

Energiåtervinning av smutsig luft



”Nätverket BeLivs är ett ledande nätverk som skapar värde, ökar kunskapen och verkar för energieffektivisering i livsmedelslokaler. ”



Energimyndighetens Beställargrupp Livsmedelslokaler

Respektive författare ansvarar och står för innehållet i denna rapport

Energiåtervinning av smutsig luft

Energy recuperation from polluted air

Författare:

Olof Larsson, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Projektnummer: BF10

År: 2015

BeLivs Dnr 2014-136 och Dnr 2014-5400

Beställargruppens medlemmar



Axfood AB



Bergendahls Food AB



City Knalleland



COOP Fastigheter



ICA AB



Max Hamburgerrestaurang



ÖREBRO

Örebro kommun

BeLivs
Energimyndighetens Beställargrupp Livsmedelslokaler
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
www.belivs.se
belivs@sp.se

Respektive författare ansvarar och står för innehållet i denna rapport

Sammanfattning

Stora mängder energi försvinner i smutsig frånluft från storkök. För att kunna tillvarata denna energi kan det krävas att luften rengörs, för att inte exempelvis fett ska sätta igen värmeväxlare och imkanaler. Installation av ett system för luftrening och värmeväxling kan ha återbetalningstider som är 2-3 år om förutsättningarna är de rätta. I storkök med kortare verksamhetstider kan återbetalningstiderna istället bli tiotals år. Om rengöring av luften krävs av andra skäl, exempelvis luktspridning eller brandrisk, blir återbetalningstiden för ett värmeåtervinningssystem naturligtvis kortare eftersom kostnaden för rengöring ändå skulle uppkomma.

Energibesparingen i storkök, där många energikrävande apparater samsas på en begränsad yta, kan vara i storleksordning 500 kWh per m² och år.

Beräkningar tyder på att de avgörande parametrarna är drifttid i storköksverksamheten och möjlighet till användning av överskottsvärme. Ett typiskt storkök kan sannolikt använda den återvunna energin för att värma upp uteluften till rumstemperatur under stora delar av året. Under sommarmånaderna behövs däremot en annan avsättning för överskottsvärmen, exempelvis förvärmning av disk- eller tappvarmvatten.

Investeringskostnaderna för ett storkök med ca 80 kW installerad effekt på köksutrustningen, motsvarande ett frånluftsflöde på ca 1400 l/s ligger i storleksordning 100-400 tkr beroende på vilken teknisk lösning som väljs.

Det finns ett flertal tekniker för luftrening på marknaden, där UV-, ozon- och bakterierengöring verkar vara de vanligaste. UV- och ozonrengöring medför vissa risker, men det finns tekniska lösningar på marknaden som ska minimera dessa.

Förstudien riktar sig till ägare och användare av storkök, företag och installatörer av utrustning för värmeåtervinning och luftrening samt offentliga aktörer såsom kommuner, landsting och myndigheter.

Nyckelord: Värmeåtervinning, ventilation, storkök, luftrengöring, energibesparing

Summary

Large amounts of energy are lost in contaminated extract air from commercial kitchens. In order to be able to recover this energy it might be needed to clean the air, for instance to prevent heat exchangers and ducts from clogging. Installation of an air cleaning and heat recovery system can have payback periods of 2-3 years if the conditions are good. In commercial kitchens with shorter periods of activity, the payback periods can be decades. If air cleaning is required for other reasons, for example prevention of odour dispersal or fire hazards, the payback period naturally shortens, as the costs for cleaning would have been occurring regardless.

The potential energy savings in commercial kitchens, where many energy demanding devices share a limited space, can annually be in the order of 500 kWh per m².

Calculations indicate that the critical parameters are the activity hours in the commercial kitchens and the possibility of using excess heat. A typical commercial kitchen can probably use the recovered energy to preheat the outside air to room temperature during large parts of the year. During the summer months, however, another use for excess heat is needed, such as preheating dishwashing or tap water.

The investment costs for a commercial kitchen with an estimated rated power of 80 kW of kitchen equipment, corresponding to an extract air flow of 1400 l/s are roughly 100-400 kkr depending on the technical solution.

There are several techniques for air cleaning commercially available. UV lighting, ozone generation and bacteriological cleaning appear to be the most common. UV lighting and ozone generation entails certain risks, but there are technical solutions available to minimize these risks.

The feasibility study is aimed at owners and users of commercial kitchens, manufacturing companies and installers of equipment for heat recovery and air cleaning and public actors such as municipalities, counties and authorities.

Keywords: Heat recovery, ventilation, commercial kitchen, air cleaning, energy conservation

Förord

Energimyndigheten startade BeLivs 2011. BeLivs uppdrag är att vara en objektiv part och att driva utvecklingsprojekt med energieffektivisering och miljöfrågor som gemensamma nämnare bland sina medlemmar i deras fastigheter. Resultaten och erfarenheterna av projekten publiceras som rapporter på www.belivs.se och är kostnadsfria att ta del av. Alla bolag i branschen, även de som inte är medlemsföretag, kan därför dra nytta av BeLivs arbete.

Varför BeLivs? En stor andel elenergi används i butiker och livsmedelslokaler. BeLivs uppgift är att skynda på utvecklingen mot energieffektivare livsmedelslokaler genom att driva utvecklingsprojekt. Projekten handlar om att visa att och hur energieffektiv teknik och energieffektiva system fungerar i verkligheten tillsammans med medlemmarna. En lika viktig uppgift är att föra ut erfarenheter från projekten till resten av branschen som är kopplade till livsmedelslokaler.

BeLivs skall hjälpa Sverige att nå de energimålen som är uppsatta. BeLivs mål är att få ut energieffektiva system och produkter tidigare på marknaden. Parallellt med en ökad energieffektivitet skall utvecklingsprojekten också förbättra eller bibehålla verksamheten och inomhusmiljön i lokalerna och vara ekonomiskt lönsamma. Det är viktigt att produkter och system som det investeras i är kostnadseffektiva.

Datum: 2012-05-07

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Summary	5
Förord	6
Innehållsförteckning	7
Inledning	8
1 Problembeskrivning	8
1.1 Syfte och mål	8
1.2 Avgränsningar	8
1.3 Metod	8
2 Bakgrund	9
2.1 Energiberäkningar av planerade åtgärder	9
2.2 Kostnadsbedömningar	13
3 Genomförande	16
3.1 Beskrivning av livsmedelslokalen och dess tekniska system	16
3.2 Organisation – medverkan i förstudieprojekt	16
3.3 Tidsplan	16
3.4 Energieffektiviseringspotential	16
4 Energiåtervinning av smutsig luft	17
4.1 Metoder för att återvinna energi ur den smutsiga luften	17
4.1.1 Fin-coil-värmeväxlare	17
4.1.2 Vätskekopplade batterier	17
4.1.3 Roterande värmeväxlare	17
4.1.4 Vattenånga	17
4.2 Metoder för att rena luftflödet från fett och/ eller fukt	17
4.2.1 Traditionella fettfilter	17
4.2.2 Cyklonfilter	17
4.2.3 Kolfilter	18
4.2.4 Ozon-generering	18
4.2.5 Bakterier	18
4.2.6 UV-ljusbehandling	18
4.2.7 Traditionella luftfilter	19
4.2.8 Vattendimma	19
4.3 Olika metoder för att rengöra värmeväxlare och/ eller kanaler	19
4.3.1 Traditionell sotning/ diskning med kemikalier	19
4.3.2 Blästring med torris	19
5 Diskussion	20
6 Resultat	21
6.1 Energieffektiviseringspotential – beräknad	21
6.2 Fortsatt arbete	21
7 Litteraturreferenser	22

Inledning

1 Problembeskrivning

Ventilationsluften från storkök innehåller en stor mängd energi, eftersom den ofta både är varm och fuktig. Denna energi är svår att ta tillvara, då luften också innehåller olika föroreningar, exempelvis fett. Detta leder till problem med nedsmutsning i värmeväxlare och kanaler om det inte hanteras. Risk för brand är också ett problem i fettbemängd luft.

1.1 Syfte och mål

Förstudien syftar till att gå igenom de tekniker som finns för att värmeåtervinna frånluft från storkök, vilket sannolikt också kräver att den renas. Ett annat syfte är att identifiera kunskapsluckor och därmed peka på behov av fortsatt forskning. Slutligen ska potentialen till värmeåtervinning från storkök uppskattas.

Målgruppen är ägare av verksamheter som innefattar storkök, såsom restauranger, kommuner och landsting (där exempelvis skol- och sjukhuskök innefattas) och ägare till större livsmedelsbutiker med egen matlagning. I målgruppen ingår även tillverkare av luftrenings- och värmeväxlarutrustning.

1.2 Avgränsningar

Då tillförlitlig mätdata för ventilationen i storkök (temperaturer och fuktinnehåll i respektive luftströmmar) varit svår att hitta har exaktare kalkyler av energibesparingspotential varit svår att beräkna. Vissa antaganden har därför behövt göras.

Det har också i vissa fall varit svårt att finna tillförlitliga uppgifter om tekniker för luft- och imkanalrengöring från såväl tillverkar- som brukarhåll.

Då alla storkök i någon mening är unika har två typkök använts för beräkningar. Dessa har försökt göras generella för att vara tillämpbara för olika typer av storkök.

1.3 Metod

Förstudiens faktainsamling består av en litteraturstudie och intervjuer med företrädare för restauranger och andra storkök, tillverkare och säljare av olika system för luftrening och värmeåtervinning samt beräkning av energibesparingspotential utifrån såväl skattade som uppmätta värden för ventilation, värmeåtervinningsgrad, kostnader med mera.

Slutligen genomförs en enkel ekonomisk kalkyl för att ge en uppfattning om återbetalningstider för olika tekniska lösningar för rengöring och värmeåtervinning ur smutsig luft.

2 Bakgrund

Rengöring och värmeåtervinning ur smutsig storköksluft förekommer, men det är svårt att hitta tillförlitlig data på energiprestanda och ekonomi för sådana system. Mätningar har utförts på såväl elförbrukning hos köksutrustning som luftflöden och temperaturer i olika storkök, men det är svårt att hitta sammankopplade värden från samma kök.

2.1 Energiberäkningar av planerade åtgärder

Den energi som potentiellt kan återvinnas ur smutsig storköksluft kan antingen skattas utifrån uppmätta värden på luftflöden, -temperaturer och -fukttinnehåll eller genom att mäta eller uppskatta effekt på den köksutrustning vars värme hamnar i frånluften i kombination med en antagen verkningsgrad på värmeväxlingen.

Tillförlitliga mätningar av luftparametrar i storkök har som ovan nämnts varit svåra att finna. Projekterade luftflöden finns ofta att tillgå, men hur temperatur och luftfuktighet varierar över tid är svårare att få reda på. Eftersom det har en stor inverkan på energiinnehållet i luften, och därmed potentialen för energiåtervinning, blir det en svårframkomlig väg för en skattning av hur mycket energi som kan sparas. Ett annat sätt att skatta energibesparingspotential är att se till effektutnyttjandet hos köksutrustningen och anta att den värme som alstras också hamnar i frånluften.

I SP-rapport 1989:40 "Ventilationsteknisk undersökning av storkökskåpor" [1] anges uppmätta frånluftstemperaturer för fem olika storkök. Dessa varierar måttligt, mellan 28 och 31 °C med ett medelvärde på 29 °C.

Från SMHI [2] har klimatdata mellan 1996 och 2012 hämtats, se tabell 1 nedan.

Tabell 1. Uteluftparametrar i Stockholmsregionen, ungefärliga medelvärden 1996-2012

Table 1. Outdoor air parameters in the Stockholm Area, rough mean values 1996-2012

	Dygnsmedeltemp Average mean temp [°C]	RH [%]	Absolut luftfuktighet Absolute moist content of air [g/ kg torr]	Entalpi Enthalpy [kJ/kg]
Januari <i>January</i>	-1	85	3,0	6,4
April <i>April</i>	5	80	4,3	15,9
Juli <i>July</i>	18	80	10,3	44,3
Oktober <i>October</i>	8	80	5,3	21,4

Vidare beräknas tilluftflödet till köket vara 1300 l/s och frånluftsfödet något högre, 1370-1470 l/s beroende på hur massflödet förändras (massflödet beräknas här som 5 % högre i frånluft än i tilluft för att säkerställa att ingen smutsig luft lämnar köket annat än genom ventilationskanaler). Detta motsvarar ungefär ett kök med en fritös på 15 kW, en spis på 10 kW ett stekbord på 9 kW och två kokgrytor på 19 respektive 25 kW [3].

Värmebehovet beräknas som luftens entalpiskillnad (kJ/kg) multiplicerat med luftens massflöde (kg/s) enligt följande:

$$\text{Vår: } 1224 \text{ l/s} * 1,27 \text{ kg/m}^3 * (30 - 16) \text{ kJ/kg} = 22 \text{ kW}$$

$$\text{Sommar: } 1282 \text{ l/s} * 1,20 \text{ kg/m}^3 * (46 - 44) \text{ kJ/kg} = 3 \text{ kW}$$

$$\text{Höst: } 1240 \text{ l/s} * 1,25 \text{ kg/m}^3 * (33 - 41) \text{ kJ/kg} = 17 \text{ kW}$$

$$\text{Vinter: } 1210 \text{ l/s} * 1,29 \text{ kg/m}^3 * (26 - 6) \text{ kJ/kg} = 30 \text{ kW}$$

Här antas tilluften i köket vara 19 °C under vår och höst, 20 °C under sommaren och 18 °C under vintern.

Det finns alltså ett väldigt litet behov av värmning av uteluften under juli, vilket inte kommer som någon överraskning. Sannolikt finns i verkligheten inte behovet alls, eftersom annat än köksutrustningen också genererar värme i byggnaden.

Ser vi istället till den värme som genereras i köket och som hamnar i frånluften behöver vi veta något om fuktillskottet. Räknar man med en helt torr verksamhet, d.v.s. samma fukttinhåll i frånluften som i uteluften, så blir tillförd värmeeffekt mellan uteluft och frånluft:

$$\text{Vår: } 24 \text{ kW}$$

$$\text{Sommar: } 11 \text{ kW}$$

$$\text{Höst: } 21 \text{ kW}$$

$$\text{Vinter: } 31 \text{ kW}$$

Detta är baserat på antagandet att frånluften värms till 29 °C.

Med dessa antaganden motsvarar alltså energitillförseln i köket lokalens uppvärmningsbehov någorlunda väl under vintern, ett visst överskott genereras under vår och höst och ett stort överskott genereras under sommaren.

Räknar vi istället med att exempelvis kokning förekommer i storköket och att relativ fuktighet därmed höjs med 10 % under respektive årstid blir värmetillskotten i frånluften:

$$\text{Vår: } 30 \text{ kW}$$

$$\text{Sommar: } 17 \text{ kW}$$

$$\text{Höst: } 27 \text{ kW}$$

$$\text{Vinter: } 36 \text{ kW}$$

Sammantaget är det rimligt att anta att det vintertid kan genereras överskottsvärme som är i storleksordning 100 -120 % av vad som behövs för lokaluppvärmning, men att det sommartid skapas ett överskott som är mellan 3 och 6 gånger vad som ens teoretiskt behövs för lokaluppvärmningen. Här behövs alltså annan avsättning för överskottsvärme, exempelvis förvärmning av diskvatten, radiatorvatten eller tappvarmvatten.

För att beräkna hur mycket energi som generas behöver vi anta en drifttid för storköket under respektive årstid. Här ser vi till två olika alternativ, det ena motsvarar köket i en hamburgerrestaurang som har öppet 15 h per dygn varje dygn året om. Det ger ca 1370 drifttimmar per kvartal. Det andra fallet motsvarar ett skolkök som har verksamhet 5 timmar per dag 70 dagar per kvartal förutom sommartid, då endast 50 dagar. Totalt 260 dagar om året.

För enkelhets skull beräknas uppvärmningsbehovet matcha verksamhetstiden, vilket skulle motsvara att köksventilationen stängs av då verksamheten upphör varje dag. Avstängd köksventilation tar naturligtvis inte bort byggnadens uppvärmningsbehov, men bör minska det påtagligt. I tabell 2 sammanställs energibehov och värmeöverskott i de två tyfallen.

Tabell 2. Energibehov och värmeöverskott i två storkökstyper

Table 2. Energy need and heat surplus in two types of commercial kitchens

	Hamburgerrestaurang <i>Hamburger restaurant</i>	Skolkök <i>School kitchen</i>
Verksamhetsdagar per år <i>Annual business days</i>	365	260
Verksamhetstimmar per dygn <i>Daily business hours</i>	15	5
Uppvärmningsbehov <i>Required heat</i> (kWh)		
Vår <i>Spring</i>	30000	7700
Sommar <i>Summer</i>	4600	800
Höst <i>Autumn</i>	24000	6000
Vinter <i>Winter</i>	41300	10600
Genererad överskottsvärme, utan fuktillskott <i>Surplus heat, no added moist</i> (kWh)		
Vår <i>Spring</i>	33400	8500
Sommar <i>Summer</i>	15700	2900
Höst <i>Autumn</i>	29300	7500
Vinter <i>Winter</i>	41800	10700
Genererad överskottsvärme, med fuktillskott <i>Surplus heat, with added moist</i> (kWh)		
Vår <i>Spring</i>	41700	10700
Sommar <i>Summer</i>	23300	4300
Höst <i>Autumn</i>	37000	9500
Vinter <i>Winter</i>	49700	12700

För att beräkna värmeåtervinning i en värmeväxlare har ett system med två vätskekopplade så kallade fin-coil-värmewäxlare simulerats i programvaran "Coils for Windows v 9.5.0" från Luvata Söderköping AB.

Följande parametrar nåddes i värmewäxlarna, se tabell 3:

Tabell 3. Simulerade luftparametrar i värmeväxlare från programvaran "Coils for Windows v 9.5.0" från Luvata Söderköping AB

Table 3. Simulated air parameters in heat exchangers from the "Coils for Windows v 9.5.0" software from Luvata Söderköping AB

	Effekt Power (kW)	T_{avluft} T_{exhaust} (°C)	T_{tilluft} T_{supply} (°C)	RH_{avluft} RH_{exhaust} (%)	RH_{tilluft} RH_{supply} (%)
Vår <i>Spring</i>	23	15,5	19,5	40	31
Sommar <i>Summer</i>	11	22,4	25,1	62	52
Höst <i>Autumn</i>	21	16,5	21,5	46	33
Vinter <i>Winter</i>	30	11,4	18	37	23

Inga iterationer har genomförts i denna förstudie (då tilluftens parametrar inte är helt överensstämmande med de som använts i beräkningar i tabell 2 ovan). Tilluftstemperaturerna anses vara godtagbara under vår, höst och vinter. Under sommar behöver värmeåtervinning till tilluft däremot avbrytas, då tilluftstemperaturen annars beräknas överstiga 25 °C.

Den återvunna energin i tabell 4 nedan är beräknad som värmeväxlareffekt ur tabell 3 ovan multiplicerat med verksamhetens drifttimmar per kvartal, med uppvärmningsbehov ur tabell 2 som maximalt värde.

Tabell 4. Beräknad återvunnen energi i de respektive storkökstyperna

Table 4. Calculated recovered energy in the two types of commercial kitchens

Återvunnen energi Recovered energy (kWh)	Hamburgerrestaurang Hamburger restaurant	Skolkök School kitchen
Vår <i>Spring</i>	30000	7700
Sommar <i>Summer</i>	4600	800
Höst <i>Autumn</i>	23700	6000
Vinter <i>Winter</i>	41000	10600

Antar vi ett värmepris på 80 öre/kWh så motsvarar detta årliga besparingar på ca 80 tkr i hamburgerrestaurangen och ca 20 tkr i skolköket. Kan man istället få avsättning för all värme som genereras blir de årliga besparingarna ca 96 tkr för hamburgerrestaurangen och 24 tkr för skolköket.

Ett annat sätt att ta hand om överskottsvärmen är att använda en värmepump. Två fall har här beräknats, ett där värmepumpen är dimensionerad för att klara maximalt värmetillskott och ett där värmepumpen är dimensionerad för att klara minimalt värmetillskott och därmed

kan gå på full effekt året om. Givet en avluftstemperatur på 5 °C och -fuktighet på 100 % nås följande effekter, se tabell 5 nedan:

Tabell 5. Luftparametrar och värmeväxlingseffekt vid användande av en värmepumpslösning

Table 5. Air parameters and heat exchanger power using a heat pump solution

	$T_{\text{frånluft}}$ T_{extract} (°C)	T_{avluft} T_{exhaust} (°C)	$RH_{\text{frånluft}}$ RH_{extract} (%)	RH_{avluft} RH_{exhaust} (%)	$h_{\text{frånluft}}$ h_{extract} (kJ/kg)	h_{avluft} h_{exhaust} (kJ/kg)	Massflöde luft Air mass flow (kg/s)	Effekt Power (kW)
Vår Spring	29	5	17,5	100	40,3	18,6	1,63	35
Sommar Summer	29	5	41,5	100	55,7	18,6	1,63	60
Höst Autumn	29	5	21,5	100	42,8	18,6	1,63	39
Vinter Winter	29	5	12,5	100	37,1	18,6	1,63	30

Vid en värmefaktor på 2,5 (avgiven värme dividerad med drifteleffekt) krävs en värmepump på mellan 14 och 24 kW eleffekt för att tillvarata denna värme. Med drifttider som ovan blir årlig besparing ca 181 tkr för hamburgerrestaurangen och ca 41 tkr för skolköket.

2.2 Kostnadsbedömningar

För att kunna värmeväxla frånluften krävs i de flesta fall att fett och annan smuts tagits bort. Kostnaden för de olika teknikerna varierar naturligtvis, men för både ozon, UV-rengöring och bakterierengöring ligger investeringskostnaderna för en rengöringsanläggning enligt tillverkarens uppgifter mellan 50–100 tkr. Årlig servicekostnad uppges samtidigt vara mellan 8-20 tkr. För enkelhets skull räknas nedan med 15 tkr/år för service.

Kostnad för värmeväxlare varierar även den, men en uppgift från Luvata ger att två värmeväxlare kostar ca 50 tkr, vilket sannolikt bör ökas till 85 tkr med pump, rördragning och installation. Temperaturverkningsgrad på dessa värmeväxlare uppges ligga i intervallet 64-69 % beroende främst på uteluftens temperatur. Pumpen i ett indirekt värmeväxlarsystem med vätskeslinga uppskattas ha en eleffekt på 1 kW.

Ifall en värmepump istället används bedöms kostnaden för värmeväxlare minska med 25 tkr då endast en luft/vätskeväxlare behövs.

Därmed uppgår totala investeringskostnader till 120- 170 tkr och årliga driftkostnader till 8-20 tkr plus elförbrukning för pumpen.

Ska värmen istället användas för exempelvis tapp- eller diskvatten kan det som ovan nämnts vara lämpligt att använda en värmepump. Baserat på priser för vätska/vatten-värmepumpar bedöms en sådan kosta ca 6-7 kr/W (här används för enkelhets skull 6,5 kr/W) genererad värme och ha en värmefaktor på 2,5. Investeringskostnaden för en pump i intervallet 14-24 kW blir därmed 196-392 tkr, för enkelhets skull räknas här med 20 kW och en investeringskostnad på 300 tkr.

Återbetalningstider är beräknade utan kalkylränta och utgör alltså investeringskostnad dividerat med årlig besparing.

Sammanfattningsvis kan ett antal typlösningar och deras uppskattade återbetalningstid presenteras, se tabell 6:

Tabell 6. Ekonomisk skattning och återbetalningstid för de två typköken och två tekniska lösningar

Table 6. Economic estimates and pay-back time for the two types of commercial kitchens and two different technical solutions

	Hamburgerkök, luftvärme- växling <i>Hamburger restaurant kitchen, heat exchange</i>	Skolkök, luftvärme- växling <i>School kitchen, heat exchange</i>	Hamburgerkök, VP <i>Hamburger restaurant kitchen, heat pump</i>	Skolkök, VP <i>School kitchen, heat pump</i>
Investering vvx <i>Investment HX</i> (kr)	85000	85000	60000	60000
Investering luftrening <i>Investment air cleaning</i> (kr)	50000	50000	50000	50000
Investering VP <i>Investment heat pump</i> (kr)	0	0	300000	300000
Investering totalt <i>Total investment</i> (kr)	135000	135000	410000	410000
Driftkostnad luftrening <i>Running costs air cleaning</i> (kr/år)	15000	15000	15000	15000
Driftkostnad VP <i>Running costs heat pump</i> (kr/år)	0	0	109500	26000
Driftkostnad pump i vvx-system <i>Pump running costs in HX system</i> (kr/år)	5475	1300	0	0

Driftkostnad totalt/ <i>Total running cost</i> (kr/år)	20475	16300	124500	41000
Årlig energibesparing <i>Annual energy savings</i> (kWh/år)	99174	25021	321550	75222
Årlig besparing vid 80 öre/kWh <i>Annual savings at 80 öre/kWh</i> (kr/år)	79339	20016	257240	60178
Avbetalningstid <i>Payback time</i> (år/yr)	2,3	49,7	3,1	21,4

Återbetalningstiderna får naturligtvis ses som grova indikationer, eftersom de är baserade på många antaganden. Det kan dessutom vara så att luftrening är ett krav av brand- eller luktspridningsskäl och att kostnad för detta därmed borde lyftas ur kalkylen. För hamburgerrestaurangen krymper återbetalningstiden därmed till 1,2 år utan värmepump och 2,4 år med. För skolköket krymper återbetalningstiden till 4,5 år för energiåtervinning med luftvärmewäxling och till 10,5 år för värmepumpslösningen.

3 Genomförande

Förstudien har genomförts genom att uppgifter på olika tekniska lösningar för rengöring och värmeåtervinning av smutsig luft har samlats in från såväl tillverkare som brukare.

Uppmätta värden, modellering av teknisk prestanda och såväl prisuppgifter från tillverkare som skattade kostnader för olika lösningar har använts för att beräkna energibesparingspotential och kostnader.

3.1 Beskrivning av livsmedelslokalen och dess tekniska system

Två livsmedelslokaler har använts för att göra en jämförelse. De är inte specificerade i detalj, men har ett frånluftsflöde på ca 1400 l/s, vilket kan motsvara köksutrustning med en installerad effekt av ca 80 kW.

Det ena köket motsvarar ett hamburgerrestaurangkök med 15 h öppetid per dygn alla årets dagar. Därmed ligger det sannolikt i den övre delen av skalan vad avser nyttjandetid. Det andra köket motsvarar ett skolkök och har endast verksamhet 5 h per dygn under 260 dagar per år. Detta kök har därmed en förhållandevis låg nyttjandegrad. Jämförelsen syftar till att illustrera hur nyttjandetiden påverkar en investeringskalkyl för system för rengöring och värmeåtervinning av smutsig luft.

3.2 Organisation – medverkan i förstudieprojekt

Förstudien har gjorts i samarbete med representanter från beställargruppen, samt med hjälp av ett antal företag som tillhandahåller produkter som kan användas för energiåtervinning och rening av smutsig storköksluft. Dessa är:

- Luvata Söderköping AB, en tillverkare av värmepumpar som bidragit med prestanda- och kostnadsberäkningar för värmepumpar avsedda att ta upp värmen ur storköksfrånluft
- Halton AB, en tillverkare av bland annat UV-reningsutrustning, ozonreningsutrustning och behovsstyrda köksventilationssystem.
- Infuser som tillverkar ozonreningsutrustning har bidragit med kunskap och kostnadsuppskattning för reningsystem med hjälp av ozon.
- Biotera Technologies AB tillverkar och säljer utrustning för probakteriell rengöring av smutsig luft.

3.3 Tidsplan

Projektet löpte från december 2014 till och med mars 2015.

3.4 Energieffektiviseringspotential

Hur stor andel av storkökets totala energiförbrukning som kan elimineras är inte beräknat, då studien endast behandlar energiförluster i ventilationen.

4 Energiåtervinning av smutsig luft

4.1 Metoder för att återvinna energi ur den smutsiga luften

Branschrekommendationen "Imkanal 2012" [4] anger att värmeåtervinning får ske ur storköksluft förutsatt att den är el- eller gasdriven. Förbränning av fasta eller flytande bränslen medger inte värmeåtervinning.

4.1.1 Fin-coil-värmeväxlare

Fin-coil-värmeväxlare lämpar sig väl för att ta tillvara värmeenergi ur smutsig luft till vätska. På vätskesidan består de av cirkulära rör som motstår relativt högt tryck. I luftströmmen är de försedda med tunna metallflänsar för att maximera värmeöverföringsytan.

4.1.2 Vätskekopplade batterier

Vätskekopplade batterier består typiskt av två fin-coil-värmeväxlare som är sammankopplade med en pumpdriven vätskeslinga. På så sätt tas värmen upp ur luften i den ena värmeväxlaren och avges till luften i den andra värmeväxlaren. Detta medför att risken för läckage mellan luftflödena elimineras.

4.1.3 Roterande värmeväxlare

I en roterande luftvärmeväxlare passerar luften genom värmeväxlaren samtidigt från två håll. I den ena luftströmmen värms växlaren. Eftersom den roterar kontinuerligt kommer det uppvärmda materialet därefter att komma i kontakt med den kalla luftströmmen i vilken värmen avges. Systemet är omöjligt att få helt läckagefritt och det är därför risk för återföring av smuts från frånluft till tilluft. På grund av denna återföringsrisk har denna typ av värmeväxlare inte studerats mer ingående i projektet.

4.1.4 Vattenånga

Ett sätt att ta tillvara värmen ur smutsig storköksluft kan vara att spruta in vattendimma som vid evaporering tar upp värme ur luften. Den fettblandade vätskan kan avledas och värmeväxlas för att på så sätt kunna nyttiggöra värmen. Någon existerande lösning av denna typ har inte kunnat identifieras. En fördel med en vattenbaserad metod för värmeåtervinning är att betydligt mindre rördimensioner krävs för samma energitransport i vatten jämfört med luft. Värmeväxlare för vätska kräver, även de, betydligt mindre dimensioner.

4.2 Metoder för att rena luftflödet från fett och/ eller fukt

4.2.1 Traditionella fettfilter

Före eventuella andra reningssystem för frånluften sitter i allmänhet ett fettfilter. Traditionella fettfilter består av en metallram med fyllning av stickad galvaniserad tråd som avskiljer fett och kondens ur frånluften. De går vanligtvis att maskindiska.

4.2.2 Cyklonfilter

En variant på fettfilter är så kallade cyklonfilter. De är cylinderformade och fettavskiljningen sker genom den centrifugalkraft som uppstår när luften snabbt roterar genom filtret. De tyngre fettpartiklarna slår då i filtrets väggar och rinner sedan neråt till ett uppsamlingskärl, medan den reade luften lämnar filtret genom dess ovansida. Luftkanalen kan vara bred, vilket minimerar risken för att filtret sätter igen och orsakar ökade tryckfall. Cyklonfilter kan göras i rostfritt stål och därmed rengöras genom diskning.

4.2.3 Kolfilter

Kan användas i kombination med andra rengöringstekniker för att rensa avluften på eventuella kvarvarande luktämnen, exempelvis ozon i de fall sådan genereras i rengöringen. Ozon uppges dessutom kunna förlänga livslängden på kolfilter med upp till 400 % genom att det aktiva kolet regenereras [5]. I kolfiltret reagerar lukt och fett kemiskt med aktivt kol, som därmed förbrukas. Kolet är en form av porös grafit vilket medger en väldigt stor yta med vilken den smutsiga luften kan reagera.

4.2.4 Ozon-generering

Man brukar ange att två sekunders uppehållstid krävs. Det ställer krav på rördimensioner i förhållande till luftflödet, så att tillräckligt lång sträcka finns tillgänglig mellan platsen där ozon förs in och värmeväxlare, eller andra komponenter som man vill ska undgå nedsmutsning. Ett katalytiskt filter kan vara placerat nedströms reaktionszonen för att säkerställa att inget restozon lämnar med avluften. I ett sådant omvandlas ozonet till syrgas.

Effektivt mot fett och lukter, men kan vara riskabelt i verksamheter där människor vistas. Exempelvis drabbades en servicetekniker i Göteborg då en komponent havererat och ozon läckt ut i lokalen. Detta var dock flera år sedan. Används ozon före värmeväxlare är det emellertid risk för att dessa korroderar, säger Anders Hedström. Vidare finns risk för att exempelvis packningar korroderar [6]. Sannolikt går det att undvika med rätt val av material.

4 mg ozon per kubikmeter luft är den rekommenderade dimensioneringen från Resema.

4.2.5 Bakterier

Probiotiska bakterier sprejas in i imkanalen och bryter ner fett. Metoden har blivit vanligare på senare tid, och används exempelvis av Telge Fastigheter. Denna metod medger även värmeåtervinning på luften från spiskåpor, säger Peter Roth, driftsamordnare hos Telge Fastigheter [6].

Niklas Axelsson på Bioteria Technologies AB uppger att bakterierening har fördelen gentemot ozon- och UV-rengöring att nedbrytningsprodukterna är dokumenterat ofarliga. Till nackdelarna hör att det i nuläget är problem om frånluften innehåller för mycket sotpartiklar, något som man dock har gott hopp om att lösa. 1-4 underhållstillfällen per år krävs för optimal funktion.

4.2.6 UV-ljusbehandling

UV-ljusbehandling verkar genom en tvåstegsprocess. I det första steget, fotolys exponeras föroreningarna för UV-ljuset som där bryter upp långa molekylkedjor till kortare. I nästa steg, ozonolysen, skapar UV-ljuset ozon (O_3) som i sin tur bidrar till att bryta ner fett och andra föroreningar. I likhet med luftrening genom att ozon tillförs direkt från en ozongenerator krävs en uppehållstid för att ozonet ska hinna reagera med den smutsiga luften. Denna uppehållstid anges regelmässigt till 2 s.

Luften bör inte överstiga 45 °C då UV-lamporna passeras, vilket kan lösas genom att kallare sekundärluft tillförs.

Nackdelar med UV-ljussystem är att UV-ljuset kan vara skadligt för ögonen hos personal, samt att ozonet som bildas är giftigt. UV-lampor behöver rengöras regelbundet och bytas ut med ett intervall på exempelvis 8000 h.

UVtech anger också att effekten på UV-lamporna ska vara ca 0,5 W/(l*s). Denna effekt ger naturligtvis ett värmetillskott som kan återvinnas om värmeåtervinning förekommer. UVtech anger ett bytesintervall för UV-lamporna på 12000 h [7].

4.2.7 Traditionella luftfilter

Traditionella filter anses utgöra ett säkert system som klarar av rening och dessutom uppfyller brandkrav, förutsatt att de rensas regelbundet av sotare [6].

4.2.8 Vattendimma

Första anläggningen installerades i somras. Passar bra där inget annat hjälper, exempelvis ovanför träkolsgrillar, menar Lennart Sandin, Sverigechef hos Halton. Metoden har länge använts i England. Överslagsberäkningar ger att ca 360 liter vatten krävs per dag och spiskåpa. En sådan lösning skulle dessutom kunna kombineras med värmeåtervinning genom att samla upp vattnet i kanalen och ta tillvara den värme som det tagit upp från den fettbemängda luften. Vätskan lär vara en blandning av fett och vatten och kan därför behöva passera en oljeavskiljning innan den är möjlig att värmväxla. Något befintligt sådant system har inte hittats, men kan vara värt vidare undersökning.

En risk som uppmärksammas av Anders Hedström, luftkvalitetsexpert hos Camfil är påväxt av legionellabakterier om inte vattentemperaturen är den rätta [6].

4.3 Olika metoder för att rengöra värmväxlare och/ eller kanaler

Rengöring av imkanaler är ett kommunalt ansvar och kan exempelvis göras tre gånger per år för kök där mat tillagas och inte bara värms. Tjänsten köps upp av privat aktör (sotare), eller av verksamheten själv om denna kan visa att den har kompetens och utrustning för detta [8].

4.3.1 Traditionell sotning/ diskning med kemikalier

Traditionell sotning i vilken högtrycksutrustning, skumsprutor och kemikalier kan användas.

4.3.2 Blästring med torris

Pellets av koldioxid används för att blästra ytorna i imkanalen, vilket minimerar risken för kvarvarande kemikalier i ventilationsluften [9].

5 Diskussion

Beräkningarna visar att återbetalningstiden för ett rengörings- och värmeåtervinningssystem kan vara förhållandevis kort om förutsättningarna är de rätta. Sannolikt är de huvudsakliga parametrarna nyttjandetid i storköket, samt möjlighet att nyttiggöra värmen för lokaluppvärmning eller varmvattenproduktion.

En lösning med väldigt lång återbetalningstid kan bli betydligt mer lönsam om krav på rengöring av frånluften ändå uppkommer, på grund av brandtekniska, hygienrelaterade eller andra skäl. Huruvida en värmepumpslösning eller förvärmning av uteluft är mest lönsamt beror från fall till fall.

Rengöringsmetoderna har olika för- och nackdelar. De som ställer krav på uppehållstid för ozon i frånluften kräver tillräckliga kanalsträckningar och kan därför vara omöjliga att efterhandsmontera i ett befintligt storkök om utrymmet är för begränsat.

Uppgifterna om vad som är kostnadseffektivast av UV-rengöring respektive ozongenerering går isär, och tillverkarna hävdar, föga förvånande, att just deras metod är den bästa. Här kan alltså finnas uppslag till en jämförande undersökning.

En olycka med ozon inträffade i Göteborg för flera år sedan, då en teknisk komponent hade fallerat [6] och en olycka med UV-rengöring rapporterades i Danderyd under 2015 [10]. Båda teknikerna kräver alltså säkerhetslösningar för att vara lämpade för rengöring av luften. Ozonhalten brukar kontrolleras med sensorer, såväl innan avluften släpps ut som i lokalen där kökspersonalen vistas. UV-belysning monteras lämpligen så att strömmen till lamporna bryts om fettfiltren, som är placerade innan UV-rengöringen, tas bort. På så sätt ska inte personal kunna se in i UV-lamporna när dessa är tända. Med bakteriell rengöring har inga uppgifter om olyckor hittats.

6 Resultat

Återbetalningstiden, beräknad som skattad investeringskostnad dividerat med årlig besparing (utan hänsyn till kalkylränta), kan vara drygt 2 år med en luftvärmväxlarlösning och drygt 3 år med en värmepumpslösning i en hamburgerrestaurang. Om luftrening ändå ska installeras och därmed bara behöver kompletteras med utrustning för att tillvarata värmen minskar återbetalningstiden till mellan 1 och 1½ år för luftvärmväxling respektive värmepump, genom att kostnad för rengöringssystem lyfts ur kalkylen.

6.1 Energieffektiviseringspotential – beräknad

Studien visar att uppvärmningsbehovet i uteluften under stora delar av året kan motsvara den värme som går förlorad med frånluften i ett typiskt storkök. Därmed borde en stor del av den värme som genereras i köksutrustning kunnat nyttiggöras. Detta måste dock undersökas i varje enskilt fall, eftersom förutsättningarna varierar så mycket, både vad avser byggnadens egna energibehov och möjlighet till försäljning av eventuellt överskott. Kan värmen i frånluften ersätta inköpt värme, exempelvis från fjärrvärme, under stora delar av året kan återbetalningstiden bli kort.

Specifik energianvändning i storkök är i genomsnitt ca 750 kWh per m² och år. Vid en värmväxlareffektivitet på 65 % kan därmed nästan 500 kWh per m² och år sparas [11].

6.2 Fortsatt arbete

Eftersom inget storkök med mätning av alla relevanta parametrar har kunnat identifieras finns ett fortsatt kunskapsbehov. Loggning av luftparametrar och energiförbrukning i storkök av olika typer skulle vara till god hjälp för att kunna skatta såväl energibesparingspotential som återbetalningstid för installation av luftrening och värmeåtervinning noggrannare.

Fortsatta studier av tekniker för rengöring av smutsig luft är önskvärda då de kan leda till såväl energibesparing som minskade problem med luktspridning och brandrisk. Möjligheten att tillvarata luftvärmen genom kondensering av vattenånga bör utredas då den har potentiella fördelar gentemot gasbaserad rengöring och värmeåtervinning.

7 Litteraturreferenser

- [1] G Johansson, J Fransson, S Ruud; SP Rapport 1989:40 "Ventilationsteknisk undersökning av storkökskåpor", Energiteknik, Borås oktober 1989, sid (15-25)
- [2] Wern L; SMHI METEOROLOGI Nr 154 " Luftfuktighet – Variationer i Sverige", SMHI, december 2013, sid (28-36)
- [3] Acticon "Projekteringsguide -, utdrag ur samlingshäfte "Kåpor för professionella kök". Sidor 30-36"
- [4] Imkanal 2012:1 Branschrekommendation –"Utformnings- och utförandeanvisningar för imkanaler"
- [5] Resema Luftfilter – produktinfoblad "Upplev möjligheterna med Airclino ozongeneratorer"
- [6] Energi & Miljö nr 11-12 årg. 85 2014 "Många tekniker för rena kanaler"
- [7] UVtech - produktinfoblad om ZERO+
- [8] Jönköpings kommun www.jonkoping.se, "Näringsliv och arbete", "Företag, stöd och rådgivning", "Rengöring och brandskyddskontroll på restaurang", läst 2015-02-25
- [9] www.sweep.nu/sotning-av-restauranger, läst 2015-02-24
- [10] Lokaltidningen Mitt i Stockholm, "Fick ögonskador av ventilationen", publicerad 2015-02-17
- [11] Statens Energimyndighet 2012. ET 2012:20 "Energi i hotell och restauranger"