



Utveckling av mätsystem för ventilationsaggregatstestning

Emil Raunio

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Energi och miljöteknik
Identifikationsnummer:	6153
Författare:	Emil Raunio
Arbetets namn:	Utveckling av mätsystem för ventilationsaggregatstestning
Handledare (Arcada):	DI Kim Rancken
Uppdragsgivare:	Enervent Oy
Expert handledare:	Ing. Mikael Karlsson
Se sammandrag.	
Nyckelord:	aerodynamisk prestationsförmåga, Enervent Oy, ventilationsaggregat, SFP- och SPI-värde, mätsystem.
Sidantal:	44
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Energi och miljöteknik
Identification number:	6153
Author:	Emil Raunio
Title:	Utveckling av mätsystemet för ventilationsaggregatstestning
Supervisor (Arcada):	DI Kim Rancken
Commissioned by:	Enervent Oy
Expert Supervisor:	Ing. Mikael Karlsson
<p>The degree thesis was made for Enervent Oy in order to make the test procedure for the AHU:s aerodynamic performance testing concerning characteristics for airflow/pressure curves and SFP- and SPI-values more efficient and more automatic. The wanted result was a test procedure that is more automatic, the measurement more accurate and the test procedure less time-consuming. A more automatic test procedure was planned, where the measurement-accuracy was considered. In the degree thesis is the test-procedure and demands for the tests explained, the tests are based on the standard SFS-EN 13141-7. In the thesis the different measurements and measured values are explained, a big part of the values measured in the tests depends on a various of differential pressure measurements. The airflow and pressure characteristics refers to the AHU:s performance capability to increase the pressure and to generate airflow, in connection to tests the power input is measured to get values for SFP and SPI. Characteristics are measured for different adjustments for fan, for each adjustment the fan is tested with various pressures in the air duct to gain various pressure increase, in which relation the airflow and power input are measured. Different pressures in the ductwork are simulated with an adjustable damper and an external fan. The measuring system presented in the degree thesis is one possible solution to make the test procedure more automatic and efficient. The measuring system is planned to be constructed in a way so that the automatics can manage the test procedure and with data logging gain data. In the construction needed distances for measurement accuracy were considered, and the test environment controlled by measuring the air relative humidity and temperature. The automatics manage the test procedure with damper motors and external fans according to setpoint value and the output from the differential pressure transmitters. The measure systems automation was planned to do with Siemens automation devices and modules. An investment calculation was made, and further developments were discussed.</p>	
Keywords:	aerodynamic performance, Enervent Oy, Air Handling Unit, SFP- and SPI-value, measure system
Number of pages:	44
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

SAMMANDRAG

Examensarbetet gjordes för Enervent Oy i syfte att effektivisera och automatisera testprocessen för uppmätning av ventilationsaggregatens prestationsförmåga ifråga om aerodynamisk förmåga såsom tryck- och luftflödeskaraktistik samt SFP- och SPI-värde. Det som önskades var en automatisk, mättekniskt noggrannare och mindre tidskrävande testprocess. Mot bakgrund av de önskemål som ställdes planerades ett mätsystem där testprocessen till en större del kunde skötas med automatik och där mätnoggrannheten i mån av möjlighet förbättrades. I examensarbetet redogörs för hur testerna skall utföras samt vilka krav som ställs på testerna, testerna baserar sig på standarden SFS-EN 13141-7. I examensarbetet redogörs för hur mätningarna kan göras och vilka värden som bör mätas. Mätningarna baserar sig till stor del på olika tryckfallsmätningar med tryckdifferenstransmittorer samt uppmätning av eleffekt. Tryck- och luftflödeskaraktistiken baserar sig på ventilationsaggregatets tryckhöjningsförmåga samt förmåga att generera ett luftflöde vid ifrågavarande tryck. I samband med karaktistiken uppmäts den till fläktarna tillförda effekten för att få fram SFP- och SPI-värde. Karaktistik uppmäts för fläktens olika reglerinställningar, vid var reglerinställning belastas fläkten med olika tryckfall i kanalen och tvingas generera olika tryckhöjning, vid vilka luftflödet och den tillförda effekten uppmäts. Olika tryckfall simuleras med spjäll samt en extern fläkt. Mätsystemet som visas i examensarbetet är en möjlighet för hur testprocessen kunde göras för att uppfylla de önskemål som ställs. Testuppläggningsplanerades om så att fasta testpunkter bildades för att undvika konstruktionsmässiga skillnader och miljön i zonen övervakas. Upplägget gjordes så att testprocessen var möjlig att automatisera och att mätutrustningens krävda avstånd beaktades. Mätsystemets mätutrustning valdes enligt mätnoggrannhet och jämförbarhet med automatik. För systemet gjordes en funktionsprincip för automatiken så att automatiken kunde sköta större delen av testprocessen med hjälp av spjäll och spjällmotorer samt fläktar och med loggning samla mätdata. Systemet planerades med två olika möjligheter av automatik, ett som styrs med endast signaler på 0-10 V_{DC} samt ett som styrs med både Modbus RTU och 0-10 V_{DC}. De båda alternativen jämfördes och automationsutrustning för systemen valdes, utrustningen som valdes i arbetet var Siemens

utrustning. För systemet gjordes kostnads kalkyl och redogörelse för investeringskostnader där de båda systemen jämfördes. Systemet som visas i arbetet är en möjlighet för hur testprocessen kunde uppfylla de önskemål som ställts.

FÖRORD

Jag vill tacka Enervent Oy för möjligheten att få göra mitt examensarbete hos dem. Ett stort tack vill jag rikta till automationsingenjör Jonas Pettersson för goda råd om bland annat automation och mätteknik. Vill även tacka laboratorieassistent Kalevi Rantala för guidning samt råd gällande produktutveckling och testande.

Ett stort tack vill jag också rikta åt ingenjör Mikael Karlsson för att ha gett mig möjligheten att göra mitt examensarbete vid Enervent Oy, samt för att ha agerat som handledare för detta examensarbete. Jag vill också tacka min handledare från skolans sida diplomingenjör Kim Rancken, för goda råd och handledning för examensarbetet.

Examensarbetet har inneburit väldigt många arbetstimmar och mycket nya lärdomar för mig. Ämnet var före examensarbetet inget jag arbetat med så mycket förut och var därför väldigt intressant, under examensarbetets gång har jag lärt mig mycket nytt om både mätutrustning, automatik samt ventilationsaggregatens funktioner, vilket jag tror att kommer till nytta i framtiden. Arbetet har gett mig en bredare bild över området.

Borgå, 11.01.2018

.....

Emil Raunio

INNEHÅLL

Sammandrag

Förord

Figurförteckning

Tabellförteckning

Förteckning över bilagor

1	Inledning.....	9
2	Bakgrund.....	10
2.1	Karakteristikkurvor för tryck- och luftflöde	12
2.2	Specific Fan Power & Specific Power Input	13
3	Prestationstest för tryck- och luftflödeskaraktistik.....	14
3.1	Testmetoden.....	16
3.1.1	<i>Kanaltrycket och luftflödet</i>	18
3.1.2	<i>Eleffekt</i>	19
3.1.3	<i>Styrsignalen</i>	20
4	Mätsystemet.....	21
4.1	Mätsystemets testplatsers uppläggning	22
4.2	Mätutrustning.....	25
4.3	Funktionsbeskrivning.....	28
4.4	Automatiken.....	33
5	Kostnads kalkyl	36
6	Avslutning	38
	Källor	40
	Bilaga 1	
	Bilaga 2	

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Ventilationsaggregat Pegasos XL, Enervent Oy

Figur 2: Enervent Pinion ventilationsaggregat, Enervent Oy

Figur 3: Tryck- och luftflödeskurvor.

Figur 4: D-testuppläggning, skiss.

Figur 5: Ventilationsaggregat med pluggade kanaler, skiss.

Figur 6: Möjliga läckage över roterande värmeväxlare i ventilationsaggregatet, skiss.

Figur 7: Roterande värmeväxlare, skiss.

Figur 8: Mätdata för tryck- och luftflödeskaraktistik.

Figur 9: Justerbart Iris-spjäll.

Figur 10: Fast mätfläns.

Figur 11: Den externa fläkten, skiss

Figur 12: Pro dual tryckdifferenstransmitter.

Figur 13: Data mätflänsar, Enervent Oy.

Figur 14: Reglerschema, skiss.

Figur 15: Instrumentförteckning

Figur 16: Reglerschema

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1. Kostnadsberäkning

FÖRTECKNING ÖVER BILAGOR

Bilaga 1. Produal datablad

Bilaga 2. Mätssystemets bottenplan, skiss

1 INLEDNING

Examensarbetet gjordes som ett projekterat arbete för Enervent Oy, där undertecknad gjort sin praktik samt varit anställd som laboratorieassistent sedan våren 2017.

Enervent Oy är ett företag som specialiserat sig på ventilation och inomhusklimat. Företaget grundades år 1983 i Borgå där fabriken är verksam än idag, numera är företaget en del av koncernen EM-group. Enervent utvecklar, tillverkar och marknadsför energieffektiva lösningar för ett gott inomhusklimat. /1/

Examensarbetet berör ett mätsystem för testande av de aerodynamiska egenskaperna hos ventilationsaggregaten i fråga om tryck- och luftflödeskaraktistik samt effektförbrukning. Av examensarbetet önskades en mer automatisk samt i mån av möjlighet mättekniskt noggrannare testprocess, så att resultaten skulle bli mer noggranna och testprocessen mindre tidskrävande. Med en automatisk lösning hoppas man på att minska den arbetstid som åtgår till testandet och därmed göra testandet mer effektivt.

2 BAKGRUND

Arbetets syfte var att undersöka och presentera alternativ på hur man kunde underlätta testprocessen i produktutvecklingen för ventilationsaggregaten, så att testprocessen både blir mer automatiserad och i mån av möjlighet mättekniskt noggrannare. Arbetet berörde prestatinstester för ventilationsaggregatens aerodynamiska förmåga, för att få fram data om ventilationsaggregatens karakteristik ifråga om tryckhöjning och genererande av luftflöde.



Figur 1. Enervent Pegasos XL ventilationsaggregat. /1/

Prestationstester görs för att kontrollera hur ventilationsaggregatet presterar vid olika situationer i syfte att samla data om dess karakteristik. I karakteristiken för ventilationsaggregatet skall bland annat aerodynamisk-, termisk-, samt akustisk prestationsförmåga framgå.

Prestationstesterna som gäller för ventilationsaggregat för bostäder finns beskrivna i standarden SFS-EN 13141-7. Standarden anger vilka test som skall göras, hur testerna skall

läggas upp samt vad som skall mätas i samband med testerna. Standarden inkluderar prestationstest för akustisk karakteristik, aerodynamisk karakteristik, termisk karakteristik med mera. /2/

Examensarbetet behandlar ett mätsystem som används för testning av den aerodynamiska förmågan, ifråga om tryck- och luftflödeskaraktistik. Karakteristiken för tryck- och luftflöde visar hur ventilationsaggregatet presterar lufttekniskt så som tryckhöjningsförmåga, genererande av luftflöde och där tillhörande effektförbrukning. Till mätsystemets uppmätta värden hör de karakteristiska kurvorna för tryck- och luftflöde, samt ventilationsaggregatets SFP- och SPI-värde.

Mätsystemet används också i produktutvecklingssyfte, för att kontrollera hur olika modifieringar i ventilationsaggregatet inverkar på den aerodynamiska prestationsförmågan. Modifieringar kan vara annan typ av fläktar, filter eller direkt strukturmässiga modifieringar. Olika modifieringar har olika inverkan på ventilationsaggregaten, exempelvis kan en annan typ av filter bidra till en bättre aerodynamisk prestationsförmåga om filtret bidrar till minskade inre belastningar i ventilationsaggregat.

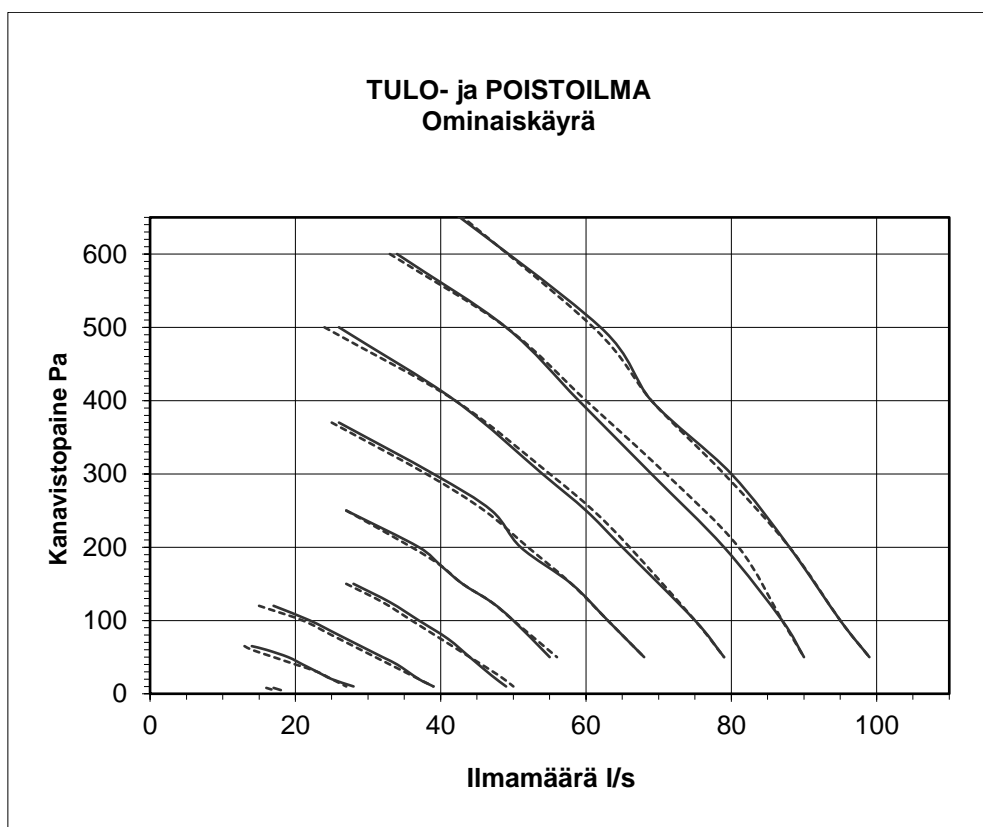


Figur 2. Enervent Pinion Ventilationsaggregat. /1/

2.1 Karakteristikkurvor för tryck- och luftflöde

Karakteristikkurvor för tryck- och luftflöde visar sambandet mellan ventilationsaggregatets fläktars tryckhöjning och skapade luftflöde vid olika reglerinställningar. Ur kurvorna kan ses hurdant luftflöde ventilationsaggregatet har kapacitet att ge ut vid olika fall av krävd tryckhöjning.

Karakteristiken för tryck- och luftflöde uppmäts per reglerinställning per fläkt i ventilationsaggregatet. För varje reglerinställning uppmäts luftflödet vid ett antal olika kanaltryck, utgående från mätdata bildas en kurva, kurvorna kan ses i figur 3.



Figur 3. Karakteristikkurvor för tryck och luftflöde, de olika kurvorna motsvarar en viss reglerinställning för det varvtal fläktarna körs med. Den översta kurvan är då fläktarna körts med 100 % varvtal, kurvorna därunder har körts med 90 %, 80 % osv. De streckade kurvorna är data för tilluftsfläkten, medan de heldragna kurvorna är data för frånluftsfläkten. Diagrammet anger luftflödet som en funktion av kanaltrycket.

2.2 Specific Fan Power & Specific Power Input

Specific fan power (SFP-värde) är värdet för den till fläktarna tillförda eleffekt per enhet luft. SFP-värdet baserar sig på den totalt tillförda eleffekten till fläktarna vid ett visst luftflöde och en viss tryckhöjning. Vid de mätpunkter som angetts för tryck- och luftflödekurvorna, uppmäts och anges även den till fläktarna tillförda eleffekten. Baserat på de uppmätta värdena för luftflöde och tillförd effekt beräknas ventilationsaggregatets SFP-värde.

Ventilationsaggregatets SFP-värde beräknas med att summera den till fläktarna tillförda eleffekten, för att sedan beräkna kvoten av summan för tillförd eleffekt och det större luftflödet som är endera frånluftflödet eller tilluftflödet (se formel [1]).

$$SFP = \frac{P_{tilluft} + P_{frånluft}}{q_{max}} \quad [1]$$

$P_{frånluft}$ = Frånluftfläktens effektbehov (kW)

$P_{tilluft}$ = Tilluftfläktens effektbehov (kW)

Q_{max} = Det större luftflödet (endera frånluft eller tilluft) (m^3/s)

SFP = Specific Fan Power (kW/ (m^3/s))

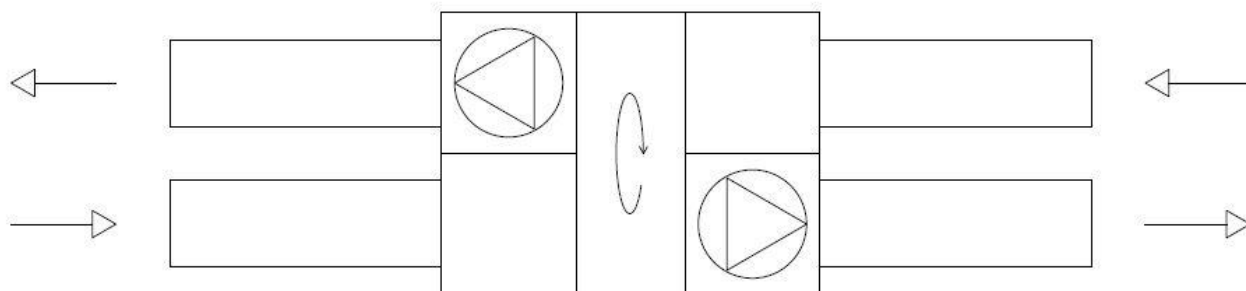
Specific Power Input (SPI-värdet) är värdet för den eleffekt som totalt tillförs ventilationsaggregatet. SPI-värdet uppmäts i samband med karakteristik kurvorna för tryck och luftflöde.

SPI-värdet som uppmäts med mätsystemet inkluderar samtliga eldrivna komponenter som krävs för att driva ventilationsaggregatet. Värdet inkluderar för Enervents ventilationsaggregat den tillförda effekten till fläktar, automatik och motorn som driver den roterande värmexlaren. SPI-värdet anger den totala eleffekt som ventilationsaggregatet förbrukar för att skapa ett luftflöde vid rådande förhållande.

3 PRESTATIONSTEST FÖR TRYCK- OCH LUFT- FLÖDESKARAKTERISTIK

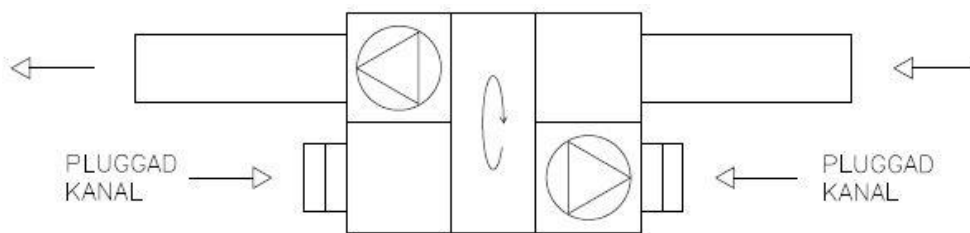
I standarden SFS-EN 13141-7 beskrivs testprincipen för tryck- och luftflödes- karakteri- stik. I standarden framgår att testuppläggningsen skall följa de i standard SFS-EN 13141- 4 angivna instruktioner för uppmätning av karakteristikkurvor för tryck och luftflöde. /2//3/

Enligt standard SFS-EN 13141-7 skall prestationstestet göras enligt D-testuppläggningsen. D-testuppläggningsen innebär att samtliga kanalöppningsen på ventilationsaggregatet är an- slutna till kanaler, D-kopplingsen beskrivs i standard SFS-EN 13141-4. Enligt testmetoden i standard SFS-EN 13141-7 skall flödet för båda fläktarna uppmätas samtidigt. /2/ /3/.

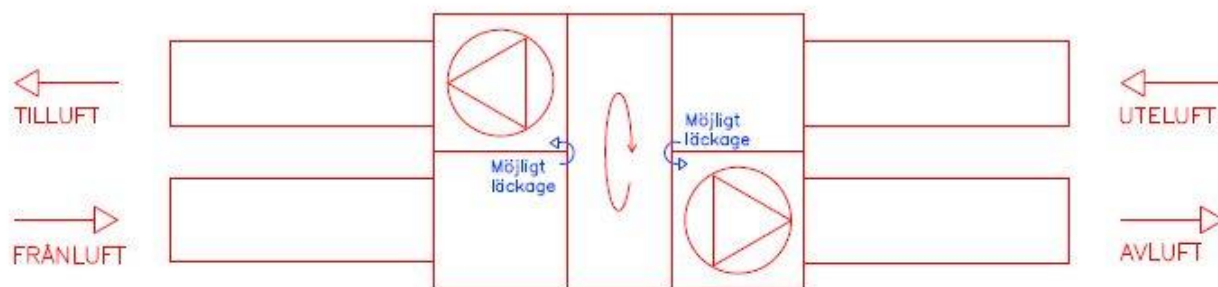


Figur 4. D-kopplingsen, både inlopps- och utlopps- på ventilationsaggregatet är anslutet till kanaler.

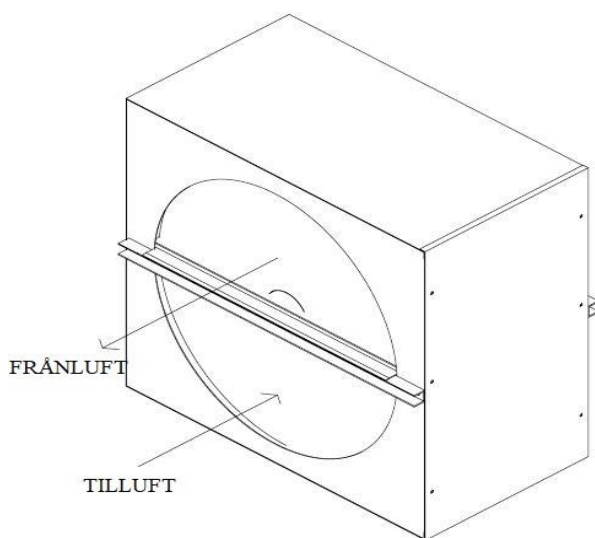
Testmetoden på Enervent Oy skiljer sig något från den i standard angivna testmetoden och baserar sig på en tillämpningsen av standarden. Testmetoden på Enervent Oy skiljer så till vida att fläktarna testas enskilt, så att endast den del av ventilationsaggregatet som berör fläkten, är ansluten till kanaler medan övriga kanalinslopps- och utlopps- är prop- pade/blockerade. Orsaken till denna tillämpningsen är att undvika läckage över den roterande värmeväxlaren, vilket skulle kunna förekomma om tryckskillnader i ventilationsaggregatet råder.



Figur 5. Pluggade kanaler för att undvika läckage över den roterande värmeväxlaren.



Figur 6. Möjliga läckage över värmeväxlaren i ventilationsaggregatet.



Figur 7. Roterande värmeväxlare, möjligt läckage över tätningen mellan frånluft och tilluft.

Kurvorna som uppmäts, mäts per reglerinställning för fläktarna. För varje reglerinställning skall enligt standard minst åtta testpunkter uppmätas, testpunkterna mäts för maximalt tryck, minimalt tryck samt sex stycken jämnt fördelade testpunkter mellan minimum och maximum. Testpunkterna relaterar till det flöde och den tryckhöjning som ventilationsaggregatets fläktar skapar i kanalen. /2/

De karakteristiska tryck- och luftflödeskurvorna skall enligt standard SFS-EN 13141-7 mätas för åtminstone tre reglerinställningar, till vilka hör; maximum inställning, minimum inställning samt för en mellaninställning som inkluderar en referenspunkt. Undantag kan enligt standard göras vid fall där fläktarnas motor endast har två hastigheter, i dessa fall räcker det med två karakteristikkurvor. /2/. I samband med karakteristikkurvorna för tryck och luftflöde uppmäts eleffekt som tillförs ventilationsaggregatet under testprocessen. Denna eleffekt används sedan för att ange ventilationsaggregatets SFP- samt SPI-värde.

3.1 Testmetoden

Före testerna för tryck- och luftflödeskaraktistik testas ventilationsaggregatets inre läckage och mantelns läckage. Ventilationsaggregaten testas för det inre läckaget vid ett 300Pa tryck och läckaget skall vara mindre än 6 % av det nominella flödet /4/. Mantelns läckage testas på Enervent vid ett 250 Pa tryck och skall vara mindre 1 l/s /m², för att uppfylla täthetsklass A enligt Finlands byggbestämmelsesamling D2, utgiven år 2011.

Då ventilationsaggregatets täthet är känd kan de aerodynamiska prestationstesterna för tryck- och luftflödeskaraktistik inledas. Ventilationsaggregatet ansluts till kanaler med samma dimension som kanalinnen. Kanalerna ansluts enligt principen som tillämpas på Enervent Oy så att den del av ventilationsaggregatet som testas är anslutet till kanaler, övriga kanalinnen och kanal-utlopp är proppade. Kanalerna som ansluts till ventilationsaggregatet är utrustade med tryck-mätning samt luftflödes mätning.

El-matningen till testobjektet går via en UPS (Uninterruptible Power Supply). UPS:en fungerar som ett filter och håller matningsspänningen på en jämn nivå. Matningen från UPS:en är ansluten via en eleffektmätare, så att testobjektets förbrukade effekt kan kontrolleras.

Ventilationsaggregatet kopplas fast till testanordningens styrning, så att fläktarna kan köras med en extern kontrollpanel. Till testanordningen kopplas fläktens matning samt styrning, styrningen av fläktarna sker med en 0-10 V_{DC} styrsignal. Kabeln för styrsignal kopplas via en spännings-mätare för att kunna kontrollera att styrsignalen är korrekt.

Då testobjektet är anslutet till kanalerna och elen är kopplad inleds testet. Fläktarna körs per hel volts styrspänning (reglerinställning) vid ett antal olika kanaltryck. Trycket i kanalen simuleras med ett justerbart spjäll, spjället sluts åt för att skapa högre tryck och öppnas för att skapa lägre tryck. Beroende på fläktens tryckhöjningsförmåga kan olika stora tryck i kanalen skapas. Då processen befinner sig vid det börvärde som angetts för tryck, tas mätdata för luftflöde upp.

Testet körs för samtliga hela volts styrspänningar (reglerinställningar) från 2 V upp till 10 V för fläkten. Efter att samtliga hela volts reglerinställningar mellan 2 V och 10 V för fläkten är testade, kopplas kanalerna loss och ansluts till kanalinloppen för den andra fläkten på ventilations-aggregatet medan kanalinloppen till den fläkt som testades först proppas.

Då samtliga hela volts reglerinställningar är testade vid ett antal olika kanaltryck vid vilka luftflödet uppmätts, är testet klart. Utgående från de uppmätta punkterna per reglerinställning görs en kurva för fläkten vid den reglerinställningen. Testet ger 8 olika kurvor per fläkt om samtliga hela volts inställningar mäts från 2- 10 V, utav vilka ventilationsaggregatets tryck- och luftflödeskaraktistik kan utläsas.

Suure	Yksikkö	1	2	3	4	5	6	7
rpm	%	100	100	100	100	100	100	100
q_{v2}	dm^3/s	38	52	62	71	79	87	95
	m^3/h	137	187	223	256	284	313	342
p_{v1s}	Pa	380	300	250	200	150	100	50
P_{es}	W	71	81	88	93	99	105	109
q_{v3}	dm^3/s	38	55	64	74	83	92	100
	m^3/h	137	198	230	266	299	331	360
p_{v1e}	Pa	380	300	250	200	150	100	50
P_{eo}	W	70	81	88	94	101	108	114
P_o	W	141	162	176	187	200	213	223
P_{esU}	$\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$	3,71	2,95	2,75	2,53	2,41	2,32	2,23
SPI	$\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$	3,95	3,11	2,89	2,65	2,52	2,41	2,32

Figur 8. Mätdata för tryck- och luftflödeskaraktistik, vid maximal reglerinställning.

3.1.1 Kanaltrycket och luftflödet

Kanaltrycket är den tryckhöjning som fläkten genererar i kanalen. Kanaltrycket mäts över ventilationsaggregatets inlopp och utlopp enligt anvisningar ur standard SFS-EN 13141-7 /2/. Kanaltrycket är den rådande tryckskillnaden över ventilationsaggregatet, detta tryck uppmäts med tryckdifferensgivare som anger skillnaden i tryck mellan de två mätpunkterna.

De karakteristiska tryck- och luftflödeskurvorna baserar sig på mätningen av kanaltrycket. För ventilationsaggregatet bestäms testpunkterna enligt tryckhöjnings-förmågan, fläkten kör upp trycket i kanalen till det tryck man bestämt som testpunkt, då trycket i kanalen är det som angivits som testpunkt mäts luftflödet.

Luftflödet uppmäts vid olika kanaltryck, i testet mäts luftflödet vid varje börvärde för kanaltrycket. Mätning av luftflöde kan göras med olika metoder, det avgörande för valet av mätmetod är mätnoggrannheten. Mätningar kan göras med exempelvis strypfläns/mätfläns, pitotrör eller vinghjul.

Vinghjulet mäter lufthastighet i kanalen. Luftströmmen i kanalen får vinghjulet att rotera, då vinghjulet roterar uppmäts varvtalet. Varvtalet konverteras i mätaren till lufthastighet. Lufthastigheten kan också mätas med pitotrör. Till pitotröret leds både det statiska trycket och det totala trycket, tryckdifferensen av dessa tryck är det dynamiska trycket. Med det dynamiska trycket, luftens densitet samt pitotfaktor beräknas luftens hastighet. /5/

Luftflödet kan även mätas med mätfläns, mätflänsen eller strypflänsen är en förminskning i kanalen som stryper flödet och skapar ett tryckfall. Mätflänsen har en känd diameter där tryckskillnaden över mätflänsen relaterar till ett visst luftflöde. Mätflänsens k-faktor och differentialtrycket används för att beräkna flödet. K-faktorn är ett för mätflänsen specifikt värde och är en slags kompensationsfaktor. Luftflödet fås genom att multiplicera roten av tryckdifferensen med k-faktorn (se formel [2] s. 26).



Figur 9. Justerbart Iris-spjäll, mätspjäll

3.1.2 Eleffekt

I standarden SFS-EN 13141-4 framgår att den tillförda eleffekten skall mätas vid de testpunkter som uppmäts för fläktens karakteristikkurvor för tryck- och luftflöde. Effekten som uppmäts vid testpunkterna används för att beräkna fläktarnas SFP-värde. /3/

Uppmätningen av den tillförda eleffekten, görs genom att koppla in en eleffektmätare mellan ventilationsaggregatet och matningen. Eleffektmätaren skall även kunna mäta trefas system, eftersom en del ventilationsaggregat kopplas till trefas.

Vid uppmätningen av eleffekt skall matningsspänningen vara stabil. Enligt standarden SFS-EN 13141-4 får matningsspänningen under testet variera med högst $\pm 1\%$ av fläktens märkspänning /3/. Elnätets spänning kan variera, för att undvika påverkan av den varierande spänningen i elnätet kan matningen av el skötas via exempelvis en UPS. UPS:en fungerar i det här fallet som ett filter och håller spänningen stabil.

3.1.3 Styrsignalen

Styrsignalen är signalen som motsvarar den reglerinställning som ställs för fläktarna. Fläktarna som testas regleras med 0-10 V_{DC}, signalen motsvarar beroende på fläkttyp någon form av reglering, exempelvis varvtalsreglering.

Styrsignalen mäts för att kontrollera att utsignalen till fläktarna från kontrollpanelen är korrekt. Mätningen görs genom att koppla in en spänningsmätare mellan styrenheten och fläkten som testas, styrspänningen kan mätas med exempelvis en multimeter.

4 MÄTSYSTEMET

Mätsystemet planerades för att göra testprocessen mer automatiserad samt i mån av möjlighet mättekniskt noggrannare. I det nya mätsystemet planerades en automatisk lösning där en stor del av testprocessen för tryck- och luftflödeskaraktistik kunde skötas med automatik.

Det utvecklade mätsystemet skulle beakta standardernas krav för uppmätningen av värden. Standardens angivna mätmetod att mäta både tilluft- och frånluftsflöde samtidigt följs inte i mätsystemet med hänvisning till vad som nämnts i del 2.2 av examensarbetet om möjligt läckage över den roterande värmeväxlaren.

Mätsystemet planerades för fasta testanläggningar, så att uppläggnings av testerna skulle vara mindre tidskrävande. Fördelen med fasta testanläggningar är också att utgångsläget för testerna nästan alltid är likadant, endast små förändringar i utrymmets förhållande kan förekomma så som förändringar i luftfuktighet och temperatur.

Mätsystemets luftflödesmätning planerades med fasta mätflänsar. Detta ledde till ett behov av åtminstone två mätflänsar av olika dimension, för att kunna mäta ett så brett område som möjligt. Mätsystemets uppläggning planerades så att bytandet av mätfläns kan skötas med automatik.

Mätsystemet planerades för att sköta testprocessen för en fläkt (frånlufts- eller tilluftsidan på ventilationsaggregatet) automatiskt. Mätsystemet skall köra testet enligt de kommandon som angivits automatiken. Ventilationsaggregatet måste dock anslutas och kopplas manuellt till testanordningen.

4.1 Mätssystemets testplatsers uppläggning

Det planerade mätssystemets bottenskiss kan ses i bilaga 2. Mätssystemet planerades med två testplatser, en testplats för kanaler med dimensionerna $\varnothing 125$ och $\varnothing 160$ och en för kanaler med dimensionerna $\varnothing 200$ och $\varnothing 250$. Varje testplats inkluderar fyra stycken ventilationskanaler med en fördelning på två stycken kanaler per dimension. Kanalerna av samma dimension sammankopplas med hjälp av ett Y-stycke, vilket ger två kanaler per testplats som ventilationsaggregatet kan anslutas till. Användningen av två kanaler per dimension beror på att mätningen av luftflöde avses göras med fasta mätflänsar, vilkas mätnoggrannhet är begränsad till ett visst tryckfallsområde. Därmed krävs olika dimension hos mätflänsen för olika mätområden, vilket ger ett behov att byta fläns då ett visst tryckområde överskrids, alternativt underskrids.



Figur 10. Mätfläns för $\varnothing 160$ kanal

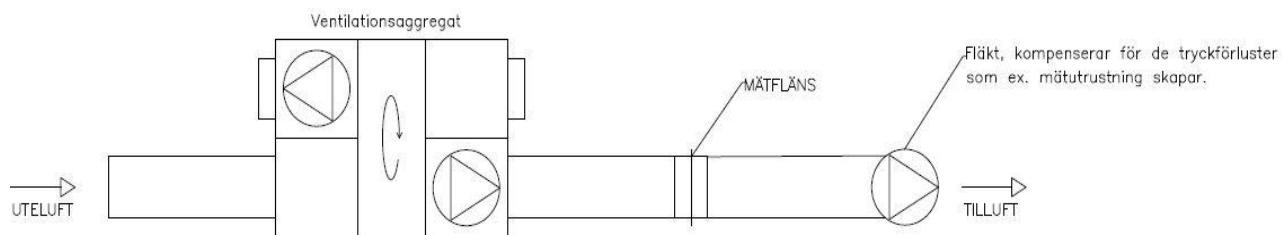
I det planerade mätsystemet används två stycken mätflänsar per kanaldimension, en mätfläns per kanal. De båda kanalerna är via spjäll anslutna till ett Y-stycke, för att möjliggöra ett byte av mätfläns med att leda luften genom någondera kanalen. Då ett byte av fläns görs, sluts spjället som leder till kanalen med mätflänsen vars mätområde ej är tillräckligt och spjället till kanalen med den andra mätflänsen öppnas. Spjällen som ansluter Y-stycket till mätkanalerna är utrustade med spjällmotorer. Spjällen har en så kallad tvålägesfunktion, vilket innebär att spjällen vid Y-stycket antingen är öppna eller slutna.

Kanalerna som mätflänsarna är anslutna till, är planerade så att en rak kanalsträcka på $10 \cdot$ kanalens diameter bildas både före och efter mätflänsen, för att undvika mätfel. Detta innebär exempelvis för en kanal med $\varnothing 160$ en sträcka på 1,6 m rak kanal före mätflänsen och en sträcka på 1,6 m rak kanal efter mätflänsen.

Samtliga fyra kanaler per testplats är anslutna till en box som är utrustad med två stycken fläktar samt ett justerbart spjäll med spjällmotor. Boxen är till för att ansluta kanalerna till fläktarna och det justerbara spjället. Fyra kanaler ansluts till samma box för att spara in på mängden krävd utrustning för testuppläggningsen. Detta begränsar antalet testplatser till två stycken, vilket resulterar i att två ventilationsaggregat kan testas samtidigt. Boxen ansluts till fläktarna via så kallade tvåläges spjäll, som är slutna vid de tillfällen som fläkten ej används.

Fläktarna och det justerbara spjället används för att reglera trycket i kanalen. Det justerbara spjället används då högre kanaltryck skall uppnås, medan fläktarna hjälper till för att skapa låga kanaltryck eftersom mätutrustning och kanalerna i sig ger upphov till tryckförluster.

Fläktarna är två till antalet, eftersom en fläkt är monterad med insuget till boxen och den andra med utblåsningen till boxen. Ena fläkten höjer trycket i ventilationskanalen och den andra sänker trycket i ventilationskanalen. Fläkten som höjer trycket används då tester för frånluft görs medan fläkten som sänker trycket i kanalen används vid testning av tilluftsidan. Fläktarna hjälper till att skapa de lägre trycktryckskillnaderna mellan tryckmätningarna som man vill ha i kanalen, eftersom mätutrustningen samt kanalerna skapar extra tryckförluster.



Figur 11. Skiss över uppställningen, den externa fläkten vid test av tilluftens luftmängd

Det justerbara spjället används för att skapa högre tryck i kanalen. Spjället är utrustat med en spjällmotor och körs enligt börvärde för kanaltryck. För ett högre kanaltryck sluts spjället åt, medan för låga kanaltryck öppnas spjället och ifall kanaltrycket inte går att få till en tillräckligt låg nivå trots att spjället är 100 % öppet används fläktarna för regleringen.

Uppläggningsen för mätsystemet görs på hyllor för att spara golvyta, så att en testplats med fyra kanaler placeras på en hylla på lämplig höjd från golvet. Eftersom mätsystemet läggs på hyllor används krökar på 90° för att ansluta kanalen som ansluts till ventilationsaggregatet med Y-stycket. Krökarna kommer ge upphov till extra tryckförluster som är tänkta att kompenseras med de externa fläktarna. Kanalen per kanaldimension som ansluts till 90° kröken är kanalen som ventilationsaggregatet skall anslutas till. Anslutningskanalernas anslutningshöjd från golvytan är dimensionerade enligt höjden på de största ventilationsaggregaten med de för testplatsen gällande de ventilationsaggregat med ifrågakommande dimension på kanalstosar som tillverkas på Enervent, plus en säkerhetsmarginal på ca 300 mm. Mätsystemets längd är ca tio meter beräknat från yttre kanten av kröken på \varnothing 250-testkanalen till den externa fläkten.

Kanalen som ventilationsaggregatet ansluts till skall vara tillräckligt lång för att inkludera en mätpunkt för tryckmätning. Kanaltrycket mäts i mätsystemet på anslutningskanalen så att en rak kanalsträcka på 4*kanalens diameter bildas både före och efter mätpunkten, alltså att avståndet blir minst 4*kanalens diameter från mätpunkt till ventilationsaggregatet samt 4*kanalens diameter från mätpunkt till kröken.

Ventilationsaggregatet kopplas till mätsystemet med antingen tilluftens kanalstos eller frånluftens kanalstos till stosen för antingen uteluft eller avluft, beroende på vilketdera testet som görs, kopplas en extern kanal till med en längd på ca 8 till 10 gånger kanalens

diameter som är utrustad med en tryckmät punkt. Tryckmät punkten på den externa kanalen är placerad så att ett avstånd på ca 4 till 5 gånger kanalens diameter bildas från tryckmät punkt till ventilationsaggregatet.

Tryckmätningen sköts med Produals tryckdifferenstransmittrar PEL, beroende på vilken typ av automatik det är fråga om används olika antal mätare. Mätområdet för mätare med Modbus RTU kan justeras med hjälp av ML-SER verktyg, för mätarna med 0-10 V måste mätområdet ställas in med hjälp av fysisk koppling.

Mätzonens rådande klimat övervakas med två givare för temperatur och relativ fuktighet. Ena givaren placeras i nivå med den övre boxen och den andra på ca 1,5 m höjd. Syftet med mätarna är att kunna följa med mätzonens klimats förändringar. Mätarna placeras på olika höjd ifall skillnader i temperatur och relativ fuktighet skulle förekomma mellan de olika nivåerna.

Eleffekt mätningen sköts med två effekt mätare, en per testplats. Matningen till ventilationsaggregaten går via en UPS och därefter via effekt mätningen. Styr signalen uppmäts med spänningsmätare, med vilken automatikens utsignal till fläktarna mäts.

4.2 Mätutrustning

Mätutrustningen till det utvecklade mätsystemet valdes med bakgrund till de önskemål som ställts, för en möjligt bättre mät noggrannhet och möjlighet till ytterligare automatiseringsmöjligheter. Mätutrustningen skall uppmäta de värden som presenterats i del 2.3 i arbetet samt övervaka de förhållanden som råder inom testzonen.

Kanaltrycket i mätsystemet mäts med Produals tryckdifferenstransmitter PEL. Mät punkterna för tryckmätning placeras på kanalerna som är anslutna till ventilationsaggregatets insug samt utblåsning. Produals tryckdifferenstransmittrar PEL kan ställas in på olika mätområden och har en mät noggrannhet på $\pm 0,5 \text{ Pa} \pm 1\%$. Modellen PEL erbjuds i som olika varianter såsom PEL, PEL-N, PEL-M och PEL-N-M, de olika varianterna innehåller olika tillvalsutrustning. Transmittern har två outputs: ena outputen har som standardinställning 0 – 10 V_{DC} och den andra har som standardinställning 4-20 mA, modeller med ”-M” kommunicerar med Modbus RTU. Versioner med ”N” inkluderar en display, som har en resolution på ca 0,1 Pa vid tryck under 200 Pa och 1 Pa vid tryck över 200 Pa (se bilaga 1). Mätsystemet är planerat för två olika alternativ på automatik, ena alternativet

var att all automatik sköts med 0-10 V_{DC}, det andra alternativet var en kombination mellan 0-10VDC samt Modbus RTU. Baserat på det valdes två varianter av transmitter, PEL-N för automatisk lösning med 0-10 V_{DC} och PEL-N-M för automatik med Modbus RTU som kommunikation.



Figur 12. Pro dual tryckdifferenstransmitter

Luftflödesmätningen i mätsystemet kommer man att sköta med mätflänsar. Mätflänsarna har en specifik diameter och ett kalibrerat k-värde. Mätflänsen skapar en strypning i kanalen och ger upphov till en tryckskillnad över mätflänsen. Luftflödesmätningen med mätfläns baserar sig på den tryckskillnad som skapas över mätflänsen. Tryckskillnaden uppmäts med en tryckdifferenstransmitter, varefter ett flöde beräknas med att multiplicera roten av tryckdifferensen med mätflänsens k-värde (se formel [2]).

$$q = k * \sqrt{\Delta p} \quad [2]$$

q =Luftflödet

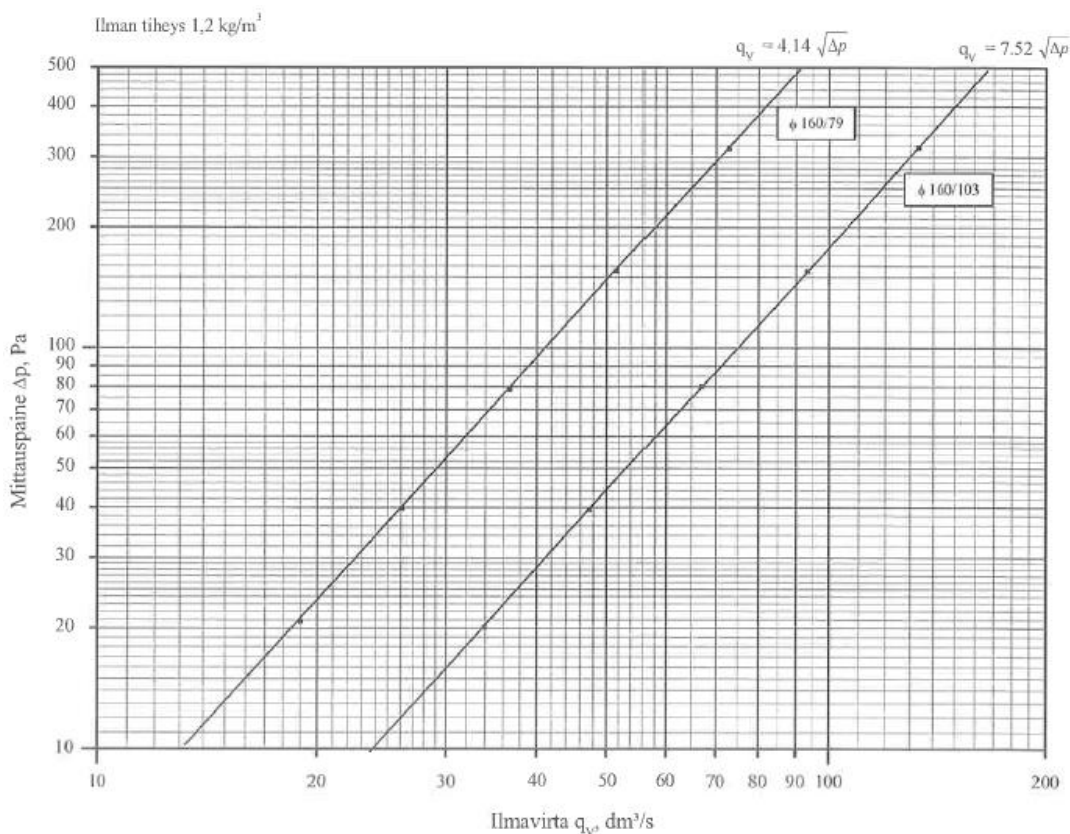
k =k-faktor

Δp = tryckdifferensen

Mätpunkter för tryckmätning placeras på båda sidorna om mätflänsen. Tryckdifferensen mäts i mätsystemet med Produals tryckdifferenstransmitter PEL-N eller PEL-N-M, beroende på val automatik. Mätflänsarna lämpar sig bäst för laminära luftströmmar, vid turbulent strömning blir mätningen mindre noggrann. För noggranna resultat krävs raka sträckor kanal/rör före och efter mätflänsen exempelvis 10 till 20 gånger rörets diameter före mätflänsen och 5 till 10 gånger diametern efter mätflänsen.

För mätflänsarna som används i mätsystemet gäller en "10*Diametern" rak kanalsträcka före flänsen samt en "10*Diametern" rak kanalsträcka efter mätflänsen.

Den fasta mätflänsens mätområde begränsas av tryckskillnaden som skapas över mätflänsen vilket relaterar till flänsens diameter. Om tryckskillnaden som råder över mätflänsen blir antingen för liten eller för stor är mätdata inte tillförlitligt.



Figur 13. Mätkurvor för två mätflänsar, av storlekarna $\phi 160/79$ och $\phi 160/103$

Detta ger ett behov av mätflänsar med olika diameter för att uppmäta olika stora luftflöden. Mätflänsens diameter inverkar på trycket som råder över mätflänsen, ju mindre strypning desto lägre tryck bildas över mätflänsen. I mätsystemet används två fasta mät-

flänsar per kanaldimension, en för mindre flöden och en för större flöden. Om flödet underskrider alternativt överskrider de mätområden som gäller för flänsarna vid en viss reglerinställning kan ventilationsaggregatets luftflöde mätas med en annan kanaldimension med lämpligt mätområde.

Effektmätningen för eleffekt skall göras med en mätare som har möjlighet att uppmäta trefas effekt. Effektmätningen är preliminärt tänkt att skötas med en Voltech PM3000 effektmätare, eftersom denna mätare finns till förfogande. PM3000 kan mäta spänningar mellan 0,5 V och 2000 V_{pk} och ström mellan 0,05 A och 200 A_{pk}, mätaren har tre stycken kanaler och kan mäta 3-fas. /6/

Matningen till mätsystemet sköts via en UPS, som fungerar som ett filter, för att hålla spänningen på en jämn nivå.

4.3 Funktionsbeskrivning

Funktionsbeskrivningen gäller för mätsystemet vars bottenskiss kan kontrolleras i bilaga 2.

Regleringen för automatiken sker med kanaltrycket som börvärde. Automatiken reglerar förhållandena enligt det börvärde som getts för kanaltryck.

Kontrollenheten är den som styr testet, i kontrollenheten kan man reglera förhållandena med ett och samma program i vilket framgår vad kanaltrycken är, fläktarnas reglerinställning, luftflöde etc. Automatiken kan även sköta sig själv med förhandsbestämda program, exempelvis då trycket över mätflänsen underskrider en viss nivå exempelvis 20 Pa, så byter automatiken fläns genom att sluta det spjäll som leder till mätflänsen vars mätområde ej är tillräckligt och öppnar spjället till den mindre mätflänsen vars mätområde är tillräckligt. I kontrollenheten kan olika färdiga program programmeras in för olika situationer, så som exempelvis tidsinställda program.

Automatiken styr spjällen som är utrustade med motorer, ventilationsaggregaten och de externa fläktarna. Regleringen baserar sig på kanaltryckets börvärden samt enligt tilluft-/frånlufttest. Regleringen baserar sig på den information som matats in till kontrollenheten (såsom tidsintervall, hastigheter, kanaltryck och så vidare). Processen loggas från start till processens slut, logg-historian sparas i programmet. Två typer av kurvor loggas

i trenden, luftflödets relation till trycket samt den tillförda effektens relation till luftflödet, samt de värden för luftflöde, kanaltryck, styrsignal och effekt som mäts upp.

Då processen befinner sig vid de börvärden som angetts för en testpunkt, hålls processen vid de värdena en viss tid för att stabiliseras. Datat från dataloggningen borde ge en någotlunda jämn och rak linje, eftersom processen hållits vid samma värden. Utgående från tidsintervallet samt logg-kurvan beräknas ett medelvärde för luftflödet samt för tillförd eleffekt för testpunkten. De medelvärden som beräknats kontrolleras i kontrollenheten och sparas, för att sedan exporteras till en tabell för karakteristiska tryck-/luftflödekurvor och fläkteffekt.

Testandet kan göras med endera förhandsbestämda program eller också kan testet köras manuellt via kontrollenheten. I förhandsbestämda program kan man ange för mätsystemet hur testerna skall köras, exempelvis vilka kanaltryck som behövs för en viss reglerinställning, samt vid vilket läge den externa fläkten skall användas, alternativt när det justerbara spjället skall användas.

Testet inleds med att ansluta ventilationsaggregatet till testpunkten, samt koppla ventilations-aggregatets fläktar till mätsystemets automatik och till elmatningen. I kontrollenheten anges vilken typ av test som skall köras ”tilluft eller frånluft”, vilken testplats som är aktiv samt vilken anslutningskanal som är aktiv på testplatsen. Enligt tilluft/frånluft test bestäms vilken extern fläkt som kommer vara aktiv på ifrågavarande testplats, samt vilket tvålägesspjäll till de externa fläktarna som kommer att vara aktivt och öppnas vid behov, det ej aktiva tvålägesspjället stängs och är därefter inaktiverat precis som den externa fläkt som ej skall vara aktiv. På den aktiverade anslutningskanalen stängs tvålägesspjället som leder till den mindre mätflänsen för att öppnas vid behov. På boxen aktiveras det justerbara spjället samt den externa fläkten som skall vara aktiv, fläktens tvålägesspjäll hålls slutet tills behov av fläkten uppkommer.

Automatiken reglerar tryckförhållandet i kanalen som standardinställning med det justerbara spjället, går ej börvärdet för kanaltrycket att uppnå med det justerbara spjället, aktiverar automatiken den externa fläkten för ifrågavarande test och reglerar trycket med fläkten. Funktionen är följande: *Behov av den externa fläktens hjälp kan förekomma då man vill ha låga kanaltryck, automatiken märker av detta då det justerbara spjället är 100% öppet men börvärdet ej ändå går att uppnå. I detta fall reagerar automatiken med*

att sluta det justerbara spjället och öppnar tvålägesspjället som leder till fläkten och startar fläkten för att börja reglera med hjälp av den.

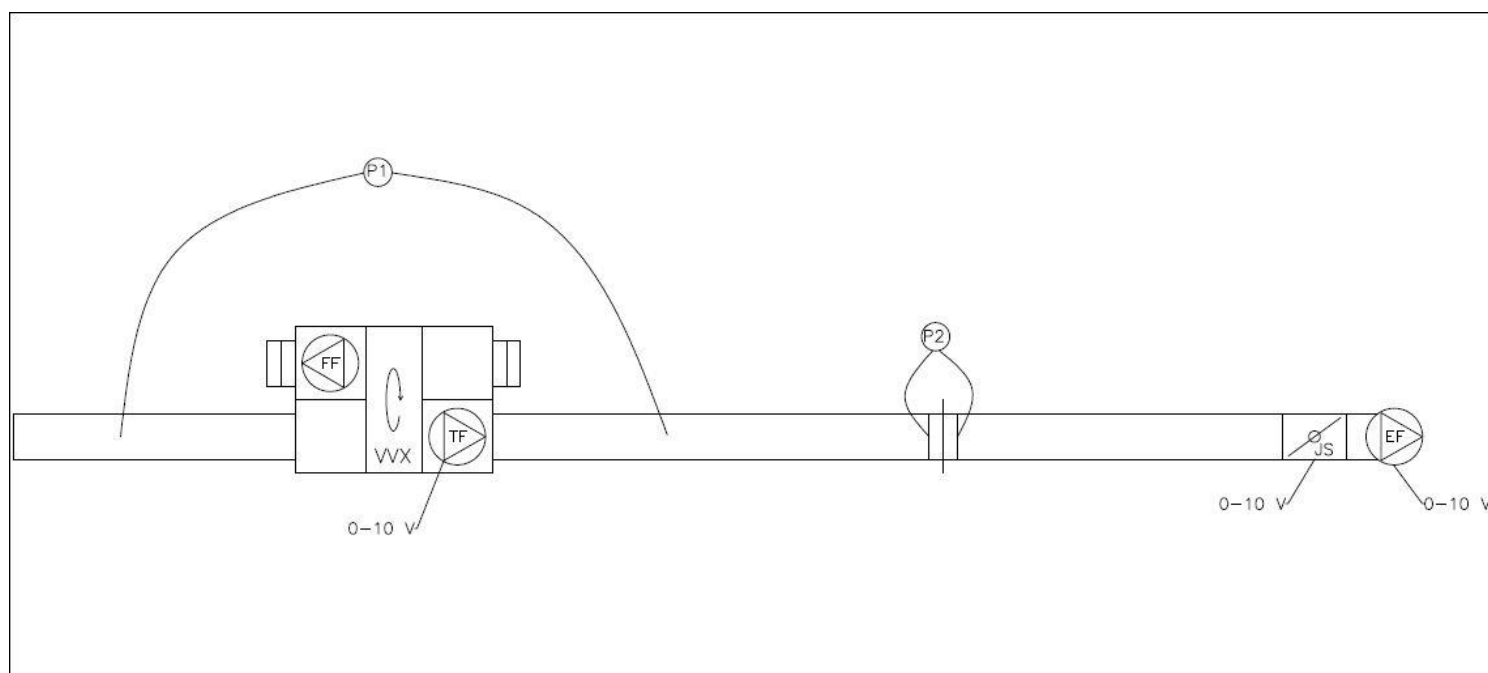
Bytet av mätfläns sker då tryckdifferensen över den större mätflänsen ej mer är tillräcklig för det noggranna mätområdet. I detta fall sluts tvålägesspjället till den större mätflänsen, medan tvålägesspjället till den mindre mätflänsen öppnas. I samband med detta byts även mätaren som läses av och k-faktorn.

Ett förhandsbestämt program för körande av samtliga hela volts reglerinställningar från 2 V till 10 V, inkluderande 8 testpunkter per kurva, samt en referenspunkt. I det förhandsbestämde programmet bestäms för flödet ett visst tryckfall över mätflänsen för det maximala kanaltrycket. Detta eftersom mätflänsens mätområde är noggrannt till ett visst tryckfall, exempelvis 20 Pa tryckskillnad över mätflänsen kan vara mätflänsens minimi mätområde. Då fläktens varvtal enligt hel volts styrsignal är konstant och mätområdets minsta tryckfall är känt och satt som gränsvärde, kan kanaltryckets maximala värde sökas genom att reglera trycket över mätflänsen till 20 Pa med hjälp av det justerbara spjället. När maximalt kanaltryck råder bibehålls processen vid detta tryck en viss på förhand inställd tid, varefter värdet för kanaltryck, luftflöde samt tillförd effekt sparas. Det maximala kanaltrycket som uppnåtts anges som maximalt kanaltryck för ventilations-aggregatets fläkt.

Det minimala kanaltrycket bestäms på förhand per hel volts reglerinställning, exempelvis för 10 V kan denna punkt vara 50 Pa. I detta fall fördelar automatiken den maximala tryckhöjningen på 8 jämnt fördelade testpunkter för kanaltryck mellan minimi kanaltryck och maximalt kanaltryck. I detta fall blir kanaltrycken som skall råda vid testpunkterna bestämda. Då reglerinställningen till ventilationsaggregatets fläkt är konstant kan testprocessen regleras enligt kanaltrycket eftersom dess börvärde nu också är bestämt. Kanaltrycket regleras med hjälp av det justerbara spjället och den externa fläkten till de testpunkters kanaltryck som beräknats. Vid varje uppnått kanaltryck för en testpunkt bibehålls processen vid börvärdet enligt det tidsintervall som bestämts. Vid varje testpunkt sparas värdet för luftflöde samt tillförd effekt.

Då samtliga åtta testpunkter för reglerinställningen är uppmätta, reglerar automatiken kanaltrycket till det tryck som angetts som referenspunkt för ifrågavarande reglerinställning. Då kanaltrycket uppnår det börvärde som satts för referenspunkt, bibehålls processen vid detta börvärde enligt tidsintervallet, värdena för luftflöde samt tillförd effekt sparas.

Efter att reglerinställningens samtliga testpunkter är genomkörda, fortsätter automaten med nästa hel volts reglerinställning enligt samma metod. Ifall ventilationsaggregatets fläktar inte klarar av att generera ett tillräckligt högt kanaltryck i samband med tillräckligt hög tryckskillnad över mätflänsen vid någon reglerinställning så försöker automaten lösa detta med att sluta spjället som leder till den större mätflänsen och öppna spjället som leder till den mindre mätflänsen (se bottenskissen i bilaga 2, i vilken framgår två kanaler med varsin mätfläns). För att på detta vis kunna skapa ett högre mottryck i kanalen med ett tillräckligt tryckfall över den mindre mätflänsen.

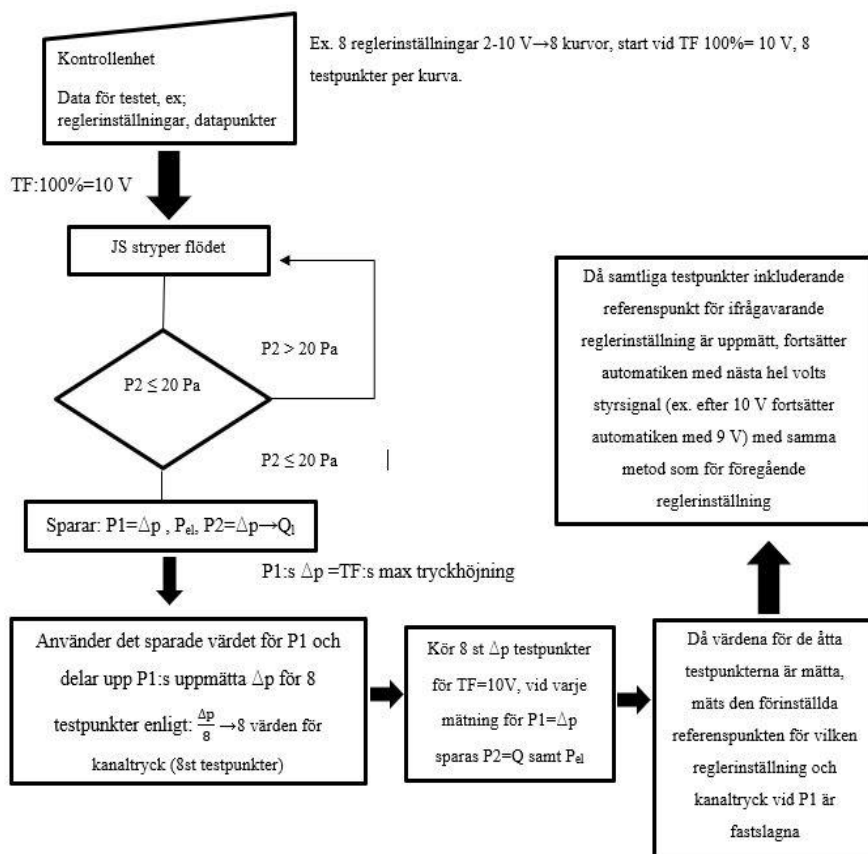


Figur 14. Reglerschema skiss.

Beteckning	Benämning	Reglering	Mätning	Obs!
FF	Frånluftfläkt	0-10 V _{DC}		Ej i bruk
TF	Tilluftfläkt	0-10 V _{DC}		
VVX	Värmeväxlare			Ej i bruk
P1	Tryckdifferensgivare		0-1000 Pa, 0-10 V _{DC}	Δp , kanaltryck (Pa)
P2	Tryckdifferensgivare		0-500 Pa, 0-10 V _{DC}	$\Delta p \rightarrow Q_l$, luftflöde (l/s)
JS	Justerbart Spjäll	0-10 V _{DC}		
EF	Extern Fläkt	0-10 V _{DC}		

Figur 15. Instrumentförteckning

Ett blockschema över regelschemat kan konstrueras på följande sätt:



Funktionsbeskrivning reglerschema:

I kontrollenheten matas manuellt in de värden som vill fås, vilka reglerinställningar som skall köras samt vilka de förhandsbestämda värdena är. Standardinställning är att testet körs från max reglerinställning alltså $10 V_{dc}$ ner för varje hel volt reglerinställning till $2 V_{dc}$ reglerinställning. Testet inleds således med $10 V_{dc}$ reglerinställning för TF. För maximalt kanaltryck är satt ett börvärde för tryckdifferensen över P2 på 20 Pa. I detta fall börjar automatiken med hjälp av JS strypa flödet i kanalen, för att skapa tryckskillnaden på 20 Pa vid P2, TF:s reglerinställning bibehålls konstant. JS stryper flödet tills 20 Pa över P2 uppnås, då värdet 20 Pa för P2 är uppnått bibehålls processen konstant för ett visst bestämt tidsintervall, det värde som uppmäts för P1 sparas, likaså sparas värdena för P2 som Q_1 samt värdet för tillförd effekt P_{el} . Värdet för P1 är det maximala kanaltrycket.

Automatiken fördelar det maximala kanaltrycket på 8 punkter mellan maximalt kanaltryck och det angivna minimala kanaltrycket. Automatiken kör igenom samtliga 8 kanaltryck som angetts som testpunkter, vid varje uppnått kanaltryck bibehålls processen enligt tidsintervallet och värden för P2 och P_{el} sparas. Automatiken reglerar kanaltrycket med hjälp av det JS, ifall kanaltryckets börvärde ej går att uppnå trots att JS är 100% öppet, så aktiverar automatiken EF för att uppnå det begärda kanaltrycket. Då värden för P2 och P_{el} är uppmätta och sparade för samtliga 8 testpunkter, kör automatiken kanaltrycket till det börvärde som angetts som referenspunkt. Värdena för P2 och P_{el} vid referenspunkten sparas. Då samtliga värden för ifrågavarande reglerinställning är uppmätta och sparade byter automatiken till följande hel volts reglerinställning för ventilationsaggrets fläktar.

4.4 Automatiken

Mätsystemet planerades göras med Siemens automatik och programmet som man tänkt använda är Siemens Desigo CC, vilket är ett fastighetsautomationssystem. Siemens Desigo CC har olika funktioner såsom trendfunktioner för att samla data och analysera data samt förändringar av parametrar för automatiken. /7/

Automatiken planerades med två olika alternativ, ett med endast analoga 0-10 V signaler och ett med 0-10 V samt Modbus RTU kommunikation. Skillnaden mellan dessa alternativ av automation är mängden fysiska kopplingar samt utrustning. Automatiken med endast 0-10 V_{DC} signaler kräver fler fysiska kopplingar och därmed även fler moduler samt utrustning. Fördelen med 0-10 V_{DC} systemet är att det är lättare att upptäcka fel i automatikkretsarna eftersom signalerna går att kolla med en multimeter och därmed se om utsignalen från kontrollenheten till reglerutrustningen är korrekt.

0-10 V_{DC} systemet påverkar dock mätnoggrannheten något, eftersom mätresultatet först måste konverteras till en analog signal och fördelas på 0-10V, för att sedan konverteras till en digital signal för att kunna visas i displayen. Mätnoggrannheten hos mätarna i systemet med 0-10 V_{DC} påverkas även av de olika mätområdena, för olika mätområden skall mätarna kopplas olika, vilket ger ett behov av fler mätare.

För 0-10 V_{DC} automatiken behövs automationsenhet samt Input/Output moduler, med utgångar för samtliga mätare samt reglerutrustning. Automatiken kan byggas med Siemens desigo produkter som automationsenhet kan exempelvis PXC200-E.D användas vilken har 200 datapunkter med olika kontroll- och systemfunktioner /8/. Modulerna för de analoga signalerna för mätare och reglerutrustning kunde exempelvis vara Siemens universalmoduler av modellen TXM1.8U, vilken har åtta stycken universala in- och utgångar vilka kan definieras som digital ingång, analog utgång 0-10V samt analog ingång 0-10 V /9/. Spjällmotorerna som regleras med 0-10 V kunde exempelvis vara Siemens GLB161.1E som justeras med 0-10 V och har märkspänning på 24 V_{AC} eller 24 V_{DC} med ett vridmoment på 10 Nm /10/. Spjällmotorerna som sköter spjällen vid Y-styckena sköts med Digital Output moduler eftersom dessa endast har två lägen, alltså ON och OFF, till detta kan exempelvis modulen TMX1.6R användas. Modulen är en relemodul med 6 stycken digitala utgångar /11/. Motorerna som skall sköta Y-styckets spjäll kan vara Siemens GLB142.1E med en märkspänning på 24 V_{AC} eller 24 V_{DC} som har reglerinställning för 2 eller 3 stycken positioner och ett vridmoment på 10 Nm /10/. De externa fläktarna regleras med 0-10 V styrsignal, som standardinställning. I detta alternativ utgår automatiken från insignaler på 0-10 V från mätarna och reglerar därefter spjällmotorerna och fläktarna med att ge utsignaler på 0-10 V. Likaså sköts ventilationsaggregatets fläktars reglering med 0-10 V. För samtlig utrustning som regleras med 0-10 V behövs analoga in- och utgångar.

I mätsystemet med endast 0-10 V_{DC} beräknas behövas ca sju stycken moduler av typen TXM1.8U samt tre stycken TMX1.6R för att kunna automatisera testprocessen. Utöver detta kommer antalet mätare vara något fler till antalet eftersom de ställs in fysiskt på olika mätområden, 2 stycken tryckdifferenstransmittrar per kanal per testplats vilket skulle ge upphov till totalt 16 stycken tryckdifferenstransmittrar för mätsystemet. Utöver mätutrustning och I/O-moduler behövs moduler för effektmatning, som försörjer automationsmodulerna med 24 V_{DC} och utrustning med 24 V_{AC} samt transformatorer som omvandlar 230 V_{AC} till 24 V_{AC}.

I systemet med Modbus RTU och 0-10 V_{DC} krävs färre fysiska kopplingar än i ovan nämnda system. I systemet med Modbus RTU och 0-10 V_{DC} används exempelvis Produals PEL-N-M mätare, vilka kommunicerar med Modbus RTU, vilket gör att inte lika många fysiska kopplingar behövs, alltså färre I/O-moduler. PEL-N-M:s mätområde går även att ställa med ML-SER verktyget vilket gör att mätarna fysiskt inte måste ställas in på olika mätområden.

I systemet styrs spjällmotorn för det justerbara spjället med en spjällmotor med Modbus RTU-kommunikation. Spjällmotorn som man kan använda sig av är exempelvis en Siemens GLB111.1E/MO vilken har en märkspänning på 24 Dc eller Ac och ett vridmoment på 10 Nm /12/. Tvålägesspjällen efter Y-stycket kan man exempelvis styra med Siemens GLB141.1E spjällmotor, då endast två lägen behövs är det onödigt att styra ifrågavarande spjäll med GLB111.1E/MO. GLB142.1E är dessutom förmånligare dessutom enligt listpris då GLB111.1E/MO enligt listpris kostar 288,20 € medan GLB142.1E kostar 191,26 € /143/. För att styra Siemens GLB141.1E kan man använda sig av rel'modulen TMX1.6R.

För systemet där Modbus RTU och 0-10 V_{DC} kombineras, används Modbus RTU för att få värden från tryckdifferensgivarna samt att styra det justerbara spjället. Reglerandet av ventilationsaggregatets fläktar samt de externa fläktarna sköts med 0-10 V_{DC} vilket ger ett behov av analoga in- och utgångar för vilka kan användas modulen TXM1.8U. Tvålägesspjällen sköts med relämodul, exempelvis TMX1.6R, tvålägesspjällens regleringen har endast två kommandon antingen slutet eller öppet. Automationsenheten som kan användas för systemet kan vara samma som för 0-10V systemet alltså en PXC200-E.D, bara man ansluter en Modbus adapter till systemet.

I systemet med Modbus beräknas behövas tre stycken universalmoduler TXM1.8U samt tre stycken TMX1.6R. Skillnaderna mellan de två systemen uppkommer just i antalet I/O moduler och mätare, men även att systemet med Modbus kräver fler extra adaptrar samt verktyg såsom Modbus adaptern för automatiken och ML-SER verktyget för Proidual tryckdifferenstransmittrar. Även spjällmotorerna för det justerbara spjället är enligt listpriserna dyrare än spjällmotorerna med 0-10V.

5 KOSTNADSKALKYL

Kostnadsuppskattningen gjordes enligt listpriser, för kanaler och kanaldelar användes Lindabs prislista /14/, tryckdifferensgivare enligt Proiduals prislista /15/ och för Siemens automatik användes Siemens HIT portal för priser /16/. För de externa fläktarnas pris användes EBM:s fläkt G2E180EH0301 och dess pris /17/.

0-10V		Modbus RTU	
Spjällmotorer	2 713,12 €	Spjällmotorer	2 867,12 €
Automatik	13 280,00 €	Automatik	11 095,00 €
Mätutrustning	6 502,00 €	Mätutrustning	5 837,00 €
Spjäll	1 081,90 €	Spjäll	1 081,90 €
Fläktar	1 204,00 €	Fläktar	1 204,00 €
Kanal och kanaldelar	630,50 €	Kanal och kanaldelar	630,50 €
Totalt:	25 361,62 €	Totalt:	22 715,52 €

Figur 17. Kostnadskalkyl tabell

I figur 17 kan ses hur mycket en investering i mätsystemet uppskattas kosta. I figuren inkluderas olika delområden för mätsystemet samt att figuren inkluderar kostnader för de båda automatik alternativen. I figuren finns en kostnadsberäkning för 0-10V reglering och en för reglering med både Modbus RTU och 0-10V. Vad som kan noteras i tabellen är att kostnaden för mätsystemet beroende på automatik ligger mellan ca 23 000 och 26 000 € då priserna är enligt listpris. Kostnadsuppskattningen inkluderar inte kablage samt övriga mindre komponenter exempelvis fästen som kan behövas vid verkställande av mätsystemet. I kostnadsuppskattningen är heller inte UPS eller effektmätare medräknat eftersom denna utrustning redan används.

Av figuren kan noteras en ca 2000 euros skillnad i investeringskostnad totalt, detta beror till största delen på automatikens kostnad där systemet med 0-10 V kostar nästan 2100 euro mer. Orsaken till detta ligger i antalet universalmoduler av modell TXM1.8U som enligt listpris kostar 522 € euro styck /16/. På grund av ett färre antal moduler (endast 3 stycken) är priset lägre för systemet med Modbus RTU än för systemet med endast 0-10V. I fråga om spjällmotorer är priset för systemet med Modbus något högre detta beror på att spjällmotorn med Modbus RTU alltså GLB111.1E/MO är litet dyrare än GLB161.1E. En annan skiljande punkt är mätutrustningen, själva mätaren PEL-N är förmånligare än PEL-N-M men eftersom man vill ha två mätområden så kommer total kostnaden för 0-10 V systemets mätutrustning att vara något högre.

Möjliga inbesparingar i investeringskostnader kunde vara att välja en annan typ av spjällmotor för tvålägesspjällen. Motorn som använts som exempel är en GLB142.1E vilken inkluderar potentiometer, ifall man vill ha en billigare variant av motor kan exempelvis motorn GLB141.1E väljas som saknar potentiometer men är ca 60 euro förmånligare /16/. Även mätutrustningens investeringskostnader går att sänka för 0-10V automatiken, med att nöja sig med endast en tryckdifferentialtransmitter per testkanal så skulle priset för mätutrustningen sjunka med ca 1460 euro

Systemens kanaldelar, kanaler samt fläktar och spjäll har alla lika stor kostnad eftersom mätsystemen i övrigt är identiska och endast automatiken samt mätutrustningen skulle skilja sig för de båda systemen. Om systemet skulle utrustas med en kombination av Modbus RTU och 0-10 V skulle en del extra utrustning vara nödvändig men trots det billigare som investering enligt dessa beräkningar eftersom antalet fysiska kopplingar är färre

6 AVSLUTNING

Mätsystemet som planerades var en del i att förbättra och förenkla testandet av ventilationsaggregaten. Idén för arbetet kom upp som en del i hur testprocesserna för prestativtesterna kunde göras effektivare och mindre tidskrävande. Automatiken som valdes skulle vara möjlig att utvidga, så att ytterligare tester kunde anslutas till samma automatik och kunna övervakas med en kontrollenhet.

Arbetet gick ut på att kontrollera vilka möjligheter som fanns både ur ett ekonomiskt perspektiv samt ett mättekniskt bättre perspektiv. Som en del av detta var bland annat att kontrollera hur utrustning kunde samspela och på vilka sätt som detta kunde förverkligas på lämpligaste vis, så att systemet inte tar för mycket plats men också så att systemet skulle fungera i praktiken på lämpligt vis.

Mätsystemet som presenterats i det här arbetet är en variant på hur mätningarna kunde automatiseras mer. Hur förverkligandet sker finns det flera möjligheter för, det som presenterats i arbetet är endast ett par möjligheter hur man kunde förenkla och förbättra testprocessen. En annan möjlighet vore exempelvis att ansluta fler kanaler till boxen till exempel en enda anslutningskanal per testplats för att ge automatiken möjlighet att välja mellan ytterligare mätflänsar. En annan ytterligare förbättringsmöjlighet skulle kunna vara att automatisera bytandet av fläns så att inte kanaler behöver växlas, exempelvis så att automatiken med hjälp av exempelvis pneumatik och mekanik skulle kunna växla mätfläns i systemet. Med en fungerande sådan lösning skulle man enkelt kunna öka antalet mätflänsar och på så vis öka mätområdet.

Mätsystemet som presenteras i examensarbetet erbjuder en möjlighet till en enklare testprocess, med tanke på de förhandsinställda testprogrammen så skulle testet kunna sköta sig självt relativt långt. De fasta kanalerna skulle också möjliggöra mer identiska utgångslägen för testningen och garantera att de krävda sträckorna för rak kanal både före och efter mätutrustning uppfylls. Vid förverkligande av det nya mätsystemet måste möjligheterna att förena effektmätaren PM3000A med automatiken kontrolleras, likaså övervakningen av styrsignalerna till fläktarna.

Examensarbetet var intressant eftersom det berörde områden som man inte har så mycket erfarenhet av, vilket gav upphov till nya kunskaper och mer information om hur saker och ting fungerar samt vad som skall tas i beaktande.

KÄLLOR

- /1/ Enervent Oy. Tillgänglig: <https://www.enervent.fi/company/>
Hämtad: 27.11.2017
- /2/ Suomen Standardisoimisliitto SFS, *SFS-EN 13141-7*.
- /3/ Suomen Standardisoimisliitto SFS, *SFS-EN 13141-4*.
- /4/ D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma Ympäristöministeriö, *Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto – Määräykset ja ohjeet 2012*.
Tillgänglig: www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf
Hämtad: 18.12.2017
- /5/ Nordtec Instrument Ab, *Lufthastighet, fakta mätteknik*.
Tillgänglig: http://www.nordtec.se/sites/default/files/pdf__4.pdf
Hämtad: 20.11.2017
- /6/ Voltech Instruments Ltd, *VoltechPM3000A Power Analyser User Manual*, användarmanual.
- /7/ Siemens, *Management functions*, Desigo CC datablad. Tillgänglig: <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=SE&lang=sv&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=BPZ%3aManagement> Hämtad 4.1.2018
- /8/ Siemens, *Modulaariset automaatioyksiköt_PXC....D, PXC...-E.D, PXA40-...*, produkt datablad.
Tillgänglig: <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=BPZ%3aPXC200-E.D> Hämtad: 3.1.2018

- /9/ Siemens, *Universaalimoduulit TXM1.8U, TXM1.8U-ML*, produktdatablad.
Tillgänglig: <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=BPZ%3aTXM1.8> Hämtad: 2.1.2018
- /10/ Siemens, *Air damper actuators GLB...1E*, produktdatablad. Tillgänglig: <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=BPZ%3aGLB..1E> Hämtad: 2.1.2018
- /11/ Siemens, *Relemoduulit TXM1.6R, TXM1.6R-M*, produktdatablad.
Tillgänglig: <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=BPZ%3aTXM1.6R> Hämtad: 2.1.2017
- /12/ Siemens, *Damper Actuator Modbus RTU G..B111.1E/MO*, datablad. Tillgänglig: <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=S55499-D270> Hämtad: 4.1.2018
- /13/ Siemens HIT Portal, *Kääntöliikkeiset ilmapeltien toimimoottorit 10 Nm ilman jousipalautusta*. Tillgänglig: <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowProduct&KEY=BPZ%3aGLB..1E> Hämtad: 4.1.2018
- /14/ Lindab, *Lindab Ilmastointituotteet Hinnasto 16.1.2017 alv 0%*. Tillgänglig: <http://www.lindab.com/fi/Documents/Ilmastointi/esitteet%20ja%20dokumentit/ilmastointituotteiden-hinnasto-16.1.2017.pdf> Hämtad: 4.1.2018
- /15/ Prodeal, *HINNASTO LVI-AUTOMATIIKAN SÄÄTÖLAITTEET*. Tillgänglig: http://d3w3cpsosewcdn.cloudfront.net/prodeal/sites/9/2017/07/10124609/2017_Hinnasto_fi.pdf Hämtad: 4.1.2018
- /16/ Siemens HIT Portal.
Tillgänglig: <https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=HitBase&ACTION=OpenPage&KEY=Home> Hämtad: 4.1.2018

/17/ Ebm-papst. Tillgänglig:

<http://www.ebmpapst.fi/fi/tuotteet/Keskipakopuhaltimet/Kaavulliset-keskipakopuhaltimet.-yhdel% C3% A4-puolelta-imev% C3% A4t/G2E180EH0301>

Hämtad: 4.1.2018

PRODUAL PEL DATABLAD



1131.11en
03.02.2015

PEL - DIFFERENTIAL PRESSURE TRANSMITTER

PEL is a pressure transmitter for detecting pressures and pressure differences in air handling systems. The pressure measurement is temperature compensated according to the ambient temperature.

The M models have RS-485 connection for Modbus RTU communication. ML-SER tool is needed at commissioning for making the Modbus settings.

The transmitter zero point is kept accurate by using the regular automatic zeroing, eliminating the possible zero point drifting. No re-calibration is normally needed.

The influence of process disturbances (e.g. turbulence) can be damped by selecting suitable time constant (2 s or 8 s).

The N models have a backlit display. The display resolution is 0,1 Pa for measured values below 200 Pa and 1 Pa for values over 200 Pa. The display can be added also after commissioning.

Selecting measuring range:

S2	S3	S4	
		Measuring range	Accuracy
■	■	0...1000 Pa ^{*)}	±500 Pa
■	■	0...500 Pa	±250 Pa
■	■	0...200 Pa	±100 Pa
■	■	0...100 Pa	±50 Pa

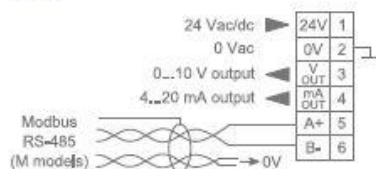
^{*)} Factory setting. The 0...1000 Pa range is also used for the custom range setting. The range limits can be changed with the ML-SER tool or via Modbus.

Selecting time constant:

S1	Time constant
■	2 s
■	8 s ^{*)}

^{*)} Factory setting.

Wiring:



Technical data:

Supply	24 Vac/dc (22...28 V), 2 VA
Measuring ranges	0...100 Pa ±50 Pa 0...200 Pa ±100 Pa 0...500 Pa ±250 Pa 0...1000 Pa ±500 Pa
Accuracy	±0,8 Pa ± 1 % of reading (25 °C)
Outputs	*0...10 / 2...10 / 0...5 Vdc, < 2 mA *4...20 / 0...20 mA, 700 Ω Modbus RTU (RS-485)
Communication (M models)	
Time constant	2 s or *8 s
Max. over pressure	74 kPa
Pressure connections	Ø5 mm
Display (N models)	backlit dot matrix display
Operating temperature	0...+45 °C
Housing	IP54, polycarbonate
Dimensions (w x h x d)	105 x 102 x 46 mm
	* = factory setting

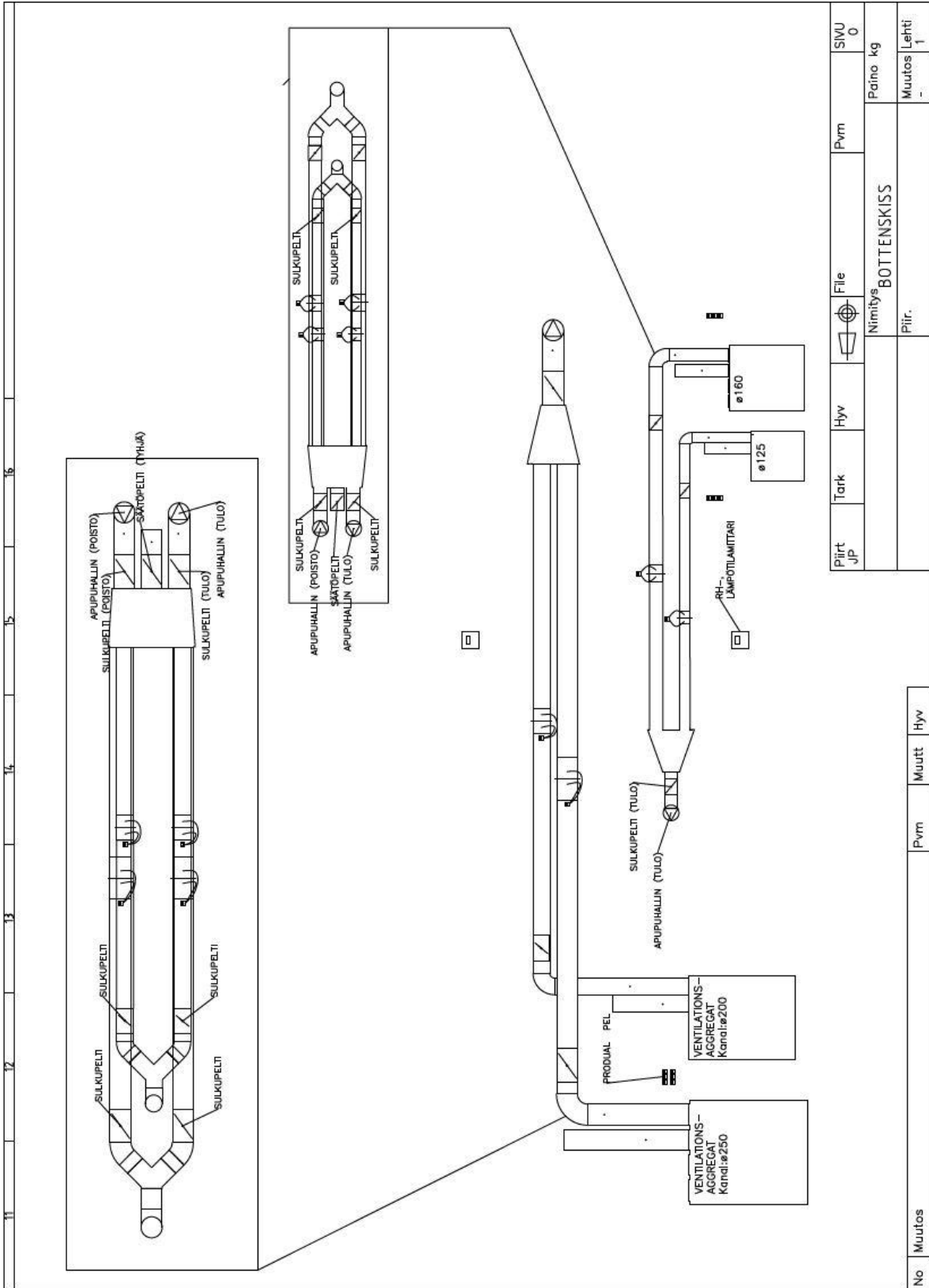
Ordering guide:

Model	Product number	Description
PEL	1131110	differential pressure transmitter
PEL-N	1131111	differential pressure transmitter with display
PEL-M	1131360	differential pressure transmitter with Modbus
PEL-M-N	1131361	differential pressure transmitter with Modbus and display
ML-SER	1136010	transmitter commissioning tool

Products fulfil the requirements of directive 2004/108/EC and are in accordance with the standards EN61000-6-3 (Emission) and EN61000-6-2 (Immunity).

BILAGA 2

BOTTENSKISS



Piirt J/P	Tark	Hyv	File	Pvm	SIVU 0
			Nimitys BOTTENSKISS	Paino kg	
			Piir.	Muutos	Lehti 1

No	Muutos	Pvm	Muutt	Hyv
----	--------	-----	-------	-----