



# Energieffektivare ventilation med decentraliserade fläktar



# Energieffektivare ventilation med decentraliserade fläktar

Caroline Markusson RISE



Energimyndighetens projektnummer: 42638-1

E2B2



## Förord

E2B2 Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende är ett program där akademi och näringsliv samverkar för att utveckla ny kunskap, teknik, produkter och tjänster.

I Sverige står bebyggelsen för cirka 35 procent av energianvändningen och det är en samhällsutmaning att åstadkomma verklig energieffektivisering så att vi ska kunna nå våra nationella mål inom klimat och miljö. I E2B2 bidrar vi till energieffektivisering inom byggande och boende på flera sätt. Vi säkerställer långsiktig kompetensförsörjning i form av kunniga människor. Vi bygger ny kunskap i form av nyskapande forskningsprojekt. Vi utvecklar teknik, produkter och tjänster och vi visar att de fungerar i verkligheten.

I programmet samverkar över 200 byggtreprenörer, fastighetsbolag, materialleverantörer, installationsleverantörer, energiföretag, teknikkonsulter, arkitekter etcetera med akademi, institut och andra experter. Tillsammans skapar vi nytta av den kunskap som tas fram i programmet.

*Energieffektiva ventilationssystem genom användning av decentraliserade fläktar* är ett av projekten som har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från Energimyndigheten. Det har letts av Caroline Markusson och har genomförts i samverkan med Systemair AB.

Projektet är en kunskapsyntes där man har sammanställt kunskap om praktiskt fungerande ventilationssystem med hjälp av decentraliserade fläktar i kontorsbyggnader. Projektet har undersökt hur decentraliserade fläktar kan påverka innemiljön och energiprestandan. Projektet har även identifierat utmaningar och definierat forsknings- och samverkansbehov för förbättrad energiprestanda.

Stockholm, 27 maj 2019

Anne Grete Hestnes,

Ordförande i E2B2

Professor vid Teknisk-Naturvetenskapliga Universitet i Trondheim, Norge

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att E2B2 har tagit ställning till innehållet.



## Sammanfattning

Elanvändningen till ventilationsfläktar utgör en stor del av den totala elanvändningen i lokaler och bostäder. Detta projekt syftar till att visa att elanvändningen för fläktar genom att minska tryckfallet i ventilationssystem med hjälp av decentraliserade fläktar kan uppnås.

I system med decentraliserade fläktar minskas tryckfallen, i jämförelse med ett traditionellt system, genom att varje decentraliserad fläkt trycksätter flödet i "sin" del av systemet med det tryck som krävs för just den delen och på så sätt kan fläktelen minskas. I ett traditionellt system med enbart en central fläkt, trycksätter fläkten hela flödet efter det dimensionerande (högsta) tryckfallet.

Decentraliserade fläktsystem har genom flera teoretiska- och labbstudier visat på en stor teoretisk energibesparingspotential, dock har endast delar av systemet inkluderats i studierna och aldrig har ett verkligt installerat system utvärderats.

I detta projekt har ett decentraliserat fläktsystem installerats i en kontorsbyggnad och därefter utvärderats. Resultaten visar, i detta fall, en energibesparing på 10-20 procent i fläktenergi. Hur stor energibesparingen blir är starkt beroende på verkningsgraden för fläktarna i det decentraliserade systemet vilket innebär att val av fläktar och hur dessa styrs är avgörande. Verkningsgraden för de decentraliserade fläktarna (18 stycken) uppmättes till 10-25 procent med ett genomsnitt på 15 procent. Mätningarna visar också att systemet fungerar och levererar till- och frånluftsflöde som tänkt.

Användandet av decentraliserade fläktar kan vara ett bra alternativ när det gäller uppgradering av befintliga ventilationssystem där en kapacitetsökning behövs. Det kan vara en praktisk lösning där befintligt aggregat och kanalsystem kan behållas och förstärkas med hjälp av decentraliserade fläktar för att uppnå en bättre inomhusmiljö utan att öka energianvändningen.

*Ventilation, energieffektiv, fläktar, elanvändning, decentraliserade system*



## Summary

Electric energy use for fans constitutes a significant part of the total electric energy use in non-industrial buildings. The objective of this project is to reduce the fan energy by reducing the system pressure drop by using decentralized fans.

In a system with decentralized fans the pressure drop in the system be reduced compared to a traditional system, this since each fan is pressurizing "its own" part/branch with the pressure needed for that particular branch, and it that way fan electricity can be reduced. In a traditional system the fan must pressurize the whole ventilation flow rate by the highest pressure drop of the system.

Decentralized fan systems have in several theoretical and laboratory studies showed great energy saving potential, however, those studies have only included parts of the ventilation system, and never has a decentralized system in a real building been evaluated.

In this project a decentralized system has been installed in an office building and evaluated. Results show fan energy saving of 10-20 %. The fan energy saving potential is greatly dependent of the efficiency of the decentralized fans and thus the choice and control of the fans are of importance. An efficiency of 10-25 % for the decentralized fans (18 fans) with an average of 15 % was measured. The measurement of the system shows that it works and deliver supply- and exhaust air as intended.

The use of decentralized fan systems can be an alternative when upgrading systems where a capacity increase is wanted. Then the use of decentralized fan system can be a practical solution as existing air handling units and duct works can be kept and reinforced with decentralized fans. This gives a solution for better indoor environment without increasing the energy use.

*Ventilation, energy efficient, fans, electric use, decentralized system*



## INNEHÅLL

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	7
2	GENOMFÖRANDE	9
2.1	MÄTNINGAR	10
2.1.1	MÄTNINGAR I LABB	10
2.1.2	MÄTNINGAR I FÄLT	12
2.2	MODELLEN	13
2.2.1	BERÄKNING DIFFERENSTRYCKET	13
2.2.2	BERÄKNING ELEFFEKTEN	14
2.2.3	SYSTEMGRÄNS	15
2.2.4	TEORETISKT ARBETE	16
2.2.5	ELEFFEKT	17
2.2.6	DE DECENTRALISERADE FLÄKTARNAS VERKNINGSGRAD	18
2.2.7	ENERGI	18
3	RESULTAT	19
3.1	TEORETISKT ARBETE	19
3.2	ELEFFEKT	19
3.3	VERKNINGSGRAD FÖR DECENTRALISERADE FLÄKTAR	22
3.4	ENERGI	23
4	DISKUSSION	24
5	REFERENSER	25



# 1 Inledning och bakgrund

Elanvändningen till ventilationsfläktar utgör en stor del av den totala elanvändningen i lokaler och bostäder.

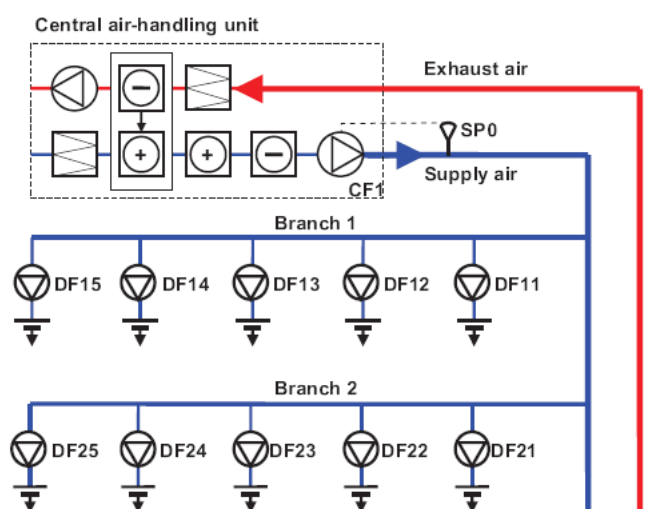
Elanvändningen till fläktar beror på ventilationsflöde, ventilationssystemets tryckfall, fläktarnas drifttid och fläktarnas verkningsgrad, enligt ekvation 1.

$$W = \frac{dP \cdot \dot{V}}{\eta} \cdot \tau \quad (\text{kWh}) \quad (1)$$

$W$  är fläktenergin,  $\dot{V}$  är luftflödet,  $dP$  är tryckuppsättningen,  $\eta$  är verkningsgraden och  $\tau$  är drifttiden.

Att använda behovsstyrd ventilation, dvs. att reglera flödet efter ett uppmätt behov i den ventilerade zonen, så att rätt mängd flöde vid rätt tidpunkt uppnås, adresserar flödet och drifttiden ( $\dot{V}$  och  $\tau$  i ekvationen ovan).

Detta projekt syftar till att reducera elanvändningen för fläktar genom att minska tryckfallet ( $dP$  i ekvationen ovan) i ventilationssystemet med hjälp av decentraliserade fläktar. Figur 1 visar en principskiss över ett exempel på ett system med decentraliserade fläktar. I ett decentraliserat fläktsystem har varje gren av ventilationssystemet försetts med en egen fläkt som trycksätter "sin egen" gren. I exemplet i figur 1 har även det centrala aggregatet fläktar som trycksätter flödet genom aggregatets delar, så som luftvärmare, luftkylare och värmeåtervinning.



Figur 1 Exempel på uppbyggnad för ett decentraliserat fläktsystem.



I system med decentraliserade fläktar minskas tryckfallen, i jämförelse med ett traditionellt system, genom att varje decentraliserad fläkt trycksätter flödet i "sin" del av systemet med det tryck som krävs för just den delen. I ett traditionellt system med enbart en central fläkt, trycksätter fläkten hela flödet efter det dimensionerande (högsta) tryckfallet.

Decentraliserade fläktsystem har undersökts tidigare i olika studier [1-5] som alla har bedömt att energibesparingspotentialen är stor. Gunner<sup>[5]</sup> visar en besparingspotential på 16-40 procent beroende av systemuppbyggnad. Markusson och Karlsson<sup>[2-3]</sup> visar att besparingspotentialen beror av systemuppbyggnad, spjällauktoriteter och påverkas starkt av verkningsgrader. Labbmätningar från samma studie visar en minskning av distributionsförluster på 30 procent.

Alltså pekar teorin och labbstudier på en stor potential för decentraliserade fläktsystem, dock har dessa studier endast inkluderat delar av systemet och aldrig har ett verkligt installerat system utvärderats.

Tidigare har systemkomplexitet, underhåll, kabeldragning och styr- och reglermöjligheter utgjort hinder för decentraliserade fläktsystem, dessa hinder har i och med teknikutveckling börjar undanröjas och är idag i samma nivå som för ett behovsstyrt ventilationssystem med motordrivna don. Dessutom har mindre elmotorer, och till följd av detta även mindre fläktar, blivit allt mer effektiva och BLDC (brush less direct current) motorer används idag i mindre applikationer som t.ex. i små fläktar.

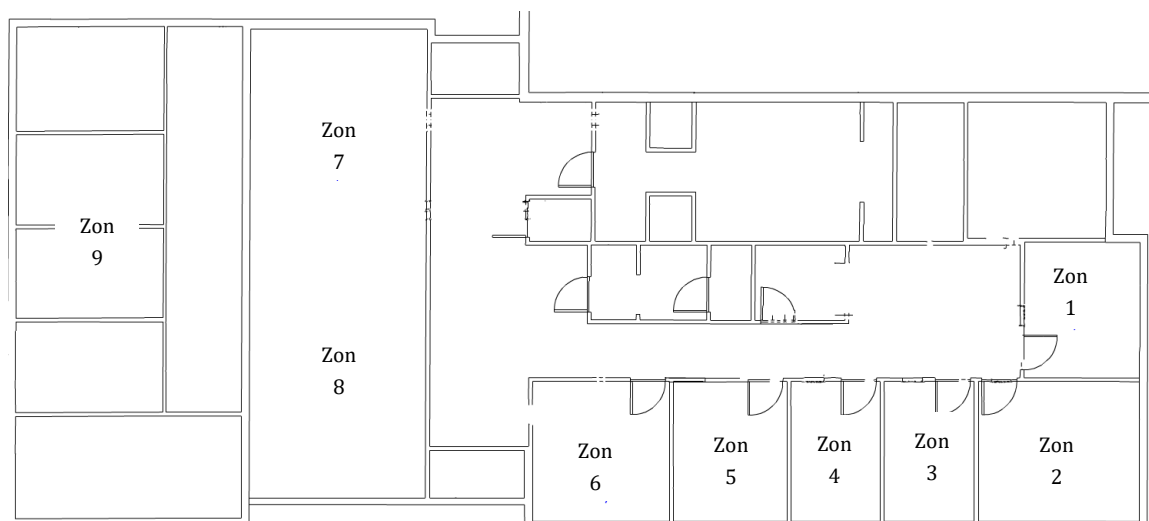
I detta projekt har ett decentraliserat ventilationssystem med nio zoner installerats på ett kontor. Systemet har mekanisk från- och tilluft med värmeåtervinning, kyla och värme. Systemet består i grunden av det befintliga CAV (constant air volume) systemet där kanaldragning och centralaggregat behållits och kompletterats med de decentraliserade fläktarna för både till- och frånluft. I ett CAV-system är ventilationsflödet konstant. I projektet mäts flöden och varvtal för fläktarna kontinuerligt i fält och tillsammans med prestandamätningar från labb har systemet utvärderats och jämförts med det tidigare traditionella CAV-systemet och motsvarande VAV (variable volume)system. I ett VAV-system varierar ventilationsflödet, exempelvis efter ett uppmätt behov eller efter ett förutbestämt schema.

Projektets övergripande mål är att utvärdera/analysera ett praktiskt fungerande ventilationssystem med decentraliserade fläktar. Projektets specifika mål är att visa decentraliserade systems (praktiskt fungerande) möjligheter och energibesparingspotential, erhålla verklig uppmätt energibesparingspotential från ett installerat decentraliserat fläktsystem i en kontorsbyggnad.

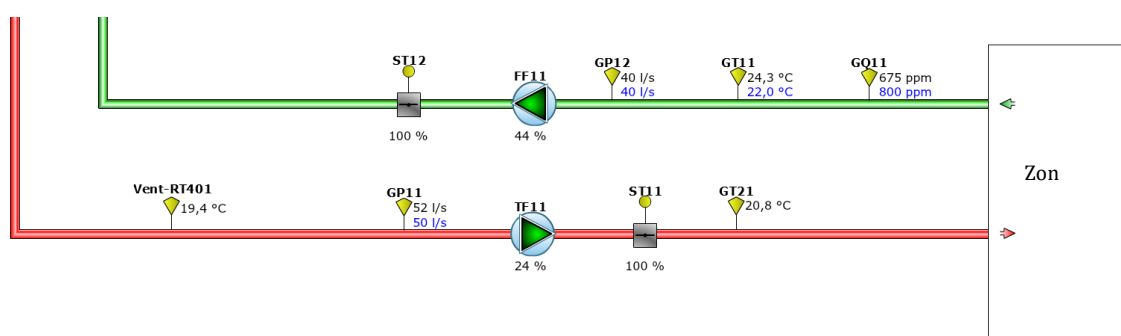


## 2 Genomförande

Ett decentraliserat fläktsystem med nio zoner, se figur 2, har installerats i en kontorsbyggnad. Zon 1-6 betjänar kontor av samma storlek med liknande dimensionerande behov, zon 7-8 betjänar lunchrum och zon 9 betjänar en grupp av kontor. Varje zon försörjs med en decentraliserad fläkt för tilluft och en för frånluft, se figur 3.



Figur 2 Rumsöversikt med zonindelning.

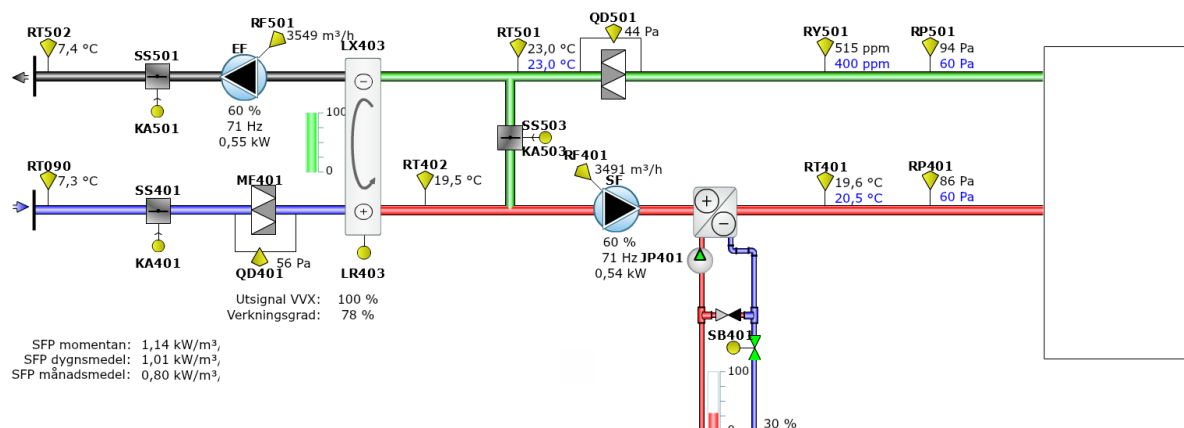


Figur 3 Skiss över en decentraliserad gren som försörjer en zon. Varje gren har en decentraliserad till- och frånluftsfläkt.

Systemet består i grunden av det befintliga CAV-systemet där kanaldragning och centralaggregat har behållits och kompletterats med de decentraliserade fläktarna för både till- och frånluft. Figur 4 visar



det centrala aggregatet som består av till- och frånluftsfläkt, värmeåtervinning och ett kombinationsbatteri för kyla och värme.



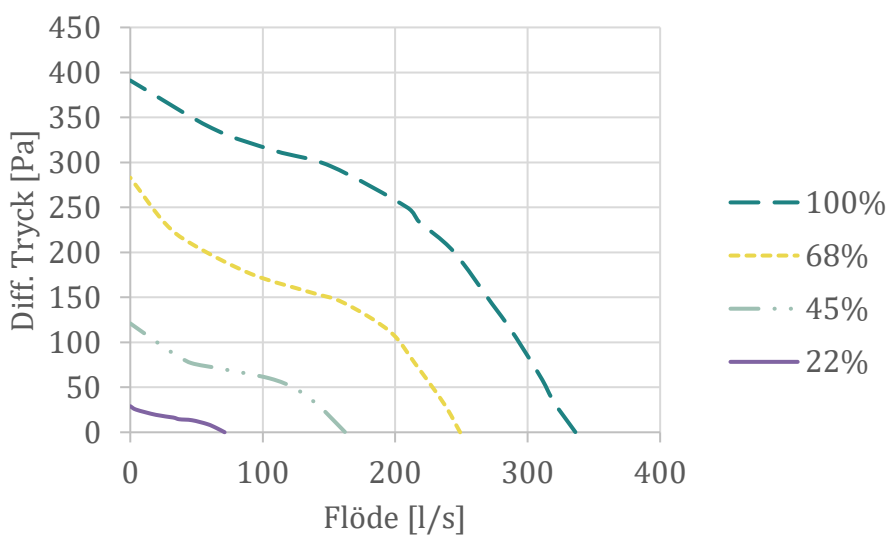
Figur 4 Skiss över centralaggregatets uppbyggnad.

## 2.1 Mätningar

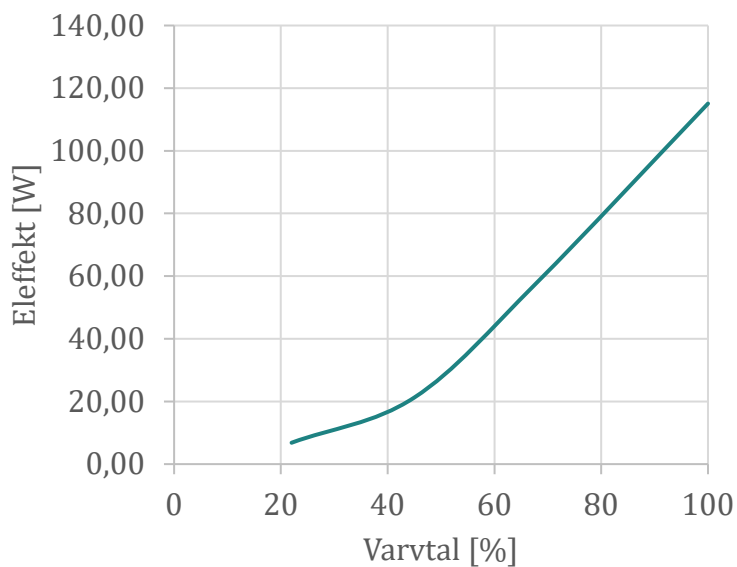
Genom att använda mätdata från fält tillsammans med uppmätt data från labbet och en modell baserad på affinitetslagarna (ekvation 2-4) kan det decentraliserade fläktsystemet analyseras. Affinitetslagarna (likformighetslagar för turbomaskiner) kan användas för att beräkna flöde, differenstryck och effekt för olika varvtal (rotationshastighet). Nedan följer först en beskrivning av labbmätningarna och sedan en beskrivning av fältmätningen och slutligen en beskrivning av modellen.

### 2.1.1 Mätningar i labb

I labb har de decentraliserade fläktarnas prestanda uppmätts. Figur 5 visar för fyra varvtal differenstrycket som funktion av flödet för de decentraliserade fläktarna. Figur 6 visar uppmätt eleffekt som funktion av varvtal för de decentraliserade fläktarna. Ett varvtal på 100 % motsvarar att fläkten går på full fart.



Figur 5 I labb uppmätt differenstryck som funktion av flöde för en decentraliserad fläkt för fyra varvtal mellan 22 % och 100 %. Ett varvtal på 100 % motsvarar full fart.

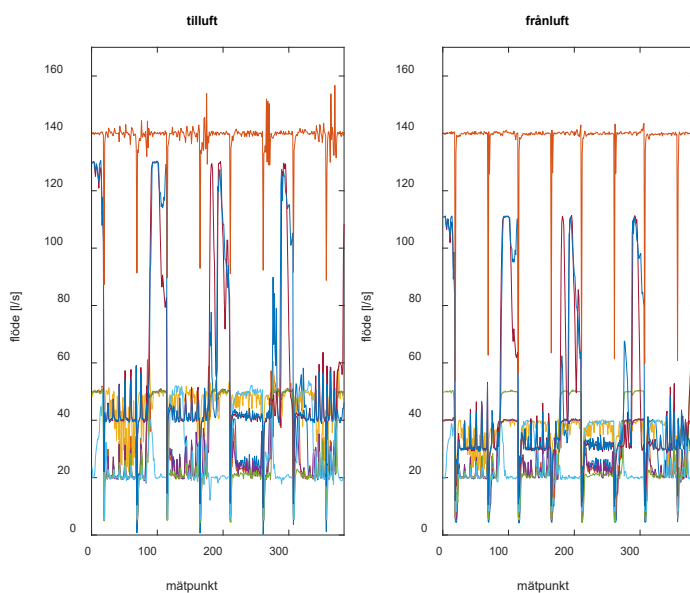


Figur 6 I labb uppmätt eleffekt som funktion av varvtal för en decentraliserad fläkt. Ett varvtal på 100 procent motsvarar full fart.

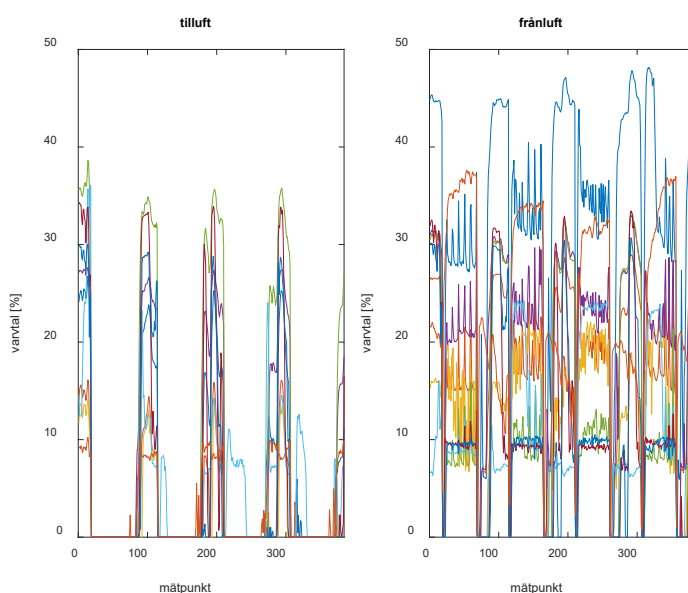


### 2.1.2 Mätningar i fält

För alla till- och frånluftsfläktar i de nio zonerna (figur 2 och 3) mättes fläktvarvtal och flöde var femtonde minut. Figur 7 visar uppmätt flöde i de nio zonerna under fyra dagar. Figuren till vänster visar tilluftsflöde och figuren till höger visar frånluftsflödet. Figur 8 visar uppmätt varvtal i de nio zonerna under fyra dagar. Figuren till vänster visar varvtalet för tilluftsfläkten och figuren till höger visar varvtalet för frånluftsfläkten. Figur 7 och 8 visar uppmätt data från samma fyra dagar.



Figur 7 Uppmätt flöde i de nio grenarna, tilluft till vänster och frånluft till höger.



Figur 8 Uppmätt varvtal i de nio grenarna, tilluft till vänster och frånluft till höger. Ett varvtal på 100 procent motsvarar full fart.

## 2.2 Modellen

### 2.2.1 Beräkning differenstrycket

Genom att använda data, uppmätt i labb för fullt varvtal se figur 5, kan en kurva anpassas och en ekvation för differenstrycket som funktion av flödet tas fram på formen i ekvation 2, där  $dP$  är differenstrycket  $\dot{V}$  är flödet och  $k$  och  $m$  är konstanter vilket fås av kurvanpassningen

$$dP = k + m\dot{V}^2 \quad (2)$$

Genom att använda den framtagna ekvationen i kombination med ekvation (6) kan differenstrycket för varje uppmätt flöde beräknas. Ekvation 3-5 visar affinitetslagarna. Om ekvation 3 och 4 kombineras, fås ekvation 6, där "1an" representerar den i labb uppmätt data för differenstryck och flöde, för fullt varvtal, och "2an" det i fält uppmätta flödet samt det beräknade differenstrycket.

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (3)$$

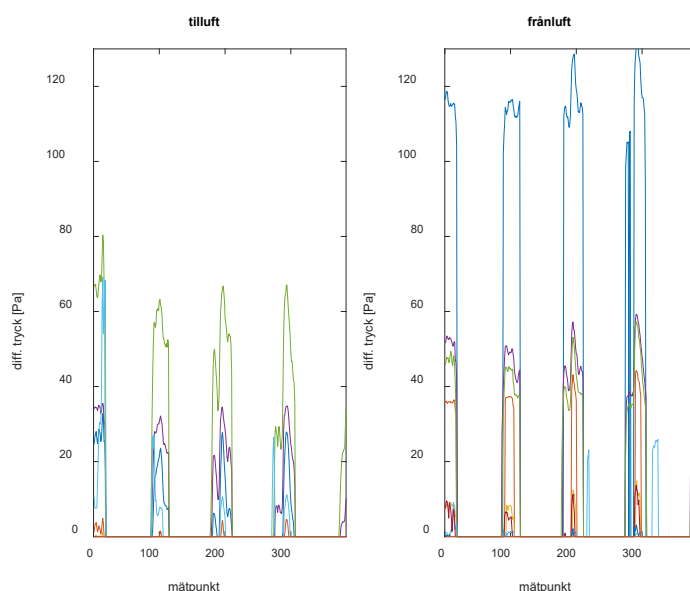
$$\frac{dP_1}{dP_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (4)$$

$$\frac{\dot{w}_1}{\dot{w}_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (5)$$



$$dP_2 = \left(\frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1}\right)^2 \cdot dP_1 \quad (6)$$

Där  $n$  är varvtalet,  $\dot{V}$  är flödet,  $dP$  är differentialtrycket och  $\dot{W}$  är effekten. Figur 9 visar det beräknade differensstrycket för varje uppmätt flöde per decentraliserad fläkt.



Figur 9 Differensstrycket i varje mät punkt. Den vänstra figuren visar differensstrycket för tilluftsfläkten och den högra figuren visar differensstrycket för frånluftsfläkten.

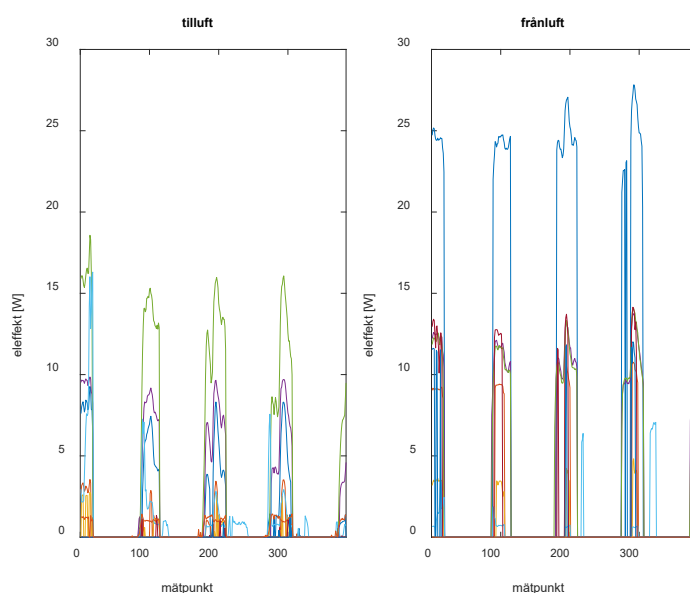
### 2.2.2 Beräkning eleffekten

Ekvation 5 kan skrivas om till ekvation 7 där "1an" representerar den i labb uppmätta data för varvtal och eleffekt och "2an" det i fält uppmätta varvtalet samt den beräknade eleffekten.

Genom att använda data, uppmätt i labb för eleffekt och varvtal, se figur 6 i kombination med ekvation 7 kan alltså eleffekten beräknas för varje uppmätt varvtal. Figur 10 visar den beräknade eleffekten för varje uppmätt varvtal.

$$\dot{W}_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \dot{W}_1 \quad (7)$$

Där  $n_1$  och  $\dot{W}_1$  är varvtal och eleffekt vid fullt varvtal och  $n_2$  är varvtalet uppmätt i fält och  $\dot{W}_2$  är den beräknade eleffekten för det i fält uppmätta varvtalet.



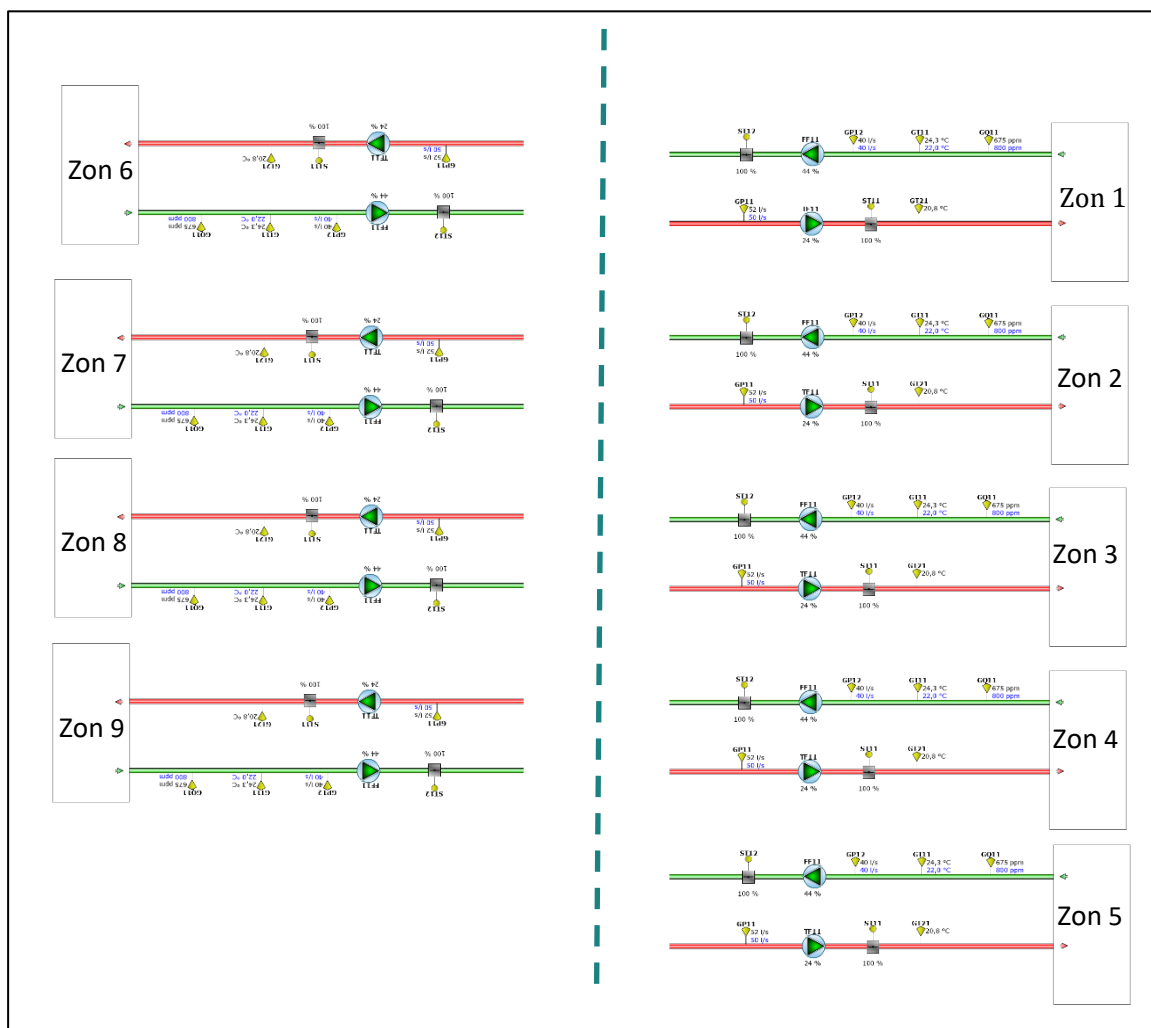
Figur 10 Eleffekt för fläktarna i det decentraliserade systemet, vänster figur visar eleffekten för tilluftsfläktarna och höger figur visar eleffekten för frånluftsfläktarna.

### 2.2.3 Systemgräns

Genom att kombinera mätningar i fält, mätningar i labbet med teori och beräkningar finns för alla decentraliserade fläktarna i de nio zonerna flöde, varvtal, eleffekt och differenstryck, vilket gör det möjligt att göra en analys av systemet.

Det decentraliserade systemet jämförs med ett traditionellt system med ett centralt aggregat som försörjer hela systemet. Det centrala traditionella systemet antas köras både som CAV-system (constant air volume) och VAV-system (variable air volume).

Systemgränsen för analysen sätts kring de nio zonerna och de grenar som försörjer dessa nio zoner (figur 11). Alltså antas, förenklat, att samma arbete krävs för att få luften genom centralaggregat med värmeåtervinning och kombibatteri (figur 4) i fallet med decentraliserade fläktar liksom i fallet med det traditionella centrala systemet, oavsett CAV eller VAV.



Figur 11 Systemgräns för analysen.

### 2.2.4 Teoretiskt arbete

En analys av vilket teoretiskt arbete som krävs för att få till- och frånluft till de nio zonerna genomförs. Med det teoretiska arbetet menas det arbete som krävs för att överkomma tryckfallen i systemet, förenklat kan man tänka att verkningsgraden för fläktarna är 100 % i ekvationen (8). Ekvation 7 ger fläkteffekten.

$$\dot{W} = \frac{\Delta p \cdot \dot{V}}{\eta} \quad (8)$$

$\dot{W}$  är fläkteffekten,  $\dot{V}$  är luftflödet,  $\Delta p$  är tryckuppsättningen,  $\eta$  är fläktens verkningsgrad. I och med att differenstrycket, flödet för de nio zonerna är känt kan det teoretiska arbetet beräknas.



Det teoretiska arbetet för det centrala VAV-systemet fås av:

$$\dot{W}_{\text{centralt,VAV,teo}} = (\dot{V}_{\text{uppmätt i fält}} \cdot dP_{\text{max}})_{\text{tilluft}} + (\dot{V}_{\text{uppmätt i fält}} \cdot dP_{\text{max}})_{\text{frånluft}} \quad (9)$$

Där  $\dot{V}_{\text{uppmätt i fält}}$  är uppmätta flödet, sammanlagt för de nio grenarna.  $dP_{\text{max}}$  är max-värdet av differensstrycket i de nio grenarna. I detta fall måste centralaggregatet trycksätta hela systemets flöde till det dimensionerande trycket i systemet.

Det teoretiska arbetet för det centrala CAV-systemet fås av:

$$\dot{W}_{\text{centralt,CAV,teo}} = (\dot{V}_{\text{max}} \cdot dP_{\text{max}})_{\text{tilluft}} + (\dot{V}_{\text{max}} \cdot dP_{\text{max}})_{\text{frånluft}} \quad (10)$$

Där  $\dot{V}_{\text{max}}$  är max-värdet av det uppmätta flödet, sammanlagt för de nio grenarna.  $dP_{\text{max}}$  är max-värdet av differensstrycket i de nio grenarna. I CAV-system används det dimensionerande flödet alltid när systemet är igång och centralaggregatet trycksätter hela systemets flöde till det dimensionerande trycket i systemet.

Det teoretiska arbetet för det decentraliserade systemet fås av:

$$\dot{W}_{\text{decentraliserade,teo}} = (\sum_{n=1}^9 \dot{V}_{n,\text{uppmätt}} \cdot dP_{n,\text{uppmätt}})_{\text{tilluft}} + (\sum_{n=1}^9 \dot{V}_{n,\text{uppmätt}} \cdot dP_{n,\text{uppmätt}})_{\text{frånluft}} \quad (11)$$

Där  $\dot{V}_{n,\text{uppmätt}}$  är det uppmätta flödet i gren  $n$ ,  $dP_{n,\text{uppmätt}}$  är differensstrycket i gren  $n$ . I det decentraliserade systemet trycksätter varje decentraliserad fläkt flödet i "sin egen" gren med det tryck som behövs för just den grenen.

Figur 12 i resultat-kapitlet visar det teoretiska arbetet för det decentraliserade systemet, VAV-systemet och CAV-systemet.

### 2.2.5 Eleffekt

Det verkliga arbetet, eller fläktarnas eleffekt, fås när hänsyn tas till fläktarnas verkningsgrad, ekvation 7.

För det centrala systemet (CAV och VAV) finns tyvärr ingen mätdata på fläktarnas verkningsgrader. Därför visas det verkliga arbetet för de centrala systemen med fyra olika verkningsgrader mellan 30 % och 60 %.

I fallet med de decentraliserade fläktarna mäts varvtal och flöde och genom att använda den framtagna ekvationen för eleffekt fås den "verkliga" eleffekten. Figur 13, i resultatkapitlet, visar det verkliga arbetet för CAV-, VAV- och det decentraliserade systemet. Figur 14 visar varaktighetsdiagrammet för det verkliga arbetet.

Den procentuella besparingen blir olika om hänsyn tas till det arbete (fläkteffekt) som krävs för att få ventilationsflödet genom det centrala aggregatet. Eleffekten för både till- och frånluftsfläkt i det centrala aggregatet mäts vid max-flöde till 530 W per fläkt. Genom att addera dessa fläkteffekter till det arbete/fläkteffekter som krävs för att försörja de nio zonerna fås eleffekten för det totala



systemet (ekvation 12-14). Figur 15 och tabell 2 under resultatkapitlet visar eleffekten med det centrala aggregatet inkluderat.

$$\dot{W}_{tot,VAV} = \dot{W}_{VAV,nio\ grenarna} + \dot{W}_{centralaggregat} \quad (12)$$

$$\dot{W}_{tot,CAV} = \dot{W}_{CAV,nio\ grenarna} + \dot{W}_{centralaggregat} \quad (13)$$

$$\dot{W}_{tot,decentraliserat} = \dot{W}_{decentraliserat,nio\ grenarna} + \dot{W}_{centralaggregat} \quad (14)$$

### 2.2.6 De decentraliserade fläktarnas verkningsgrad

Eftersom besparingen/potentialen för det decentraliserade systemet är beroende av de decentraliserade fläktarnas verkningsgrad görs en specifik analys av dessa.

Verkningsgraden för det decentraliserade systemet beräknas enligt:

$$\eta_{decentraliserat} = \frac{\dot{W}_{decentraliserade,teo}}{\dot{W}_{decentraliserade,uppmätt}} \quad (15)$$

Där  $\dot{W}_{decentraliserade,teo}$  är det teoretiska arbetet,  $\dot{W}_{decentraliserade,uppmätt}$  är det "verkliga" arbetet. Figur 17 visar den sammanlagda verkningsgraden för fläktarna i de nio zonerna i det decentraliserade systemet.

### 2.2.7 Energi

Energianvändning för ventilation beräknas enligt ekvation (1). De fyra uppmätta dagarna antas repeteras under ett år. Observera att systemet endast är på under dagtid på veckodagar. Resultatet för de nio decentraliserade grenarna visas i tabell 3.

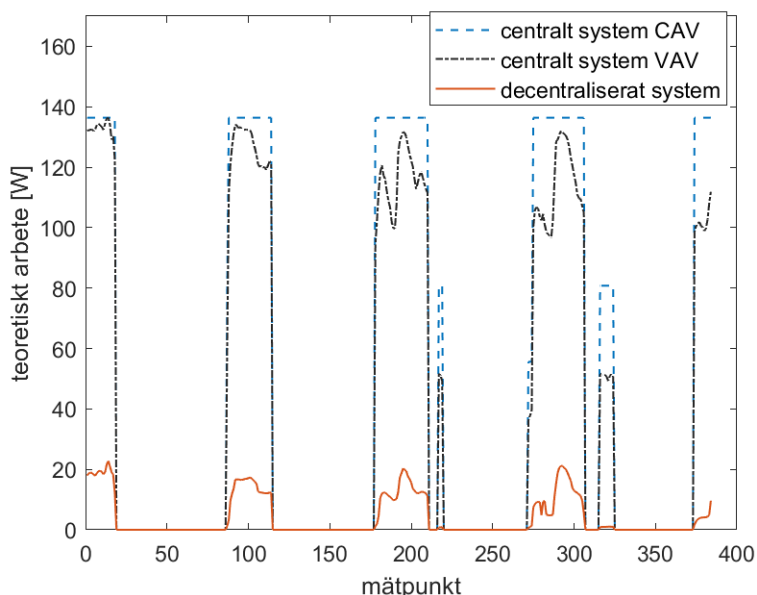
I tabell 4 visas energianvändningen för de nio decentraliserade grenarna och till- och frånluftsfläktarna i centralaggregatet. Eleffekten för både till- och frånluftsfläkt i det centrala aggregatet mäts vid max-flöde till 530 W per fläkt. Dessa fläkteffekter adderas till det arbete/fläkteffekter som krävs för att försörja de nio zonerna och energianvändningen för hela systemet beräknas enligt ekvation (1).



## 3 Resultat

### 3.1 Teoretiskt arbete

Figur 12 visar det teoretiska arbetet för det decentraliserade systemet, VAV-systemet och CAV-systemet. Systemet är i gång endast på dagtid på veckodagar och avstängt på nätter och helger.



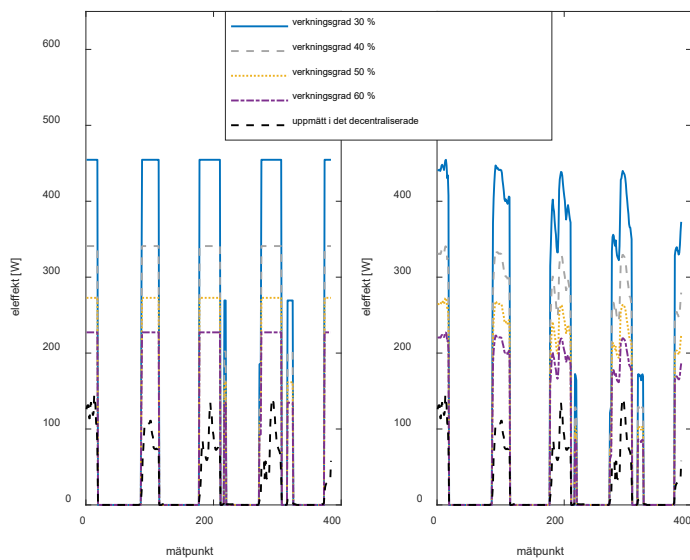
Figur 12 Teoretiskt arbete (till- och frånluft sammanlagt) för decentraliserat system samt centralt system med CAV och VAV.

Som kan ses i figur 12 är den teoretiska besparingspotentialen stor. Dock är den verkliga besparingspotentialen beroende av fläktarnas verkningsgrad.

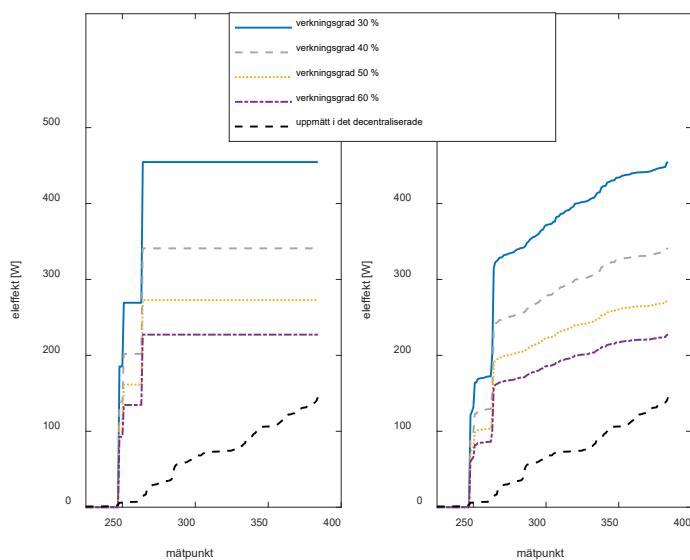
### 3.2 Eleffekt

Det verkliga arbetet, eller fläktarnas eleffekt, fås när hänsyn tas till fläktarnas verkningsgrad, ekvation 7.

För det centrala systemet (CAV och VAV) finns ingen mätdata på fläktarnas verkningsgrader. Därför visas det verkliga arbetet för de centrala systemen med fyra olika verkningsgrader mellan 30 procent och 60 procent. Figur 13 visar det verkliga arbetet för CAV-, VAV- och det decentraliserade systemet. Figur 14 visar varaktighetsdiagrammet för det verkliga arbetet.



Figur 13 Eleffekt i varje mät punkt. Vänstra figuren visar det decentraliserade systemet tillsammans med CAV-systemet. Högra figuren visar det decentraliserade systemet tillsammans med VAV-systemet. För CAV- och VAV-systemen visas resultatet för fyra verkningsgrader mellan 30 procent och 60 procent.



Figur 14 Varaktighetsdiagram för eleffekt i varje mät punkt. Vänstra figuren visar det decentraliserade systemet tillsammans med CAV-systemet. Högra figuren visar det decentraliserade systemet tillsammans med VAV-



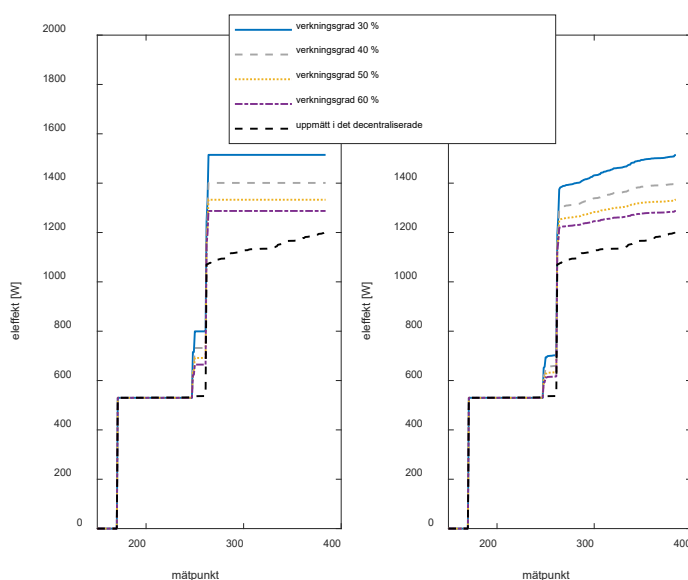
systemet. För CAV- och VAV-systemen visas resultatet för fyra verkningsgrader mellan 30 procent och 60 procent.

Som kan ses i figur 14 är besparingen signifikant även om en relativt hög verkningsgrad antas för fläktarna i det centrala aggregatet. Besparingen är mindre i fallet med VAV jämfört med fallet med CAV. Tabell 1 visar den procentuella besparingen vid jämförelse av det decentraliserade systemet och CAV- och VAV-systemet.

Tabell 1 Besparingen med decentraliserade systemet i jämförelse med CAV- och VAV-systemet procent.

Verkningsgrad central till- och frånluftsfläkt (%)	30	40	50	60
Besparing decentraliserat system jmf CAV- system (%)	84	78	73	68
Besparing decentraliserat system jmf VAV- system (%)	82	76	70	64

Den procentuella besparingen förändras om hänsyn tas till det arbete (fläkteffekt) som krävs för att få ventilationsflödet genom det centrala aggregatet. Figur 15 visar varaktighetsdiagrammet för eleffekten för det totala systemet, och tabell 2 visar besparingen i procent. Observera antagandet att samma arbete krävs för att få luften genom centralaggregatet, oavsett VAV- eller CAV-system, vilket är en förenkling.



Figur 15 Varaktighetsdiagram för eleffekten under fyra dagar då drift av det centrala aggregatet ingår (till- och frånluftsfläkt). Vänstra figuren visar det decentraliserade systemet tillsammans med CAV-systemet. Högra figuren visar det decentraliserade systemet tillsammans med VAV-systemet. För CAV- och VAV-systemen visas resultatet för fyra verkningsgrader mellan 30 procent och 60 procent.

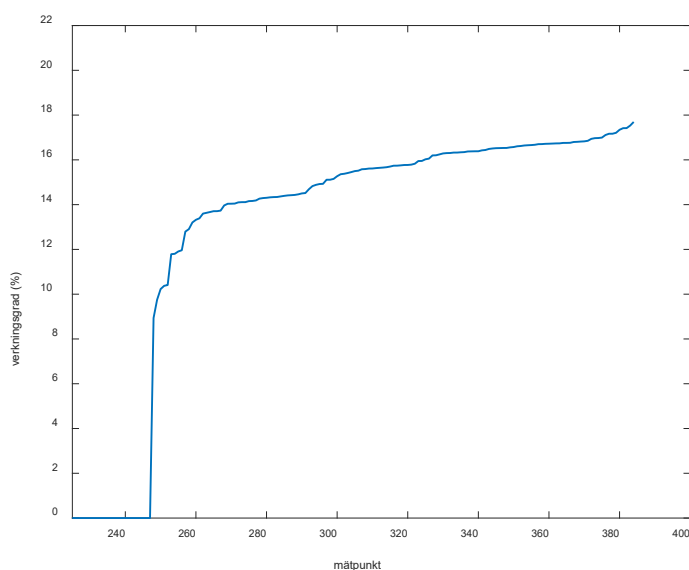


Tabell 2 Besparingen med decentraliserade systemet i jämförelse med CAV- och VAV-systemet.

Verkningsgrad central till- och frånluftsfläkt (%)	30	40	50	60
Besparing decentraliserat system jmf CAV- system (%)	25	19	15	12
Besparing decentraliserat system jmf VAV- system (%)	22	16	12	10

### 3.3 Verkningsgrad för decentraliserade fläktar

Eftersom besparingen/potentialen för det decentraliserade systemet är beroende av de decentraliserade fläktarnas verkningsgrad görs en specifik analys av dessa. Figur 17 visar den sammanlagda verkningsgraden för fläktarna i de nio zonerna i det decentraliserade systemet. I medel ligger verkningsgraden på 15 procent.



Figur 16 Sammanlagd verkningsgrad för fläktarna i det decentraliserade systemet.



### 3.4 Energi

Tabell 3 visar energianvändning för fläktarna i de nio grenarna. För CAV- och VAV-systemet anges resultatet för 4 olika verkningsgrader för de centrala fläktarna. För det decentraliserade systemet är medelverkningsgraden för alla till- och frånluftsfläktar 15 procent.

Tabell 3 Energianvändning för de nio grenarna. För CAV- och VAV-systemet antas 4 olika verkningsgrader mellan 30-60 procent för de centrala fläktarna. För det decentraliserade systemet är medelverkningsgraden för alla till- och frånluftsfläktar 15 procent.

Verkningsgrad till- och frånluftsfläktar (%)	30	40	50	60	15
CAV- system (kWh)	1347	1010	808	674	-
VAV-system (kWh)	1153	865	693	576	-
Decentraliserat system (kWh)	-	-	-	-	229

Tabell 4 visar den totala energianvändningen för de nio grenarna samt centralaggregatet. För CAV- och VAV-systemet anges resultatet för 4 olika verkningsgrader för de centrala fläktarna. För det decentraliserade systemet är medelverkningsgraden för alla till- och frånluftsfläktar 15 procent.

Tabell 4 Energianvändning för de nio grenarna och centralaggregatet. För CAV- och VAV-systemet antas 4 olika verkningsgrader mellan 30-60 procent för de centrala fläktarna. För det decentraliserade systemet är medelverkningsgraden för alla till- och frånluftsfläktar 15 procent.

Verkningsgrad till- och frånluftsfläktar (%)	30	40	50	60	15
CAV- system (kWh)	5422	5085	4883	4748	-
VAV-system (kWh)	5277	4939	4766	4651	-
Decentraliserat system (kWh)	-	-	-	-	4303



## 4 Diskussion

Syftet med projektet har varit att reducera elanvändningen för fläktar genom att minska tryckfallet i ventilationssystemet med hjälp av decentraliserade fläktar. I system med decentraliserade fläktar minskas tryckfallen, i jämförelse med ett traditionellt system, genom att varje decentraliserad fläkt trycksätter flödet i "sin" del av systemet med det tryck som krävs för just den delen. I ett traditionellt system med enbart en central fläkt, trycksätter fläkten hela flödet efter det dimensionerande (högsta) tryckfallet.

I detta projekt har ett decentraliserat fläktsystem installerats i en kontorsbyggnad och därefter utvärderats. Systemet består i grunden av det befintliga CAV-systemet där kanaldragning och centralaggregat har behållits och kompletterats med de decentraliserade fläktarna för både till- och frånluft. Systemet fungerar och levererar den ventilation som tänkt, både för till- och frånluft.

Resultaten visar på en energibesparing i fläktenergi på 10-20 procent. Verkningsgraden för de decentraliserade fläktarna (18 st) uppmättes till mellan 10 och 25 procent med ett genomsnitt på 15 procent. Då verkningsgraden för fläktarna i det decentraliserade systemet spelar stor roll vilket innebär att val av fläktar och hur dessa styrs är avgörande för hur stor energibesparingen blir. Vid ett antagande att de decentraliserade fläktarna har en genomsnittlig verkningsgrad på 20 procent ökar energibesparingen till mellan 30 och 40 procent.

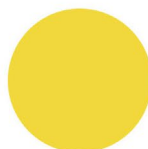
Projektet har även visat att decentraliserade fläktsystem kan vara användbara när det gäller uppgradering av befintliga ventilationssystem där en kapacitetsökning behövs. Då kan användandet av ett decentraliserat system ge en praktisk lösning där befintligt aggregat och kanalsystem kan behållas och förstärkas med hjälp av decentraliserade fläktar. Ett exempel kan vara skolor där ventilationen i klassrum är dimensionerad för ett mindre antal elever än vad som det faktiskt används för, då kan decentraliserade fläktar vara en bra lösning för att få en bättre inomhusmiljö utan att öka energianvändningen.

Ett möjligt nästa steg i utvecklingen av decentraliserade fläktsystem är att ytterligare reducera tryckfallen i ventilationssystem genom att byta ut spjäll och reglerspjäll mot direktflödesreglerande fläktar. För att ett spjäll ska fungera som tänkt måste en stor andel av det totala tryckfallet i systemet ligga över spjället, vilket kallas för spjällauktoritet. Om dessa spjäll kan bytas ut mot direktflödesreglerande fläktar reduceras systemets tryckfall och fläktenergi kan sparas. Det skulle vara speciellt intressant i system med behovsstyrd ventilation där kabeldragning och underhåll för de decentraliserade fläktarna och det behovsstyrda ventilationssystemet är jämförbara. I ett behovsstyrt ventilationssystem har varje gren eller rum ett motordrivet spjäll som kräver kabeldragning och underhåll.



## 5 Referenser

- [1] Markusson C., Efficiency of building related pump and fan operation, application and system solutions, Dissertation, Chalmers university of technology, 2011
- [2] Markusson C. Effektivisering av pump- och fläktdrifter i byggnader Elanvändning och systemlösningar, Licentiatuppsats, Chalmers tekniska högskola, 2009
- [3] Karlsson A., Markusson C., Improved motor technology for small fans – impact on efficiency gains on system design, Proceedings of 9th REHVA World congress Clima 2007 Wellbeing Indoors 2007
- [4] Fahlén P., Markusson C., Maripuu M., Opportunities in the design of control-on-demand HVAC systems, Proceedings of 9th REHVA World congress Clima 2007 Wellbeing Indoors 2007
- [5] Gunner A., Low pressure drop ventilation system using decentralized fans, Dissertation, Aalborg University, Denmark, 2016



*Runt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer*

*ö tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället. I den här rapporten kan du läsa om ett av projekten som ingår i programmet.*

*E2B2 genomförs i samverkan mellan IQ Samhällsbyggnad och Energimyndigheten åren 2013–2017. Läs mer på [www.E2B2.se](http://www.E2B2.se).*

