

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för maskinteknik

VENTILATIONS LABORATORIUM FÖR HÖGSKOLAN PÅ ÅLAND

Robin Johansson, Samuel Räike



2019:03

Datum för publicering: 07.05.2019

Handledare: Göran Henriksson

EXAMENSARBETE

Högskolan på Åland

Utbildningsprogram:	Maskinteknik
Författare:	Robin Johansson, Samuel Räike
Arbetets namn:	Ventilationslaboratorium för Högskolan på Åland
Handledare:	Göran Henriksson
Uppdragsgivare:	Högskolan på Åland

Abstrakt:

I det här arbetet presenterar vi hur ett ventilationslaboratorium har byggts för Högskolan på Åland.

Syftet med ventilationssystemet är att fungera som undervisningsplattform inom ventilations- och reglerteknik.

Vi kommer att gå genom arbetet från planeringsskede fram till byggt system. Största frågan var vad som behövs för att alla mätningar skall kunna utföras på systemet.

Med mätningar på systemet har vi kunnat visa att systemet fyller beställarens krav och kommer att fungera bra i utbildningssyftet.

Nyckelord (sökord):

Ventilation, Laboratorium, System, Luft, Tryckfall, 3D-ritning, Fläkt

Högskolans serienummer:	ISSN:	Språk:	Sidantal:
2019:03	1458-1531	Svenska	46

Inlämningsdatum:	Presentationsdatum:	Datum godkännande:	för
09.04.2019	30.11.2018	07.05.2019	

DEGREE THESIS

Åland University of Applied Sciences

Study program:	Mechanical Engineering
Author:	Robin Johansson, Samuel Råike
Title:	Ventilation Laboratory for the Åland University of Applied Sciences
Academic Supervisor:	Göran Henriksson
Technical Supervisor:	Åland University of Applied Sciences

Abstract:

In this thesis we present how a ventilation laboratory is built for the Åland University of Applied Sciences.

The purpose of the ventilation system is to function as an educational platform in ventilation as well as in control and instrumentation technology.

We are going to present the work from planning phase to finished system. Our most important question was, what is needed to carry out all measurements on the system.

With measurements on the system we can conclude that the system fulfils the requirements from the client.

Key words:

Ventilation, Laboratory, System, Air, Depressurization, 3D-drawing, Fan

Serial number:	ISSN:	Language:	Number of pages:
2019:03	1458-1531	Swedish	46

Handed in:	Date of presentation:	Approved on:
09.04.2019	30.11.2018	07.05.2019

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	6
1.1	Ämnesval.....	6
1.2	Syfte	6
1.3	Vår uppgift	6
1.4	Frågeställningar	6
1.5	Avgränsningar	6
1.6	Definitioner	7
2	SYSTEMBESKRIVNING.....	8
2.1	Syfte	8
2.2	Funktion	9
2.2.1	Ventilationssystem.....	9
2.2.2	Fläktsystem	10
3	FÖRARBETE.....	11
3.1	Funktionsschema.....	11
3.1.1	Ventilationssystem.....	11
3.1.2	Fläktsystem	12
3.2	Tryckfallsberäkning	13
3.3	Genomgång och val av komponenter.....	14
3.3.1	Ventilationsaggregat	14
3.3.2	Elektrisk värmning.....	15
3.3.3	Vattenburen kylning.....	15
3.3.4	Vattenburen uppvärmning	16
3.3.5	Ljuddämpning	17
3.3.6	Spjäll	17
3.3.7	Don.....	18
3.3.8	Luftfuktaren	20
3.3.9	Luftspridning.....	21
3.3.10	Kanaldetaljer	22
3.3.11	Fläktar.....	22
3.3.12	Spjäll.....	23

3.4	3D-ritningen	24
4	BYGGPROCESSEN.....	25
5	RESULTAT	36
5.1	Ventilationssystem	37
5.1.1	Styrsystem.....	40
5.2	Fläktsystem.....	41
6	SLUTSATS	42
	KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTÄCKNING.....	43
	BILAGOR.....	46
	Bilaga 1/1(3) – Tryckfallsberäkning Excel	
	Bilaga 1/2(3) – Tryckfallsberäkning Excel	
	Bilaga 1/3(3) – Tryckfallsberäkning Excel	
	Bilaga 2 – Utgångsschema Ventilationssystem	
	Bilaga 3 – Uppdaterat schema Ventilationssystem	
	Bilaga 4 – Utgångsschema Fläktsystem	
	Bilaga 5 – Uppdaterat schema Fläktsystem	

1 INLEDNING

1.1 Ämnesval

Detta examensarbete är ett uppdrag av Högskolan på Åland, som vill ha ett ventilationssystem till deras maskinlaboratorium. Ämnet väckte stort intresse hos oss, då det är väldigt intressant att få vara med ända från planeringsskedet fram till att fysiskt bygga systemet. Högskolan på Åland har en längre tid velat ha ett ventilationslaboratorium och på samma gång får man byggt ventilation till ångpannans kontrollrum, som har haft en väldigt dålig inneluft.

1.2 Syfte

Ventilationssystemet som byggs kommer att ha ett pedagogiskt syfte men även fungera som ventilation för kontrollrummet, med vilket studerande från Högskolan på Åland, samt Ålands Sjöfartsgymnasium skall kunna laborera och göra beräkningar på basen av mätvärden från laborationen. Ventilationslaboratoriet skall ge en inblick i hur ventilationssystem fungerar, samt vilka saker det kan vara bra att tänka på då man hanterar ett ventilationssystem.

Ventilationslaboratoriet skall kunna användas av både maskinteknik- och elektroteknikstuderande, vilket gör att systemet kommer att ha ett eget automationssystem och varje komponent skall kunna styras enskilt från en dator.

1.3 Vår uppgift

Uppgiften från beställaren var genomgång och val av komponenter och utrustning utgående från schema. Planera systemet utgående från schema och uppgöra 3D-ritning. Beställa utrustning och montera, samt driftsätta anläggningen.

1.4 Frågeställningar

Uppdragsgivaren har framställt ett utrymme där ventilationssystemet skall byggas och gett önskemål på vilka komponenter som skall finnas, samt vilka mätningar som skall kunna göras med ventilationssystemet. Detta har skapat frågorna:

1. Hur skall systemet, samt komponenter placeras för att göra systemet så användarvänligt som möjligt?
2. Vilka krav ställs på komponenterna för att de ska fungera så bra som möjligt?
3. Vad behövs för att alla mätningar skall kunna utföras på systemet?

1.5 Avgränsningar

Standarder gällande byggande av ett ventilationssystem kommer inte att följas, då det är fråga om ett ventilationslaboratorium.

Systemets styrsystem kommer att beaktas, men inte slutföras som en del av arbetet. Val och beställning av styrsystem samt givare kommer att göras. Montering av givare och programmering av styrsystem sköts av beställaren.

Alla elarbeten blir till beställaren att göra, endast ventilationsaggregatet kommer att driftsättas, för att kunna jämföra förhandsberäkningar med slutliga resultatet.

De värmeväxlare som fungerar med vatten kommer beställaren att koppla vattnet. Endast en utredning varifrån vattnet helst skulle tas kommer att göras. Beställaren får själv göra beslutet om hur det blir i slutändan.

1.6 Definitioner

Här beskrivs kort vissa begrepp som förekommer, för att ge en bättre förståelse av arbetet.

- Uteluft – Luften som från utsidan kommer in till ventilationsaggregatet.
- Tilluft – Luften som från ventilationsaggregatet förs in i kontrollrummet.
- Frånluft – Luft som sugas bort från kontrollrummet till ventilationsaggregatet.
- Avluft – Luft som åker från ventilationsaggregatet ut.
- Luftdon – Ett don i ändan av ventilationskanalen där luften sprids in i rummet eller sugas ut ur rummet.
- Vattenburen värmeväxlare – En värmeväxlare som antingen kyler eller värmer luften med vatten. Vattnet cirkulerar inne i värmeväxlaren i tuber och luftflödet är på utsidan av tuberna.

2 SYSTEMBESKRIVNING

2.1 Syfte

Syftet med ventilationssystemet är att följande saker skulle kunna utföras. Detta var ett krav från beställaren.

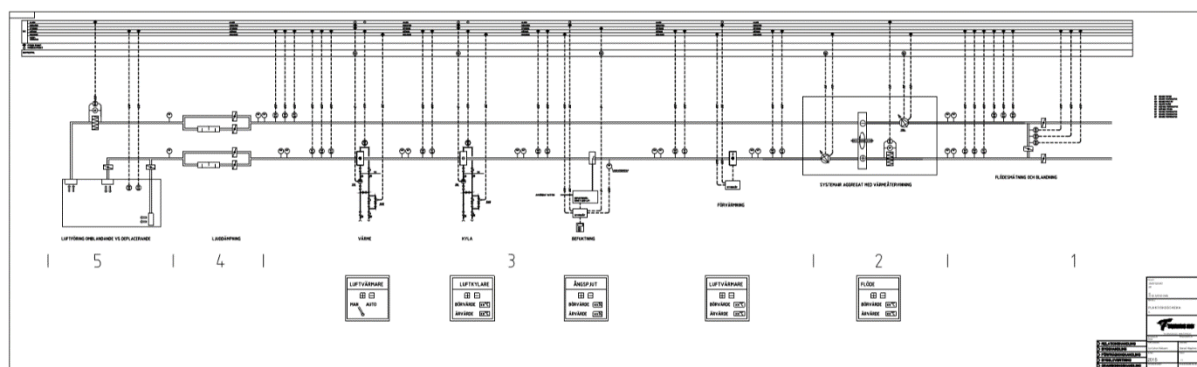
- Luftspridning i rum, olika don
- Reglering av flöde, temperatur
- Energibalans
- Filter, underhåll
- Kanalinspektion, rengöring
- Ljuddämpning
- Fläkttyper
- Affinitetslagar
- Verkningsgrad
- Systemkaraktistika
- Tryckförlust kanal, armatur
- Fläktkaraktistika
- Spjällkaraktistika
- Värmning
- Kylning (torkning)
- Befuktning
- Blandning
- Värmeåtervinning
- Flödesmätning, fast, portabel
- Luftkvalitet, tillstånd, hastighet
- Kontinuitetsekvationen
- Automation

2.2 Funktion

2.2.1 Ventilationssystem

Ventilationssystemet består av följande huvuddelar, se bilaga 2.

1. Luftblandning
2. Värmeåtervinning
3. Luftkvalitet
4. Ljuddämpning
5. Luftspridning



Figur 1. Funktionsschema för ventilationssystemet, ritad av Turing Ab.

Schemat som visas ovanför i figur 1, var ett funktionsschema som beställaren hade sammanställt tillsammans med projekteringsföretaget Turing Ab. Från detta schema utvecklades systemet, så att det blev mer anpassat för laborationer samt utrymmet det byggdes i.

Systemets funktion vid del 1 (se schema), är att ha värmeåtervinning med blandning av avluft och uteluft då det är en vanlig lösning i äldre konstruktioner. Vid del 2 kommer en modernare värmeåtervinningsfunktion, som i dagens läge delvist ersatt blandningen av avluft med uteluft. Det är ett fläktaggregat med en roterande värmeväxlare. Den innehåller till- och frånluftsfläkt samt en roterande värmeväxlare, som fungerar så att den varma frånluften värmer upp rotorn som i sin tur värmer upp den kalla uteluften.

Luftkvaliteten bestäms vid del 3, där det finns en elektrisk förvärmare, luftfuktare, vattenburen kylare samt en vattenburen värmare. Den elektriska förvärmarens uppgift är att värma tilluften till en önskad temperatur. Efter den kommer en luftfuktare vars uppgift är att öka på luftfuktigheten. Efteråt kommer den vattenburna kylaren samt värmaren. Med dem kan man laborera med att torka luften eller endast kyla eller värma luften.

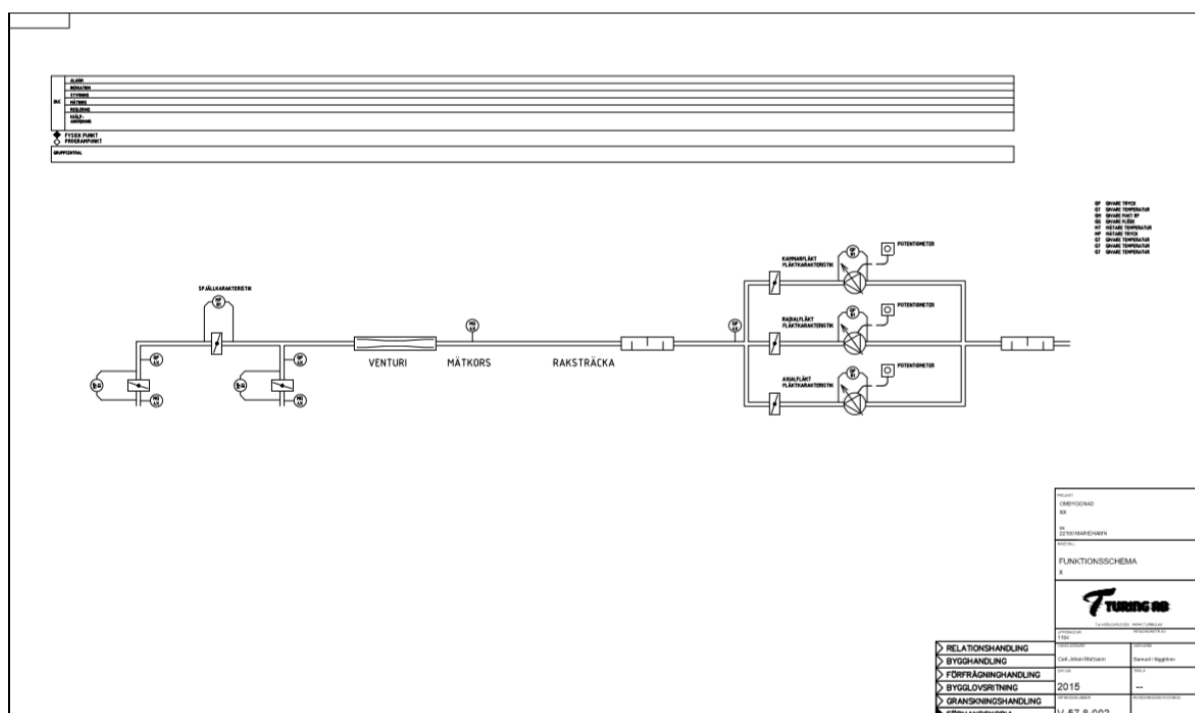
Ljuddämpningsfunktionen vid del 4 finns för att laborera med ljudnivåer i både frånluften och tilluften.

Vid del 5 finns luftspridningen. Där kan väljas bland olika frånluftsdon och tilluftsdon för att få fram den bästa luftcirkulationen.

2.2.2 Fläktsystem

Fläktsystemet består av följande huvuddelar, se bilaga 4.

1. Fläkttyp
2. Spjälltyp



Figur 2. Funktionsschema för fläktsystemet, ritad av Turing Ab.

Systemets uppgift kommer att vara jämförelse mellan fläkttypen samt olika spjäll och att göra inställningar av luftflöden till två olika kanaler. Med spjället mellan kanalerna kan distansen mellan utloppen simuleras. För fläktsystemet hade Turing Ab också ritat ett funktionsschema, som kan ses ovanför i figur 2.

3 FÖRARBETE

3.1 Funktionsschema

3.1.1 Ventilationssystem

När systemet designades, användes funktionsschemat från beställaren som utgångspunkt. Det gjordes en hel del förändringar på systemet för att förbättra samt för att få flera laborations möjligheter. Det uppdaterade funktionsschemat kan ses i figur 3 nedanför. En idé om ett helt automatiserat system framfördes till beställaren för att möjliggöra utövning av automationslaborationer. Därav gjordes alla spjäll motorstyrda samt alla manuella mätare gjordes till elektroniska givare. Istället för de manuella mätarna lades det in mätuttag för portabla handmätare.

Luftblandningsdelen förändrades så att möjligheten att använda uteluft från maskinhallen samt köra avluften till maskinhallen lades till. När maskinhallsluften används, finns dock risken att byggnadens egna ventilationssystem påverkas. Risken för att byggnadens ventilationssystem påverkas, är då ventilationslaboratoriet används så att luften antingen tas från utsidan och blåses in i maskinhallen eller att luften tas ur maskinhallen och blåses ut.

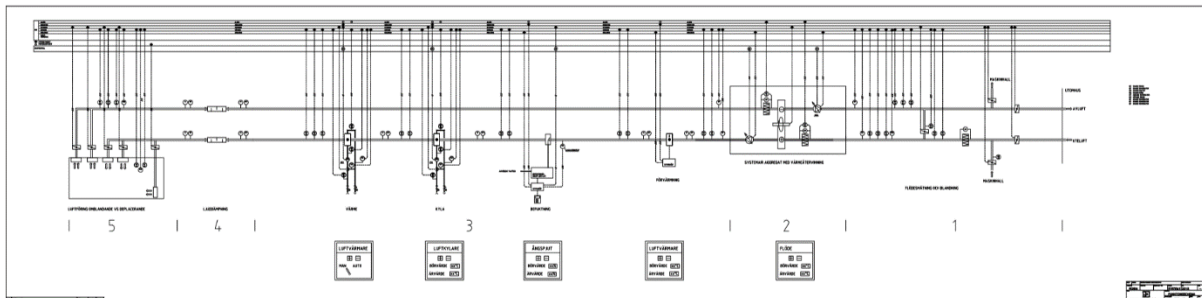
Värmeåtervinningsdelen planerades så att fläktarna får en steglös varvtalsstyrning och den roterande värmeväxlaren likaså för att göra det möjligt att optimera värmeåtervinningen med automatiken.

Vid luftkvalitetsdelen gjordes det inte några stora förändringar. Vattensystemet för den vattenburna värmaren och kylaren planerades om så att en stabilare och mer noggrann mätning och injustering skulle uppnås.

Ljuddämpningen förändrades så att det blev löstagbara ljuddämpare som kunde bytas ut mot rak kanal eller annan typ av ljuddämpare. Detta för att de skall vara mer jämförbara samt för att spara utrymme.

Antalet don och donplacering i rummet gjordes på det viset att det skall finnas varierande lösningar att pröva mellan. För att få se luftspridningen i rummet valdes det att en rökmaskin

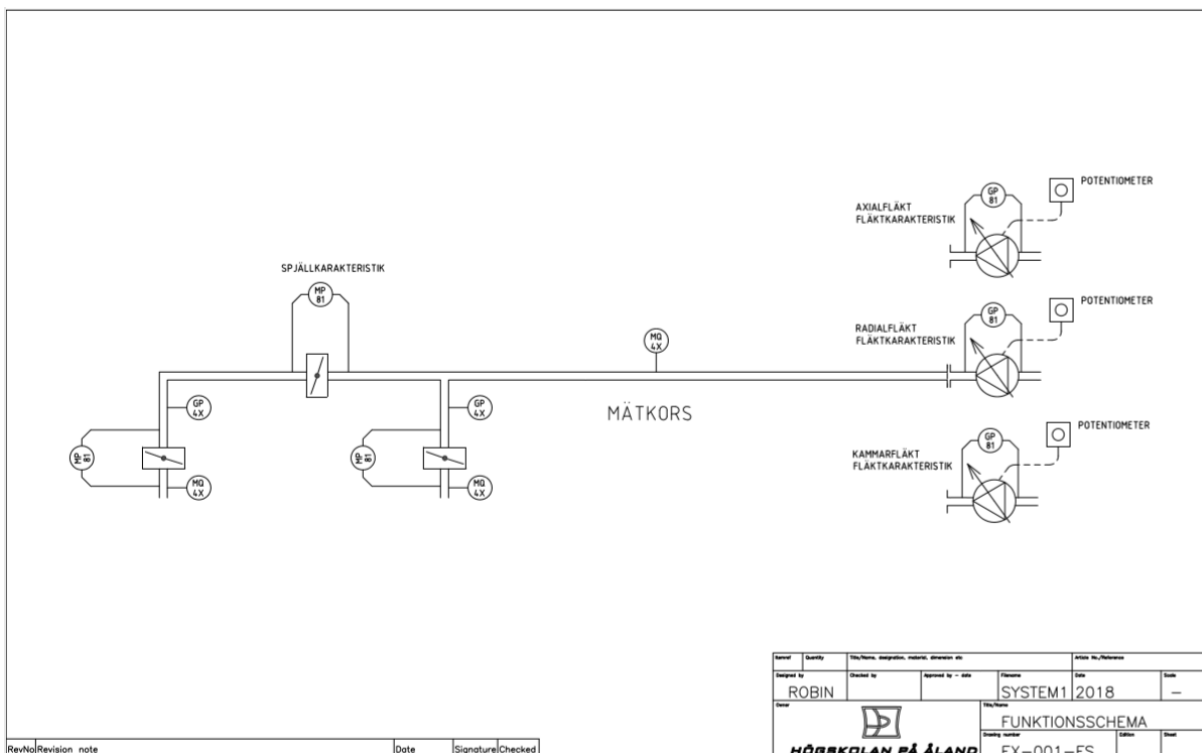
skulle inhandlas, som kan kopplas till systemet. Det valdes även att inhandla koldioxidgivare för rummet och i kanalen, i automationssyfte, se bilaga 3.



Figur 3. Uppdaterat funktionsschema för ventilationssystemet.

3.1.2 Fläktsystem

Systemet planerades här på det viset att det blev löstagbara fläktar för att göra systemet kompaktare och för att göra fläktjämförelsen mer rättvis. Ljuddämpningen togs bort från systemet för att den laborationsmöjligheten finns på det stora ventilationssystemet. Venturiröret togs även bort för att det inte finns att köpas, om man inte specialbeställer det eller gör det själv. Fläktarna kommer att styras med en enda frekvensomriktare. Det uppdaterade funktionsschemat kan ses nedanför i figur 4. Se bilaga 4.



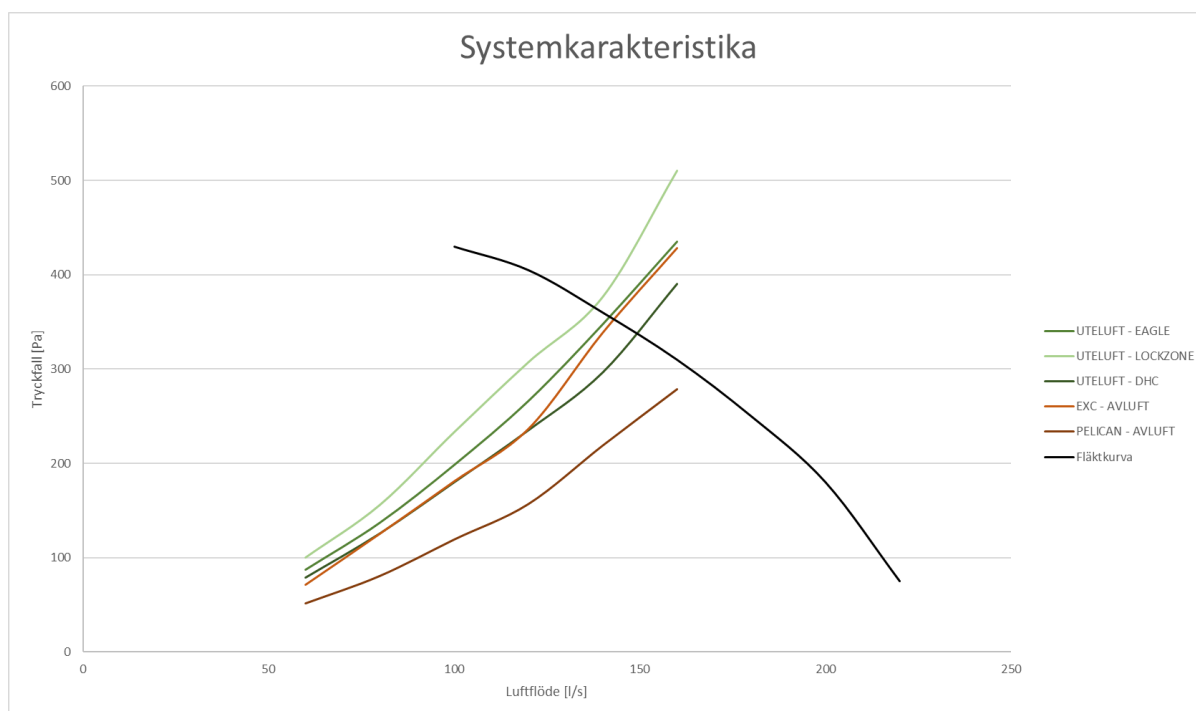
Figur 4. Uppdaterat funktionsschema för fläktsystemet.

3.2 Tryckfallsberäkning

Tryckfallet över systemet är det som dimensionerar valet av fläktar, för att uppnå önskat volymflöde. Med hjälp av produktdata för de olika komponenterna i systemet gjordes en tryckfallsberäkning vid olika flöden. Ett flöde över 100 l/s valdes att uppnå för att det önskades ett högre flöde än 100 l/s i kanalerna för att göra det möjligt att laborera med ljudnivåer från kanalsystemet. Alla produkter hade inte givet tryckfall för vissa flöden, som gjorde att vissa värden måste räknas med en medel- k-faktor från de utgivna värden, vilket inte ger det riktiga svaret men anses vara tillräckligt noggrant.

En beräkning för att få fram systemkaraktistikan utfördes också för att endast få en preliminär uppfattning för hur ventilationssystemet skulle fungera vid olika luftflöden. Tryckfallsberäkningen gjordes i Excel och ett diagram på systemkaraktistikan ritades, som kan ses nedan i figur 5.

Det finns flera systemkurvor för ventilationssystemet, för luften kan gå olika vägar in till kontrollrummet och således blir det olika tryckfall i systemet. Fläktkurvan är taget ur ventilationsaggregatets manual. Där var systemkurvan korsar fläktkurvan finns systemets beräknade max flöde.



Figur 5. Förhandsberäknad systemkaraktistika över ventilationssystemet.

3.3 Genomgång och val av komponenter

Före byggandet valdes komponenter och utrustning utgående från det funktionsschema som utgetts av beställaren. Möjligheter angående komponenter undersöktes och resulterade i att Swegon har största sortimentet och att alla huvudkomponenter fås från dem förutom luftfuktaren. Komponenterna för ventilationssystemet beställdes från Swegon. För det mindre fläktsystemet, beställdes komponenterna från Ahlsell Åland, varifrån också ventilationsrör och tillbehör för båda systemen beställdes. Luftfuktaren inhandlades från Projektia Engineering, som är en återförsäljare av Hygromatiks produkter i Finland.

3.3.1 Ventilationsaggregat

Ventilationsaggregatet valdes så att ett högre volymflöde kan uppnås än det optimala flödet för ventilationssystem, detta för att kunna laborera med överhastighet och ljudnivåer i kanalsystem, samt ge ett bredare flödesområde att laborera i.

Ventilationsaggregatet, som också kallas för ett värmeåtervinningsaggregat, valdes att vara Swegons CASA R7-H Comfort, som är med en roterande värmeväxlare. En roterande värmeväxlare var ett krav från beställaren. Ventilationsaggregatet har två fläktar, en för tilluft och den andra för frånluft, samt fyra kanalanslutningar, varav en är för tilluft, en för frånluft, en för uteluften och en för avluften. Aggregatet har en effekt på 370 W och kommer upp till 86 % i återvinningsverkningsgrad. Största möjliga volymflöde enligt manualen är 220 l/s. Ventilationsaggregatet kan ses nedan i figur 6. (Swegon, 2018)



Figur 6. Ventilationsaggregatet Swegon CASA R7-H. (Swegon, 2018)

3.3.2 Elektrisk värmning

Som den elektriska kanalmonterade luftvärmaren valdes Swegons CASA SDHE, vilket är tillverkad av VEAB (se figur 7), som har en effekt på 1,2 kW och är försedd med ett övertemperaturskydd. Om övertemperatursskyddet löser, kan det återställas med en resetknapp, som finns på luftvärmaren. Elektriska luftvärmaren för en ventilationskanal med diameter 200 mm, kräver ett luftflöde på minst 47 l/s för att fungera korrekt. (VEAB, 2018)



Figur 7. Den elektriska förvärmaren. (VEAB, 2018)

3.3.3 Vattenburen kylning

Kanalkylbatteriet som beställdes är Swegons CASA Comfort kylbatteri (se figur 8), vilket är tillverkat av VEAB. Kylbatteriet är ett treradigt koppar-aluminiumbatteri, med lamellavstånd på 2,5 mm. För vattnet till värmeväxlaren, finns det två kopparrörsanslutningar, den ena för vatteninloppet och den andra för utloppet. Med värmeväxlaren kom en trevägsventil av modellen Regin ZTR, utrustad med ett Regin RVAZ4 ställdon för reglering av vattenflödet. Kylbatteriet installerades vågrätt med en 10–15 graders lutning, för att få kondensvatten som bildas inne i värmeväxlaren att rinna ut via ett dräneringshål i nedre kanten av värmeväxlaren. (VEAB, 2018)



Figur 8. Kanalkylbatteriet. (VEAB, 2018)

3.3.4 Vattenburen uppvärmning

Kanalvärmebatteriet som beställdes var Swegons CASA Comfort kanalvärmebatteri (se figur 9), vilket också är tillverkat av VEAB. Värmebatteriet är ett tvåradigt koppar-aluminiumbatteri, med lamellavstånd på 2,5 mm. För vattnet till värmeväxlaren, finns det två kopparrörsanslutningar, den ena för vatteninloppet och den andra för utloppet. Med värmeväxlaren kom en trevägsventil av modellen Regin ZTR, utrustad med ett Regin RVAZ4 ställdon för reglering av vattenflödet. (VEAB, 2018)

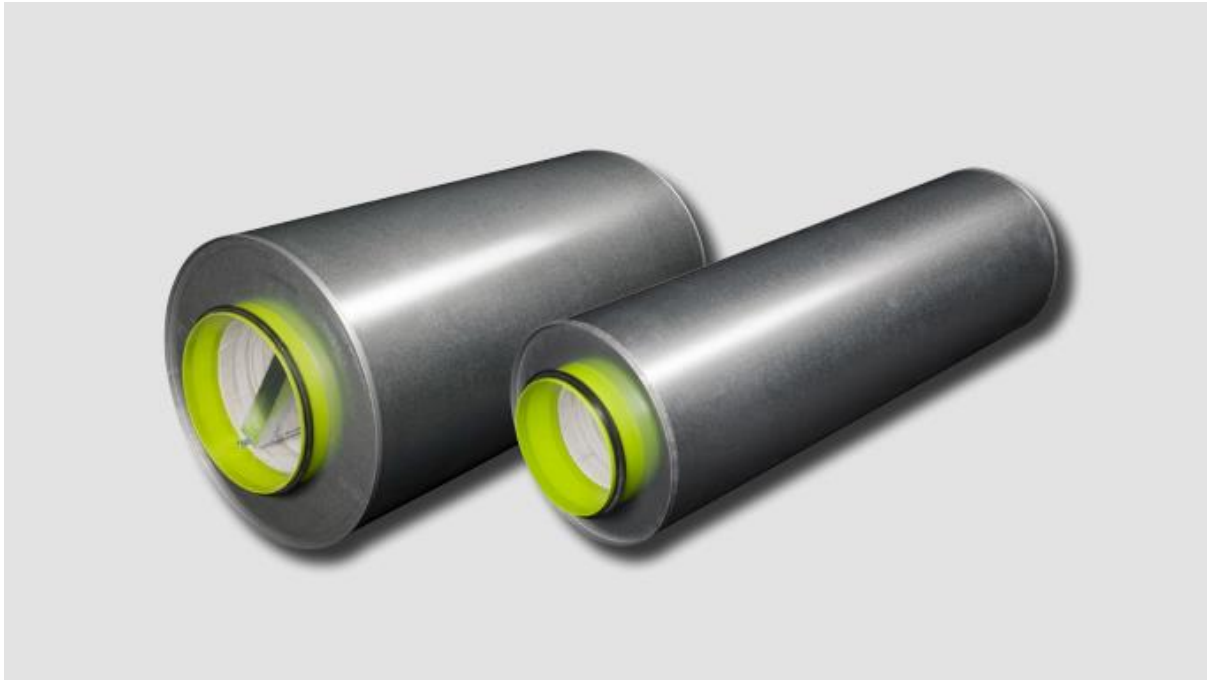


Figur 9. Kanalvärmebatteriet. (VEAB, 2018)

Den elektiska förvärmaren samt de vattenburna värmeväxlarna valdes för att de är gjorda för att arbeta tillsammans med ventilationsaggregatet CASA R7-H. De går även att ansluta till ventilationsaggregatets styrsystem.

3.3.5 Ljuddämpning

Två stycken olika tjockleks ljuddämpare valdes, för att det skall kunna undersökas hur olika tjocklekar på ljuddämpare inverkar på ljudnivån från systemet in till kontrollrummet. Ljuddämparna som valdes, är Swegons Sordo-A och Sordo-C, där Sordo-A har ett 50 mm tjockt lager med stenull och Sordo-C 100 mm tjockt lager med stenull. Båda är 500 mm långa. Beroende på tjockleken på stenullen kommer ljuddämparna att dämpa bort olika ljudfrekvenser. Ljuddämparna kan ses nedan i figur 10. (Swegon, 2018) (Swegon, 2018)



Figur 10. Sordo ljuddämpare. (Swegon, 2018)

3.3.6 Spjäll

Då systemet skall vara hel-automatiserat och alla spjäll skall kunna styras från kontrollrummet användes Swegons motorstyrda CRT-spjäll (se figur 11). Spjället är steglöst och har en 0-10 V styrsignal. Spjällbladet har en gummitätning och har täthetsklassen 4. Täthetsklass 4 är den högsta nivån och detta spjäll håller tätt upp till 1000 Pa, som högsta tillåtna tryckdifferens över spjällbladet vid stängt läge. Höljet har täthetsklassen C och är tillverkat i förzinkad stålplåt, som har korrosivitetsklassen C3, vilket betyder att den tål måttligt en korrosiv miljö, som kommer att räcka väl till syftet som ventilationssystemet har. På grund av spjällbladets gummitätning är den högsta tillåtna drifttemperaturen 60 grader Celsius. (Swegon, 2018)



Figur 11. Motorstyrt CRT-spjäll. (Swegon, 2018)

3.3.7 Don

Tre stycken tilluftsdon valdes, för att kunna se skillnaden på hur luften sprids i rummet med diverse tilluftsdon. Tilluftsdonen är Swegons Lockzone väggdon, DHC deplacerande don, samt Eagle Ceiling takdon.

Väggdonet Lockzone utrustades med en anslutningslåda, med hjälp av vilken tryckdifferens kan mätas och flödet således bestämmas, samt har ett spjäll för reglering av flöde. Spridardelen är ett enkelt galler. Lockzone donet kan ses nedan i figur 12. (Swegon, 2018)



Figur 12. Väggdonet Lockzone. (Swegon, 2018)

Takdonet Eagle Ceiling är kvadratisk och en större variant, som passar bättre för större luftflöden. Spridardelen har 25 stycken dysor, där alla kan enskilt ställas in enligt önskat luftspridningsbild. Eagle Ceilingdonet kan ses nedan i figur 13. (Swegon, 2018)



Figur 13. Takdonet Eagle Ceiling. (Swegon, 2018)

Deplacerande donet DHC är ett halvrunt låghastighetsdon och har 30 stycken dysor, som kan ställas in enligt önskad luftspridningsbild. DHC- donet kan ses nedan i figur 14. (Swegon, 2018)



Figur 14. Deplacernade donet DHC. (Swegon, 2018)

Två stycken frånluftsdon valdes. Den första är Swegons Pelican Ceiling High Flow, ett kvadratisk takdon, som klarar av stora frånluftsflöden. Frånluftsdonet utrustades med en anslutningslåda. Pelican High Flowdonet kan ses nedan i figur 15. (Swegon, 2018)



Figur 15. Frånluftsdonet Pelican High Flow. (Swegon, 2018)

Det andra frånluftsdonet är Swegons EXC takdon. En vanligt förekommande frånluftsdon, som är enkelt att justera in genom att snurra på käglan. Nackdelen med detta don är att det skapar ett högt motstånd i systemet och således uppnås inte så stora flöden då detta don används. EXC-donet kan ses nedan i figur 16. (Swegon, 2018)



Figur 16. Frånluftsdonet EXC. (Swegon, 2018)

3.3.8 Luftfuktaren

Som luftfuktare valdes Hygromatiks Standard Line SLE10, som kan ses nedan i figur 17. Den kan producera upp till 10 kg ånga per timme, vilket är 2,7 g/s. Den förångar vattnet med hjälp av en 155 mm lång elektrod. Luftfuktaren förångar vanligt kranvatten, som med hjälp av ett ångspjut sprider ånga i ventilationskanalen. Ångspjutet är ett cylindriskt och har flera munstycken den tillför ångan in i ventilationskanalen. (Hygromatik, 2018)



Figur 17. Hygromatiks luftfuktare.

3.3.9 Luftspridning

För att kunna undersöka hur luften sprider sig in i rummet, måste luften vara synlig. För detta beställdes Drägers rökpatroner som är avsedda för täthetsprov för ventilationssystem, samt rökdetektortest. Röken från dessa hade en stark lukt och det ansågs vara bäst att välja ett annat alternativ för att undersöka luftspridningen. Detta löstes genom att beställa en discorökmaskin. Rökmaskinen beställdes från Discoland Oy och är från tillverkaren Beamz av modellen S500, som kan ses nedan i figur 18. Rökmaskinen har ett värmeelement på 500 W och kan producera 50 kubikmeter rök i minuten. Rökmaskinen är utrustad med en fjärrkontroll, som har en tre meters kabel. Fjärrkontrollen möjliggör att rökmängden kan justeras enligt behov, jämfört med rökpatroner som ryker i tre minuter konstant. För rökmaskinen beställdes olika typer av rökvätska, som rökmaskinen förångar och således bildas rök. Typen av rökvätska som passar bäst kan bestämmas genom prov då rökmaskinen levereras.

Rökmaskinen beställdes även så att det skall vara möjligt att ha brandövningar i laborationsutrymmen. (Discoland, 2018)



Figur 18. Rökmaskin. (Discoland, 2018)

3.3.10 Kanaldetaljer

Kanaldetaljer valdes ut så att det skall finnas möjlighet att göra mätningar och jämföra olika detaljer, t.ex. standardbøj 90° mot kort bøj 90°. Utöver dessa valdes det även 45° bøj, rensbøj samt excentriska och koncentriska areaförändringar och rensluckor.

3.3.11 Fläktar

Till fläktsystemet valdes tre olika typer av fläktar, en radialfläkt, en axialfläkt och en kammarfläkt.

Radialfläkten är Systemairs K 200 L Sileo, som har effekten 145 W och maximala luftflödet 268 l/s vid 2555 v/min. (Systemair, 2018)



Figur 19. Radialfläkten. (Systemair, 2018)

Axialfläkten är Systemairs AR 200E2 Sileo, som har effekten 71,2 W och maximala luftflödet 248 l/s vid 2490 v/min. (Systemair, 2018)



Figur 20. Axialfläkten. (Systemair, 2018)

Kammarfläkten är Systemairs KVKE 200, som har effekten 135 W och maximala luftflödet 218 l/s vid 2633 v/min. (Systemair, 2018)



Figur 21. Kammarfläkten. (Systemair, 2018)

3.3.12 Spjäll

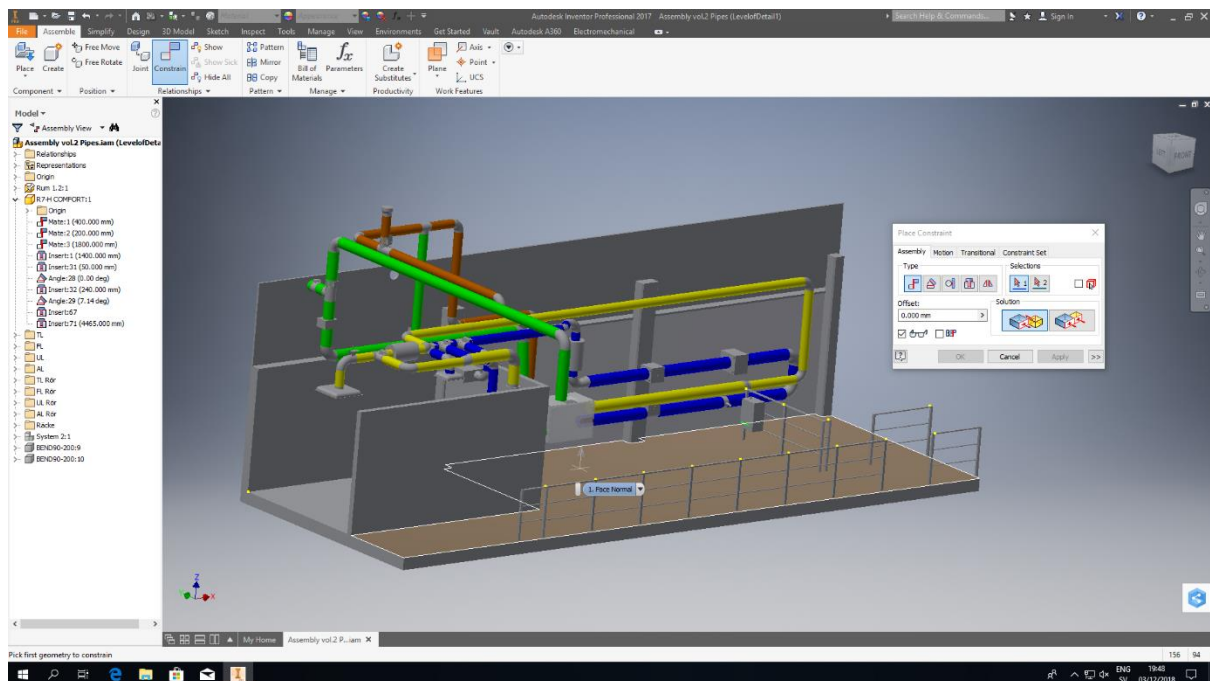
I fläktsystemet installerades också olika typer av spjäll för att ge möjligheten att undersöka på vilka olika sätt de påverkar systemet och att få fram olika spjällkaraktistikor. Två olika injusteringspjäll valdes, ett irisspjäll och ett koniskt irisspjäll. Ett avstängningspjäll valdes mellan injusteringspjällen.

3.4 3D-ritningen

För 3D-ritning användes ritprogrammet Autodesk Inventor Professional 2017. En exakt 3D-ritning av utrymmet gjordes och alla komponenter ritades upp enligt måtten från produktkatalogerna. Sedan användes Assembly-funktionen i Inventor där komponenterna placerades in i 3D-modellen av utrymmet. Assembly-funktionen visas i figur 22 nedan.

Under ritprocessen såg man snabbt hur stort systemet skulle bli och var utrymmesbrister uppstod. Det gjordes först en version av systemet för att sedan konsultera med beställaren. Utrymmesbrister gjorde att önskad konstruktion inte kunde uppnås men det gjordes förändringar så att alla inblandade parter var mycket nöjda.

3D-ritningen användes för att bestämma de totala rörlängderna och för att se hur stort antal av olika komponenter systemet innehöll. Från det så gjordes det en beställning av rör och rördetaljer.



Figur 22. 3D-ritningen under arbetsgången i Autodesk Inventor.

4 BYGGPROCESSEN

Under tiden som det väntades på rör delarna från Ahlsell så sågades det hål i taket för donanslutningarna samt byggdes en väggställning för luftåtervinningsaggregatet. Först kom luftfuktaren och snart därpå kom produkterna från Swegon. Ventilationsaggregatet installerades på väggställningen och komponenter placerades ut på sina utsedda platser. (Figur 23.)



Figur 23. Ventilationsaggregat under installation

Före ventilationskanaler samt kanaldetaljer beställdes, kontaktades Jan Kavander från företaget Epab, för konsultering angående systemet. Kavander gav viktiga synpunkter att tänka på, samt svar på frågor. Systemet omplanerades delvis, enligt de nya synpunkterna.

Kavander kom på nytt för att se på hur systemets uppbyggnad var omplanerad. Då allt med systemet uppfyllde kraven för att fungera korrekt, gjordes beräkningar med hjälp av 3D-ritningen, på hur mängden kanaldetaljer samt ventilationskanaler som behövs.

En offertförfrågan skickades till Ahlsell. När offerten kom från Ahlsell, granskades den, små förändringar gjordes och komponenterna beställdes.

Då komponenterna levererades från Ahlsell, kom de viktigaste komponenterna med första frakten, för att påbörja byggandet. En del komponenter skulle komma vid ett senare tillfälle. Flödesgivare som måste placeras in i systemet före allt kunde nitas ihop skulle komma först vid det senare tillfället. Således kunde avluften och uteluften inte slutföras direkt.

Byggprocessen påbörjades med avluften, som kom närmast väggen. Avluften bestämdes att vara i kanaldiameter 160 mm. Ventilationsaggregatet som är planerat för kanaler med diametern 200 mm, reducerades direkt från aggregatet med en areaminskning 200 mm till 160 mm. Efter areaminskningen monterades en 90 graders krök, för att ge utrymme för nödutgången som ligger precis intill ventilationsaggregatet. Ventilationskanalen kröktes under takbalken och upp mot taket. Här placerades en av flödesgivarna.

Ett t-stycke placerades på kanalen där blandningskanalen mellan avluften och uteluften skulle placeras. Från t-stycket fortsatte kanalen till ett hål i taket som led till ett avluftsdon på taket, som fanns kvar från ett tidigare luftutbytessystem. Ett t-stycke monterades också på kanalen som leder ut till taket, för att ge möjligheten att cirkulera luften tillbaka in i maskinhallen vid behov. Båda kanalerna som leder antingen ut via taket eller in i maskinhallen utrustades med ett spjäll, för att kunna välja vart man leder avluften. Sedan då avluften var byggd till den punkt som var möjlig i detta skede, påbörjades byggandet av uteluften. (Figur 24.)



Figur 24. Avluften med valmöjlighet att leda utomhus eller till maskinhallen. Blandningskanalen samt kanalen till aggregatet i bakgrunden.

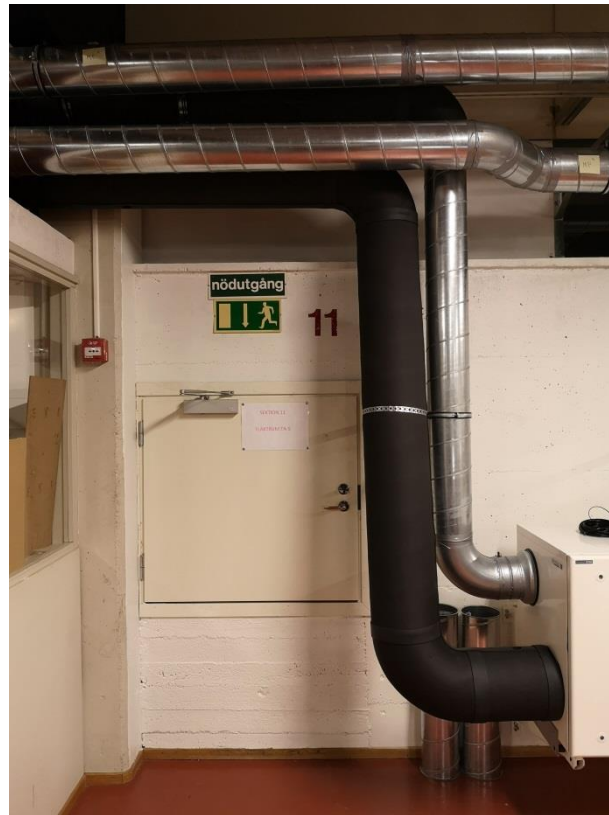
För uteluften utnyttjades ett gammalt hål i väggen från det tidigare luftutbytesystemet. Dock behövdes hålet göras större, då utluftens kanaler skulle ha diametern 200 mm. Ett nytt galler för luftintaget monterades på utsidan. Efter en kort kanalstump monterades ett spjäll och direkt efter spjället ett t-stycke. Det ger möjligheten att ta in luft till aggregatet antingen från maskinhallen eller utifrån. På kanalen från maskinhallen sattes en flödesgivare, samt ett spjäll mellan flödesgivaren och t-stycket. Efter t-stycket mot aggregatet monterades ett kanalfilter, som är ett grovfilter, för pollen och damm, som kommer in med uteluften eller maskinhallsluften. (Figur 25.)



Figur 25. Uteluftsidan med möjligheten att använda utomhusluft eller luft från maskinhallen. Filterlåda samt blandningskanalen i bakgrunden.

Efter filtret kröktes kanalen ner längs med kontrollrumstaket, här placerades en flödesgivare. Två flödesgivare valdes att placeras på ute- och maskinhallsluften, för att möjliggöra att kunna reglera flödet mellan dessa två. Ett t-stycke placerades på kanalen direkt under t-stycket på avluften ämnad för blandningskanalen. Blandningskanalen installerades med spjäll och flödesgivare. Uteluftskanalen fortsatte och kröktes ner till ventilationsaggregatet. Kanalen vinklades en aning för att få uteluften in till aggregatanslutningen. Detta gjordes för

att kunna ha blandningskanalen vinkelrätt, samt ge mera utrymme för tilluften. Uteluften måste också placeras så att inga hinder uppstod till nödutgången. (Figur 26.)



Figur 26. Kanallösningar runt nödutgången.

Till näst fortsattes byggandet med tilluftkanalerna. På tilluftsidan placerades flera komponenter, som kräver noggrannhet att de kommer på rätt nivå och på korrekta avstånd från varandra. Avstånden måste också vara tillräckligt långa så att givarna får så små störningar som möjligt. På aggregatet på tilluftanslutningen monterades en kanal, som stöddes upp tillfälligt med stolar som råkade ha exakt rätt höjd. Senare markerades rätt höjd och tre konsoler placerades på tilluftsidan, som bar systemet i höjdriktning. Efter kanalen monterades den elektriska värmaren och därefter luftfuktaren. Det fanns behov att modifiera ångspjutet som kom med luftfuktaren. Det var alldeles för långt, samt gjort för rektangulära kanaler. Ångspjutet förkortades och dräneringsröret flyttades samt gjordes löstagbart med konisk gänga. (Figur 27.)



Figur 27. Tilluftskanalen utifrån aggregatet. Elektriska värmaren visas och i bakgrunden kan man se ångspjutet och befuktningseenheten.

Efter ångspjutet monterades en renskrök, som är en krök med renslucka, via vilken man kan komma åt att rengöra kanalerna. Kanalen kröktes en gång till för att rikta den mot kontrollrummet. Denna omväg gjordes för att få tillräckliga avstånd för givare samt komponenter. Därefter skulle kanalkylbatteriet placeras, enligt instruktionerna skulle värmeväxlaren monteras i en 10-15 graders vinkel, för att få kondensvattnet som bildas inne i värmeväxlaren att rinna ut via ett hål i ena kanten av värmeväxlaren.

Kanalkylbatteriet är tungt och kan inte vara fritt utan ordentliga stöd. De klene ventilationskanalerna klarar inte själva av mycket tyngd, så det löstes genom att skruva fast värmeväxlaren i två konsoler, i en 11 graders vinkel. Således blev systemet väldigt stabilt vid värmeväxlaren.

Kanalvärmebatteriet kom till näst och den monterades på samma sätt som kanalkylbatteriet, med två konsoler fastskruvade i värmeväxlaren. Kanalvärmebatteriet behövde dock inte vinklas då det inte förekommer någon kondensering vid uppvärmning av luft. (Figur 28.)



Figur 28. Tilluftskanalen efter ångspjttet med den vinkelmonterade kylaren samt värmaren. I bakgrunden visas ljuddämpningen.

Efter kanalvärmebatteriet var kanaldiametern 200 mm ett tag för att ge givarna tillräckligt lång raksträcka, för bästa möjliga mätvärden. Sedan bestämdes att kanaldiametern reduceras från 200 mm till 160 mm. Detta gjordes med en excentrisk areaminskning för att ge mera utrymme i höjdriktning. På areaminskningen monterades en renskrök och ovanför den kom ljuddämparen. Ljuddämparen skulle inte bli permanent fastkopplad, utan den fästes på plats med snabbkopplingar, för att möjliggöra ljuddämpningslaborationer med olika typer av ljuddämpare. Två olika tjocklekar på ljuddämpare beställdes för att kunna variera mellan ljuddämpare samt en vanlig ventilationskanal kunde också monteras för att använda systemet utan ljuddämpning. Kanalen stöddes ordentligt runt ljuddämparen med konsoler och gummiklämmor för att göra det så stabilt som möjligt kring ljuddämparen, se figur 29.



Figur 29. Ljuddämpningslösningen med de olika utbytbara alternativ.

Tilluftskanalen vinklades efter ljuddämparen mot kontrollrummet för att få den riktad i rätt läge gjordes en S-böj av två stycken 45 graders böjar. Tilluften kommer vid samma höjd som uteluften ovanför kontrollrumstaket, där den kröktes mot tre olika tilluftsdon i tur och ordning. Först kröker sig kanalen mot väggdonet. Väggdonet är Swegons Lockzone, som monterades på en ALS- box. Med ALS- boxen är det möjligt att göra flödesmätningar via tryckdifferens. Det har även ett inbyggt injusteringspjäll. ALS- boxen skruvades fast i taket och i ena väggen. Vanligtvis skulle man sänka in ALS- boxen i väggen med det var inte optimalt i detta läge på grund av fönster bakom den.

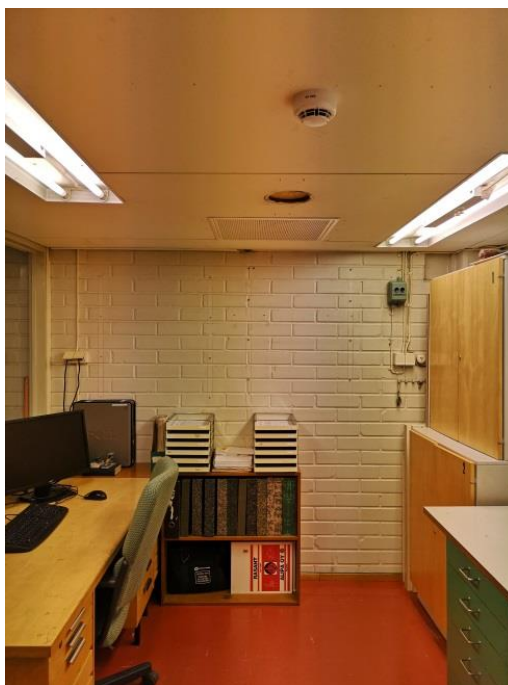
Sedan kröktes tilluften mot det deplacerade väggdonet, som är Swegons DHC deplacerade don med ställbar spridningsbild. Donet monterades direkt ovanför golvlisten i väggen. Oftast gömmer man ventilationskanaler som kommer genom taket ner till donet bakom en kåpa.

Till sist kröktes tilluftskanalen mot det sista tilluftsdonet, som är ett takdon. Takdonet är Swegons Eagle Ceiling, som har en ställbar spridningsbild. Det placerades på centrumlinjen genom rummet i den ända som andra tilluftsdon var placerade. Före alla tilluftsdon installerades ett spjäll för att kunna välja vilket don, som används, eller reglera luftflödet mellan donen. (Figur 30.)



Figur 30. Tilluftskanalerna på taket (Vänster) som går till de olika donen inne i kontrollrummet (Höger). Donen från höger till vänster Lockzone, Eagle, DHC och EXC (Frånluft).

Sedan byggdes frånluftssidan. Byggandet påbörjades från frånluftsdonen. Två frånluftsdon bestämdes att installeras. Första frånluftsdonet som valdes var Swegons Pelican HF, som är ett frånluftsdon för stora luftflöden. Pelican HF placerades på samma linje som tilluftsdonet Eagle Ceiling men i andra ändan av rummet för att få ett bättre luftutbyte. (Figur 31.)



Figur 31. Frånluftsdonet Pelican i rummet bortre ända.

Det andra frånluftsdonet var Swegons EXC frånluftsdon, som är den mest vanliga typen av frånluftsdon i mindre utrymmen. Den placerades i samma ända av rummet som tilluftsdonen.

Detta är på grund av att den är menad att kombineras med väggdonet Lockzone. Väggdonet för in luften in i rummet så att luftmassan åker in i rummet längs med taket och sprider sig ner på andra sidan av rummet och sedan sugts upp på samma sida som den kom in via taket. Detta ger det bästa möjliga luftutbytet i rummet. EXC- frånluftsdonet bestämdes att vara i diameter 200 mm, då detta don skapar väldigt högt motstånd.

Frånluftskanalen från EXC- donet reducerades efter ett par meter kanal med en excentrisk areaminskning. På Pelican HF frånluftsdonet monterades en ALS- box. Kanalerna från de två olika frånluftsdonen kopplades ihop och utrustades med spjäll för att välja vilken som önskas använda.

Efter t-stycket där frånluftskanalerna möttes monterades en ljuddämpare med samma snabbkopplingssystem som på tilluftssidan. Efter ljuddämparen kröktes frånluftskanalen mot väggen och sedan längs med de andra kanalerna. En renslucka placerades på frånluftskanalen och efter det byggdes en lång sträcka på ca 8 m, som ger möjligheten att undersöka tryckförluster i en rak kanal. (Figur 32.)



Figur 32. Frånluftskanalerna uppe på taket.

Frånluftskanalen hängdes upp, fast i takbalkarna och böjdes ner mot golvet på samma ställe som tilluften böjdes upp mot taket. Den vertikala kanalen stöddes med en konsol och gummiklämma. Således blev den långa kanalen stabil i alla riktningar. Då frånluftskanalen riktades mot ventilationsaggregatet monterades en koncentrisk areaökning några meter innan aggregatet och kanalen monterades fast i aggregatanslutningen. (Figur 33.)



Figur 33. Frånluftskanaln med den långa kanalen.

När allt var utplacerat och uppbyggt stöddes kanalerna som befann sig ovanför kontrollrumstaket med stöd som sågades ur en plankan med dimensionerna 50 x 150 mm. Det blev väldigt stabilt samt praktiskt. När kanalerna var stabila och placerade, nitades kanalerna fast vid alla skarvar. Där det nitades, tejpades det över med ventilationstejp för att försäkra bästa möjliga täthet i systemet.

Till sist isolerades en del av kanalerna. Som isoleringsmaterial användes Armaflex cellgummi. Cellgummi är väldigt praktiskt då det tar mindre volym och är enkelt att limma på plats, jämfört med isoleringsull som är mer skrymmande. Det enda som orsakade problem med fästandet av cellgummit var det starka limmet som greppade direkt det var i kontakt med cellgummit. Således var det svårt att göra förändringar om isoleringen hade greppat på ett oönskat ställe. Större problem undveks genom att vara försiktig vid montering. För att få slutresultatet att se prydligare ut, samt minska värmeförluster vid limfogar, användes en

Armaflex specialisoleringstejp för att dölja limfogar. Isoleringen monterades främst med hänsyn till kondensering, som förekommer på kalla ytor. I detta fall skulle det betyda på uteluften samt avluften i vintertid då uteluften är kall. Luften inne i maskinhallen kan bli över 30 grader Celsius, vilket betyder att temperaturdifferensen mellan uteluften i kanalen och maskinhallsluften utanför kanalen kan vara väldigt stor. Isoleringen gjordes även för att göra jämförelser och beräkningar på värmeförluster på kanaler med isolering eller utan isolering.

5 RESULTAT

Alla krav på vad som skall kunna göras med de två systemen från beställaren uppnåddes. Kraven på funktioner och beräkningsmöjligheter finns i kapitlet Systembeskrivning, under rubriken Syfte. Där det här arbetet avslutas kommer inte alla funktioner för ventilationssystemet att kunna användas. Då när avgränsningarna gällande vattnet och automationen är inkopplade kommer ventilationssystemets fulla potential att uppnås.

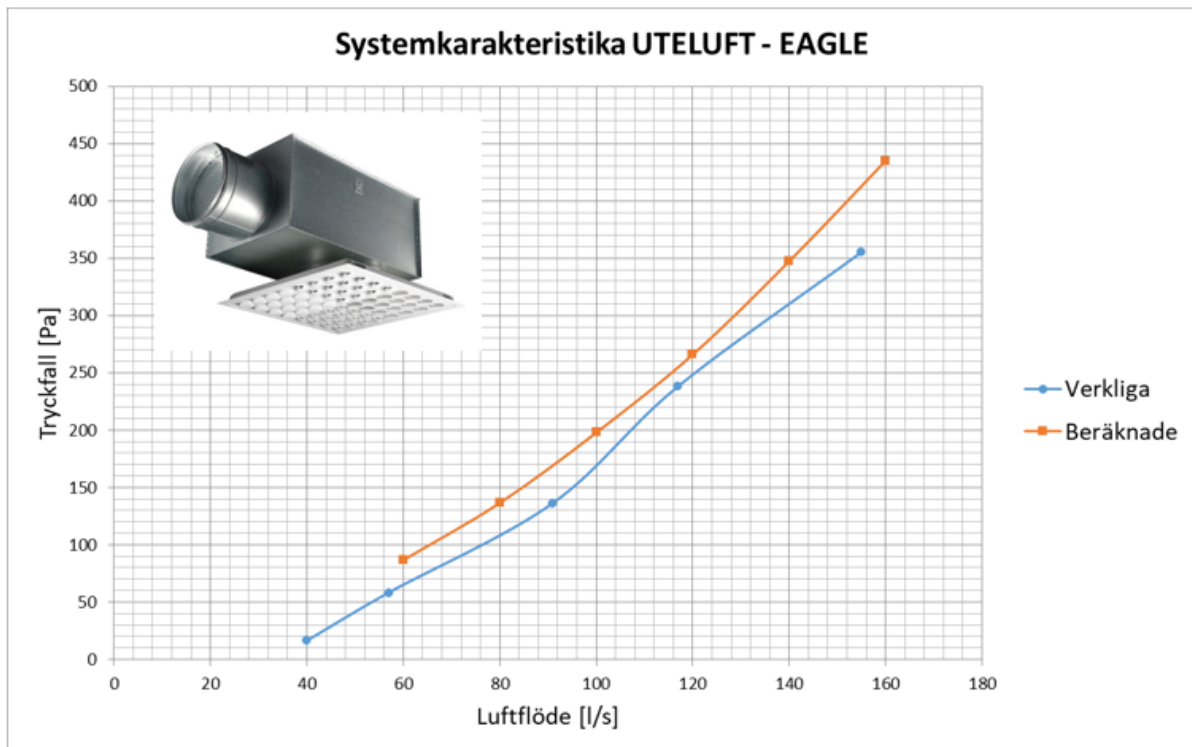
Helhetsbilden av utrymmet blev bra med tanke på undervisningen. Alla system är byggda så att man ser enkelt hur det fungerar. Komponenterna är på en bekväm arbetshöjd för att jobba med dem och utföra mätningar. (Figur 34.)



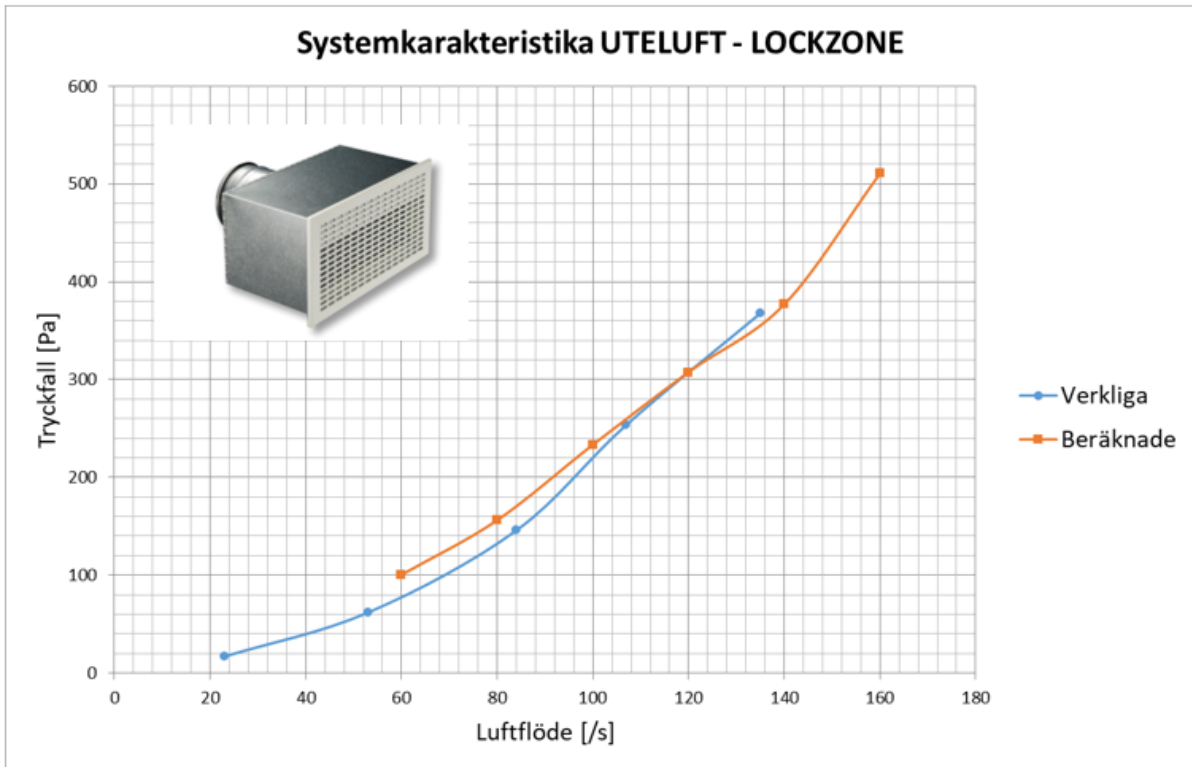
Figur 34. Helhetsbilden av laborationsutrymme.

5.1 Ventilationssystem

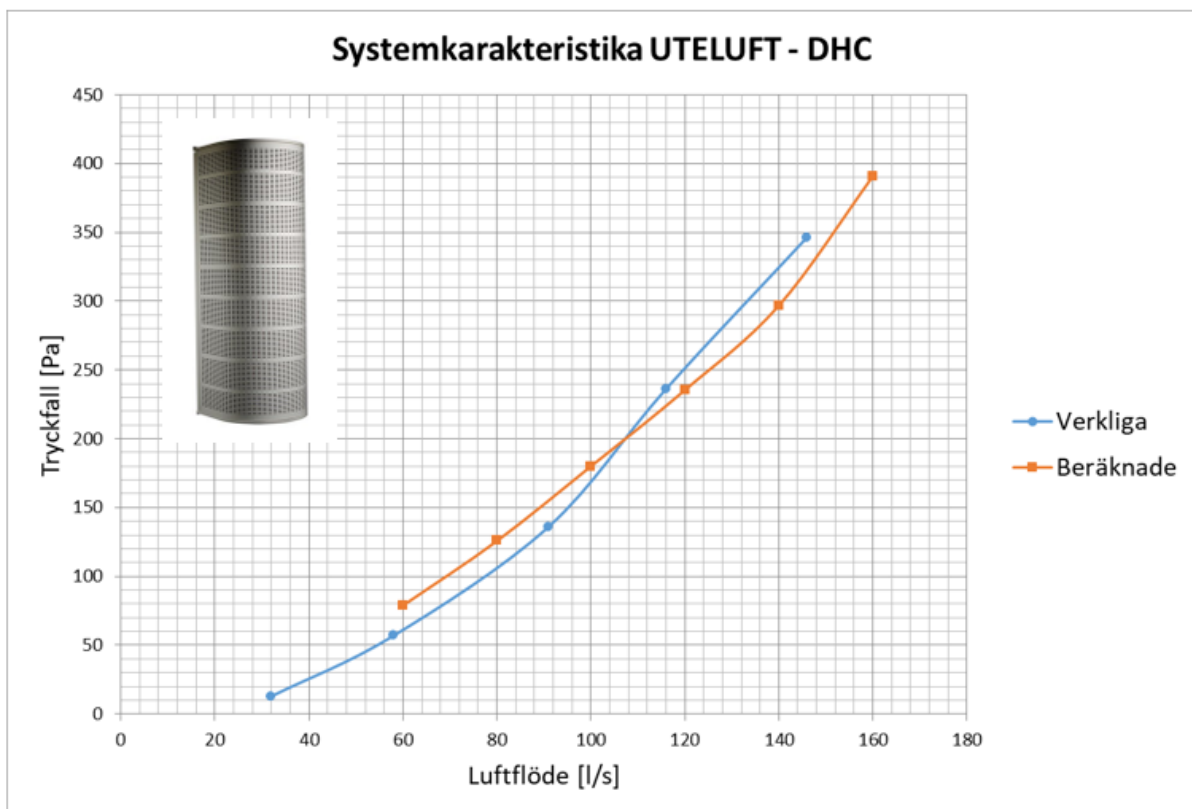
Tryckfallsberäkningen som gjordes före systemet byggdes jämförs nedan i figurerna 35 – 39 med den uppmätta verkliga systemkarakteristikan, se figur 5. När vi inte har varvtalsstyrning på fläktarna i aggregatet, användes de olika fabriksinställda körlägen för aggregatet. Det finns 5 olika körlägen: Borta, Passivt, Hemma, Aktiv och Forcerat läge. Bortaläget är det lägsta varvtalet och forcerat är det högsta. Passivt, hemma och aktiva läget är där i mellan.



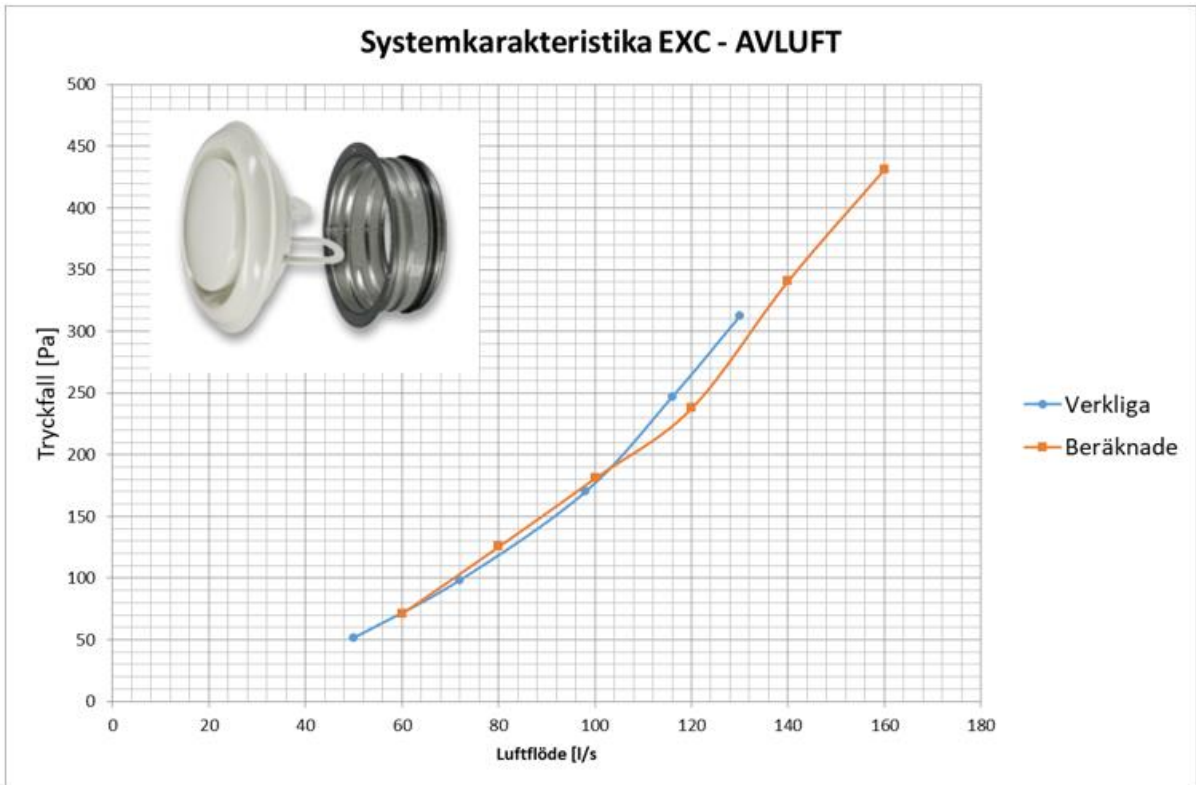
Figur 35. Jämförelse mellan systemkarakteristikorna från uteluften till Eagle tilluftsdon. Verkliga kurvans punkter är de olika körlägen på fläkten.



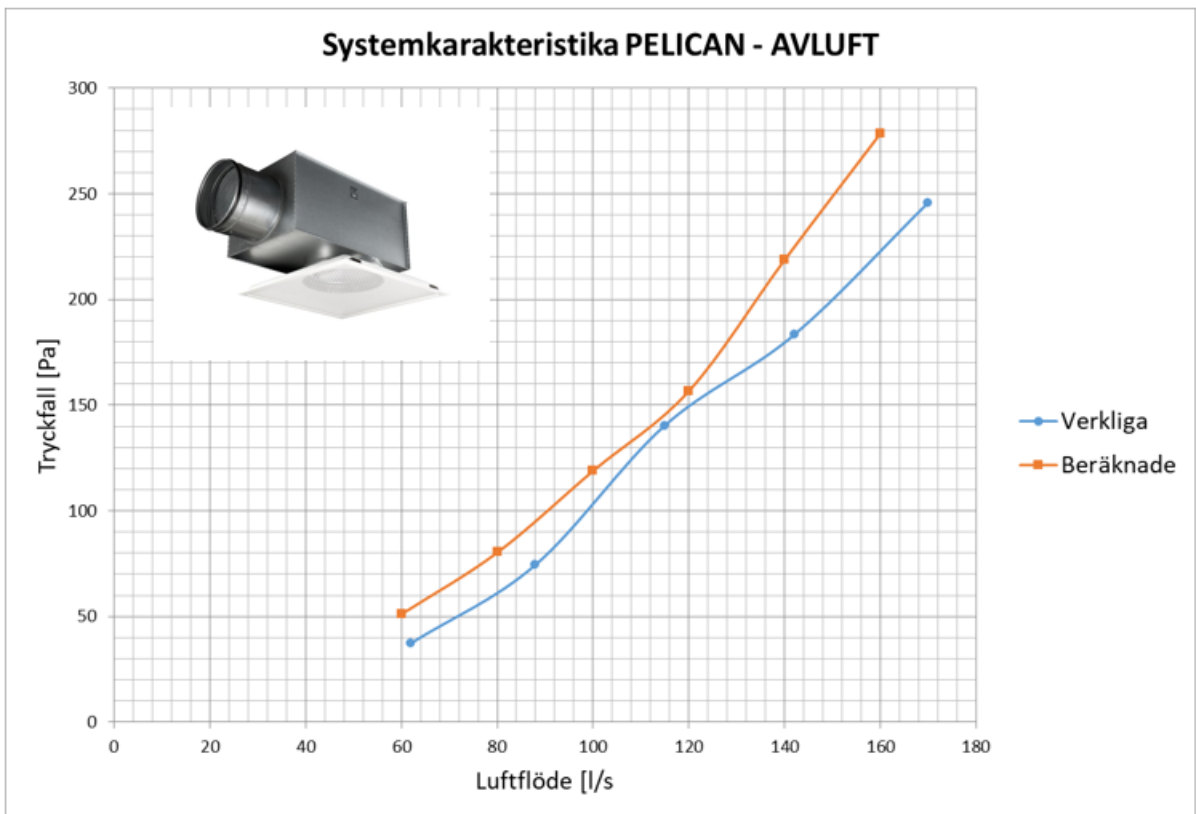
Figur 36. Jämförelse mellan systemkaraktistikorna från Uteluften till Lockzone tilluftsdon. Verkliga kurvans punkter är de olika körlägen på fläkten.



Figur 37. Jämförelse mellan systemkaraktistikorna från Uteluften till DHC tilluftsdon. Verkliga kurvans punkter är de olika körlägen.



Figur 38. Jämförelse mellan systemkaraktistikerna från EXC frånluftsdon till Avluften tilluftsdon. Verkliga kurvans punkter är de olika körlägen.



Figur 39. Jämförelse mellan systemkaraktistikerna från Pelican frånluftsdon till Avluften tilluftsdon. Verkliga kurvans punkter är de olika körlägen.

Blandningsdelen med de olika kanalerna var luft kan tas från samt blandning mellan avluft och uteluft går att använda manuellt med spjäll. Senare när de elektriska spjällmotorerna installeras och automatiseras så kommer det att vara enkelt att justera dessa procentuellt.

Värmeåtervinningen i aggregatet fungerar efter enhetens egna styrsystem. Det fungerar väl vid ventilering av rummet men inga laborationer går att utföra på den roterande värmeväxlaren förrän det egna styrsystemet har blivit byggt.

Luftkvalitetsdelen med dess värmare, luftfuktare och kylare är inte i drift i nuläget. Alla komponenter är monterade på systemet men det krävs ännu vattenanslutning samt styrning av komponenterna. Vattnet ansågs vara enklast att koppla från kontrollrummet, var det finns en vattenkran. Till värmaren kopplas vattnet med kopparrör från varmvattensidan och till kylaren med kopparrör från kallvattensidan.

Ljuddämpningen fungerar ypperligt med den utbytbara snabbkopplingsfunktionen. Tiden för att byta mellan komponenter ligger på under en minut. Ljudnivåskillnaderna kan man höra med örat och en decibelmätare kan användas för noggrannare mätning av frekvensskillnader.

Donen måste i nuläget justeras in manuellt med spjäll, men när de elektriska spjällmotorerna installeras så kommer detta att fungera smidigare samt en noggrannare inställning kommer att uppnås. När rök används vid kombinationen mellan olika till- och frånluftsdon ses dess luftspridning bra.

5.1.1 Styrsystem

För att avgöra vilket styrsystem som skulle väljas, hölls ett möte med lärare från Högskolan från både maskinteknik och elektroteknik och med Per-Ove Yttring från företaget Epab.

Före mötet beskrevs funktionen av systemet för Yttring och vad som önskas kunna göras med styrsystemet. Yttring hade med sig till mötet en modell på styrsystemet IMSE UltraBase 30, som är ett webbaserat, licensfritt och fritt programmerbart styr- och övervakningssystem. Styrsystemet var perfekt för ändamålet, för speciellt reglertekniska syften. Styrsystemet var

lätt åtkomligt via nätet och väldigt användarvänligt. Det är tydligt och fungerar fint för läroändamål.

En lista på vad allt som skulle kopplas till styrsystemet skickades till Yttring, så han kunde avgöra hur många moduler vi skulle behöva. Även givare beställdes via Epab. Mängden av givare och givartyper togs från det uppdaterade funktionsschemat. Yttring skickade en offert utgående från vad som önskats.

Styrsystemet och givare beställdes och finns färdigt att monteras, samt driftsättas. Kompletta driftsättning av styrsystem till anläggningen, är ett jobb som skulle passa perfekt som examensarbete för en elektroteknikstuderande.

5.2 Fläktsystem

Fläktsystemet med dess utbytbara fläktar fungerar bra. Det är snabbt och smidigt att byta mellan de olika fläktarna. I nuläget går det endast att köra fläktarna på max varvtal för att ingen frekvensomriktare är ännu installerad, se figur 40.



Figur 40. Fläktsystemet med de olika spjällen samt fläktarna.

6 SLUTSATS

Vi kan konstatera att vår del av detta projekt har varit lyckat. I nuläget när systemen inte har automation samt varvtalsstyrning på fläktarna kunde vi inte testa dess fulla potential. Men vi antar att det kommer att fungera bra. Ventilation av rummet fungerar bra och vi får en sval och bekväm arbetsmiljö inne i kontrollrummet när det är 40 grader Celsius i maskinhallen.

Förbättringar av laborationsutrymmet skulle ha varit att bygga nytt kontrollrum med ett fönster mot utsidan för att kunna se kallas vid fönster. Med nytt kontrollrum skulle man även ha kunnat anpassa takkonstruktionen enligt donen. Det skulle även ha varit fint att få bort de gamla räcken för att skapa nya och få mera utrymme samt göra det hela snyggare.

Arbetet har varit väldigt intressant och vi har lärt oss mycket om ventilationsteknik. Det skulle vara roligt att fortsätta med detta projekt och slutföra det. Automationsplaneringen av ventilationssystemet öppnade ett nytt intresse för automationsteknik och reglering.

KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTÄCKNING

- Discoland. (2018). *Savukoneet*. Hämtat från Discoland: <https://discoland.fi/valot-ja-efektit/savukoneet-ja-savunesteet/savukoneet/beamz-s500-savukone-nesteella-bilekayttoon>
- Discoland. (2018). *Savukoneet*. Hämtat från Discoland: https://discoland.fi/pub/media/catalog/product/cache/e4d64343b1bc593f1c5348fe05efa4a6/b/e/beamz_s500_savukone_savunesteell_160436_side1.jpg
- Hygromatik. (2018). *Download*. Hämtat från Hygromatik: <https://www.hygromatik.com/en/download/get/pdf/standardline-elldb-en/pdf>
- Swegon. (2018). *Acoustics*. Hämtat från Swegon: https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/acoustics/_sv/sordo-b-c-p-pf.pdf
- Swegon. (2018). *Acoustics*. Hämtat från Swegon: https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/acoustics/_sv/sordo-a.pdf
- Swegon. (2018). *Acoustics*. Hämtat från Swegon: https://www.swegon.se/globalassets/_product-documents/acoustics/_sv/sordo
- Swegon. (2018). *Air handling units*. Hämtat från Swegon: https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/home-ventilation/air-handling-units/swegon-casa-r-series/_sv/casa-r7-h-se_t.pdf
- Swegon. (2018). *Ceiling diffusers*. Hämtat från Swegon: https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/air-diffusers/ceiling-diffusers/flush-design/_sv/eaglecca_cra.pdf
- Swegon. (2018). *Commissioning dampers*. Hämtat från Swegon: https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/flow-control/commissioning-dampers/_sv/crtc.pdf
- Swegon. (2018). *Commissioning dampers*. Hämtat från Swegon: https://www.swegon.se/globalassets/_product-documents/flow-control/commissioning-dampers/_sv/crtc
- Swegon. (2018). *Deplacerande don*. Hämtat från Swegon: <https://www.swegon.se/produkter/rumsprodukter/luftburet/deplacerade-don/dhc/>

- Swegon. (2018). *Displacement units*. Hämtat från Swegon:
https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/air-diffusers/displacement-units/_sv/dhce.pdf
- Swegon. (2018). *Extract air diffusers*. Hämtat från Swegon:
https://www.swegon.se/globalassets/_product-documents/air-diffusers/extract-air-diffusers/_sv/exca
- Swegon. (2018). *Extract air diffusers*. Hämtat från Swegon:
https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/air-diffusers/extract-air-diffusers/_sv/pelicancehfa.pdf
- Swegon. (2018). *Extract air diffusers*. Hämtat från Swegon:
https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/air-diffusers/extract-air-diffusers/_sv/exca.pdf
- Swegon. (2018). *Frånluftdon*. Hämtat från Swegon:
<https://www.swegon.se/produkter/rumsprodukter/luftburet/franluftsdon/pelican-ce-hf/>
- Swegon. (2018). *PDFs*. Hämtat från Swegon:
http://www.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/Air%20handling%20units/Swegon%20CASA%20R-series/_sv/CASA%20R7-H_SE_p.pdf
- Swegon. (2018). *Takdon*. Hämtat från Swegon:
<https://www.swegon.se/produkter/rumsprodukter/luftburet/takdon/eagle-ceiling/>
- Swegon. (2018). *Wall diffusers*. Hämtat från Swegon:
https://www.swegon.com/globalassets/_product-documents/air-diffusers/wall-diffusers/_sv/lockzonewa.pdf
- Swegon. (2018). *Väggdon*. Hämtat från Swegon:
<https://www.swegon.se/produkter/rumsprodukter/luftburet/vaggdon/lockzone-wall/>
- Systemair. (2018). *Axialfläktar*. Hämtat från Systemair:
<https://www.systemair.com/sv/Sverige/Produkter/flaktar--tillbehor/axialflaktar/axialflaktar/ar/ar-200e2-sileo/>
- Systemair. (2018). *Cirkulära kanalfläktar*. Hämtat från Systemair:
<https://www.systemair.com/sv/Sverige/Produkter/flaktar--tillbehor/kanalflaktar-med-cirkular-anlutning/cirkulara-kanalflaktar/k/k-200-l-sileo/>

- Systemair. (2018). *Image vault*. Hämtat från Systemair:
https://www.systemair.com/ImageVault/publishedmedia/vqhhcqs6yt6xr8t56o2/K_fan_product_photo.jpg
- Systemair. (2018). *Image vault*. Hämtat från Systemair:
https://www.systemair.com/ImageVault/publishedmedia/sbw0m0mv8jpuqjin5c0/KVKE_product_photo.jpg
- Systemair. (2018). *Image vault*. Hämtat från Systemair:
https://www.systemair.com/ImageVault/publishedmedia/l1vhwo1tev3o1brswxef/AR_sileo_EBM.jpg
- Systemair. (2018). *Kanavapuhaltimet pyöreällä liitännällä*. Hämtat från Systemair:
<https://www.systemair.com/fi/Suomi/Tuotteet/puhaltimet--lisavarusteet/kanavapuhaltimet-pyorealla-liitannalla/eristetyt-kanavapuhaltimet/kvke/kvke-200-eristetty-kanavapuh/>
- VEAB. (2018). *Broschyr*. Hämtat från VEAB:
https://www.veab.com/documents/cv/broschyr/CV_VEAB_Heat_Tech_SE.pdf
- VEAB. (2018). *Broschyr*. Hämtat från VEAB:
https://www.veab.com/documents/cww/broschyr/CWW_VEAB_Heat_Tech_SE.pdf
- VEAB. (2018). *Broschyr*. Hämtat från VEAB:
https://www.veab.com/documents/cwk/broschyr/CWK_VEAB_Heat_Tech_SE.pdf
- VEAB. (2018). *Kanalvärmare elektriska*. Hämtat från VEAB:
<https://www.veab.com/sv/veab-produkter/kanalvarmare-elektriska/cv>
- VEAB. (2018). *Kanalvärmare kylare vattenburna*. Hämtat från VEAB:
<https://www.veab.com/sv/veab-produkter/kanalvarmare-kylare-vattenburna/cwk-kylvatten>
- VEAB. (2018). *Kanalvärmare kylare vattenburna*. Hämtat från VEAB:
<https://www.veab.com/sv/veab-produkter/kanalvarmare-kylare-vattenburna/cww-varmevatten>

BILAGOR

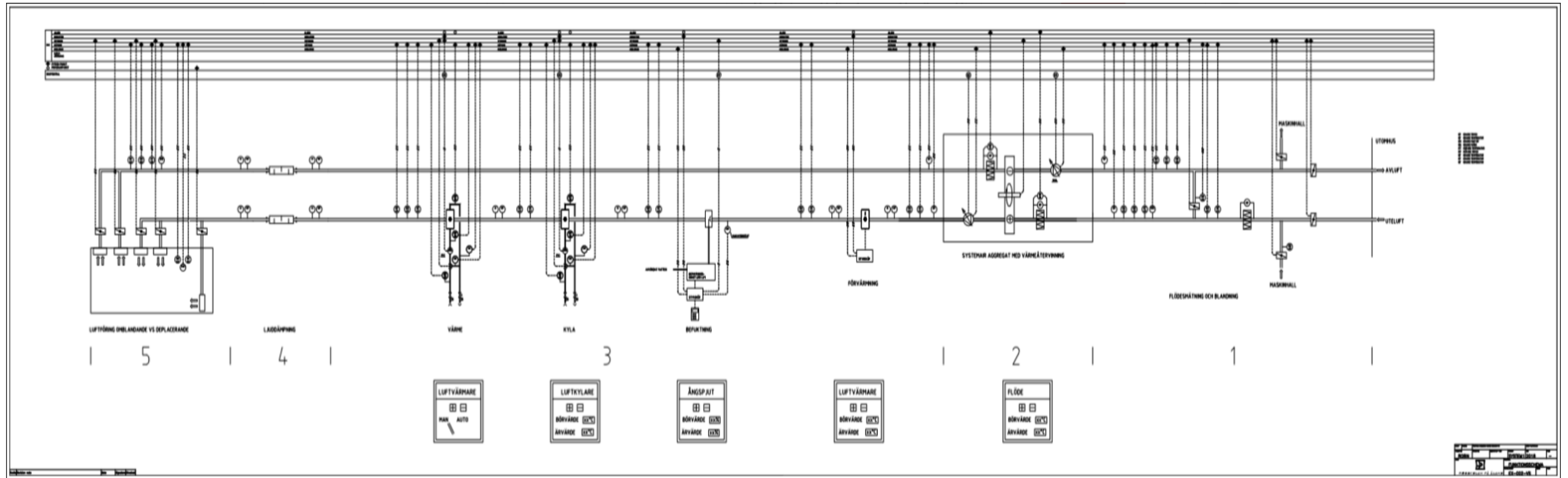
1. Excel tryckfallsberäkning
2. Utgångsschema ventilationssystem
3. Uppdaterat schema ventilationssystem
4. Utgångsschema fläktsystem
5. Uppdaterat schema fläktsystem

Bilaga 1/2(3) – Tryckfallsberäkning Excel

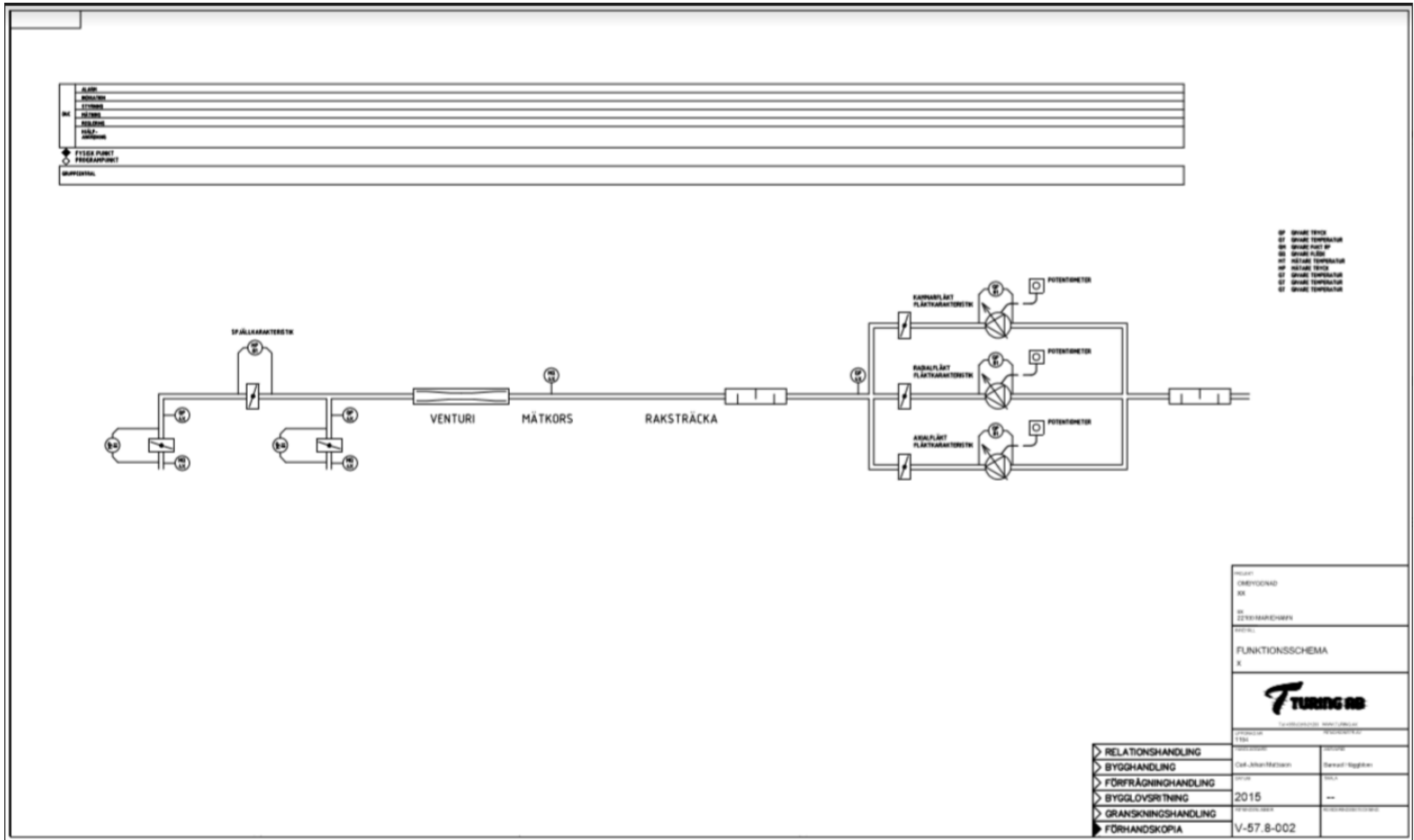
		UTELUFT - DHC											
		k-faktor ($k = q/\sqrt{\Delta p_i}$)											
Komponent	k-faktor (k)	60	80	100	120	140	160					Flöde [l/s]	
Rör 200 (15 m)		4	6	9	15	18	20					Tryckfall [Pa]	
Rör 160 (6 m)		4	7	11	13	18	24						
Böj 200 90° (5 st)		6	7	10	13	16	20						
Böj 160 90° (4 st)		8	13	20	24	34	48						
Böj 160 45° (2 st)		2	4	6	7	9	12						
T-rör 200 (1 st)													
T-rör 200 90° (1st)													
T-rör 160 (1 st)													
T-rör 160 90° (1 st)													
Area min. (Exc. 1 st)		1	2	3	4	5	6						
Area ökn. (0 st)													
Utegaller		3	4	5	6	7	8						
CRT 200 (1 st)		1	2	3	4	5	6						
CRT 160 (1 st)		6	8	10	14	18	22						
Filter FLK		18	25	30	36	42	50						
EL-värmare		1	2	3	4	5	6						
Hydromatik		1	2	3	4	5	6						
Kylbatteri	26,20	24,49	6	25,30	10	26,73	14	21	29	28,28	32		
Värmebatteri	20,40		9	15	19,61	26		35	47	21,19	57		
SORDO-A, C	42,61	42,43	2	42,76	4	42,64	6	8			14		
DHC Golvdon		7	15	22	28	40	60						
	SUMMA:	79	126	180	235	297	391						

		FRÅNLUFT-AVLUFT											
		EXC - AVLUFT											
		k-faktor ($k = q/\sqrt{\Delta p_i}$)											
Komponent	k-faktor (k)	60	80	100	120	140	160					Flöde [l/s]	
Rör 200 (6 m)		4	6	9	15	18	20					Tryckfall [Pa]	
Rör 160 (23 m)		4	7	11	13	18	24						
Böj 200 90° (1 st)		6	7	10	13	16	20						
Böj 160 90° (10 st)		8	13	20	24	34	48						
Böj 160 45° (0 st)		2	4	6	7	9	12						
T-rör 200 (0 st)													
T-rör 200 90° (0 st)													
T-rör 160 (1 st)													
T-rör 160 90° (2 st)													
Area min. (Exc. 1 st)		1	2	3	4	5	6						
Area min. (1 st)		1	2	3	4	5	6						
Area ökn. (1 st)		1	1	1	2	3	4						
CRT 200 (0 st)		1	2	3	4	5	6						
CRT 160 (2 st)		6	8	10	14	18	22						
SORDO-A, C	42,61	42,43	2	42,76	4	42,64	6	8	11		14		
EXC (+25)			35	70	100	130	200	250					
	SUMMA:	71	126	181	238	341	432						

Bilaga 3 – Uppdaterat schema Ventilationssystem

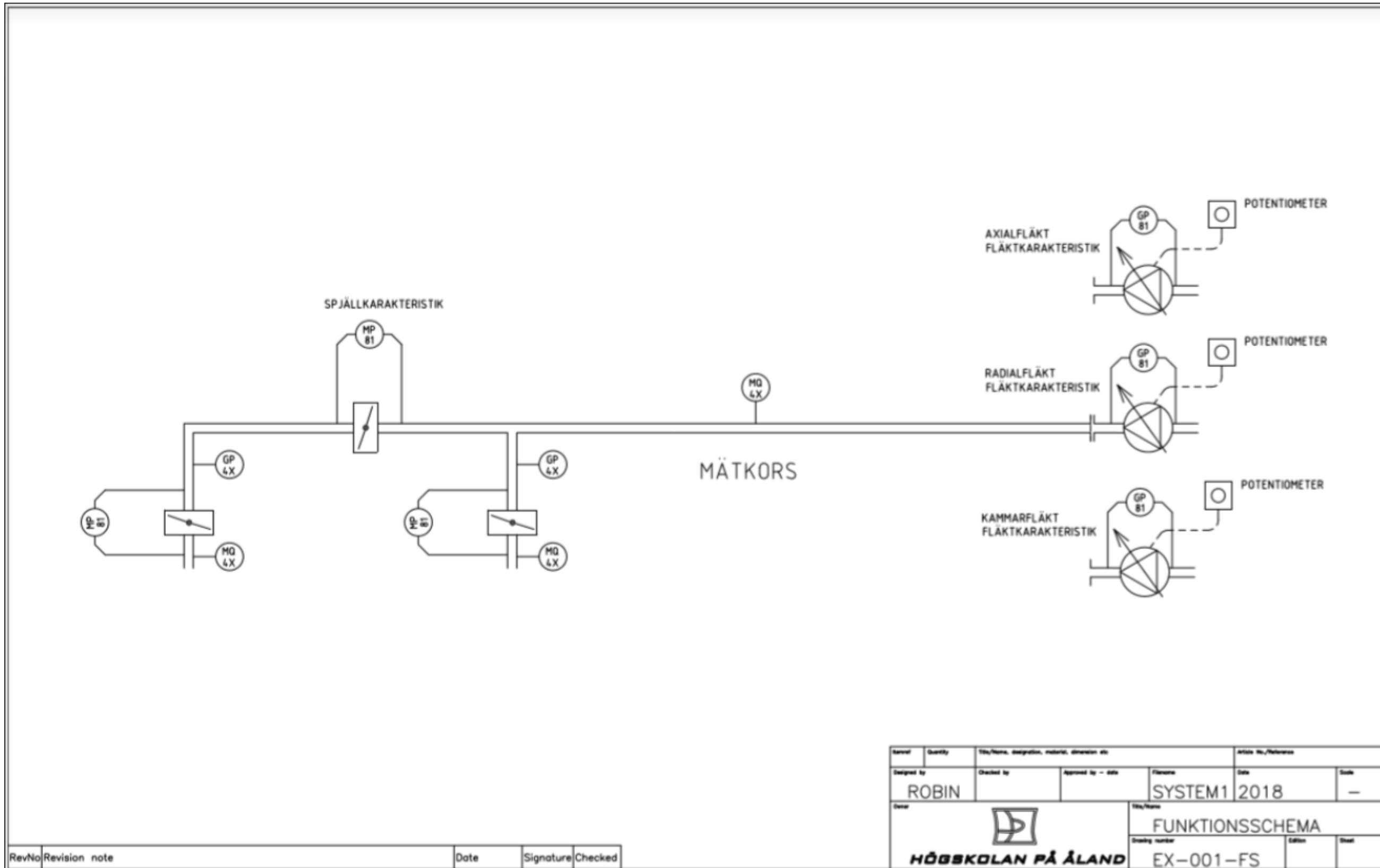


Bilaga 4 – Utgångsschema Fläktsystem




PROJEKT	
OMBYGGNAD	
XX	
BYGGNAD	
ZOOHALLBYGGNAD	
FUNKTIONSSCHEMA	
X	
TUNING AB	
TEKNIK- OCH SERVICE	
FÖRBEREDNING	
FÖRBEREDNING	
RELATIONSHANDLING	
BYGGHANDLING	Carl-Alexander
FÖRFRÅGNINGSHANDLING	
BYGGLOVSFRITNING	2015
GRANSNINGSHANDLING	
FÖRHANDSKOPIA	V-57.8-002

Bilaga 5 – Uppdaterat schema Fläktsystem



RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked

Navn	Quantity	Titel/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference	
ROBIN					SYSTEM1	2018
 HÖB SKOLAN PÅ ÅLAND		FUNKTIONSSCHEMA Drawing number: EX-001-FS				