebygget, Lilleakerveien og Blomsterringen

Referansebygget ble i utgangspunktet valgt for å danne et likt sammenligningsgrunnlag for de forskjellige klimatiseringsløsningene, men gjennom prosjektarbeidet har det likevel vist seg krevende å skaffe like priser, som eksempelvis brutto-, kost-, eller salgspriser. Derfor vil enhetspriser for inneklimateprodukter kun sammenlignes mellom Wise 1 og 2. Videre vil priser for referansebygget sammenlignes med Lilleakerveien og Blomsterringen, for å se forskjeller mellom produktpakker og størrelser. Deretter vil elektrokostnadene sammenlignes mellom ventilasjonsleverandørene.

Kalkylen for Wise 1 og 2 på referansebygget er en ca. bruttopris og er en standardpris det tas utgangspunkt i før rabatter inkluderes. Slik det illustreres i figur 23 og 26 er det 102.662kr som skiller totalkostnaden for de aktive tilluftsventilene på Wise 1 og Wise 2. Dette er kun for ventilasjonsenhetene, og isolert sett vil det være nærliggende å tro at 100.000kr er en liten kostnad for et trådløst klimatiseringsanlegg. Figur 24 og 27 viser at en Ø160 ventil med Wise 2 koster mindre enn Wise 1, inkludert kabling. Det er ikke mer enn 24kr, og de kan i realiteten anses å koste det samme. Forskjellen øker noe når dimensjonen økes til Ø250, hvor differansen er 409kr. For referansebygget, som er ett plan, utgjør denne prisforskjellen henholdsvis 2.928kr og 2.863kr, som er tilnærmet ubetydelig i forhold til de totale kostnadene i et byggeprosjekt. I denne beregningen er det tatt utgangspunkt i de 122 Ø160 ventilene og de 7 Ø250 ventilene som er brukt i referansebygget. Regnestykkene under viser beregningene.

$$\begin{aligned} PrisAdapt\text{\O}160 - PrisColibri\text{\O}160 &= 9689kr - 9665kr = 24kr \\ 122 \times 24kr &= 2920kr \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} PrisColibri\text{\O}250 - PrisAdapt\text{\O}250 &= 10422kr - 10013kr = 409kr \\ 7 \times 409kr &= 2863kr \end{aligned} \quad (2)$$

Totalt for referansebygget blir dette en prisforskjell på 65kr når kostnadsforskjellen på de aktive tilluftsventilene legges sammen. Det er med andre ord en ubetydelig prisforskjell på Wise 1 og 2, og det er derfor naturlig å anta at en byggherre/entreprenør heller vil velge en trådløs løsning framfor en kablet.

Videre er Lilleakerveien et rehabprosjekt på 19.050m² som består av kontorer. Kalkylen som er innhentet er for to etasjer, plan 8 og 9, og ettersom at referansebygget er ett plan som går over to bygg er det derfor valgt å behandle de to etasjene i Lilleakerveien på lik linje med referansebygget. Det en ser fra resultatene og ved å se på kalkylen er først og fremst forskjell i størrelse og produkt-pakke. Lilleakerveien har stort sett baffler for klimaregulering, samt noen aktive tilluftsventiler. 67 av de 189 bafflene er såkalt åpen montasje, som krever en del ekstra utstyr og dermed øker prisen per punkt. Da dette ekstrautstyret ikke er inkludert i kalkylen for referansebygget er det kun de ordinære bafflene som kan sammenlignes på pris. Med over dobbelt så mange kvadratmeter havner prisforskjellen for en kjølebaffel av typen Wise Parasol 1192-A-PF på 542kr, hvilket ikke er spesielt avgjørende. Totalkostnaden for de to etasjene i Lilleakerveien ligger på 3,1 millioner, som er over

dobbelt så mye som referansebygget. Altså er økningen i areal ikke en så gjeldende faktor som først antatt. En skulle tro at ved valg av dyrere enheter og flere av dem, ville prisforskjellen vært større som følge av rabatter som gis.

Bygget Blomsterringen er et bygg som bruker Lindab Pascal og vil være det eneste sammenligningsgrunnlaget for Lindab i denne oppgaven. Bygget tilhører blomstergrossisten Blomsterringen og de har derfor en stor hall for oppbevaring av planter. Utfra korrespondansen med ansvarlig ventilasjonsentreprenør tas det utgangspunkt i at denne hallen ikke er med i kalkylen som ble tilsendt. Dette på grunnlag av at det ble spesifisert "ca 2000 m² med kontorer" [27]. Figur 33 viser at enhetsprisene for Lindab Pascal er en del lavere enn for Wise i referansebygget. Samtidig er det trykkfordelingsboksene, MBBV, som står for den største andelen av kostnaden. Det var utfordrende for entreprenør å vite forskjellen mellom de forskjellige enhetene, da det er så mange forskjellige. Dette gjør prosjekteringen mer strevsom og gir manglende kontroll for ventilasjonsentreprenøren.

3.5.2 Elektrokostnader

Elektrokostnadene i seg selv kan også sammenlignes da det er forskjellige prissettingsmetoder som er innhentet. Prisene varierer noe, som illustreres i avsnitt 3.4.1 hvor noen priser er stykkpriser som inkluderer arbeid og materialer, mens andre er pris per løpemeter. Dersom det skal vurderes pris per løpemeter er det også nødvendig å ha med kostnaden for elektrikerarbeidet. Dette gjør at usikkerheten ved prissettingen øker da det er uvisst hvor lang tid det faktisk tar å trekke de ulike kablene og installere forskjellige enheter. Etter samtale med elektriker Thomas Kristiansen hos Elektrokompetanse AS ble det regnet ut at en elektriker med forholdsvis gode forhold og tidsbesparende metodevalg i forhold til montasjen vil bruke ca 9 minutter per stikkontakt. Det samme gjelder kabling av buskabler [30]. Det er denne tidsbruken det er tatt utgangspunkt i i vurderingen av elektrokostnadene, med forbehold om at det ligger en usikkerhet til grunn. Videre er det også timeprisen for en elektriker, hvor det er samlet inn to priser, 625kr [31] og 975kr [30] inkl MVA. Som en kan se er det mye som kan variere, det vil derfor være mulighet for unøyaktighet.

Elektrokostnader for en Wise Colibri inkluderer strøm, styrekabel til radiator og strøm til giver på vegg ved montasje i kontor. Det er valgt å ta med giver på vegg da det sjelden prosjekteres kontorer uten. Kommunikasjon skjer trådløst og en unngår derfor en ekstra kabel, både til ventil men også mellom giver og ventil. Tabell (a) og (b) i figur 35 viser kablingskostnadene fra henholdsvis GK og Arkel/Vedal. En kan se at elektrokostnader varierer mellom entreprenører også, som gjør at elektrokostnadene ikke kan fastslås konkret. I midlertid fremkommer det av tabell (b) at prisene fra Arkel/Vedal er mest lik den kostnaden det er kommet fram til ved beregning av meter- og timepris. Videre varierer kostnaden avhengig av antall kabler som skal legges i forbindelse med installasjon av enheten. Sammenlignes dette med Wise 1 vil elektrokostnadene fra GK være 812kr mer enn for Wise 2. Dette er det buskablingen som står for og med en besparelse på 812kr/produkt vil dette resultere i 104.748kr kun for de aktive tilluftsventilene. Prisene fra Vedal/Arkel har en prisdifferanse på 900kr som vil si en besparelse på 116.100kr på ventilene, som vist i formel 3

$$\begin{aligned} 812kr \times 129 &= 104.748kr \\ 900kr \times 129 &= 116.100kr \end{aligned} \tag{3}$$

For å sette dette i perspektiv gjelder dette 2/3 av ett plan, og hvis det gjøres en enkel oppskalering vil dette kunne utgjøre en besparelse på mellom 157.122kr og 174.150kr per etasje, hvilket vil være betydelig. Dette illustreres i beregningen under hvor X_1 er besparelse per etasje med GK priser og X_2 er besparelse med Vedals priser. Etter uttalelse angående Fyrstikkalléen 1 anslo Vedal overordnet at de ville spare ca 1,5 millioner kr per 40.000m² som er størrelsen på bygget [1]. Dersom spjeldene medregnes vil det bli totalt 150 enheter hvor besparelsen vil ligge på mellom 182.700kr og 202.500kr per etasje. Regnes dette for byggets 8 hele etasjer vil dette bety en besparelse på mellom 1,46 og 1,62 millioner kroner og samsvarer med Vedals anslag i forbindelse med prosjektet.

$$\frac{2}{3}X_1 = 104.748kr \quad \frac{2}{3}X_2 = 116.100kr$$

$$X_1 = 157.122kr \quad X_2 = 174.150kr$$

Pris per punkt for Lindinventproduktene er tilnærmet like Wise 1. En betydelig forskjell i denne prissammenligningen er at Lindinvent bruker Wagokabler som har signal og strøm i samme kabel. Dette gjør at en kun trenger å trekke en kabel, hvor Wise 1 trenger to. På den andre siden kommer Wise 1 produktene med en ferdig tilkoblet RJ45 kabel som enkelt kan kobles til i nærmeste koblingsboks og gjør derfor arbeidet enklere. Av den grunn ble det besluttet at samme pris skulle brukes for begge løsningene. Prisforskjellen mellom Wise 2 og Lindinvent viser seg derfor å være den samme som Wise 1 og de samme besparelsene vil være gjeldende i dette tilfellet.

Det er Lindab Pascal som skiller seg mest ut når det gjelder elektrokostnadene. Kablingen som skal utføres i forbindelse med installasjonen av én ventil er EXOline singalkabel fra LRM til SRC og ERC, strøm, styrekabel mellom SRC og og ventil, kabling til temperatur-/CO₂-/luftfuktighetsføler, og eventuelt radiator. Med så mange ulike komponenter var det også utfordrende for entreprenøren å vite forskjellen på de ulike enhetene og måtte derfor overlate alt valg av komponenter til Lindab [27], hvilket kan gjøre jobben mer komplisert ved at en ikke har helt kontroll. Pascal har en type ventil med temperatur- og bevegelsessensor integrert og det vil da kun være nødvendig å legge opp kabel til en CO₂ -føler dersom dette skal brukes. På avtrekkssiden skal det også kables mellom ERC og spjeld med 0-10V og 2-10V kabel. Figur 38 gjenspeiler dette enorme kablingsbehovet og viser en kostnad på 7.311kr for en kontormontert ventil. Det er imidlertid kan vurdere er hvorvidt det er behov for en CO₂ -føler på et cellekontor, og kan i så tilfelle trekke 1.625kr fra prisen. Selv om kostnader for kabling av CO₂ -føleren trekkes fra er kostnaden for kabling til ventilen likevel 5.686kr, hvilket utgjør en differanse på 1.624kr mot prisene fra GK. En kan så multiplisere dette med antall ventiler montert i kontor for å finne prisdifferansen. Ved å bruke denne forskjellen på referansebygget resulterer det i en besparelse på 77.952kr, ved valg av Wise 2 istedenfor Lindab Pascal. Dette er betydelig med hensyn på at kun 48 av 129 ventiler er plassert i møte-, multi- eller fokusrom. Det er flest ventiler i åpent landskap hvor 83 av dem er i tilknytning til en radiator. Prisdifferansen mellom en Wise 2 ventil og en Lindab ventil i landskap er 3.430kr som resulterer i en prisdifferanse på 284.690kr i referansebygget. Spjeldene krever også mer kabling og koster 1625kr mer enn en Wise Damper. Det vil si at kablingskostnaden i forbindelse med Lindab sine spjeld er 34.125kr med de 21 spjeldene som er prosjektert av Swegon i referansebygget. Utfra kalkylen fra Blomsterringen er det tatt i bruk flere passive tilluftsventiler som krever spjeld og det vil være nærliggende å anta at det ville vært brukt en lignende løsning dersom Lindab skulle prosjektert ventilasjonen i referansebygget.

4 Diskusjon og analyse

I et byggeprosjekt er det flere faktorer som spiller inn ved valg av klimatiseringsløsning. Kravspek skal følges, kanskje har byggherre spesifikke ønsker som utelukker visse leverandører eller det kan være pris som er avgjørende. Størrelsen på prosjektet er relevant da store innkjøp gjerne gir rabatter [17]. I tillegg er det ofte, men ikke alltid, nybygg som er store og de er gjerne tilrettelagt for relativt enkel montasje av kanaler og føring av kabler. Dette gjør montasjearbeidet mindre krevende og vil kunne redusere prisen. Dersom det er et rehabiliteringsprosjekt vil det kunne være utfordrende å legge nye ventilasjonskanaler og trekking av kabler kan være krevende. Slike faktorene er like for alle løsningene og er med på å påvirke kostnadene. For Swegon har produktpakken noe å si for prisen og en ikke kan vite hva noe vil koste før en eventuell budrunde.

I forhold til disse variablene har Swegon valgt en god løsning ved at alt av tegninger, igangkjøring, paring av enheter og oppsett av SD anlegg ligger i prisen de tilbyr. Det vil si at den prisen byggherre/entreprenør får er den de betaler. Dette gjør byggeprosessen mer forutsigbar da det ikke påløper uventede kostnader. Dette er av stor nytte for entreprenør og vil skape sikkerhet i prosjektfasen ved at den prisen som betales for anlegget ligger det ved en forsikring om at alt skal fungere til avtalt tid. Det er uvisst hvordan denne praksisen er hos de andre leverandørene. Med dagens behovsstyrte ventilasjonsanlegg er det grunnleggende og viktig å kunne regulere inneklimate etter behov. Dette gjøres via brukergrensesnittet, som for Swegon er Swegon Connect og Lindinvent har Lindinspect. Det var ikke mulig å oppdrive Lindab Pascals grensesnitt. Via grensesnittene skal brukerne enkelt kunne regulere inneklimate der de arbeider, samt at driftsansvarlige skal ha en god oversikt over hvordan bygget brukes. En kan få opp energibruk, gjennomsnittstemperatur og bruksmønster ved hjelp av tilstedeværelsessensorer, og den informasjonen kan bidra til bedre og mer effektiv drift av bygget. Etter befaring på Blomsterringen (Pascal) ble det erfart at det var en driftsansvarlig som hadde tilgang til serverrommet hvor PCen med grensesnittet var. Det vil si at dersom noen ønsker det varmere eller kaldere på sitt kontor må de først ta kontakt med vedrørende før denne personen så må gå og endre temperaturen manuelt. Dette er unødvendig og sannsynligvis er det flere som ikke vil ta seg bryet med å gjøre dette for å få en liten endring i inneklimate på sitt kontor. I det tilfellet vil en bli sittende i ubehagelig inneklimate, enten det er for varmt eller for kaldt, hvilket påvirker effektivitet, konsentrasjonsevne og tilfredshet. I tillegg kan det være at brukerne av bygget åpner vinduer om sommeren, dersom dette er mulig, som vil påvirke ventilasjonen og reguleringen av inneklimate. Swegon og Lindinvent har de beste grensesnittene av de tre leverandørene som vurderes i oppgaven. Swegon og Lindinvent har gode og oversiktlige grensesnitt som ikke er kompliserte slik at brukere enkelt kan benytte seg av det. Ved å se på grensesnittene og sette dem opp mot kostnadene har Swegon, utfra resultatene, et fortrinn da kablingskostnadene for Wise 2 er lavere enn Lindinvent. Når grensesnittene er så like som de er vil lavere kostnader øke nytten for den billigste løsningen. For å gjøre en bedre vurdering på akkurat dette vil det være nødvendig å anskaffe helt like priser fra begge leverandører slik at enhetsprisene kan sammenlignes sammen med elektrokostnadene. Det var ikke mulig å oppdrive sammenlignbare priser i dette prosjektet, hvilket kommer av at dette er to konkurrenter og enhetspriser er sensitiv informasjon.

Elektrokostnadene er det som ble sammenligningsgrunnlaget, og utfra resultatene er det Wise 2

som har lavest kostnader; Lindinvent ligger på omtrent samme kostnader som Wise 1. Ved å velge Wise 2 sin trådløse kommunikasjon får man en rekke fordeler i byggeprosessen. Paring av produkter og igangkjøring er inkludert i kalkylen, og akkurat dette arbeidet blir mindre krevende enn med en kablet klimatiseringsløsning. Paring av produkter skjer ved bruk av en håndholdt scanner og et nettbrett, hvor det aktuelle rommet velges og plassering av romproduktet bestemmes. Deretter scannes produktet og det er automatisk parert. Dette reduserer sjansen for feil betraktelig og i en byggeprosess er det mange tilfeller hvor det også kan skje feil og ved slike feil vil det potensielt kreve omfattende feilsøking for å finne ut av hvor feilen er. Uansett hvordan en ser på det er feil og feilsøking noe som ønskes unngått da de forskjellige parter har frister å forholde seg til. Ved å velge trådløst velges det økt sikkerhet i installasjonsprosessen. Videre hender det at inneklimaprodukter har behov for softwareoppdateringer. Ved at Wise 2 er trådløst er det mulig å laste opp oppdateringen i skyen og sende den til riktig bygg. SuperWise sørger så for at produktene som skal oppdateres får oppdateringene via radionettet. Denne oppdateringen kan sendes fra Swegons hovedkontor i Sverige og til eksempelvis Fyrstikkalléen 1 eller Lilleakerveien 2 [17]. Ved bruk av mer tradisjonelle løsninger kan det være nødvendig å bytte ut hele komponenter dersom det er behov for en oppdatering, hvilket vil føre til økte kostnader i et livssyklusperspektiv. På den andre siden har Lindinvent en god løsning for signalkabler ved at de bruker Wagokabler. Dette er plug-and-play kabler som enkelt kobles fra eksempelvis en koblingsboks og til romproduktet. Her er det signal og strøm i samme kabel, som gjør at en trenger færre trukne kabler i prosjektet, hvilket direkte påvirker kostnadene ved at arbeidsmengden reduseres. Blant kablede anlegg er dette absolutt et konkurransefortrinn da en ønsker å holde de totale kostnadene lave og ikke bare prisen på inneklimaproduktene. På tross av at dette er en god løsning for føring av kommunikasjonskabler er det ikke nok til å slå en trådløs løsning. Til slutt er det Lindab Pascal som har spesielt mange produkter som har behov for signalkabel og strøm. Selv om enhetskostnadene er lavere, vil totalkostnaden være mye høyere enn for Wise 1, 2 og Lindinvent.

Intervjuer ble utført for å danne et bilde av hvordan klimatiseringsløsningene er i praksis, samt avdekke potensielle fordeler og ulemper. Ved å ta i bruk intervju som datainnsamlingsmetode vil en kunne få et mer realistisk bilde av hvordan løsningene er å jobbe med fra de som har erfaring med dem. GK er de eneste som har jobbet med Lindinvent og der det står mellom Swegon Wise og Lindab Pascal er det Wise som er mest brukt. Med hensyn til pris er den generelle oppfatning at Wise og Lindinvent ligger ganske likt i pris. Wise kan være noe dyrere på komponentsiden, men vil redusere elektrokostnadene [32]. Det er naturlig at et produkt med flere funksjoner vil koste mer, og der blir nytten relevant i forhold til hvorvidt en har behov disse funksjonene. Samtidig er det ikke uvanlig å betale litt ekstra for at prosessen skal bli enklere. Herunder gjelder installasjon, oppdateringer av software, vedlikehold, service samt igangkjøring, paring av produkter og oppsett av SD-anlegg. Hvor ofte de ulike løsningene brukes varierer også, og Lindinvent brukes kun i GK-prosjekter der dette selges inn. Valg av klimatiseringsløsning avhenger i hovedsak av kravspesifikasjon og kundens ønske og behov. Prisen spiller også inn, og der ønsket og krav tilfredsstilles kan GK selges inn Lindinvent dersom de vinner budrunden. Utover det er det Wise 1 og 2 som brukes i størst grad. En årsak til dette kan være at dersom GK er utelukket, er Wise en overlegen løsning i forhold til Lindab Pascal.

I en byggeprosess er det flere administrative prosesser som skal gå i orden, og en god opplevelse er noe en som kunde ønsker i aller høyeste grad. Det er store kostnader som legges i ventilasjonsanlegg og når det er gjort forventer en, som kunde, å bli ivaretatt. Dette gjelder kundeservice, kommunikasjon, priser og leveringstider. Wise 2 har, i forhold til Wise 1, forenklet antall varianter av spjeld

slik at de kun har 1 type (Wise Damper). Dette gjør at leveringstiden blir kortere og det er større forutsetning for at alt er på plass til tiden [32]. GK har kompetansen 'på huset' som gjør at en slipper et ekstra bindeledd for kommunikasjonsflyt og ekspertise, hvilket bidrar til en mer effektiv byggeprosess [3]. Normalt ville hovedentreprenør kommunisert med ventilasjonsentreprenør som videre må kommunisere med leverandør, hvilket en slipper ved at GK har den nødvendige kompetansen på Lindinvent. Hva gjelder kundeservice hos GK er det utviklere som bemanner denne og vil kunne bidra med god hjelp dersom dette skulle være nødvendig [33], hvilket også bidrar til et trygt forhold mellom ventilasjonsentreprenør og hovedentreprenør. Fra hovedentreprenørs ståsted oppleves Swegon og GK som relativt like i forhold til det administrative i byggeprosessen [1]. Lindab Pascal derimot er ikke på samme nivå som de andre klimatiseringsløsningene og oppleves som 'helt ok' [34] samt dårligere oppfølging og kundeservice [32]. Dette gjør Lindab til et mindre attraktivt alternativ da løsningene deres ikke er på samme nivå som Swegon og Lindinvent samtidig som at det administrative oppleves som dårligere. I tillegg er kompetansen hos Lindab ikke stasjonert i Oslo, som gjør det tidkrevende å ordne møter eller lignende.

Det er generell enighet blant intervjudeltagerne at det er penger å spare ved å velge Wise 2, men det er ingen som vet helt sikkert. Det eneste konkrete tallet som er nevnt er 1.000 – 1.500kr per punkt [32], men ikke helt sikkert da elektrokostnadene ikke er kjent. Ufra resultatene i denne rapporten framkommer det en forskjell på mellom 500 – 1.000kr ved sammenligning av Wise 2 med Wise 1 og Lindinvent. Det kan tyde på at kostnadsforskjellen mellom Wise 2 og de andre løsningene er større enn det som fremkommer i rapporten. Alternativt er inntrykket av besparelsen oppblåst og antas å være større enn den virkelig er. Videre er det kablingsfeil som er den største og mest fremtredende feilen i byggeprosessen, da spesielt buskabler [32]. Ved å benytte en trådløs klimatiseringsløsning som Wise 2 reduseres dette til nærmest ikkeeksisterende ved at det ikke er behov for den kablen som oftest forårsaker feil i installasjonsprosessen. Med det sagt er Lindinvent en god kablet løsning da de tar i bruk Wagoplugg og -kabler. Ved å bruke et 'plug and play' system vil sjansen for feilkabling også reduseres i installasjonsprosessen, som kan være tidkrevende og lite kostnadseffektivt. På bakgrunn av informasjonen innhentet i forbindelse med prosjektarbeidet har Wise 1 og Lindinvent valgt gode løsninger for tilkobling av signalkabler som kan redusere elektrokostnadene. Det fremkommer likevel i resultatene at en trukket kabel ikke er mer kostnadseffektiv enn en trådløs løsning, med hensyn til elektrokostnadene. Ved å sammenligne prisene for kontormonterte tilluftsventiler er det ca 800kr som skiller Wise 2 fra Wise 1 og Lindinvent.

Fordeler og ulemper følger med nærmest alt av prosesser, enheter, løsninger og leverandører i en byggeprosess. Det er tatt i bruk mye 'plug and play' kabling som gjør igangkjøring og installasjon raskere sammenlignet med eldre/tradisjonelle løsninger [32]. Generelt er fordelene med Wise og Lindinvent de samme, og inkluderer god oversikt og energisparing; for Wise 2 er den trådløse kommunikasjonen mest fremtredende i de erfaringer som er innhentet. Lindinvent har den fordelen at det spares kostnader ved at kompetansen er 'på huset' og en unngår det ekstra arbeidet med at det er behov for et ekstra ledd i kommunikasjonsflyten. I tillegg er det mange gode driftshjelpemidler i SD-anlegget som eksempelvis 'energyver', kuldebroer, energi per ventil og antall mennesker per rom [3]. Selv om dette ikke har direkte innvirkning på installasjonskostnadene har det mye å si for nytten en får ved å velge Lindinvent framfor andre leverandører. Ulempene ved de forskjellige klimatiseringsløsningene er stort sett færre enn de positive og ofte er det den samme problematikken som går igjen. Ulempene med Wise 2 er at det trådløse grensesnittet har vært opplevd som ustabil av noen byggherrer, hvor dette omtales som at den største fordelen også kan være en ulempe [32]. Videre er det en felles ulempe for slike systemer, at produktene som brukes er begrenset til de

funksjoner som bestemmes av leverandør og integrering av spesialfunksjoner og -ventilasjon kan være utfordrende. Hva gjelder Lindinvent er den største ulempen at systemet krever høyere grad av kompetanse for å drifte og vedlikeholde, og stiller større krav til de som skal gjøre nettopp dette [3][33]. Videre er det også et kablet system som vil si at sjansen for feilkabling er tilstede og kan være en bidragsyter til økte kostnader[3]. Et annet aspekt ved Lindinvent som kan anses som en ulempe er at dersom en velger Lindinvent binder en seg til GK og tilbyr ingen mulighet for å gjøre etterarbeid, service eller lignende med andre ventilasjonsentreprenører, hvor en med Wise står fritt til å velge. Samtidig kan dette også anses som en fordel da GK sitter på mye kompetanse innen Lindinvent og vil derfor kunne yte god service ved arbeid før og etter ferdigstillelse[3].

Sentralt i oppgaven står hypotesene som ble stilt innledningsvis og blant dem er spørsmålet om et eventuelt overskudd vil være tilstrekkelig stort nok til å kunne investere i andre energisparende tiltak eller lignende i byggeprosessen. Kablingskostnadene er vurdert og sammenlignet, og det fremkommer en potensiell besparelse på mellom 182.700 – 202.500kr per etasje. Dette er en betydelig besparelse og ligger i tråd med erfaring gitt fra Vedal hvor det overordnet ble anslått en besparelse på 1.500.000kr for Fyrstikkalléen 1 ved å velge Wise 2 framfor en kablet løsning. I et bygg som Fyrstikkalléen på 40.000m² er 1,5 millioner kroner absolutt nok til å investere i andre energisparende løsninger. Dersom Fyrstikkalléen 1 hadde vært et bygg med behov for spesialventilasjon som eksempelvis ventilasjonshetter, punktavsug eller lignende antas det at 1,5 millioner kr vil være tilstrekkelig til å kunne gjøre dette på en god måte. Om ikke det dekker hele kostnaden for slike spesielløsninger, vil det uansett gjøre det en hel del 'billigere' ved at en besparelse fra ett område i prosjektet kan investeres i et annet. 1,5 millioner kroner vil også kunne brukes til BREEAM-tiltak dersom dette er ønskelig av byggherre. En god BREEAM-vurdering er noe det investeres i, først og fremst for å være miljøbevisst, men også for å øke verdien på bygget for eventuelle leietagere/kjøpere. Ved at en kan spare en slik betydelig sum kun på bakgrunn av reduserte elektrokostnader vil dette kunne gi insentiv til bedre, og mer gjennomførte og bærekraftige bygg. Den tiden vi nå befinner oss i, hvor energibesparelse og grønne bygg er høyt ettertraktet, vil det å kunne investere penger i slike løsninger være svært positivt. Dersom en kan få dette investeringsoverskuddet kun fra valg av ventilasjonsanlegg er det nærliggende å tro at trådløse klimatiseringsløsninger vil ha en positiv innvirkning på hvordan byggebransjen utvikler seg i fremtiden.

5 Konklusjon

Denne prosjektoppgaven er bygget på hypoteser som ble stilt innledningsvis i oppgaven. Hensikten med hypotesene var å forsøke å avkrefte nullhypotesene slik at de alternative hypotesene bekreftes. En kan, utfra elektrokostnadene og det faktum at det for Fyrstikkalléen 1 ble gjort et overordnet anslag på 1,5 millioner kr i besparelser[1], at nullhypotesen *'Trådløse ventilasjonsanlegg har like store eller større totale installasjonskostnader enn andre kablede anlegg'* kan avkreftes. Dette vil si at den alternative hypotesen *'Trådløse ventilasjonsanlegg har lavere totale installasjonskostnader enn andre kablede anlegg'* med sikkerhet på bakgrunn av resultatene, kan bekreftes.

Videre er nullhypotesen *'Det trådløse aspektet har ingen eller negativ innvirkning på installasjonen av ventilasjonsanlegget'* valgt med hensyn på 'nytte'-delen av denne rapporten. Gjennom intervjuer og korrespondanse kan det fastslås at nullhypotesen ikke stemmer og den alternative hypotesen, *'Det trådløse aspektet har positiv innvirkning på installasjonen av ventilasjonsanlegget'*, kan derfor med sikkerhet bekreftes. Den siste nullhypotesen gjelder potensiell besparelse, og nullhypotesen *'Den reduserte installasjonskostnaden er ikke tilstrekkelig til å kunne brukes i annen investering i byggeprosessen'* stilles for å vurdere hvordan et potensielt overskudd kan brukes på andre områder i byggeprosessen. Gjennom sammenligningene gjort i rapporten, samt diskusjon og analyse av kostnader er det kommet fram til at denne nullhypotesen, med god sikkerhet, også kan avkreftes. Dette resulterer i en bekreftet alternativ hypotese som fastslår at *'Den reduserte installasjonskostnaden er tilstrekkelig til å kunne brukes i annen investering i byggeprosessen'*.

Disse funnene gjør det mulig å konkludere med at de totale installasjonskostnadene for Wise 2 vil være lavere enn Wise 1, Lindinvent og Lindab Pascal, hvor det er elektrokostnadene som gjør denne besparelsen mulig. Mye av fordelene med Wise 2 gjør at hele byggeprosessen blir mindre komplisert, mer effektiv og nærmest fjerner sjansen for feilkabling. Dette gjør nytten for Wise 2 verdt den økte kostnaden for inneklimateknologiene, og etter vurdering og analyse ansees Swegon Wise 2 som den beste klimatiseringsløsningen av de fire som er vurdert.

5.1 Forslag til videre forskning

Installasjonskostnader er et komplisert tema med mange variabler å ta hensyn til. For videre forskning på samme tema anbefales det å utføre en grundigere studie av elektrokostnadene, slik at dette kan bli så nøyaktig som mulig. Elektrokostnadene er den største forskjellen og er der besparelsen gjøres. Ved å få bedre innsikt i elektrokostnadene vil en kunne få bedre forståelse av besparelsene som kan gjøres ved å velge en trådløs klimatiseringsløsning. Videre er det også informert om at en stor konkurrent til Swegon og Wise 2 er automatikkleverandører, da både Lindinvent og Wise har integrerte følere [17]. Det vil derfor også være aktuelt å se på enhetspriser for vanlige VAV/DCV systemer og se på kostnaden for løs automatikk fra leverandører som Siemens, Johnson Controls og Schneider Electric. Avslutningsvis vil det også være til stor nytte å anskaffe enhetspriser med likt sammenligningsgrunnlag fra de ulike ventilasjonsleverandørene for å få en helhetlig forståelse av installasjonskostnadene for klimatiseringsløsningene.

Referanser

- [1] Håkon Ødegaard - Vedal. Korrespondanse og intervju per e-post, 7. mars til 23. april 2019.
- [2] Lov om rett til innsyn i dokument i offentlig verksemd (offentleglova) §24 3. ledd, 19. mai 2006. Hentet fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2006-05-19-16?q=offentleglova> 22.05.19.
- [3] Petter Andreas Helland - GK. Korrespondanse per epost og intervju, 26. mars til 26. april 2019.
- [4] Lars Henrik Gasmann - Randem Hüberr. Korrespondanse per epost, 20. mars til 25. april 2019.
- [5] Sirianne Dahlum. *Kvantitativ Metode* - Store Norske Leksikon, 2018.
- [6] Sirianne Dahlum. *Kvalitativ Metode* - Store Norske Leksikon. <https://snl.no/kvalitativ>, 2015.
- [7] Jan Bjørnstad. *Hypotesetesting* - Store Norske Leksikon. <https://snl.no/hypotesetesting> - -statistikk, 2018.
- [8] Gerhard Stoltz Espen Sirnes. *Kostnad-nytte-analyse* - Store Norske Leksikon. <https://snl.no/kostnad-nytte-analyse>, 2017.
- [9] SINTEF Byggforsk. Behovsstyrt ventilasjon (DCV). Systemløsninger og regulering. Technical Report 552.325, Byggforskserien, 2016.
- [10] SINTEF Byggforsk. Behovsstyrt ventilasjon (DCV), Prinsipper. Technical Report 552.323, Byggforskserien, 2016.
- [11] *Modbus* - ITB-guiden. <http://www.itbguiden.no/protokoller/modbus/>, 2018.
- [12] *KNX* - ITB-guiden. <http://www.itbguiden.no/protokoller/knx/>, 2018.
- [13] *DALI* - ITB-guiden. <http://www.itbguiden.no/protokoller/dali/>, 2018.
- [14] [Power Point] - Wise 2, 2018.
- [15] Erling Viljugrein Stølen. *LCC analyse av ulike VAV- og DCVsystemløsninger og -installasjoner - En kvalitativ og kvantitativ studie*. Technical report, NTNU- Norges Teknisknaturvitenskapelige Universitet, institutt for energi- og prosesssteknikk, 2014.
- [16] Swegon. [PDF]*Prosjekteringsguide - El og styring*.
- [17] Sigurd Haugli - Swegon. Korrespondanse, 27. august 2018 til 20. mai 2019.
- [18] Lindinvent. Lindinspect. <https://www.lindinvent.se/produkter/kommunikationbms/lindinspect/>, 2019.
- [19] Lindab. Lindab Pascal. <http://www.lindab.com/no/pro/categories/pages/comfort-air.aspx?filtercategory=6a72a378-ff6a-47f2-bdfc-b797d40ac2e9>, 2019.
- [20] *Pascal Air Teknisk*. PDF - http://www.lindab.com/no/pro/categories/pages/comfort-air.aspx?filtercategory=6a72a378-ff6a-47f2-bdfc-b797d40ac2e9drilldown_guid:6a72a378-ff6a-47f2-bdfc-b797d40ac2e9;level:all;sub:4, February 2018.

- [21] Swegon. *[PDF] Wise - Prosjektmanual gen. 1.*
- [22] Lindinvent. *[PDF] TTC - Produktbeskrivning.*
- [23] Lindinvent. *[PDF] DCV-BL - Produktbeskrivning.*
- [24] Marius Arion Nilsen. *Energitiltak og -merking av bygg.* Technical report, Universitetet i Agder, 2011.
- [25] Vegard Stokke. *Behovsstyrt ventilasjon i kontorbygg - Evaluering av lønnsomhet.* Technical report, Universitetet i Stavanger, 2014.
- [26] Marius Taxt - Swegon. Korrespondanse per epost, 12. februar til 30. april 2019.
- [27] Henrik Brynildsen - Vestfold Klima og Ventilasjon AS. Korrespondanse per epost, 28. mars til 11. april 2019.
- [28] Stian Aamodt - Arkel. Korrespondanse per epost, 24. februar 2019.
- [29] Jarle Bjerke - GK. Korrespondanse per epost, 30. april til 10. mai 2019.
- [30] Thomas Kristiansen - Elektrokompetanse. Korrespondanse per epost, 24. januar til 7. mai 2019.
- [31] Anders Engen Siewert - Bravida. Korrespondanse per epost, 29. mars 2019.
- [32] Patrick Gundersen - Haaland Klima. Intervju per epost, 3. april 2019.
- [33] Halvor Grepperud - GK. Intervju per epost, 26. mars 2019.
- [34] Nils Jarle Goffeng - Bjerke Ventilasjon. Intervju per epost, 1. april 2019.

6 Vedlegg

A Intervjuer

A.1 Håkon Ødegaard - Vedal

Intervju Masteroppgave våren 2019

1. Kan du angi, på en skala fra 0 til 3, hvor godt du kjenner følgende klimatiseringsløsninger?
 - a. WISE 1 - 0
 - b. WISE 2 - 2
 - c. Lindab Pascal - 0
 - d. Lindinvent (GK) - 2

2. Erfaringsmessig, hvordan er kostnadene for disse klimatiseringsløsningene i forhold til hverandre?

Det har jeg ingen formening om. Som totalentreprenør, som jobber med funksjonsbeskrivelser, får vi som oftest inn priser for hele luftbehandlingsanlegget inkl. luftfordeling. Det er forskjellig hvordan de ulike ventilasjonsentreprenørene priser de ulike delene.

3. Hvilken løsning tas oftest i bruk?

Lindinvent eller Wise 2 har jeg vært borti.

Valg av løsning avhenger i all hovedsak av valgt entreprenør som igjen avhenger og pris og totalitet på leveransen.

GK har monopol på Lindinvent og dette velges dermed kun i de prosjekter hvor GK har beste tilbudet totalt sett.

4. Hva avgjør om man velger det ene eller det andre anlegget i forbindelse med et prosjekt?

Fra totalentreprenørens side avhenger det som oftest av BHs ønske, tilbud fra underentreprenør, rådgiveranbefaling.

5. Hvordan er prosjekterings- og installasjonsprosessen for de anleggene dere bruker? (Det administrative, kommunikasjon, kundeservice osv)
 - a. WISE 1
 - b. WISE 2
 - c. Lindab Pascal
 - d. Lindinvent

Fra totalentreprenørens ståsted tror jeg det er relativt likt mellom Wise 2 og Lindinvent som jeg har erfaring med.

6. Hvordan er anlegget i bruk?
- Drift
 - Vedlikehold
 - Driftskostnader
 - SD anlegg

Dette må du spørre en ventilasjonsentreprenør eller driftsorganisasjon om.

7. Hvordan er inneklimate i forhold til klager og brukertilfredshet?
- WISE 1
 - WISE 2
 - Lindab Pascal
 - Lindinvent

Min erfaring er at det i hovedsak er beregningsforutsetninger (prosjekteringsgrunnlaget), optimalisering i testperiodene inkl. prøvedrift, driftsparametere og etter hvert bruker/leietaker som avgjør det. I mindre grad valg av system.

8. Hva slags oppvarmingsløsninger velges som regel sammen med det forskjellige anleggene?
- WISE 1
 - WISE 2
 - Lindab Pascal
 - Lindinvent

De prosjektene jeg har vært med på har det vært vannbårent anlegg basert på fjernvarme, dvs. radiatoranlegg med aktuatorer og evt. med noen begrensede arealer med gulvvarme som integreres mot klimaanlegget.

9. Hvordan er installasjonen av WISE 2 i forhold til de kablede klimatiseringsløsningene?

Installasjonen er vel i lik, bortsett fra at en slipper å kable til hvert spjeld.

10. Er det noe å spare på elektrokostnadene ved å velge trådløst?
- Eventuelt hvor mye?
 - Per punkt
 - Per m²

Har ikke disse tallene. Men har svart deg på noe tilsvarende før.

11. Er det noen feil som går igjen på de forskjellige klimatiseringsløsningene?

Nei, ikke noen mer enn andre steder. God oppfølging i installasjonstiden, omfattende og god oppfølging i testperiode samt optimalisering i prøvedrift minimerer potensielle feil.

12. Hva vil du si er fordeler ved å bruke de løsningene dere bruker?

- a. WISE 1
- b. WISE 2
- c. Lindab Pascal
- d. Lindinvent

13. Hva vil du si er ulemper ved å bruke de løsningene dere bruker?

- a. WISE 1
- b. WISE 2
- c. Lindab Pascal
- d. Lindinvent

Spørsmål 12 og 13 burde du spørre ventilasjonsentreprenører/drifere om.

A.2 Halvor Grepperud - GK

Intervju Masteroppgave våren 2019

1. Kan du angi, på en skala fra 0 til 3, hvor godt du kjenner følgende klimatiseringsløsninger?
 - a. WISE 1 0 – hørt om WISE og sett romkontrollbildet
 - b. WISE 2 0 – hørt om WISE og sett romkontrollbildet
 - c. Lindab Pascal - 0
 - d. Lindinvent (GK) 3 – kjenner dette svært godt
2. Erfaringsmessig, hvordan er kostnadene for disse klimatiseringsløsningene i forhold til hverandre? Lindinvent og WISE er relativt like i pris.
3. Hvilken løsning tas oftest i bruk? – Personlig bruker jeg kun Lindinvent, men vi har også flere prosjekter med WISE
4. Hva avgjør om man velger det ene eller det andre anlegget i forbindelse med et prosjekt? – Dette vet jeg lite om for WISE, men med Lindinvent er det mye å spare på energi ved større anlegg. Lindinvent kan styre lys og for eksempel persienner. Egner seg på store nye bygg. Man kan kjøre lav temperatur på tilluft med god fordeling i rommet, dette gjør at man kan droppe kjøleblaffer og radiatorer om bygget er godt nok mtp. Tetthet og u-verdier. Lindinvent gir driftere og brukere god overvåkning.
5. Hvordan er prosjekterings- og installasjonsprosessen for de anleggene dere bruker? (Det administrative, kommunikasjon, kundeservice osv)
 - a. WISE 1
 - b. WISE 2
 - c. Lindab Pascal
 - d. Lindinvent – administrativt – 6-8 uker leveringstid, oversiktlig system.
Installasjonsprosessen – det er mye teknikk ventilene. De må lagres tørt og i normal temperatur. Ventilen er koblet til en styreboks med ferdige plugger, som igjen kan komme med ferdige plugger til kommunikasjonsbus, lys, varme, el ++. Da blir det få feilkilder.
Kundeservice – mye kompetanse i GK gjør at det kun er behov ved spesielle problemer, da er supporten veldig proff. Det er utviklere som sitter på support.

6. Hvordan er anlegget i bruk?
 - a. Drift – svært oversiktlig, man har ekstreme mengder med data tilgjengelig
 - b. Vedlikehold – igjen oversiktlig. Det er mulig å feilsøke mye på romkontrollen (Lindinspect). Rensing av måleblender og filtre for trykk etter behov.
 - c. Driftskostnader – ved riktig drift er det mye å spare. Jo større bygg jo bedre.
 - d. SD anlegg – Lindinspect (romkontroll) er et brukervennlig program som oppdateres automatisk. Enorme mengder med data man kan hente ut.
 7. Hvordan er inneklimateet i forhold til klager og brukertilfredshet?
 - a. WISE 1
 - b. WISE 2
 - c. Lindab Pascal
 - d. Lindinvent – svært lite klager
 8. Hva slags oppvarmingsløsninger velges som regel sammen med det forskjellige anleggene?
 - a. WISE 1
 - b. WISE 2
 - c. Lindab Pascal
 - d. Lindinvent – oppvarming via Lindinvent. Vi kan kjøre 1-2 grader overtemperatur. Hvis bygget har lave U-verdier kan man droppe radiatorer og kjølebafler. Dette kommer igjen an på bruker.
 9. Hvordan er installasjonen av WISE 2 i forhold til de kablede klimatiseringsløsningene?
– dette vet jeg ikke
 10. Er det noe å spare på elektrokostnadene ved å velge trådløst?
 - a. Eventuelt hvor mye? Dette vet jeg ikke
 - i. Per punkt
 - ii. Per m²
 11. Er det noen feil som går igjen på de forskjellige klimatiseringsløsningene?
 12. Hva vil du si er fordeler ved å bruke de løsningene dere bruker?
 - a. WISE 1
 - b. WISE 2
 - c. Lindab Pascal
 - d. Lindinvent – oversikt, energisparing.
 13. Hva vil du si er ulemper ved å bruke de løsningene dere bruker?
 - a. WISE 1
 - b. WISE 2
 - c. Lindab Pascal
 - d. Lindinvent – stiller krav til kompetanse hos driftere, gjerne mer teknisk enn de kjenner til.
-

A.3 Petter Andreas Helland - GK

Intervju Masteroppgave våren 2019

1. Kan du angi, på en skala fra 0 til 3, hvor godt du kjenner følgende klimatiseringsløsninger?
 - a. WISE 1
1
 - b. WISE 2
1
 - c. Lindab Pascal
1
 - d. Lindinvent (GK)
3
2. Erfaringsmessig, hvordan er kostnadene for disse klimatiseringsløsningene i forhold til hverandre?
Rent komponentinnkjøp er Lindinvent billigere enn WISE. Sammenligne gamle WISE med Lindinvent, og Lindinvent er billigere.
3. Hvilken løsning tas oftest i bruk?
Lindinvent, WISE på andre plass. Kommer an på byggherres vilje til å endre mening dersom WISE ½ er bestemt på forhånd.
4. Hva avgjør om man velger det ene eller det andre anlegget i forbindelse med et prosjekt?
Kravspekk. Ønske i prosjekt. Må ha riktig pris. GK heller mot Lindinvent dersom dette aksepteres og prisene er riktig. Jobber med det man er kjent med.
5. Hvordan er prosjekterings- og installasjonsprosessen for de anleggene dere bruker? (Det administrative, kommunikasjon, kundeservice osv)
 - a. WISE 1
 - b. WISE 2
Ved valg av WISE sitter kompetansen hos Swegon. God kundeservice og får den hjelpen man trenger. De ordner med igangkjøring, og igangkjøring er inkludert i prisen.
 - c. Lindab Pascal
 - d. Lindinvent
Kompetansen sitter hos GK. Den er da mer nærliggende. Slipper enda et ledd i prosessen ved at kompetansen er på huset enn at den er på Lindinvent.

6. Hvordan er anlegget i bruk?
- Drift
Viktig med god oversikt i SD anlegg. Dette har Lindinvent og WISE.
 - Vedlikehold
Enkelt å finne avvik ved bruk av godt SD-anlegg med god oversikt.
 - Driftskostnader
 - SD anlegg
Ganske likt mellom Lindinvent og Swegon Connect. Kan gjøre hva man vil avhengig av tilgang.
7. Hvordan er inn klimaet i forhold til klager og brukertilfredshet?
- WISE 1
 - WISE 2
 - Lindab Pascal
 - Lindinvent
Ser at det aldri har vært klager på annet enn at det har vært på kaldt. Dette kan jo enkelt endres i SD-anlegget. Ikke hatt tilbakemelding på trekk eller dårlig luft. Bruker SD anlegget til å bevise endringer gjort i forbindelse med klager. Er i utgangspunktet drifters ansvar.
8. Hva slags oppvarmingsløsninger velges som regel sammen med det forskjellige anleggene?
- WISE 1
 - WISE 2
 - Lindab Pascal
 - Lindinvent
Enten radiator(VANLIGST), konveksjonsplater i himling, varmeelementer i grenstaver (miljøhuset). Luftoppvarming siden grenstaver og konveksjonsplater er svært lite i bruk.
9. Hvordan er installasjonen av WISE 2 i forhold til de kablede klimatiseringsløsningene?
- Lindinvent: WAGO (plug and play kabling) , har strøm og kommunikasjon i samme kabel. Større trafo betyr at flere noder går ned ved feil.
- WISE: dyrere med mange trafoer, men blir det feil er det kun ett sted. Finn ut helt nøyaktig hva kablingsjobben går ut på. Enkelt å endre på senere, f. eks sette opp nytt kontor. (tar en times tid for en elektriker)
10. Er det noe å spare på elektrokostnadene ved å velge trådløst?
- Eventuelt hvor mye?
 - Per punkt
 - Per m²

11. Er det noen feil som går igjen på de forskjellige klimatiseringsløsningene?

Lindinvent: Feilkabling, spesielt der WAGO IKKE er brukt.

12. Hva vil du si er fordeler ved å bruke de løsningene dere bruker?

- a. WISE 1
- b. WISE 2

- c. Lindab Pascal
- d. Lindinvent

Enkelt. Sparer masse penger på å enkelt kunne gjøre alt av kundeservice fra kontoret. Innstallasjon ikke mer komplekst enn et VAV system. Fremadrettet og mye fine løsninger på styring og automatikk. Teller antall personer i et møterom. Energi per ventil. Oppfatte kuldebroer i konstruksjoner ved å bruke energimodulen i SD-anlegget. Kan finne «energityver». Ekstremt presis i reguleringen, raskt. Måler luftmengder på veldig lave hastigheter: Gir lite trekk.

13. Hva vil du si er ulemper ved å bruke de løsningene dere bruker?

- a. WISE 1
- b. WISE 2
- c. Lindab Pascal
- d. Lindinvent

Mer som skal kables, som betyr større sjanse for feilkabling. Dyrere enn helt vanlig anlegg. Bevegelige deler i ventil, kan merkes av bruker. Krever mer vedlikehold pga bevegelige deler. Krever høyere grad av kompetanse for brukere og de som skal utføre service på anlegget.

A.4 Martin Aketun - GK

◀ Intervju Masteroppgave våren 2019

1. Kan du angi, på en skala fra 0 til 3, hvor godt du kjenner følgende klimatiseringsløsninger?
 - a. WISE 1 - 1
 - b. WISE 2 - 1
 - c. Lindab Pascal - 1
 - d. Lindinvent (GK) - 3
2. Erfaringsmessig, hvordan er kostnadene for disse klimatiseringsløsningene i forhold til hverandre? -
3. Hvilken løsning tas oftest i bruk? -
4. Hva avgjør om man velger det ene eller det andre anlegget i forbindelse med et prosjekt? – Det hender det er beskrevet hva byggherre ønsker. Og andre ganger må vi «selge inn» Lindinvent. For vår del velger vi alltid Lindinvent hvis vi har mulighet til det. Men i bunn og grunn er det prisen som avgjør.
5. Hvordan er prosjekterings- og installasjonsprosessen for de anleggene dere bruker? (Det administrative, kommunikasjon, kundeservice osv)
 - a. WISE 1 -
 - b. WISE 2 -
 - c. Lindab Pascal -
 - d. Lindinvent – Installasjonsprosessen er enkel og grei, både av ventilasjonen og automatikken tilknyttet Lindinvent-systemet. Så vidt jeg har forstått er ikke prosjekteringen noe annerledes enn om man skulle valgt noe annet.
6. Hvordan er anlegget i bruk?
 - a. Drift – Lindinvent: enkelt og brukervennlig. Alt av informasjon og statistikk finnes i skyen.
 - b. Vedlikehold – Lindinvent: motorer og annet forbruksvare kan enkelt byttes og alt skal være tilgjengelig på lager.
 - c. Driftskostnader -
 - d. SD anlegg – Lindinvent har eget system som heter Lindinspect, denne er moderne og brukervennlig. Genial til å følge med på statistikk av forbruk og bruksmønstre.

7. Hvordan er inneklimate i forhold til klager og brukertilfredshet?
 - a. WISE 1 -
 - b. WISE 2 -
 - c. Lindab Pascal -
 - d. Lindinvent -
8. Hva slags oppvarmingsløsninger velges som regel sammen med det forskjellige anleggene?
 - a. WISE 1 -
 - b. WISE 2 -
 - c. Lindab Pascal -
 - d. Lindinvent – Er bygget tett nok kan oppvarming skje gjennom ventilasjonen alene. Hvis ikke, blir det evt. Radiatorer.
9. Hvordan er installasjonen av WISE 2 i forhold til de kablede klimatiseringsløsningene?
-
10. Er det noe å spare på elektrokostnadene ved å velge trådløst?
 - a. Eventuelt hvor mye?
 - i. Per punkt -
 - ii. Per m² -
11. Er det noen feil som går igjen på de forskjellige klimatiseringsløsningene? -
12. Hva vil du si er fordeler ved å bruke de løsningene dere bruker?
 - a. WISE 1 -
 - b. WISE 2 -
 - c. Lindab Pascal -
 - d. Lindinvent – Enkel vedlikehold, kostnadsbesparende over tid, enkelt og brukervennlig.
13. Hva vil du si er ulemper ved å bruke de løsningene dere bruker?
 - a. WISE 1 -
 - b. WISE 2 -
 - c. Lindab Pascal -
 - d. Lindinvent – Kommer ikke på hva det kunne være, men det er garantert noe

A.5 Patrick Gundersen - Haaland Klima

Intervju Masteroppgave våren 2019

1. Kan du angi, på en skala fra 0 til 3, hvor godt du kjenner følgende klimatiseringsløsninger?
 - a. WISE 1
3
 - b. WISE 2
2
 - c. Lindab Pascal
1
 - d. Lindinvent (GK)
0,5

2. Erfaringsmessig, hvordan er kostnadene for disse klimatiseringsløsningene i forhold til hverandre?

Kan kun svare for WISE 1vs 2. 2 generasjon er en dyrere løsning med inneholder hen hel del flere og mer kompliserte funksjoner som gir systemet en annen dimensjon. Teoretisk tilsvarer prisøkningen besparelsen som oppnås for kabling, feilsøking og igangkjøring. Dette er ofte vanskelig å synliggjøre særlig da dette fordrer et reelt fradrag fra elektro, i praksis er fradraget man oppnår i prosjekter aldri i nærheten av de faktiske besparelsene.

3. Hvilken løsning tas oftest i bruk?

Valg av løsning er basert på pris og ønske fra kunder.
Vi har ingen erfaring med å levere Lindinvent da dette er et GK produkt.
Vi tar i oftest i bruk WISE 2.

4. Hva avgjør om man velger det ene eller det andre anlegget i forbindelse med et prosjekt?

Beskrivelse, pris , og erfaring.

5. Hvordan er prosjekterings- og installasjonsprosessen for de anleggene dere bruker? (Det administrative, kommunikasjon, kundeservice osv)
 - a. WISE 1
 - b. WISE 2
 - c. Lindab Pascal

d. Lindinvent

Wise 1 krever noe mer oppfølging en W2 grunnet større andel kabling. WISE 2 er også kraftig forenklet da antall varianter av spjeld er kuttet ned til 1 fysisk spjeld som enkelt programmeres på plassen. Dette har gjort at leverandøren har vesentlig kortere leveringstid en tidligere. Deler av prosjekteringsprosessen flyttes fra de prosjekterende til leverandøren, som utakt av spjeld og koordinering opp mot RIE. Oppfølgingen på Swegon produktene oppleves som meget god, hvor vi for Lindab Pascal har vesentlig dårligere opplevelser av kundeservice og oppfølging.

6. Hvordan er anlegget i bruk?
- Drift
 - Vedlikehold
 - Driftskostnader
 - SD anlegg

Har ikke erfaring fra drifting av bygg hvor dette er levert.

7. Hvordan er inneklimaet i forhold til klager og brukertilfredshet?
- WISE 1
 - WISE 2
 - Lindab Pascal
 - Lindinvent

Min erfaring er at alle disse er ganske like et tradisjonelt system. Klager i forbindelse med inneklima oppleves i stor grad å være basert på den store variasjonen i individers oppfattelse av inneklima.

8. Hva slags oppvarmingsløsninger velges som regel sammen med det forskjellige anleggene?
- WISE 1
 - WISE 2
 - Lindab Pascal
 - Lindinvent

Opplever at dette er prosjekt basert og ikke systembasert alle systemene har mulighet for styring av systemer basert på vann og el

9. Hvordan er installasjonen av WISE 2 i forhold til de kablede klimatiseringsløsningene?

Installasjonen av W2 er vesentlig forenklet av flere grunner.

- Trådløs kommunikasjon forenkler montasjen av følere, aktive ventiler og spjeld

- Flexibelt system hvor programmeringen gjøres av leverandør og lastet opp til produktet ved igangkjøring. Dette gjør at montørene ikke trenger å lete etter riktig spjeld men kun forholde seg til dimensjon og montasje retning.
- Igangkjøring går forttere da feilkoblinger av buss-kabelen elimineres (tidkrevende feilsøking)

10. Er det noe å spare på elektrokostnadene ved å velge trådløst?

a. Eventuelt hvor mye?

i. Per punkt

Det påstås en besparelse på mellom 1000-1500,- pr punkt. Om dette er reelt er vanskelig for meg å svare på da jeg ikke har noen konkrete elektroeksempler å vise til.

ii. Per m²

11. Er det noen feil som går igjen på de forskjellige klimatiseringsløsningene?

Koblingsfeil på buss kabelen er noe av det mest vanlige gjenganger fro Wise 1 og Lindab Pascal

12. Hva vil du si er fordeler ved å bruke de løsningene dere bruker?

a. WISE 1

b. WISE 2

c. Lindab Pascal

d. Lindinvent

Alle systemene ønsker å være system for behovstyrt ventilasjon som omfatter fysiske produkter, styresystem og kommunikasjon. Hvor det har blitt enklere enn noensinne å spare energi og sikre et optimalt innneklima. I et plugg an play system som skall gi rask installasjon og igangkjøring mot tradisjonelle løsninger.

Jeg opplever W2 som godt på vei det beste systemet pr i dag. Min erfaring fra Lindab Pascal er mynte på et prosjekt hvor systemet ble solgt før det i utgangspunktet var ferdig. Dette førte til en meget tung igangkjøringsprosess men når det er sagt så fungerer systemet som forutsatt når det nå står ferdig.

13. Hva vil du si er ulemper ved å bruke de løsningene dere bruker?
- a. WISE 1
 - b. WISE 2
 - c. Lindab Pascal
 - d. Lindinvent

Wise 2 sin største fordel er også en av ulempene, det tråløse grensesnittet oppleves som usikkert fra enkelte byggherrer.

Wise 1 går snart ut av produksjon og oppleves som vanskelig å serve på da det er veldig lang leveringstid på reservedeler.

Felles ulempe med alle slik løsninger er at de er begrenset til de funksjoner som er valgt av produsenten. Spesial løsninger er ikke lett å få til, integrasjon mot spesialventilasjon kan være vanskelig. Dette har riktig nok blitt vesentlig bedre på W2 vs W1.

A.6 Nils Jarle Goffeng - Bjerke Ventilasjon

Intervju Masteroppgave våren 2019

1. Kan du angi, på en skala fra 0 til 3, hvor godt du kjenner følgende klimatiseringsløsninger?
 - a. WISE 1
Svar : 3
 - b. WISE 2
Svar : 3
 - c. Lindab Pascal
Svar : 1
 - d. Lindinvent (GK)
Svar : 0
2. Erfaringsmessig, hvordan er kostnadene for disse klimatiseringsløsningene i forhold til hverandre?
Svar : Kostander er ganske så like i forhold til hverandre. Litt avhengig av hvilke type anlegg dette leveres på.
3. Hvilken løsning tas oftest i bruk?
Svar : Wise eller Pascal tas nok mest i bruk. Dette er nok også avhengig av hvor i landet det undersøkes. Er nok noe geografiske avhengigheter om hva som leveres mest. Lindinvent er også et produkt som kun leveres av GK, og dette har nok betydning for hvor mye det benyttes.
4. Hva avgjør om man velger det ene eller det andre anlegget i forbindelse med et prosjekt?
Svar : Dette er nok litt avhengig av hva som er beskrevet i kravspesifikasjoner, men Wise og Pascal er nokså like produkter.
5. Hvordan er prosjekterings- og installasjonsprosessen for de anleggene dere bruker? (Det administrative, kommunikasjon, kundeservice osv)
 - a. WISE 1
 - b. WISE 2
Svar : Bra for begge Wise produkter, men er blitt best for Wise 2
 - c. Lindab Pascal
Svar : helt ok, men avhengig av få personer som ikke er plassert i Oslo.

- d. Lindinvent
Svar : Ikke oversikt over dette systemet
6. Hvordan er anlegget i bruk?
- a. Drift
Svar : Bra
- b. Vedlikehold
Svar : OK
- c. Driftskostnader
Svar : Ikke oversikt over dette
- d. SD anlegg
Svar : Bra
7. Hvordan er inn klimaet i forhold til klager og brukertilfredshet?
- a. WISE 1
- b. WISE 2
Svar : Bra for begge Wise systemer|
- c. Lindab Pascal
Svar : Bra
- d. Lindinvent
Svar : Ikke oversikt over dette systemet
8. Hva slags oppvarmingsløsninger velges som regel sammen med det forskjellige anleggene?
- a. WISE 1
- b. WISE 2
- c. Lindab Pascal
- d. Lindinvent
- Svar : Det er nok både vannbåren varme som radiatoranlegg og el.varme med panelovner som velges mest med disse systemene. Dett er også avhengig av hva slags type bygg / anlegg.
9. Hvordan er installasjonen av WISE 2 i forhold til de kablede klimatiseringsløsningene?
- Svar : Det er mye bedre enn de kablede systemene da risikoen for feilkoblinger av elektriker er minimale siden kommunikasjon mellom romproduktene i systemet er trådløst overførbare. Da har produktene kun behov for 24V tilførsel og dette er det sjelden kan medføre feil.

10. Er det noe å spare på elektrokostnadene ved å velge trådløst?

- a. Eventuelt hvor mye?
 - i. Per punkt
 - ii. Per m²

Svar : Det er helt klart kostnader å spare på dette, men hvor mye dette utgjør kan jeg ikke gi noe detaljert oversikt over.

11. Er det noen feil som går igjen på de forskjellige klimatiseringsløsningene?

Svar : Det er nok elektriske feilkoblinger som er den feilen som er mest utbredt med denne type anlegg.

12. Hva vil du si er fordeler ved å bruke de løsningene dere bruker?

- a. WISE 1
- b. WISE 2

Svar : Det er en helt klar fordel å benytte dette anlegget da risikoen for feilkoblinger og problemer med dette unnlates siden kommunikasjon mellom romprodukter er trådløst.

- c. Lindab Pascal
- d. Lindinvent

13. Hva vil du si er ulemper ved å bruke de løsningene dere bruker?

- a. WISE 1
- b. WISE 2
- c. Lindab Pascal
- d. Lindinvent

Svar : Ingen kommentarer til dette.

B Kontaktliste

Navn	Firma	Nummer	Epsti	Kommentar	
Lars Fronrud	Randem og Hubert	91162032		ringt 23.1, melding 13.2	Lagt igjen beskjed, henvist til Eitre
Jan-Erik Klemp	Energima	90676921	jan-erik@energima.no	ringt 23.1, mail 14.2, 12.3	Sendt mail, fått svar, sendt ny mail
Sven Erik Haug	Håheim	92831211	seh@naapro.no	ringt 23.1	Fikk info til Jan Egill
Jan Egil Aares	GK	92297932		Ringt 23.1	Fikk mail med info
Petter Heland	GK		petter.heland@gk.no		
Hau Ngyuen	GK	48278595	hau.nguyen@gk.no	Ringt 28.1 Mail 26.3	
Petter Andreas Helland	GK		petter.helland@gk.no		Skal ha intervju på GK
Andreas Boon-Gronseth	Haaland Klima	91694070	roald.ovstedal@haaland-klima.no	Snakket i slutten av Mars	
Roar Øvstedal	Haaland Klima			Ringt 28.1, 12.2, lagt igjen beskjed, ringt 14.2	Snakket 17.2
Harald Aasegaard	Musstad Eiendom	90130422	harald.asegaard@musstadeiendom.no	Ringt 28.1	Siste mail sendt 12.2, fikk info til Raymond
Bård Berthussen	Ericfsen og Horgen	97115670	bber@ericfsen-horgen.no	ringt 23.1, 12.2	Sendt melding 12.2, pråtel 12.2
Peder Økseler	Bundebygg	228685788	peder.okseler@bundebygg.no	ringt 30.1	Fikk nr til Memo ei
Anders Engen Stewart	Bravida	90122441	anders.stewart@bravida.no	ringt 30.1, mail 29.3	Fått noen tall ang. pris for kabling
Aleksander Lund	Lindab	92297073	aleksander.lund@lindab.no	Ringt 12.2, 19.2 mail 14.2, mail 27.2, 7.3, 12.3, 22.3	Lagt igjen beskjed, melding 19.2, mail 27.2
Marius Tait	Swegon			ringt 12.2	Sendt mail, er sykemeldt
Vegard Dossland	Swegon	90130422	raymond@pedersenblikk.com	sendt mail 12.2, 19.2	Fått bruttopriser 28.2
Raymond Pedersen	Pedersen Blikk	48027766	vegard.stokke@gk.no	sendt mail 13.2, 19.2, 25.2, 28.2	Fått svar, ventet til lørdag, fikk mail 25.2, ikke fått svar.
Vegard Stokke	GK			ringt + melding 27.2 mail 4.3	Skal sekkje litt i la dagen
Tor-kenneth Skjømneborg	Vedal	40038194	tor-kenneth.skjømneborg@gk.no	mail 1.3, 12.3, 18.3, ringt 4.3	Sendt mail 7.3, svar 27.3 masse bral, sendt intervju og fått svar
Håkon Ødegaard	Vedal	90811693	hakon.odegaard@vedal.no	ringt 7.3 mail 20.3, 25.4	
Martin Akefurn	GK		martin.akefurn@gk.no	mail 12.3	
Reidar Wulfsberg	Vedal	91870076	reidar.wulfsberg@vedal.no	Ringt 18.3	Setter meg i kontakt med riktig person
Lars Dy/vik	Vedal		lars.dy/vik@vedal.no	Mailt 19.20.3	
Lars Henrik Gasmann	Randem og Hubert		lars.dy/vik@vbra.no	Mail 20.3, 25.4	Mottatt Lillekvevlen 2, VISE 2 med parasol
Hemming Bjerke	Bjerke Ventilasjon	90645902	hemming@hv.no	Mail 26.3	Spurt om intervju, fått svar på intervju
Knut Gaaserud	Caverion	22874000	knut.gaaserud@caverion.no	Mail 26.3	
Henrik Bjumissen	GK		henrik@kvvas.no	Sendt mail, Sendt intervju 30.3, mail 5.4	Fått svar, ventet på intervju
Birgith Stuan	GK		birgith.stuan@gk.no	Sendt mail 1.4	Skal ta ref dygd med Lindivent
Jan Petter Martinsen	Lindab	92251970	jpm@lindab.no	Sendt mail 3.4	
Jarle Bjerke	GK Elektro		jarle.bjerke@gk.no	Mailt 30.4-5-5	Skal få kostnader for Wago bl a

