CHALMERS

Restaurangventilation

Frånluftsrening och värmeåtervinning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

ANDREAS FREDÉN
DANIEL LINDH

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete 2015:06
Göteborg, Sverige 2015

EXAMENSARBETE 2015:06

Restaurangventilation

Frånluftsrening och värmeåtervinning

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ANDREAS FREDÉN

DANIEL LINDH

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Installationsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2015

Restaurangventilation
Frånluftsrening och värmeåtervinning

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

ANDREAS FREDÉN

DANIEL LINDH

© ANDREAS FREDÉN DANIEL LINDH, 2015

Examensarbete 2015:06 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2015

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för Installationsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Imkanal. Källa:Soliduct

Chalmers reproservice/Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2015

Restaurangventilation

Frånluftsrening och värmeåtervinning

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ANDREAS FREDÉN
DANIEL LINDH
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Installationsteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Restaurangventilation är ett område som utvecklats snabbt på senare år och nya metoder för att rena imkanalens fettavlagringar har etablerats. Detta utan att branschen i tillfredställande mån hunnit granska reningssystemens effektivitet och potential. Arbetet beskriver problematiken med restaurangers frånluftsrening och kartlägger de vanligaste luftreningsmetoderna som används, ozon, UV och bakterier. Inga egna mätningar har gjorts utan allt underlag grundas på inventeringar samt tidigare studier och litteratur.

Arbetet granskar även möjligheten till värmeåtervinning och dess inverkan på restaurangers energibesparingar. Arbetet redogör även med hjälp av litteratur och muntliga källor hur lukt- och partikelöverföring påverkar vid användning av roterande värmeåtervinnare.

Kartläggningen visade att de olika reningssystemen har en positiv effekt mot fettnedbrytning, **om** reningssystemet är korrekt utfört med hänsyn till projektering, underhåll samt anpassning till verksamheten. Det förekommer dock tvivelaktigheter om i vilken utsträckning reningssystemen upplevs som fungerande. Bakteriesystemet lämpas inte i verksamheter med en hög fettalstring. Det bakteriella systemets fettnedbrytning visa sig dock inte generera skadliga biprodukter, vilket ozonbehandling med ozongenerator eller UV-ljus kan göra. Fördelen med ozon och UV var att de är mindre beroende verksamhetens drifttid och fettalstring, de systemen upplevdes ha en snabbare reaktion och eliminering av fettbeläggningar vilket gör att de lämpas i verksamheter med större fettalstring.

Resultatet av lukt- och partikelöverföringen med roterande värmeåtervinnare blev meningsskiljaktigt där det upplevdes av somliga källor som fullt möjligt att använda en roterande värmeåtervinnare utan problematik med lukt- och partikelöverföring, och andra som ett stort risktagande.

Rapporten visade också de teoretiska energibesparingarna som kan göras vid användning av värmeåtervinning samt att vid högre frånluftstemperaturer (28-30°C) måste den värmeåtervinnare med högre verkningsgrad varva ner för att önskad tilluftstemperatur ska uppnås. Därför kan det finnas utrymme att nyttja frånluftsvärmen till mer än bara att värma tilluften. En kostnadsanalys visade att vid installation och användande av ett reningssystem och en värmeåtervinnare, var alternativet kostnadseffektivt efter en tid på två år och sex månader.

Nyckelord: Frånluftsbehandling, storkök, luktöverföring, värmeåtervinning, energibesparing

Institutional Kitchen Ventilation

Extract Air Cleaning and Heat Exchanging
Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

ANDREAS FREDÉN
DANIEL LINDH
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Building Services Engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

In kitchens and especially big kitchens in restaurants, schools and hospitals often cause a coating of fat in the ventilation ducts, as well as odor of rancid caused by the cooking. Institutional kitchen ventilation is an area that has developed rapidly in the last few years, introduction of new methods to clean the extract air has been on the market for some time but has not been reviewed extensively consider to effectiveness and the environmental view. This report identifies and review the different systems used to process the extract air in an institutional kitchen. The cleaning methods described in the report are ozone treatment, UV-light treatment and treatment with bacteria. The report explores the possibility to use heat exchanging and the theoretical savings it can bring.

The report showed that the examined cleaning methods were all effective against fat coatings **if** they were correctly projected, properly maintained and adapted to the environment. The ozone and UV treatment seemed to be less dependent on how many hours the restaurant were in use each day and could be applied to a wider range of kitchens. Though, those systems turned out to generate harmful byproducts if not a complete reaction between the fat and ozone occurred. This was not the case with the bacterial system.

There was diversity among the sources about in which extent the systems worked. There was as well diversity about using a rotary heat exchanger, some sources stating that it was fully viable, and others claiming there are high risks considering the transferring of smell and substances. The calculations done in the report displayed a theoretical possibility to save energy by heat exchanging. It also showed that there could be a possibility to save additional excess heat prior to other systems operating in a facility. A cost analysis was done and the result showed that using a cleaning system accompanied with a heat exchanger was the best method after a time period of two years and six months.

Key words: Extract air treatment, institutional kitchen, transferring of smell, heat exchanging, energy savings

Innehåll

SAMMANFATTNING I
ABSTRACT II
INNEHÅLL III
FÖRORD VI
BETECKNINGAR VII

1 INLEDNING 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte, omfattning och avgränsningar 1
1.3 Metod och genomförande 2
1.4 Rapportens upplägg 2

2 STORKÖKSPROJEKTERING 4
2.1 Grundproblematik 4
2.2 Brandrisk och imkanalens utformning 5
2.3 Rengöring/spolning 6
2.4 Projektering 7
2.5 Luktöverföring 9

3 LUFTRENINGSPRINCIPER 10
3.1 Filter 10
3.1.1 Cyklonfilter 10
3.1.2 Aktivt Kolfilter 11
3.2 Frånluftsrening med ozongenerator 12
3.2.1 Ozonets uppbyggnad 12
3.2.2 Ozonets egenskaper och tillämpning 12
3.2.3 Systemets uppbyggnad 13
3.2.4 Risker 16
3.3 Frånluftsrening med ultraviolett strålning 17
3.3.1 UV-ljusets egenskaper och tillämpning 17
3.3.2 Systemets uppbyggnad 17
3.3.3 Risker 19
3.4 Frånluftsrening med bakterier 19
3.4.1 Bakteriernas egenskaper 19
3.4.2 Systemets uppbyggnad 22
3.4.3 Risker 23

4 ENERGIHUSHÅLLNING 24
4.1 Krav på energianvändning 24

4.2 Temperaturverkningsgrad och värmeåtervinning 25
4.2.1 Roterande värmeåtervinnare 25
4.2.2 Plattvärmeåtervinnare 25
4.2.3 Batterivärmeåtervinnare 26
4.3 Energiberäkningar 26
4.4 Kostnadsanalys 31

5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER 33
5.1 Utvärdering av reningsprinciper 34
Ozonbehandling 34
UV-ljusbehandling 35
Bakteriebehandling 36
Förslag på vidare studier 39

6 REFERENSER 41

Bilagor

Bilaga 1 Lars Almgren (2015), Investeringskalkyl ozon-sotning.

Bilaga 2 Fredrik Sönne (2015), Spolningskostnader för 2012-2014.

Förord

Examensarbetet har skrivits med handledning och utrustning tillhandahållen av WSP Systems i Göteborg och Chalmers tekniska högskola. Examensarbetet är skrivet på Institutionen för Installationsteknik.

Vi vill framförallt rikta ett speciellt tack till vår handledare Anders Trüschel på Institutionen för Installationsteknik och Linus Appelgren på WSP Systems Göteborg. De har under arbetets gång kommit med många goda råd och värdefull feedback. Vi vill också tacka Tomas Utterhall för hans hjälp till att utforma idén kring examensarbetet och det allmänna stöd han har varit. Vidare tackas Stefan Lindskog på Ozone Tech för sitt goda bemötande, information som har efterfrågats har alltid levererats.

Ett stort tack riktas till Olle Larsson-Hytte och Aline de santa Izabel på Bioteria för platsbesök och den mängd tid de lagt ner för att hjälpa oss i vårt arbete, Även Lars Almgren på Wallenstam och Lars Ekberg från CIT tackas för sin entusiasm och goda råd.

Göteborg juni 2015
Andreas Fredén
Daniel Lindh

Beteckningar

Variabler, förkortningar och ordförklaringar som rapporten innehåller.

Variabler

η_t	Temperaturverkningsgrad [%]
$\dot{V}$	Luftflöde [m^3/s]
t_F	Frånluftstemperatur [°C]
t_T	Tilluftstemperatur [°C]
t_U	Utetemperatur [°C]

Förkortningar

SEK	Svenska kronor
VOC	Flyktiga organiska ämnen
SVOC	Semi-flyktiga organiska ämnen
Pa	Pascal
CAV	Constant air volume/konstant luftflöde
VAV	Variable air volume/variabelt luftflöde
BELOK	Energimyndighetens beställargrupp för lokaler
LV	Luftvärmare
VÅV	Värmeåtervinnare
kW	Kilowatt
MW	Megawatt

Ordförklaringar

Imkanal	Ventilationskanal som evakuerar luft ur ett utrymme med matlagning
Hygroskopisk	Egenskap av att ta upp vattenånga ifrån bland annat luft
Ozonolys	Klyvning av alkener med hjälp av ozon
Fotolys	Kemisk reaktion orsakad av fotoner
Hydrolys	Klyvning av kemiska bindningar med hjälp av vatten

1 Inledning

Idén till detta examensarbete formades tillsammans med Tomas Utterhall på WSP och Anders Trüschel vid Institutionen för Installationsteknik på Chalmers tekniska högskola.

1.1 Bakgrund

Vid matlagning i kök och framförallt i storkök kontamineras luften av matos och fetter. Filtret som är placerat i kökskåpan kan absorbera upp till 95 % av det alstrande fettet, men om filtret inte rengörs blir det snabbt mättat och tappar sin funktion. Fett som inte absorberas passerar filtret och fastnar längst med imkanalen och bildar fettsamlingar. Efter en tid härsknar fettet och resulterar i att otrevlig lukt sprids. Luktproblematiken kan i vissa fall bli så stor att restauranger tvingas stänga. Den fettrika frånluften försvårar även möjligheten till värmeåtervinning, då fett fastnar i värmeåtervinnarens lameller och gör den obrukbar.

Fett är lättantändligt och brandfarligt, därför resulterar fettrika imkanaler till en ökad brandrisk. Risken för brand är den viktigaste anledningen till att imkanalen ska hållas ren. Detta sker av sotare som kontinuerligt utför inspektioner och avlägsnar fettsamlingarna genom spolningar. Fakturor från skorstensfejare visar att en spolning kan kosta runt 30 000 SEK, vilket kan uppfattas som dyrt av restaurangägaren. För att komplettera spolningen och minska imkanalens fettbeläggningar har man på senare år börjar använda kompletterande reningssystem.

Dessa reningssystem är kopplade till imkanalen och arbetar för att bryta ned fettet, både fettet lagrat i kanalen samt det fett som transporteras med frånluften. En renare imkanal resulterar i minskad brandrisk och luktspridning, lägre spolningskostnader och möjligheten till att nyttja värmeåtervinning mer effektivt. I dagsläget används primärt ultraviolett strålning, ozon och bakterier som reningssystem.

Dagens uppmärksammade klimatförändringar har ökat branschers miljömedvetenhet. Eftersom frånluftstemperaturen i restauranger kan överstiga 30 °C, finns mycket energi och pengar att spara om värmen återvinns.

1.2 Syfte, omfattning och avgränsningar

Syftet med detta arbete är att undersöka förutsättningarna och problematiken med att utforma ett fungerande ventilationssystem i storkök. Arbetet kommer kartlägga de reningsmetoder som används, studera hur och i vilken utsträckning de nyttjas samt om systemen lämpar sig för olika verksamheter och miljöer. Även hur reningen påverkar spolningskostnaderna.

Om kartläggningen påvisar att rengöringsmetoderna ibland fungerar väl men i andra fall inte, kommer detta synliggöras och behandlas. Detta genom att granska vilka faktorer som påverkar rengöringssystemen och därmed bör beaktas.

Arbetet kommer också utreda om nyttjande av reningssystem möjliggör värmeåtervinning. Beräkningar kommer göras på energibesparingar som användning av värmeåtervinnare kan leda till, roterande- platt- och batterivärmeåtervinnare beaktas.

Avgränsningen kommer att gälla storkök, som i studien definieras som en plats där det processeras mat åt en större mängd människor. Till exempel en restaurang eller en skola.

1.3 Metod och genomförande

För att förstå problematiken med frånluften i storkök kommer författarna att ta del av rapporter, litteratur samt besöka restauranger och konsulter med kunskap inom området. Kunskap om hur kemin vid frånluftsrening med bakterier och ozon ser ut kommer att införskaffas i kontakt med en kemist på svenska miljöinstitutet. Kemistens information kommer ligga till underlag och kompletteras med litteratur och tillverkares information.

Vidare kunskap om systemens effektivitet, underhållskostnader och andra specifikationer kommer sökas hos tillverkare, konsulter samt restauranger som använder produkten. För att rapporten skall bli så objektiv som möjligt kommer information hämtas ifrån så många källor som möjligt. Minst ett platsbesök för respektive system kommer göras. Detta ska ge en praktisk erfarenhet om hur systemen ser ut samt ge kunskap om hur informationsutbytet mellan brukare och leverantör fungerar.

Teoretiska energi och effektberäkningar kommer göras med ett datoriserat beräkningsverktyg. Excel kommer användas men även andra verktyg som BELOKS värmåtervinningsprogram kommer prövas. Målet är att nyttja ett enkelt beräkningsprogram som med given indata kan uppskatta en trolig energibesparing.

1.4 Rapportens upplägg

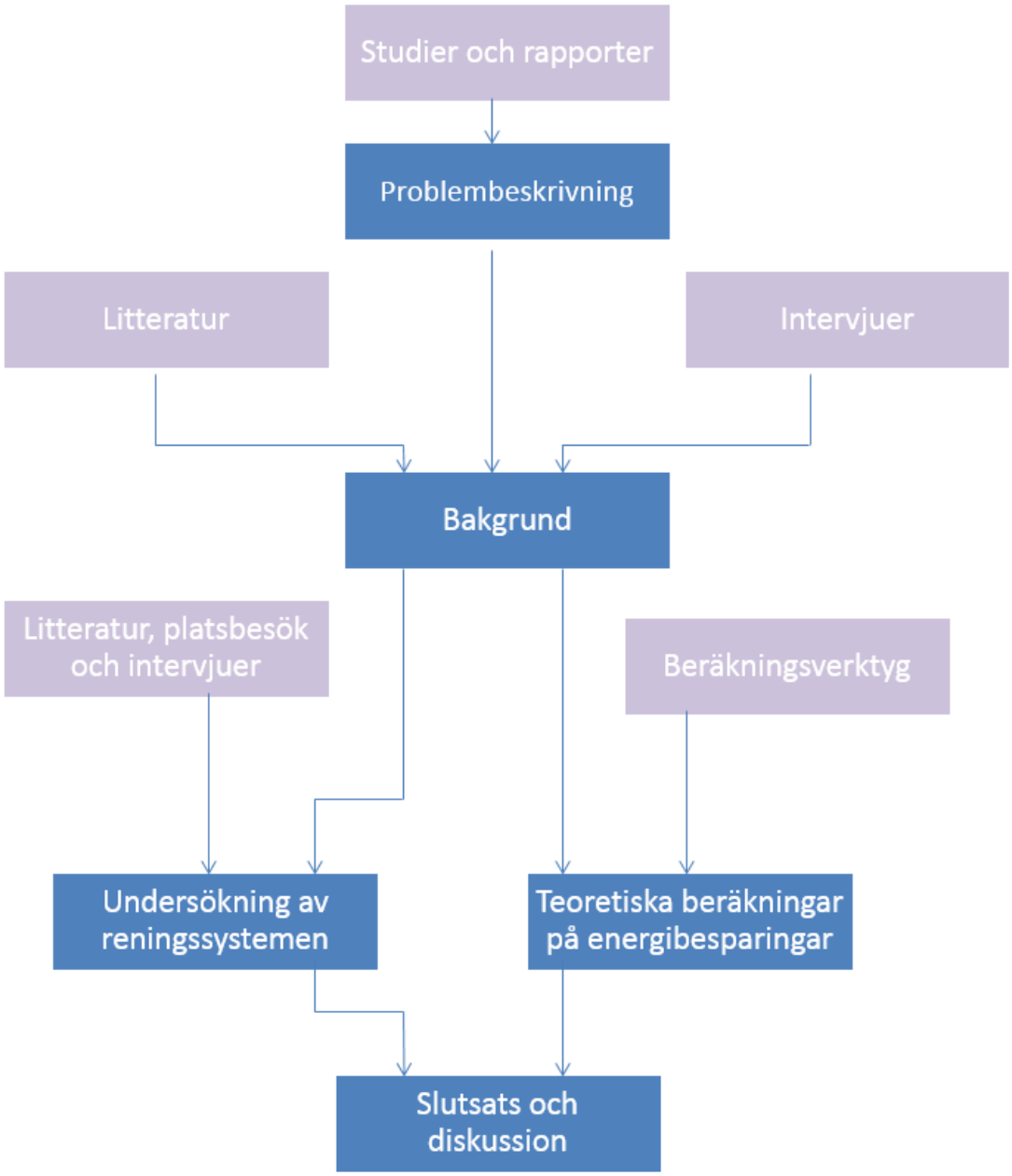
Denna rapport är indelad i två teoretiska kapitel. Ett kapitel med beräkningar och simuleringar samt ett kapitel med författarnas slutsatser och egna tankar.

I kapitel 2 presenteras bakgrundsinformation om begrepp, förutsättningar och problematik med storköksventilation.

Kapitel 3 innehåller en kartläggning av de mest förekommande metoderna att hantera problematiken med storköksventilation.

Kapitel 4 innefattar rapportens tillämpning mot hållbar utveckling. Här visas energikrav och mer ingående information om värmeåtervinnare. Även beräkningar med avseende på värmeåtervinning presenteras.

Kapitel 5 är rapportens sista kapitel och innehåller författarnas slutsatser om arbetet samt diskussion kring resultatet.


Studier och rapporter
Problembeskrivning
Litteratur
Intervjuer
Bakgrund
Litteratur, platsbesök och intervjuer
Beräkningsverktyg
Undersökning av reningssystemen
Teoretiska beräkningar på energibesparingar
Slutsats och diskussion

2 Storköksprojektering

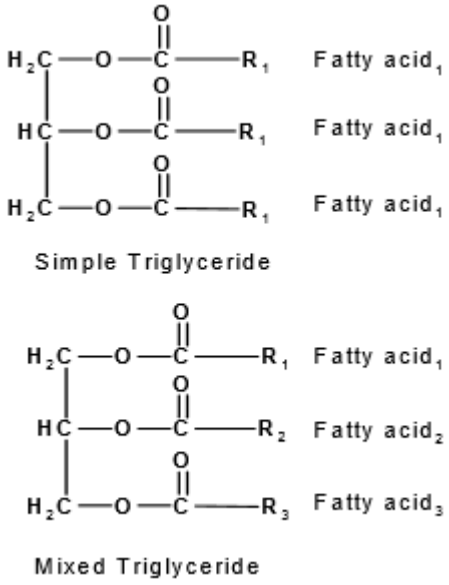
Fetter och oljor är viktiga näringsämnen för människor och djur. Näringsmässigt innehåller det viktiga byggstenar för hormoner och reglerar det kroppsliga systemet. Fett och oljor bär på vitaminerna A, D, E och K samt har energiinnehållet 9 kalorier/gram. De finns naturligt i kött, fågel, fisk och nötter samt i livsmedlen som smör och dressingar. Beroende på om substansen är fast eller lös vid omgivningstemperatur gör den till fett eller olja. Resterande del av arbetet kommer använda beteckningen fett eftersom det är denna substans som är problematisk i storkök. För att förstå vad fett är måste man kolla på dess sammansättning. Detta kapitel behandlar problematiken och förutsättningar som finns vid projektering av storkök. Även grundläggande beskrivningar av komponenter, risker och rengöring beskrivs. (Iseo 2006)

2.1 Grundproblematik

För att ett storkök ska klara hygienkrav för god luftkvalité samt möjliggöra bortförande av fukt- och värmealstring krävs hög luftomsättning. Den höga luftomsättningen gör att mycket energi krävs för att förvärma tilluften. Därmed finns mycket energi och pengar att spara om frånluftens värme kan återvinnas.

Värmeåtervinningen försvåras av storkökens alstring av fukt, matos och fetter. Matos är en blandning av illaluktande härsket fett från ventilationskanalen och luktmolekyler från matlagningen, dess sammansättning och lukt varierar beroende på vad som har tillagats. Fettets sammansättning och bindning med luften sker genom oxidering. När organiska ämnen steks oxideras ämnets kolväten, vilket innebär att bindningarna mellan kolet och vätet bryts ned samtidigt som syre upptas. Vid oxideringen bildas långa kolvätekedjor som tar form till triglycerider. (Johansson 2014)

Triglycerider består av en glycerol som är ihopsatt med tre fettsyror. Om fettsyrorna är identiska kallas fettföreningen triglycerid. Desto vanligare är fettföreningar bestående av två eller tre olika fettsyror, de kallas ”mixade triglyceriderna”. Båda föreningarna visas i Figur 1. (Johansson 2014, Iseo 2006).



Figur 1 Triglycerid. Källa: Iseo 2006

Hur stor fettalstringen blir beror på köket och vilken mat som tillagas. Detta beskrivs i den Amerikanska rapporten ”Characterization of Cooking Effluent from Seven Commercial Kitchen Appliances and Representative Food Products”. I studien utförs mätningar i imkanalen på sju olika storkök med hänsyn till köksutrustning och tillagad mat. Inget filter används i kökskåpan för att alla utsöndrade partiklar ska kunna registreras. (Kuehn 2009)
De olika köken var:

- En broiler uppvärmd på gas som tillagade hamburgare.
- En clamshell grill som tillagade hamburgare.
- En pizzaugn som tillagade peperoni pizza.
- En broiler uppvärmd på gas som tillagade nötstek.
- En ångkokare som tillagade kyckling.
- En broiler uppvärmd med kol som tillagade hamburgare.
- En kinesisk wok som tillagade tärnad kyckling i jordnötsolja.

Studien visa att fettalstringen dominerades av fettånga och att alstringen varierade från 2,64 kg per 1000 kg tillagad mat för pizzaugnen. Till 72,5 kg per 1000 kg för den gasuppvärmda broilern som stekte hamburgare. Mätningarna registrerade att föroreningarnas partikelstorlek varierar. (Kuehn 2009)

Denna fettrika frånluft fastnar och bildar fettlagringar i imkanalen. Fettet härsknar och bildar en bakteriehärd som sprider dålig lukt. Det lättantändliga fettet resulterar även till ökad brandrisk. (Johansson 2014)

2.2 Brandrisk och imkanalens utformning

Energiinnehållet i fett är 10 kWh/kg och antänds vid 240°C, vilket gör det till en komplex syra ur brandsynpunkt. Enligt Myndigheten för samhällsskydd och beredskap sker ungefär 270 restaurangbränder i Sverige varje år. Av dessa bränder börjar 40 % i köket där de vanligaste brandorsakerna är fettlagringar i imkanalen, för hög temperatur på fritösen alternativt att gammal och därmed mer lättantändlig olja används i fritösen. Därför finns även stora pengar att spara i skadeverkan om kökens brandrisk kan sänkas. (PVmagasinet 2015) (Kungliga vetenskapsakademin 2011).

Imkanal2012 är en branschrekommendation som bildades 2008 på grund av att det fanns en stor meningsskiljaktighet kring hur en imkanal skall utformas med hänsyn till brand och säkerhet. Reglerna uppfattades som svårtolkade och det utvecklades olika tolkningspraxis beroende på var i Sverige man skulle bygga. För konsulter, byggherrar och entreprenörer så blev det en osäkerhet kring kvalitetskraven. Tillsammans med myndigheter och organisationer inom ventilationsbranschen togs det fram en första branschrekommendation för imkanaler, den publicerades under sommaren 2010. Den senaste utgåvan benämns 2012:1. Rekommendationen ska användas som ett utformningsunderlag när man konstruerar imkanaler och förmedlas genom hemsidan imkanal.se. (IMkanal.se 2008)

Branschrekommendationen rangordnar imkanaler i klasserna 1a, 1b, 2a, 2b och 3 efter sin förmåga att motstå brand, desto lägre klass desto mer brandbeständig.

Vid användning av klass 1a får all form av matlagning utföras, även fasta, flytande och gasformiga bränslen får nyttjas. Denna brandklass väljs alltid när fritös, broiler och andra stekbord nyttjas. För att imkanalen ska kunna benämnas som klass 1a måste den utföras i ett rostfritt stålmaterial med särskilda krav på hur kanalen sammanfogas, isoleras och avstånd till annat brännbart material. Alla komponenter som används ska ha genomgått och blivit godkända enligt ISO 6944–2:2 009. Den alternativa klassen 1b ger möjlighet till att använda valfri utrustning driven på gas eller el. Dock måste hela kanalsystemet förses med ett invändigt släckningssystem. Denna kanal utformas med standardprodukter som svartplåt eller varmförzinkad plåt, vilka inte är rostfria material. Krav finns också på imkanalens sammanfogning, isolering och avstånd till brännbart material. (IMkanal.se 2012).

För storkök med lägre belastning och beläggningar på imkanalen krävs klass 2a, exempelvis kök för uppvärmning och kokning. Alternativt får 2b nyttjas om imkanalen renas med ozon, uv eller bakterier då mängden fettavlagringar anses minska. Imkanalsklass 3 är den lägsta och lämpas för matlagning i hushåll och kontor. (Sveriges Skorstensfejarmästares Riksförbund 2014)

2.3 Rengöring/spolning

Enligt lagen om skydd mot olyckor (SFS 2003:778) krävs både rengörings och brandskyddskontroller av restaurangers imkanaler. Kommunen ansvarar för att detta utförs genom att skriva avtal med företag som därmed åtar sig rengöringsuppdraget. Kommunen bestämmer även tidsintervallet för hur ofta besiktning och kontroll ska ske. Dagens bestämmelser för restauranger säger att en sotningskontroll måste ske tre gånger om året medan en brandskyddskontroll ska ske vartannat år. Verksamheter som enbart utför uppvärmning av mat eller liknande krävs enbart spolning en gång per år. Kommunen tilldelar därefter restauranger en sotare, sotaren avgör vid kontrollen om rengöring krävs eller inte. (Sveriges skorstenfejarmästares riksförbund 2014)

Brandskyddskontrollen av imkanalen utförs av en tekniker med avlagd examen som skorstensfejartekniker. Kontrollen syftar till att upptäcka fel och brister och därmed förebygga skador på människa och miljö. Enligt Statens räddningsverks föreskrifter om brandskydd 2 kap 2 § ansvarar den enskilde primärt för sitt eget brandskydd. Det är även ägaren eller nyttjanderättshavaren som ansvarar för att vidta åtgärder för att förebygga brand. (Statens räddningsverk 2005)

Eftersom kommuner har hand om upphandlingarna angående sotning blir restauranger tilldelade en sotare med hänsyn till restaurangens geografiska läge. Upphandlingen sker genom att företag får önska sotningsområde till kommunen, därefter tilldelar kommunen områden till sotaren efter deras rykte, omsättning och geografiska placering. Kommunen kan även medge att en fastighetsägare utför eller låter någon annan utföra sotningen på den egna fastigheten. Personen som då utför sotningen måste fortfarande bedömas vara kunnig och utbildad. Den mest traditionella metoden

att rena en imkanal är med hjälp av spolning. Tjänsten erbjuds oftast av skorstensfejare som fått uppdraget av den lokala kommunen.

2.4 Projektering

Fakta och information angående projektering av storkök grundar sig på intervjuer av rengöringsansvariga, konsulter, leverantörer, fastighetsförvaltare och montörer samt platsbesök hos restauranger. Vid projektering finns det både generella och systemspecifika faktorer att ta hänsyn till. I detta stycke beskrivs de generella faktorer som ska beaktas för förbättrad luftrengöring, medan specifika projekteringsfaktorer för enskilt reningssystem behandlas i kapitel 3.

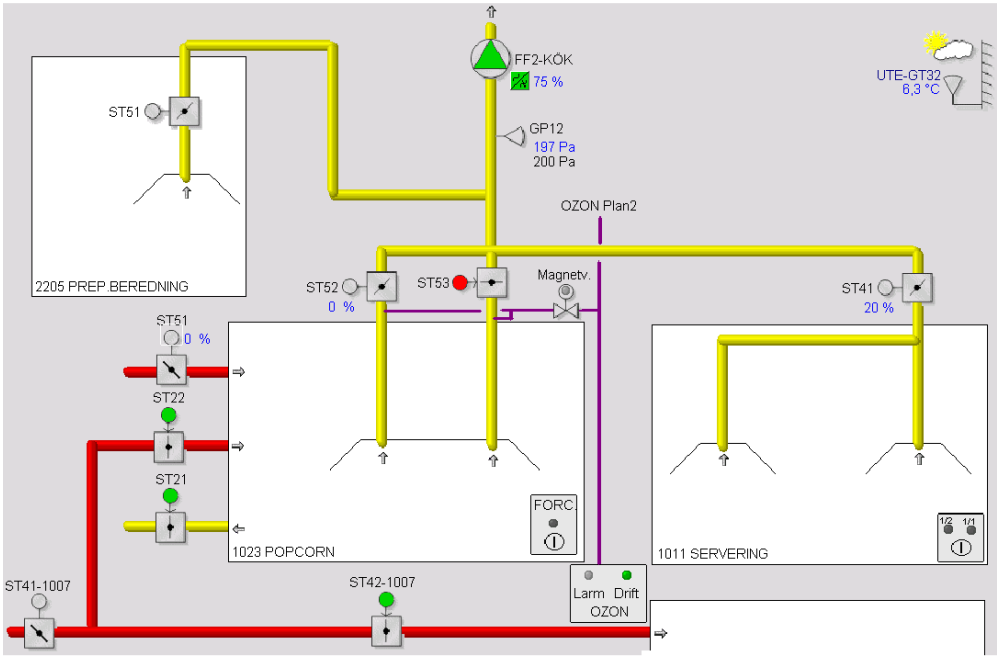
När storkökets frånluftssystem projekteras bestäms systemets dimensionering, utformning och komponenter. För att uppnå effektiv fettreducering vid projektering är det viktigt att kunskap finns om hur frånluftsreningen ska utformas. Vitala faktorer vid utformningen är:

- Anpassning till verksamhetens fettalstring och luftflöde.
- Tillräckligt med tid från start av rening till aggregat. För att förhindra oönskat fett kommer i kontakt med värmeåtervinnare, samt att filter inte överbelastas.
- Rätt komplettering med komponenter, till exempel kolfilter.
- Det finns en väldigt klar underhållsplan.

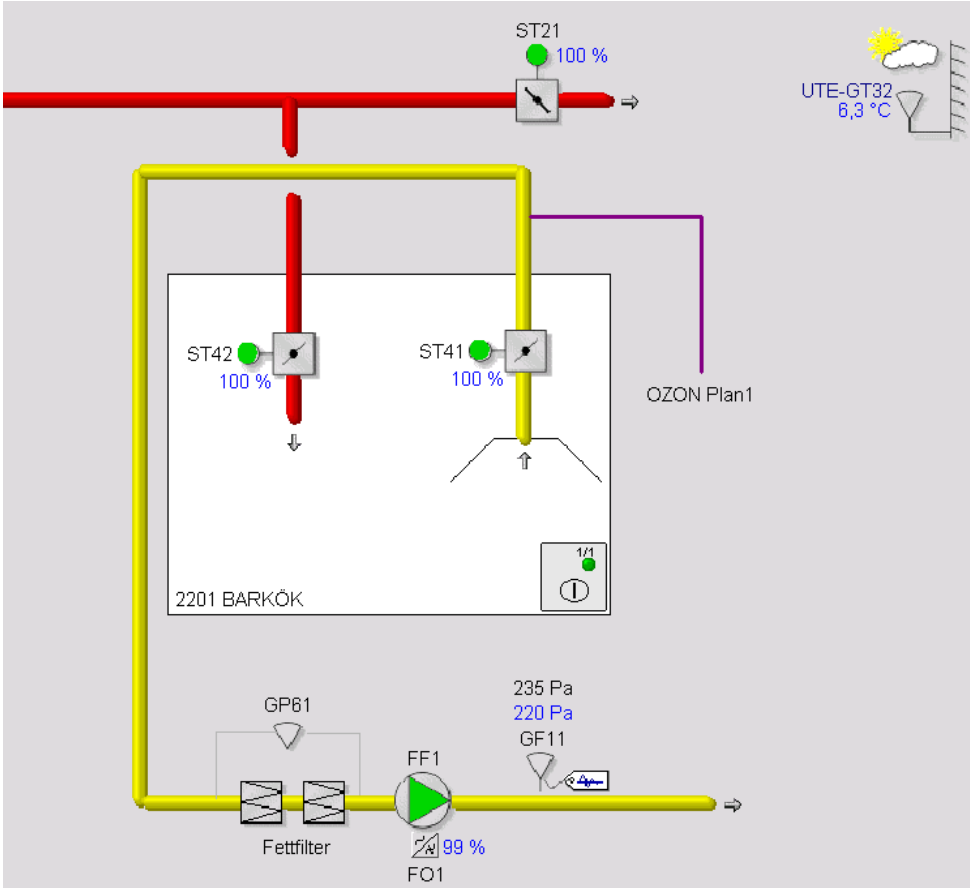
Vid närmare granskning verkar VVS branschens kunskap om reningssystemen vara begränsad. Beaktningar som vilken typ av reningsmetod som lämpas för ett visst storkök och om värmeåtervinnare kan användas har konsulter vag kunskap om. Tidigare erfarenheter med misslyckad frånluftsrening och ineffektiv fettnedbrytning har resulterat i skepticism och osäkerhet vid projektering av storkök.

Vid projektering av system med stor fettalstring är det viktigt med rätt utformad och dimensionerad avrinningskärl som kan fånga upp det flyktiga fettet som hamnar i kökskåpan. Kökskåpans filter ska väljas med lämplig storlek och sort så att större partiklar avlägsnas samtidigt som en hög avskiljningsgrad ges. För att avlägsna dålig luktspridning i frånluft och avluft kan ett kolfilter nyttjas. Kolfiltret är även lämpligt vid användning av roterande värmeåtervinnare då man vill säkerställa att illaluktande dofter och skadliga ämnen inte avges i tilluften.

Hur ett driftschema för en restaurangs ventilationssystem kan utformas visas i Figur 2 och Figur 3. Restaurangen delar lokal med en biograf, vilket gör att ventilationen är utformad med hänsyn till båda verksamheterna. Lokalen är på två våningsplan där bottenplan redovisas i figur 2 och övre plan i figur 3. I driftschemat syns hur den lilafärgade ozonslangen kopplas till de gulmarkerade imkanalerna.



Figur 2 Driftschema restaurang Danilo, Göteborg. Källa: Lars Almgren



Figur 3 Driftschema restaurang Danilo, Göteborg. Källa:Lars Almgren

2.5 Luktöverföring

Intensiteten av lukt är svår att mäta på grund av avsaknaden av direkta mätinstrument. Luktreceptorer hos människan kan betraktas som ett instrument för att registrera doft, dock är detta inte helt tillförlitligt då doftintensitet och uppfattning av doft bedöms olika från människa till människa. Med andra ord är det svårt att få en objektiv mätning av doft.

Med ovan nämnda i åtanke så har det införts två enheter som ska behandla detta, olf och decipol. Intensiteten hos en luftföroreningskälla anges i olf och den tolkade luftföroreningen i decipol.(Warfvinge 2010, s. 1:25) När matfett och andra organiska produkter hettas upp sker en oxidering som bildar alkener och formaldehyder. Formaldehyd ger en klar doft men kan inte heller garanteras att det är detta människan upplever som matos. (Kjellerstedt 2012)

I ett storkök så förekommer det vanligtvis kraftiga mängder av matos. Vid användning av en roterande värmeåtervinnare kan detta bli väldigt känsligt då det kan återinföra oönskad lukt i tilluften genom antingen läckage som kan ske vid olika tryck hos från- och tilluftsidan, eller genom absorption och desorption som blir mer påtaglig vid mer fukt. Med ovan nämnda risker i åtanke så är en hygroskopisk rotor inte att föredra samt att rätt tryckförhållande över rotorn är viktigt om man vill minimera luktöverföringen. (Kjellerstedt 2012)

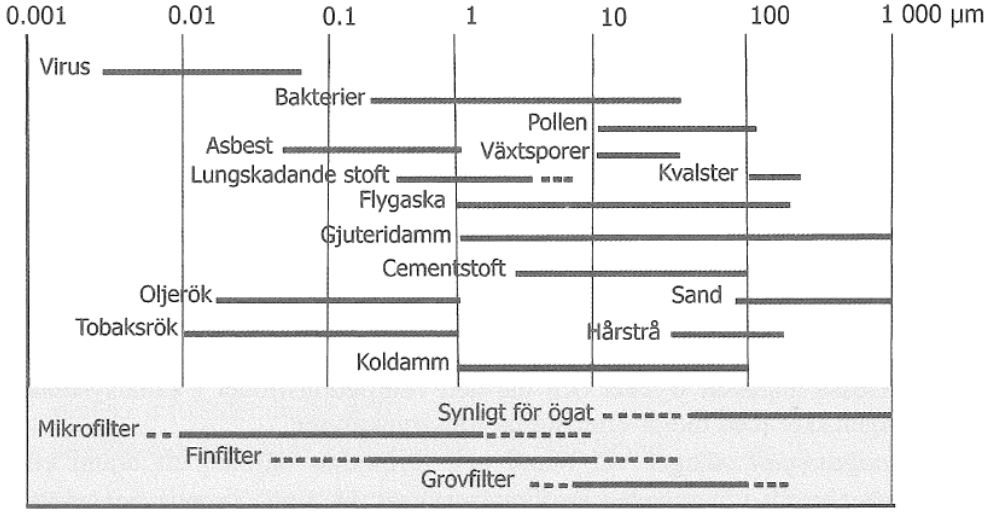
I möten med servicetekniker och produktförsäljare har uppfattningen om roterande värmeåtervinnare tillämpat på storkök varit meningsskiljaktigande. I vissa fall har luktöverföringen bedömts som väldigt påtaglig och oönskad, och i andra fall har det bedömts som välfungerande, det vill säga ingen negativt uppfattad luktöverföring. Varför det i vissa situationer fungerat bättre än andra finns det inget klart svar på.

3 Luftreningsprinciper

I ett ventilationssystem kan ett flertal komponenter användas för att rena luften. Oftast placeras ett F7 filter i tilluftskanalen och ett M5 filter i frånluftskanalen. Även ett kolfilter kan användas i anslutning till aggregatet vid luktproblem. Dock säkerställer dessa reningskomponenter enbart att själva ventilationsaggregatet hålls rent, men inte imkanalen. De komponenter som påverkar imkanalens fettavlagringar är filtret i kökskåpan samt reningssystem utformat med ozon, UV eller bakterier.

3.1 Filter

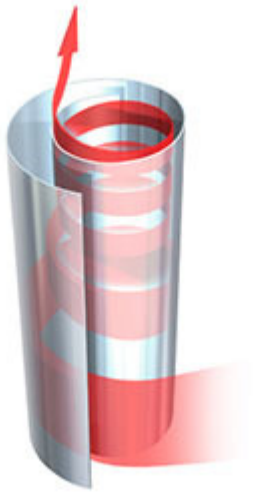
För att garantera luftkvalitén i ett ventilationssystem så använder man sig av filter. Med ett filter så avskiljer man oönskade partiklar som till exempel damm, gaser och fett i luften. Partiklar är av olika storlekar, allt ifrån metalldamm och gasmolekyler som är mindre än 0.01 µm till en regndroppe som är ca 1mm. Visas mer utförligt i Figur 4 (Warfvinge 2010, s2:42).



Figur 4 Partikelstorlekar. Källa: ASHRAE Handbook

3.1.1 Cyklonfilter

Cyklonfilter är ett filter som använder sig av centrifugalkraft och en aerodynamisk utformning för att separera partiklar större än 7 µm, vilket visas i Figur 5. Filtret består av flera kassetter som sätts in i ett filterhus. Varje kassett har tio spiralformade cylindrar, cykloner som visas i Figur 6. Hastigheten i frånluften påverkar partikelavskiljningen på så sätt att högre hastighet ger effektivare avskiljning samtidigt som tryckfallet i cyklonfiltret ökar. Vid tryckfall på 20-90 Pa har cyklonfiltret låga ljudnivåer. Cyklonfiltrets tillämpningsområde är kök med antingen CAV eller VAV.



Figur 5 Cyklonprincip. Källa: Acticon

Figur 6 Filterhus. Källa: Acticon

3.1.2 Aktivt Kolfilter

För att säkerställa att lukter och gaser filtreras bort kan ett kolfilter användas. Kol har en stor aktiv area, ett gram kol har en aktiv area på 1500 m^2. Detta innebär att 3 gram kol har lika stor aktiv area som en fotbollsplan. Kolets absorberande egenskap resulterar i att gaser avskiljs näratill 100 % tills kolfiltret mättas. Kolfiltret binder och neutraliserar även föroreningar som formaldehyder och etyler. För att skapa en effektiv filtrering krävs att gasen och kolet har en kontakttid på minst 0.25 sekunder. (Dinair 2015)

Kolpatronens mättningstid varierar mellan 6 månader till 2 år beroende på föroreningsbelastningen. Det är svårt att veta när kolfiltret blir mättat eftersom tryckfallet igenom filtret inte ökar, vilket gör att kolfiltret oftast byts när det börjar lukta illa i lokalen. Figur 7 visar ett aktivt kolfilter, filtret består av grafit med varierande kornstorlek, vilket gör det poröst. Dinair, Kol- och kemiska filter. (Warfvinge 2010, s.2:45)

Figur 7 Aktivt kolfilter. Källa: Camfil

3.2 Frånluftsrening med ozongenerator

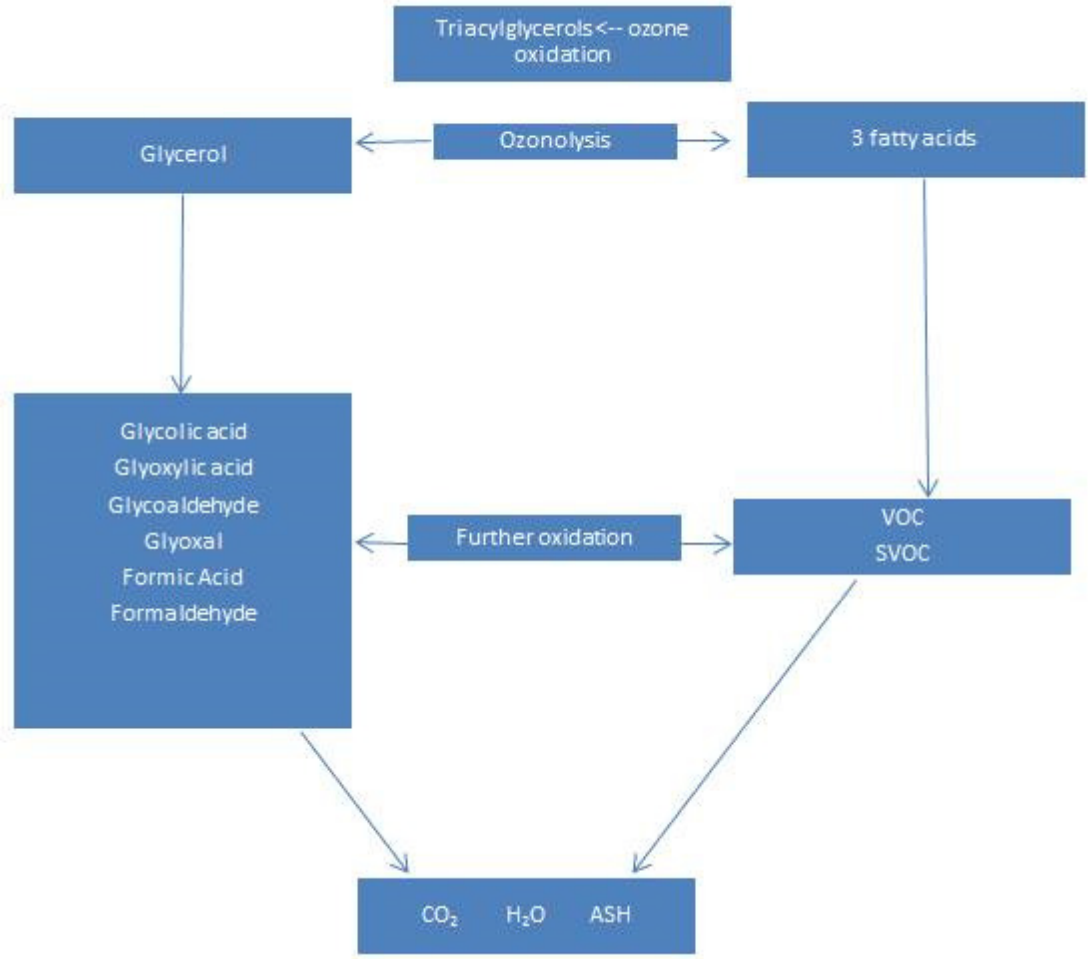
Denna metod bygger på att konstgjort ozon tillförs i imkanalen. Vad ozon är, hur dess egenskaper används i luftrening och hur ett ozonbehandlingssystem kan utformas beskrivs nedan.

3.2.1 Ozonets uppbyggnad

Ozon är en gasmolekyl bestående av tre syreatomer (O_3) och finns naturligt i stratosfären. Ozonskiktet skyddar och absorberar solens skadliga ultravioletta strålning. Ozonet bildas naturligt i stratosfären genom att solens ultravioletta strålning träffar och absorberas av en syrgasmolekyl (O_2). Syrgasmolekylen spjälkas till två syreatomer (O_1) som sedan slår sig samman med varsin syrgasmolekyl för att bilda ozon. Denna process går från båda hållen, från syrgas till ozon och från ozon till syrgas och ett fritt syre. $O + O_2 \rightleftarrows O_3$ (SMHI 2014).

3.2.2 Ozonets egenskaper och tillämpning

Ozon är färglöst vars lukt uppfattas som metallisk och stickande. Ozon kännetecknas för sin reaktiva och oxiderande egenskap, vilket innebär att det är benäget att avge elektroner till andra ämnen. Oxidation resulterar i att det ämne som tar upp elektroner bryts upp och sönderdelas till mindre molekyler. Ozonets oxiderande egenskaper fungerar på organiska material som fetter då det angriper fettets svaga punkter, alltså dess trippel och dubbelbindningar. Fettnedbrytningen med hjälp av ozon redogörs i Figur 8. När en trigcylglycerol (triglycerid) oxideras bryts glycerolet och de tre fettkedjorna upp. Ozonolysen fortsätter nedbrytningen av glycerol till formaldehyd, glykolsyror och nedbrytningen av fettkedjorna till VOC och SVOC. Fortsatt oxidation och fullständig reaktion omvandlar fettet och dess biprodukter till vatten, koldioxid och pulverliknande stoft. Ozonet kan reagera och bryta ned både de fettkedjor som finns i frånluften samt det fett som har lagrats på imkanalens väggar. Ozon som inte reagerar med luftföroreningar bryts slutligen ned naturligt, vars livslängd varierar från ett par minuter till en timma beroende på omgivningens temperatur, tryck och luftföroreningar. (Ozone Tech 2015)



Figur 8 Reaktionskedja mellan fett och ozon.

3.2.3 Systemets uppbyggnad

I en ozongenerator sker den syrgasklyvning som krävs för ozonbildning. Detta genom att utföra en elektrisk urladdning, även kallad korona urladdning. Urladdningen på 7 kW sker när luftens syre passerar två laddade keramiska plattor. Elektroderna delar syrgasmolekylen till två syreatomer, som i sin tur reagerar med kvarvarande syremolekyler till ozon. För denna process krävs alltså endast luft och elektricitet. (Ozongeneratorer.se 2015)

Vid rening med ozon bör frånluftssystemet utformas med en viss kanallängd så att ozonet hinner komma i kontakt och reagera med den fettrika frånluften i två sekunder. Frånluftshastigheten bör inte heller överstiga 4 m/s. För personalens hälsa och säkerhet är det även viktigt att installera en ozonvakt som varnar vid oönskade halter av ozon. Dessa stationeras lämpligen i utmynningen av imkanalen, vid kökskåpan och i anslutning till ozongeneratorn. (Halton 2015)

Det är viktigt att veta att ozonbehandlingen enbart är en del av frånluftreningen och måste kombineras med ett förfilter i kökskåpan. Detta eftersom förfiltrets uppgift är att filtrera bort de stora fettpartiklarna medan ozonet bryter ner de små. Om filtret är dåligt eller inte rengörs kontinuerligt kommer stora fettpartiklar upp i imkanalen och försvårar ozonets partikelnedbrytning. Det är

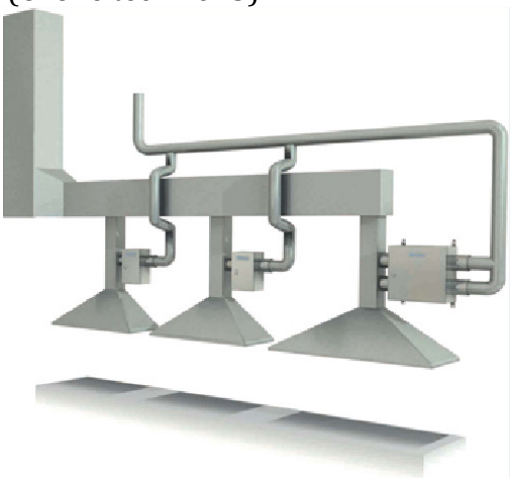
också betydande om man vill uppnå maximal luktreduktion att slutligen installera ett kolfilter. Genom att använda ett F7 filter och sedan kolfilter hålls också rotorn på värmeåtervinnaren och kanaler renare samtidigt som en lägre ozonhalt släpps ut. (Lindskog 2015)

Rening med ozongenerator utformas antingen som ett ozonmatat system eller som ett luftmatat system, systemen förklaras mer ingående nedan.

3.2.3.1 Luftmatat system

Detta system har lägre kapacitet och ozonkoncentration och lämpar sig därför bättre i mindre kök som har lägre fettbelastning och luftflöden upp till 750 l/s. Luftreningen utformas med en ozongenerator vid varje imkanal som matas med tilluft. Tilluftsröret ansluts till imkanalen med Ø100mm rör som måste vara av ozontåligt material. Hur luft leds från tilluftssystemet ner till varje enskild imkanals ozongenerator visas i Figur 9.

En nackdel med detta system är att luftomvandlingen till ozon försvåras av fukt i luften, samt att korrosion kan uppstå. Eftersom systemet matas med luft från tilluftssystemet innehåller luften olika mycket fukt beroende på utomhusförhållandet. (Ozone tech 2015)



Figur 9 Luftmatat system. Källa: Ozone Tech

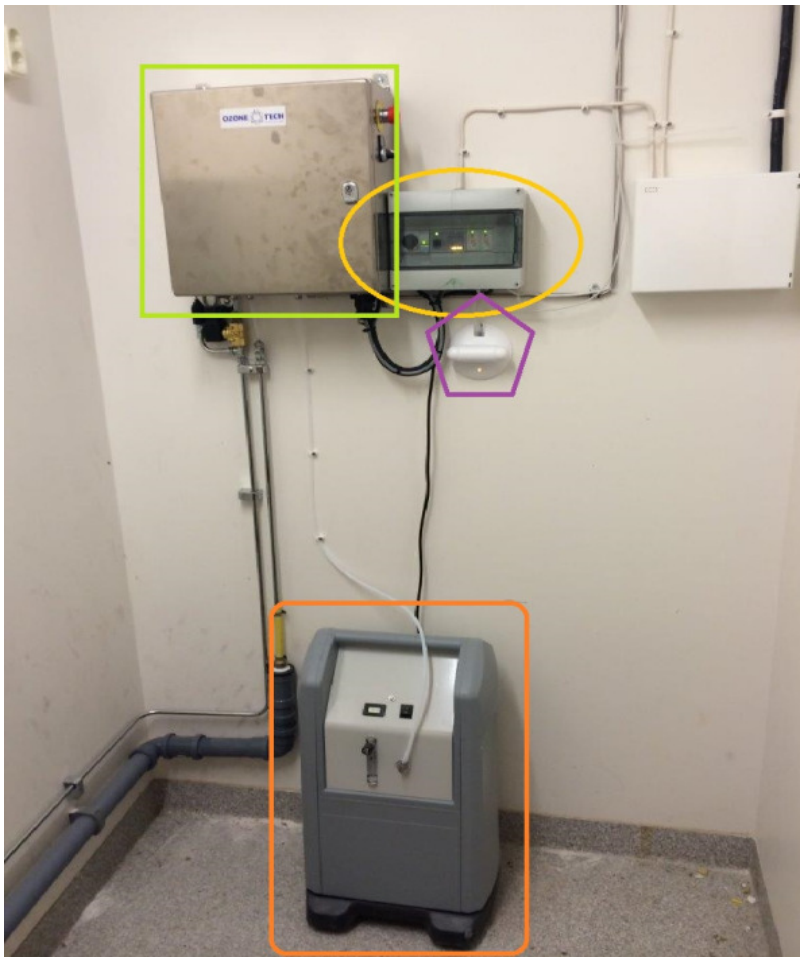
3.2.3.2 Ozonmatat system

Systemet har utformats för att användas i större kök med ett högre luftflöde och mer intensiv fettgenerering överskådligt i Figur 10. Hur själva rummet med ozongeneratorn kan se ut och utformas redogörs i Figur 11. Systemet består av en ozongenerator (kvadrat) som bildar och doserar ut ozon via slang till flera imkanaler. Eftersom generatorn kan fördela ut ozon till flera imkanaler kan systemet byggas ut så att samma generator kan serva flera kök. Systemet består även av en styr- och övervakningscentral (oval) som gör det möjligt att reglera ozonhalten och systemets kapacitet. Ozongivaren (femhörningen) registrerar och känner av ozonhalten i luften, givaren larmar och stänger av ozongeneratorn om läckage och hög ozonkoncentration skulle ske. Ozongivaren är i detta fall en ozonvakt placerad i köket och vid generaton. Systemet har även en tryckvakt som är ansluten till styr- och övervakningscentralen. Systemet kyls med vatten

som antingen är anslutet med fjärrkyla eller tappvatten. Syrgasgeneratorn (rektangel) förser ozongeneratorn med luft med låg fukthalt.

Fördelen med detta system är att endast en generator krävs för att mata flera imkanaler. Aggregatet kan rena upp till 12 000 l/s luft och påverkar inte kanalernas tryckfall och därmed inte SFP-värdet. Slanganslutningen kan också placeras nära kökskåpan och så sätt renas en större del av kanalen. Med detta system används egenproducerad syrgas från en syrgasgenerator, vilket gör att den inmatade luften till generatorn inte innehåller fukt. (Ozone Tech 2015)

Figur 10 Ozonmatat system Källa: Ozone Tech



Figur 11 Komponentorientering ozonmatat system Källa: Ozone Tech

3.2.4 Risker

Hantering av ozon måste ske med försiktighet då utsättning av ozon i högre doser under kort tid kan ge hälsoskadliga effekter som irriterade luftvägar, nedsatt lungfunktion, svidande ögon samt hosta. Höga koncentrationer över lång tid kan leda till vävnadsskador. Sveriges rekommendationer anger att nivågränsen för ozonexponering är 0.1ppm över en arbetsdag samt 0.3ppm vid 15 minuters exponering. (Ozone tech 2015)

Ett annat problem har varit att polymera material som gummi innehåller dubbelbindningar som kan brytas ned av ozon. Gummit som funnits i ventilationssystemet har därmed kunnat tappa sin elasticitet och hållfasthet. Men på senare år har man börjat tillsätta antiozonanter i gummit som har god beständighet mot ozon. (Nationalencyklopedin 2015).

Lars Ekberg publicerade en rapport 2013 där mätningar på VOC och formaldehyder gjordes under en 17-dagarsperiod på en snabbmatsrestaurang efter att ha installerat ett ozonaggregat. Installationen av ozongeneratorn gjordes för att minska rengöringskostnaderna och möjliggöra värmeåtervinning. Koncentrationerna mättes både genom passiv och aktiv provtagning utomhus och inomhus samt i till- och frånluftsströmmarna. Mätningen visade att ozonkoncentrationen i frånluften var högre än 450 µg/m^3. Dock skedde ingen ökad ozonkoncentration utanför eller i inomhusluften. Mätningarna visade också

att halten av kvävedioxid i frånluften hade tiofaldigats jämfört med inomhuskoncentrationen. Antagligen orsakad av att organiska föroreningar utsöndrades på stekbordet. Någon generering av formaldehyder registrerades inte. (Ekberg 2010)

Rapporten anser att de insamlade mätresultaten indikera på att den kemiska reaktionen mellan ozon och fettmolekylen var ofullständig. Enligt rapporten berodde detta på att systemets kanallängd och lufthastighet inte gav ozonet tillräcklig tid för nedbrytning, dock hade det mindre påverkan eftersom batterivärmeåtervinnare användes. Men om roterande skulle nyttjas hade kanalutformningen fått omprojekteras. (Ekberg 2010)

3.3 Frånluftsrening med ultraviolett strålning

Denna reningsmetod använder sig av UV-lampor istället för en ozongenerator. Lampans lysrör består av kvartsglas, inuti finns kvicksilverånga samt ett fluorerande pulver som ligger vid glasets insida. När lampan tänds reagerar den elektriska ljuskällan med kvicksilverångan och pulvret för att generera ultraviolett strålning. Beroende på vilket vakuum, tryck, effekt och mängd lyspulver lampan har, ges olika ljusvåglängder och därmed olika effekter. (Gustavsson 2013)

3.3.1 UV-ljusets egenskaper och tillämpning

UV strålningen som utsöndras från lampan har en fotolytisk effekt. Detta innebär att den bestrålade molekylen absorberar strålningsenergin och sönderdelas, vilket resulterar i att både fettmolekyler som strålas splittras till mindre kedjor samtidigt som syrgasmolekyler spjälkas och omvandlas till ozon. Ozonolysen fortsätter nedbrytningen av glycerol till formaldehyd, glykolsyror och nedbrytningen av fettkedjorna till VOC och SVOC. Ozonet fortsätter oxidera med de uppbrutna fettkedjorna och fortsätter nedbrytningen till vatten, koldioxid och stoft. Eventuella överskott av ozon övergår slutligen till syre. (Halton 2015) Ozonets egenskaper och uppbyggnad beskrivs mer detaljerat i kapitel 3.2

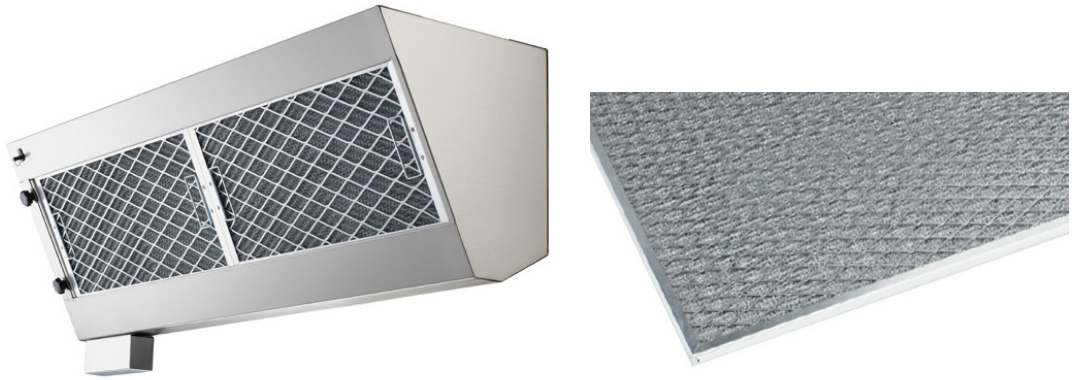
Vid projektering av storkök med UV-ljus bör frånluftssystemet utformas med en viss kanallängd så att ozonet hinner komma i kontakt och reagera med den fettrika frånluften i två sekunder. Frånluftshastigheten bör inte heller överstiga 4 m/s. (Halton 2015)

3.3.2 Systemets uppbyggnad

Precis som med ozongeneratorn är UV-lampan enbart en del i frånluftsreningen och måste kompletteras med andra fettavskiljande produkter. Detta exemplifieras med att beskriva Acticons reningssystem som består av tre reningsprocesser.

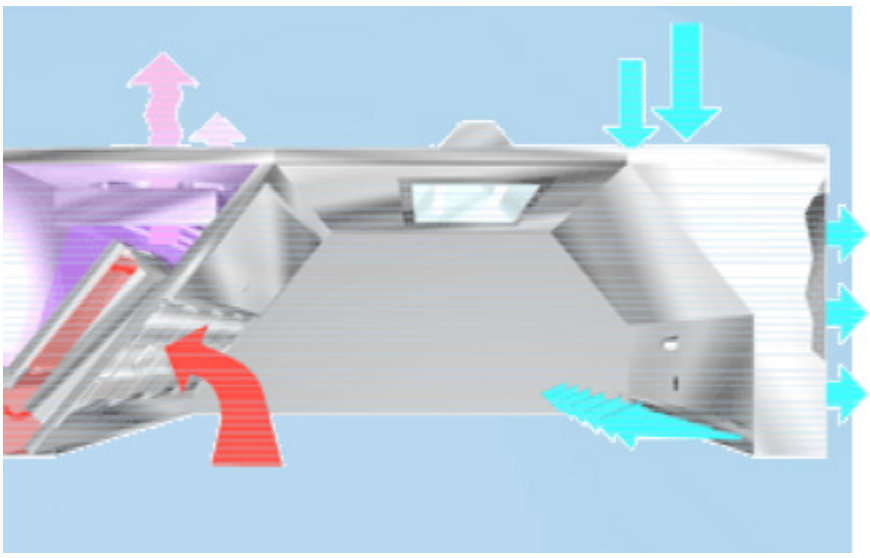
Den kontaminerade frånluften sugs in i kökskåpan och passerar först ett cyklonfilter, fett kondenserar på cyklonväggarna och rinner ner i uppsamlingskärl. Därefter passerar frånluften trådnätsfiltret (Figur 12) för ytterligare avskiljning av fett och damm samtidigt som en jämn luftström skapas. Efter trådnätsfiltret har de större fettpartiklarna filtrerats bort. Trådnätsfiltret

följs upp av ultravioletta lysrör, (Figur 13) som behandlar de partiklar som filtret inte fångat upp. I ljusrörsbehandlingen sker både fotolytisk och ozonolytisk rening. Hur kökskåpan och utsuget kan se ut vid användning av UV-ljus visas i Figur 14. (Acticon 2015)



Figur 12 Filterhus med trådnätsfilter Källa: Acticon

Figur 13 UV-Lampor Källa: Acticon



Figur 14 Filtreringsprincip. Källa: Halton

3.3.3 Risker

UV-lampor kräver större noggrannhet i underhållet jämfört med ozon och bakteriebehandling. Lamporna måste bytas efter ungefär 8000 timmar i drift samt rengöras kontinuerligt från smuts som fastnar på lysröret. Om detta inte sköts fungerar inte UV-lampan som avsett och fettlagringar i kanalen ökar. Vid UV-rening används istället för en ozonvakt en tryckgivare som mäter av frånluftssystemets undertryck. Undertrycket gör att det ozon som bildas i imkanalen inte kan tillföras rummet och följer istället med avluften ut ur lokalen. Om detta undertryck upphör varnar tryckvakten och UV-lamporna stängs av.

3.4 Frånluftsrening med bakterier

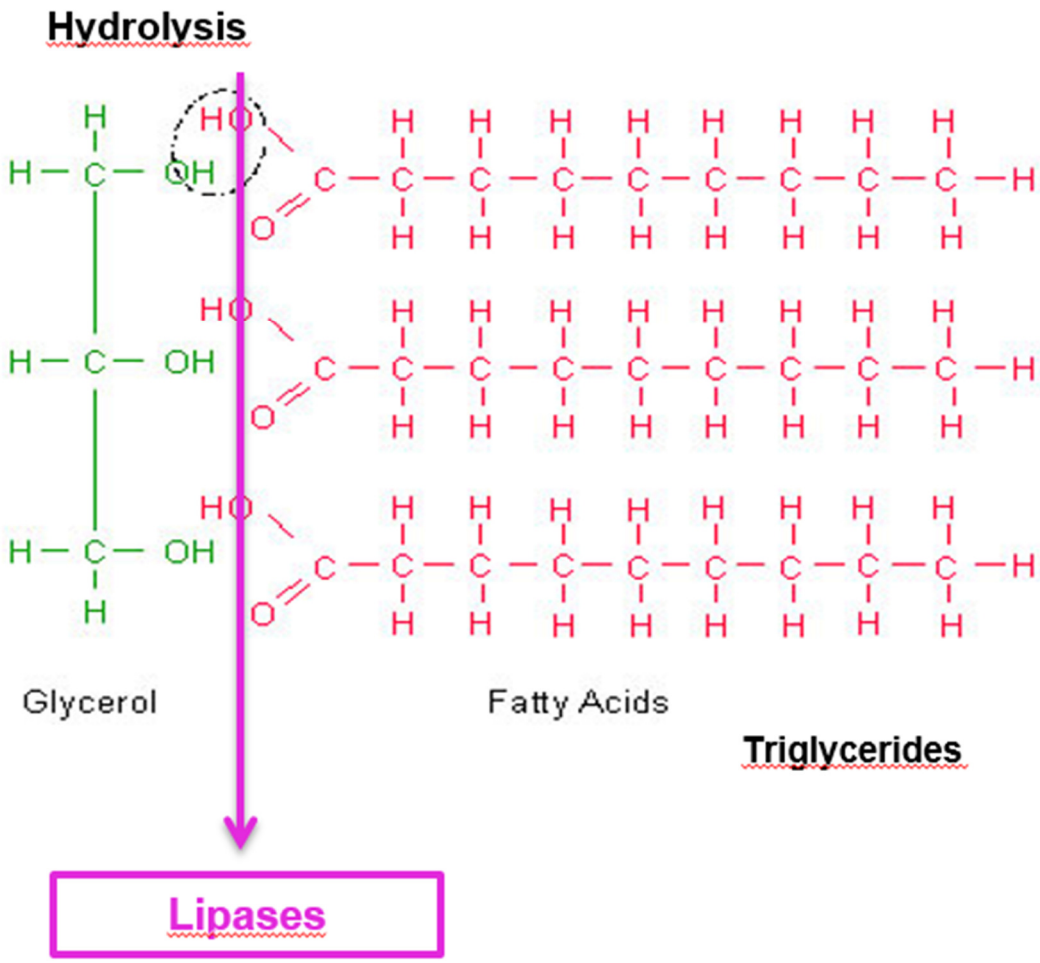
Det tredje sättet att bryta ned fett i imkanalen är att använda sig av ett bakteriellt reningssystem. Bakterien finns överallt i miljön och bryter ned organiska föreningar. *Bacillus* heter det bakteriesläkte som används i olika bioprodukter och biosystem för att bryta ned fett i ventilationskanaler samt i avloppsystem. Detta sker med hjälp av olika enzymer som amylaser, cellulaser och lipaser. Alla mikrobiella organismer delas in i fyra riskklasser utifrån ökande farlighetsgrad, de mikroorganismer som används i luftrening är klassade till grupp ett och anses normalt inte kunna orsaka infektionssjukdomar och ohälsa. (Arbetsmiljöverket 2015)
Ett bakteriellt bioreningssystem höjer flampunkten hos restavlagringarna i frånluftskanalen och därmed minskar brandrisken. Detta förenklar rengöringen med partiell nedbrytning av fettresterna.

3.4.1 Bakteriernas egenskaper

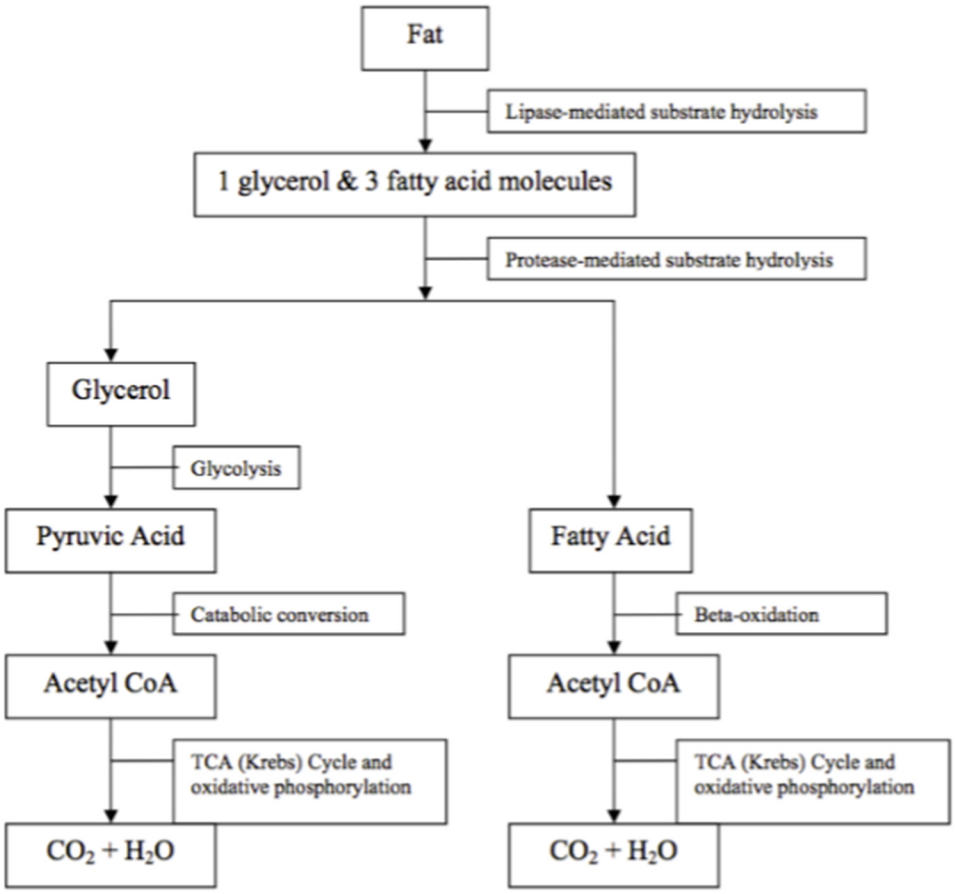
Nedan beskrivs de processer som sker då bakterier bryter ned fett, fettnedbrytningsprocesser.

Den mikrobiella nedbrytningen börjar med en extracellulär hydrolys, vänster i Figur 15 Hydrolys innebär inom biokemi att fettet sönderdelas under upptagning av vatten med hjälp av ett enzym. I vårt fall sker hydrolysen och sönderdelningen mellan estrars glycerolmolekyl och de tre fettsyramolekylernas bindningar. Det är bakteriernas lipaser som är det enzym som underlättar hydrolysen. (Nationalencyklopedin 2015)

Sönderdelningen ger biprodukter som diacylglycerol, monoacylglycerol, fettsyror och glycerol. Biprodukterna tar bakterierna upp och fortsätter bryta ned genom en beta-oxidation. Processen sker inuti bakteriernas mitokondrier och gör att två kolatomer avspjälkas. Processen resulterar i att acetyl-CoA bildas om fettkedjan har ett jämt antal kolatomer, alternativt bildas propionyl-CoA om fettkedjan har ett ojämnt antal kolatomer. Propionyl-CoA metaboliseras därefter ytterligare genom olika reaktioner i cellen till acetyl-CoA. Därefter påbörjas processen citronsyracykeln som avslutas med aerob nedbrytning som är en oxidationsprocess som bildar slutprodukterna koldioxid och vatten. Hela kedjan av bakteriernas fettnedbrytning visas i Figur 16. (Johansson 2014)



Figur 15 Hydrolys. Källa: De Santa Izabel Alves



Figur 16 Översikt över fettets nedbrytningsprocess. Källa: De Santa Izabel Alves

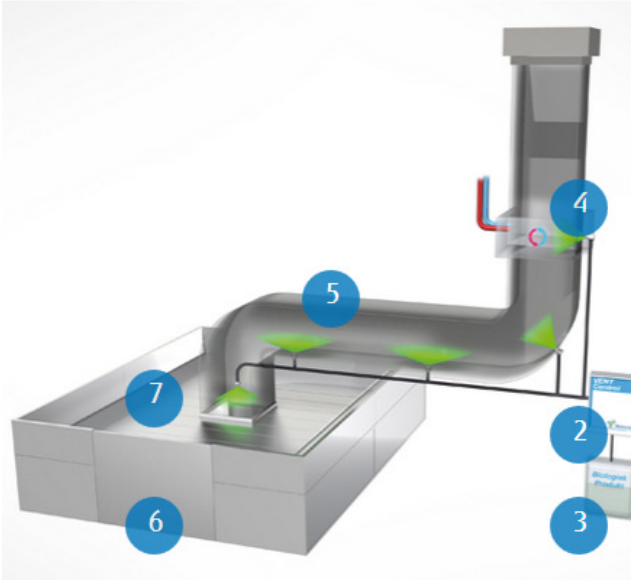
Ett bakteriellt bioreningssystem höjer flampunkten hos restavlagringarna i frånluftskanalen och därmed minskar brandrisken. Detta förenklar rengöringen med partiell nedbrytning av fettresterna.
Vid projektering med bakteriebehandling måste man ha i åtanke att bakterierna trivs och utför den organiska nedbrytningen effektivare i en fuktig miljö. Därför är det lämpligt att vatten kan dras till kanalen för möjlig vatteninsprutning, dock krävs inga stora mängder tillförd vatten.

Vid system med stor fettalstring är det viktigt med en väl utformad avrinning och fettavskiljning eftersom fettet blir flyktigt vid bakteriebehandling. Det är primärt hur och vart munstycken placeras i frånluftskanalen för optimal nedbrytning. Bakterier hinner inte bryta ned all allt fett av den fettalstringen som sker dagtid, därför lämpas bakterbehandling i system som är avstängda ett par timmar om dygnet. Detta för att bakterierna ska ha en chans att bryta ned dagens alstrade fett utan att nytt tillkommer.

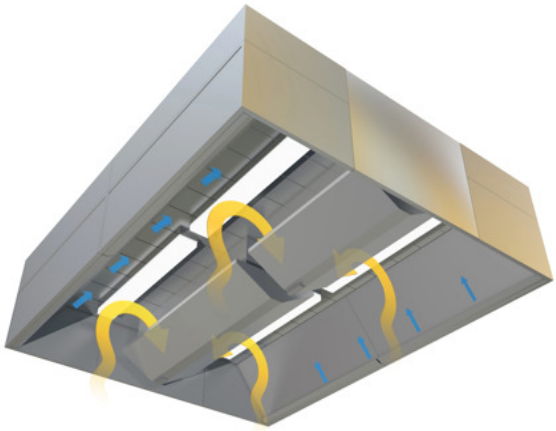
Jämfört med ozonrening påverkas inte bakteriereningen av systemet lufthastighet. (Bioteria 2015).

3.4.2 Systemets uppbyggnad

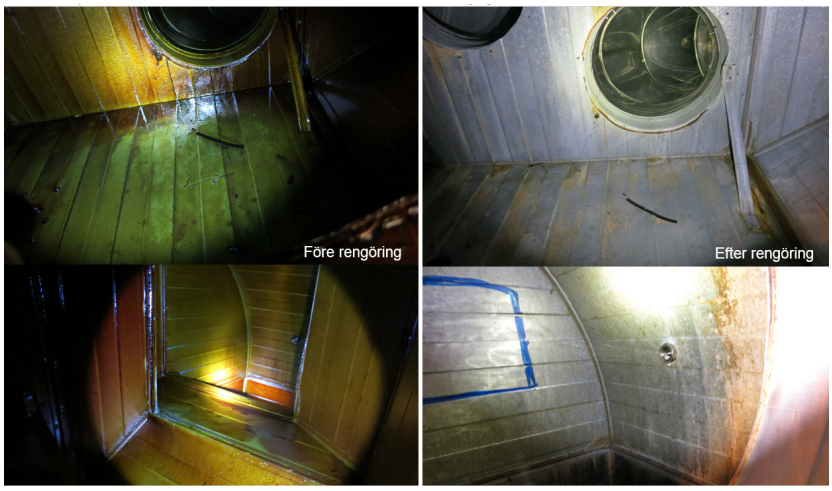
Hur ett typiskt reningssystem med bakteriebehandling ser ut visas i **Fel! Hittar inte referenskälla.**. Kökets frånluftsrening börjar med ett filterhus, åskådliggörs i kapitel som är placerat i kökskåpan. Det stickade filtret fångar upp större partiklar och fetter som leds ner i ett kärl. Efter filterhuset leds luften in till imkanalen där ett flertal parallellkopplade munstycken sitter fastmonterade och som portionerar ut bakterier. Antalet munstycken som används beror på kanalutformningen och hur kontaminerad frånluften är. Munstyckena placeras så att bakterierna ska fastna på kanalplåten och börja bryta ner det fastlagrade fettet. Bakterierna tillförs på kvällen då köket inte används och förökar sig snabbt genom att livnära sig på fettet, vilket resulterar i att fettlagren bryts ner. Fettnedbrytningen tar mellan fem till tio timmar. Nya bakterier måste sprutas in dagligen eftersom bakterierna förlorar sin effektivitet efter ett tag. Innan bakterierna sprutas ut befinner de sig i en plastbehållare och är i ett passivt tillstånd utan att varken minska eller ökas i antal då de inte har tillgång till fett, rätt temperatur och vatten, beskrivs av leverantören som ”sovande”. (Energi och Miljö 2012).



Figur 17 Bakteriereningssystem. Källa: Bioteria



Figur 18. Kökskåpa. Källa: Bioteria



Figur 19. Bilder från ett storkök innan respektive efter rengöring av ett luftreningssystem, där sedan ett bakteriereningssystem installerats. Källa: Bioteria

3.4.3 Risker

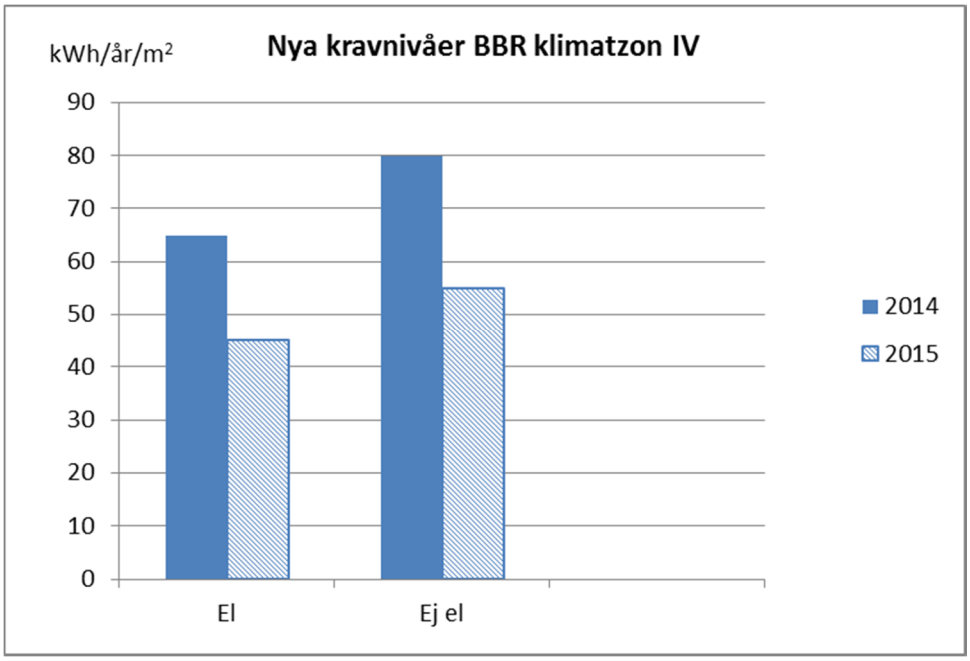
Vid användning av ett bakteriellt system finns inga direkta risker eftersom bakterierna inte har en påvisad farorisk för människan eller miljön. Bakterierna eliminerar inte matos utan endast den lukt som uppkommer från det härsknade fettbeläggningarna i imkanalen.

4 Energihushållning

Kapitlet behandlar relevant information och data med hänsyn till hur en värmeåtervinnare kan påverka energibesparingar och systemets komponenter.

4.1 Krav på energianvändning

Med europaparlamentet och rådets direktiv om specifik energianvändning, så är energihushållning högst aktuellt både globalt och lokalt. Dessa direktiv förmedlas genom regeringen som i sin tur har i uppdrag att skärpa energireglerna i Boverkets Byggregler (BBR). BBR består av allmänna råd och föreskrifter om bland annat energihushållning. Med detta i åtanke så är det av intresse att undersöka möjligheter för energibesparingar i storkök med hänsyn till dess stora energiförluster. I Figur 20 redovisas BBRs skärpta kravnivåer från 2014 till 2015 för elvärmda respektive inte elvärmda byggnader. Värdena visar kilowattimmar per år och kvadratmeter för klimatzon fyra där Göteborg innefattas. (BBR 2015)



Figur 20 Kravnivåer på energi. Källa: BBR

Med avsikt på ovan nämnda skärpta energihushållning har BELOKs energiberäkningsprogram ”värmeåtervinning” använts för att undersöka hur restaurangers energibesparingar kan se ut beroende på val av värmeåtervinnare, se 4.3 Energiberäkningar. Undersökningen har försökt efterlikna ett storkök i en restaurang samt ett skolkök, detta med hjälp av reglering av drifttimmar på aggregatet. För beräkningarna har även olika luftflöden och frånluftstemperaturer använts för att representera flera olika verksamheters frånluftssystem.

4.2 Temperaturverkningsgrad och värmeåtervinning

Värmeåtervinnarens egenskap att transportera värme beräknas med hjälp av temperaturverkningsgraden, η_t. För att beräkna η_t behövs skillnaden mellan den största möjliga temperaturskillnaden och den faktiska temperaturskillnaden, vilket redogörs i Ekvation *1*. (Warfvinge 2010, s. 2:53)

$$\eta_t = \frac{erhållen\ temperaturförändring}{största\ tillgängliga\ temperaturdifferens\ i\ systemet}$$

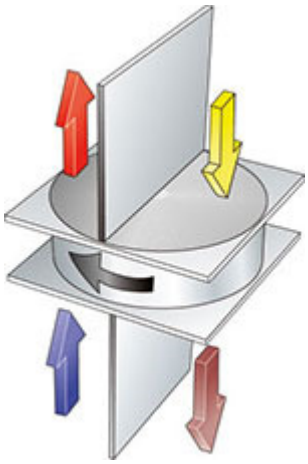
Ekvation 1 Temperaturverkningsgrad

I de flesta luftbehandlingsaggregat installeras en värmeåtervinnare, vars syfte är att förvärma tilluften med hjälp av frånluften. Det finns tre olika typer av värmeåtervinnare som är mest återkommande: (Warfvinge 2010, s. 2:53)

4.2.1 Roterande värmeåtervinnare

Roterande värmeåtervinnare kännetecknas för sitt låga tryckfall och sin höga temperaturverkningsgrad, runt 80-85 %. Detta gör den fördelaktig i val av värmeåtervinnare. Värmeåtervinnaren är i själva verket ett aluminiumhjul bestående av veckade aluminiumprofiler (lameller) som den varma frånluften kan passera och avger värme till. När hjulet sedan roterar passerar kall tilluft den uppvärmda rotorn, vilket resulterar i att värme avges och tilluften värms upp. Genom att ändra rotorns hastighet regleras återvinnarens temperaturverkningsgrad.

Hänsyn bör tas till risken för överläckning av frånluft som kan nå in på tilluftsidan (Svensk Ventilation 2015). Rengöringen är relativt simpel men kan problematiseras om fett fastnar i rotorns lameller.

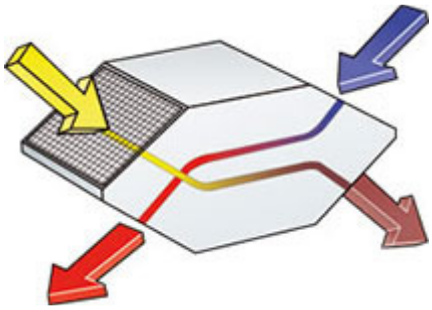


Figur 21 Roterande värmeåtervinnare. Källa: Svensk Ventilation.

4.2.2 Plattvärmeåtervinnare

Den vanligaste värmeväxlaren idag är plattvärmeväxlaren vars temperaturverkningsgrad är approximativt 60 %. Frånluftsvärmen

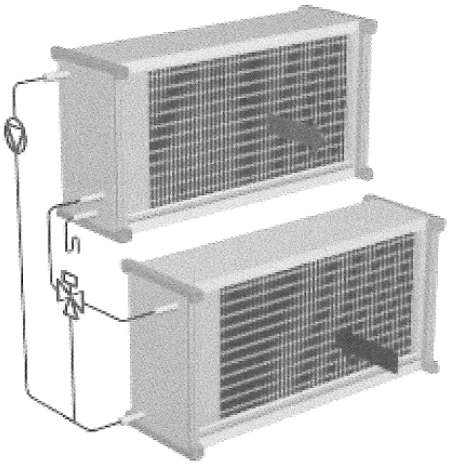
transporteras genom plåtar i ett lamellsystem som sedermera tas upp av den kalla tilluften.
Konstruktionen kan göra plattvärmeväxlaren svår att rengöra. (Svensk ventilation 2015)



Figur 22 Plattvärmeåtervinnare. Källa: Svensk Ventilation.

4.2.3 Batterivärmeåtervinnare

Batterivärmeväxlaren fungerar med hjälp av ett vätskesystem. Vätskan cirkulerar mellan värme- och kylbatterier. Frånluften värmer upp vätskan som sedan avger värme i tilluften. Tilluft- och frånluftsaggregat kan placeras utan hänsyn till varandra. Den mer traditionella batterivärmeåtervinnaren har en temperaturverkningsgrad på upp till 60 %. (Svensk Ventilation 2015). Men på senare tid har högpresterande batterivärmeåtervinnare presenteras med en teoretisk temperaturverkningsgrad på upp till 80 %.

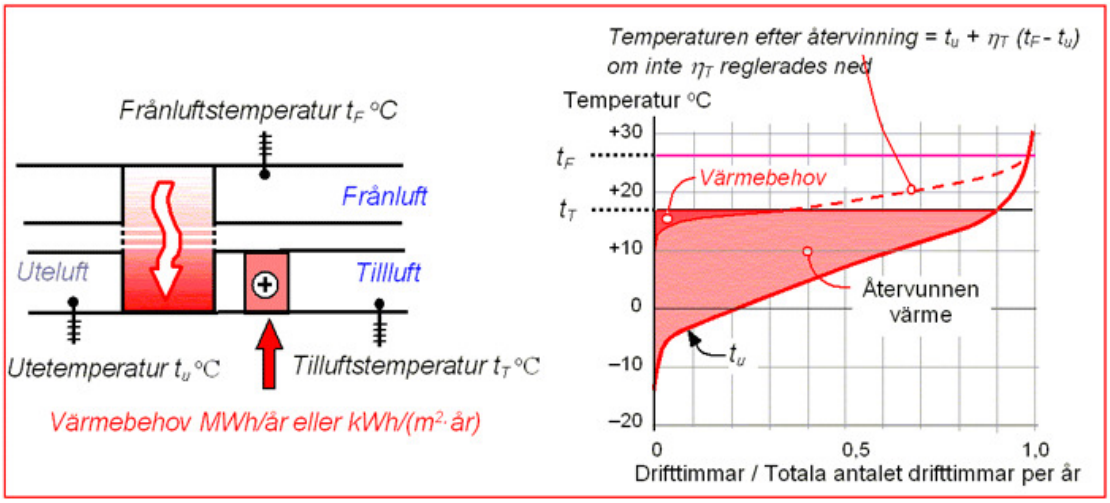


Figur 23 Batterivärmeåtervinnare. Källa: System-Air .

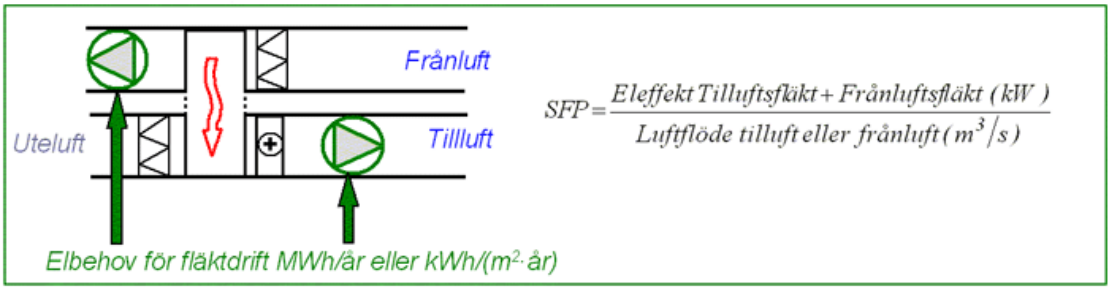
4.3 Energiberäkningar

Storkökssimuleringarna har utförts med hjälp av BELOKs användarverktyg ”värmeåtervinning”. Verktyget beräknar energibesparingar och fördelningen mellan återvunnen värme och värmebehovet vid användning av värmeåtervinnare. Storleken på energibesparingen och förhållandet mellan återvunnen värme och värmebehovet

beror på återvinnarens temperaturverkningsgrad, luftflödet, drifttimmar, frånluftstemperatur och tilluftstemperatur. Detta tydliggörs i Figur 24. Verktyget tar också hänsyn till SFP vilket beskrivs i Figur 25.



Figur 24 Värmeåtervinning åskådliggjort i ett varaktighetsdiagram. Källa: BELOK



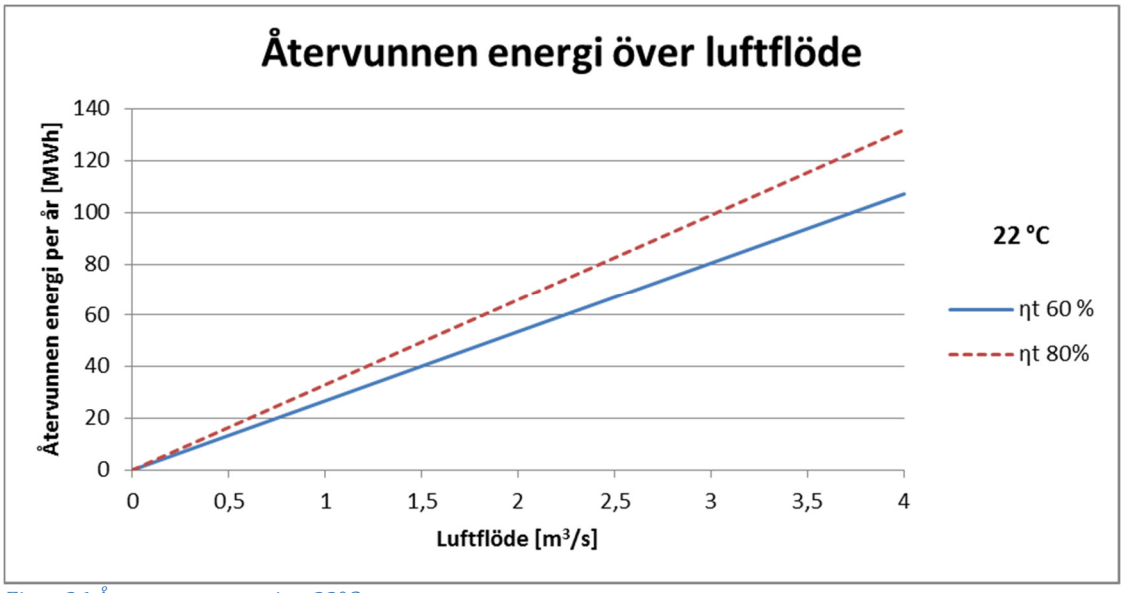
Figur 25 SFP Källa: BELOK

Uteklimatet efterliknar Göteborgs stads.
Följande antaganden har gjorts för nedanstående beräkningar:

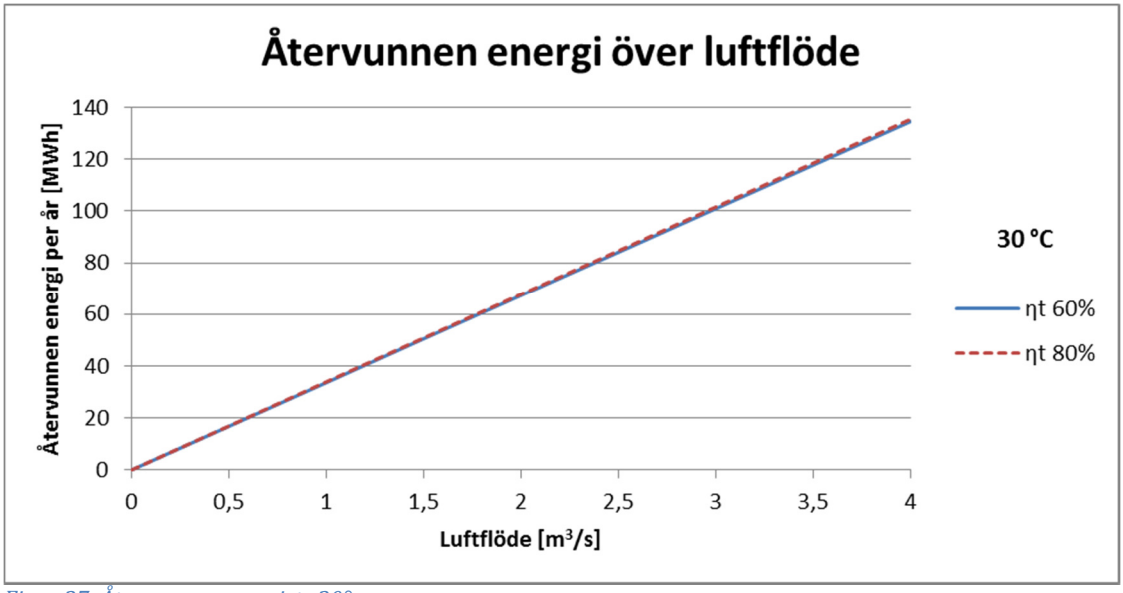
- t_T = 18°C. Allmänt vedertagen, tilluften är generellt mellan 15 och 18 °C. (Warfvinge 2010, s.2:48)
- 14 h drifttid/dygn 360 dagar om året. Vedertagen drifttid för en restaurang.
- 22-30 °C i t_F. Ett temperaturspann vi anser rimlig med påbackning från driftschema från en restaurang, vars dygnsmedel är26 °C. Det anses osannolikt att frånluften går under 22°C i medeltemperatur i en restaurang med aktiva ugnar, spisar och andra värmekällor.
- Luftflöden om 0-4 m^3/s med uppfattningen om vad restauranger har i luftflöde. När vi varit ute i praktiken har luftflödena legat runt 2 m^3/s
- temperaturverkningsgrad på 60 % för att efterlikna en plattvärmeåtervinnare och 80 % för att motsvara en roterande värmeåtervinnare/högpresterande vätskekopplad värmeåtervinnare.
- SFP satt till 2.0. Ett SFP över 2.0 är ej att föredra med stöd i BBR.
- VAV

Diagrammen i Figur 26 och Figur 27 nedan beskriver återvunnen energi över flöde med parametrarna frånluftsmedeltemperatur 22°C och frånluftsmedeltemperatur 30°C. Den heldragna linjen representerar en värmeåtervinnare med verkningsgrad 80 % och den streckade linjen representerar en värmeåtervinnare med 60 % verkningsgrad.

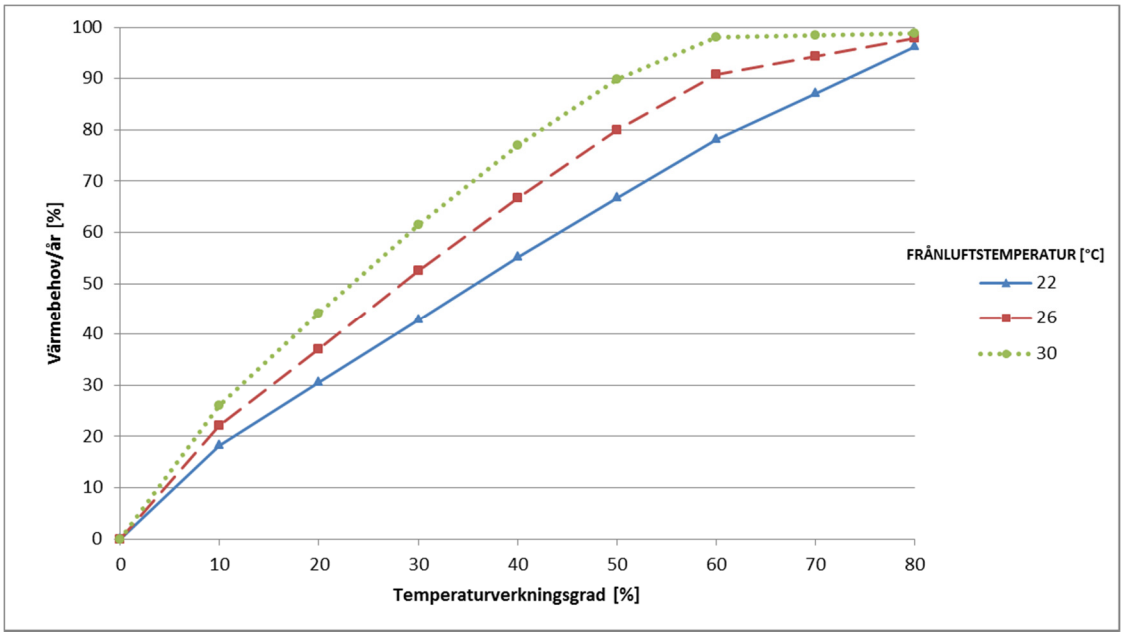
Resultatet åskådliggör fördelen med att nyttja en värmeåtervinnare med verkningsgraden 80 % jämfört med 60 %. Detta med hänsyn till återvunnen energi per år. Däremot i Figur 27 vars t_F är högre, redogörs nästintill samma mängd energi återvinns oberoende val av verkningsgrad (80 eller 60 %). Detta beror på att värmeåtervinnaren med högre verkningsgrad varvar ner när tilluftens värmebehov är tillfredsställt. Denna observation tydliggörs ytterligare i Figur 28 där den procentuella energibesparingen per år redogörs.



Figur 26 Återvunnen energi, t_F 22°C



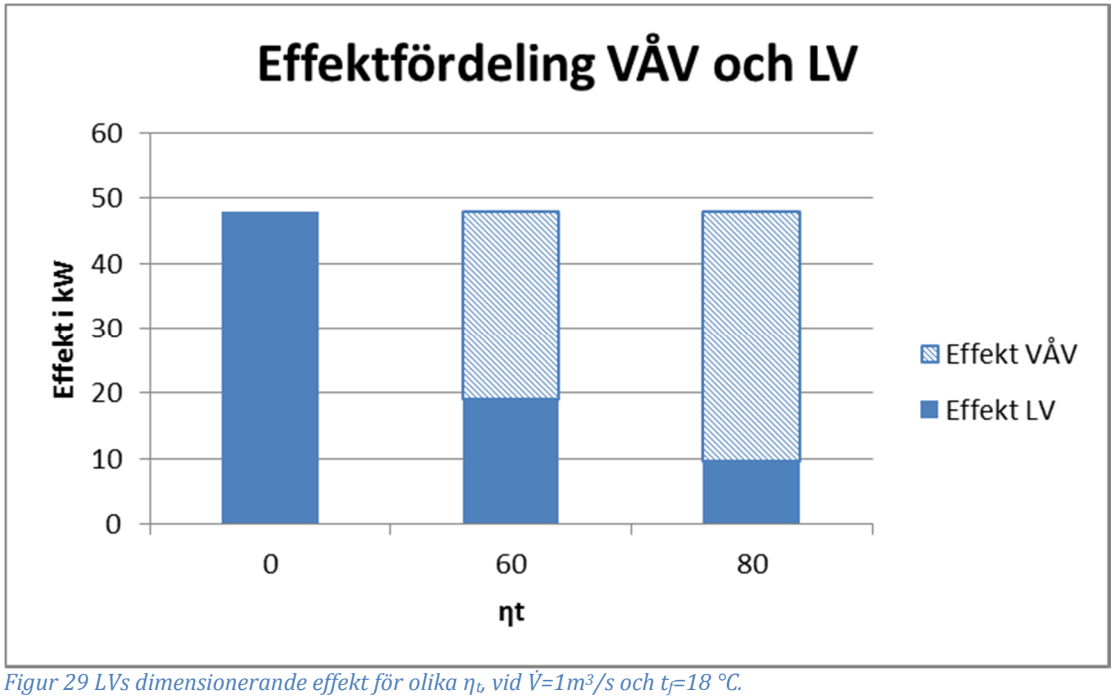
Figur 27 Återvunnen energi, t_F 30°



Figur 28 LVs procentuella energianvändning över η_t.

Användning av VÅV resulterar också i att LVs effekt kan dimensioneras ner. Detta eftersom luften förvärms i värmeåtervinnaren och därmed minskas differenstemperaturen i luftvärmaren. Detta gör att ett mindre och billigare batteri kan användas. Ett mindre batteri ger också ett lägre tryckfall i kanalsystemet, vilket resulterar i ett lägre SFP och driftkostnad.

Beräkningar gjorda i BELOK visar hur batteriets energianvändning och effekt påverkas av värmeåtervinnarens verkningsgrad. Beräkningarna har utförts för luftflöden 1, 2 och 4 m^3/s samt t_F mellan 22-30°C, vilket visas i exempelvis i Figur 28.

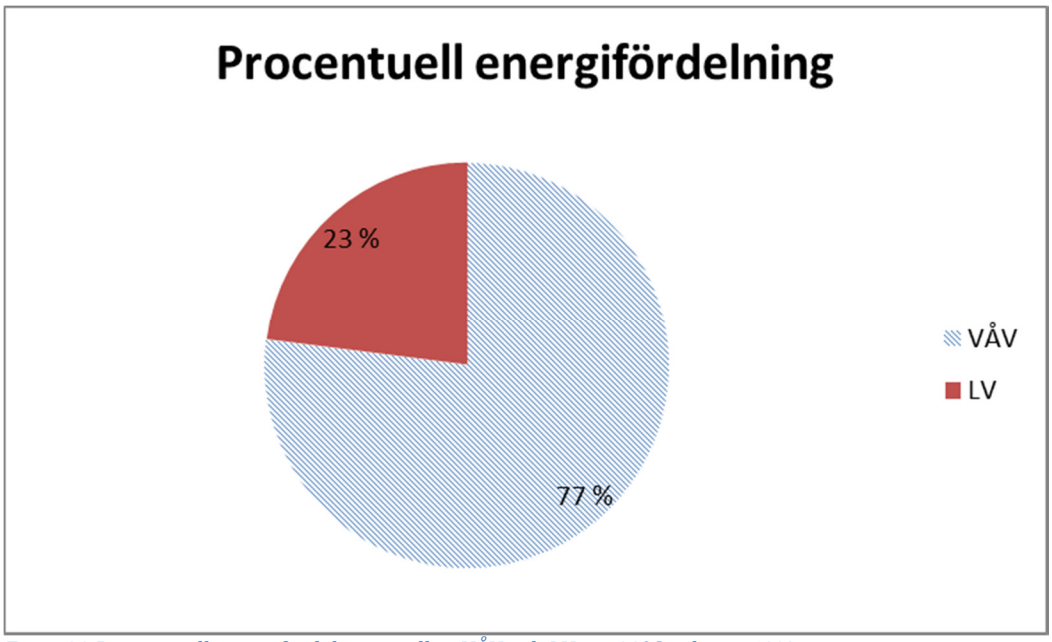


Figur 29 LVs dimensionerande effekt för olika η_t, vid $\dot{V}$=1m³/s och t_f=18 °C.

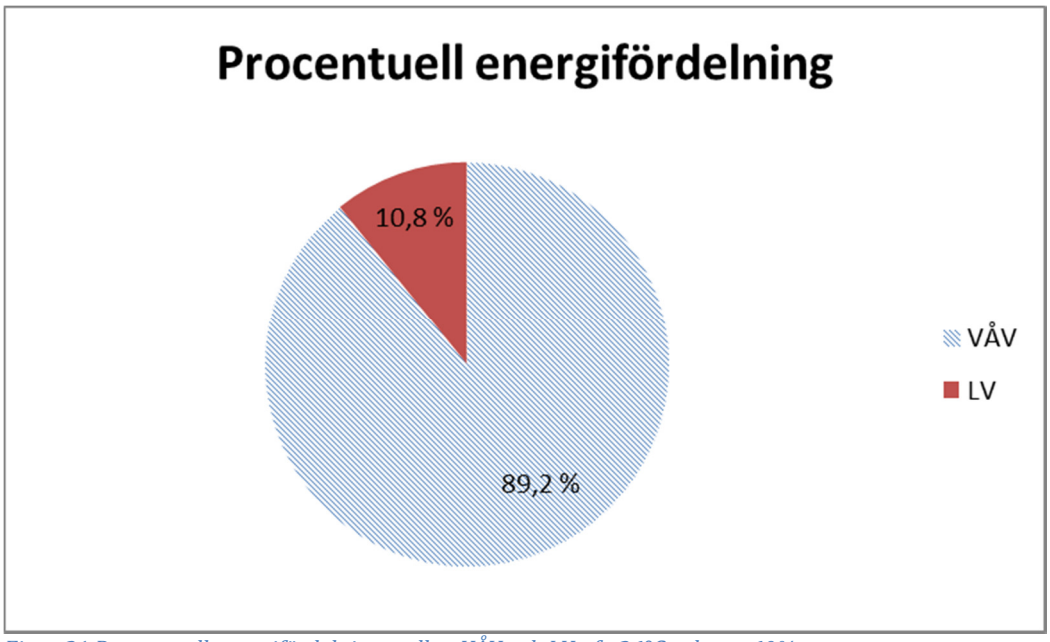
Beräkning av fördelning av värmetillförsel mellan VÅV och LV har gjorts med Ekvation 2 för Göteborgs stadsklimat. Resultatet visas nedan i Figur 30-Figur 33.

$$t(h) = (h - 4380) * (3.9 - 0.086 * T) * 0.001 + T + (h * (1 + (8 - T)/586)/8300)\text{^}38 - (1550/(700 + h))\text{^}3 + 1.5 * (T/8 * 1200/(500 + h))\text{^}2 * cos((900 - h)/585)$$

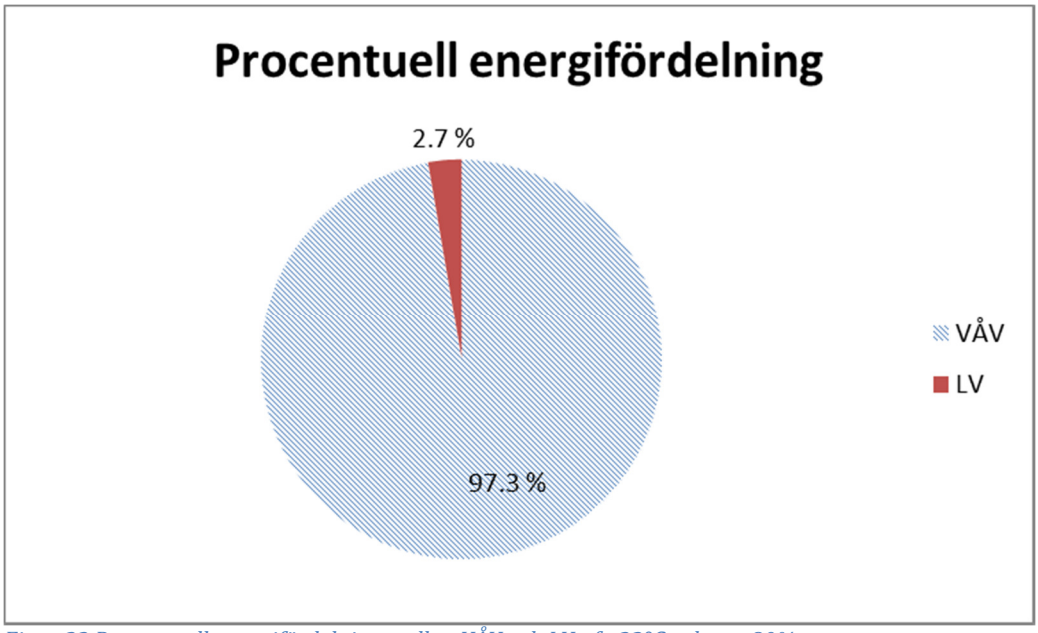
Ekvation 2 Halléns ekvation



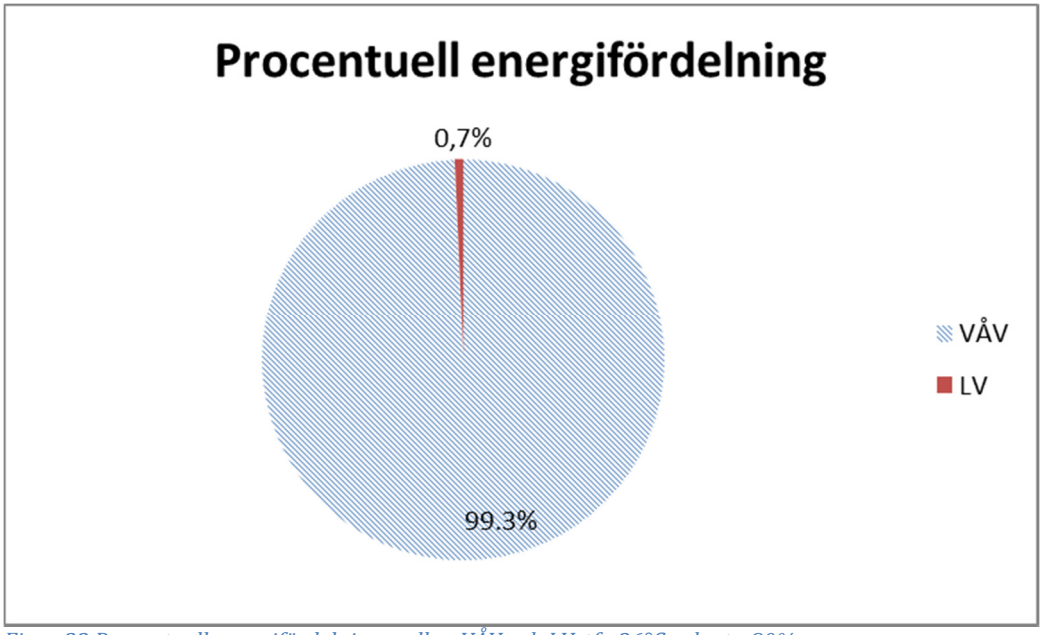
Figur 30 Procentuell energifördelning mellan VÅV och LV, t_f =22°C och η_t =60%



Figur 31 Procentuell energifördelning mellan VÅV och LV, tf =26°C och ηt =60%



Figur 32 Procentuell energifördelning mellan VÅV och LV, tf =22°C och ηt =80%



Figur 33 Procentuell energifördelning mellan VÅV och LV, tf =26°C och ηt =80%

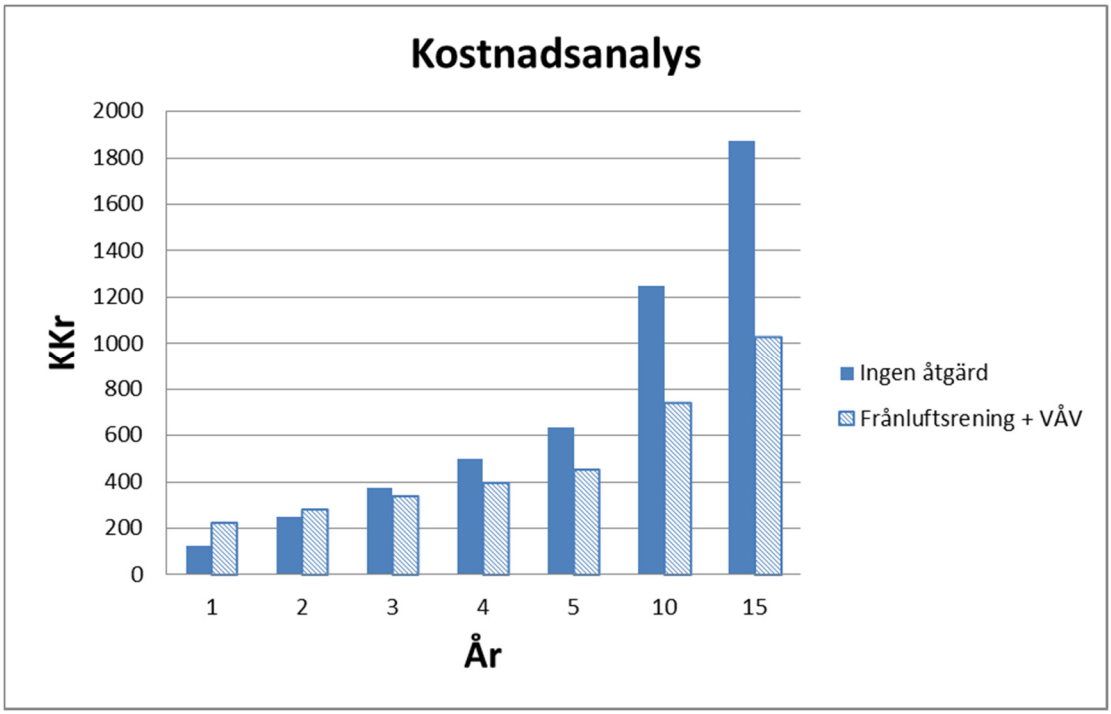
4.4 Kostnadsanalys

För att redogöra de fördelar som finns med ett frånluftsreningssystem i storkök har en teoretisk återbetalningstid beräknats. Hänsyn har tagits till investeringskostnader, spolningskostnader, underhåll och energibesparingar. Beräkningarna har gjorts med en fungerande frånluftsrening utan oförutsägda olyckor och andra missöden som kunde lett till omkostnader. För att framställa en kostnadsanalys har antaganden om kostnader gjorts, visas i Tabell 1. Antaganden nedan styrks av mailkontakt med leverantörer, skorstensfejare och bilaga 2. Resultatet av kostnadsanalysen visas i Figur 34. Enligt kalkylen tar det två år och sex månader tills att det är mer lönsamt att använda sig av ett frånluftsreningsystem och en plattvärmeåtervinnare[η_t=60].

Engångskostnad (KKr)	Ingen åtgärd	Frånluftsrening+VÅV

Investering system	0	120
Investering VÅV	0	50
Årlig kostnad (KKr)	-	-
Underhåll system	0	22
Spolning	56.28	25
El	68.5	10.1
Livslängd (år)	-	15

Tabell 1 Omkostnader till kalkyl



Figur 34 Kostnadsanalys för en verksamhet med ett luftflöde på 2m³/s. Ackumulerade kostnader.

5 Diskussion och slutsatser

Metodanalys

Ambitionen med arbetet var att få en så neutral bild som möjligt av storköks frånluftrening. Detta genom att söka information hos många olika aktörer inom området, vilket har gjorts då kontakt med leverantörer, brukare, sotare, besiktningsmän, konsulter och kemister har skett. Information som använts har granskats och tagits från pålitliga källor, exempelvis BBR och branschrekommendationers data.

Den arbetsmetod som har utförts anses, i stora drag stämma överens med det tillvägagångssätt som skrevs i början av arbetet. Fakta om storköks frånluftsproblematik har hämtats från ett flertal rapporter och annan litteratur. Förståelse för reningssystemen och den fettnedbrytningsprocess som sker har beskrivits med hjälp av studier och avhandlingar inom området. För att besvara denna fråga kontaktades även leverantörer, en kemist och en mikrobiolog. Vidare kunskap om systemens effektivitet och underhållskostnader har fåtts från platsbesök på restauranger, kontakt med fastighetsförvaltare samt leverantörer. Detta enligt planerat utförande.

Under arbetes gång har det noterats att utförlig data och forskning saknas inom området och eftersom inga egna mätningar har kunnat göras bygger resultatet till större del på intervjuer än planerat. Personer som har intervjuats bygger sina svar på egna erfarenhet och yrkesroll, vilket kan göra svaren mindre objektiva.

Det blir också svårt att få en översiktlig bild över reningssystemen då många fler storkök måste undersökas för att en sådan sammanställning ska kunna göras. En annan utmaning har varit att vissa grupper inom området har haft större möjlighet att avsätta tid och dela med sig av data. Exempelvis har leverantörer varit tillmötesgående och haft stora mängder material till förfogande. Men att hämta information från en sådan källa gör att arbetet riskerar att bli partiskt. Men eftersom andra alternativa källor har varit svårt att hitta har valmöjligheten varit begränsad.

Utvärdering av syftet

Det syfte som formades i början av arbetet hade som mål att:

- Undersöka förutsättningar och problematiken med att utforma ett fungerande ventilationssystem i storkök.
- Kartlägga de reningsmetoder som används, studera hur och i vilken utsträckning de nyttjas.
- Granska om systemen lämpar sig för olika verksamheter och miljöer
- Undersöka hur reningen påverkar spolningskostnaderna.
- Utreda möjligheten till värmeåtervinning och dess eventuella energibesparingar.

Efter slutfört arbete bedöms syftet som välformulerat. Syftets delfrågor känns sammanhängande så att en röd tråd följs längst med hela arbetet, från frånluftsproblematiken till utförd kartläggning och beräkningar. Eftersom den allmänna kunskapen om storköks frånluftsrening är låg och få studier och rapporter har hittats, anses arbetes syfte som något positivt och nyskapande.

I efterhand anses syftets omfattning vara bristande och borde ha avgränsats mer, med hänsyn till tillhandahållen tid och kursens poäng. Vi insåg inte utmaningen och tidsomfattningen en fullständig kartläggning och granskning av systemen kräver. Trots de intervjuer och platsbesök som har gjorts har inte en fullständig utvärdering av reningsmetoderna kunnat göras.

5.1 Utvärdering av reningsprinciper

Det huvudsakliga syftet till att imkanalen fettreduceras är för att minska risken för brand och brandspridning. Intervjuer med sakkunniga och platsbesök hos restauranger har visat att reningssystem utformade med UV-ljus, ozon eller bakterier inverkar positivt på imkanalens fettavlagringar. Detta när både frånlufts-och reningssystemet projekteras och underhålls väl. Under arbetets gång har restauranger både med fungerande och icke fungerande reningsbehandling besökts för att granska vilka faktorer som bör beaktas för att skapa en fungerande fettnedbrytning. Dock har för få anläggningar besökts för att få en god uppfattning om hur ofta reningsmetoderna fungerar effektivt. Vissa källor har uppgett att reningen fungerar i stor utsträckning medan andra källor anser att den fungerar sällan, så lite som en på tio gånger uppges i en mailkontakt med en källa.

Ozonbehandling

Studien har visat att nedbrytningen av fettkedjorna skiljer sig hos de olika reningsmetoderna samt att metoderna har sina bättre och sämre egenskaper. Vid undersökning av ozon besöktes två verksamma storkök med hög fettalstring och installerade ozongeneratorer. Driftansvarig tillhandahöll kalkyler för drift- och investeringskostnader samt kostnadsförändringen för spolningen efter installation av ozongenerator (Bilaga 1). Fakturorna visar att kostnaden för spolning har reducerats efter installation av ozonbehandling i frånluftssystemet (Bilaga 2), därmed finns belägg för att spolningskostnaderna kan minskas vid installation av ett reningssystem. Ozongeneratorer anses också kunna nyttjas och appliceras på ett stort spann av verksamheter.

De två besökta restaurangernas frånluftsystem är utformade med batterivärmeåtervinnare vars verkningsgrad är 60 % enligt driftschemat i Figur 2 och Figur 3. En fördel med ozon är att det är oberoende av drifttider och dygnsbelastning. Genom att reglera ozontillförsel regleras mängden fettnedbrytning. Systemet är relativt självgående och enkelt underhållet. En nackdel som synts vid kartläggningen av ozon är risken för att fett inte fullständigt bryts ned och skadliga ämnen som VOC, aldehyder och ketoner kan bildas.

Under arbetets gång har inga egna mätningar på dessa skadliga utsläpp gjorts. Värden och tidigare mätningar på koncentrationer har också varit svårt att hitta. De mätningarna i frånluften som har tillhandahållits fanns i en rapport av Lars Ekberg på CIT. Rapportens mätdata visade att halten ozon, kvävedioxid och VOC ämnen ökade mellan frånluften och avluften. Rapportens mätdata visade inga tecken på generering av formaldehyder. Baserat på detta togs noteringen att den kemiska reaktionen mellan ozon och fettmolekylen var ofullständig och att förändringar i frånluftssystemets utformning borde göras. Ytterligare information har sökts hos leverantörer, konsulter och brukande verksamheter. Bristen på fler mätningar och dess halter gör det svårt att spekulera sunt i hur stora utsläppen är och dess inverkan. Vissa intervjuade källor menar på att det enbart sker små punktutsläpp som knappt har någon miljö- och hälsopåverkan. Medan andra tar upp och beskriver det som ett stort problem.

I projekteringen rekommenderas att faktorer som lufthastighet och kanallängd beaktas för att öka chansen till fullständig reaktion mellan fettet och ozon. Det uppnås när lufthastigheten korrelerar med kanallängden så att tillräcklig tid ges mellan placering av ozontillförsel och aggregat. Därmed minskas risken för oönskade halter av biprodukter. Man bör även placera avluftshuven på taket för att undvika kortslutning med tilluftsintaget, detta för att undvika att oönskade restavfall kommer i kontakt med luftintaget. Det anses också klokt att efter installation av ozongenerator utföra mätningar i frånluften efter skadliga ämnen, framförallt om roterande värmeåtervinnare används. Detta för att bedöma om fettnedbrytningen sker fullständigt samt se vilka ämnen och dess koncentrationer som möjligtvis blandas med tilluften. Ozonvakten som mäter ozonhalten i luften är också viktig för att skapa en säkerhet och trygghet för brukare, kanalrengörare och andra personer som kan komma i kontakt med systemet. Dessa placeras enligt leverantör i anslutning till ozongeneratorn och i storköket vid kökskåpan.

UV-ljusbehandling

Den andra studerade reningsmetoden är UV-ljus. Även här ges ett positivt reningsresultat med minskade fettlager i imkanalen. Både restauranger med fungerande och icke fungerande UV-rening har besökts. Platsbesöken visar att underhållet av UV-lamporna ibland brister då de måste hållas rena ifrån smuts och fett. UV-lamporna har också en viss livslängd innan effektiviteten avtar. Bristande underhåll resulterar i en försämrad fettreducering. De storkök som besökts med icke fungerande UV-rening har berott på brist i kommunikation mellan leverantör och köpare samt att köparen har dålig kunskap om produkten och dess krävda underhåll. Det är därför av största betydelse att verksamheten har kunskap och förståelse om hur underhållet sköts.

Precis som rening med ozongeneratorer använder sig UV-rening av ozon vid fettnedbrytning. Detta gör att hälsoskadliga biprodukter kan bildas vid ofullständig reaktion. Samma projekteringsfaktorer som vid nyttjande av ozongenerator bör beaktas vid användning av UV-ljus. Man bör även utföra mätningar i frånluften efter skadliga ämnen vid användning av roterande värmeåtervinnare, för att säkerställa att skadliga ämnen inte förs med i tilluften.

Rening med UV-ljus är den behandling som har studerats minst men vår bedömning är att den är väldigt lik ozonbehandlingen i sin reningsprocess. Det som skiljer metoderna åt är genereringen av ozon.

Bakteriebehandling

Det bakteriella systemet marknadsförs som en miljömedveten teknisk lösning då fettet bryts ned utan att avge skadliga biprodukter. Vid kontakt med leverantörer fås känslan att de helst inte åtar sig de verksamheterna med högst fettbelastning. Detta eftersom bakteriebehandlingen lämpas för verksamheter vars dagliga drifttid inte är alltför hög. Vilket möjliggör att bakterierna kan slutföra nedbrytningen av det kvarvarande fett som fastnat i imkanalen under verksamhetens aktiva timmar. Således anses att bakteriesystemet lämpas i en miljö rik på ånga med ett lägre antal drifttimmar, exempelvis verksamheter med matuppvärmning som skolor och mindre lågt fettalstrande verksamheter. Det finns ett flertal referensobjekt bakteriebehandling och roterande värmeåtervinnare som upplevs fungera väl.

Det bör tilläggas att det finns restauranger med hög fettalstring och långa drifttider som nyttjar bakteriebehandling. Exempel på detta är Clarion post hotell och Hard rock café i Göteborg. Deras frånluftssystem har effekt mot fettavlagringar i kanalen och upplevs som välfungerande. Dock används inte värmeåtervinnare i dessa verksamheter. Ett annat objekt där det inte upplevdes som effektivt var Hard rock café i Oslo där det bland annat ”runnit sörja” ner ifrån kökskåpan. Detta berodde troligtvis på feldimensionerade avrinningskärl.

Underhåll av rengöringssystem

För att bibehålla systemets effektivitet och livslängd är det viktigt att beställaren av reningssystemet har en god kunskap om produkten så att skötseln och underhållet kan utföras rätt. Det är därför primärt att leverantören utbildar och sprider kunskap om sin produkt så att verksamhetens personal kan hantera och förstå systemet. Erfarenheten som fåtts är att det i många fall när produkten inte upplevs fungera som förväntat, så har det fallerat i underhållet och servicen av produkten, allt ifrån att UV-lampor glömts att bytas ut, till att ozongeneratorn inte alls varit igång.

Ansvaret och hjälp för reningssystemets underhåll kan dock övergå till leverantören genom att underteckna ett serviceavtal. Genom att betala en summa pengar för en tidsperiod slipper beställaren ansvara för systemets underhåll samtidigt som leverantörens tekniker skickas om olycka eller driftfel uppstår med produkten. De besökta storköken som tecknat serviceavtal har fått en fungerande luftrening, de verkar också vara nöjda med avtalet. Tyvärr blir priset en viktig faktor till om ett serviceavtal skrivs eller inte. För mindre verksamheter med en lägre omsättning blir ett serviceavtal runt 25 000 SEK/år mycket pengar och svårare att finansiera. Det har enbart varit större verksamheter vid besök som nyttjat ett serviceavtal.

Ett dilemma har uppmärksammats angående vem av fastighetsägaren och verksamhetsutövaren som bär ansvaret och vem som ska betala för reningssystemet. Det finns fördelar för båda parter om ett reningssystem med värmeåtervinning installeras. Verksamhetsutövaren får minskade sotnings- och underhållskostnader medan fastighetens energianvändning minskas. Problemet uppstår när varken fastighetsägaren eller verksamhetsinnehavare vill betala för investering och en eventuell ombyggnad av ventilationssystemet. En av orsakerna kan vara att verksamhetsinnehavaren inte har en långsiktig plan över att behålla verksamheten i lokalen eller saknar styrkan i kapitalet för den krävda investeringen. Även båda parters brist på kunskap om frånluftsrening samt dess fördelar med avseende på både säkerhet och energieffektivitet kan vara en bidragande faktor.

Efter att ha tagit del av en LCC analys av reningssystemen och tagit del av spolningsfakturor ser man att spolningar i kanalen fortfarande är nödvändigt, Spolningarna kan dock ske med ett större intervall och kan bli mindre omfattande, vilket resulterar i en lägre underhållskostnad. Men eftersom reningssystemen är relativt dyra och därmed svåra att finansiera för små verksamheter, räcker inte en lägre underhållskostnad som morot.

Tabellen nedan sammanställer systemens upplevda för- och nackdelar

Reningssystem	Ozon	UV-ljus	Bakteriell
Fördelar	Oberoende av verksamhetens drifttimmar och fettalstring. Tar bort matos.	I stort sätt samma fördelar som Ozon.	Miljösäker. Har visat sig fungera i lokaler med lägre antal drifttimmar och nyttjande av roterande värmeåtervinnare.
Nackdelar	Hantering av miljöfarligt ämne, (O_3). Tveksamheter kring andel fungerande anläggningar	Underhållskänslig. Hantering av miljöfarligt ämne, (O_3).	Föredrar ej verksamheter med hög fettalstring och många drifttimmar per dygn. Tar inte bort matos

Tabell 2 Sammanställning för- och nackdelar

Användandet av roterande värmeåtervinnare

Användandet av roterande värmeåtervinnare var ett område som betraktas som intressant med avsikt på dess höga temperaturverkningsgrad, men samtidigt också dess risk till lukt- och partikelöverföring. I möten med källor har författarna fått uppfattningen om en väldig meningsskiljaktighet. Användandet beskrivs av vissa källor som relativt riskfritt och refererar till fungerande objekt medan andra källor uppgivit andra referenser där det blivit väldig påtaglig luktöverföring. Författarna har spekulerat i faktorer som påverkar luktöverföringen och kommit fram till att det är viktigt att använda en icke hygroskopisk roterande VÅV med tanke på att lukten kan överföras mer påtagligt via absorption och desorption. Möjligtvis är orsaken att andelen matos

inte hunnit reagera med samma omfattning av reningsmetoden, således ökar risken för luktöverföring i den roterande värmeåtervinnaren

Energibesparingar

Boverkets krav på energianvändning och energihushållning har skärpts kontinuerligt och kommer fortsättningsvis gå åt samma håll om det följer historiken. Detta för en fortsatt process mot hållbar utveckling, som visat i 4.1 så får en fastighet använda en viss mängd energi per kvadratmeter. Med hänsyn till detta är det till fördel för restaurangbranschen med sin höga energianvändning och stora värmeförluster utföra åtgärder för att återvinna värme ur frånluften inför framtiden.

Beräkningar som gjorts i arbetet ger en indikation på hur stora mängder energi som teoretiskt kan återvinnas för olika verksamheter och luftsystem. Beräkningarna i BELOK visade att temperaturverkningsgraden på värmeåtervinnaren påverkade marginellt energibesparingarna vid högre t_F, visat i Figur 27. Detta eftersom återvinnaren med verkningsgrad 80 % varvar ned redan vid så låga utomhustemperaturer som -22°C. Därför blir inte valet av värmeåtervinnare lika central med hänsyn till temperaturverkningsgrad. Med hänsyn till risk för luktöverföring och spridning av skadliga ämnen samt problematiken om fett fastnar i rotorn så kan det nästan vara bättre att nyttja en platt eller batterikopplad värmeåtervinnare. Men det mest vitala är att man har en värmeåtervinnare, eventuellt också en typ av återvinning av det svinn med värme som blir när värmeåtervinningen reglerar ned, detta skulle till exempel vara en frånluftsvärmepump mot ett värmesystem.

Arbetet har även studerat hur värmeåtervinningen kan påverka luftvärmarens dimensionerande effektbehov. Detta syns i Figur 29 där luftvärmarna dimensioneras för ett ”worst case scenario”, med en utetemperatur på -22°C och en tilluftstemperatur på 18°C. Diagrammet visar de stora effektskillnaderna luftvärmaren beroende på om man värmeåtervinnare används eller inte. Detta gör att pengar kan sparas då en mindre och billigare luftvärmare nyttjas.

Teoretiska belägg för att en värmeåtervinnare har ett betydande inflytande på energianvändning presenteras i Figur 30-Figur 33. Där ser vi att värmebehovet tillfredsställs huvudsakligen av VÅV under alla de presenterade förutsättningarna. I Figur 33 så tillfredsställs i princip hela värmebehovet av VÅV. Men det betyder självklart inte att behovet av komponenter till eftervärme skall försummas i en projektering.

Inte förrän på senare år har restauranger börjat använda värmeåtervinnare, dock installeras återvinnare fortfarande för sällan. Det är därför viktigt att reningssystemen fortsätter utvecklas och förbättras så att imkanalen och frånluften hålls fri från fettbeläggning, vilket gör värmeåtervinningen lättare. Kunskap och information måste också fortsätta spridas så att verksamhetsutövare förstår vilka pengar som finns att spara med ett fungerande frånluftssystem.

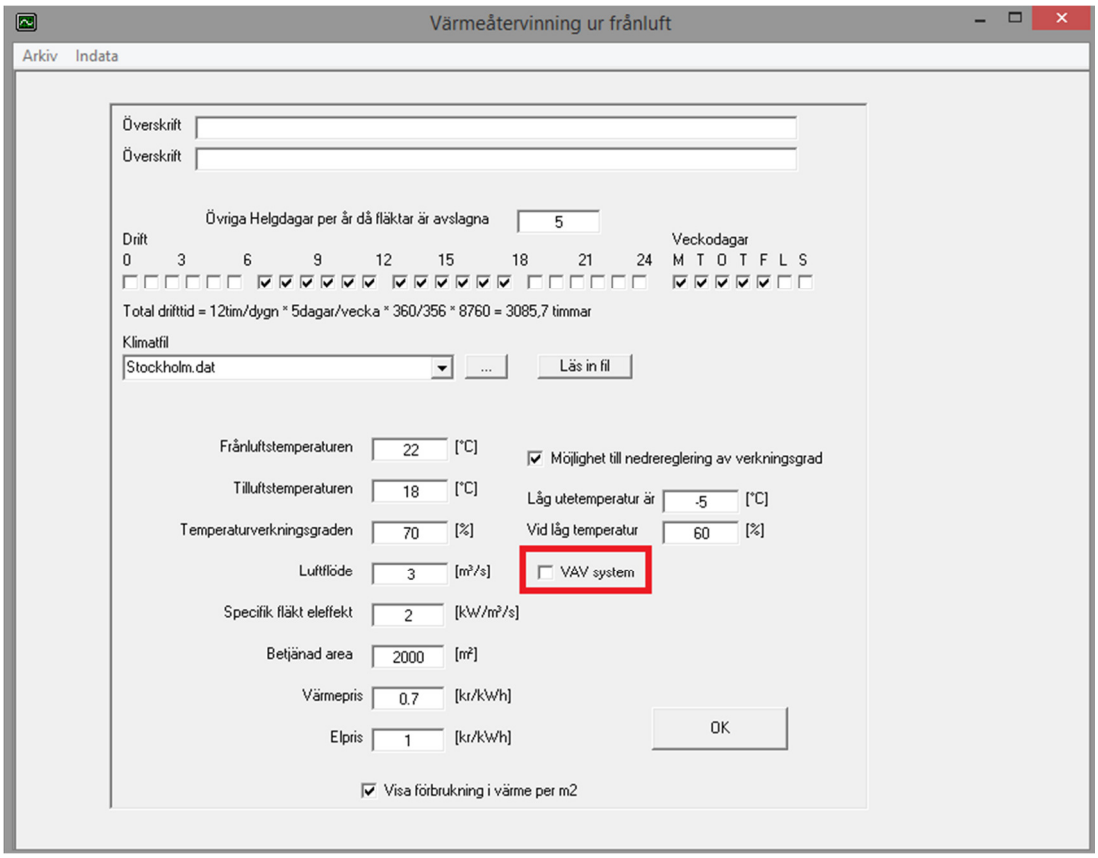
Kostnadsanalysen gav en indikation på att det kan vara långsiktigt kostnadseffektivt att använda sig av ett reningssystem kompletterat med en värmeåtervinnare. Visades i Figur 34.

Förslag på vidare studier

- Användandet av roterande värmeåtervinnare i storkök.
- I vilken utsträckning fungerar respektive reningssystem.
- Kommunikationen mellan skorstenfejarföretag, leverantörer av system och brukande verksamhet.
- Användning av den värme som blir överflödig vid värmeåtervinningen

Felkällor

- Beloks användningsverktyg ”värmeåtervinning” verkar sakna en del av relevant indata. Till exempel hur luftflödet påverkas av att man förväljer CAV eller VAV. Det går inte att få information över hur mängden luftflöde förändras under VAV. Utan förinställningen är binär, (CAV/VAV) Visas nedan i Figur 35. Efter kontakt med en källa med insikt i programvarans programmering så framkom det att inställningen är byggd på en schablonmässig metod som grundar sig på fältundersökningar i kontorshus.



Figur 35 BELOK förinställningar

- Uppfattningen om i vilken utsträckning reningssystem fungerar som förväntat är något bristfällig, i den mån att det inte på ett objektivt sätt

undersökts om hur många anläggningar som anses fungerande och hur många som inte anses fungerande. Den informationen som omhändertagits är referensobjekt ifrån leverantörer och driftteknikker.

6 Referenser

Litterära källor

Ekberg, L., Woollett, J. (2010) Ozone Treatment of Extract Air from a Restaurant Kitchen with Heat Recovery. CIT Energy Management AB, Göteborg.

Kjellerstedt, J. (2002) Roterande värmeåtervinnare – En studie om luktöverföring och energibesparing med tillämpning på flerbostadshus. Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

Warfvinge, C.,Dahlblom, M. (2010) Projektering av VVS-installationer. Studentlitteratur, Lund.

Elektroniska källor

Johansson, I. (2014). Isolering av Bacillus samt utvärdering av dess fettnedbrytande förmåga i avloppsvatten från fettavskiljare vid skolkök. http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:748001/FULLTEXT02#page=6&zoom=auto,82,238 hämtad 2015-05-04.

Iseo (2006). FOOD, FAT AND OILS. http://aocs.files.cms-plus.com/ResourcesPDF/FFO.pdf hämtad 2015-06-02.

Thomas H. Kuehn (2009). Karakterisering av matlagnings fettalstring. http://www.thefreelibrary.com/Characterization+of+cooking+effluent+from+seven+commercial+kitchen...-a0201591022 hämtad 2015-06-02.

Cedronius, K. (2015) Luftrening med ozon – effektivt men kunskapskrävande. http://pvmagasinet.se/luftrening-med-ozon-effektivt-men-kunskapskravande/ hämtad 2015-05-04.

Imkanalsklasser (2012). Imkanalsklassificering och beskrivning. http://www.imkanal.se/#!page-10

IMkanal.se (2008). Ett långt arbete att enas. http://www.imkanal.se/#!om-imkanal-2010

IMkanal.se (2012). Utformnings- och utförandeanvisningar för IM kanaler. http://www.sotarenstockholm.nu/pdf/Imkanal_2012.pdf hämtad 2015-05-04.

Halton. UV-Rening från Halton. http://www.halton.se/halton/se/cms.nsf/files/AF2FA0BE41CB9407C22575A6003A75AB/$file/UVrening.pdf hämtad 2015-05-04.

Arbetsmiljöverket, riskklassificering.
http://www.av.se/teman/mikrobiologiska/forebygg/riskklassificering/?AspxAutoDetectCookieSupport=1 hämtad 2015-05-04.

Energi och Miljö (2012). Bakterierna får göra skitjobbet.
https://bioteria.com/om-oss/pdf/energi_miljo_2012.pdf hämtad 2015-05-04

Nationalencyklopedin, enzymatisk hydrolys.
http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/enzymatisk-hydrolys hämtad 2015-05-04.

Nationalencyklopedin, citronsyracykeln,
http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/citronsyracykeln hämtad 2015-05-04.

Nationalencyklopedin, ozon,
http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/ozon hämtad 2015-05-04.

SLU (1988). Vaxteko, aerob och anaerob nedbrytning.
http://www.vaxteko.nu/html/sll/slu/fakta_mark_vaxter/FMV88-03/FMV88-03.HTM hämtad 2015-05-04.

Nationellt resurscentrum för biologi och bioteknik, Renodling av bakterier.
http://www.bioresurs.uu.se/skolprojektlinne/pdf/hitta_enstaka_bakterier.pdf
hämtad 2015-05-04

Chemviron carbon, vad är aktivt kol.
http://www.chemvironcarbon.com/se/aktivt-kol/vad-ar-aktivt-kol
hämtad 2015-05-04.

Acticon, Fett och luktreducering med UV-ljus och ozon,
http://www.acticon.se/se/storkoksventilation/fett-och-luktreducering-med-uv-ljus-och-ozon/uv-cyklotec/ hämtad 2015-05-04.

Dinair, Kol- och kemiska filter,
http://www.dinair.se/wp-content/uploads/2012/06/KolKemfilter.pdf
hämtad 2015-05-04.

Svensk ventilation, värmeväxlare.
http://www.svenskventilation.se/ventilation/varmevaxlare/
hämtad 2015-03-10.

Boverket (2015), Konsekvensutredning.
http://www.boverket.se/contentassets/4aab283b61d14266b3bb632aa4b1edc3/konsekvensutredning-bbr-2015---euanmalan.pdf
hämtad 2015-04-21

BELOK, användarverktyget ”värmeåtervinning”.

http://belok.se/verktyg-hjalp/varmeatervinning/
hämtad 2015-04-21.

Kungliga vetenskapsakademin (2011), Fire, flames, energy and risk assessment, http://www.krc.su.se/documents/IYCFire_flames.pdf hämtad 2015-04-21.

Den Nationella forskningsportalen (2006), Vad är ozon?
http://www.forskning.se/nyheterfakta/teman/ozon/tiofragorochsvar/vadarozon.5.303f5325112d7337692800017169.html hämtad 2015-04-21.

SMHI (2015), UV-strålning.
http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/uv-stralning-1.3849
hämtad 2015-04-21

Ozonetech, informationsdatablad om ozon.
http://www.ozonetech.com/sites/default/files2/pdf/about_ozone.pdf
hämtad 2015-05-08

SMHI (2014), Ozon.
http://www.smhi.se/reflab/om-luftfororeningar/luftfororeningar/ozon-1.19670 hämtad 2015-05-08

Ozongeneratorer, ozon farligt.
http://www.ozongeneratorer.se/ozon/ozon-farligt/ hämtad 2015-05-08

Nationalencyklopedin, ozon.
http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/ozon
hämtad 2015-05-08

Ozongeneratorer, så fungerar en ozongenerator.
http://www.ozongeneratorer.se/sa-fungerar-en-ozongenerator/
hämtad 2015-05-08

Sveriges skorstenfejarmästares riksförbund (2014), branschstandard.
https://msb.se/Upload/konferenser/Sotningskonferens_2014/Dokumentation/17%20Imkanal%202014%20-%20Johan%20Sch%C3%B6n.pdf
hämtad 2015-05-11

Statens räddningsverk (2005), föreskrifter.
https://www.msb.se/externdata/rs/51f44b15-6581-402f-a68d-004ea0884835.pdf
hämtad 2015-05-11.

Gustav Gustavsson (2013), UV-ljus i sjukvården.
http://www.solleftea.se/download/18.51eeb0c41417914585c2e80/1389360861016/UV-LJUS+I+SJUKV%C3%85RDEN.pdf
hämtad 2015-05-11.

Imkanal, branschrekommendation.
http://www.imkanal.se/
hämtad 2015-05-15.

Acticon, fett och luktreducering med UV-ljus.
http://www.acticon.se/se/teknik/teknik-och-design-for-storkok/fett-och-luktreducering-med-uv-ljus/
hämtad 2015-05-15.

Ozone Tech, högprestandasystem.
http://www.ozonetech.com/ozone-kitchen-exhaust/sv/storkoksguiden/hogprestanda/
hämtad 2015-05-15.

BBR
http://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsekvensutredning-bbr-22.pdf
hämtad 2015-05-26

Muntliga källor

Lindskog, Stefan. (2015) Affärsutvecklingschef. Utbildningsdag 2015-03-20. Ozone Tech Systems OTS AB. Göteborg

De Santa Izabel, Aline. (2015) Bioprocess Ingenjör. Mailkontakt och studiebesök. Bioteria Technologies AB. Stockholm

Almgren, Lars.(2015) Driftingenjör. Rundvisning, LCC och driftscheman. Wallenstam. Göteborg

Bilaga 1

Sida 1

Ozon-System_15år_Danilo.xls

LCC-Analys

Alt 1 - UV-lampor
Alt 2 - Keramisk ozon
Alt 3 - Inget åtgärd

Alla värden exklusive moms

Kalkylförutsättningar			**Källa**
Elpris	0,808	kr/kWh	BDAB
Fjärrkyla	1,059	kr/kWh	BDAB
Fjärrvärme	0,533	kr/kWh	BDAB
Alt 1: Byte av UV-rör+rengöring+sotning	59500	kr/år	
Alt 2: Sotning byte av celler & fläktar	34000	kr/år	
Alt 3: Sotning & rengöring	110000	kr/år	BDAB
	0	kr/år	BDAB
Kalkylränta:	6	% (real kalkylränta)	BDAB
Energiprisökning el	2	% (real)	BDAB
Energiprisökning fjärrkyla	2	% (real)	BDAB
Energiprisökning fjärrvärme	2	% (real)	BDAB
Inflation	0	%	
Prisökning; underhåll	0	% (real)	
Kalkylperiod = teknisk livslängd = brukstid			
Brukstid installation:	15	år	BDAB
a =värderingsfaktor energi	1	Normalfall	
b = värderingsfaktor underhåll	1	Normalfall	

Indata				*Källa*
Investeringskostnader				
Alt 1 - UV-lampor	Inv 1	131250	kr	BDAB
	Inv 2	0	kr	BDAB
Alt 2 - Keramisk ozon	Inv 1	127500	kr	BDAB
	Inv 2	0	kr	BDAB
Alt 3 - Inget åtgärd	Inv 1	0	kr	BDAB
	Inv 2	0	kr	BDAB
0	Inv 1		kr	BDAB
	Inv 2	0	kr	BDAB
Energiåtgång				
Alt 1 - UV-lampor	El	8760	kWh/år	BDAB
	Fjärrkyla	0	kWh/år	BDAB
	Fjärrvärme	0	kWh/år	BDAB
Alt 2 - Keramisk ozon	El	2190	kWh/år	BDAB
	Fjärrkyla		kWh/år	BDAB
	Fjärrvärme		kWh/år	BDAB
Alt 3 - Inget åtgärd	El	0	kWh/år	BDAB
	Fjärrkyla		kWh/år	BDAB
	Fjärrvärme	0	kWh/år	BDAB
0	El		kWh/år	BDAB
	Fjärrkyla		kWh/år	BDAB
	Fjärrvärme		kWh/år	BDAB

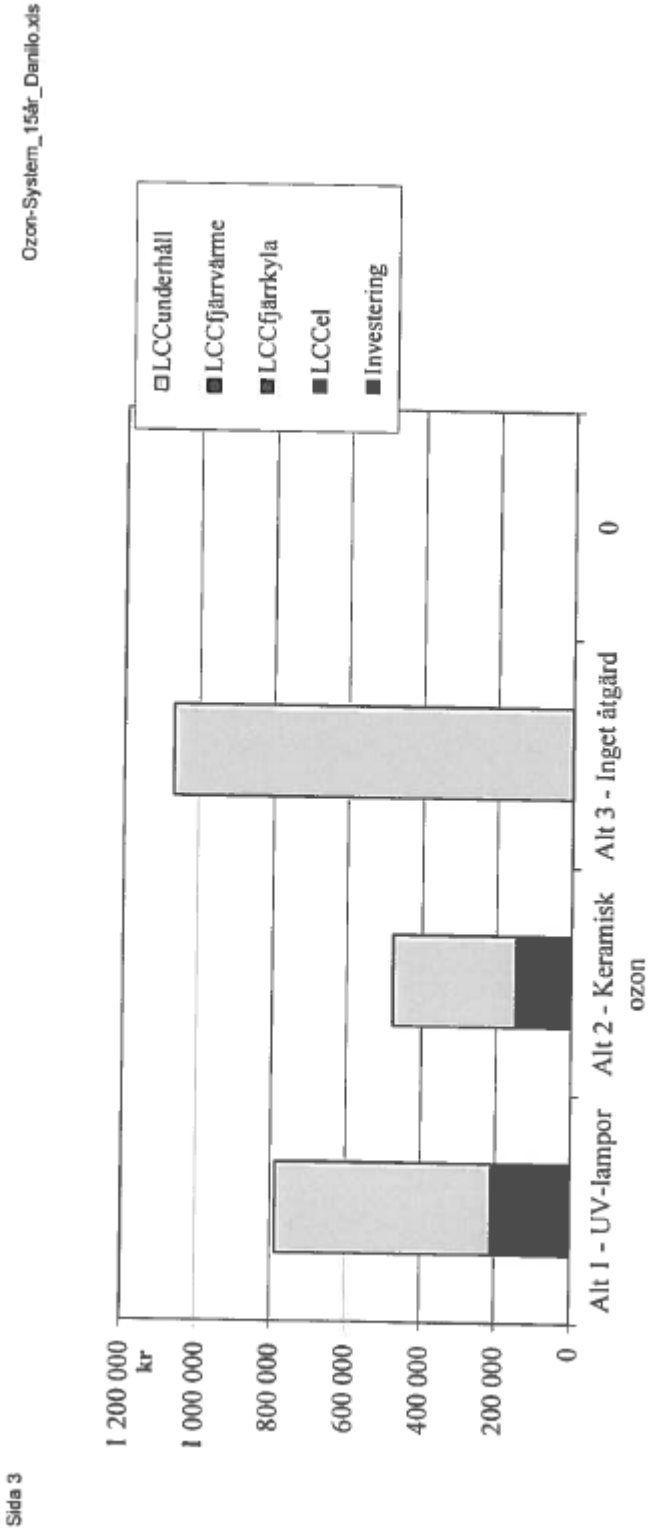
$$LCC_{TOT} = I + a \times LCC_E + b \times LCC_{UH}$$

Sida 1

Sida 2

Ozon-System_15år_Danilo.xls

	Alt 1 - UV-lampor	Alt 2 - Keramisk ozon	Alt 3 - Inget åtgärd	0	
Inv 1	131250	127500	0	0	kr
Inv 2	0	0	0	0	kr
Investering	**131 250**	**127 500**	**0**	**0**	**kr**
Kostnad el	7 078	1 770	0	0	kr/år
Kostnad fjärrkyla	0	0	0	0	kr/år
Kostnad fjärrvärme	0	0	0	0	kr/år
Summa energi	**7 078**	**1 770**	**0**	**0**	**kr/år**
Underhållskostnad/år	59 500	34 000	110 000	0	kr/år
Summa underhåll	**59 500**	**34 000**	**110 000**	**0**	**kr/år**
Nusummefaktor - el	11,12	11,12	11,12	11,12	-
Nusummefaktor - fjarrkyla	11,12	11,12	11,12	11,12	-
Nusummefaktor - fjärrvärme	11,12	11,12	11,12	11,12	-
Nusummefaktor - underhåll	9,71	9,71	9,71	9,71	-
a (energi)	1	1	1	1	-
b (underhåll)	1	1	1	1	-
LCC_{el}	**79 000**	**20 000**	**0**	**0**	**kr**
$LCC_{fjärrkyla}$	**0**	**0**	**0**	**0**	**kr**
$LCC_{fjärrvärme}$	**0**	**0**	**0**	**0**	**kr**
$LCC_{underhåll}$	**578 000**	**330 000**	**1 068 000**	**0**	**kr**
LCC_{TOT}	**788 000**	**478 000**	**1 068 000**	**0**	**kr**


Ozon-System_15år_Danilo.xls
Sida 3
1 200 000
kr
1 000 000
800 000
600 000
400 000
200 000
0
LCCunderhåll
LCCfjärrvärme
LCCfjärrkyla
LCCel
Investering
Alt 1 - UV-lampor
Alt 2 - Keramisk ozon
Alt 3 - Inget åtgärd
0

Bilaga 2

ÅR	Spolningskostnad (SEK)
2012	56 280
2013	30 894
2014	25 006