

## BEHOVSSTYRD VENTILATION I STORKÖK

EN FÖRSTUDIE OM ERFARENHETER,  
MÖJLIGHETER OCH UTMANINGAR

2022-01-26



### UTFÖRT AV

**Christoffer Alm**  
**Josep Termens**  
CIT Energy Management AB

### GRANSKAT AV

**Alexander Malmberg**  
CIT Energy Management

## FÖRORD

Rapporten har finansierats inom Relivs av Energimyndigheten och har genomförts av Christoffer Alm och Josep Termens på CIT Energy Management. Ett varmt tack riktas till följande personer som ställt upp på intervjuer och delat med sig av sin kunskap;

Helen Asplund, AFRY  
Kristian Friman, AFRY  
Peter Holmquist, WSP  
Torbjörn Knutsson, Funkis  
Svein Ruud, RISE  
Lars-Göran Larsson, Örnköldsviks kommun  
Jörgen Larsson, Björnekulla Fastighets AB  
Robert Schwartz, Higab  
Martin Grann, Västra Götalandsregionen  
Hanna Wihlborg, Västra Götalandsregionen  
Håkan Turesson, Västra Götalandsregionen  
Kent Ebbmark, Bengt Dahlgren  
Mattias Östlund, Jeven  
Lars Hult, Halton

## RELIVS - RESURSEFFEKTIV LIVSMEDELSHANTERING

Resurseffektiv livsmedelshantering, Relivs, är sedan 2019 ett av Beloks Fördjupningsområde. Nätverket har dock funnits sedan 2011, först som ett program och sedan som ett innovationskluster, då under namnet BeLivs. Nätverket är en mötesplats för samarbeten mellan Energimyndigheten, näringslivet, offentliga aktörer, akademien och utrustningsleverantörer.

Livsmedelshandeln har en total energianvändning om 633 GWh år 2019 (jämförd med 472 GWh år 2017) och restauranger använde 231 GWh år 2017. Energianvändningen per kvadratmeter (2019) i livsmedelslokaler var 139 kWh/m<sup>2</sup> och i restauranger 140 kWh/m<sup>2</sup>. I energianvändningen ingår inte verksamhetsenergi, vilken i livsmedelslokaler normalt är betydande. Vid medräknande av verksamhetsenergi beräknas energianvändningen i livsmedelsbutiker till exempel uppgå till ca 400 kWh/m<sup>2</sup>, år. När energieffektiviserande aktiviteter genomförs i livsmedelslokaler är det viktigt att se över möjligheterna till reduktion av både den energi som ingår i fastighetsenergin och verksamhetsenergin. Utveckling av samverkansmöjligheter mellan den som driver verksamheten och den som äger byggnaden, är därför viktig.

Fördjupningsområdet Storkök har varit verksamt sedan 2016 och har legat direkt under Belok som ett eget område. Inom Storkök har fokus varit på upphandling, utrustning, beteende och projektering samt demonstrationsprojekt. Nyckelaktörer inom gruppen är leverantörer, beställare, storkökspersonal och konsulter.

Under 2020 slogs Beloks två Fördjupningsområden Relivs och Storkök samman till ett område. Detta gjordes för att få mer driv i de båda Fördjupningsområdena men även för att det finns tydliga kopplingar mellan dem. Fördjupningsområdet Relivs är så vittomfattande att det hanteras som ett eget nätverk under paraplynätverket Belok.

Relivs finansieras av Energimyndigheten.

Alla förstudierapporter görs tillgängliga via [www.relivs.se](http://www.relivs.se). Frågor kopplat till denna rapport hänvisas till Christoffer Alm ([christoffer.alm@chalmersindustrietechnik.se](mailto:christoffer.alm@chalmersindustrietechnik.se)).

## SAMMANFATTNING

Idag har ofta ventilation i storkök konstanta flöden under hela den bemannade tiden (Constant Air Volume – CAV), för att säkerställa att all fukt och matos förs ut ur lokalen. Behovet av ventilation varierar dock starkt under dagen, beroende på när, hur och var i köket matlagningen sker. Därför finns det en stor energibesparingspotential att istället styra ventilationen utifrån det verkliga behovet (Variable Air Volume - VAV). Styrning av från- och tilluftsflöden kan ske med hjälp av t.ex. temperatur- och/eller fuktgivare, som kan placeras i kökskåpan eller i imkanalen (ventilationskanal som ska föra bort luft från ett utrymme för matlagning) eller mätning av effektuttag till matlagningsutrustning.

Det övergripande syftet med denna förstudie är att öka kunskapen om behovsstyrd ventilation i storkök och dess potential. Detta har dels gjorts genom en litteraturstudie där ventilation i storkök analyserats samt befintliga produkter för VAV i storkök som finns på marknaden har identifierats. Men framförallt genom dialog med aktörer som regelbundet arbetar med ventilation i storkök och fastighetsägare som har installerat behovsstyrd ventilation. Med detta som bakgrund har även en förenklad analys om energibesparingspotential genomförts för ett skolkök och ett sjukhuskök.

Inom förstudien har fem projektörer, fyra representanter från olika fastighetsägare, samt två leverantörer av behovsstyrd ventilation intervjuats. I samband med intervjun med en utav fastighetsägarna gjordes även ett studiebesök i aktuellt storkök med installerad behovsstyrd ventilation.

Samtliga aktörer har en gemensam bild av att det ännu inte är särskilt vanligt med behovsstyrd ventilation i storkök. Projektörer vittnar om att en vanlig syn på behovsstyrd ventilation är att det blir för komplicerat och att branschen generellt sett föredrar att gå de enklare vägarna i form av styrning på tidkanal och/eller manuella forceringsknappar. Att endast styra på tidskanal anses idag vara vanligaste lösningen, medan manuella forceringen avtar något, även om det fortfarande är vanligt förekommande. Tidkanaler lämpar sig bättre när matlagningsmönstret ser liknande ut varje dag, medan den manuella forceringen kan vara mer fördelaktig om aktiviteten i storköket kommer igång vid olika tider olika dagar. Det är dock vanligt att den manuella forceringen startas direkt på morgonen och sedan står på hela dagen.

Trots att den behovsstyrda ventilationen ännu inte är så vanlig så tycker de flesta intervjuade projektörerna att det finns tillgängliga lösningar och mycket energi att spara på det. Det finns därmed en tilltro till att installationerna av behovsstyrd ventilation kan bli vanligare de kommande åren. Men för att branschen ska börja våga satsa på det mer så behövs flera referensinstallationer som kan visa på goda resultat under en längre tid. Leverantörerna ser också en ökande efterfrågan på deras produkter, främst från kommunala storkök som tenderar att vara mer intresserade då de ofta ser på sin verksamhet mer långsiktigt.

De intervjuade fastighetsägare som installerat behovsstyrd ventilation är mycket nöjda med sina installationer, både på grund av att det sparar energi och det förbättrar arbetsmiljön i köket via minskat drag, jämnare temperaturer och mindre ljud från fläktar. Vid någon av installationerna uppstod viss problematik med systemets kommunikation och signaler, men i övrigt har erfarenheterna varit goda.

Den förenklade teoretiska analysen av energibesparingspotentialen visar att det finns mycket energi att spara med VAV-system i storkök. Enligt de antaganden som gjordes kan den tillförda energin för luftbehandling (el och värme) reduceras med mer än 30%. Eventuell värmeåtervinning eller komfortkyla räknades inte med, varpå resultaten måste ses som approximativa och kan variera i förhållande till verkliga fall. Det finns därför ett behov av framtida studier som kan jämföra verklig mätdata för ett system innan och efter installerad behovsstyrning, för att få med alla besparingar och kvalitativa aspekter av en sådan installation.

# INNEHÅLL

<b>Förord</b>	<b>2</b>
<b>1. Inledning</b>	<b>6</b>
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte och mål	6
1.3 Avgränsningar	7
<b>2. Genomförande</b>	<b>8</b>
2.1 Litteraturstudie	8
2.2 Intervjuer	8
2.3 Analys av energibesparingspotential	8
<b>3. Litteraturstudie</b>	<b>9</b>
3.1 Energianvändning till luftbehandling i storkök	9
3.2 Utformning av ventilation i storkök	9
3.3 Alternativ för behovsstyrd ventilation	11
<b>4. Erfarenhetsåterföring</b>	<b>13</b>
4.1 Projektörer	13
4.2 Leverantörer	15
4.3 Fastighetsägare	18
<b>5. Analys av energibesparingspotential</b>	<b>24</b>
5.1 Analys och metod	24
5.2 Räkneexempel skolkök	25
5.3 Räkneexempel sjukhuskök	26
<b>6. Slutsatser och nästa steg</b>	<b>28</b>
<b>7. Referenslista</b>	<b>30</b>
<b>8. Bilaga A. Underlag till vidare projekt</b>	<b>31</b>

# 1. INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Luftbehandlingssystem i storkök kräver stora luftflöden vilket bidrar till den stora energianvändningen i denna typ av lokal. Traditionellt styrs luftflöden på tidkanal med manuell forcering i kökskåpor som ofta är på under hela matlagningsprocessen, oavsett vad det verkliga behovet egentligen är (CAV – Constant Air Volume). Forceringsläget kan användas under många timmar utan att dessa stora luftflöden egentligen behövs för att garantera ett bra inomhusklimat.

Genom att reglera ventilationsflöde utifrån det verkliga behovet (VAV – Variable Air Volume) kan energianvändning till luftbehandling minska avsevärt. Ventilationsflöden i köket skulle kunna justeras beroende på om köksmaskiner är avstängda, har en lågbelastning, medelbelastning eller är i full gång.

Storköksventilation har speciella förutsättningar, som till exempel fettbelastning i imkanalen, som kan orsaka igensättning i vissa ventilationskomponenter samt driftproblem. Detta måste tas hänsyn till vid utformning och utvärdering av VAV-system avsedda för användning i storkök.

Det finns lösningar på marknaden för styrning av ventilation i köket, som använder sig av olika givare för att automatiskt reglera storkökens luftflöde efter rådande behov. Det råder okunskap kring dessa VAV-lösningar och hur många storkök som använder sig av dessa samt hur bra produkterna är ur energi-, inneklimat-, och driftsäkerhetsperspektiv. En insats för att utreda detta behövs.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med förstudien är att öka kunskap kring vilka VAV-lösningar för storkök som finns på marknaden, hur dessa fungerar och hur energieffektiva och driftsäkra dessa är ur fastighetsägarens perspektiv. En bedömning kommer att göras om behov finns av en teknikupphandling. Om förutsättningar för en teknikupphandling finns skulle ett nästa skede i utvecklingen av VAV-lösningar kunna ta ett stort steg framåt jämfört med idag. Resultat kommer även visa behov för eventuella test- eller demonstrationsprojekt.

Förstudiens ambition är att ge svar på följande frågor:

- Nulägesituation: hur regleras flöden med konventionell forcering? Hur används forcering av kökspersonal?
- Vilka ventilationslösningar för variabelt VAV i storkök finns idag på den svenska marknaden och utomlands? Hur ofta installeras dessa?
- Hur fungerar dessa? Vilka parametrar/signaler styr hur mycket flöde som levereras? Hur regleras fläktar och/eller spjäll? Hur mycket kostar det?

- Kan VAV-system installeras även i befintliga kök eller bara i nya projekt? Är komponenter i VAV-lösningar kompatibla med redan installerade ventilationskomponenter och annan utrustning (tex kökskåpor)?
- Vilka praktiska erfarenheter av VAV i storkök finns i Sverige? Hur nöjda är fastighetsägare och verksamhetsutövare med dessa, både när det gäller energibesparing, inomhusklimat och driftsäkerhet?
- Hur mycket energi går åt för luftbehandling i olika typer av storkök med konventionell forcering? Vad finns för energibesparingspotential genom installation av VAV-system?
- Hur påverkas VAV-system i storkök av fett som finns i imkanalen? Hur påverkar VAV-systemet fettavskiljning med olika tekniker (ozon, UV-ljus, bakterier)?
- Finns det specifika drift- och underhållskrav i sådana VAV-system (tex rengöring av spjäll)?
- Vilka utvecklingsbehov finns av de befintliga VAV-system för storkök?

### 1.3 Avgränsningar

Förstudien behandlar behovsstyrd ventilation som automatiskt anpassas efter rådande behov i storkök. Även om tidkanal och manuell forcering, som är de vanligaste förekommande styrningarna i storkök idag, kan anses vara en typ av behovsstyrd ventilation så klassas de inte som det här. Vidare är fokus i första hand på aktörer på den svenska marknaden och praktiska exempel härifrån.

## **2. GENOMFÖRANDE**

### **2.1 Litteraturstudie**

Förstudien inleds med en litteraturstudie för att erhålla en överskådlig bild av hur energianvändningen ser ut i storkök idag, med fokus på ventilation. Det ges även en inblick i hur ventilationsflöden vanligtvis dimensioneras i storkök och hur dagens teknik för behovsstyrda alternativ fungerar.

### **2.2 Intervjuer**

För att ta reda på hur processen fungerar för att dimensionera och installera ett behovsstyrt ventilationssystem i ett storkök idag så genomförs intervjuer med de som dagligen arbetar med detta. Dels för att få information om hur vanligt det är med behovsstyrd ventilation idag, och dels för att kunna analysera vad som skulle kunna leda till att fler väljer att nyttja detta. Fem stycken intervjuer har genomförts med olika projektörer med yrkesvana från ventilation i storkök.

En dialog med de aktörer som installerat behovsstyrd ventilation i storkök är en viktig del av förstudien. Här kan det utvärderas hur systemen fungerar, både ur energibesparingsperspektiv, underhållsperspektiv och inomhusmiljöperspektiv. Representanter från fyra stycken fastighetsägare har ur detta avseende intervjuats. Intervjuer har även utförts med två stycken leverantörer av behovsstyrda ventilationssystem.

### **2.3 Analys av energibesparingspotential**

Med samlad information från litteraturstudier och intervjuer utförs en analys av behovsstyrd ventilations energibesparingspotential. Två olika fall beaktas; ett skolkök med dagverksamhet och ett sjukhuskök med dag- och kvällsverksamhet. Även om flera antaganden behöver göras så visar detta åtminstone på ungefär vilka energimängder det rör sig om.



## 3. LITTERATURSTUDIE

### 3.1 Energianvändning till luftbehandling i storkök

Energianvändningen per kvadratmeter, vilket är ett vanligt energiprestandamått, i storkök skiljer sig ofta åt då den beror mer av hur intensivt ytan och utrustningen nyttjas, än av storkökets totala storlek. Därför brukar även nyckeltalet energi per tillagad portion användas, då det kan ge en rättvisare bild av respektive storköks energianvändning och energieffektivitet. Detta är dock inte heller helt oproblematiskt då vissa kök har fler serveringar per dag och portionerna varierar i karaktär. Det kan dels vara att en portion tillagas från grunden eller att den bara värms upp efter blivit tillagad i ett annat kök. Men vid jämförelse mellan samma typ av kök kan energi per portion vara ett bra jämförelsetal.

Vidare finns det i dagsläget inte så mycket underlag för hur mycket energi som åtgår till just luftbehandlingen i storkök, det vill säga el till från- och tilluftsfläktar, värme för förvärmning av tilluft och eventuell komfortkyla. Det underlag som finns behandlar ofta storkökens totala energianvändning.

Enligt en studie från 2014 använde ett normalkök i en av Göteborgs skolor ca 1 kWh energi per portion [1]. En av de största energibovarna är att köken ofta är utrustade med fläktkåpor som går på full fart under hela kökets bemannade tid. Att istället styra denna ventilation efter behov kan spara betydliga mängder energi. Västfastigheter uppskattade att minska ventilationens energianvändning med nästan 70% genom att behovsstyra och zonindela ventilation samt förbättra värmeåtervinningsgraden i ett av sina storkök [2].

I BELOKs *Vägledning för storkökskonsult* finns det riktvärden för energianvändningen för nyproducerat storkök, även specifikt för ventilation. För ventilationsfläktar är riktvärdet 0,05-0,2 kWh/portion, och för totala energianvändningen 0,35-0,84 kWh/portion [3].

Det finns ett tydligt behov av att genomföra fler mätningar som visar hur mycket energi som går åt till luftbehandling i storkök (el, värme, komfortkyla) inklusive energi som återvinns i ventilationsaggregatet. Idag finns det inte så mycket underlag eller uppmätt data, och dessutom har verkningsgrad på fläktar (SFP-tal) och värmeväxlare (temperaturverkningsgrad) de senaste åren blivit bättre, vilket kan göra gamla siffror missvisande.

### 3.2 Utformning av ventilation i storkök

Vid dimensionering av luftflöden i storkök är det viktigt att säkerställa att de stora mängderna värme, ånga, fett och luftföroreningar effektivt kan sugas ut ur lokalen. För att åstadkomma detta behövs kunskap om vilken typ av storköksverksamhet som ska bedrivas och en lista med vilka köksapparater som ingår, inklusive deras anslutningseffekt. Det behövs även en ritning över aktuell lokal där det framgår var olika köksapparater ska placeras.

Sedan dimensioneras först behovet av frånluft, vilket bestäms av vilka köksapparater som ingår, deras anslutningseffekt och i hur stor utsträckning de används samtidigt. För att beräkna detta används köksapparatfaktorer och användningsfaktorer, se Tabell 1. Utrustningens apparatfaktor

baseras på erfarenhetsvärden om mängden värme som avges och föroreningsgrad. Användningsfaktor baseras på hur mycket köksapparaterna används samtidigt. Om exempelvis en kåpa endast betjänar en köksapparat är användningsfaktorn 1 [4].

Utrustning	Apparatfaktor	Användningsfaktor		
		Restaurang	Skola	Förskola
Spis, el	30	0,8	0,7	0,7
Spis, gas	35	0,8	0,7	0,7
Spis, induktion	25	0,8	0,7	0,7
Stekbord/Stekhäll	30	0,9	0,8	0,7
Grill/Kolgrill	60	0,9	0,7	0,7
Kebabgrill	35	0,9	0,7	0,7
Fritös	20	0,9	0,7	0,7
Wok	60	0,9	0,9	0,9
Salamander	35	0,9	0,5	0,4
Kombiugn	12	0,8	0,8	0,7
Konvektionsugn/Brödugn	10	0,7	0,5	0,6
Pizzaugn	12	0,9	0,7	0,7
Kokgryta/Kokeri	15	0,8	0,9	0,8
Pastakokare	15	0,9	0,8	0,8
Vattenbad	15	0,9	0,8	0,8
Värmeri	15	0,9	0,8	0,8
Diskmaskin	17	0,9	0,8	0,8
Grovdisk	13	0,9	0,8	0,8
Tunneldisk	10	0,9	0,8	0,8

Tabell 1. Apparatfaktorer och användningsfaktorer från Acticons projekteringsguide [4].

Anslutningseffekten för respektive utrustning multipliceras med dessa två faktorer, och sedan summeras respektive utrustnings multiplikationsprodukt för att erhålla totala frånluftsbehovet. Det är viktigt att rätt användningsfaktor används då det har stor påverkan på aggregat- och kanalstorlekar [3]. Sedan ska tilluftsflödet dimensioneras till volymer som är något lägre än

frånluften. Detta för att skapa ett undertryck i köket som motverkar att lukt och dylikt inte ska spridas till angränsande utrymmen. Tillverkare av köksutrustning brukar oftast rekommendera ”bruklig” överdimensionering av tilluften, vilket vanligtvis är ungefär 10-30% mer tilluft än frånluft [5].

Då det råder höga luftflöden och höga sluttryckfall i storkökens ventilation är det viktigt att ställa krav på ventilationsutrustningens SFP-tal (Specific Fan Power), som är ett mått på fläktarnas effektivitet. SFP beräknas genom att dividera fläktarnas effekt med dimensionerat luftflöde, varpå enheten är kW/(m<sup>3</sup>/s). Ett så lågt SFP som möjligt är därmed önskvärt och vid nybyggnation bör SFP understiga 1,5 och vid ombyggnation 1,8 [3]. SFP för ett typiskt luftbehandlingsaggregat ökar när effekten närmar sig fläktens maxkapacitet. Ett VAV-systems SFP varierar därmed efter rådande driftfall, men dess SFP ska klassificeras efter 65% av dimensionerat luftflöde [6].

Frånluften samlas vanligtvis upp via kåpor eller kökstak. Vid användning av kåpor ska de ha ett visst överhäng relaterat till köksutrustningen för att erhålla en effektiv uppfångning. Ur säkerhetssynpunkt ska kåpan följaktligen inte vara lägre än 210 cm. Vidare är styrluft i kåpan önskvärt för att fånga in all varm luft bättre [4].

Vissa fettavskiljningstekniker fungerar bättre och andra sämre vid låga flöden, vilket är en egenskap värd att beakta vid behovsstyrd ventilation. Exempelvis kräver cyklonfilter ett visst luftflöde för att den cirkulerade rörelsen i av luften i filtret ska avge partiklar.

För att optimera ventilationens energianvändning bör en zonuppdelning av kökets luftflödesbehov göras. Mest energi kan sparas genom att använda reglerande spjäll för respektive zon som automatiserat evakuerar frånluft efter behov [3].

Ibland används forcerade flöden i spiskåpor och spisfläktar och det finns då risk för obalans i flöden med högt undertryck som följd. Att dimensionera för att det finns tillräckligt med tilluft vid forcerade flöden är något man bör beakta när man projekterar köksventilation [7].

För ett erhålla ett energieffektivt storkök är det viktigt att återvinna värme från de varma luftflödena som lämnar lokalen. Att dessa luftflöden innehåller en stor mängd fett ställer dock vissa krav på att rena frånluften innan värmeåtervinning. Detta behandlas utförligt i förstudien *Fettavskiljning och värmeåtervinning i storköksventilation* [8].

### 3.3 Alternativ för behovsstyrd ventilation

#### 3.3.1 Tekniker

Det finns olika sätt att behovsstyra ventilationen i storkök, där det mest traditionella är att helt enkelt mäta temperaturen på frånluften. För att även kunna ta mängden ånga i beaktning finns det även mätare som kan läsa av luftens fukthalt. Ytterligare en metod för att anpassa ventilationens flöde är att mäta matlagningens ånga genom s.k. opacitetsmätare som mäter luftens genomskinlighetsgrad i kåpan. En annan förekommande metod är att genom infraröda sensorer i kåpan mäta temperaturen på matlagingsutrustningen, för att på så sätt anpassa

luftflödet efter behovet [9]. Det finns även lösningar där ventilationen styrs efter eleffekten som i stunden nyttjas av köksutrustningen.

Utöver de olika teknikerna för att mäta ventilationsbehovet finns det även olika styrmetoder. Då det ofta är olika behov i olika delar av ett storkök så kan det vara fördelaktigt att dela in ventilationen i olika zoner eller styra varje kåpa för sig. Detta optimerar energianvändningen ytterligare, men det kräver även mer arbete och investering då det behövs spjäll och ytterligare styrutrustning för detta.

### 3.3.2 Leverantörer

Det finns idag främst två aktörer på den svenska marknaden som tillhandahåller behovsstyrd ventilation anpassad för storkök. Dessa är Halton och Jeven, som kort beskrivs nedan. Som nämnts tidigare har intervjuer med dem båda utförts inom förstudien, som sammanställs i avsnitt 4.2, där detaljerad information om respektive produkter finns.

I Jevens lösning är det sensorer i frånluftskanalen som mäter temperatur eller fukt för att bestämma behovet av ventilation och därmed reglerar fläkt eller spjäll. Behovet kan även mätas genom att avläsa den ström som köksapparaterna förbrukar, eller genom manuell reglering. Oavsett vilken mätning eller avläsning som väljs för respektive applikation är det systemets sammanlagda ventilationsbehov som summeras till kökets totala flödesbehov.

Haltons behovsstyrning bygger på att man med IR scannar ytor på matlagingsutrustning för att avgöra status för frånluftsbehov. Detta reglerar om frånluften ska vara på min-, medel- eller maxnivå. Frånluftsflödet kan justeras huv för huv eller kåpa för kåpa.

Utöver uttalade ”klassiska” leverantörer finns det även fullt fungerade egenutvecklade behovsstyrda ventilationssystem. Detta utvecklas i avsnitt 4.2 som behandlar intervjuer med fastighetsägare.

## 4. ERFARENHETSÅTERFÖRING

I detta kapitel sammanställs de erfarenheter som erhållits via förstudiens alla intervjuer. Det första avsnittet utgörs av en sammanställning från intervjuer med projektörer, vilket följs av intervjuerna med leverantörerna. Med detta som bakgrund summeras sedan erfarenheter från representanter för fastighetsägare som nyttjar behovsstyrd ventilation.

### 4.1 Projektörer

#### 4.1.1 Medvetenhet och erfarenhet av behovsstyrd ventilation

Bland projektörerna finns det en medvetenhet om att tekniken för behovsstyrning finns och att den kan spara stora mängder energi, men de flesta har ingen konkret erfarenhet av en installation av behovsstyrd ventilation. Alla är överens om att en klar majoritet av storköken fortfarande styrs på tidkanal och/eller manuellt forcerat flöde. Tidigare var det forceringsknappar i alla storkök, men nu har utvecklingen gått mot att de flesta går på tidkanal och en mindre del på forceringsknappar. Detta är på gott och ont, forceringsknappar kräver en aktion från någon personal men är samtidigt mer flexibel om matlagningen exempelvis påbörjas oregelbundet. Men då personalen ofta inte är välinformerad om hur ventilationen fungerar och hur det påverkar energianvändning är oftast den manuella forceringen alltid påslagen, vilket leder till både energislöseri samt dragig och kall arbetsmiljö. Det är något vanligare med behovsstyrning av matsalar, då det där är ett mindre dynamisk flödesbehov. Det styrs då på VOC, temperatur eller närvaro.

En av projektörerna är i nuläget med och projekterar ventilation för ett storkök som genomgår en totalrenovering, där det sannolikt kommer bli en behovsstyrd lösning. Detta då man har en stor tilltro till att det kan spara stora mängder energi.

Bara en av projektörerna har erfarenhet från ett projekt där behovsstyrd ventilation är installerat och driftsatt, även detta i ett storkök som byggdes om helt. Det uppstod viss problematik under installationen, dels på grund att det skedde mycket förändringar under byggskedet och dels för att sammansättning av den behovsstyrande utrustningen (inklusive kåpor) med övriga ventilationsutrustning krånglade. Det är därmed viktigt att uppmärksamma gränsdragningen mellan ventilationsentreprenör och leverantör av behovsstyrd ventilation. Inte minst att säkerställa att den behovsstyrande utrustningens signaler kan tas emot av spjäll och eventuellt fläktar. Det fanns även en viss kompetensbrist om den behovsstyrande ventilationen då den är av en typ som fortfarande var relativt ny på marknaden. På grund av dessa förutsättningar tog det lång tid innan allt fungerade som det skulle, men man lyckades till slut.

Ett vanligt motstånd till behovsstyrd ventilation är att det av vissa upplevs som krångligt och en fördom är att det är svårt att få det att fungera bra utan att det blir för komplicerad styrning. Istället blir det ofta att man väljer den enkla vägen och styr på tidkanal efter när storköket är bemannat. Det är mycket upp till marknaden och dess aktörer (fastighetsägare, konsulter, projektörer) som måste inse energibesparingarna och våga applicera VAV-styrning.

Det finns dock en stor tilltro till de behovsstyrda lösningarna bland projektörerna och många tycker det verkar lovande och att dagens VAV-lösningar känns stabila och bra, det är inga "high-tech-lösningar". Man anser att det finns en stor nytta med behovsstyrd ventilation och att det borde bli vanligare. Men man vill se mer goda exempel och praktiska erfarenheter av det, under en längre tidsperiod.

En projektör belyser att tanken och idén för behovsstyrd ventilation är bra, och att det som sagt finns mycket energi att spara. Men man får inte glömma att det är stora mängder fett och luftföroreningar i ventilationsluften som utrustningen måste klara av att utstå. Man ska heller inte glömma att storkökens ventilationsutrustning till följd av detta regelbundet behöver rengöras. Det kan t.ex. bli problem med mätare eller givare i kanaler när de ska rensas. Även IR-mätarens avläsningsförmåga bör påverkas av fett och dylikt om det inte rengörs kontinuerligt. Det bör därmed utredas att i största möjliga mån placera utrustning och mätare utanför kanaler och kåpor. Även spjäll i storkök kan slitas hårt av luftens föroreningar.

Det är även viktigt att den behovsstyrda ventilationen kan svara snabbt på ökat behov av luftflöde. Öppnas en större kokgryta eller något fettrikt börjar stekas måste det finnas tillräcklig luft så snabbt att ångorna eller oset inte hinner spridas ut i lokalen, då blir det ett arbetsmiljöproblem. Det upplevs som viktigt att det finns styrluft för att underlätta frånluftens infångning av luftföroreningar.

En åsikt uppkom även om att det borde även finnas någon systemlösning att styra på utrustningens aktuella effekt i kombination med fukt. När man styr på fukt är det viktigt att man styr på absolut fuktighet (gram fukt per torr kg luft), då den varierar så mycket över året i utomhusluften.

#### 4.1.2 Dimensionering och utformning

Riktvärden för luftflödena som används vid projektering (AFS 2020:1, *Minimikrav på luftväxling*) stämmer fortfarande bra, men det är ofta sammanlagringen av flödena som leder till överdimensionering. Ofta överdimensioneras ventilationen då man går på utrustningens anslutningseffekter, trots att utrustning sällan går på maxeffekt, allra minst alla samtidigt. Det är viktigt att den som dimensionerar och projekterar ventilationen har en bra förståelse för den aktuella verksamheten. Man tror även att en bra zonindelning och layout av ventilation är mycket gynnsamt ur energisynpunkt, i synnerhet i större kök.

Vid projektering av storkök är det ofta storkökskonsulter som bestämmer luftflöden utifrån layout och utrustning. VVS-konsulten kan föreslå ändringar, men litar ofta på storkökskonsulten. Sedan föreslår leverantörer av utrustning lämpliga kåpor. Denna intervjuade projektör säger att sammanlagringsfaktorer inte används så ofta, utan att det är mer vanligt att man dimensionerar för att allt ska kunna gå samtidigt, vilket leder till överdimensionering. Konsulter är endast rådgivande experter, medan det är dem som sitter på investeringsbeslut som oftast tar beslut om vilken entreprenör och materialleverantör som väljs, och pris är ofta avgörande. Olika former av partnerskap är vanligt förekommande.

Det är även viktigt när man dimensionerar behovsstyrd ventilation att fläktarna och filter arbetar bra under både lägsta och högst flödena. Vissa filter fungerar inte väl under lägre flöden, t.ex. cyklonfilter. Dessa aspekter gör att det kan bli en större ”extrainvestering” av behovsstyrd ventilation vid installation i befintliga kök. Generellt sett så tror man att det svårt att lönsamt installera behovsstyrd ventilation i befintliga storkök då det kräver så mycket anpassningar. Det lämpar sig förmodligen betydligt bättre vid ombyggnation eller nybygge, då man från början kan välja utrustning som fungerar väl med behovsstyrning.

En annan viktig aspekt är placering av kåpor. Det är mycket vanligt att de är felplacerade så att onödigt höga flöden krävs, alternativt att inte alla luftföroreningar förs bort tillräckligt. Även placering av köksutrustning är viktigt för att kunna optimera ventilationens energianvändning. En kokgryta som står mitt på golvet i en köksö behöver ungefär tre gånger så högt luftflöde som om den står i ett hörn. Ofta bestäms placering och luftflöden av ventilationsleverantör som inte besöker aktuellt storkök, vilket då kan leda till att optimering av flöden missas genom att t.ex. väggar eller avskärmningar inte tas i beaktning. Det är viktigt att som konsult kommunicera alla dessa aspekter till leverantör så att inte möjliga optimeringar missas.

Generellt sett är det idag vanligare med kåpor än s.k. takventilation, medan det förr var mer vanligt med takventilation.

### 4.1.3 Fettavskiljning, värmeåtervinning och kyla

När det kommer till fettavskiljning används UV-ljus, ozon och bakterier i kombination med mekaniska filter. Inga av dessa system har behovsstyrning, utan mängden ozon, bakterier eller styrka på UV-ljus är samma oavsett belastning i köket. Cyklonlabyrintfilter är ofta optimerade för ett visst flöde och har därmed svårt att bibehålla en god fettavskiljningsnivå vid variabla flöden. Däremot påverkas roterande separationsplåtar avskiljningsgrad inte av varierande luftflöden.

Traditionellt sett är man försiktig med att använda roterande värmeväxlare på frånluften från storkök, på grund av risk för luktöverföring, framförallt om samma aggregat betjänar andra områden såsom matsal. Vätskeburna värmeåtervinningslösningar har en lägre verkningsgrad men ingen risk för läckage mellan från- och tilluft.

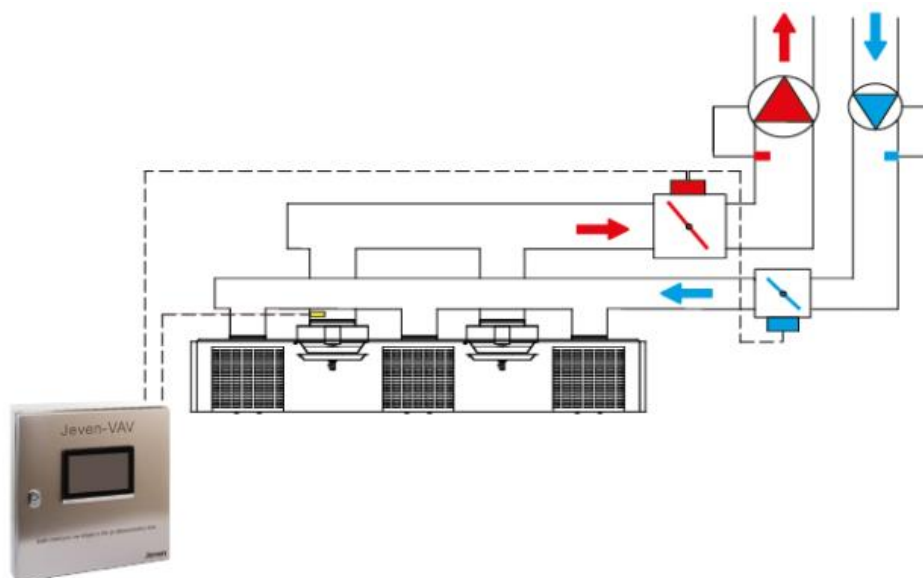
Angående förekomst av kyla så går meningarna isär mellan intervjuade projektörer. Någon menar att det sällan finns någon komfortkyla i kök, och att enda ”kylningen” brukar i så fall vara riktad tilluft eller något förhöjda flöden, medan en annan tycker att det vanligtvis finns komfortkyla i storkökens ventilationsaggregat.

## 4.2 Leverantörer

### 4.2.1 Jeven

Luftflöden i Jevens VAV-lösningar kan anpassas efter temperatur eller fukt via givare i imkanalen, alternativt på aktuellt effektuttag från köksutrustning. Signaler skickas sedan till

spjäll som anpassar flödet efter inställda nivåer. I Figur 1 visas en principbild av ett system som styrs via signaler som skickas från givare i imkanal till spjällen.



Figur 1. Principbild av exempel på Jevens VAV-lösning.

Jevens VAV-lösning har installerats på en asiatisk restaurang och på en matfabrik. De har varit i drift i ungefär ett år och styrs båda på temperatur i imkanalen. Även om lösningen går att komplettera med att även styra på fuktnivå så har det upplevts att fukten varierar så mycket att regleringen blir alltför ostabil och variabel. Styring på temperatur har visat sig ge en betydligt stabilare reglering. Det finns även möjlighet att styra utifrån köksutrustningens effektuttag, vilket i så fall kräver ett separat relä för respektive kåpa. Att flödet även kan styras på aktuell effektanvändning eller CO<sub>2</sub> (i matsal) gör att VAV-lösningen kan anpassas efter respektive storköks karaktär. Det är heller inga problem att, oavsett styrning, anpassa flödet för olika kåpor eller zoner i köket.

I de två ovan nämnda installerade exemplen så styr temperaturgivaren flödet i tre nivåer som kan kallas grundflöde, delflöde och fullt flöde (t.ex. 55%, 70% och 100% av maxflöde). Man ställer alltså in två temperaturer som är gränsvärden mellan dessa tre lägen. För att få ett optimalt fungerande system är det fördelaktigt om dessa gränsvärden finjusteras även efter driftsättning av systemet.

VAV-systemet kräver användning av ”turbo-swing”, vilket är en mekaniska fettavskiljare med roterande separationsplåttar. Avskiljningsgraden i dessa är helt oberoende av lufthastighet och kan därför fungera oberoende av frånluftsflöde.

Lönsamheten för ett enskilt storkök är ofta svår att beräkna. Dels för att de installationerna ofta sker i nybyggda kök, utan någon tidigare referens om energianvändning utan VAV. Vidare levererar inte Jeven spjäll, utan endast givare och styrutrustning, varpå man inte är insatta i projektens totala kostnad. Men man är övertygade om att det finns ett stort antal storkök där det är väldigt lönsamt med VAV-styrning. Främst större skolkök tror man har den största potentialen, då det där oftast varierar stort i behov av ventilation (en del av köksutrustning



används bara några få timmar om dagen). Kan man dessutom göra installation vid nybyggnation eller större renovering kan ytterligare lönsamhet uppnås, då merkostnaderna för själva VAV-lösningen blir mindre. Ett prisexempel ges för en större levererad ventilationslösning med sex stycken kåpor och ca 10 m<sup>3</sup>/s; utan behovsstyrning var totala priset 1,5 miljoner kronor, och tilläggskostnaden för behovsstyrningen var 160 000 kr, exklusive spjäll.

Trots de stora energibesparingsmöjligheterna med behovsstyrd VAV-styrd ventilation i storkök upplever man på Jeven att en klar majoritet av storköken ventilationssystem fortfarande styrs på tidskanal och manuell forcering. Intresset för VAV-styrning har dock ökat markant senaste åren, vilket man tror och hoppas är ett tecken på att det kommer bli allt vanligare att se installationer av VAV-system framöver.

#### 4.2.2 Halton

Som nämnts i tidigare avsnitt så bygger Haltons behovsstyrda ventilationslösning (M.A.R.V.E.L) på att IR-sensorer i kåpan känner av temperaturen på matlagingsutrustningen, se Figur 2 nedan. Man menar att detta ger en snabbare anpassning av den behovsstyrda ventilationen jämfört med konventionella temperatur- och fuktgivare. Vidare levererar man kåpor med ett styrflöde på utkanten (kallat Capture Jet) som ”styr in” luften med matos mot kåpan. Detta, enligt leverantören, för att kunna minska frånluftsflödet med ca 30-40% redan innan behovsstyrningen appliceras. Styrflödet är jämförelsevis mycket mindre än tilluftsflödet och skapas av en intern fläkt som är oberoende av tilluftsflödet.



Figur 2. Principbild över Haltons behovsstyrning med IR-sensorer.

IR-sensornerna och temperaturgivare reglerar frånluftsflödet enligt tre nivåer som benämns som min, medel och max. Vidare anpassas även tilluftsflödet i respektive kåpor. Minflödet är ett lågt flöde som är på hela tiden som sedan regleras till medel och max beroende på inställd vald temperaturdifferens mellan matlagingsutrustning och rumstemperaturen. Dessa temperaturdifferenser går att justera om man upplever att de behöver höjas eller sänkas. Även luftflödet för respektive läge går att justera, men vanligtvis är minflödet väldigt lågt satt och

sedan att medelflödet är cirka 60-70% av maxflödet. Maxflödet bestäms av typ av kök, köksutrustning och layout. Sammanlagringsfaktor (andel köksutrustning som förväntas vara ingång samtidigt) varierar, men ett värde på 0,7 kan vara representativt. Medelflödet dimensioneras så att lufthastigheten genom cyklonfilter är tillräcklig hög för att få en bra mekanisk fettavskiljning. Vanligtvis används cyklonfilter i kombination med UV-ljus eller ozon för att få bort fett ur frånluften. Minflöde används då ingen matlagning sker och därför finns det inget behov av fettavskiljning.

Placering av IR-sensorer är en viktig aspekt. Dessa är delvis inbäddade i kåpan för att skydda dem. IR-sensorer reagerar väldigt snabbt vid temperaturändringar i matlagingsutrustningen. Ventilationens fläktar behövsstyras genom varvtalsstyrning med en 1-10-voltssignal eller genom att vara inställda på att hålla ett konstant tryck medan spjällen regleras. Vilken lösning som väljs är olika från fall till fall.

Till den behovsstyrda lösningen ingår ett molnbaserat styr- och övervakningssystem. Man kan då övervaka, styra och korrigera systemets parametrar på distans. Detta är extra fördelaktigt om man tecknar ett serviceavtal med Halton. Systemets olika parametrar kan också läggas in för uppföljning i befintliga styr- och övervakningssystem om ett sådan redan finns på plats för fastighetens övriga ventilation.

Vid installation av behovsstyrd ventilation behövs nya spjäll installeras, vilket det ofta finns ont om plats för i befintliga system. Därför blir det ofta mer lönsamt att implementera det vid större renoveringar eller nybyggnationer. Att förbättra möjligheterna att installera på befintliga system är något man arbetar med, framförallt för att göra det möjligt på sina egna redan installerade storköksventilationssystem.

Hur lönsam en installation av behovsstyrd ventilation blir beror främst på hur stora ventilationsflöden man har i storköket och hur långa drifttiderna är. Merkostnad för en typisk VAV-installation är i området av 150 000 – 200 000 kr (inklusive sensorer, styrning och spjäll). Vid stora flöden i ett storkök som är igång större del av dagen finns det ofta stora energibesparingar att göra som leder till en lönsam investering inom inte alltför många år. Utöver energibesparingen så leder den behovsstyrda lösningen till mindre oljud från ventilationen och mindre drag, vilket brukar vara uppskattade inslag till arbetsmiljön.

Man upplever att projekten som inkluderar behovsstyrd ventilation ökar. De vanligaste kunderna är kommunala storkök som betjänar skolor eller äldreboenden. Detta tror man beror på att man inom denna sektor tittar mer långsiktigt på sin verksamhet och då lägger större vikt vid energibesparingar och god arbetsmiljö.

### 4.3 Fastighetsägare

En intervju genomfördes med en kommuns installations- och energiansvarig, som har utvecklat en egen behovsstyrd VAV-lösning. Denna bygger på en givare som läser av temperatur och relativ fuktighet, som monteras i varje enskild kåpa i storköket. Givare bör vara av bra kvalitet, tåla en viss fettmängd samt fukt och kondens och inte placeras direkt ovan konvektionsflödet av ånga från apparaterna, då ångvolymen ändå "sväller" ut i kåpan. En

egenutvecklad algoritm räknar sedan ut absolut fuktighet och jämför mot utomhusluftens absoluta fuktighet. Detta då fukthalten i utomhus och inomhusluften varierar under året. Om absoluta fuktigheten i kåpan överskrider ett visst börvärde (t.ex. utomhusluftens absolutfuktighet) så skickas signal till spjäll med 0-10 V signal och påverkar därmed tryckstyrda frekvensstyrda fläktar .

Det första systemet implementerades i ett befintligt storkök och har varit igång i ca 8 år och därifrån har lärdomar erhållits av vilka börvärden som är lämpliga. Det är enkelt att ställa in hur många gram fukt över utomhusluften som VAV-lösningen ska reagera på. Matsalens luftflöde styrs mot temperatur och CO<sub>2</sub>-halt. Hela ventilationssystemens parametrar förs in i ett lättöverskådlig styr- och övervakningssystem, som visar varje kåpa för sig. Många av kommunens storkök hade tidigare bara hel- och halvfartsstyrning på flödet och korsströmsvärmeväxlare, men numera har dom flesta storköken i kommunen installerat denna VAV-lösning. Det är numera även vanligare med roterande värmeväxlare, vilket ökar återvinningsgraden, men man bör vara försiktig med roterande värmeväxlare om ozon används för fettavskiljning.

Man bör vara uppmärksam på påfrostning på värmeväxlare, speciellt i den kallaste delen av landet.. Detta görs genom att mäta upp värmeväxlarens tryckfall för varje delflöde. En extra tryckfallsökning vid ett lågt flöde kan alltså registreras som en begynnande påfrostning. Korsströmsvärmeväxlare är mer känsliga mot påfrostning än roterande värmeväxlare. Ur påfrostningsperspektiv är det fördelaktigt om aggregatet även betjänar matsal, då kan fuktiga luften från köket spädas ut med mindre fuktig luft.

Vid installation av lösningen i befintliga kök får man först se till att fläktarna har frekvensomformare. Om fläktarna är gamla och ineffektiva med ett högt SFP byts fördelaktigt hela fläkten ut. Frekvensomformare hänger ofta inte med p.g.a. svängningar i kanaltrycket, därför dämpar man signalen till frekvensomformaren. Sedan installeras spjäll och givare på respektive kåpa. På senare år har Lindinvent's spjäll installerats, som är väldigt snabba på att reagera. Oftast betjänar ventilationsaggregatet både kök och matsal, vilket det måste tas hänsyn till vid utformning av VAV.

När VAV installeras i ett storkök är det viktigt att förklara för personal hur det fungerar. Dels för att deras arbetssätt kan förbättra VAV-lösningen prestanda och dels för att de ska förstå meningen och fördelarna med det.

Mätningar som gjordes på det första objektet som implementerade VAV-styrning under slutet av 2011 visade och konfirmerade energibesparingar på både värme och el [10]. En bidragande anledning till besparingen av värme var att korsströmsväxlarens verkningsgrad ökade markant vid lägre flöden.

Efterföljande konvertering till VAV på befintliga fastigheters storkök har följts upp på varje enskild fastighets energiförbrukning. Det finns en stor besparing bara i ren värme på att det är mindre flöden i början och slutet av kökens verksamhetstid. Vidare sparas stora mängder el genom de lägre fläkteffekterna.

**En annan intervju har genomförts med ett fastighetsbolags energiingenjör** som var med och installerade ett Haltons behovsstyrda ventilationssystem M.A.R.V.E.L. i ett nybyggt storkök 2013. I köket tillagas och förbereds 3 000 – 3 500 portioner dagligen till de flesta skolor och äldreboenden i kommunen.

Ventilationstaket är indelat i sex olika zoner som styrs separat av systemets IR-givare. Zonerna är indelade utifrån verksamhet och köksutrustningens ventilationsbehov, t.ex. spis/stekbord, disk, kokgrytor och kombiugnar.

Under åtta år har det fungerat väldigt bra och man är mycket nöjda med hur ventilationsflödet styrs efter behov och att det är enkelt att hålla rent. Var åttonde vecka kommer sotare och tar ner fettfilter som kökspersonal diskar av. Sotarna var inledningsvis något skeptiska till den aktuella ventilationslösningen men har förvånats över hur rent systemet bibehållits över tid. Utöver regelbundet besök av sotare så kommer Halton två gånger om året och tittar till ventilation och uppdaterar mjukvara, enligt tecknat serviceavtal. Kökspersonalen är också väldigt nöjda med hur ventilationen fungerar och upplever en trivsam och dragfri arbetsmiljö, då tilluften är spridd över taket.

Köket har ett totalt grundflöde på ca 12 000 liter/s och ett maxflöde på ca 25 000 liter/s. Det är sällan som maxflödet behövs utan det vanligaste är att flödet är runt 17 000 liter/s under verksamhetstiden. Grundflödet stängs automatiskt av ett par timmar efter larmet sätts på och startar igen när det larmas av på morgonen. VAV-styrning kan även kombineras med tidskanaler, vilket kan vara fördelaktigt vid långkok över natten. Haltons styrskåp styr frånluftsfläkten via en 0-10 V signal, vilket sedan även styr tilluftsfläktens börvärde internt i aggregatet. Frånluftens värme återvinns via ett vätskeburet återvinningssystem där även kylsystemets överskottsvärme tas tillvara.

Det finns ingen uppföljning om hur mycket energi som sparas genom den behovsstyrda ventilationen. Då systemet installerades i ett nybyggt kök finns ingen referens mot energianvändningen i köket utan behovsstyrd ventilation. Vidare är det inte helt okomplicerat att räkna på då behovet i köket varierar mellan de olika zonerna och även mellan dagar beroende på vad som tillagas. Man har därmed ingen verifiering på exakt hur lönsam installationen har varit, men man ser även värdet i att köket hålls rent och att arbetsmiljön är god.

I kommunen renoveras under 2021 ett par mindre kök där VAV-styrning också övervägs. Dessa är dock bara mottagningskök där det är mer uppvärmning än tillagning av mat, vilket leder till mindre variationer i ventilationsbehovet. Därför planerar man här att istället behovsstyra ventilationsluften på köksutrustningens aktuella effekt. Detta innebär en mindre komplex lösning som man bedömer kan vara lönsam för befintliga mindre storkök.

**Den tredje intervjun var med driftchefen på ett fastighetsbolag** som har flera ombyggnadsprojekt på gång där man siktar på att installera behovsstyrd ventilation. Då man äger mycket äldre byggnader av historiskt värde kan det dock ibland vara utmanande att göra större anpassningar till förmån för utformning av tekniska system som ventilation.

Man tror på att VAV-styrd ventilation i storkök är rätt väg framåt ur energieffektiviseringssynpunkt, men det är väldigt viktigt att det utformas så att det är så enkelt

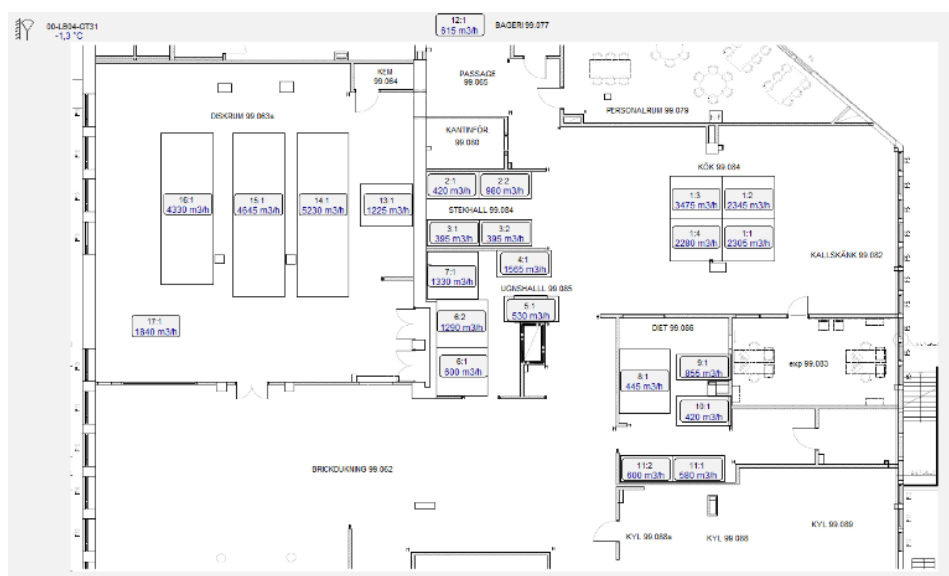
som möjligt att drifta, styra och underhålla. Det går inte att räkna med att de som befinner sig i köket är ventilationsexperten. Ur enkelhetsaspekten tror man mer på IR-givare i kåpan än temperatur- och fuktgivare i kanalerna.

Vidare läggs det vikt på att samla all styr- och övervakning i ett och samma system som fastighetens övriga tekniska utrustning, för att det även ska vara enkelt och överskådligt att övervaka även storkökens ventilation på samma sätt som övrig ventilation. Detta kan vara en utmaning då leverantörer av behovsstyrd ventilation ofta levererar med system egen styr- och övervakning. Det hade varit uppskattat om den behovsstyrda ventilationens styr- och övervakning istället kunde levereras med en öppen standard som enkelt kan integreras i befintligt styr- och övervakningssystem.

En begränsning med behovsstyrd ventilation upplevs vara att det inte enkelt går att säsongsoptimera ventilationen på samma sätt. I vanliga fall sänks ventilationsflöden under vintern för att minska uppvärmningsbehovet. Rengöring av ventilationssystemen i storkök är ett problem man har redan idag, det är viktigt att även detta beaktas vid behovsstyrning av ventilationen. Gärna så att problemet blir mindre, men absolut inte så det blir större. Det är också viktigt att behovsstyrningens sensorer och dylikt tål mycket fett.

**En intervju kombinerad med studiebesök gjordes på ett storkök till ett sjukhus.** Utöver representanter från fastighetsägaren var även en konsult närvarande som deltagit i arbetet med den behovsstyrda ventilationen. I samband med att hela fastigheten skulle totalrenoveras av underhållsskäl så passade man på att installera Haltons behovsstyrda system M.A.R.V.E.L. Den stora anledningen till att man gjorde detta var för att man ville satsa hårt på energibesparing i samband med renoveringen.

Den behovsstyrda ventilationen består av 24 stycken kåpor som styrs individuellt, vilka det ges en översikt av i Figur 3.



Figur 3. Översikt över kåpor och dess aktuella momentanflöden från det interna styrsystemet.

De allra flesta kåpor har IR-sensorer som känner av temperaturen på matlagningsutrustningen. Kåporna vid diskavdelningen styrs dock istället på diskutrustningens effektuttag. Baserat på signalerna från denna utrustning skickar systemet signaler till fläktar och spjäll som anpassar ventilationsflödet. Nästa sida visar ett exempel på en av de installerade kåporna, se Figur 4.



Figur 4. Exempel på en av storkökets kåpor.

Den nya ventilationslösningen driftsattes under 2016 och det var många olika aktörer inblandade som ansvarade för olika områden. Efter ett tag i drift kom det in klagomål om höga ljudnivåer från ventilationen och att kåpor inte fungerade. Det upplevdes även att var för varmt i köket. Man fick då ta in respektive aktör för att felsöka detta och man hittade då en del brister i installationen. En lärdom man har tagit med sig från detta är att det är väldigt viktigt att vid driftstart lägga tid på att samordna provning och test av alla delsystem och säkerställa att de fungerar med varandra. Att i efterhand felsöka och ta reda på var felet var och vem som skulle åtgärda vad blev mer tidskrävande än man hade tänkt från början.

Sedan man lyckats lösa problemen och fått systemet att fungera som det ska är man nöjda med installationen. Förutom att vissa under sommarsäsongen fortfarande upplever storköket som något varmt så kommer det inte längre in några klagomål, vilket tyder på att arbetsmiljön i storköket har förbättrats. Man är även tillfredsställda med att man har en ventilationslösning i storköket som sparar så mycket energi som möjligt. Innan renoveringen hade man identifierat storköket som en stor energianvändare där det borde finnas mycket energi att spara. Då man gjorde en så pass omfattande renovering och bytte ut i princip all utrustning samt bytt vissa delar av klimatskalet är det dock svårt att isolera hur mycket energi man sparat på just den behovsstyrda ventilationen. Men man är nöjda med den totala energibesparingen som hela renoveringen skapat.

Det regelbundna underhållet som ventilationen nu kräver är att kåpornas filter tas ner och körs i diskmaskinen. Utöver detta så finns det även ett system för ytterligare fettavskiljning med ozon. Trots att man av olika anledningar haft lite problem med ozonet så har frånluftskanalerna och batterivärmeåtervinningslösningen varit relativt rena från fett. Detta tror man är på grund av en kombination av att kåpornas filter rengörs väl och att det inte steks så mycket mat i storköket.

I anknäytning till storköket finns en operatörskärm där respektive kåpas momentana värden visas. Här finns även en uppföljning som visar energikonsumtionen med och utan den behovsstyrda ventilationslösningen sedan driftstart, som visar att besparingen är drygt 1 000 MWh efter 1 700 dagar (knappt 5 år) . Hur detta är beräknat eller vad det baseras på är dock oklart. Vissa av dessa värdena från operatörskärmen skickas vidare till övriga fastighetens gemensamma styr- och övervakningssystem. Det sker dock inte någon kontinuerlig uppföljning av denna data.

## 5. ANALYS AV ENERGIBESPARINGSPOTENTIAL

I detta avsnitt presenteras förenklade beräkningar för energibesparingspotentialen med behovsstyrd ventilation i två olika typer av storkök. Inom ramen för denna förstudie finns det inte utrymme för detaljerade beräkningar på vad den exakta energibesparingspotentialen är. Energibesparingspotentialen varierar stort mellan olika storkök, främst beroende på storkökets ventilationsflöden och drifttider, men även beroende på karaktär på matlagningen. En noggrannare analys om detta är något som skulle kunna inkluderas i en framtida teknikupphandling eller demonstrationsprojekt på ämnet.

### 5.1 Analys och metod

Här utförs en överskådlig analys av energibesparingspotentialen baserat på den information som samlats in under förstudien från litteraturstudier och intervjuer.

Energi som används för luftbehandling i storkök består av tre komponenter:

- *El till fläktar*: avgörs av aggregatets SFP och kanalsystemets tryckfall
- *Värme till förvärmning av tilluft*: under vinterhalvåret behöver uteluften som ska in till köket förvärmas (minst ca 17°C) så att personalen inte upplever kalldrag.
- *El eller fjärrkyla till komfortkyla*: vissa storkök har även komfortkyla för att hålla rätt inomhusklimat i köket.

När det gäller Energianvändningen i storkök används oftast nyckeltalet energi per tillagad portion. Energi som behövs för luftbehandling i ett och samma kök är inte direkt beroende av antalet portioner som lagas, utan den ligger som en ”fast” post som beror på verksamhetstider och dimensionerande luftflöde. Detta gör det svårt att kvantifiera andelen energi för luftbehandling om inte en separat mätning för el till fläktar, värme till förvärmningsbatteri och komfortkyla finns. Dessutom kan samma aggregat försörja både matsal och kök.

Energibesparing som kan uppnås genom VAV-ventilation i storkök tar hänsyn till de 3 ovan nämnda komponenterna:

*Besparing av el i fläktar*: en minskning av från- och tilluftsflödet innebär en minskning av varvtal i respektive fläktar via frekvensomformare. Energibesparingen är inte linjär utan styrs av affinitetslagarna, dvs en halvering av luftflödet innebär att effekt och energi minskar med en faktor 8:

$$Q_1/Q_2 = n_1/n_2, P_1/P_2 = (n_1/n_2)^3 \rightarrow P_2 = P_1 * (Q_2/Q_1)^3$$

*Besparing av värme för förvärmning av tilluft*: en minskning av ventilationsflöde innebär minskat värmebehov i luftbehandlingen.

Energi som behövs för att förvärma en viss luftflöde Q kan beräknas utifrån :

$$E = Q * \text{densitet} * C_p * \text{Gradtimmar} * T \text{ (där T är andel av årets timmar som köket är igång)}$$



Variation i värmeåtervinningspotential ur frånluften påverkas både av variationen i tilluftens flöde men även av de interna lasterna i köket (framförallt köksutrustning) vilket kan vara komplex att beräkna.

*Besparing av komfortkyla:* en minskning av ventilationsflöden kan i vissa fall innebära minskad energi till komfortkyla.

I denna förstudie har två förenklade räkneexempel gjorts för att försöka få en uppskattning på energibesparingspotential i två olika fiktiva referenskök: ett skolkök som serverar en måltid per dag och ett sjukhuskök som serverar två måltider per dag. I beräkningen visas energi för fläktar och förvärmning av tilluft med konstant luftflöde (CAV) och variabelt luftflöde (VAV).

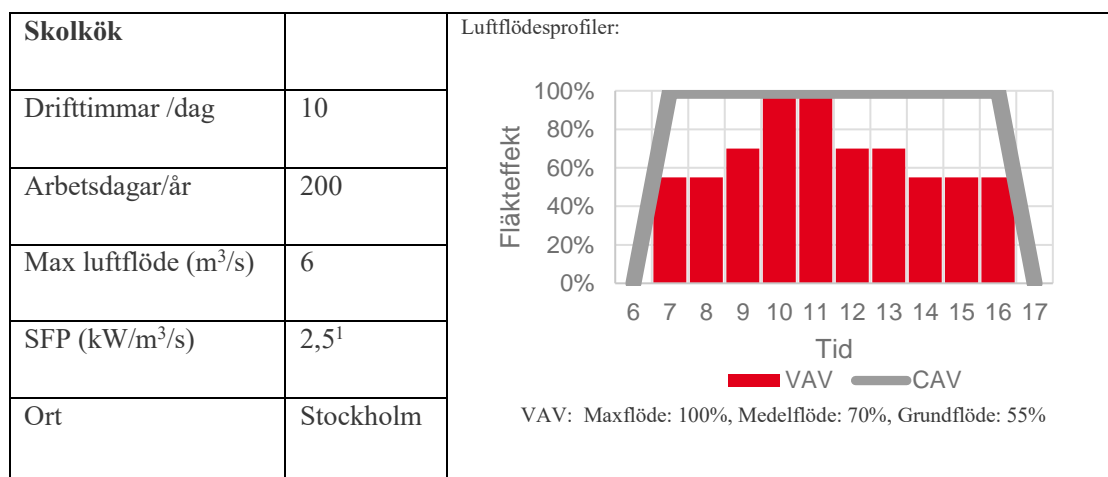
Värmeåtervinning påverkas stort av de interna lasterna, d.v.s. när och vilka köksutrustningar som är i drift timme för timme, samt värmeväxlarens temperaturverkningsgrad, vilket är komplext och därför inte är inkluderade i dessa exempel. För förenklingens skull antas vidare att dessa två kök inte har komfortkyla.

För att kunna räkna fram energibesparingspotential har ett antal antaganden gjorts (kökets drifttimmar, luftbehandlingsaggregats SFP, max luftflöde, flödesprofil för VAV) samt en ort valts : Stockholm (ca 100 000 gradtimmar/året). Antaget SFP är för fläktarnas fulla flöde och används vid beräkning av elanvändningen för det fallet. För VAV-ventilationens del flöde beräknas elanvändningen via affinitetslagarna, då SFP då är lägre.

Resultaten av dessa två fiktiva räkneexempel måste därför tas med försiktighet och ses som approximativa, inte minst för att de som sagt inte tar hänsyn till värmeåtervinning och eventuellt energibehov för komfortkyla.

## 5.2 Räkneexempel skolkök

I Figur 5 nedan visas en översikt av vilka antaganden som gjorts för denna uppskattning av energibesparingspotential samt den luftflödesprofil som målats upp för att efterlikna skillnaden mellan CAV och VAV.



Figur 5. Översikt av antaganden och exemplets fiktiva luftflödesprofiler

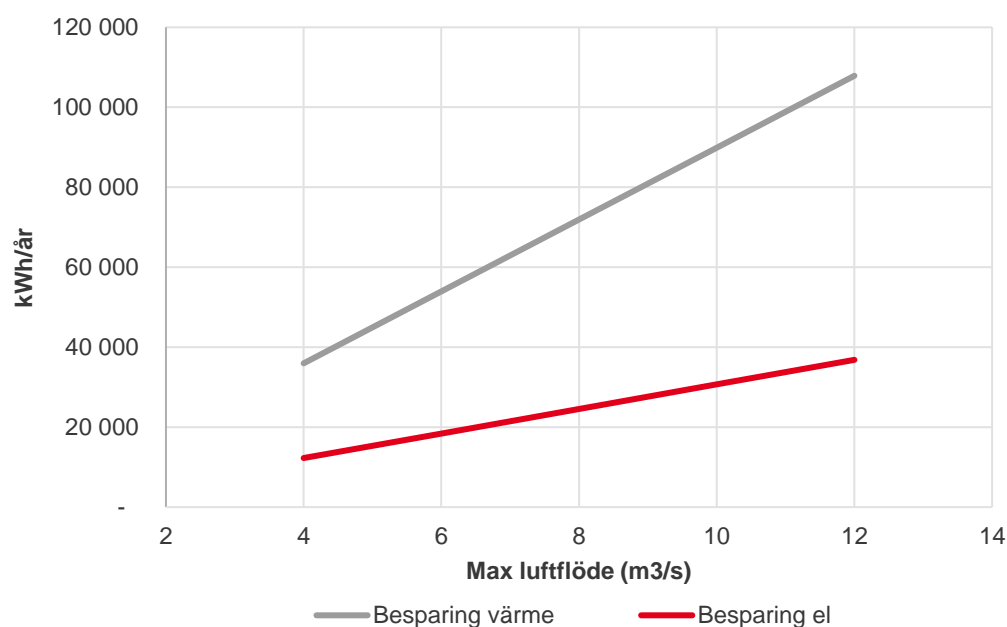
<sup>1</sup> Vid 100% flöde

Energianvändning vid CAV och VAV samt energibesparing visas i Tabell 2 nedan.

Tabell 2. Sammanställning av beräknad energianvändning och besparing för skolköksexemplet

	CAV	VAV	Besparing	
	[kWh/år]	[kWh/år]	[kWh/år]	[%]
El till fläktar	30 000	11 600	<b>18 400</b>	61
Värme tilluft	171 300	117 300	<b>54 000</b>	32
Summa	201 300	128 900	<b>72 400</b>	36

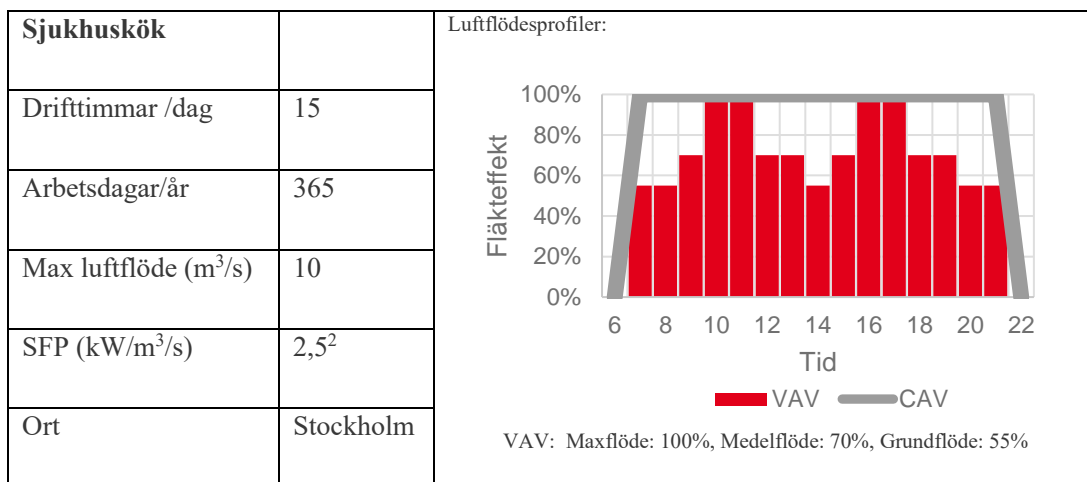
På samma sätt kan man räkna energibesparing i ett kök som har mindre eller större dimensioneringsmaxflöden (värmeåtervinning ej inräknat), se Figur 6 .



Figur 6. Räkneexemplens besparingar för värme respektive el för olika maxflöden

### 5.3 Räkneexempel sjukhuskök

I Figur 7 på nästa sida visas en översikt av vilka antagande som gjorts för denna uppskattning av energibesparingspotential samt den luftflödesprofil som målats upp för att efterlikna skillnaden mellan CAV och VAV.



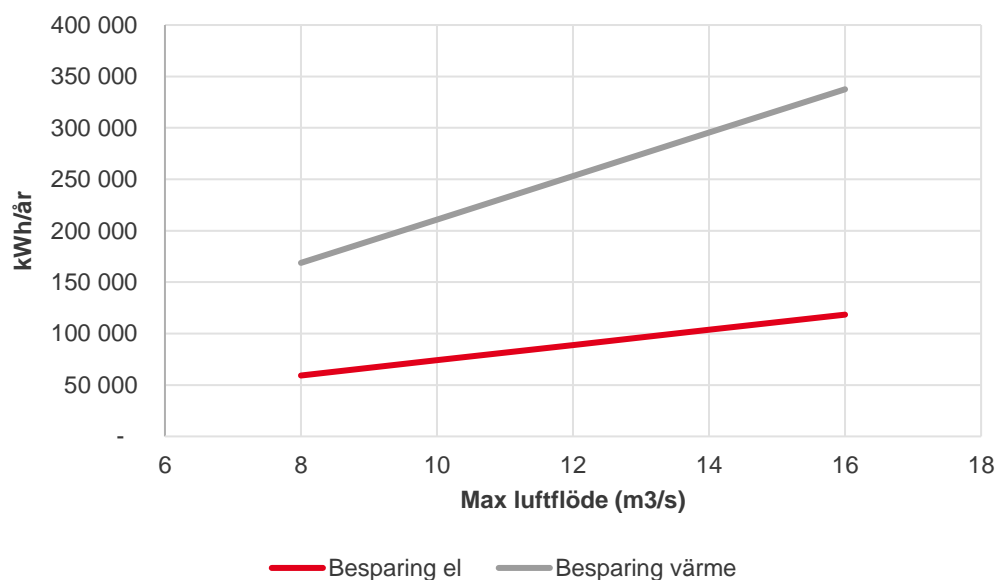
Figur 7. Översikt av antaganden och exemplets fiktiva luftflödesprofiler

Energianvändning vid CAV och VAV samt energibesparing visas i Tabell 3 nedan.

Tabell 3. Sammanställning av beräknad energianvändning och besparing för sjukhusköksexemplet

	CAV	VAV	Besparing	
	[kWh/år]	[kWh/år]	[kWh/år]	[%]
El till fläktar	136 900	62 900	<b>74 000</b>	54
Värme tilluft	781 200	570 300	<b>210 900</b>	27
<b>Summa</b>	<b>918 100</b>	<b>633 200</b>	<b>284 900</b>	<b>31</b>

Även för detta exempel har energibesparingar för mindre och större dimensioneringsmaxflöden beräknats fram (värmeåtervinning ej inräknat), se Figur 8.



Figur 8. Räkneexemplets besparingar för värme respektive el för olika maxflöden

<sup>2</sup> Vid 100% flöde

## 6. SLUTSATSER OCH NÄSTA STEG

Från intervjuer med projektörer och fastighetsägare kan det slås fast att det finns en stor tilltro till att behovsstyrd ventilation i storkök kan spara mycket energi och att det är något som behöver implementeras mer under de kommande åren. Alla är eniga om att den konventionella styrningen med tidkanal och forceringsknapp inte är optimal ur ett energiperspektiv. Men att VAV-ventilationen i storkök ännu inte är så vanligt förekommande gör att den av en del fastighetsägare ännu inte ses som tillräckligt beprövad teknik över tid för att man ska välja det. För att fler ska välja att implementera detta behövs flera referensfall som visar på lönsamhet, säker drift och bra inomhusmiljö. Några fastighetsägare belyser även att det är viktigt att de behovsstyrda lösningarna utformas så att de är så enkla och lätthanterliga som möjligt, för att minimera strul och problem under driften. Att dessa även ska kunna kommunicera med och integreras i fastighetens befintligt styr- och övervakningssystem är ett annat önskemål.

Något annat som hämmar implementationen av behovsstyrd ventilation något är att det är utmanande att göra det kostnadseffektivt om det ska installeras i befintliga byggnader, om inte en grundlig renovering motiveras av andra skäl. På detta område arbetar leverantörer med att även göra retro-fit lösningar av behovsstyrd ventilation mer kostnadseffektivt.

Allt tyder på att det finns en stor energibesparingspotential för behovsstyrd ventilation i storkök, som vid rätt projektering och optimering även kan förbättra inneklimatet. Däremot behövs det flera uppmätta värden för att bekräfta detta. Enligt den förenklade analysen av besparingspotential som gjorts inom denna förstudie rör det sig om över 30% besparing av tillförd energi för luftbehandling, dvs el till fläktar och värme till förvärmning av tilluft, för både exemplet med skolköket och sjukhusköket. Det är störst procentuell besparing för elen, men då värmeanvändningen för luftbehandling i storkök är större än elanvändningen så blir den faktiska värmebesparingen betydligt större och sparar mest kWh och pengar. Vidare är den procentuella besparingen mellan exemplet för skolkök och sjukhuskök liknande varandra, men då energianvändningen är större i sjukhusköken (på grund av längre drifttider, fler drift dagar per år) är den faktiska besparingen här större. Besparingarna ökar även vid högre maxflöden, medan kostnaderna för installation inte ökar i samma takt, enligt intervju med leverantörer. Lönsamheten för behovsstyrd ventilation i storkök ökar därmed i regel med längre drifttider, fler drift dagar och högre maxflöden. Det ska poängteras att beräkningarna som utförts i denna studie inte har inkluderat besparingar relaterat till eventuell värmeåtervinning eller komfortkyla.

Även om det redan idag finns några referensfall för VAV-ventilation i storkök råder det brist på tillgänglig mätdata som visar på energibesparingar som behovsstyrning innebär. Om det installeras i ett nybyggt storkök är en jämförelse givetvis svårt att göra (det skulle kunna jämföras med ett lika stort referenskök t.ex.), men i de storkök där det installeras i samband med en större renovering skulle detta vara enklare. Det hade därmed varit intressant att i ett framtida projekt utföra mätningar i ett storkök innan och efter en renovering som involverar installation av behovsstyrd ventilation. Detta hade gett en tydlig fingervisning om vad energibesparingspotentialen är för ett specifikt storkök. För att göra detta så applicerbart som möjligt hade man då kunnat beräkna besparingspotential både per yta, luftflöde och tillagad

portion. I Bilaga A presenteras ett underlag till ett fortsättningsdemonstrationsprojekt där, via teknikupphandling, VAV-system för storkök installeras i ett eller flera objekt som renoveras, dess energibesparing följs upp och driftaspekter samt inomhusmiljö utvärderas.

## 7. REFERENSLISTA

- [1] A. Sandh, "Demonstrationsprojekt Hovåsskolan," BELOK, 2016.
- [2] -, "Miljoner att spara på energieffektiva storkök," BELOK, 2015.
- [3] -, "Energieffektiva storkök - vägledning för VVS-konsult," BELOK, 2016.
- [4] "Att projektera ventilation i storkök - steg för steg," Acticon.
- [5] M. Östlund, Minimikrav på luftväxling - Utgåva 12, 2021.
- [6] -, "VAS-klasser," IV Produkt.
- [7] "Köksventilation," 2017. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/ventilation/koksventilation/>.
- [8] J. Termens, "Fettavskiljning och värmeåtervinning i storköksventilation," 2016.
- [9] R. Catan, "Demand Control Ventilation Systems for Commercial Kitchens, how do they differ, how are they the same?," 2019.
- [10] L.-G. Larsson, "Behovsstyrd ventilation i produktionskök," 2012.

## 8. BILAGA A. UNDERLAG TILL VIDARE PROJEKT

### **UTVÄRDERING AV ENERGIANVÄNDNING VID BEHOVSSTYRD VENTILATION (VAV) I STORKÖK**

#### **Motivering och bakgrund**

Det finns en stor teoretisk energibesparingspotential med behovsstyrd ventilation (VAV) i storkök. Det råder dock en brist på uppmätta och verifierade energibesparingar för driftsatta installationer. Det finns även brist på information och mätdata kring energianvändning för luftbehandling i storkök med traditionella CAV-lösningar.

Idag finns ett begränsat antal leverantörer av VAV-lösningar för storkök i Sverige. Tekniken är relativt ny och det föreligger kunskapsbrist och osäkerhet kring möjligheter och förutsättningar för VAV bland beställare av storköksventilationssystem, men även bland storkökskonsulter och projektörer. Därför finns det behov för fler referensobjekt, mätdata och drifterfarenheter.

Energibesparing som kan uppnås med VAV-system beror på minskad elanvändning för ventilationsfläktar men framförallt för minskat värmebehov för luftbehandling. Hur värmeåtervinning ur frånluft (VÅV) påverkas av installationen av behovsstyrd ventilation är en komplex fråga som kräver mättingsinsatser.

Utöver en minskad energianvändning kan VAV-system bidra till en bättre arbetsmiljö i köket genom minskat drag, stabilare temperatur och mindre ljud från ventilationen.

#### **Syfte och mål**

Syftet med projektet är att bekräfta energibesparingspotential i luftbehandling i storkök vid användning av behovsstyrdventilation (VAV), samt öka kunskapen om och antal referensobjekt med VAV-teknik bland beställare med storköksverksamhet. Projektet kommer även att bidra till utveckling av VAV-tekniken bland leverantörer genom att stimulera efterfrågan på dessa lösningar.

Projektets konkreta mål är:

- Få bättre underlag av uppmätt energianvändning för luftbehandling storkök med traditionell CAV-system genom mätning av minst 2 objekt.
- Ta fram en kravspecifikation för upphandling av VAV-system i storkök.
- Installera VAV-ventilation i 2 st. storkök.
- Mäta och utvärdera energianvändning, lönsamhet, driftaspekter samt inommiljö i dessa VAV-kök.

## Genomförande

Inför projektet behöver fastighetsägare identifieras som är villiga att installera behovsstyrd ventilation i ett befintligt storkök. Optimalt så kan flera storkök av olika karaktär identifieras för detta, t.ex. skolkök och sjukhuskök, som även har olika verksamhetstider.

Idealt skulle energianvändning med CAV och VAV i dessa kök jämföras. Det vill säga att mätning skulle genomföras på de befintliga köken med CAV under en tidsperiod, ombyggnation av köken genomföras med installation av VAV, och mätning av energianvändning under samma tidsperiod/säsong genomföras igen för att kvantifiera energibesparingen. I praktiken kan detta vara svårt att uppnå eftersom själva ombyggnationsprocessen kan ta flera år och det kan vara svårt att synkronisera med projektets tidplan. Ett alternativ kan vara att mäta och jämföra ett befintligt kök med CAV med ett nybyggt kök av samma storlek, karaktär och verksamhetstider med VAV.

Utöver mätning av energianvändning och andra viktiga parametrar (drift, inomhusmiljö) ska en kravspecifikation för behovsstyrd ventilation i storkök tas fram som ska spridas så att den kan användas av flera fastighetsägare.

Projektet delas i arbetspaket där följande aktiviteter ingår:

### A) Mätstudie energianvändning CAV:

- Identifiering av minst 2 stycken storkök (tex. skolkök, sjukhuskök) som är lämpliga för mätning av energianvändning och som eventuellt planeras byggas om.
- Mätning av energianvändning för luftbehandling samt viktiga parametrar, under en period av 3-6 månader:
  - o El: total elanvändning i köket samt elanvändning till ventilationsaggregat (från- och tilluftsfläktar)
  - o Värme: tillförd värme för förvärmning av tilluft samt värmeåtervinning ur frånluft.
  - o Ev. komfortkyla
  - o Luftflöden: totalt från- och tilluftsflöde till köket.

### B) Kravspecifikation VAV-system

- o Identifiering av minst 2 st. storkök (tex skolkök, sjukhuskök) där VAV ska installeras. Dessa objekt kan vara samma kök som i arbetspaket A eller nybyggda kök med liknande storlek och karaktär.
- o Framtagande av en kravspecifikation för VAV: i samråd med fastighetsägare och med bidrag från leverantörer av ventilationssystem.

### C) Upphandling och installation av VAV-system

- o Upphandling av VAV-system
- o Installation av VAV-system och funktionskontroll
- o Intrimning av systemet

### D) Mätstudie energianvändning VAV-system

- o Mätning av samma parametrar som arbetspaket A
- o Uppföljning av driftaspekter



- Uppföljning av inomhusmiljö via enkäter till personal och mätningar
- E) Utvärdering av VAV-system i förhållande till CAV-system
  - Jämförelse av energianvändning CAV vs VAV
  - Lönsamhet av VAV vs CAV
  - Driftaspekter och inomhusmiljö

## **Resultatspridning och nyttiggörande av resultat**

Under hela projektet kommer kommunikationsinsatser i form av seminarier, artiklar i branschtidningar och andra genomföras för att sprida erfarenheter om projektet.

Projektets primära målgrupp är fastighetsägare med storkök. Projektets sekundära målgrupp är leverantörer av ventilationslösningar för storkök samt projektörer och storkökskonsulter.

För fastighetsägare, projektörer och storkökskonsulter förväntas projektets resultat leda till en ökad kunskap av behovsstyrd ventilation i storkök vilken i sin tur kan leda till att flera och bättre VAV-lösningar efterfrågas och installeras.

För leverantörer av ventilationslösningar förväntas projektet leda till utveckling av förbättrade produkter och ökad antal installationer i takt med att efterfrågan på VAV i storkök ökar.