

Utvärdering och rekommendationer för reningsteknik avseende på lukt vid anläggningar för återvinning av organiskt avfall och kommunala reningsverk

Sten-Åke Barr, Henrik Bjurström, Markus Olofsgård,
Mårten Arbrandt, Ulrika Follin, Mattias Wesslau

**Utvärdering och rekommendationer för
reningsteknik avseende på lukt vid anläggningar
för återvinning av organiskt avfall och
kommunala reningsverk**

**Evaluation and Recommendation for Odour
Control Equipment at Waste Refinery Plants
Waste Water Treatment Plants.**

Sten-Åke Barr, Henrik Bjurström, Markus Olofsgård
Mårten Arbrandt, Ulrika Follin, Mattias Wesslau

Projektnummer WR55
År: 2013

WASTE REFINERY
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
www.wasterefinery.se
wasterefinery@sp.se
ISSN 1654-4706

Sammanfattning

Vid hantering av lättnedbrytbart organiskt avfall finns ett flertal aktiviteter som ger upphov till lukt. Bland annat har ett stort antal biogasanläggningar och komposteringsanläggningar uppförts. Många av dessa har haft problem med lukt och klagomål från grannar av denna orsak trots, att reningsanläggningar installerats för att komma till rätta med luktsläppen. Det kan också noteras att det räcker med några få klagomål, eller att någon enstaka granne engagerar sig i frågan, för att väsentligt försvåra ett projekt. Det beror på att miljömyndigheterna lätt blir osäkra eftersom det ofta saknas fakta i ärendet i form av mätunderlag och jämförelsetal.

Projektets syfte är att utvärdera idag installerade tekniker för luktreduktion med sensorisk analys (mätning med det mänskliga luktsinnet), se över ny teknik, och med utgångspunkt från dessa sammanställa en vägledning vid val av teknik för olika tillämpningar inom biologiskt avfall.

Projektet vill även skapa medvetenhet om möjligheterna att ställa funktionskrav vid inköp/upphandling av reningsutrustning. Med tillgång till prestanda för befintlig teknik är det lättare att ställa rimliga krav. Med väl definierade funktionskrav minskar risken för kostsamma felinvesteringar. Med rätt utrustning på rätt plats erhålls en mer optimerad drift av anläggningen och med god kunskap om luktreduktion ökar sannolikheten att luktproblematiken tas omhand på ett korrekt sätt, något som ökar acceptansen för anläggningen.

Det finns ett stort antal utrustningar installerade för att avskilja lukt från anläggningar för biologisk behandling inom såväl förbehandlingsprocesser, renodlade biogasanläggningar samt kommunala reningsverk med slamhantering i kombination med rötning av slammet. Slutsatsen från de luktmätningar som genomförts inom ramen för projektet är att den genomsnittliga avskiljningen av luktsämnen från dessa anläggningar är oacceptabelt låg (ca 55 % i genomsnitt). Det är svårt att finna andra områden där installerad reningsteknik fungerar sämre.

Orsaken till detta förhållande är flera. Dels kan man peka på tekniska orsaker, och dels på strukturella orsaker. Bland de tekniska orsakerna har konstaterats att tekniken ofta inte är anpassad för att lösa det aktuella problemet. Det kan bero på orsaker som att man valt fel teknik eller har en fel dimensionerad utrustning.

Den kanske viktigaste orsaken är att kunskapen är för låg hos anläggningsägarna vilket gör att billiga lösningar prioriteras framför teknikval som faktiskt löser problemet. Leverantörer får dessutom fritt spelrum när man inte har definierat problemet, tagit fram ett upphandlingsunderlag med kravspecifikationer på avskiljningsnivåer och inte heller följer upp effekten av installationen. Dessutom är denna typ av utrustning ofta behandlad med visst ointresse av anläggningsägarna vilket leder till minskad uppföljning och underhåll.

Nyckelord: Lukt, sensorisk analys, biologisk behandling, kommunala reningsverk, reningsteknik, luktaavskiljning.

Summary

With the development of Digester and Biogas plants and a growing market for waste incineration, the demand for biological waste is increasing in today's society. However, the handling of organic waste contributes to odor problems. Digester plants and composting plants have been particularly exposed to odor complaints. The complaints of odors are often extensive even though odor reducing equipment has been used. Often just a few odor complaints, or an engaged neighbor, will hold back a project because the Environmental authorities are unsure when they don't have all the necessary facts or results from measurements.

The objective of this project is to evaluate the odor control equipment in use today by using sensory analysis (measurements with the human sense of smell) and to review newer control technologies. The aim is to compile a guideline of how to choose a suitable odor control technology for different applications of biological waste.

This project is also intended to increase the awareness of plant owners on the demands they should make when purchasing new control equipment. With access to real and well-founded data of the performance of the equipment it is easier to make reasonable demands. The risk of bad investments will be reduced significantly with well-grounded data. Proper designed control equipment results in a smoother operation of the plant and with knowledge of the odor reduction the more likely is the plant owner to tackle any odor issues, resulting in higher acceptance of the plant.

Today many different types of odor reducing technologies are in use to reduce odors from biological treatment plants including pretreatment processes, biogas plants and municipal wastewater treatment plants with sludge treatment and decay of sludge. The conclusion from the odor measurements carried out within this project is that the average reduction of odors from these types of plants is remarkably low (on average 55 %). Such a low reduction level is usually not acceptable in other field areas.

There are a number of reasons that contribute to these circumstances. It is partly due to technical reasons and partly due to structural reasons. Among the technical issues is the fact that the control equipment is often not customized to solve the specific problem of the plant because of incorrect technology or an insufficient design of the control equipment.

However, the most important reason might be that the knowledge of plant owners on this issue is too low resulting in too simple solutions that will not solve the actual problem. When the odor problem has not been clearly defined the suppliers of control equipment have too much room for maneuver. The plant owner often shows a lack of interest in this type of equipment with minimal interest to investigate of how the requirements have been put into practice. With a procurement document the requirements of the reduction level can be specified with guidelines of how to follow up on the efficiency of the installed equipment.

Keywords: Odor, sensory analysis, biological treatment, waste water treatment plants, odor abatement.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	VÅRT LUKTSINNE	1
1.2	LUKT OCH LÄTTNEDBRYTBART ORGANISKT AVFALL	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR	2
1.4	MEDVERKANDE ORGANISATIONER	3
2	BAKGRUND	4
2.1	EN TILLBAKABlick	4
2.2	GENOMFÖRDA STUDIER RÖRANDE LUKT FRÅN BIOLOGISK BEHANDLING	5
2.3	ACCEPTABLA OMGIVNINGSHALTER	6
3	TEKNIKER FÖR LUKTAVSKILJNING	8
3.1	INLEDNING	8
3.2	ÅTGÄRDER I RÖTNINGSPROCESSEN FÖR ATT REDUCERA BILDNING AV LUKTÄMNE	8
3.3	KOMMERSIELLA TEKNIKER FÖR LUKTAVSKILJNING	11
4	UTVECKLINGEN INOM RENINGSTEKNIKERN	22
4.1	BIOFILTER	22
4.2	FOTOKATALYTISK OXIDATION	24
4.3	KEMISKA TILLSATSER	25
4.4	KOMBINERADE BEHANDLINGAR	25
5	MATERIAL OCH METODER	27
5.1	PROVTAGNING	27
5.2	LUKTANALYS MED DYNAMISK OLFAKTOMETRI	28
5.3	MÄTOSÄKERHET	29
6	RESULTATREDOVISNING AV GENOMFÖRDA LUKTMÄTNINGAR	30
7	RESULTATANALYS	37
7.1	RESULTATSAMMANFATTNING	37
7.2	UPPMÄTTA FUNKTIONEN HOS OLIKA RENINGSTEKNIKER	38
7.3	STRUKTURELLA BRISTER	51
8	SLUTSATSER	53
9	REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDNING	54
10	LITTERATURREFERENSER	56
BILAGA A	METODBESKRIVNING IUKTMÄTNING	
BILAGA B	MÄTRAPPORTER	
BILAGA C	HANDBOK FÖR UPPHANDLING AV LUKTRENINGSUTRUSTNING	

1 Inledning

1.1 Vårt luktsinne

Lukt har en förmåga att engagera människor. Detta har bland annat sin förklaring i att människans luktsinne har utvecklats under generationer för att säkra överlevnaden. Bland annat har människan ett välutvecklat luktminne och en stark associationsförmåga kopplat till olika lukter.

Luktsinnet är det kanske det minst utforskade av våra sinnen och så sent som 2004 fick Axel och Buck Nobelpriset i fysiologi (medicin) för upptäckten att vi i våra luktreceptorceller i näsans slemhinna har ungefär tusen olika typer av luktreceptorer. Varje typ av luktreceptor är specialiserad och kan endast känna av ett begränsat antal doftämnen. I vår arvs massa finns en hel familj av gener som ger upphov till dessa olika receptorer.

Varje typ av receptor är förbunden till ett eget område i hjärnans primära luktcentrum. Signalerna från detta luktcentrum skickas sedan vidare till andra delar av hjärnan där informationen kombineras till en upplevelse av en doft. Varje urskiljbar doft kan alltså sägas vara en unik kombination av signaler från de grundläggande receptortyperna.

Den individuella känsligheten för lukt är stor. Vissa personer har ett välutvecklat luktsinne, medan andra personer har lägre känslighet. Detta betyder att känsligheten för lukt väsentligt varierar mellan olika individer. Den stora individuella variationen begränsar den statistiska belagda skillnaden i luktsinne mellan olika individer till att den avtar med åldern. Den individuella skillnaden påverkas också av att man ofta blir mindre känslig för de lukter man har kring sig i vardagen.

Det finns med andra ord en fysiologisk förklaring till det starka engagemang man möter hos grannar som upplevt obehag och oro på grund av lukt.

1.2 Lukt och lättnedbrytbart organiskt avfall

Vid hantering av lättnedbrytbart organiskt avfall finns ett flertal aktiviteter som ger upphov till lukt. Ett stort antal biogasanläggningar och komposteringsanläggningar har uppförts i Sverige under senare år. Många av dessa har haft problem med lukt och klagomål har framförts av grannar, trots att reningsanläggningar installerats för att komma till rätta med luktutsläppen. Vad ÄF erfar har de flesta rötningsanläggningar någon gång haft klagomål på lukt. Detta har orsakat problem både för befintliga anläggningar och för planering av nya verksamheter. Således är risken stor att acceptansen för denna typ av verksamhet minskar och alltmer ifrågasätts av kringboende om dessa anläggningar även fortsättningsvis orsakar störande lukt.

En orsak är att när städer byggs allt tätare och expanderar mot de områden som används för verksamheter som avloppsreningsverk och anläggningar för biologisk behandling, så kommer allt fler bostäder så nära att luktstörningar uppstår och det riktas klagomål mot de

anläggningar som släpper ut luktande ämnen. Människor i närområdet upplever dels ett obehag av lukten, men känner även oro för sin egen hälsa då de är osäkra på vad det är som luktar och vilka effekter det kan tänkas ha. Det kan ju också noteras att det räcker med några få klagomål eller att någon enstaka granne engagerar sig i frågan för att väsentligt försvåra ett projekt. Det beror på att miljömyndigheterna lätt blir osäkra eftersom det ofta saknas fakta i ärendet i form av mätunderlag och jämförelsetal.

Väl fungerande luktreduktionsutrustningar minskar obehag och oro samt ökar acceptansen för anläggningen.

I samband med mätning och kartläggning har ÅF kommit i kontakt med ett flertal olika tekniker för att reducera lukt. I de fall där funktionen på sådana anläggningar har varit möjlig att mäta har så gjorts. Resultatet har varit väldigt varierande, även i de fall där utrustningen har upplevts som funktionell har mätningar i vissa fall kunnat visa på låg eller ingen reningseffekt. Ibland är funktionen till och med negativ, det vill säga att det luktar mer efter reningsanläggningen än före.

Orsaken torde vara att kunskapsnivån vad avser luktreduktionsutrustning generellt sett är låg, bland annat beroende på att rutiner för uppföljning av funktionen hos anläggningarna ofta saknas. Detta har då inneburit att många dåligt fungerande anläggningar - vad gäller luktreduktion – finns ute på anläggningarna för biologisk behandling och avloppsvattenrening.

Härutöver har det under de senaste åren skett en teknikutveckling som indikerar på att ny reningsteknik, exempelvis vissa inbyggda biofilter, oxidationsutrustningar samt fotooxidation med efterföljande kolfilter, är väsentligt mer effektiv än den som idag ofta återfinns inom befintliga anläggningar.

1.3 Avgränsningar

Projektet omfattade enbart luktande ämnen och deras bidrag till luktbilden. Andra utsläpp och andra effekter av luktande ämnen berördes inte. Vidare har tekniken enbart utvärderats med sensorisk analys. Ingen kemisk analys av luft har genomförts då det inte anses som relevant för projektet. Projektet har fokuserat på utrustningar för avskiljning av luktämnen men även olika processlösningar diskuteras.

Inom ramen för projektet har mätningar före respektive efter användandet av den aktuella tekniken genomförts. På så sätt har ett värde på såväl avskiljningsgrad som resthalt luktämne uttryckt som (l.e./m³) erhållits, mätt med en standardiserad sensorisk metodik.

Projektet har inte berört effekten av att olika lukter blandas och hur detta uppfattas hos kringboende.

1.4 Medverkande organisationer

1.4.1 Finansierare

För att kunna genomföra denna studie har följande organisationer bidragit med medel:

- Waste Refinery
- ÅForsk
- Svenskt Vatten
- Jönköpings Kommun
- Borås Energi -och Miljö
- Skellefteå Kommun
- Käppala
- Gryaab
- Helsinki Region Environmental services
- Uppsala Vatten
- Stockholm Vatten
- Vimmerby Energi och Miljö
- Cambi (leverantör av biogasanläggningar)
- VASYD

Härutöver har såväl Mälarenergi, Skövde Biogas, Renova och NSVA varit kopplad till projektet.

Reningsteknikleverantören Centriair ställde upp med en provrigg för att genomföra pilotstudier vid en biogasanläggning, men denna del kunde inte genomföras då den utvalda biogasanläggningen hamnade i konflikt med sin entreprenör under övertagandet.

1.4.2 Referensgrupp

En extern referensgrupp tillsattes och tre konstruktiva möten avhölls under projektets löptid. Följande personer medverkande i denna projektgrupp:

- Anders Fransson, Borås Energi och Miljö
- Nanna Bergendahl, Renova
- Stig Karlsson, Länsstyrelsen i Västra Götaland
- Douglas Lumley, Gryaab
- Charlotta Skredsvik Raudberger, Jönköpings Kommun
- Mikael Runeson, CAMBI

2 Bakgrund

2.1 En tillbakablick

Utsläpp av luktande ämnen har varit ett problem under hela den industriella eran. De första stora industriella luktkällorna var sannolikt sulfatbruken. I samband med att Värö bruk projekterades i början av 1960-talet utlovades att den första luktfria fabriken skulle byggas. Sedan dess har skogsindustrin investerat stora belopp för att minska utsläppen av luktande ämnen.

I PM 1619 som Naturvårdsverket publicerade 1984 noterades att det fanns ett stort antal anläggningar i Sverige där klagomål på lukt förekommit. De viktigaste verksamheterna då var; djurhållning, kommunala avloppsreningsverk, anläggningar där lösningsmedel användes, konverteringsanläggningar (köttmjöl och benmjöl), plastbåtstillverkare, skogsindustrier samt olika livsmedelsindustrier som kafferosterier, rökerier m.m.. För att avgöra effekten av de olika utsläppen genomfördes vanligtvis kemisk analys samt efterföljande jämförelse med i litteraturen angiven luktröskel för de identifierade ämnena. Härtill genomfördes då och då luktbesvärundersökningar genom att man engagerade kringboende som fick fylla i formulär om lukt och besvärsgard.

Under 1970-talet genomfördes de första sensoriska analyserna av luftutsläpp. Pionjär inom området i Sverige var Thomas Lindvall på IVL samt B Berglund och U Berglund på Psykologiska institutionen vid Uppsala Universitet. En särskild buss konstruerades för att åka runt med studenter som paneldeltagare och genomföra sensorisk analys på olika platser.

Under 1980-talet installerades mycket utrustning för att reducera utsläppen av luktande ämnen från olika verksamheter. Framförallt rörde det sig om installationer på industriella anläggningar och ofta med fokus på att minska utsläppen av organiska lösningsmedel. Jordbrukstekniska institutet i Uppsala genomförde ett projekt kring biofilter för luktreducering och publicerade rapporten 1986 (JTI- rapport 76). På kontinenten hade de första biofiltren installerats redan på 1950-talet. JTI studerade även hur man minskar lukt från flytgödselbehållare vid denna tidpunkt. ÅF samarbetade med bl.a. med Ulf Berglund i ett projekt rörande lukt från komposteringsanläggning i Borlänge 1987 och konstaterade redan då att det var svårt att korrelera de kemiska analyserna med de sensoriska.

Naturvårdsverket redovisade i sin rapport 3583 hur biofilter kan användas för avskiljning av luktämnen. Denna rapport innehåller den första uppföljningen vad gäller biofilter med modern sensoriskt utspädningsmetodik. Resultatet visar på förhållandevis låga avskiljningsgrader, 72 respektive 63 %, vilket inte stämmer överens med de kemiska analyserna som fokuserar på svavelväteuppföljning. Sannolikt beror det på att man delvis fokuserar på fel parametrar då den resterandeluktnivån efter biofilter ofta innehåller andra ämnen som påverkar luktstyrkan.

Under 1980-talet introducerades även den tyska standarden för luktmätning i Sverige, vilket betydde att man började standardisera de sensoriska luktmätningarna. Denna har sedan legat till grund för den europeiska standarden för luktmätning (SS-EN 13725) som antogs i början av 2000-talet varefter det blivit enklare att jämföra resultat från olika studier.

2.2 Genomförda studier rörande lukt från biologisk behandling

I JTI rapport Nr 26, 2001 ”*Undersökning av luktreducerande system och deras effekter i storskaliga biogas- och komposteringsanläggningar i Europa.*” presenteras en litteraturstudie över befintliga biogas- och komposteringsanläggningar i Sverige och i övriga Europa. I rapporten konstateras bland annat att luktolägenheter förekommit i större eller mindre utsträckning kring alla kontaktade anläggningar för biologisk avfallsbehandling. Man noterar också att lokaliseringsfrågan inte varit särskild prioriterad i samband med etablering av anläggningar för biologisk behandling.

I JTI rapport Nr 29, 2003 ”*Utvärdering av två metoder för luktreducering av komposterbart avfall från livsmedelsbutiker*” studeras ozonbehandling samt tillsats av ett särskilt preparat benämnt ”Ambio-Dor” bestående av två stammar av jordbakterier som sprutas över materialet. Man konstaterade då bara en marginell förbättring med de båda metoderna, 20 % luktreduktion (ozon) respektive 9 % (Ambio-Dor).

Avfall Sverige redovisade i Rapport B2007:4 ”*Åtgärder mot lukt. Erfarenheter från svenska anläggningar för behandling av bioavfall*” en sammanställning över olika metoder för att minska lukten från biologiska behandlingsanläggningar. Samtliga kommersiella metoder beskrevs översiktligt inklusive kostnadsberäkningar. Tyvärr genomfördes vare sig luktmätningar eller andra mätningar så funktionen kunde inte värderas. Här finns dock bra sammanställningar med rekommendationer på olika tekniker. Det kan noteras att projektet omfattade 36 olika anläggningar för biologisk behandling och att 15 av de 21 komposteringsanläggningarna samt samtliga 15 rötningsanläggningar har genomfört luktreducerade åtgärder. Då mätunderlag saknas för de flesta av anläggningarna går det inte att klarlägga vilka tekniker som fungerar väl i detta sammanhang.

Waste Refinery genomförde 2007 en studie för att utvärdera lämpliga mätmetoder för att kartlägga luktemissioner i ett par anläggningar för biologisk behandling. WR-03 ”*Förberedande metodutveckling för att kartlägga spridning av lukter och luktämnen från biologisk behandling av avfall.*” Projektet fokuserade på kemisk karaktärisering av de luktande ämnen samt ”sniff”-analyser, det vill säga man separerar de ingående ämnena genom gaskromatografi och luktar på de enskilda ämnena. Resultatet gav liknande resultat som de mätningar som genomfördes av ÅF/Berglund/Psykologiska Institutionen 1987 i det att liknande kemiska föreningar identifierades som luktande.

Analysmetodiken som togs fram i ovanstående projekt användes även i Projekt WR-26 ”*Luktreduceringsgrad hos biofilter, fältmätningar*” 2010. I denna undersökning kompletterades dock de kemiska analyserna och ”sniff”-analyser med sensoriska analyser för att mäta den samlade lukstyrkan. Här noterades, som bäst, luktaavskiljningsgrader mellan 91 och 99 %, medan en sämre anläggning enbart lyckades avskilja mellan 10 och 30 % av lukten. I projektet följdes en rad driftparametrar upp vid de olika biofiltren och man kunde

konstatera att om driftsparametrarna låg utanför rekommenderade värden/nivåer ökade utsläppet av luktämnen.

Som noterats ovan har det genomförts många olika typer av utredningar och sammanställningar men ingen av dessa har baserat slutsatserna på hur det mänskliga luktsinnet reagerar efter behandling i olika typer av reningsutrustningar.

2.3 Acceptabla omgivningshalter

I Sverige finns inga riktlinjer vad gäller lukt. I ovan nämnda SNV PM 1619 från 1984 nämns att *"Av de anläggningar som hittills studerats, har det visat sig att klagomål på lukt förekommer om lukttärskeln överskrider en eller ett par procent av tiden."* Detta baserades då huvudsakligen på erfarenheter från 1970-talet och betydde att under 1980- och 1990-talen genomfördes ett stort antal frekvensspridningsberäkningar för att jämföra med 1 % -nivån.

I Danmark används generella gränsvärden vad gäller acceptabel maximal luktkoncentration vid bostäder. Enligt den danska vägledningen (*Miljøstyrelsen, 1985, Begrensning af lugtgener fra virksomheder*) skall skorsten och/eller reningsåtgärder utformas så att maximala koncentrationer av luktande ämnen (som minutmedelvärden) inte överskrider en nivå om 5-10 gånger lukttärskeln, dvs. 5-10 l.e./m³. Under 2013 kom även generella riktvärden för Norge med motsvarande nivåer. Dessa är dock uttryckta som timmedelvärden.

I industriområden kan under vissa omständigheter högre koncentrationer accepteras. I andra länder använder man liknande begränsningar. I följande tabell redovisas några exempel på detta.

Tabell 2-1 Omgivningsgränsvärden för lukt

Table 2-1 Limits in ambient odour concentrations

Område/region/land	Omgivningsgränsvärde (l.e./m ³)	Medelvärdes tid	Procent
Danmark	5 - 10	En minut	99
Norge	1-2	En timme	99
Auckland, New Zealand	2	En sekund	99,9
San Diego WWTP	5	Fem minuter	99,5
Tyskland	1	En timme	99,9
Holland	1-5	En timme	98

Praktiska erfarenheter från luktmätningar, utförda spridningsberäkningar och korrelationer av resultaten visar på att närboende upplever luktfrihet först när haltnivån underskrider 0,2-0,5 l.e./m³ vid en minuts samplingstid. Detta har sannolikt att göra med att luktupplevelsen är momentan och väsentligt kortare än en minut.

3 Tekniker för luktavskiljning

3.1 Inledning

I syfte att minska bidraget av lukt från biologisk behandling eller från reningsverk kan man antingen försöka åtgärda själva orsaken till att lukt uppkommer alternativt att åtgärda lukten med hjälp av olika tekniker efter det att bildningen av luktämnen skett. Prioritetsordningen för åtgärder borde vara att först förebygga att lukt uppkommer, och därefter behandla problemet med s.k. end-of-pipe lösningar, vilka är den huvudsakliga inriktningen på denna studie.

Förebyggandet kan innebära t.ex. att hantera materialet lufttätt och täta läckage av luktande luft från olika delar av verksamheten, att ändra processen så att lukten inte uppstår, att välja råvaror som inte ger upphov till lukt under nedbrytningen eller efter denna. Att välja bort utgångsmaterial är inte möjligt när man behandlar avfall, men genom kunskap om vilka de känsliga materialen är så går det att förebygga genom att påverka hanteringen av dessa material.

3.2 Åtgärder i rötningsprocessen för att reducera bildning av luktämnen

3.2.1 Rötningsprocessen

3.2.1.1 Inledning

Målen för rötningen av biologiskt nedbrytbart material är flera:

- Nedbrytning av organiska ämnen
- Hög produktion av biogas
- Minimering av mängden fast återstod efter rötningen (rötrest)
- Kostnadseffektivt utnyttjande av utrustningen
- Minimal mikrobiologisk risk
- Goda avvattningsegenskaper hos återstoden
- Inga problem med lukt från rötningen eller från den fasta återstoden
- Høgt utbyte till en låg kostnad

Utvecklingen av rötningsprocessen har under åren syftat till att förbättra ett eller flera av ovanstående mål.

3.2.1.2 Val av rötningsprocess

Vad gäller rötning av slam från avloppsreningsverk användes initialt den så kallade mesofila anaeroba rötningen (MAD, mesophilic anaerobic digestion). Denna sker vid en temperatur om ca 35°C. Enligt litteraturen var då huvudsyftet att reducera lukten från slammet.

Med tiden har ytterligare krav ställts på behandlingen, bl.a. behandling av patogener som *E. coli* och salmonella, vilket kräver hygienisering eller pastörisering genom upphettning till höga temperaturer. Genom att höja temperaturen (termofil rötning, TAD, thermophilic anaerobic digestion) kan kravet tillfredsställas.

Detta beror bland annat på att en snabbare rötning ger ett högre flux av illaluktande gaser (framför allt flyktiga fettsyror). Temperaturkänsligheten hos mikroorganismer ställer krav på temperaturstyrningen. I praktiken uppnås en mer långt gången nedbrytning av slammet med en termofil rötning, men det rötade slammet (återstoden) kan ändå avge mer luktämnen än om behandlingen varit mesofil.

De metanproducerande bakterierna som konkurrerar med svavelreducerande bakterier slås ut över 49°C. Förbrukningen av polymerer vid avvattningen sägs också vara högre vid termofil än vid mesofil rötning. (Carballa M, *m. fl. Water Sci. & Technol. Vol. 53, nr 8, sid. 109-117*; Kim J, *m. fl. J. Environ. Eng. 137, nr 8, 2011, sid. 746-753*; Willis *m. fl. Advances in thermophilic anaerobic digestion, Proc. WEFTEC 2006*; Wilson C A, Murthy S N & Novak J T; 2008)

3.2.1.3 Förbehandlingar

Förbättringar av behandlingen med avseende på den uppsättning egenskaper som man styr mot kan åstadkommas genom att förbehandla materialet som skall rötas eller genom att kombinera flera processteg.

Exempel på mer avancerade processer i syfte att förkorta behandlingstiden och förbättra produkterna:

- Första steget av rötningen (hydrolysen) sker i en termofil rötning, som utöver den snabbare hydrolyseringen även förstör patogener, och metanproduktionen i ett mesofilt steg som följer på detta
- En termofil rötning kan utföras i flera steg, t.ex. fyra steg eller på varandra följande batcher (Kim m.fl., 2011)
- Förhållanden i det första termofila steget kan göras alkaliska eller sura
- Förbehandlingarna i syfte att bryta upp cellstrukturen i utgångsmaterialet och därmed underlätta rötningen (kortare genomloppstid) av annars svårnedbrytbara ämnen
- En anaerobisk rötning kan följas av ett aerobiskt steg

Bland de aktuella förbehandlingarna finns en s.k. termohydraulisk behandling (TPAD, thermal pretreatment anaerobic digestion), varav Cambiprocessen är ett exempel. I denna process utsätts utgångsmaterialet för ånga, hög temperatur och högt tryck i en autoklav varvid samtidig förbehandling och hygienisering erhålls. Cellerna sprängs i samband med den plötsliga tryckreduceringen efter processen vilket ökar koncentrationen av

bionedbrytbart material in till den efterföljande mesofila rötningen. Dessa två steg är hopbyggda, vilket minskar risken för luktläckage.

Alternativa metoder att bryta ned celler och biofilmer är med hjälp av ultraljud (inte lika effektiv för patogener), hydrolys i sur (Neyens m.fl. 2003a) eller basisk miljö (Neyens m.fl. 2003b; Yu m. fl. 2008), partiell oxidation med ozon (Sievers m.fl., 2004) eller väteperoxid (Neyens m.fl., 2003c).

Ett intryck efter en granskning av litteraturen är att metoder som intensifierar rötningen ofta leder till bättre tekniska egenskaper, som exempelvis avvattningsförmåga, hos slutprodukten. Mindre lukt från slutprodukten innebär också högre koncentrationer av tillgängliga nedbrytbara ämnen i processen, med risk för ökad lukt från processens olika delar.

Nettoavgången av lukttämnerna kan vara lägre men mer koncentrerad i tid jämfört med den konventionella mesofila rötningen som pågår under en längre tid. En ofullständig nedbrytning i rötningen lämnar material i rötresten som kan avge lukt när biofilm eller celler skadas, t.ex. i en frys-tö cykel (Kumar m.fl., 2006).

En mesofil rötning lämnar mycket nedbrytbara ämnen kvar, medan en termofil rötning är något mer effektiv. En termisk förbehandling med ånga vid högt tryck förstör effektivt denna biofilm och gör beståndsdelarna tillgängliga för den efterföljande nedbrytningen under rötningen.

Ofta ligger fokus vid utveckling på hygieniseringen eller avvattningen av den fasta återstoden (rötresten), och lukt är en sidofråga, varför effekten på lukt inte alltid framgår ur rapporter.

För en termisk förbehandling följt av en mesofil rötning konstaterades dock en väsentlig minskning av lukten med 70-90 % (Wilson m.fl., 2008).

3.2.2 Tillsatser till rötningsprocessen i syfte att binda lukttämnerna

3.2.2.1 Bildning av reducerade svavelföreningar

Svavelväte och merkaptaner (metantio¹, MT, dimetylsulfid, DMS och dimetyldisulfid, DMDS) är bland de ämnen som är mest besvärande i luften från rötningsanläggningar eller från upplag av organiskt, biologiskt nedbrytbart material. De kallas för VOSC² i den engelskspråkiga litteraturen.

Om substrat med ett lågt innehåll av proteiner används är produktionen av svavelväte i intervallet 10–100 mg/Nm³, för flyt gödsel, i intervallet 2 500–4 000 mg/Nm³ och för avfall

¹ Även kallad metylmerkaptan

² VOSC, volatile organic sulfur compounds

från livsmedelsindustrin upp till 80 000 mg/Nm³ (Straka m.fl., 2007). Slam från avloppsreningsverk producerar mindre VOSC än flytgödsel.

Aminosyrorna cystein och metionin i proteinerna är de huvudsakliga källorna. Metionin är en essentiell aminosyra (människan och djuren kan inte syntetisera den) medan cystein syntetiseras från metionin hos djuren (inkl. människan).

Noterbart är att proteiner inte är den enda källan till svavel i en nedbrytningsprocess. Lukten från flera svavelorganiska föreningar brukar beskrivas som ruttnade kål, ruttnade lök eller ruttnade grönsaker, men det är sällan proteininnehållet som är källan. Växter tar upp sulfat genom rötterna, men även svavelväte och gasformiga svavelföreningar från atmosfären genom bladverket i bristsituationer (se t.ex. de Kok m.fl., 2009, Saito, 2004).

3.2.2.2 Effekter av tillsatser i rötningsprocessen

Tillsatser av järn (Fe^{III}) eller aluminium minskar avgången av svavelväte genom att fälla den som sulfider (Zhang m.fl., 2008, Adams m.fl., 2008).

Järnklorid har visat sig mest effektivt, men ofta krävs så höga halter (10 %) att det inte är ekonomiskt försvarbart.

Några luktmätningar för att klargöra effekten av förbehandlings- eller tillsatser av järnklorid har inte genomförts inom ramen för denna studie.

3.3 Kommersiella tekniker för luktavskiljning

I följande avsnitt redovisas generellt vilka tekniker som används kommersiellt för att minska utsläppen av luktande ämnen.

För rening av luft innehållande varierande luktämnen, finns erfarenheter av ett antal olika reningsprinciper. De olika huvudprinciperna är följande:

1. Absorption
2. Adsorption
3. Biofilter
4. Jonisering
5. Ozonisering
6. Oxidation
7. UV-fotooxidation

I det följande lämnas en närmare presentation av de olika teknikerna

3.3.1 Absorption (skrubber)

Absorption eller skrubbing innebär en process vid vilken ett gasformigt ämne löses i en vätska. Själva absorptionsprocessen utformas oftast så att gasströmmen kontaktas av vätskefasen i ett motströmsförhållande i en absorptionskolonn. Beroende på hur absorptionsprocessen utformas kan man särskilja ett antal kommersiellt tillämpade absorptionssystem:

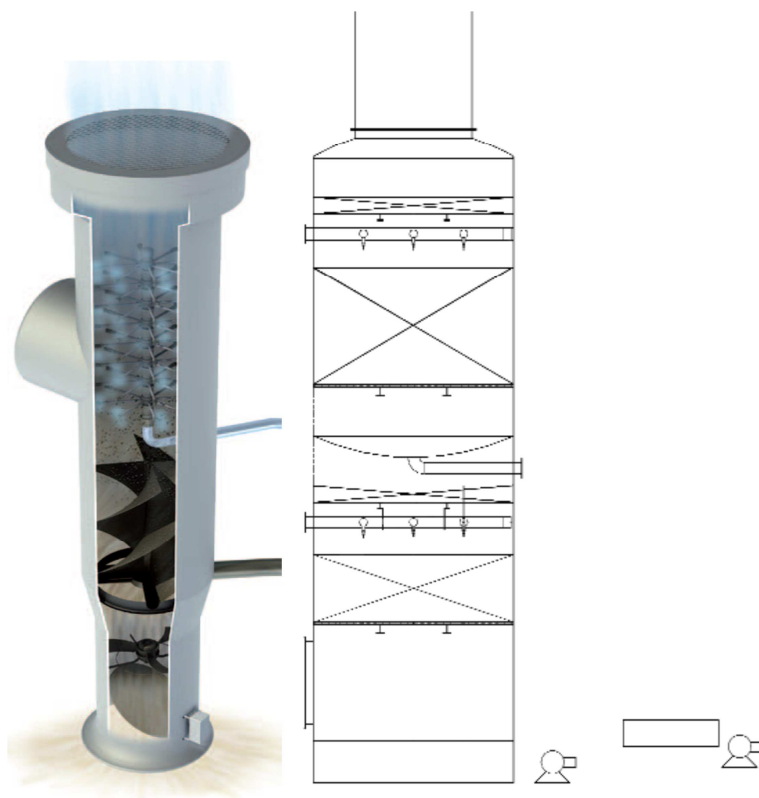
- Absorption i rent vatten
- Absorption i vatten med kemikalietillsatser
- Absorption i bioskrubber
- Absorption i en organisk fas

För att åstadkomma en hög effektivitet på en skrubberanläggning skall halten på de ämnen som skall avskiljas vara hög och den använda skrubbevätskan ha lågt innehåll av ämnena som skall avskiljas. För att åstadkomma detta kan skrubbern i extrema fall tillföras ren vätska som efter absorption leds till slutbehandling eller avlopp.

Det normala är dock att vätskekretsen cirkulerar och att föroreningarna tas ur systemet genom destruktion eller omvandling. Även avdrivning eller destillation kan förekomma.

För att få god överföring från gas till vätska brukar man låta vätskan rinna genom en inre struktur, fyllkroppar, i en absorptionskolonn. Det är också möjligt att duscha luftströmmen med dysor.

I det följande figur visas två olika typer av skrubbers som återfinns på marknaden.



Figur 3-1 Två typer av skrubbrar, dels s.k. Helix skrubber och dels en tvåstegs skrubber.

Figur 3-1 Two types of scrubbers, one Helix scrubber and one two-step scrubber

Absorption i rent vatten används där lättlösliga föreningar förekommer. Exempel på detta är saltvattenskrubber som i stor utsträckning används i Norge för att hantera luktutsläpp från verksamheter lokaliserade vid havet.

Kemisk skrubbing innebär ofta att alkalier alternativt syror tillförs vid syra/basreaktioner medan oxidationsmedel som väteperoxid, ozon eller hypoklorit ofta används då organiska ämnen skall destrueras. Här ökar förutsättningarna att avskilja ingående ämnen.

För organiska ämnen med endast begränsad vattenlöslighet kan istället ett utnyttjande av organiska absorptionsvätskor vara möjligt. System med organiska skrubbevätskor måste vidare kombineras med upparbetning, av typ destillation eller extraktion, för att kunna recirkulera skrubbevätskan. Denna extra hantering fördyrar kraftigt användande av absorption som reningsmetod. Denna metod är inte aktuell för reduktion av luktemissionen, dels beroende på att metoden är alldeles för dyr i förhållande till alternativa metoder, dels för att luktämnen i regel är förhållandevis vattenlösliga.

Biologisk skrubbing innebär istället att destruktion av ämnena ifråga sker genom mikrobiologisk aktivitet. Fördelen med biologisk skrubbing är, i jämförelse med den kemiska skrubben, att det erhållna skrubbevattnet i regel enkelt kan avbördas till

kommunalt reningsverk utan några särskilda åtgärder. För att säkerställa att inga miljömässigt besvärliga ämnen bildas rekommenderas pilotförsök innan installation. Ett skrubbersystem för biologisk behandling av en luftström innebär i regel högre investeringskostnader, men vanligtvis lägre driftskostnader.

Biologisk skrubbing utnyttjas därför framför allt då större luftströmmar skall behandlas, medan kemisk skrubbing i huvudsak utnyttjas vid lägre luftflöden. Biologisk skrubbing utnyttjas främst vid behandling av luktande luftströmmar, exempelvis luft från reningsverk. Systemet är ofta känsligt för störningar.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att det finns många installationer av kemiska skrubbrar för luktdestruktion, ofta en kombination av oxidativt steg och ett neutraliseringssteg. Tidigare användes ofta hypoklorit som oxidationsmedel medan det numera är vanligare med ozon eller väteperoxid. Även om de kemiska skrubbrarna ofta är välfungerande - om man har kontroll över pH och redoxpotentialen i vattenflöden - är det svårt att komma ner i låga resthalter av lukt, vilket begränsar användbarheten.

Erfarenheten av bioskrubbrar är begränsad då denna typ av skrubber är förhållandevis ovanlig. Enligt ÅF:s erfarenhet från egna pilotstudier är att effekten är sämre än med kemiska skrubbrar.

3.3.2 Adsorption på aktiverat kol

Vid adsorption binds de i gasen förekommande föroreningarna till adsorbenten med ganska svaga krafter (van der Waals-krafter). Reaktionen blir härigenom reversibel och föroreningarna kan frigöras (desorberas) från adsorbenten genom att energi tillförs. För adsorption av ämnen ur luft används i kommersiella sammanhang för närvarande aktiverat kol och zeoliter.

Aktiverat kol är vanligast och det är med denna adsorbent den största industriella erfarenheten vunnits. Fördelen med detta material är att det är en förhållandevis billig adsorbent. Aktiverat kol har dock en del begränsningar, exempelvis kan nämnas en låg högsta möjliga desorptionstemperatur, vilket innebär risk för anrikning av svärflyktiga komponenter på kolfiltret.

I samband med luktreduktionsinstallationer används sällan desorptionsprocesser. Istället används jungfruligt aktivt kol som byts ut när adsorptionseffekten avtar. Konventionella aktiverade kolfilter har en förhållandevis låg adsorptionsförmåga för de här aktuella ämnena som svavelväte och merkaptaner. För reduktion av korta reducerade svavelföreningar som svavelväte och merkaptaner kan katalytiskt aktiverat kol användas. Ofta impregneras då kolet med lut, vilket medför att den reducerade svavelföreningen kan oxideras till elementärt svavel.

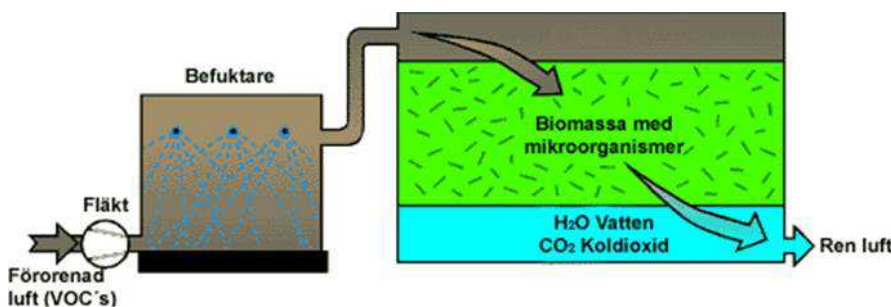
Aktiverat kol används framgångsrikt för destruktion av luktande gas från anläggningar för biologisk behandling. Kolet måste dock bytas ut när det börjar bli mättat annars förloras

funktion helt. Vidare är det viktigt att notera att höga fukthalter i den behandlade luften helt kan förstöra funktionen för luktavskiljning.

3.3.3 Biofilter

I biofilter sker nedbrytningen av organiska ämnen av mikroorganismer vidhäftade ett bärarmaterial.

Förutsättningarna för att ett biofilter skall vara användbart är att de organiska ämnena ifråga kan överföras och adsorberas på filtermaterialet. Om ämnet är vattenlösligt underlättas överföringen. Dessutom måste ämnet kunna brytas ned av mikroorganismerna. Nedbrytningsprodukterna från den mikrobiologiska processen får dessutom inte hämma den primära nedbrytningen. Biofiltret eller biobädden utgörs vanligen av en befuktad bädd, bestående av exempelvis bark, torv, ljungrötter eller något annat biologiskt material. Dessutom används ofta något poröst mineraliskt material som Leca kulor. Före passagen genom bädden befuktas luften och ofta måste även reglering av ingående temperatur till nivån 20-35°C göras.



Figur 3-2 Principskiss över biofilter

Figure 3-2 Principal of design for a biofilter

Utformningen av biofilter varierar med de lokala förutsättningarna, men den konventionella typen av anläggning består av en dränerad yta avskärmad med cementväggar. Vissa lösningar innebär att luften passerar uppifrån och ned, andra att luften passerar nedifrån och upp. I det senare fallet installeras då utrustning på botten av bädden för luftdistribution som kan fördelas över biobädden. Biobäddens djup varierar, men vanligen är den i nivån 0,5-2,5 m. Areabehovet för denna typ av anläggning blir normalt sett stort, men platsbehovet kan reduceras med olika tekniska lösningar.

Korrekt dimensionerade biologiska filter har miljömässiga fördelar eftersom de enbart släpper ut vattenånga och koldioxid till atmosfären. Koldioxid bildas som en nedbrytningsprodukt både från de gaser som renas och från omsättningen av själva filtermaterialet.

De flesta installerade biofilter är öppna och fyllda med bark och emitterar luften direkt ovan bädden. Detta innebär att det lätt kan uppstå snedfördelning av luftflödet genom

anläggningen och zoner med sämre funktion kan lätt uppkomma. I följande bild visas dessutom hur det kan se ut en kall vinterdag då oönskat skikt fryst, vilket helt hindrar luften från att tränga igenom filtret.



Figur 3-3. Barkfilter en kall vinterdag

Figure 3-3 Barque filter a cold winter day

En annan typ av filter är inbyggda och dessa medger större kontroll över filterbäddens status. Utformningen av dessa filter kan dessutom anpassas till omgivningen på bättre sätt, se följande bild.



Figur 3-4 Möjligheter med inbyggda biofilter

Figure 3-4 Possibilities of built in biofilters

En biobädd uppnår reningsgrader på 50-95 % beroende på vilket ämne som behandlas (låg reningsgrad vid icke vattenlösliga och hög vid vattenlösliga ämnen). Effekten är även koncentrationsberoende, ofta erhålles högre avskiljningsgrad vid högre luktbelastning.

Ett biofilter har en "egenlukt" som vanligtvis uppgår till några hundra l.e./m³. Detta medför att vid låga luktkoncentrationer så ger rening i biofilter ingen eller endast liten positiv effekt på luktupplevelsen.

3.3.4 Jonisering

Jonisering innebär att man tillför en stor mängd joner till luften genom elektrisk urladdning i ett elektronrör. Jonisering sker genom ett eller flera elektronrör beroende på luftmängden och typer av luktämnen som ska behandlas.

Leverantörernas förklaringar om verkningssätt är något oklara, men joniseringens effekt förklaras genom två olika processer: dels genom att ladda partiklar som därmed lättare avskiljs, jmf elektrofilter, dels genom att producera exciterat syre och ofta även ozon som oxiderar luktämnena. Ett annat namn som används för jonisering är icke-termisk plasma (Non-Thermal Plasma). Leverantörer har även velat förklarar jonisationens effekt genom bildning av syrekluster i luften. Dessa kluster har, enligt tillverkarna, högre oxidationspotential än obehandlad luft

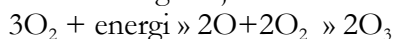
Många joniseringsutrustningar genererar dessutom ozon som är ett kraftigt oxidationsmedel och som naturligtvis påverkar effekten. Då joniseringen ofta tillförs till tilluften kan detta innebära förhöjda ozonhalter i arbetsmiljön.

Jonisering används ofta för bättre ineluft i avloppsreningsanläggningar och i pumpstationer för att reducera utsläppet av luktämnen till omgivningen.

ÅF har testat jonisering vid ett flertal tillfällen. Det som kan konstateras vid dessa studier är att man ibland får en reduktion av lukten. Flera installationer som ÅF testat visar dock på dålig funktion. Där man uppnår luktavskiljning är ofta reduktionsgraden förhållandevis låg och varierande. För att uppnå någon som helst effekt krävs förhållandevis lång uppehållstid (minuter). Detta betyder att man får bäst användning av denna utrustning i slutna utrymmen (t.ex. pumpstationer) eller vid tillförsel till tilluften.

3.3.5 Ozonisering

Ozon är tri-atomärt syre d.v.s. O_3 . Ozon framställs i generatorer som antingen bygger på metoder med UV-ljus eller en Corona urladdning. Man utgår från torkad luft eller syrgas (O_2) som tillförs energi. Syremolekylen delas då upp i två stycken syreatomer. Syreatomerna förenar sig därefter med en annan syremolekyl vilket gör att man får en molekyl innehållande tre syreatomer dvs. ozon enligt följande:



Ozonmolekylen har en kraftig oxidationspotential vilket innebär att den lätt reagerar med andra molekyler och bryter ner/omvandlar dessa. Livslängden för en ozonmolekyl varierar från några minuter uppemot någon timme beroende på omgivningen (temperatur, tryck föroreningar osv.).

Ozon är ett toxiskt och mycket reaktivt ämne som effektivt oxidera förekommande luktämnen. Ozon är dock så toxiskt att man måste vara försiktig vid dessa installationer så att man inte riskerar att utsätta personalen för förhöjda ozonhalter. För att få en effektiv funktion krävs ofta uppehållstider på flera sekunder vilket kan innebära långa kanaldragningar för att erhålla denna volym.

ÅF har testat denna typ av utrustning och den fungerar väl under förutsättning att ozonaggregatet genererar ozon som tänkt. Det är dock svårt att anpassa ozongenereringen till en källa med varierande belastning. Istället riskerar man ofta att överdosera vilket kan ge förhöjda halter i omgivningen.

3.3.6 Oxidation (förbränning)

Vid förbränning oxideras de organiska ämnena i den förorenade luftströmmen till i huvudsak koldioxid och vatten, (svavelföreningar oxideras till svaveldioxid). Oxidationen kan ske termiskt eller katalytiskt. I det följande ges en beskrivning av förekommande teknik för de båda oxidationsmetoderna.

Vid termisk förbränning sker oftast oxidationen inom intervallet 750-1 000 °C. Termisk förbränning eller oxidation kan i detta sammanhang ske med flera olika metoder, dessa utgörs av:

- Rekuperativ termisk oxidation
- Regenerativ termisk oxidation (förbränningsväxlare)

Vid rekuperativ termisk oxidation bör uppehållstiden i förbränningszonen vara 0,3-1,5 sekunder för att uppnå erforderlig destruktion. Reningsgraden i anläggningen styrs av förbränningstemperatur, uppehållstid och blandningsförhållanden i brännkammaren.

För att nedbringa driftskostnaderna för sådana anläggningar söker man återvinna så mycket av det tillförda värmets som är tekniskt möjligt och ekonomiskt försvarbart. I konventionella rekuperativa anläggningar sker detta genom att den ingående förorenade luftströmmen värmeväxlas i en luft/luftvärmewäxlare mot den utgående renade luftströmmen. Värmewäxlaren dimensioneras ofta för en temperaturåtertagning på upp till ca 75 %. Temperaturen på ingående luft höjs då till ca 550 °C. Ökningen av temperaturen till förbränningstemperaturen sker normalt med gas- eller oljebrännare, men kan även ske elektriskt.

Ovan nämnda begränsning avseende värmeåtervinning i konventionella anläggningar kombinerat med de höga kostnaderna för denna typ av högtemperaturvärmewäxlare, har lett utvecklingen fram till att det på marknaden idag finns flera typer av anläggningar med högre grad av värmeåtervinning än ovan beskrivna. Dessa anläggningar kallas regenerativa förbränningsväxlare och värmeväxlingen sker inte genom konventionell värmeväxling utan genom ackumulering av värme från utgående ström i keramiska material. Genom att luftströmmens riktning genom anläggningen regelbundet växlas kan detta värme återvinnas till upp mot 95 % för flertalet anläggningstyper.

Flera olika systemlösningar finns idag på marknaden. I en typ av förbränningsväxlare utnyttjas en keramisk bädd för värmeväxlingen. Grundprincipen för denna metod är att man i mitten av bädden upprätthåller en zon på nivån 800-1 000°C, var i en fullständig förbränning sker.

Erforderlig tillsatsenergi tillförs normalt via elektriska värmelement eller gas (gasol eller naturgas) i mitten av bädden. Flödesriktningen genom bädden skiftas oftast ett par gånger per minut och på ett sådant sätt att det vid förbränningen frigjorda värmets koncentreras till en zon i mitten av bädden. Detta är möjligt eftersom bädden fungerar som en värmeväxlare med en mycket stor yta. Denna stora yta i kombination med små energiförluster till omgivningen ger en hög temperaturverkningsgrad.

Renings effektiviteten för en förbränningsväxlare av ovan nämnda typ garanteras av leverantören till minst 95 %. Denna verkningsgrad är något lägre än vad som vanligen garanteras för konventionella förbränningsanläggningar. Orsaken till denna lägre reningsgrad har varit den dödvolum (residualluft) som endast delvis eller inte alls upphettas i samband med växlingen av flödesriktningen. Detta problem kan idag delvis hanteras

genom att residualluften förs in i en buffertbehållare för att under påföljande cykel successivt spädas in på tilluftsidan.

I de fall där högre krav på reningsgraden ställs, kan så kallade 3-bäddssystem utnyttjas. I dessa system finns ytterligare en bädd med värmelagrande material. Denna utnyttjas för att även den lilla luftmängd (residualluft) som förblir obehandlad i 2-bäddsystemen skall kunna renas. I dessa system kan reningsgrader på > 99 % uppnås. Dessa konstruktioner är också mindre känsliga för förekommande stoft.

Vid utnyttjande av förbränningsanläggningar finns alltid risken för brand och explosion. Om halten av ingående oxiderbara ämnen i gasen ligger över undre explosionsgränsen, LEL, finns risk för explosion.

Närvaron av stoft eller förhöjd temperatur sänker dessa värden. Vid lägre halter är regenerativ oxidation att rekommendera.

Vid katalytisk oxidation sker oxidationen av de ingående föroreningarna vid en lägre temperatur än vid termisk oxidation. Katalysatorns funktion kan beskrivas med att den sänker erforderlig aktiveringsenergi för oxidationsprocessen då de ingående organiska komponenterna adsorberas på katalysatorytan. För att erhålla tillräcklig reningseffekt i dessa system erfordras en temperatur om ca 250- 350 °C, något beroende på typ av förorening respektive katalysator. Genom oxidationen ökar temperaturen över katalysatormassan. Temperaturökningens storlek är proportionell mot innehållet av värme i de brännbara komponenterna i den orenade luften.

Ur driftsekonomisk synpunkt är katalysatorns livslängd en av de kritiska faktorerna och leverantörer brukar garantera en livslängd om ca 10 000-15 000 driftstimmar. I kända applikationer kan även längre livslängd garanteras.

För att begränsa energikostnaderna brukar man installera värmeväxlare på utgående rökgas för förvärmning av ingående luft. Beroende på hur värmeåtertagningen sker skiljer man på konventionell rekuperativ katalytisk oxidation och regenerativ katalytisk oxidation i förbränningsväxlare. Med konventionell utformning av den katalytiska oxidationen menas här att ingående luft förvärms av förbränningsluften i en luft/luft-värmeväxlare med temperaturåtertagningsförmåga om 50-75 %. Liksom vid termisk oxidation styrs graden av återtagning främst av ekonomiska faktorer.

Katalytisk oxidation i förbränningsväxlare innebär att man, på motsvarande vis som för en termisk förbränningsväxlare, utnyttjar en regenerativ värmeväxlare bestående av en keramisk bädd. Värmeåtertagningen kan i dessa system ökas till ca 95 %, med påföljden att driftskostnaden kan nedbringas. En väl fungerande katalytisk oxidationsanläggning uppnår reningsgrader >95 %.

Katalytiska oxidationsanläggningar är vidare känsliga för framför allt lokala överhettningar, stoft och katalysatorgifter. Som katalysatorgifter räknas ämnen som bland annat fosfor,

silikon, klor, svavel och tungmetaller. Förekomst av sådana ämnen kan radikalt reducera den faktiska livslängden.

Sammanfattningsvis kan konstateras att termisk oxidation kan användas om mycket höga lukthalter förekommer med låga luftflöden

3.3.7 UV-fotooxidation

Denna reningsmetod innebär att gasflödet som ska renas leds genom en kammare som är upplyst med kortvågigt UV-ljus (100-280 nm). Under inverkan av UV-vågorna startas en nedbrytning av såväl oorganiska som organiska föroreningar i gasströmmen. Nedbrytningen sker genom två slags mekanismer:

1. Direkt fotolys: ämnen som absorberar bra i det använda våglängdsområdet (VOC, ammoniak, svavelväte, merkaptaner, aminer) kan brytas ner direkt under inverkan av UV-strålningen
2. Oxidation genom reaktiva syreradikaler: ämnen som inte absorberar UV-ljus direkt, såväl som nedbrytningsprodukter från fotolysreaktioner, kan vara möjliga att oxidera med hjälp av högreaktiva syreradikaler. Dessa sistnämnda bildas ur syre närvarande i luftströmmen, enligt vissa reaktionsmekanismer. Vid dessa oxidationsreaktioner bildas koldioxid, vatten, kvävgas och svaveldioxid som slutprodukter.

Ofta installeras även aktiverat kol som den behandlade luften får passera. Kolet fungerar både som en katalysator för oxidationsprocessen och reducerar dessutom kvarvarande ozon till syrgas. Kolfiltret kan också adsorbera ämnen som inte oxiderats.

Metoden används idag såväl för att ta bort lukt, t.ex. vid bryggerier, sopsortering, avloppsreningsanläggningar, VOC vid lackeringsindustrier samt stekos från kök. Där ÅF testat metoden, såväl i pilotskala som i fullskala, fungerar metoden mycket bra för reduktion av lukt vid kommunala vattenreningsanläggningar. Där metoden lyckas med att reducera luktnivåerna till låga emissioner har fotooxidationsutrustningen kombinerats med ett aktiverat kolfilter.

4 Utvecklingen inom reningsteknikerna

Vid en genomgång av tillgänglig information om de tekniker som används för att reducera lukten framkommer det att de huvudsakliga teknikerna ovan är mogna tekniker. Det pågår inte någon utveckling av principiell art av dessa tekniker, utan det intryck som erhålls är att det mest är fråga om konsekvensforskning och förbättringar.

På det hela taget är skrubber med eller utan kemikalier, kolfilter eller oxidationsutrustning (katalytisk eller termisk) så välkända tekniker att man inte bör räkna med stora framsteg. Bland de senare kan bättre kunskap och bättre dimensionering av utrustningen från leverantörernas sida förbättra funktionen på utrustningen.

4.1 Biofilter

På samma sätt som skrubber och kolfilter, är biofilter en välkänd teknik, men teknikutvecklingen är där mer intensiv och förs i olika riktningar i syfte för att lösa specifika problem, som t.ex. tryckfall, materieöverföringen för vissa ämnen, svarstid på en ändring i ingående sammansättning, syretillgång m.m. (Rene m.fl., 2012). Det sker även en utveckling av skrubber med två vätskor, bioreaktorer med fluidiserad bädd etc. De utvecklingar man kan notera är:

- En önskan att hantera större gasflöden genom att tillföra vätska och näringsämnen: biotrickling (sipperbädd) och bioskrubber
- Ett arbete med att kartlägga mikrobiologin i biofilter och optimera artförekomsten

4.1.1 Utformningen av biofiltret

Ett biofilter med ett naturligt material som bark eller torv är billigt och relativt enkelt att sköta, samt har redan med ett tillskott av slam en population av mikroorganismer som kan bryta ner de flesta ämnen som passerar den. Bärarmaterialet utgör även ett lager av näringsämnen för mikroorganismerna. En nackdel är att det tar tid att acklimatisera populationen till de aktuella utsläppen och att filtret inte hanterar plötsliga ändringar särskilt väl.

Det är dock inte alldeles lätt att styra biofiltret: det kan vara för torrt, för blött, för dammigt (igensättning eller stoftutsläpp), för surt etc. för optimal funktion (Arrhenius m.fl., 2010). Sercu har undersökt orsakerna till bristande prestanda (Sercu, 2006). Materieöverföringen från luft till bärarmaterialet är relativt god, men i processen utgör den ett större motstånd än den mikrobiologiska nedbrytningen (Prenafeta-Boldú m.fl., 2012).

I en bioskrubber absorberas ämnen i en vätskefas och destrueras sedan av mikroorganismer som sitter på kolonnpackningen. Fördelar framför ett konventionellt biofilter är ett mer kompakt byggsätt, recirkulation av den absorberande vätskan vilket ger

ytterligare uppehållstid i utrustningen för nedbrytningen av ämnen som lösts men också bättre vätskeekonomi, bättre fördelning av näringsämnen i vätskan till mikroorganismerna, samt möjlighet att avlägsna eventuella hämmande nedbrytningsprodukter. Nackdelen är priset och att den kräver mer skötsel än ett konventionellt biofilter.

En biotrickling konstruktion eller en sipperbädd är något av en mellanlösning: bädden av bärarmaterial befuktas kontinuerligt av en vätska som sipprar genom bädden. Tekniken kom fram för ca 20 år sen, men är nu kommersiell. I ett pilotskaleförsök i Helsingfors uppnådde Nipuli 85-90 % nedsättning av lukten vid uppehållstider under 30 s (Nipuli, 2008). Enligt Sercu är dessa sipperbäddar lättare att styra än de konventionella biofiltren (Sercu, 2006).

Både bioskrubber och biotrickling byggs för större gasflöden än ett vanligt biofilter. De ger möjligheten att avlägsna de föreningar som hämmar mikroorganismernas nedbrytning av luktämnen. Upphållstiden för gasen är oftast längre än i ett konventionellt biofilter.

Bland andra forskningsämnen bör nämnas möjligheten att använda ett system med två vätskor i en biotrickling-design eller i en bioskrubber: vatten med ev. kemikalier samt t.ex. hexan eller en tillsats av tensider för att absorbera ämnen som dimetylsulfid vilka är svårslösliga i vatten.

4.1.2 Utveckling av mikrobiologin

Den andra riktningen i arbetet är en optimering av kulturen av mikroorganismer (bakterier och svampar). En tillsats av en kultur är nödvändig om man börjar med ett inert bärarmaterial som kolonnpackningen i en bioskrubber. Det kan också vara ett sätt att minska omställningstiden eller starttiden för ett biofilter.

Kunskapen om mikrobiologin för biofiltrering är fortfarande ofullständig, vilket torde bero på att den kultur av mikroorganismer som används är komplex. Ett stort antal mikroorganismer samverkar (se t.ex. Kristiansen m.fl., 2011), verkar parallellt med varandra eller konkurrerar med varandra, alternativt inhiberas av miljön. Mycket arbete ägnas åt att försöka utreda sambanden samt att identifiera mikroorganismer som är specifika för en önskad nedbrytning. Ett av de uttalade syftena är att kunna fånga in och bryta ner även hydrofoba ämnen som toluen och andra ämnen i BTEX, monoklorbensen (MCB) etc.

En naturlig bakteriekultur i t.ex. bark eller torv, eller i avvattnad slam uppvisar en stor mångfald och bör kunna bryta ner ett brett spektrum av ämnen. Emellertid, vid en ändring i inflödets sammansättning kan det ta tid innan populationen anpassar sig. Genom att inokulera en specifik kultur kan anpassningstiden reduceras väsentligt (Gadal-Mawart m.fl., 2012). Det är emellertid inte givet att en tillsats av en mikroorganism (bakterie eller svamp) för ett specifikt ändamål får den avsedda effekten. Väl på plats kan den inhiberas av produkterna från den befintliga nedbrytningen., eller så är tillgången till den övriga näring som behövs för dess utveckling begränsad.

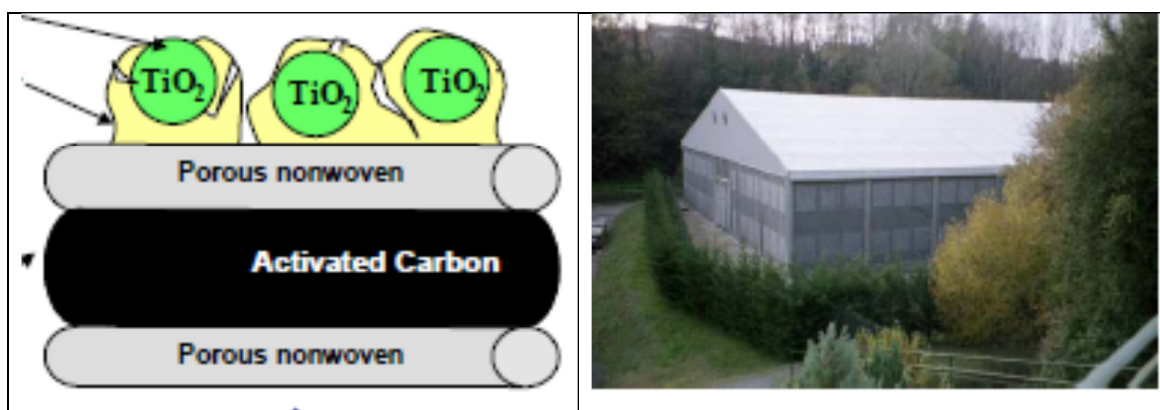
Dimetylsulfid (DMS) är en huvudkomponent i den dåliga lukten, men det är ett sådant ämne som inte omhändertas i lika stor utsträckning som svavelväte i ett biofilter. I en avhandling om lukt från massaindustrin gör man gällande att en tillsats av metanol skall väsentligt öka graden av reduktion (Hayes, 2010.). Metanol utgör den näring som behövs för att den specifikt DMS-nedbrytande bakterien *Hyphomicrobium* i denna undersökning skall kunna växa och konkurrera med andra bakterier.

4.2 Fotokatalytisk oxidation

Termisk och katalytisk oxidation är etablerade tekniker, men fotokatalytisk oxidation är relativt nytt. Energin i ljuset som belyser en katalysator, titandioxid, omvandlas till en elektron som driver oxidationen av ämnen som adsorberas på katalysatorn. Titandioxid är en halvledare som är välkänd i solcellsammanhang, i vilket fall produkten är en elström genom en yttre krets. Det kinetiskt styrande steget är adsorptionen av ett ämne på ytan se t. ex. (Wang m.fl., 2011, 2012). Fotokatalys kan kombineras med en skrubber för att öka överföringen av luktämnet till katalysatorytan (Liu m.fl., 2010). De första patentskrifterna om fotokatalytisk rening av luft eller vatten kom i början av 1990-talet.

Fotokatalys används bl.a. i enheter för rening av inomhusluften. Användningar av dessa material som exponerats i massmedia är i tegelbeklädning av hus (minskar försmutsningen) eller som NO_x-reducerare i vägbeläggning. Det har inte kunnat hittas dokumentation om användningen av fotokatalys för att minska lukt i avloppsreningsverk eller biogasanläggningar. Fotokatalys i vattenmiljö och för destruktion av VOC (flyktiga organiska ämnen) förefaller vara vanligare.

En udda utrustning är Ahlstroms fotokatalytiska filter bestående av aktivt kol vilket har belagts med titandioxidpartiklar med ett oorganiskt bindemedel (referens,). Under inverkan av solljus oxideras de ämnen som adsorberats i det aktiva kolet. Resultatet är ett kolfilter som byts ut tidigast efter fyra år i stället för när det mättats.



Figur 4-1 Fotokatalytiskt kolfilter: till vänster, materialets struktur med en kolfiber med ett poröst skyddsskikt och titandioxidpartiklar utanpå fästa med ett oorganiskt bindemedel, till höger ett tält för rötslam

Figure 4-1 Photocatalytic carbon filter: To the right a tent for storage of sludge.

4.3 Kemiska tillsatser

Det är vanligt att dosera nitrater till vattnet i avloppsledningar för att undertrycka sulfatreducerande bakteriers förbrukning av svavel och produktion av svavelväte, t.ex. Siemens Waters Bioxide. Nitrat blir elektrongivare och reduceras. Produkten är lägre kväveoxider däribland lustgas, vilket inte är lyckat då lustgas utgör en växthusgas, men inte är lika farligt för människan som svavelväte.

Ett företag, BioWish, marknadsför en blandning av enzymer och ett mikrobiologiskt system. Enligt företaget verkar de med olika tidsskalor; först bryts cellväggarna ner av enzymer, sedan cellernas innanmäte av andra enzymer och på längre sikt ersätts de av den bakteriekultur som utgör tredje komponenten. Den synergistiska blandning som Siemens (tidigare US Filter) erbjuder har också en komplex sammansättning med olika funktioner hos komponenterna (Simpson och Holden, 2011).

Det finns fler tillsatser som levereras av andra företag, men meddelanden om deras innehåll är ofta tämligen svävande. En typ av tillsatser är eteriska oljor, vilka sägs inte maskera lukten, utan bidra till att destruera luktämnen. GE Waters "H₂S scavenger" består av en specifik oxidant för svavelväte och en korrosionsinhibitor (ingen information finns att tillgå om sammansättningen).

I en översikt diskuteras tillsättandet av oorganiska peroxider eller av formaldehyd som inhibitor för svavelväteproduktionen (Zhang m.fl., 2008).

4.4 Kombinerade behandlingar

Ofta kan leverantörer erbjuda alla tre huvudsakliga tekniker (biofilter, kolfilter och skrubber). De dimensionerar sin utrustning till specifikationerna och till det fall som är aktuellt, dvs luktkällan och de luktämnen som är karakteristiska för den. Det som ges mer utrymme i broschyrer från företag är kombinationen av utrustningar som arbetar efter olika principer för att uppnå en mer omfattande rening av luften. Syftet är att klara ett bredare spektrum av ämnen än det en enskild utrustning kan:

- Ett biofilter eller en skrubber som avlägsnar vattenlösliga ämnen kompletteras t ex med ett kolfilter som skall ta de ämnen som inte löses i vatten (Ref.)

Man kan dela upp ett biofilter i två steg, som t.ex. Siemens som har patentskyddat en uppdelning av bioskrubber i två kammare, en första vid lågt pH och en andra vid en högre pH (Simpson m. fl., 2007). Samma typ av lösning beskrivs av andra leverantörer: motiveringen är att ammoniak fångas i den första skrubbern och att sura svavelvätet fångas i den andra med basisk pH. Idén kan vidareutvecklas genom att förse de två kamrarna med olika bakteriekulturer, bl. a. med Thiobacillus som specifikt oxiderar svavelväte eller

sulfider i den andra kammaren. Bakgrunden är att produkten från en samtidig behandling av ammoniak och svavelväte inhiberar den mikrobiologiska processen.

5 Material och metoder

De data som presenteras i resultatredovisningen i avsnitt 6 har sitt ursprung från dels ÅF:s mätningar genomförda under de senaste 10 åren vid olika typer av anläggning (biologisk behandling samt vattenreningsanläggning) och dels från kompletterande mätningar utförda under projektets gång hos företrädesvis projektdeltagare, men även andra som ställt sina anläggningar till förfogande. Både provtagning och analys har i samtliga fall följt den metod som anges i EN 13725-Europeiskt standard för luktanalys med dynamisk olfaktometri. Metoden beskrivs i korthet nedan. I [bilaga 1](#) redovisas en mer detaljerad metodbeskrivning.

5.1 Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. För provtagning av lukt används en vakuumpump, se följande figur.



Figur 5-1 Vacuumprovtagare med inbyggd pump

Figure 5-1 Vacuum sampler with built in pump

Vid provtagning i kanal eller vid utloppet av skorsten används enbart pumpen som provtagningsutrustning. I de fall det är nödvändigt används teflonslang för att förlänga den slang som är integrerad med påsen.

Vid provtagning över ventilerade ytor, exempelvis öppna biofilter används en huv för att samla flödet från en avgränsad yta. Huvens som används är 0,5m x 0,5m vilket innebär att ytan som provas är 0,25 m². Vid provtagning på ett biofilter behöver flera prover fördelade över hela ytan uttas för att få ett representativt resultat. Provtagning över ventilerad yta visas i figur 5-2.

Samtliga uttagna prover är att betrakta som momentanvärden, då provtagningen normalt sker under någon minut. Kontinuerlig mätning och analys med dynamisk olfaktometri är dessvärre inte möjligt.



Figur 5-2 Provtagning på ventilerad yta (biofilter)

Figure 5-2 Sampling over a ventilated surface (bio filter)

5.2 Luktanalys med dynamisk olfaktometri

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända paneldeltagare. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive paneldeltagare.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av paneldeltagarnas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

För mer information om sensorisk luktanalys, se Bilaga A

5.3 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa paneldeltagarnas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av paneldeltagaren krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga laboratoriet har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden. Mätosäkerhet vid luktanalys är i regel i storleksordning 2-2,5 ggr

6 Resultatredovisning av genomförda luktmätningar

I det följande redovisas en resultatsammanställning över de mätningar som legat till grund för bedömningen i denna rapport. I Bilaga B redovisas de olika mätrapporterna i sin helhet.

Tabell 6-1 Mätresultat från Vimmerby Energi och Miljös reningsverk

Table 6-1 Results from Vimmerby Waste Water Treatment plant

Utrustning	Lukthalt före rening	Lukthalt efter rening	Reningsgrad (%)
Kolfilter 1	10 300	1 200	88
Kolfilter 2	100 000	70 000	30
Kolfilter 2	570 000	300 000	47
Kolfilter 3	31 000	40	99,9
Barkfilter	1000	500	50

Vid avloppsreningsverket i Vimmerby studerades funktionen vid tre kolfilter och ett biofilter. Två kolfilter visade på acceptabel funktion.

Table 6-1 Results from Vimmerby Energy and Waste Water Treatment plant

Tabell 6-2 Mätresultat från Kungsängsverket (Uppsala energi och miljö)

Table 6-2 Results from Kungsängsverket Uppsala, (Waste Water Treatment plant).

Utrustning	Lukthalt före rening	Lukthalt efter rening	Reningsgrad (%)
Biofilter 1	1850	500	73
Biofilter 3	20	760	0
Biofilter C-block	5000	500	90
Biofilter externslam	900	30	97
Biofilter Grovens/sandfång	270	40	85
UV slamutlastning	20	30	0

Vid avloppsreningsverket i Uppsala finns flera biofilter installerade. Hälften av de installerade utrustningarna ger acceptabel avskiljning.

Tabell 6-3 Mätresultat från Skövde biogas

Table 6-3 Results from Skövde biogas plant

Utrustning	Lukthalt rening före	Lukthalt rening efter	Reningsgrad (%)
Biofilter mottagningshall (1)	250	410	0
Biofilter mottagningshall (2)	74 000	23 000	69
Biofilter bufferttankar	170 000	54 000	68
Kolfilter gasuppgradering(1)	10 000	9 500	5
Kolfilter gasuppgradering(2)	340 000	540 000	0
Kolfilter gasuppgradering(3)	125 000	36 000	71

Vid biogasanläggningen i Skövde har de installerade utrustningarna överlag oacceptabel avskiljningsförmåga.

Tabell 6-4 Mätresultat från Simsholmens reningsverk (Jönköpings kommun)

Table 6-4 Results from Simsholmens Waste Water Treatment Plant(Jönköping)

Utrustning	Lukthalt rening före	Lukthalt rening efter	Reningsgrad (%)
Kolfilter slamförtjockare	5200	3700	29
Jonisering externslam	1 000	3 000	0
Jonisering Biogödsel(1)	19 000	12 000	29
Jonisering Biogödsel(2)	11 500	25 000	0
Jonisering sandfång	270	320	0
Termisk oxidering	283 000	4 200	98
Jonisering tippficka	1 900	1 500	21

Vid Simsholmens reningsverk är det enbart den termiska oxideringen vid gasuppgraderingen som ger acceptabel avskiljning. Även om resthalten från denna utrustning är förhållandevis hög.

Tabell 6-5 Mätresultat från Borås Energi och Miljö:s reningsverk i Borås

Table 6-5 Results from Borås Waste Water Treatment Plant

Utrustning	Lukthalt rening före	Lukthalt rening efter	Reningsgrad (%)
Kolfilter	153	15	90
Ozonrening	399	197	51

De låga belastningarna medför att resthalterna är låga även om reningsgraden för ozonanläggningen är låg.

Tabell 6-6 Mätresultat från VASYD:s reningsverk i Malmö

Table 6-6 Results from Waste Water Treatment Plant in Malmö(VASYD)

Utrustning	Lukthalt rening före	Lukthalt rening efter	Reningsgrad (%)
Ozon pumpstation	840	190	77

Den låga belastningen medför resthalterna är låga även om reningsgraden för ozonanläggningen är något låg.

Tabell 6-7 Mätresultat från biogasanläggning i Falköping

Table 6-7 Results from biogas plant in Falköping

Utrustning	Lukthalt rening före	Lukthalt rening efter	Reningsgrad (%)
Jonisering Tippficka	150	270	0
Jonisering allmänvent.	10	20	0

Joniseringen ger ingen mätbar effekt.

Tabell 6-8 Mätresultat från Käppala:s reningsverk i Stockholm

Table 6-8 Results from Käppala Waste Water Treatment Plant in Stockholm

Utrustning	Lukthalt rening före	Lukthalt rening efter	Reningsgrad (%)
UV-kolfilter (1)	1 600	30	98
UV-kolfilter (2)	41 800	595	99
UV-kolfilter (3)	85 000	250	99,7

Anläggningen i Käppala visar på både god avskiljning av luktämnen och låga resthalter.

Tabell 6-9 Mätresultat från Biogasanläggning i Lidköping

Table 6-9 Results from bio gas plant in Lidköping

Utrustning	Lukthalt före rening	Lukthalt efter rening	Reningsgrad (%)
Kolfilter	35 400	50	99,9

Detta kolfilter på uppgraderingen vid biogasanläggningen i Lidköping visade sig ha både god avskiljning av luktämnen och låga resthalter vid mättillfället.

Tabell 6-10 Mätresultat från Renovas slurryproduktion i Marieholm

Table 6-10 Results from production of slurry at Renovas plant at Marieholm

Utrustning	Lukthalt före rening	Lukthalt efter rening	Reningsgrad (%)
Jonisering mottagningshall(1)	630	540	14
Jonisering mottagningshall (2)	630	320	49
UV+kolfilter (1)	540	60	89
UV+kolfilter (2)	320	450	0

Vid Renovas slurryproduktion i Marieholm konstaterads en låg avskiljningsgrad för joniseringsanläggningen medan kombinationen UV+kolfilter gav bra resultat vid en av mätningarna.

Tabell 6-11 Mätresultat från Skellefteå Kommuns reningsverk och biogasanläggning

Table 6-11 Results from Waste Water Treatment Plant and bio gas plant in Skellefteå

Utrustning	Lukthalt före rening	Lukthalt efter rening	Reningsgrad (%)
Ozonskrubber	8 000	9 500	0
Ozonskrubber	1 000	1 600	0
Kolfilter	9 500	12 000	0
Kolfilter	1 600	1 200	25

De kontrollerade luktavskiljningsutrustningarna vid Skellefteås avloppsvattenanläggning och biogasanläggning hade ingen funktion vad gäller luktavskiljning enligt ÅF:s mätningar.

Tabell 6-12 Mätresultat från Stockholm Vattens anläggning i Henriksdal

Table 6-12 Results from Waste Water Treatment Plant Henriksdal in Stockholm

Utrustning	Lukthalt rening före	Lukthalt rening efter	Reningsgrad (%)
Ozonskrubber grovrening (1)	16 000	15 100	6
Ozonskrubber grovrening (2)	835	700	16
Ozonskrubber organisk mottagning (1)	3 200	1 800	44
Ozonskrubber organisk mottagning (2)	760	750	0

De kontrollerade luktavskiljningsutrustningarna vid Stockholm Vattens anläggning i Henriksdal hade låg luktavskiljning enligt ÅF:s mätningar.

Tabell 6-13 Mätresultat från biogasanläggning i Katrineholm

Table 6-13 Results from biogas plant in Katrineholm

Utrustning	Lukthalt rening före	Lukthalt rening efter	Reningsgrad (%)
Kolfilter	43 500	11	99,9

Kolfiltret fungerade mycket bra vid mättillfället.

Tabell 6-14 Mätresultat från Biogasanläggning i Örebro

Table 6-14 Results from Biogas plant in Örebro

Utrustning	Lukthalt rening före	Lukthalt rening efter	Reningsgrad (%)
Termisk Oxidation	26 400	980	96,3

Den termiska oxidationsanläggningen vid Biogasanläggningen i Örebro visar på en god avskiljningsgrad.

Tabell 6-15 Resultat från biogasanläggning i Oslo

Table 6-15 Results from Biogas plant in Oslo

Utrustning	Lukthalt rening före	Lukthalt rening efter	Reningsgrad (%)
Biofilter	11 500	640	95,5 %

Som framgår av ovanstående tabell fungerar luktavskiljningen bra vid det biofilter som finns installerat vid Cambis biogasanläggning i Oslo.

Tabell 6-16 Tidigare, av ÅF genomförda, provtagning vid anläggningar för hantering av biologiskt avfall och/eller kommunala reningsverk

Table 6-16 Previously conducted measurements carried out by ÅF at plants for treatment of biological waste and/or municipal Waste Water Treatment Plants.

Anläggningstyp	Reningsutrustning	Lukthalt före rening	Lukthalt efter rening	Reningsgrad (%)
Kompostering	Biofilter	6 100	4 100	33
Kompostering	Biofilter	2 400	1 700	29
Kompostering	Biofilter	23 000	8 400	63
Kompostering	Biofilter	3 900	4 200	0
Kompostering	Biofilter	9 500	5 900	38
Kompostering	Biofilter	9 500	7 000	26
Kompostering	Biofilter	95 700	4 800	95
Kompostering	Biofilter	31 300	740	98
Kompostering	Biofilter	40 300	150	99,6
Biogasproduktion	Biofilter	1 600 000	1 500	99,9
Biogasproduktion	Biofilter	21 000	180	99
Biogasproduktion	Biofilter	3 650 000	7 100	99,8
Biogasproduktion	Biofilter	4 500 000	45 000	99
Biogasproduktion	Jonisering	122 000	27 000	78
Kommunalt Reningsverk	UV+kolfilter	1 800 000	40	99,9
Kommunalt Reningsverk	UV+kolfilter	240	40	83
Kommunalt Reningsverk	UV+kolfilter	3 000	60	98
Kommunalt Reningsverk	UV+kolfilter	41 700	480	99
Kommunalt Reningsverk	UV+kolfilter	69 000	200	99
Kommunalt Reningsverk	Biofilter	26 000	20 200	22
Kommunalt Reningsverk	Kolfilter	400	290	28
Kommunalt Reningsverk	Skrubber	9 200	6 600	28
Kommunalt	Skrubber +	9 900	200	98

Anläggningstyp	Reningsutrustning	Lukthalt före rening	Lukthalt efter rening	Reningsgrad (%)
Reningsverk	kolfilter			
Livsmedelsindustri	Kolfilter	240	1 400	0
Slakteriavfall	Ozon	70	410	0
Slakteriavfall	Ozon	4 700	2 300	51
Slakteriavfall	Ozon	310	180	42
Slakteriavfall	Ozon	10 200	4 700	54
Slakteriavfall	Ozon	767 000	1 300	99,8
Slakteriavfall	Ozon	19 000	30 000	0
Slakteriavfall	Kolfilter	26 000	11 000	58
Slakteriavfall	Skrubber	830 000	260 000	69
Slakteriavfall	Skrubber	1 000 000	300 000	70
Slakteriavfall	Skrubber	920 000	230 000	75
Slakteriavfall	Biofilter	5 200	2 300	56
Slakteriavfall	Biofilter	5 9000	150	99,7
Slakteriavfall	Biofilter	4 700	200	96
Slakteriavfall	Biofilter	86 000	83	99,9
Slakteriavfall	Biofilter	86 000	400	99,5
Slakteriavfall	Termisk Oxidation	11 000	600	94,5
Slakteriavfall	Termisk Oxidation	6 600 000	30 000	99,5
Slakteriavfall	Termisk Oxidation	160 000 000	12 000	99,9
Slakteriavfall	Termisk Oxidation	18 000 000	49 000	99,7

Samtliga dessa resultat har använts i följande resultatanalys.

7 Resultatanalys

7.1 Resultatsammanfattning

I följande tabell redovisas en sammanställning över resultaten i den nu genomförda utredningen av reningsteknik.

Tabell 7-1 Sammanställning över resultat i den nu genomförda studien

Table 7-1 Summary of the measurement results in the this study

Teknik	Antal mätningar	Antal anläggningar	Avskiljningsgrad %	
			Medelvärde	Median
Absorption	20	14	37	32
Konventionell	13	9	50	61
Ozonskrubber	7	5	13	6
Adsorption	19	16	63	72
Biofilter	26	13	70	90
Jonisering	8	8	21	7
Ozonisering	10	10	45	51
Termisk oxidation	6	3	98	99
Fotooxidation + kolfilter	10	4	86	98
Totalt	98	67	56	58

Som framgår av ovanstående tabell är slutsatserna kring funktion på anläggningar baserade på ett hundratal mättillfällen på knappt 70 olika anläggningar runt om i Sverige och Norge. Mätningar har genomförts såväl före som efter den aktuella anläggningen och dubbelprov har som regel uttagits.

I genomsnitt är reningsgraden för lukt drygt 55 % om man betraktar hela datamängden, vilket måste betraktas som oacceptabelt lågt. De tekniker som i denna studie har visat sig ha högst avskiljningsgrad för lukt är termisk oxidation och fotooxidation med efterföljande kolfilter.

Skrubberteknik ger i genomsnitt ett dåligt resultat vad gäller luktavskiljning och sämst utfall har de så kallade ozonskrubbrarna. Även de joniseringsanläggningar och de ozoniseringsanläggningar som studerats ger oacceptabelt låga avskiljningsgrader.

Adsorption på aktiverat kol samt biofilter ger i denna studie avskiljningsgrader på i genomsnitt 60-70 % för lukt.

Vid analys av resultaten från de många studerade luktavskiljningsanläggningarna kan man konstatera att dessa förvånansvärt ofta har en dålig avskiljningsgrad. Orsaken till detta är flera men man kan dela in problemområden i dels tekniska, det vill säga funktion av olika teknislösningar i aktuella applikationer, och dels strukturella, det vill säga frågor om hur upphandling av utrustning går till samt underhåll och tillsyn av anläggningarna.

I det följande redovisas båda dessa frågeställningar.

7.2 Uppmätta funktionen hos olika reningstekniker

Huvudsyftet med detta arbete har varit att sammanställa samtliga luktmätningar över olika kommersiella tekniker som erbjuds på marknaden för att avskilja lukt i form av end-of-pipe lösningar. Inom ramen för denna sammanställning återfinns såväl alla de mätningar som utförts inom ramen för detta projekt såväl som luktmätningar ÅF tidigare genomfört på liknande anläggningar.

Totalt rör det sig om ca 85 anläggningar som studerats och kontrollerats med luktmätningar före respektive efter utrustningen.

De tekniker som återfinns och som kontrollerats med hjälp av luktmätningar och som redovisas i det följande är:

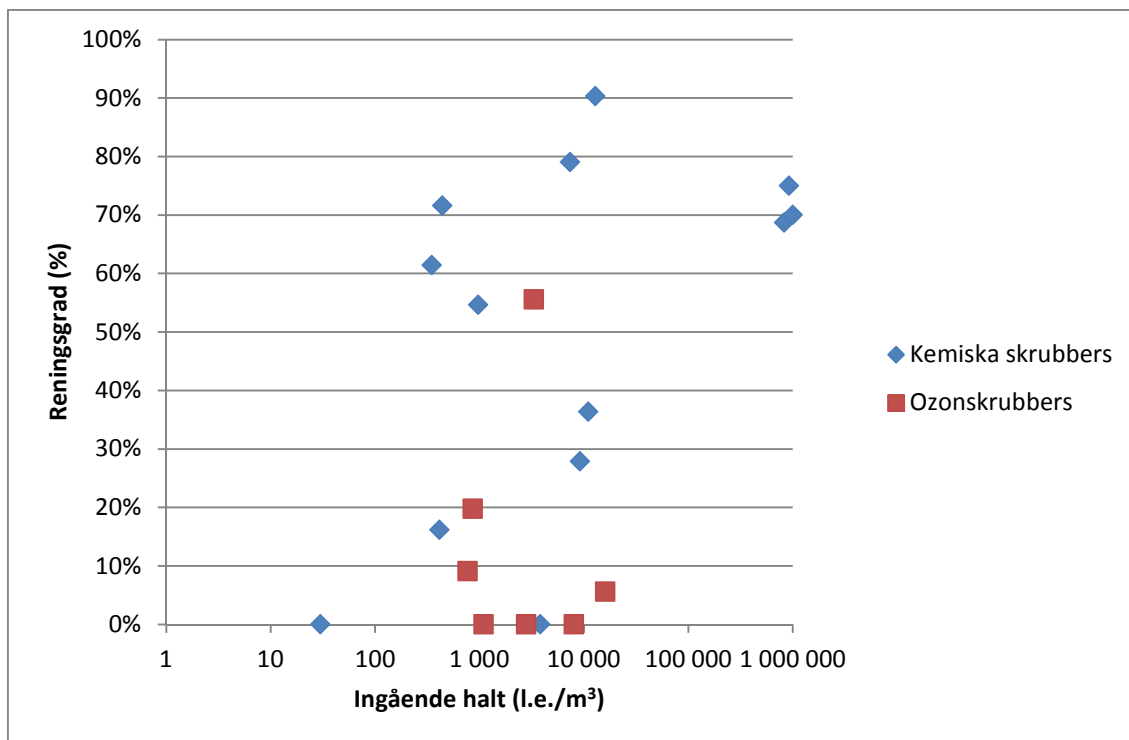
- Absorption; kemiska skrubbers, ozonskrubbers
- Adsorption; kolfilter av olika storlek och fabrikat
- Biofilter öppna markfilter såväl som inbyggda filter
- Jonisering
- Ozonisering
- Oxidation så kallade förbränningsväxlare och efterbrännkammare(EBK)
- UV-fotooxidation i kombination med aktiverat kolfilter

I det följande redovisas resultaten från samtliga dessa mätningar.

Resultatet redovisas dels som avskiljningsgrad som funktion av ingående luktkoncentration och dels erhållen restkoncentration lukt som funktion av ingående luktkoncentration.

7.2.1 Absorption - skrubbrar

I följande tabell redovisas samtliga resultat från de utförda analyserna före respektive efter de olika skrubberenheter. Som framgår av figur 7-1 så särredovisas resultaten från konventionella skrubbrar baserade på syra/lut och hypoklorit, alternativt ozonskrubbrar.



Figur 7-1 Reningsgrad som funktion av ingående halt för olika typer av skrubbar

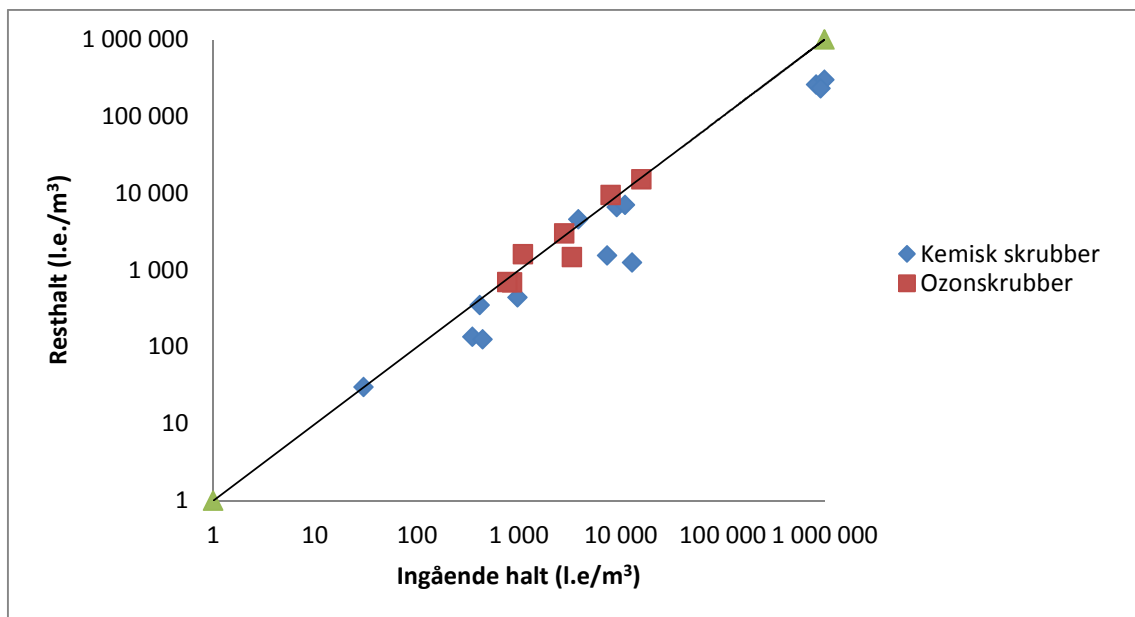
Figure 7-1 Reduction efficiency as a function of inlet concentration for various types of scrubbers

Som framgår av ovanstående sammanställning är de flesta skrubbar installerade för haltnivåer inom intervallet 800-10 000 l.e./m³. Som framgår av ovanstående figur är avskiljningsförmågan begränsad (< 70 %) för de flesta studerade anläggningar. Vid de genomförda studierna var det enbart en skrubber som hade högre avskiljningsgrad än 90 %, vilket måste betraktas som otillfredsställande för denna teknik.

Orsaken till detta förhållande torde vara att det är svårt att bibehålla en tillräcklig hög redoxpotential i skrubbevätskan och styra inblandningen av kemikalier med denna.

Tydligt är också att ozonskrubbar fungerar sämre än övriga skrubbar som studerats. De skrubbar med högre avskiljningsgrad som studeras återfinns framförallt vid högre luktconcentrationer till anläggningen, vilket innebär att resthalterna efter dessa ofta blir oacceptabelt höga. Flera installationer med ozonskrubbar är i kombination med efterföljande aktiverade kolfilter i syfte att reducera ozonutsläppet och putsa resthalterna. Där kontroller utförts av dessa kolfilter gav dessa ingen ytterligare luktreduktion.

I följande figur redovisas resthalten som funktion av ingående halt för de skrubbar som studerats.



Figur 7-2 Resthalt som funktion av ingående halt för absorption i skrubbrar

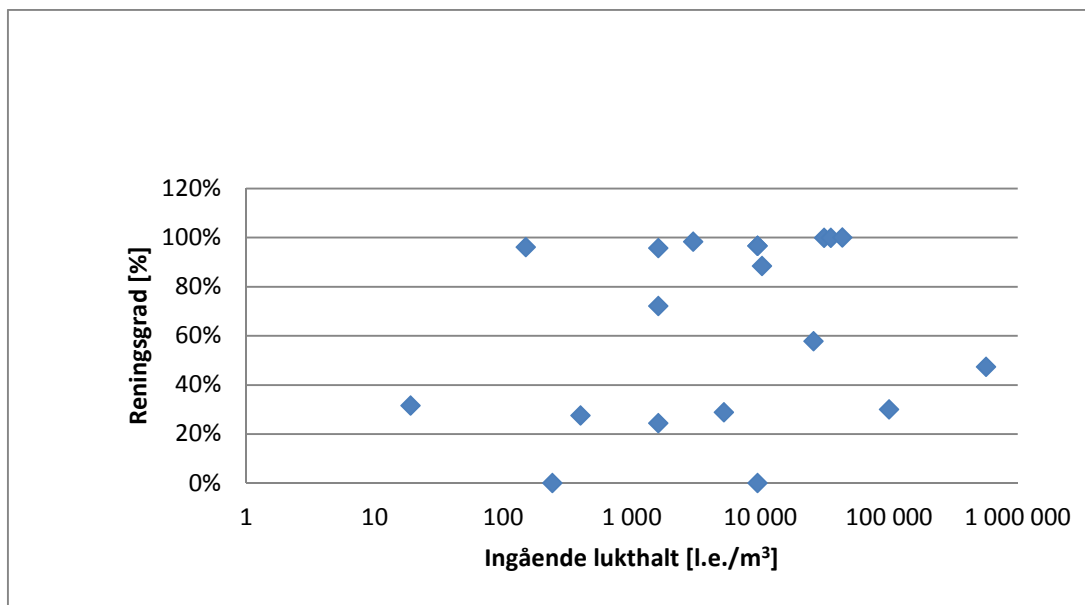
Figure 7-2 Outlet concentration as a function of inlet concentration for absorption in scrubbers

Som framgår av ovanstående bild ligger punkterna väl samlade kring trendlinjen, vilket betyder att ingående halt är nära utgående eller att avskiljningsförmågan är låg.

Vid de högre belastningarna är utgående halt otillfredsställande hög ($> 250\,000$ l.e./m³).

7.2.2 Adsorption på aktiverat kol

I följande figur redovisas samtliga resultat från de utförda analyserna före respektive efter de olika adsorptionsenheterna. Samtliga adsorptionssystem är baserade på aktiverat kol.

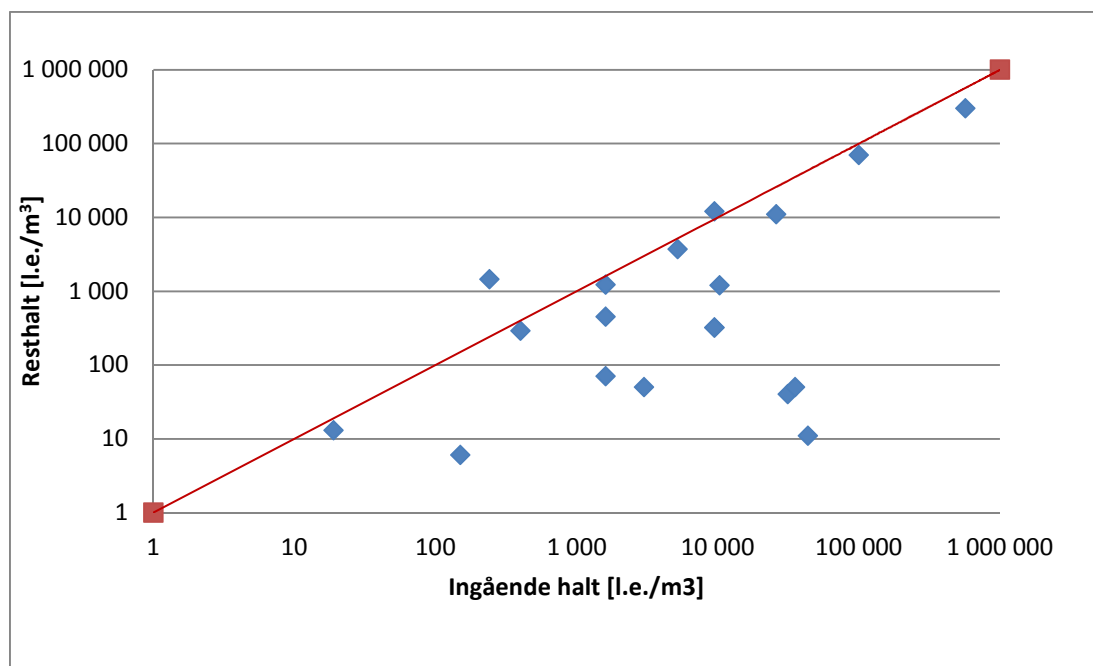


Figur 7-3 Reningsgrad som funktion av ingående halt – adsorption på aktiverat kol

Figure 7-3 Reduction efficiency as a function of inlet concentration for adsorption on activated carbon

Som framgår av ovanstående figur återfinns de flesta installerade kolfilter i applikationer där den ingående koncentrationen är mellan 200 och 20 000 l.e./m³. Är ett kolfilter väl dimensionerat och nyligen utbytt så ger den för de ämnen som normalt förekommer vid avfallshantering/reningsverk i regel en god avskiljning.

När ett kolfilter börjar bli mättat sjunker adsorptionsförmågan drastiskt. Den stora variation som återspeglas i resultatet i ovanstående bild torde främst vara ett uttryck för hur länge kolfiltret varit installerat sedan förra bytet. Vidare är de känsliga för förekomst av hög fuktighet i den behandlade luften som kan försvåra i vissa applikationer.



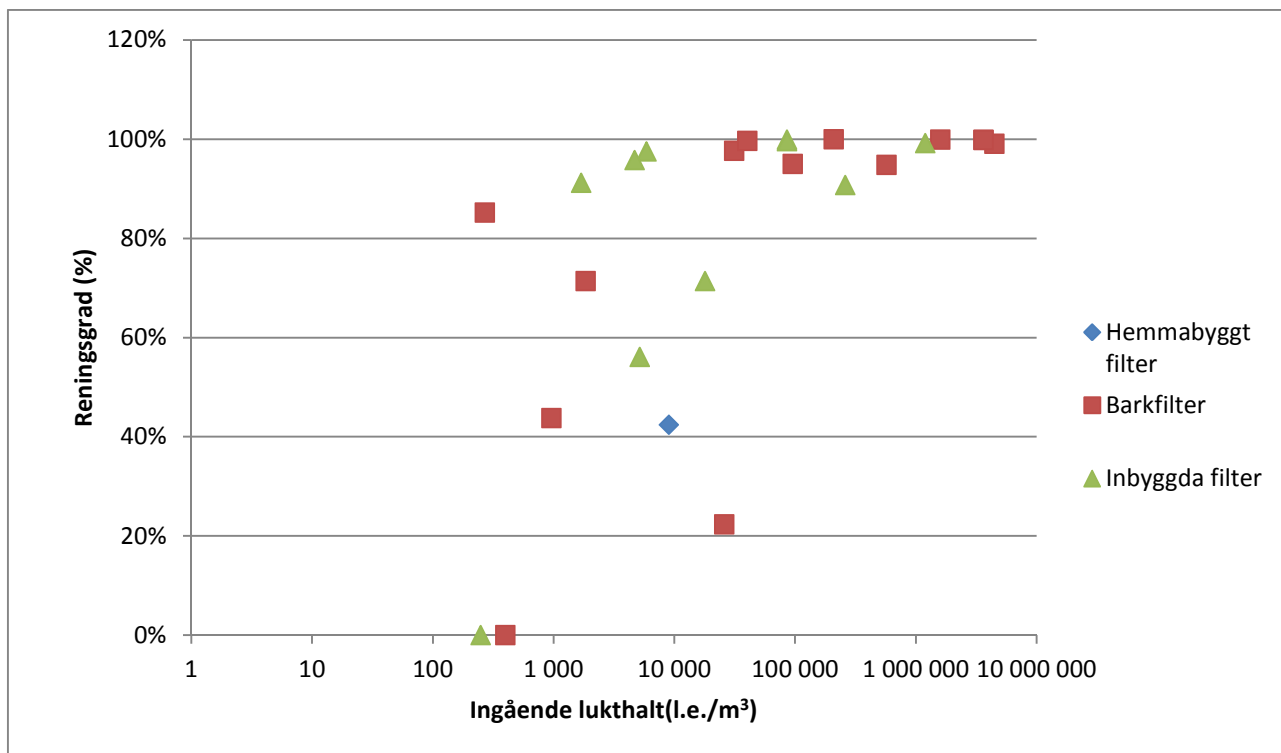
Figur 7-4 Resthalt som funktion av ingående halt för adsorption på aktiverat kol

Figure 7-4 Outlet concentration as a function of inlet concentration for adsorption on activated carbon

I ovanstående figur kan man utläsa vilken resthalt man får för olika anläggningar med skilda belastningar. De punkter som ligger nära den markerade linjen ger låg avskiljningsgrad. De punkter som ligger ned till höger motsvarar anläggningar som både har en hög koncentration av luktämnen in till anläggningen men ändå medger låga resthalter lukt efter filtret. När det gäller adsorption på aktiverat kol är det svårt att ange några generella tendensen förutom att statusen på det aktuella kolet är avgörande för funktionen samt att uppehållstiden i kolbädden är tillräcklig samt att man använder ett aktiverat kol som är anpassat till den aktuella applikationen.

7.2.3 Biofilter

I följande figur redovisas samtliga resultat från de utförda analyserna före respektive efter de olika biofiltren. Bland biofiltren återfinns två huvudtyper dels markbaserade barkfilter och dels inbyggda biofilter. Dessutom redovisas resultatet från flera mätningar från ett hemmabyggt av en inbyggd variant av biofilter.



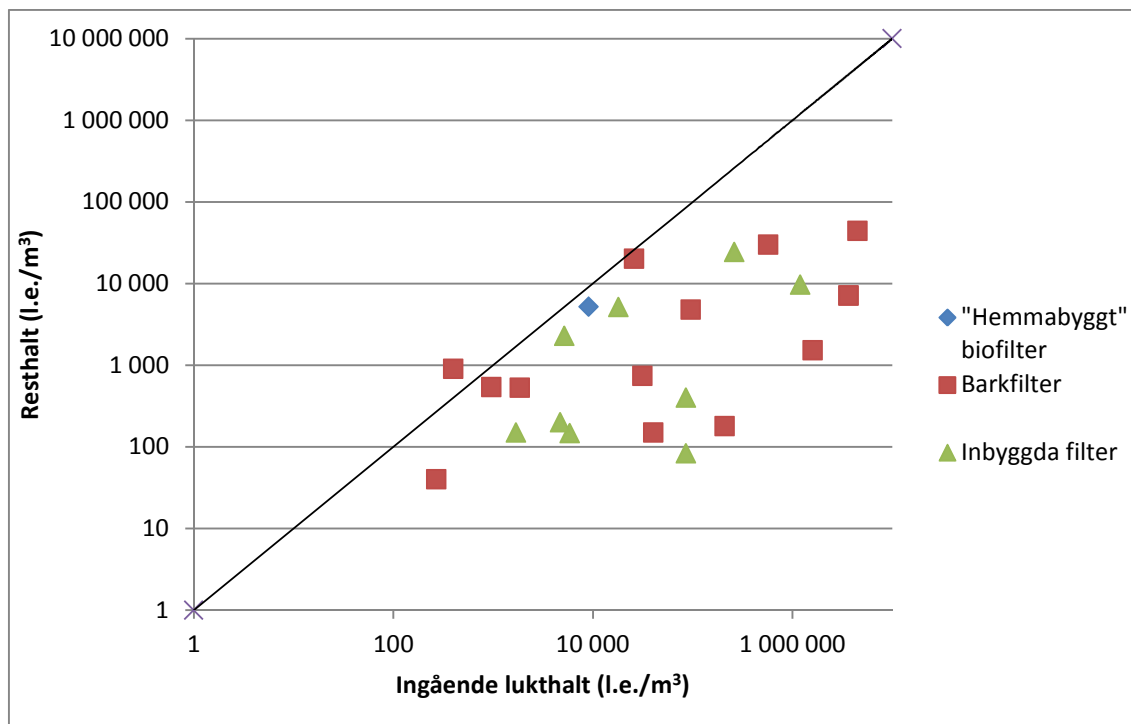
Figur 7-5 Reningsgrad som funktion av ingående halt för biofilter

Figure 7-5 Reduction efficiency as a function of inlet concentration for biofilters

Som framgår av ovanstående figur återfinns biofilter i installationer inom ett brett intervall vad gäller belastning i form av luktkoncentration. Många installationer uppnår hög avskiljningsförmåga, särskilt vid högre luktkoncentrationer. Däremot är det även förhållandevis många filter som har en alltför låg avskiljning (< 90 %).

Orsaken att avskiljningsgraden är lägre vid låga ingående halter är att det är svårt att få ned utgående luktkoncentrationer till riktigt låga nivåer < 200 l.e./m³ då biofiltren alltid har en egenlukt som också påverkar resultatet.

Detta förhållande kan även noteras i följande bild där resthalten avsatts som funktion av ingående halt.



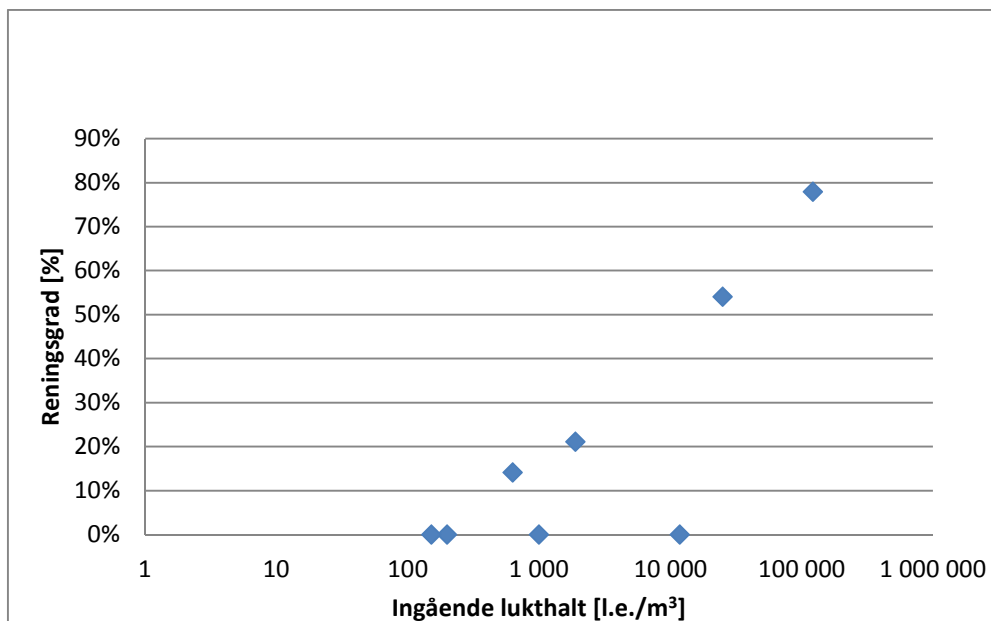
Figur 7-6 Resthalt som funktion av ingående halt för biofilter

Figure 7-6 Outlet concentration as a function of inlet concentration for bio filters

Som framgår av ovanstående bild återfinns de allra flesta punkterna väl till höger om trendlinjen vilket indikerar på en god avskiljning för många av de studerade anläggningarna. Någon större skillnad mellan konventionella barkfilter eller inbyggda filter har inte kunnat konstateras när man betraktar hela datamängden. En viktig skillnad är att det vid rimliga ingående lukthalter ($< 20\,000 \text{ l.e./m}^3$) är lättare att få ned resthalten luktämnen från de inbyggda filtren.

7.2.4 Jonisering

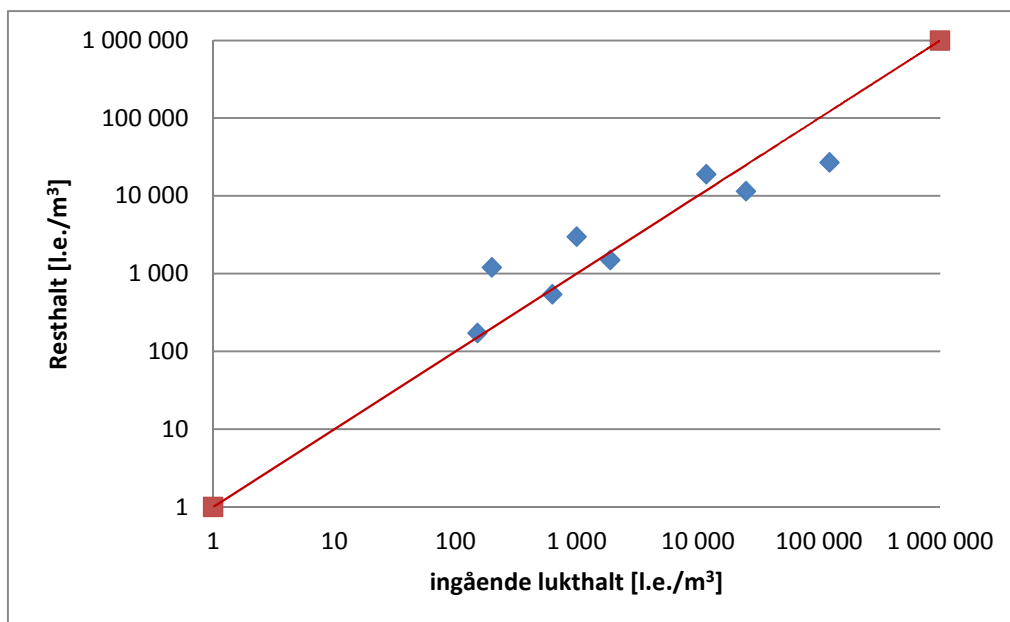
I följande figur redovisas samtliga resultat från de utförda analyserna före respektive efter studerade joniseringsanläggningar.



Figur 7-7 Reningsgrad som funktion av ingående halt för jonisering

Figure 7-7 Reduction efficiency as a function of inlet concentration ionization techniques

Av de studerade joniseringsanläggningarna finns både anläggningar som inte visar upp någon luktreduktion alls eller otillfredsställande låg luktreduktion. Den otillfredsställande funktionen kan även studeras i följande figur.



Figur 7-8 Resthalt som funktion av ingående halt för jonisering

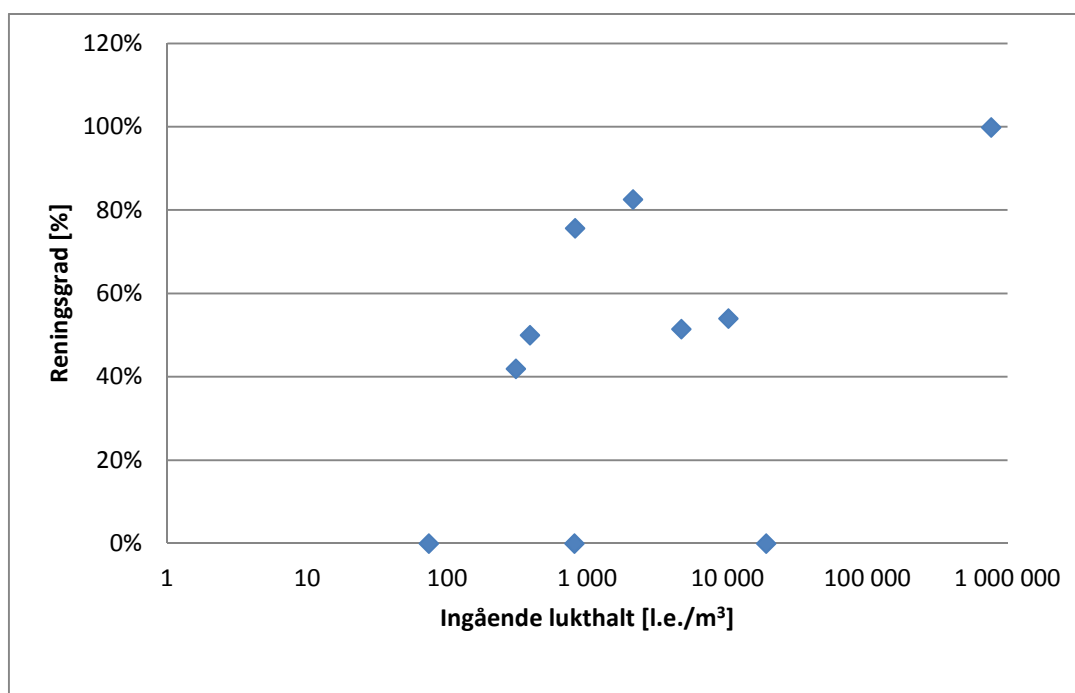
Figure 7-8 Outlet concentration as a function of inlet concentration for ionization

Som tidigare nämnts innebär att om punkten ligger nära trendlinjen är avskiljningsförmågan låg. Ligger den dessutom på vänstra sidan är utgående lukt högre än ingående. Orsaken kan vara dels de ingående variationerna i mätförfarandet men även det förhållande att den begränsade oxidation som sker skapar luktämnen och därmed ökar luktkoncentrationen.

Orsaken till de låga resultaten för jonisering är att samtliga installerade anläggningar har varit i mekaniskt ventilerade utrymmen, vilket innebär att uppehållstiden är begränsad även om jonisering är installerad på ingående luft. Däremot finns många vittnesmål att tekniken fungerar i slutna utrymmen utan mekanisk ventilation. Några mätningar som bekräftar detta har dock inte kunnat tas fram inom ramen för denna utredning.

7.2.5 Ozonisering

I följande figur redovisas samtliga resultat från de utförda analyserna före respektive efter studerade ozoniseringsanläggningar



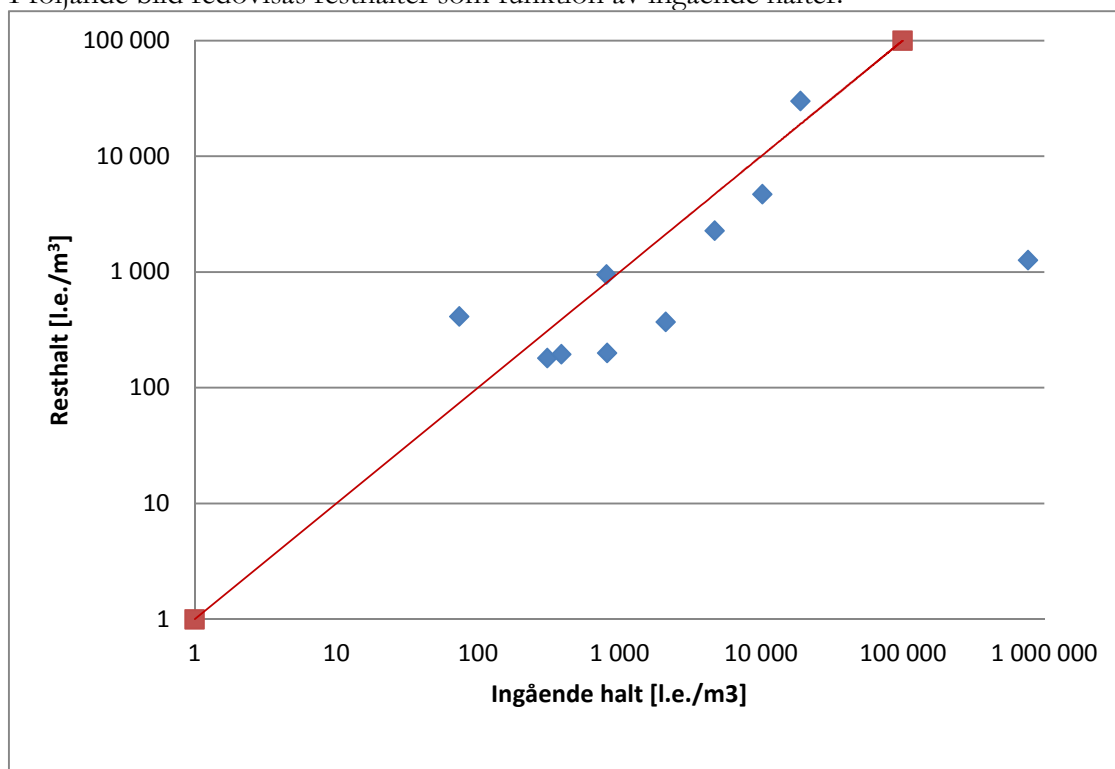
Figur 7-9 Reningsgrad som funktion av ingående halt för studerade ozonanläggningar

Figure 7-9 Reduction efficiency as a function of inlet concentration for various types of ozone units

Som framgår av ovanstående figur är reningsgraden för lukt låg ($< 90\%$) i de flesta studerade installationer. Installation med hög ingående luktkoncentration ($770\,000\text{ l.e./m}^3$) och hög verkningsgrad lyckas också med att generera förhållandevis låga resthalter lukt, drygt $1\,000\text{ l.e./m}^3$.

Intrycket är att det är svårt att säkerställa rätt koncentration ozon för den aktuella applikationen eller att uppehållstiden för reaktionen är otillfredsställande låg.

I följande bild redovisas resthalter som funktion av ingående halter.



Figur 7-10 Resthalt som funktion av ingående halt för ozonanläggningar

Figure 7-10 Outlet concentration as a function of inlet concentration for ozone units

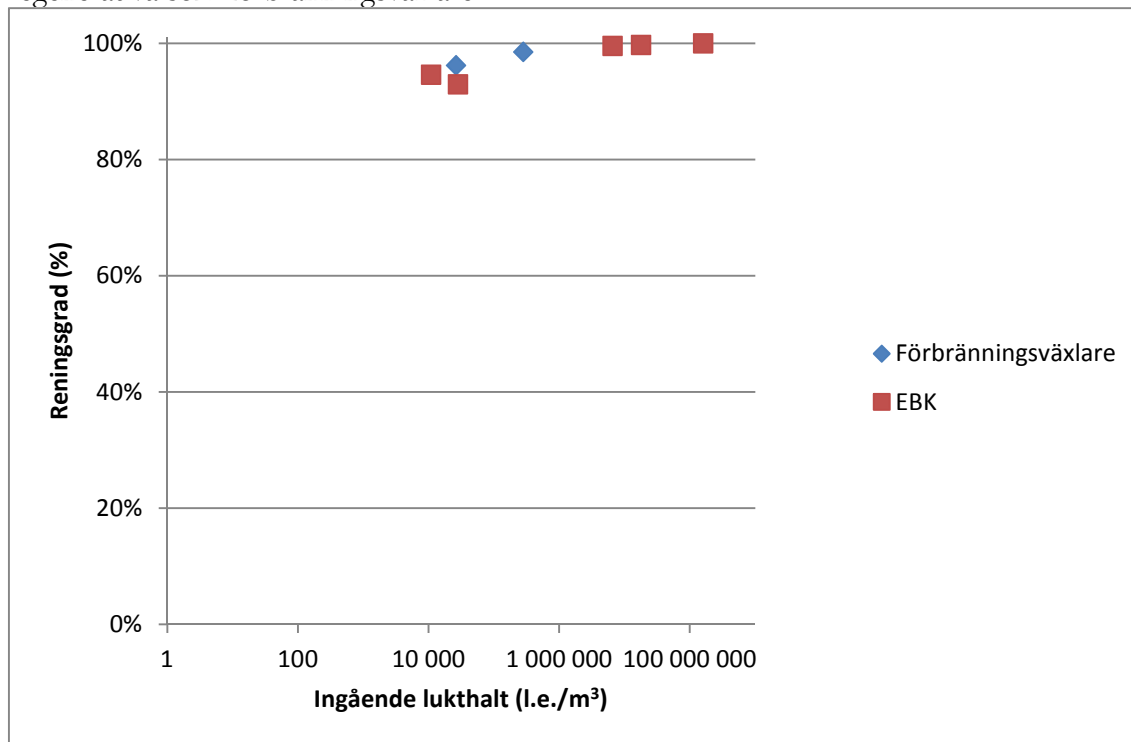
Även om ozoniseringsanläggningar ger ett överlag dåligt intryck så fungerar de bättre än joniseringsanläggningar enligt de mätningar som ÅF genomfört.

7.2.6 Oxidation (termisk)

Termisk oxidation av luktutsläpp från anläggningar som hanterar organiskt avfall sker företrädesvis där höga lukthalter förekommer. Vanligt applikationer är behandling av frånluft från reningsprocess för biogas men även vid hantering av slakteriavfall. Där luftströmmarna är små ($1\,000\text{ m}^3/\text{h}$) kan både regenerativa och rekuperativa

oxidationsanläggningar användas. Vid högre flöden utnyttjas företrädesvis regenerativa lösningar eftersom driftskostnaden annars blir för hög.

I följande figurer anges de rekuperativa lösningarna som EBK (efterbrännkammare) och de regenerativa som förbränningsväxlare.

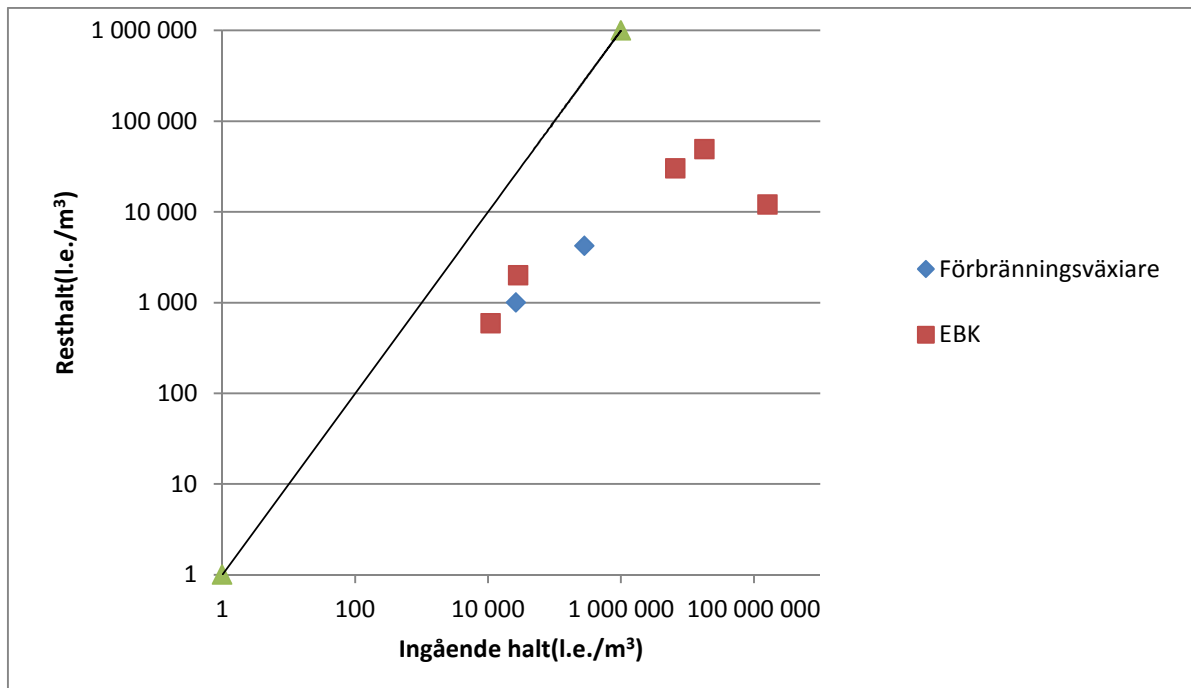


Figur 7-11 Reningsgrad som funktion av ingående halt för termiska oxidationsanläggningar

Figure 7-11 Reduction efficiency as a function of inlet concentration for various types of thermal oxidizers

Som framgår av ovanstående figur uppnås höga reningsgrader oavsett vilken typ av termisk oxidation som väljs. Vid riktigt höga luktkoncentrationer till anläggningen är reningsgraden väl över 99 %.

I följande bild redovisas resthalter som funktion av ingående halter.



Figur 7-12 Resthalt som funktion av ingående halt för termisk oxidation

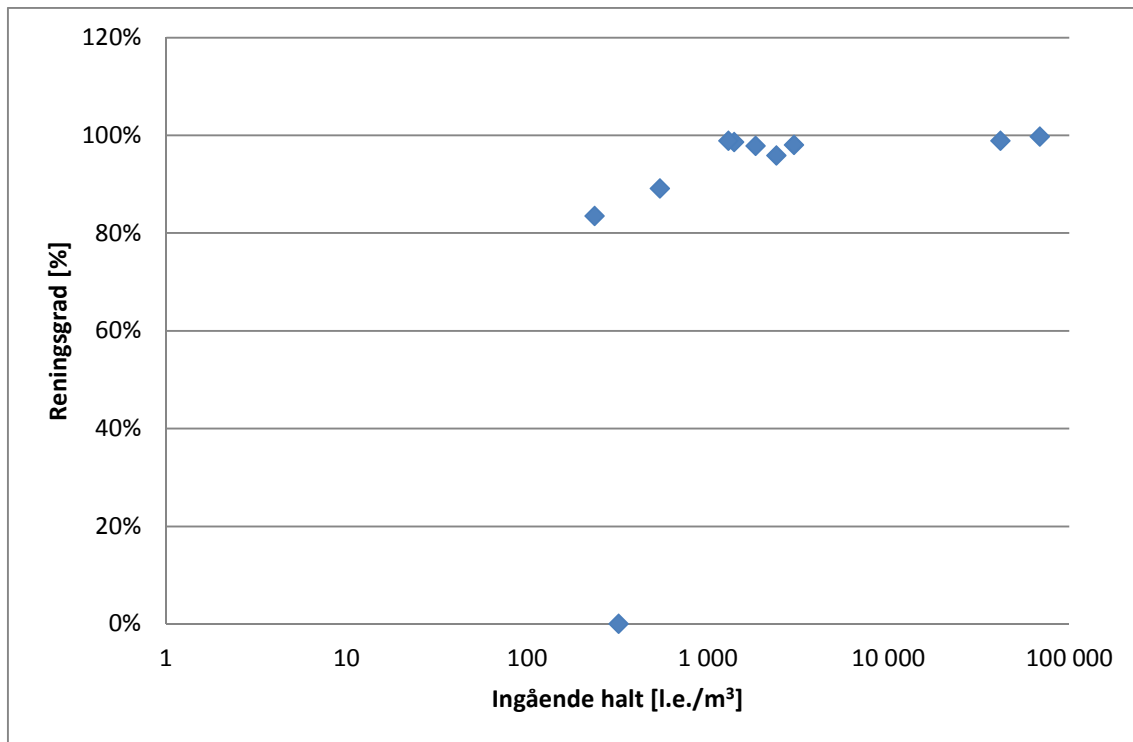
Figure 7-12 Outlet concentration as a function of inlet concentration for thermal oxidizers

Som framgår av ovanstående bild är det svårt att komma ned i riktigt låga resthalter efter oxidationsprocessen trots en hög avskiljningsgrad. Detta är bland annat beroende på att den termiska oxidationen innebär att rökgasar bildas som kväveoxider, svaveloxider som också kan bidra till lukt.

En viktig designfråga när det gäller förbränningsväxlarna är om den så kallade residualluften renas i den aktuella anläggningen. Om inte kan kortvariga puffar emitteras med mycket höga resthalter då flödet i anläggningen skiftar riktning. De utförda mätningarna tar inte hänsyn till detta förfarande.

7.2.7 UV-fotooxidation med aktiverat kolfilter

Fotooxidation är en tämligen ny teknik och idag finns ett begränsat antal på anläggningar som hanterar organiskt avfall även om antalet ökar snabbt. De redovisade värdena över provtagningar i följande figur avser tre olika anläggningar där flera prover uttagits under längre tid.

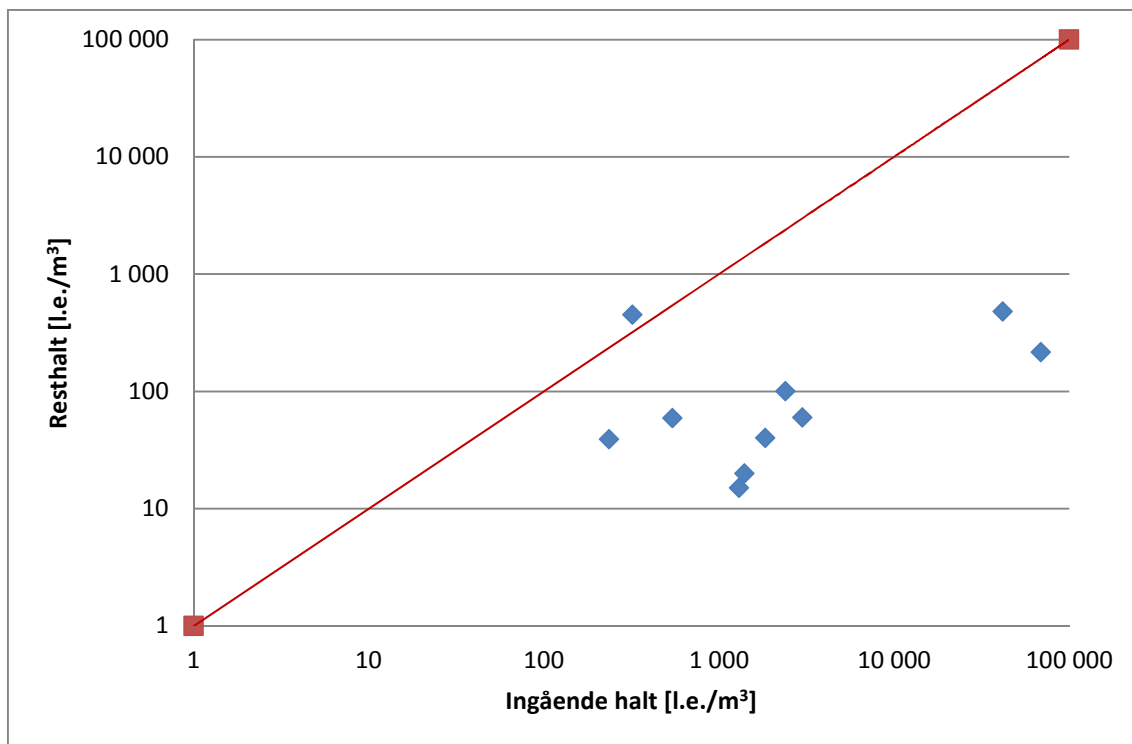


Figur 7-13 Reningsgrad som funktion av ingående halt för fotooxidation med efterföljande kolfilter

Figure 7-13 Reduction efficiency as a function of inlet concentration – photo oxidation combined with activated carbon filter

Som framgår av ovanstående figur är medger kombinationen fotooxidation och aktiverat kolfilter höga avskiljningsgrader (> 90 %) i de allra flesta av mätningarna. För fallet med låg funktion torde kolfiltret vara i dåligt skick och i behov för utbyte.

I följande bild redovisas resthalten som funktion av ingående koncentration.



Figur 7-14 Resthalt som funktion av ingående halt för fotooxidation med aktiverat kolfilter

Figure 7-14 Outlet concentration as a function of inlet concentration – photo oxidation combined with activated carbon filter

Som framgår av denna figur medger tekniken låga resthalter ($< 500 \text{ l.e./m}^3$) även vid förhållandevis höga ingående koncentrationen ($> 40\,000 \text{ l.e./m}^3$).

7.3 Strukturella brister

En viktig strukturell fråga är kommunikationen mellan anläggningsägare och leverantör av avskiljningsutrustning. De viktigaste bristerna är följande:

- Anläggningsägarna har inte definierat problemet
- Korrekta dimensionerande data saknas ofta
- Anläggningsägarna ställer inga krav på luktavskiljning vid upphandlingen
- Anläggningsägarna gör ofta en bristfällig uppföljning av funktionen
- Underhållet är eftersatt

Ofta lämnar anläggningsägarna över ansvaret till att lösa luktfrågan till leverantörerna utan att man själv har definierat problemet. Detta betyder att när man går ut med en förfrågan angående luktavskiljning saknas uppgifter om vilken luktbelastning som förekommer i det

aktuella processavsnittet. Det betyder också att man sällan ställer krav på luktaavskiljning eller högsta tolerabla restlukter efter behandlingen i samband med upphandlingen. Då garantier saknas görs sällan någon faktisk uppföljning i form av luktmätning efter installationen.

Istället görs då allmänna bedömningar om funktionen genom att personal förnimmar lukt på liknande sätt som innan installationen, eller att grannarna fortsätter att klaga.

Från leverantörens sida kan det synas tryggt att leverera en avskiljningsutrustning utan att behöva lämna garantier på funktion. Vid flera anläggningar ha noterats hur diskussionerna mellan anläggningsägare och leverantörer varit besvärliga när man anser att anläggningen inte fungerar som tänkt.

Ett annat problem är kompetensen vid upphandlingen och LOU (Lagen om Offentlig Upphandling) om man bara utgår från lägsta pris. Har man inte analyserat installationen ordentligt från början kan man således helt missbedöma de dimensionerande förutsättningarna. Detta innebär att såväl fel val av teknik (enkel) som en underdimensionerad utrustning ofta kommer på plats istället för en utrustning som löser det faktiska problemet. Det är som vanligt; man får det man betalar för, men man får kanske inte det man behöver. Tekniskt stöd vid denna typ av upphandling skulle stärka anläggningsägarnas position.

Efter installationen är det avgörande för funktionen att man underhåller anläggningen på ett bra sätt. Alltför ofta glöms anläggningen bort efter installation och då är det svårt att upprätthålla god funktion i den. Ett ofta uppmärksammar problem är att anläggningsägarna inte vet när det är dags att byta ut ett kolfilter eftersom man inte genomför regelbundna kontroller.

Ofta erbjuder leverantörerna ett serviceavtal som betyder att leverantören kommer regelbundet och tittar till utrustningen och byter de delar som behövs. Vissa leverantörer arbetar då med mätningar för att värdera statusen på anläggningen men lång ifrån alla gör detta. ÅF:s uppfattning är att mätning av lukt eller luktande komponenter är avgörande för att förstå anläggningens status och behovet av service.

8 Slutsatser

I föreliggande rapport har sammanställts luktmätningar från ett stort antal luktaavskiljningsutrustningar av olika slag installerade vid kommunala reningsverk och anläggningar för biologisk behandling (huvudsakligen rötning och kompostering).

Utredningen visar på såväl vilka tekniker som fungerar vid de aktuella applikationerna som sådan tekniklösningar som man bör undvika.

Slutsatserna från arbetet kan sammanfattas i att det finns ett stort antal utrustningar installerade för att avskilja lukt från anläggningar för biologisk behandling inom såväl förbehandlingsprocesser, renodlade biogasanläggningar samt kommunala reningsverk med slamhantering i kombination med rötning av slammet. Den genomsnittliga avskiljningen av luktämnen från dessa anläggningar är oacceptabelt låg (ca 55 % i genomsnitt). Det är svårt att finna andra områden där installerad reningsteknik fungerar sämre. Orsaken till detta förhållande är flera, dels kan man peka på tekniska orsaker, och dels på strukturella orsaker.

Bland de tekniska orsakerna har konstaterats att ofta är tekniken inte anpassad för att lösa det problem som skall lösas. Det kan bero på orsaker som fel val av teknik eller feldimensionerad utrustning. Ofta väljer man en billigare lösning vilket ofta leder till sämre resultat. En billigare lösning kan bestå av enklare teknik, underdimensionerad utrustning eller att man undviker avfuktning före aktiverat kol.

Den kanske viktigaste orsaken är att kunskapen om förutsättningarna och vad som krävs för att erhålla en fungerande lösning är för låg hos anläggningsägarna, vilket gör att billiga lösningar prioriteras framför teknikval som faktiskt löser problemet. Leverantörer får dessutom fritt spelrum när man inte har definierat problemet, tagit fram ett upphandlingsunderlag med kravspecifikationer på avskiljningsnivåer och inte heller följer upp effekten av installationen. Dessutom är denna typ av utrustning ofta behandlad med visst ointresse av anläggningsägarna vilket leder till minskad uppföljning och underhåll.

Tillsammans innebär detta att även om anläggningsägaren har investerat i ansenligt kapital för att lösa ett problem eller att undvika ytterligare klagomål från grannar kvarstår problemet vilket påverkar intresset för och möjligheten att utveckla verksamheten.

För att starta en utbildningsprocess har i bilaga 2 till denna rapport en kortfattad handbok tagits fram som stöd till anläggningsägarna för att säkerställa en teknik som fungerar.

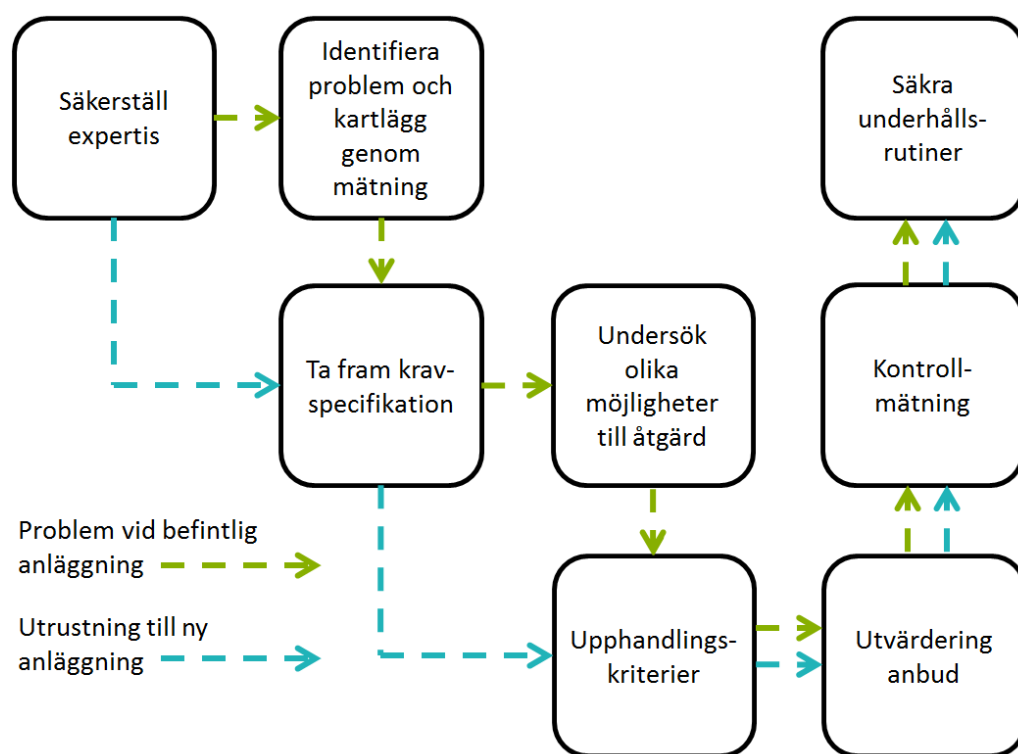
9 Rekommendationer och användning

Föreliggande rapport riktar sig till anläggningsägare till kommunala reningsverk och verksamheter som hanterar organiskt avfall exempelvis biogasanläggningar. I rapporten redovisas tydligt vilken reningsteknik som enligt utförda mätningar ger en hög avskiljningsgrad och låga resthalter. Detta kan ge en god indikation på vilken typ av utrustning man skall välja från det stora utbud som finns på marknaden.

Viktigt att notera är att alla tekniker inte passar i alla applikationer. Av denna anledning bör anläggningsägaren anlita teknisk support i samband med upphandling av utrustning och i kontakt med leverantörer. Viktigt i detta sammanhang är att ställa relevanta funktionskrav på utrustningen som går att kontrollera i efterhand med konventionella luktprovtagningar.

Rapporten ger också en tydlig rekommendation att för att få en utrustning att fungera under längre tid måste ett planerat underhåll ske där man regelbundet följer upp luktavskiljningsförmågan i utrustningen. Många anläggningar som ingått i denna studie har underhållet varit eftersatt vilket också bidragit till att anläggningen inte fungerar som tänkt.

ÅF förslår följande metodik vid upphandling av utrustning för luktbehandling.



Figur 9-1 Föreslagen metodik vid upphandling av utrustning för luktbehandling

Figure 9-1 Suggested methodology for procurement of equipment for odour treatment.

I Bilaga C till denna rapport presenteras en handbok som kan användas vid upphandling av luktreningsutrustning.

10 Litteraturreferenser

- [1] Arrhenius K, Rosell L, Tsetsilas S, Lövenklev M, Blomqvist M, Hall G, Sverkén A, Widén H & Holmgren M A; Luktreduceringsgrad hos biofilter, fältmätningar, Waste Refinery, Borås 2010, rapport nr WR-26
- [2] Cavinato C; Anaerobic Digestion Fundamentals – I, presentation at Jyväskylä summer school on biogas technology for sustainable second generation biofuels production, 2011, inom ramen för EU-projektet Valorgas, nedladdad från <http://www.valorgas.soton.ac.uk/publications.htm>
- [3] Gadgil-Mawart A, Malhautier L, Renner C, Rocher J & Fanto J-L; Treatment of a gaseous mixture by biofilters filled with an inorganic packing material: performance and influence of inoculation on removal efficiency levels, J. Chem. Technol. Biotechnol. 2012, Vol. 87, sid. 824-830
- [4] Lyngbye M, Jørgensen L, Jonassen K, Schlünssen V & Sigsgaard T; Støvreduktion i smågrisestald med elektrostatiske partikelioniseringsudstyr, Videncenter for Svineproduktion, 2012, Meddelande nr 927
- [5] Nipuli J; Hajukaasujen käsittely biologisella suodattimella, diplomarbete vid Helsingfors Tekniska Universitet, Helsingfors 2008
- [6] Prenafeta-Boldú F X, Ortega O, Arimany M & Canalias F; Assessment of process limiting factors during the biofiltration of odorous VOCs in a full-scale composting plant, Compost Science & Utilization (2012), vol. 20, nr 2, sid 73-78
- [7] Rene E R, Montes M, Vega M C & Kennes C; Novel bioreactors for waste gas treatment, in "Environmental Chemistry for a Sustainable World", Vol. 2 "Remediation of Air and Water Pollution", Springer Netherlands, 2012, ISBN 978-94-007-2439-6, pp. 121-170, abstract på http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-007-2439-6_3?LI=true
- [8] European Commission; Reference document on Best Available Techniques for the Waste Treatment Industries, Sevilla 2006
- [9] Higgins N J & Novak J T; Characterization of exocellular protein and its role in bioflocculation, J. Environ. Eng. Vol. 123 (1997), nr. 5, sid 479-485, abstract: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1997\)123%2F5\(479\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9372(1997)123%2F5(479))
- [10] Kim J, Novak J T & Higgins M J; Multistaged anaerobic sludge digestion processes, J. Environ. Eng. 137, nr 8, 2011, sid 746-753
- [11] Kempe M; Jonisering av inomhusluft – En intressant luftreningsteknik med många frågetecken, Novia, Vasa, rapport 5/2012, nedladdad från www.novia.fi
- [12] Kristiansen A, Lindholm S, Feilberg A, Nielsen P H, Neufeld J D & Nielsen J L; Butyric acid- and dimethyl sulfide-assimilating microorganisms in a biofilter treating air emissions from a livestock facility, Appl. Environ. Microbiology vol. 77 (2011), nr 24, sid 8595-8604
- [13] Kumar N, Novak J T & Murthy S; Effect of secondary aerobic digestion on properties of anaerobic digested biosolids, WEFTEC 2006, sid 6806-6829

- [14]Liu H & Fang H H P; Extraction of extracellular polymeric substances (EPS) of sludges, J. Biotechnology vol. 95 (2002)m sid 249-256
- [15]Lyngbye M, Jørgensen L, Jonassen K, Schlünssen V & Sigsgaard T; Støvreduktion i smågrisestald med elektrostatisk partikelioniseringsudstyr, Videncenter for Svineproduktion, 2012, Meddelande nr 927
- [16]McSwain B S, Irvine R L, Hausner M & Wilderer P A; Composition and distribution of extracellular polymeric substances in aerobic flocs and granular sludge, Applied and Environmental Biology, vol. 71 (2005), nr 2, sid 1051-1057
- [17]Neyens E, Baeyens J & Creemers C; Alkaline thermal sludge hydrolysis, J. Haz. Mat. Vol. 98 (2003), nr 1-3, sid 295-314, www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12573845
- [18]Neyens E, Baeyens J, Weermaes M & de Heyder B; Hot acid hydrolysis as a potential treatment of thickened sewage sludge, J. Haz. Mat. Vol. 98 (2003), nr 1-3, sid 275-293, www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1268793
- [19]Neyens E, Baeyens J, Weermaes M & de Heyder B; pilot-scale peroxidation (H₂O₂) of sewage sludge, J. Haz. Mat. Vol. 98 (2003), nr 1-3, sid 91-106, www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12628779
- [20]Nipuli J; Hajukaasujen käsittely biologisella suodattimella, diplomarbete vid Helsingfors Tekniska Universitet, Helsingfors 2008
- [21]Parker R D, Davis E C & Jain R C; Biological scrubber odor control system and method, US Pat. 7 276 366 (2007)
- [22]Prenafeta-Boldú F X, Ortega O, Arimany M & Canalias F; Assessment of process limiting factors during the biofiltration of odorous VOCs in a full-scale composting plant, Compost Science & Utilization (2012), vol. 20, nr 2, sid 73-78
- [23]Rene E R, Montes M, Vega M C & Kennes C; Novel bioreactors for waste gas treatment, in “Environmental Chemistry for a Sustainable World”, Vol. 2 “Remediation of Air and Water Pollution”, Springer Netherlands, 2012, ISBN 978-94-007-2439-6, pp. 121-170, abstract på http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-007-2439-6_3?LI=true
- [24]Rönnöls E och Jönerholm K; Åtgärder mot lukt – Erfarenheter från svenska anläggningar för behandling av avfall, Avfall Sverige, Malmö 2007, rapport B2007:04
- [25]Sercu, B ; Geurverwijdering in relatie met de activiteit en samenstelling van de microbiële gemeenschappen in biofilters en biowasfilters (Odour removal in relation with the activity and composition of the microbial communities in biofilters and biotrickling filters), doktorsavhandling vid Universitet Gent, 2006, *nedladdad*
- [26]Shimp G F & Sandio J; Seeking options to conventional anaerobic digestion, nedladdat från www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/wef-sandino.pdf
- [27]Sievers M, Ried A & Koll R; Sludge treatment by ozonation – evaluation of full-scale results, Water Sci. Technol. Vol. 49 (2004), br 4, sid 247-263
- [28]Simpson G D & Holden G W; Composition for odor control, US Pat. 7 972 532 (2011)
- [29]Willis J & Schafer P; Advances in thermophilic anaerobic digestion, Proc. WEFTEC 2006, sid 5378-5392
- [30]Wilson C A, Murthy S N & Novak J T; Laboratory-scaled digestability study of wastewater sludge treated by thermal hydrolysis, Proc. WEF conf. Residuals and Biosolids 2008, sid 374-386

- [31] Yu G-H, He P-J, Shao L-M & He P-P; Toward understanding the mechanism of improving the production of volatile fatty acids from activated sludge at ph 10.0, Water Research, vol. 42 (2008), sid 4637-4644

[32]

Titel på Bilaga A: Provtagning och Analysmetodik

Titel på Bilaga B: Mätrapporter

Titel på Bilaga C: Handbok



WASTE REFINERY

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
wasterefinery@sp.se
www.wasterefinery.se



BILAGA A

1 (4)

Handläggare
Markus Olofsgård
Tel +46 10 505 94 07
Mobil +46 70 356 62 10
Fax +46 10 505 30 09
markus.olofsgard@afconsult.com

Datum
2013-10-14

Uppdragsnr
575436

Provtagning -och analysmetodik



1 Bakgrund

All provtagning och alla analyser i projektet är utförd av personal vid ÅF's luktlaboratorium i Göteborg. Laboratoriet är ackresiterat av SWEDAC för "Bestämning av luktconcentration med dynamisk olfaktometri" SS-EN 13725. I det följande kommer provtagning och analys enligt standarden beskrivas.

2 Metodik

2.1 Provtagning

Grunden för all luktprovtagning är att prov bör tas så nära utsläppskällan som möjligt och under representativa driftsförhållanden. I projektet har minst två prover, oftast tre, tagits ut vid varje provpunkt. Detta ger större tillförlitlighet i analysresultatet samt en chans att identifiera snabba förändringar i luftflöde.

Materialet i provtagningsutrustningen av stor vikt då fel typ av material kan kontaminera provluften. De material som används av ÅF är Teflon (provtagnings slang), Nalophan (provtagnings påsar) samt rostfritt stål (provtagningshuv). Samtliga av dessa material är godkända för luktprovtagning enligt SS-EN 13725

I provtagnings sammanhang skiljer man på punktkällor, ventilerade ytkällor och icke ventilerade ytkällor

2.1.1 Punktkälla

Med punktkällor avses utlopp från skorstenar eller provtagning i slutna kanaler. Provtagningspåsen placeras i en slutna kammare med en teflonslang som enda inlopp. Kammaren evakueras och ett undertryck skapas som suger in provluft i provtagningspåsen via teflonslangen. På så sätt kommer luftprovet enbart i kontakt med material som är godkända enligt standarden. Påsar och slang kasseras efter användning.



2.1.2 Ventilerad ytkälla

Med ventilerad ytkälla avses en yta med utgående mekaniskt drivet luftflöde. Det absolut vanligaste förekommande fallet i luktsammanhang är utloppet från biofilter.

Vid provtagning över ventilerad yta identifieras de delar av ytan där det finns ett luftflöde. En provtagningshuv i rostfritt stål placeras över ytan. Huvens storlek är 0,5m x 0,5m vilket innebär att den samlar luft från 0,25m². Vid utloppet till huvens munnsamlare mäts flödet och ett luktprov tas enligt samma princip som vid punktkälla.

Ett flertal prov tas vid varje yta för att fånga upp variationer över ytan.



2.1.3 Icke ventilerad ytkälla

Inga icke ventilerade ytkällor har förekommit i projektet.



2.2 Analys

2.2.1 Olfaktometri

Analys med dynamisk olfaktometri sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av fyra personer. I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panellisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten lukämnen successivt ökar. Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panellisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Den utspädningsnivå vid vilken panellisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar 1 l.e./m³, vilket definieras som luktröskelvärde för n-butanol. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt. Det antal gånger som provet behöver spädas för att panellisterna ska förnimma lukt är lika med luktkoncentrationen i det analyserade provet angivet i l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

2.2.2 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panellisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse. Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Standarden godkänner mätosäkerheter upp till en faktor tre. Aktuell mätosäkerhet återges i respektive mättrapport.

RAPPORT

Av Swedac ackrediterat organ

REPORT issued by an Accredited Laboratory



1 (8)

Handläggare
Mårten Arbrandt
Tel +46 10 505 31 76
Mobil +46 70 526 77 37
Fax +46 10 505 30 09
Marten.arbrandt@afconsult.com

Datum
2013-07-10

Uppdragsnr
575436

Borås Energi och Miljö
Box 1713
501 17 Borås

Rapport nr: G106013

Borås Energi, Borås

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustning, februari 2013

ÅF-Infrastructure AB
Miljö, Hälsa, Säkerhet

Granskad



Mårten Arbrandt



Markus Olofsgård



2013-07-10

2 (8)

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Sensorisk luktanalys	5
4.3	Avvikelser från standarden.....	6
5	MÄTOSÄKERHET	6
6	RESULTAT.....	6
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	6

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2013-07-10

3 (8)

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Borås Energi och Miljö (bolaget) medverkar i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-02-06.

Vid Gärdslösa reningsverk i Borås finns ett kolfilter installerat för att rena ventilationsluften från lukt från en externslammottagning. Provtagning genomfördes före och efter kolfiltret för att bestämma reningsgraden.

Bolaget har även en pumpgrop i Sparsör utanför Borås där ozon tillförs ventilationsluften för att hindra att lukt uppkommer i området. Provtagning genomfördes i utgående ventilationsluft från pumpgropen med och utan ozontillförsel för att bestämma reningsgraden av lukt.

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet som medelvärde av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration [le/m ³]	Luktreduktion [%]
Före Rening – Kolfilter	153	90 %
Efter Rening – Kolfilter	15	
Före Rening – utan ozontillförsel	399	51 %
Efter Rening – med ozontillförsel	197	

Reningsgraden av lukt för kolfiltret bestämdes till 90 % vid mättillfället. Luktreningen från pumpgropen med ozon visade på en reningsgrad av 51 % vid mättillfället.



2013-07-10

4 (8)

1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Borås Energi och Miljö medverkar i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-02-06.

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Mårten Arbrandt vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Vid Gässlösa reningsverk utanför Borås finns en mottagningshall för externslamhantering. Utgående ventilationsluft från slamhanteringen renas genom ett kolfilter innan det avgår till omgivningsluften.

Bolaget har flera pumpgropar runt om Borås för avloppsvatten. Vid en pumpgrop i Sparsör används ozon för rening av ventilationsluft.

Tre delprover har uttagits före och efter kolfiltret. Vid pumpgropen i Sparsör har tre delprover uttagits med ozontillförsel och tre delprover utan.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktbelastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskriv i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

- Kolfilter - Gässlösa reningsverk

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter Gässlösa reningsverk

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före Rening - Kolfilter	Provtagning genomfördes i ventilationskanal före kolfilter
Efter Rening - Kolfilter	Provtagning genomfördes i ventilationskanal efter kolfilter



2013-07-10

5 (8)

- Ozon – Sparsör pumpstation

Provtagning genomfördes i samma provpunkt. Först var ozonet avstängt och provtagning genomfördes i utgående ventilationsrör från pumpgropen. Därefter sattes ozonet på och efter en tid så togs nya prover i ventilationskanalen.

Tabell 2. Beskrivning av provpunkter Sparsör pumpstation

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före Rening – Utan ozon	Provtagning genomfördes i utgående ventilationskanal från pumpgropen.
Efter Rening – Med ozon	Provtagning genomfördes i utgående ventilationskanal från pumpgropen.

4.2 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 3 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).



2013-07-10

6 (8)

4.3 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från luktstandarden har gjorts.

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Provtagningen utfördes den 6 februari 2013 och resultaten från luktanalyserna redovisas i tabellen nedan.

Tabell 4 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde ¹ [m ³ /h]	Luktkoncentration [l.e./m ³]	Luktemission ² [Ml.e./h]
Före Rening – Kolfilter	990	153	0,2
Efter Rening – Kolfilter	990	15	<0,1
Före Rening – Utan ozon	1140	399	0,5
Efter Rening – Med ozon	1140	197	0,2

7 Kommentarer till resultatet

Reningsgraden för kolfiltret med frånluft från slammottagningscentralen vid Gässlösa reningverk var ca 90 % vid mättillfället. Reningsgraden för avluft från pumpgruppen i Sparsör visade en reningsgrad på ca 51 %.

¹ Flödesmätning är inte en del av den ackrediterade verksamheten

² Luktemission beräknas utifrån flöde och är därmed inte en del av den ackrediterade verksamheten.



Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktconcentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO8.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten luktämnen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-02-06
Datum för analysen	2013-02-07
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för mätosäkerhet
1 före kolfilter	10:45	09:29	-	203	2,4
2 före kolfilter	10:47	09:36	-	128	2,4
3 före kolfilter	10:49	09:41	-	128	2,4
4 efter kolfilter	10:51	09:56	-	16	2,4
6 efter kolfilter	10:55	10:02	-	13	2,4
7 utan ozon	12:00	10:15	-	362	2,4
8 utan ozon	12:05	10:27	-	323	2,4
9 utan ozon	12:07	10:09	-	512	2,4
10 med ozon	12:37	10:40	-	228	2,4
11 med ozon	12:39	10:46	-	161	2,4
12 med ozon	12:41	10:34	-	203	2,4

Handläggare
Markus Olofsgård
Tel +46 10 505 94 07
Mobil +46 70 356 62 10
Fax +46 10 505 30 09
markus.olofsgard@afconsult.com

2013-10-11

Cambi
Box 78
1371 Asker

Uppdragsnr
575436

Cambi, Romerike biogasanlegg

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustning, oktober 2013

ÅF-Infrastructure AB

Granskad



Markus Olofsgård

Mårten Arbrandt



Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	5
4.2	Gasflödesbestämning	5
4.3	Sensorisk luktanalys	6
4.4	Avvikelser från standarden	6
5	MÄTOSÄKERHET	6
6	RESULTAT.....	7
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	7

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2013-10-11 3 (9)

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Cambi As medverkar i projektet och har ställt sin anläggning i Vormsund utanför Oslo till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-10-08.

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration [le/m ³]	Luktreduktion [%]
Före scrubber	11 000	
Efter biofilter	600	95,6 %



2013-10-11 4 (9)

1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Cambi AS medverkar i projektet och har ställt sin anläggning i Vormsund utanför Oslo till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-10-08.

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Markus Olofsgård vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Cambi har under sensommaren/hösten 2013 tagit i drift en biogasanläggning i Vormsund utanför Oslo. Anläggningen är tänkt att röta allt biologiskt hushållsavfall från Oslo och producera flytande biogas. Anläggningen använder sig av Cambis termiska hydrolysisprocess (THP). Processen bygger på upphettning av substratet till 170 °C under en period innan rötning. Detta ger högre gasutbyte och lägre uppehållstid i rötkamrarna. Cambi hävdar även att lukten reduceras med denna metod.

Vid anläggningen i Vormsund samlas all potentiellt luktande luft in och leds genom en scrubber för att sedan ledas vidare genom fyra parallella biofilter. Luften från biofiltren leds ut i skorsten över tak. Bolaget har även möjlighet att blåsa in omgivningsluft i skorstenen för att erhålla initialspädning.

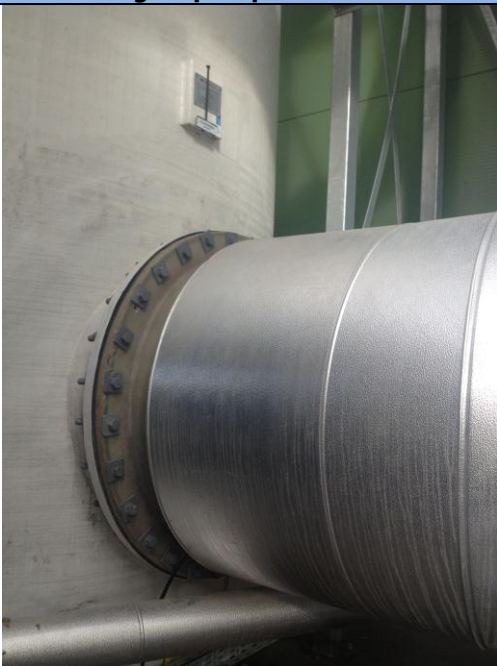
Bolaget har ett villkor på luktutsläpp, luktkoncentrationen i skorstenen får inte överstiga 500 l.e/m³. En viss korrigering ska dock göras med tanke på biofiltrets egenlukt.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktbelastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskriv i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före scrubber Alla potentiellt luktande luftströmmar samlas och renas. Första steget är en scrubber. Prov togs precis innan luften leds in i scrubbern.	
Efter biofilter Efter rening leds luften ut genom skorsten över tak. Prov togs i, för ändamålet avsett, provtagningsventil. Vid provtagning var inte fläkte för initialspädning i drift.	

4.2 Gasflödesbestämning¹

Gasflödesbestämning genomfördes med pitotrör och micromanometer innan scrubbern.

¹ Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



4.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningssinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, i.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

4.4 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från standarden

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga



2013-10-11 7 (9)

panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Om mätosäkerheten vid analystillfället är två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Resultaten från luktanalyserna redovisas nedan som antalet luktenheter per kubikmeter.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde ² (m ³ /h ng)	Luktkoncentration (le/m ³)	Luktemission ³ (Mle/h)
Före scrubber	21 000	11 000	231
Efter biofilter	21 000	600	12,6

7 Kommentarer till resultatet

Reningsgraden var vid mättillfället 95,6 %

² Flödesmätning är inte en del av den ackrediterade verksamheten

³ Luktemission beräknas utifrån flöde och är därmed inte en del av den ackrediterade verksamheten



Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktconcentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO8.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten luktämnen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-10-08
Datum för analysen	2013-10-09
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (Ie/m ³)	Faktor för mätosäkerhet
1a före scrubber	13:40	10:10	-	14 596	2,5
1b före scrubber	13:45	10:19	-	9 195	2,5
1c före scruber	13:50	09:50	-	9 195	2,5
2 a efter biofilter	14:10	09:21	-	912	2,5
2b efter biofilter	14:15	09:30	-	645	2,5
2c efter biofilter	14:20	09:36	-	456	2,5

Handläggare
Markus Olofsgård
Tel +46 10 505 94 07
Mobil +46 70 356 62 10
Fax +46 10 505 30 09
markus.olofsgard@afconsult.com

Datum
2013-02-24

Uppdragsnr
575436

Falköping biogas

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar

ÅF-Infrastructure AB
[Click here to enter Department/Section.](#)

Granskad

Markus Olofsgård

[Click here to enter text.](#)



Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	BAKGRUND	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Gasflödesbestämning	5
4.3	Sensorisk luktanalys	5
4.4	Avvikelser från standarden	6
5	MÄTOSÄKERHET	6
6	RESULTAT.....	6
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	7

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2013-02-24 3 (9)

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Av denna anledning har ÅF Genomfört luktmätningar vid Falköpings biogasanläggning.

Mätningarna genomfördes 2013-02-26

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration (le/m ³)	Luktreduktion
Tippficka utan jon	200	
Tippficka med jon	300	0 %
Allmänventilation utan jonisering	10	
Allmänventilation med jonisering	20	0 %



2013-02-24 4 (9)

1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Av denna anledning har ÅF Genomfört luktmätningar vid Falköpings biogasanläggning.

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Markus Olofsgård vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Bakgrund

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Biogasanläggningen i Falköping ställde sin anläggning till förfogande för mätning på deras joniseringsanläggningar.

4 Tekniska förutsättningar

Avluftning från tippficka och tilluften till förbehandlings byggnaden behandlas med joniseringsaggregat

5 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktbelastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskriv i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

Prov togs först med jonisering påslagen. Joniseringen slogs sedan av och lämnades avslagen under 45 min innan efterföljande prov togs.

5.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
-------------------------	----------------------------

Tippficka Joniserad luft tillförs tippfickan som ventileras med en kanalfläkt. Prov togs vid utblåset från kanalen	
Allmänventilation Tilluften till förbehandlingshall joniseras och lokalen avluftas sedan via skorsten över tak. Prov togs vid skorstenens mynning.	

5.2 Gasflödesbestämning¹

Gasflödesbestämning genomfördes med vinghjulsmått i samtliga punkter. I inget fall var kravet på störningsfri raksträcka uppfyllt

5.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsskåp (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, i.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

¹ Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



2013-02-24 6 (9)

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktmetri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10^7 gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

5.4 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från standarden.

6 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på $1\,000\text{ l.e./m}^3$ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m^3 .

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

7 Resultat

Resultaten från luktanalyserna redovisas nedan som antalet luktenheter per kubikmeter.



2013-02-24 7 (9)

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde (m ³ /h ntg)	Luktkoncentration (Ie/m ³)	Luktemission (Mle/h)
Tippficka med jon	360	300	0,097
Allmänventilation med jonisering	1 900	20	0,036
Tippficka utan jon	360	200	0,055
Allmänventilation utan jonisering	1 900	10	0,025

8 Kommentarer till resultatet

Omgivningstemperaturen var under noll grader vilket gör att begränsad biologisk aktivitet kan förväntas. Detta gör även att lukthalterna är låga både med och utan jonisering vilket gör det svårt att säga något om reningsgrad.

Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktconcentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO8.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten luktämnen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-02-26
Datum för analysen	2013-02-27
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
1 a tippficka med jonisering	11:30	9:51	-	391	2,8
1 b tippficka med jonisering	11:33	9:57	-	256	2,8
1c tippficka med jonisering	11:35	10:05	-	203	2,8
2a allmän vent. Med jon	12:00	9:18	-	27	2,8
2b allmän vent. Med jon	12:05	9:24	-	14	2,8
3a tippficka utan jonisering	12:40	10:12	-	203	2,8
3b tippficka utan jonisering	12:40	10:18	-	114	2,8
4a allmänvent. Utan jonisering	12:55	9:30	-	16	2,8
4b allmänvent utan jonisering	12:55	10:48	-	11	2,8

RAPPORT

Av Swedac ackrediterat organ

REPORT issued by an Accredited Laboratory



1 (8)

Handläggare
Mårten Arbrandt
Tel +46 10 505 31 76
Mobil +46 70 526 77 37
Fax +46 10 505 30 09
Marten.arbrandt@afconsult.com

Datum
2013-09-18

Uppdragsnr
575436

Swedish Biogas International
Gjuterigatan 1B
582 73 Linköping

Rapport nr: G107713

Swedish Biogas International, Katrineholm

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar, september 2013

ÅF-Infrastructure AB

Granskad



Mårten Arbrandt

Markus Olofsgård



2013-09-18

2 (8)

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Gasflödesbestämning	5
4.3	Sensorisk luktanalys	5
4.4	Avvikelser från standarden.....	5
5	MÄTOSÄKERHET	5
6	RESULTAT.....	6
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	6

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2013-09-18

3 (8)

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Swedish Biogas International har ställt sin anläggning i Katrineholm till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-09-04.

Vid anläggningen i Katrineholm så renar man lukt i utgående luft från gasuppgraderingen med hjälp av ett kolfilter. Provtagningar av lukt genomfördes före och efter kolfiltret för att bestämma reningsgraden av utrustningen.

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet som medelvärde av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Flöde [Nm ³ /h] ¹	Luktkoncentration [le/m ³]	Luktreduktion [%]
Före rening	350	44 522	99,9 %
Efter Rening	350	11	

Reningsgraden för luktavskiljningsutrustningen vid mättilfället bestämdes till 99,9 % verkningsgrad. Kolfiltret visade på mycket god avskiljning av lukt.

¹ Flödesprovtagning ingår inte i den ackrediterade verksamheten



2013-09-18

4 (8)

1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Swedish Biogas International har ställt sin anläggning i Katrineholm till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-09-04.

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Mårten Arbrandt vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Vi anläggningen i Katrineholm så tillverkas biogas av främst gödsel från närområdet samt en mindre del vegetabiliska restprodukter. Biogasproduktionen uppgår till ca 3 miljoner Nm³/år.

Reningsutrustningen består av ett kolfilter. Tre delprover har uttagits före reningsutrustningen och tre delprover efter.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före Rening	Provpunkten är belägen i utgående kanal efter gasuppgaderingen. Ett mätuttag finns tillgängligt före kolfiltret i marknivå.
Efter Rening	Provpunkten är belägen i utblåset efter kolfiltret.



2013-09-18

5 (8)

4.2 Gasflödesbestämning²

Gasflödet uppmättes i samlingskanalen efter reningsutrustningen. Samma flöde som leds in till reningsutrustningen leds ut. Flödet har bestämts med pitotrör och mikromanometer.

4.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

4.4 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från luktstandardens har gjorts.

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande

² Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



2013-09-18

6 (8)

av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Provtagningen utfördes den 4 september och resultaten från luktanalyserna redovisas i tabellen nedan.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde ³ [m ³ /h]	Luktkoncentration [l.e./m ³]	Luktemission ⁴ [Ml.e./h]
Före rening	350	44 522	15,6
Efter rening	350	11	0,004

7 Kommentarer till resultatet

Reningen över luktreningsutrustningen var vid mättillfället mycket god med en reningsgrad av lukt på mer än 99 %.

³ Flödesmätning är inte en del av den ackrediterade verksamheten

⁴ Luktemission beräknas utifrån flöde och är därmed inte en del av den ackrediterade verksamheten.



Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktconcentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO8.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten luktämnen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	20°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-09-04
Datum för analysen	2013-09-05
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
1 Före	10:17	10:05	-	35734	2,3
2 Före	10:20	10:17	120	57992	2,3
3 Före	10:23	10:46	120	39839	2,3
5 Efter	10:32	09:30	-	11	2,3
6 Efter	10:34	09:19	-	11	2,3

RAPPORT

1 (13)

Handläggare
Markus Olofsgård
Tel +46 10 505 94 07
Mobil +46 70 356 62 10
Fax +46 10 505 30 09
markus.olofsgard@afconsult.com

Datum
2013-03-22

Uppdragsnr
575436

Uppsala energi och miljö- Kungsängsverken

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar

ÅF-Infrastructure AB

Granskad



Markus Olofsgård



Mårten Arbrandt



Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	BAKGRUND FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.	
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	5
4.2	Gasflödesbestämning	8
4.3	Sensorisk luktanalys	8
4.4	Avvikelser från standarden	9
5	MÄTOSÄKERHET	9
6	RESULTAT.....	9
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	10

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Uppsala energi och miljö är en av deltagarna i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar

Mätningarna genomfördes 2013-03-19

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration (le/m ³)	Reningsgrad
Före biofilter sandfång, grovrens c-block	4 900	
Efter biofilter C-block	500	90%
Före biofilter Inlopp	20 300	
Före biofilter externslam	400	
Efter biofilter externslam	900	0%
Före biofilter sandfång, grovrens	300	
Efter biofilter, sandfång grovrens	40	86 %
Före VBK 1	1 900	
Efter VBK 1	500	75 %
Före VBK 3	20	
Efter VBK 3	800	0%
Ventilation slamutlastning UV på	20	
Ventilation slamutlastning UV av	30	0%



1 Inledning

Som en del i ett större kartläggningsprojekt har ÅF genomfört luktmätningar vid Uppsala energi och miljö's anläggning, kungsängsverket. Mätningarna genomfördes 2013-03-19

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Markus Olofsgård vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Uppsala energi och miljö är en av deltagarna i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktbelastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskrivs i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
1. Efter biofilter C-blocket Luft från inlopp, rengaller och sandfång leds genom biofilter. Prov togs med oventilerad huv där största flödet kunde uppmätas.	
2. Före biofilter C-blocket Luft från inloppet och rengaller leds via biofilter. Prov tas ut i kanal före biofilter	

RAPPORT

2013-03-22 6 (13)

3. Före biofilter C-blocket Luft från grovrens och sandfång samlas upp och leds till biofilter prov tas innan luftkanalen lämnar kanalen.	
4. Efter biofilter Externslam Luft från externslamhantering leds via biofilter. Prov togs ut där ett tydligt flöde kunde identifieras	
5. Externslam före biofilter. Luft från externslamhantering leds via biofilter, prov togs ut innan biofilter.	
6. Efter Biofilter Sandfång och rengaller Luft från sandfång och rengaller leds ut via biofilter. Prov togs ut där det största flödet kunde identifieras.	

RAPPORT

2013-03-22 7 (13)

7. Före Biofilter Sandfång och rensgaller Luft från sandfång och rensgaller leds ut via biofilter. Prov togs ut för biofilter.	
8. VBK 1 Luft leds genom ett VBK biofilter. Prov togs före och efter filter.	
9. VBK 3 Luft leds från slamcentrifuger till ett VBK biofilter. Prov togs före och efter filter.	

10. Ventilation slamutlastning

Ventilationen från slamutlastning leds via UV lampor ut i skorsten över tak. Prov togs med och utan UV lampor påslagna.



4.2 Gasflödesbestämning¹

Gasflödesbestämning genomfördes i samtliga punkter med antingen pitotrör och manometer eller vinghjulsanemometer. Undantaget "3. Före biofilter C-blocket" Där beläggning på insidan av kanlen omöjliggjorde mätning med pitotrör

4.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbe-			

¹ Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



RAPPORT

2013-03-22 9 (13)

	skrivning för lukt- provtagning, G107511			
--	--	--	--	--

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

4.4 Avvikelse från standarden

Inga avvikelser från standarden

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktträskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktträskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Normalt hamnar denna faktor på en nivå strax under 2. Detta innebär att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000 vid en mätosäkerhet på 2. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Resultaten från luktanalyserna redovisas nedan som antalet luktenheter per kubikmeter.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde (m ³ /h ntg)	Luktkoncentration (l.e./m ³)	Luktemission (l.e./h)
Efter biofilter C-block	0-5	500	2 330
Före biofilter Inlopp	0	20 000	0
Före biofilter sandfång, grovrens c-block	-	5 000	-
Efter biofilter externslam	30	900	27 000
Före biofilter externslam	900	400	360 000



RAPPORT

2013-03-22 10 (13)

Före biofilter sand-fång, grovrens	11 000	300	2 981 000
Efter biofilter, sand-fång grovrens	150-300	40	5 550 -11 100
Före VBK 1	500	1 900	925 500
Efter VBK 1	500	500	266 000
Före VBK 3	1 100	20	22 000
Efter VBK 3	1 100	800	836 000
Ventilation slamutlastning UV på	5 400	20	118 800
Ventilation slamutlastning UV av	5 400	30	162 000

7 Kommentarer till resultatet

Luktreduceringsförmågan i uppmätta biofilter kan tyckas god men det finns emellertid en stor differens i flöde före och efter filter vilket tyder på stort läckage.

Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktkoncentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO8.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten lukttämen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-03-19
Datum för analysen	2013-03-20
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
1a efter biofilter C-block	09:10	9:26	-	504	2,9
1b efter biofilter C-block	09:10	9:33	-	431	2,9
2a före biofilter C-block. Inlopp.	09:30	9:40	-	17867	2,9
2b före biofilter inlopp	09:30	9:46	-	23170	2,9
3a före bilfilter C-block grovrens	9:40	10:03	-	6889	2,9
3b före biofilter C-block grovrens	9:40	10:11	-	3444	2,9
4b efter biofilter externslam	10:25	10:24	-	939	2,9
5a före biofilter externslam	10:40	10:33	-	431	2,9
5b före biofilter externslam	10:40	10:39	-	362	2,9
6a Efter biofilter Sandfang, grovrens	10:55	13:18	-	40	2,9
6b Efter biofilter Sandfang, grovrens	10:55	13:25	-	36	2,9



RAPPORT

2013-03-22 13 (13)

Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-03-19
Datum för analysen	2013-03-20
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
7a Före biofilter Sandfång, grovrens	11:15	13:32	-	406	2,9
7b Före biofilter Sandfång, grovrens	11:15	13:40	-	181	2,9
8a Före VBK1	11:45	11:10	-	1825	2,9
8b Före VBK1	11:45	11:17	-	1878	2,9
9a Efter VBK1	11:50	10:52	-	558	2,9
9b Efter VBK1	11:50	10:59	-	512	2,9
10a avluft UV på	11:30	14:07	-	18	2,9
10b avluft UV på	11:30	14:00	-	26	2,9
11a Före VBK 3	12:00	14:46	-	16	2,9
11b Före VBK 3	12:00	14:39	-	25	2,9
12a efter VBK 3	12:10	15:04	-	645	2,9
12b Efter VBK 3	12:10	14:53	-	912	2,9
13a avluft UV av	12:25	14:16	-	29	2,9
13b avluft UV av	12:25	14:23	-	23	2,9

RAPPORT

Av Swedac ackrediterat organ

REPORT issued by an Accredited Laboratory



1 (8)

Handläggare
Mårten Arbrandt
Tel +46 10 505 31 76
Mobil +46 70 526 77 37
Fax +46 10 505 30 09
Marten.arbrandt@afconsult.com

Datum
2013-07-10

Uppdragsnr
575436

Käppalaförbundet
Box 3095
181 03 Lidingö

Rapport nr: G105813

Käppalaförbundet, Käppala reningsverk

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar, februari 2013

ÅF-Infrastructure AB
Miljö, Hälsa, Säkerhet

Granskad



Mårten Arbrandt



Markus Olofsgård



2013-07-10

2 (8)

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Gasflödesbestämning	5
4.3	Sensorisk luktanalys	5
4.4	Avvikelser från standarden.....	5
5	MÄTOSÄKERHET	6
6	RESULTAT.....	6
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	6

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2013-07-10

3 (8)

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Käppalaförbundet är delfinansiärer i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2012-02-13.

Vid Käppalaverket så renar man lukt i utgående luft med hjälp av fotooxidation och kolfilter. Provtagningar av lukt genomfördes före och efter kolfiltret för att bestämma reningsgraden för luktafskiljningsutrustningen.

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet som medelvärde av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Flöde [Nm ³ /h] ¹	Luktkoncentration [le/m ³]	Luktreduktion [%]
Före Rening	15 600	84 800	99,7 %
Efter Rening	15 600	225	

Reningsgraden för luktafskiljningsutrustningen bestämdes vid mättilfället till 99,7 %.

¹ Flödesprovtagning ingår inte i den ackrediterade verksamheten.



2013-07-10

4 (8)

1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Käppalaförbundet är delfinansiärer i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-02-13.

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Mårten Arbrandt vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Käppalaverkets reningsverk ligger på Lidingö nordost om Stockholm och drivs av Käppalaförbundet som består av 11 kommuner i norra och östra Stockholm. Reningsverket renar avloppsvatten från medlemskommunerna samt delar av Järfälla.

Reningsutrustningen består av tre stycken parallella system med fotooxidation i kombination med ett kolfilter. Tre delprover har uttagits före reningsutrustningen och tre delprover efter.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktbelastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskriv i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före Rening	Provpunkten är belägen i samlingskanal innan den delas upp i tre delströmmar genom tre olika kolfilter.
Efter Rening	Provpunkten är belägen i samlingskanal efter reningsutrustningarna innan den leds in i skorsten.



2013-07-10

5 (8)

4.2 Gasflödesbestämning²

Gasflödet uppmättes i samlingskanalen före reningsutrustningen. Samma flöde som leds in till reningsutrustningen leds ut. Flödet har bestämts med pitotrör och mikromanometer.

4.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

4.4 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från luktstandardens har gjorts.

² Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



2013-07-10

6 (8)

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på $1\,000\text{ l.e./m}^3$ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m^3 .

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Provtagningen utfördes den 2 september och resultaten från luktanalyserna redovisas i tabellen nedan.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde ³ [m ³ /h]	Luktkoncentration [l.e./m ³]	Luktemission ⁴ [Ml.e./h]
Före rening	15 600	84 800	1320
Efter rening	15 600	225	3,5

7 Kommentarer till resultatet

Reningen över luktreningsutrustningen var vid mättillfället mycket god med en reningsgrad av lukt på mer än 99 %.

³ Flödesmätning är inte en del av den ackrediterade verksamheten

⁴ Luktemission beräknas utifrån flöde och är därmed inte en del av den ackrediterade verksamheten.



Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktkoncentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO8.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten lukttännen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-02-13
Datum för analysen	2013-02-14
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för mätosäkerhet
1 Före	10:42	10:35	120	68964	2,4
2 före	10:45	10:18	120	154819	2,4
3 före	10:47	10:27	120	30720	2,4
4 efter	11:01	09:46	-	310	2,4
5 efter	11:03	09:54	-	203	2,4
6 efter	11:05	10:01	-	161	2,4

RAPPORT

Av Swedac ackrediterat organ

REPORT issued by an Accredited Laboratory



1 (8)

Handläggare
Markus Olofsgård
Tel +46 10 505 94 07
Mobil +46 70 356 62 10
Fax +46 10 505 30 09
markus.olofsgard@afconsult.com

Datum
2012-09-15

Uppdragsnr
575436

Käppalaförbundet
Box 3095
181 03 Lidingö

Rapport nr: G105913

Käppalaförbundet, Käppala reningsverk

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar, september 2012

ÅF-Infrastructure AB

Granskad



Mårten Arbrandt

Markus Olofsgård



2012-09-15

2 (8)

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Gasflödesbestämning	5
4.3	Sensorisk luktanalys	5
4.4	Avvikelser från standarden.....	5
5	MÄTOSÄKERHET	5
6	RESULTAT.....	6
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	6

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2012-09-15

3 (8)

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Käppalaförbundet är delfinansiärer i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2012-09-12.

Vid Käppalaverket renas utgående luft från lukt med hjälp av fotooxidation och kolfilter. Provtagningar av lukt genomfördes före och efter reningen för att bestämma reningsgraden av utrustningen..

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet som medelvärde av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Flöde [m ³ /h]	Luktkoncentration [le/m ³]	Luktreduktion [%]
Före rening	20 300	41 828	99 %
Efter Rening	20 300	595	

Reningsgraden för luktavskiljningsutrustningen vid mättilfället bestämdes till 98,6 %



2012-09-15

4 (8)

1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Käppalaförbundet är delfinansiärer i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2012-09-12.

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Mårten Arbrandt vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Käppalaverkets reningsverk ligger på Lidingö nordost om Stockholm och drivs av Käppalaförbundet som består av 11 kommuner i norra och östra Stockholm. Reningsverket renar avloppsvatten från medlemskommunerna samt delar av Järfälla.

Reningsutrustningen består av tre stycken parallella system med fotooxidation i kombination med ett kolfilter. Tre delprover har uttagits före reningsutrustningen och tre delprover efter.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktbelastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskriv i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före Rening	Provpunkten är belägen i samlingskanal innan den delas upp i tre delströmmar genom tre olika kolfilter.
Efter Rening	Provpunkten är belägen i samlingskanal efter reningsutrustningarna innan den leds in i skorsten.

4.2 Gasflödesbestämning¹

Gasflödet uppmättes i samlingskanalen före reningsutrustningen. Samma flöde som leds in till reningsutrustningen leds ut. Flödet har bestämts med pitotrör och mikromanometer.

4.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

4.4 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från luktstandardens har gjorts.

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande

¹ Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



2012-09-15

6 (8)

av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Provtagningen utfördes den 12 september 2012 och resultaten från luktanalyserna redovisas i tabellen nedan som antalet luktenheter per kubikmeter.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde ² [m ³ /h]	Luktkoncentration [l.e./m ³]	Luktemission ³ [Ml.e./h]
Före rening	20 300	41 900	849
Efter rening	20 300	600	12,1

7 Kommentarer till resultatet

Reningen över luktrengingsutrustningen var vid mättillfället god med en reningsgrad av lukt på mer än 98 %.

² Flödesmätning är inte en del av den ackrediterade verksamheten

³ Luktemission beräknas utifrån flöde och är därmed inte en del av den ackrediterade verksamheten.



Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktconcentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO7.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten luktämnen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustnings identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-02-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2012-09-11
Datum för analysen	2012-09-12
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
3 Före	10:50	09:05	-	45 255	2,4
1 före	10:42	09:10	120	38 400	2,4
4 efter	10:54	09:15	-	190	2,4
5 efter	10:56	09:30	-	1000	2,4
6 efter	10:58	10:10	-	595	2,4

RAPPORT

Av Swedac ackrediterat organ

REPORT issued by an Accredited Laboratory



1 (8)

Handläggare
Mårten Arbrandt
Tel +46 10 505 31 76
Mobil +46 70 526 77 37
Fax +46 10 505 30 09
Marten.arbrandt@afconsult.com

Datum
2013-09-18

Uppdragsnr
575436

Swedish Biogas International
Gjuterigatan 1B
582 73 Linköping

Rapport nr: G107513

Swedish Biogas International, Lidköping

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar, september 2013

ÅF-Infrastructure AB

Granskad



Mårten Arbrandt

Markus Olofsgård



2013-09-18

2 (8)

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Sensorisk luktanalys	5
4.3	Avvikelser från standarden.....	5
5	MÄTOSÄKERHET	5
6	RESULTAT.....	6
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	6

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2013-09-18

3 (8)

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Swedish Biogas International har ställt sin anläggning i Lidköping till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-09-02.

Vid anläggningen i Lidköping så renar man lukt i utgående luft från gasuppgraderingen med hjälp av ett kolfilter. Provtagningar av lukt genomfördes före och efter kolfiltret för att bestämma reningsgraden av luktafskiljningsutrustningen.

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet som medelvärde av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Flöde [Nm ³ /h] ¹	Luktkoncentration [le/m ³]	Luktreduktion [%]
Före Rening	-	35 607	99,8 %
Efter Rening	-	54	

Reningsgraden för luktafskiljningsutrustningen bestämdes vid mättilfället till 99,8 %.

¹ Ingen flödesprovtagning. Dålig mät punkt för flödesprovtagning.



2013-09-18

4 (8)

1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Swedish Biogas International har ställt sin anläggning i Lidköping till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-09-02.

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Mårten Arbrandt vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Vid anläggningen i Lidköping så tillverkas biogas av främst restprodukter från livsmedelsindustrin. Bara vegetabiliska produkter används i processen. Biogasproduktionen uppgår till 6 miljoner Nm³/år.

Reningsutrustningen består av ett kolfilter. Tre delprover har uttagits före reningsutrustningen och tre delprover efter.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. Syftet med provtagningen var att bestämma reningsgraden av kolfiltret och därför genomfördes ingen flödesprovtagning.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före Rening	Provpunkten är belägen i utgående kanal efter gasuppgraderingen. Ett mätuttag finns tillgängligt före kolfiltret i marknivå.
Efter Rening	Provpunkten är belägen i utgående kanal efter gasuppgraderingen. Ett mätuttag finns tillgängligt efter kolfiltret i marknivå.



2013-09-18

5 (8)

4.2 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, i.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 *Metodförteckning*

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

4.3 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från luktstandarden har gjorts.

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.



2013-09-18

6 (8)

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 I.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 Ie/m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Provtagningen utfördes den 2 september och resultaten från luktanalyserna redovisas i tabellen nedan.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration (Ie/m ³)
Före rening	35 607
Efter rening	54

7 Kommentarer till resultatet

Reningen över luktreningsutrustningen var vid mättillfället mycket god med en reningsgrad av lukt på mer än 99 %.



Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktkoncentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO8.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten luktämnen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	20°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-09-02
Datum för analysen	2013-09-03
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
1 Före	10:50	10:04	-	32768	2,3
2 Före	10:53	10:12	-	41285	2,3
3 Före	10:56	10:18	-	32768	2,3
4 Efter	11:00	09:36	-	72	2,3
5 Efter	11:03	09:24	-	25	2,3
6 Efter	11:05	09:57	-	64	2,3

RAPPORT

1 (10)

Handläggare
Markus Olofsgård
Tel +46 10 505 94 07
Mobil +46 70 356 62 10
Fax +46 10 505 30 09
markus.olofsgard@afconsult.com

Datum
2013-07-25

Renova AB
Box 156
401 22 Göteborg

Uppdragsnr
575436

Renova, slurryanläggning Marieholm

Luktprovtagning för bestämning av re- ningsgrad för luktavskiljningsutrust- ningar

ÅF-Infrastructure AB

Granskad



Markus Olofsgård



Mårten Arbrandt



Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	BAKGRUND	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Gasflödesbestämning	5
4.3	Sensorisk luktanalys	6
4.4	Avvikelser från standarden	6
5	MÄTOSÄKERHET	6
6	RESULTAT.....	7
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	7

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Renova AB medverkar i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar

Mätningarna genomfördes 2012-11-19 samt 2013-07-04

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration 2012-11-19 (le/m ³)	luktreduktion
Före rening utan jonisering	630	
Efter rening utan jonisering	51	92 %
Före rening med jonisering	542	14 %
Efter rening med jonisering	59	90 %

Provpunktens beteckning	luktkoncentration 2013-07-04	luktreduktion
Före rening utan jonisering	630	
Efter rening utan jonisering	430	32 %
Före rening med jonisering	323	50 %
Efter rening med jonisering	456	-



1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Renova AB medverkar i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2012-11-19 samt 2013-07-04

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Markus Olofsgård vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Bakgrund

Under Hösten 2012 initierade ÅF ett projekt för att undersöka effektiviteten för olika luktreduktionsutrustning som finns installerad vid olika anläggningar runt om i Sverige och Norge. Renova är en av medlemmarna i detta projekt och har ställt sin reningsanläggning till förfogande för mätning.

4 Förutsättningar

Vid Renovas anläggning i Marieholmom behandlas biologiskt avfall till slurry för vidare transport till biogasanläggning. Mottagning och hantering av avfall avluftas med fläkt på ca 69 000 m³/h. tilluften joniseras med åtta joniseringsaggregat. Reningsanläggningen består av två komponenter frånluften genomgår fotooxidation via bestrålning med UV-ljus. Som sista steg leds luften genom kolfilter innan den släpps ut över tak. Anläggningen är i kontinuerlig drift även om belastningen varierar med mängd avfall, temperatur och liggtid för avfallet.

5 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktbelastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskriv i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

5.1 Beskrivning av provpunkterna

Prov togs för och efter rening med Jonisering påslagen. Joniseringen slogs sedan av och tid lämnades för ett luftbyte i lokalen för att minimera påverkan av gamla joner i luften

RAPPORT

2013-07-25 5 (10)

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
1. Före reningsutrustning, med jonisering	
2. Efter reningsutrustning med jonisering	
3. Före reningsutrustning utan jonisering	På samma ställe som 1.
4. Efter reningsutrustning Utan jonisering	På samma ställa som 2.

5.2 Gasflödesbestämning¹

Uppgifter om gasflöde erhöles från leverantör av utrustningen.

¹ Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



5.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, i.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

5.4 Avvikelser från standarden

Vid mättillfället 2013-07-04 genomfördes analysen med tre panelister. Panelisterna visade dock god samstämmighet vilket gör att resultatet kan anses förhållandevis tillförlitligt.

6 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.



RAPPORT

2013-07-25 7 (10)

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

7 Resultat

Resultaten från luktanalyserna redovisas nedan som antalet luktenheter per kubikmeter.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde ² (m ³ /h ntg)	Luktkoncentration 2012-11-19 (l.e./m ³)	luktkoncentration 2013-07-04
Före rening med jonisering	69 000	542	323
Efter rening med jonisering	69 000	59	456
Före rening utan jonisering	69 000	630	630
Efter rening utan jonisering	69 000	51	430

8 Kommentarer till resultatet

Kolfiltrets funktions verkar ha försämrats något mellan provtagningstillfällena.

Joniseringsens effekt på inomhusluften är mer märkbar vid andra mätningen. Detta skulle kunna bero på att joniseringen var avstängd under längre tid innan provtagning vid det tillfället. Vid första provtagnings tillfället skulle joniserad luft kunna ha dröjt sig kvar i lokalen. Joniseringen har dock enbart effekt på inomhusluften, skicket på kolfiltret verkar avgörande för utgående lukthalter.

² Flödesmätning är inte en del av den ackrediterade verksamheten

Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktkoncentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO7 eller TO8 vilken utrustning som använts vid en specifik analys framgår av bilaga 2.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten lukttämnar successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO7, serienummer EO.095
Senaste kalibrering av olfaktometern	2011-01-25
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	21°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2012-11-19
Datum för analysen	2012-11-20
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
1a Före rening med jonisering	09:50	09:05	-	495	2,4
1b Före rening med jonisering	09:50	09:05	-	595	2,4
2a Efter rening med jonisering	10:10	09:26	-	52	2,4
2b Efter rening med jonisering	10:10	09:32	-	63	2,4
2c Efter rening med jonisering	10:10	09:42	-	63	2,4
3a Före rening utan joniserin	11:00	09:57	-	841	2,4
3b före rening utan jonisering	11:00	10:07	-	595	2,4
3c före rening utan jonisering	11:00	10:14	-	500	2,4
4a efter rening utan jonisering	11:15	10:20	-	73	2,4
4b efter rening utan jonisering	11:15	10:26	-	52	2,4
4c efter rening utan jonisering	11:15	10:31	-	37	2,4



RAPPORT

2013-07-25 10 (10)

Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-07-04
Datum för analysen	2013-07-05
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
1a Före rening med jonisering	09:00	09:40	-	323	2,4
1b Före rening med jonisering	09:00	09:45	-	323	2,4
2a Efter rening med jonisering	09:20	09:50	-	456	2,4
2b Efter rening med jonisering	09:20	09:55	-	456	2,4
4a Före rening utan joniserin	13:50	10:20	-	724	2,4
4b före rening utan jonisering	13:50	10:25	-	645	2,4
3a efter rening utan jonisering	13:35	10:08	-	406	2,4
3b efter rening utan jonisering	13:35	10:15	-	456	2,4

RAPPORT

1 (10)

Handläggare
Markus Olofsgård
Tel +46 10 505 94 07
Mobil +46 70 356 62 10
Fax +46 10 505 30 09
markus.olofsgard@afconsult.com

Datum
2013-01-20

Uppdragsnr
575436

Jönköpings kommun
551 89 Jönköping

Jönköpings kommun- Simsholmens Reningsverk

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar

ÅF-Infrastructure AB

Granskad



Markus Olofsgård



Mårten Arbrandt



Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	BAKGRUND	FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Gasflödesbestämning	6
4.3	Sensorisk luktanalys	6
4.4	Avvikelser från standarden	7
5	MÄTOSÄKERHET	7
6	RESULTAT.....	7
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	8

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Jönköpings kommun är delfinansiärer av projektet och har ställt sin anläggning vis simsholmens reningsverk till förfogande för mätningar

Mätningarna genomfördes 2013-01-16

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration (le/m ³)	Luktreduktion
1. Före kollfilter	5 200	
2. Efter kolfilter	3 700	30 %



1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Jönköpings kommun är delfinansierare av projektet och har ställt sin anläggning vis simsholmens reningsverk till förfogande för mätningar

Mätningarna genomfördes 2013-01-16

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Markus Olofsgård vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Bakgrund

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Av denna anledning har ÅF Genomfört luktmätningar vid Simsholmens avloppsreningsverk.

4 Förutsättningar

Efter rötning pumpas slammet till förvaring där det luftas för att avbryta den anaeroba processen. Luften från förrådet sugas via kolfilter och avluftas över tak. Kolfiltret togs i drift 2012-01-11 och har sedan dess varit i kontinuerlig drift.

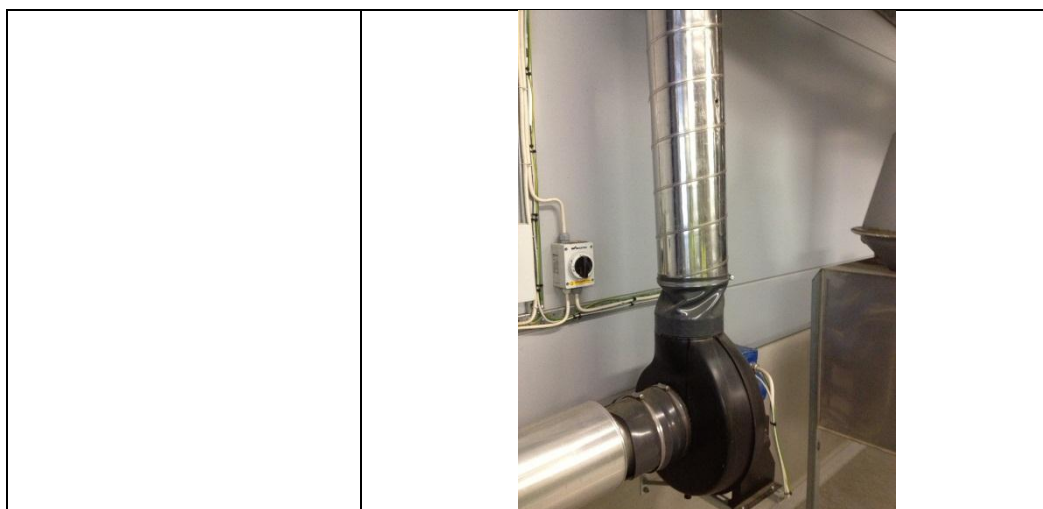
5 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktbelastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskriv i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

5.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före kolfilter Prov togs i förtjockare i anslutning till inlopp till kolfilter	
Efter kolfilter Prov togs på trycksidan av fläkten innan utlopp över tak.	



5.2 Gasflödesbestämning¹

Gasflödesbestämning genomfördes med pitotrör och micromanometer i anslutning till mät punkt 2. Efter kolfilter.

5.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningssinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning) ÅFs metodbeskrivning för lukt-	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2

¹ Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



RAPPORT

2013-01-20 7 (10)

	analys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

5.4 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från standarden

6 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

7 Resultat

Resultaten från luktanalyserna redovisas nedan som antalet luktenheter per kubikmeter.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde ² (m ³ /h)	Luktkoncentration (l.e./m ³)	Luktemission ³ (Ml.e/h)
1 Före kolfilter	320	5 200	1,7
2 Efter kolfilter	320	3 700	1,2

² Flödesmätning är inte en del av den ackrediterade verksamheten

³ Luktemission beräknas utifrån flöde och är därmed inte en del av den ackrediterade verksamheten.



8 Kommentarer till resultatet

Kolfiltret hade vid mättillfället en reningsgrad på ca 30%

Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktkoncentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO7.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten lukttämen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO7, serienummer EO.095
Senaste kalibrering av olfaktometern	2011-01-25
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-01-15
Datum för analysen	2013-01-16
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
1a Före kolfilter	11:00	09:18	-	6110	2,4
1b Före kolfilter	11:00	09:26	-	4490	2,4
1c Före kolfilter	11:00	09:32	-	5040	2,4
2a Före kolfilter	11:30	09:42	-	4490	2,4
2b Före kolfilter	11:30	09:48	-	2828	2,4
2c förekolfilter	11:30	09:56	-	4000	2,4

RAPPORT

1 (11)

Handläggare
Markus Olofsgård
Tel +46 10 505 94 07

Datum
2013-02-25
Skellefteå kommun
931 85 Skellefteå

Uppdragsnr
575436

Mobil +46 70 356 62 10
Fax +46 10 505 30 09
markus.olofsgard@afconsult.com

Skellefteå kommun, Tuvans biogasanläggning

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar

ÅF-Infrastructure AB

Granskad



Markus Olofsgård



Mårten Arbrandt



2013-02-25

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	BAKGRUND FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.	
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	5
4.2	Gasflödesbestämning	6
4.3	Sensorisk luktanalys	6
4.4	Avvikelser från standarden	6
5	MÄTOSÄKERHET	6
6	RESULTAT.....	7
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	7

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2013-02-25

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Skellefteå kommun medverkar i projektet och har ställt sin biogasanläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2012-11-20 samt 2013-02-05.

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet av de genomförda analyserna.

Resultat provtagning 2012-11-20

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration (le/m3)	luktreduktion
Före scrubber	8 000	
Efter scrubber	9 500	-
Efter filter SC 40	320	97 %
Testkol KC 10	320	97 %
Efter kolfilter	12 000	-
Före scrubber Slam	2 800	
Efter scrubber slam	3 000	-
Efter kolfilter slam	50	98 %

Resultat provtagning 2013-02-05

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration (le/m3)	Luktreduktion
Före Skrubber	1 000	
Efter Skrubber	1 600	-
Efter filter SC 40	70	95 %
Efter filter KC 10	450	72 %
Efter ordinarie kolfilter	1 200	25 %



2013-02-25

1 Inledning

Under Hösten 2012 initierade ÅF ett projekt för att undersöka effektiviteten för olika luktreduktionsutrustning som finns installerad vid olika anläggningar runt om i Sverige och Norge. Renova är en av medlemmarna i detta projekt och har ställt sin reningsanläggning till förfogande för mätning.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Vid Tuvans biogasanläggning i Skellefteå renas ventilationsluft med en ozonskrubber med efterföljande kolfilter. Reningsanläggningen har varit i drift sedan drifttagningen 2007. Prov togs i slutet av 2012. Efter provtagning genomfördes underhåll på skrubbern i form av tvätt av fyllkroppar och reparation av vattenspridningsutrustning inne i skrubbern.

Efter skrubbern står även två mindre pilot kolfilter. Båda anläggningarna hanterar flöden i storleksordningen $100 \text{ m}^3/\text{h}$. i det ena kolfiltret används aktiverat kol av typ SC40 och i den andra impregnerat kol av typen KC 10. Kolfiltren hade vid första provtagningstillfället varit i drift ca 800 h och vid provtagningstillfälle 2 ca 1800 h.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktbelastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskriv i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

2013-02-25

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före skrubber	
Efter skrubber	
Testkol SC 40	
Testkol KC 10	 
Efter kolfilter	Prov togs ut i kanal efter ordinarie kolfilter
Före scrubber Slam	Prov togs ut före scrubber
Efter scrubber slam	Prov togs ut efter scrubber
Efter kolfilter slam	Prov togs ut efter kolfilter



2013-02-25

4.2 Gasflödesbestämning¹

Samtliga gasflödesmätningar genomfördes med pitiotrör och manometer i kanaler. I inget fall var kravet på störningsfri raksträcka uppfyllt,

4.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningssinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

4.4 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från standarden

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande

¹ Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



2013-02-25

av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Resultaten från luktanalyserna redovisas nedan som antalet luktenheter per kubikmeter.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna 2012-11-20

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration (le/m ³)
Före scrubber	8 000
Efter scrubber	9 500
Testkol SC 40	320
Testkol KC 10	320
Efter ordinarie kolfilter	12 000
Före scrubber Slam	2 800
Efter scrubber slam	3 000
Efter kolfilter slam	50

Tabell 4 Resultat från luktanalys 2013-02-06

Provpunktens beteckning	Flöde (m ³ /h)	Luktkoncentration (le/m ³)
Före Skrubber	46 000	1 000
Efter Skrubber		1 600
Efter filter SC 40	50	70
Efter filter KC 10	70	450
Efter ordinarie kolfilter	25 000	1 200



2013-02-25

7 Kommentarer till resultatet

Ingen av skrubbrarna visar på någon reningseffekt. Kolfilter visar på god effekt med undantag för ett som verkar vara mättat då reningseffekten är obefintlig eller negativ.

Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktkoncentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO7.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten lukttämen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO7, serienummer EO.095
Senaste kalibrering av olfaktometern	2011-01-25
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2012-11-20
Datum för analysen	2012-11-21
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
1 Före scrubber	9:30	9:25	-	8000	2,4
2 Efter scrubber	9:40	9:36	-	9514	2,4
3 Testkol SC 40	9:50	9:45	-	320	2,4
4 Testkol KC 10	10:00	10:00	-	320	2,4
5 Efter kolfilter	10:15	10:10	-	11 986	2,4
7 Före scrubber slam	8:50	10:30	-	2828	2,4
8 Efter scrubber slam	09:00	10:40	-	3084	2,4
9 Efter kolfilter slam	09:10	10:48	-	52	2,4



2013-02-25

Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-02-05
Datum för analysen	2013-02-06
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
Före Scrubber A	11:50	9:20	-	1218	2,7
Före Scrubber B	11:50	9:30	-	813	2,7
Före Scrubber C	11:50	9:42	-	1328	2,7
Efter Scrubber A	11:25	09:50	-	1722	2,7
Efter Scrubber B	11:25	10:00	-	1328	2,7
Efter Scrubber C	11:25	10:03	-	1825	2,7
Efter pilot SC 40 A	11:10	10:15	-	102	2,7
Efter pilot SC 40 B	11:10	10:30	-	45	2,7
Efter Pilot KC 10 A	11:00	10:45	-	431	2,7
Efter Pilot KC 10 B	11:00	11:00	-	470	2,7
Efter befintligt kolfilter	12:15	11:05	-	1218	2,7

RAPPORT

Av Swedac ackrediterat organ

REPORT issued by an Accredited Laboratory



Handläggare
Markus Olofsgård

Tel +46 10 505 94 07
Mobil +46 70 356 62 10
Fax +46 10 505 30 09
markus.olofsgard@afconsult.com

Rapport 1 (10)

Datum
[Click here to enter date.](#)

Uppdragsnr
[Klicka här för att
ange text.](#)

Skövde biogas

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar

ÅF-Infrastructure AB
[Click here to enter Department/Section.](#)

Granskad



Markus Olofsgård



Mårten Arbrandt



Innehållsförteckning

1	INLEDNING	FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.
2	ACKREDITERING.....	FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.
3	BAKGRUND	FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.
4	METODIK.....	FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.
4.1	Beskrivning av provpunkterna	Fel! Bokmärket är inte definierat.
4.2	Gasflödesbestämning	Fel! Bokmärket är inte definierat.
4.3	Sensorisk luktanalys	Fel! Bokmärket är inte definierat.
4.4	Avvikelser från standarden	Fel! Bokmärket är inte definierat.
5	MÄTOSÄKERHET	FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.
6	RESULTAT.....	FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Av denna anledning har ÅF Genomfört luktmätningar vid Skövde biogas anläggning i Skövde

Mätningarna genomfördes 2013-03-14

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration (le/m ³)	Reningsgrad
Före biofilter	250	
Efter biofilter	410	0%
Efter kolfilter pilot	-	100 %
Efter UV+ kolfilter pilot	-	100 %
Före kolfilter bufferttankar	350 000	
Efter kolfilter bufferttankar	50	100%



1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Av denna anledning har ÅF Genomfört luktmätningar vid Skövde biogas anläggning i Skövde

Mätningarna genomfördes 2013-03-14

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Markus Olofsgård vid ÅF's kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Biogasanläggningen i skövde har genomgått ombyggnationer för att minska luktagången från bufferttankarna. Parallelet med detta har en pilotanläggning med aktivt kol och en pilotanläggning med UV + aktivt kol satts upp parallellt med existerande biofilter.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktblastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskriv i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före biofilter Luft från mottagningshallen leds genom ett biofilter prov tog innan biofiltret. Ett mindre flöde leds även bort till pilotanläggningen som står i anslutning till biofiltret	
Efter pilot kolfilter ett mindre flöde från mottagningshallen leds via pilotanläggningen med aktivt kol. Prov tog vid utloppet från filtret Efter pilot UV + kol ett mindre flöde från mottagningshallen leds via pilotanläggningen med UV ljus och aktivt kol. Prov tog vid utloppet från filtret Efter Biofilter	
Före/efter kolfilter bufferttankar Substrat från slakteriet och mejeriet pumpas in i bufferttankar. Förträngningsluften från bufferttankarna leds genom kolfilter. Prov togs ut före och efter kolfilter	



4.2 Gasflödesbestämning¹

Gasflödesbestämning genomfördes med vinghjulsanemometer vid respektive utlopp.

4.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningssinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, i.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

¹ Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



4.4 Avvikelse från standarden

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Resultaten från luktanalyserna redovisas nedan som antalet luktenheter per kubikmeter.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde ² (m ³ /h ntg)	Luktkoncentration (le/m ³)	Luktemission ³ (le/h)
Före biofilter	1 500	250	375 000
Efter biofilter	1 400	410	574 000
Efter kolfilter pilot	125	-	0
Efter UV+ kolfilter pilot	125	-	0
Före kolfilter bufferttankar	-	350 000	0
Efter kolfilter bufferttankar	-	50	0

² Flödesmätning är inte en del av den ackrediterade verksamheten

³ Luktemission beräknas utifrån flöde och är därmed inte en del av den ackrediterade verksamheten.



7 Kommentarer till resultatet

Biofiltret uppvisade vid mättillfället ingen rening med avseende på lukt medans samtliga kolfilter uppvisade 100% rening.



Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktconcentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO8.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten luktämnen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	24°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-03-14
Datum för analysen	2013-03-15
Analysen är utförd av	Markus olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
1a före biofilter	13:10	9:21	-	362	2,9
1b före biofilter	13:15	9:28	-	166	2,9
2a efter kolfilter	13:30	10:40	-	0	2,9
2b efter kolfilter	13:35	10:43	-	0	2,9
3a Efter uv+kol	13:45	10:45	-	11	2,9
4a efter biofilter	13:48	10:37	-	470	2,9
4b efter biofilter	13:55	10:45	-	362	2,9
5a före kolfilter bufferttankar	14:00	10:38	120	347 557	2,9
6a efter kolfilter bufferttank	14:15	10:15	-	51	2,9
6b efter kolfilter bufferttank	14:20	10:22	-	45	2,9

RAPPORT

Av Swedac ackrediterat organ

REPORT issued by an Accredited Laboratory



1 (8)

Handläggare
Mårten Arbrandt
Tel +46 10 505 31 76
Mobil +46 70 526 77 37
Fax +46 10 505 30 09
Marten.arbrandt@afconsult.com

Datum
2013-07-10

Uppdragsnr
575436

Stockholm Vatten
Torsgatan 26
113 21 Stockholm

Rapport nr: G105613

Stockholm Vatten, Henriksdal reningsverk

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar, februari 2013

ÅF-Infrastructure AB
Miljö, Hälsa, Säkerhet

Granskad



Mårten Arbrandt



Markus Olofsgård



2013-07-10

2 (8)

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Sensorisk luktanalys	5
4.3	Avvikelser från standarden.....	5
5	MÄTOSÄKERHET	5
6	RESULTAT.....	6
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	6

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2013-07-10

3 (8)

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Stockholm Vatten är delfinansiärer i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2012-02-13.

Bolaget har två ozonskrubbar vid Henriksdals reningsverk i Stockholm för rening av lukt. Den ena skrubben behandlar avluft från grovreningen och den andra skrubben behandlar luft från mottagningscentralen för organiskt material. Provtagning genomfördes före och efter de båda ozonskrubbarerna för att bestämma reningsgraden av lukt.

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet som medelvärde av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration [Ie/m ³]	Luktreduktion [%]
Före Rening - grovreningen	835	16,2 %
Efter Rening - grovreningen	700	
Före Rening – organisk mottagningscentral	760	1,3 %
Efter Rening – organisk mottagningscentral	750	

Reningsgraden för luktavskiljningsutrustningen bestämdes vid mättilfället till 16,2 % för skrubbern som behandlar luft från grovreningen respektive 1,3 % för skrubbern som behandlar luft från organiska mottagningscentralen.



2013-07-10

4 (8)

1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Stockholm Vatten är delfinansierare i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar. Mätningarna genomfördes 2013-02-13.

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Mårten Arbrandt vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Henriksdals reningsverk ligger sydost om Stockholm och renar avloppsvatten från åtta kommuner. Reningsverket drivs av Stockholm Vatten som är ett kommunalt bolag.

Stockholm Vatten har två ozonskrubbar vid anläggningen för rening av lukt. Den ena behandlar avluften från grovreningen vid reningsverket. Den andre skrubbern behandlar avluften från mottagningscentral för organiskt material som ska gå till biogasproduktion.

Två delprover har uttagits före respektive reningsutrustning och två delprover efter.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. Syftet med provtagningen var att bestämma reningsgraden av kolfiltret och därför genomfördes ingen flödesprovtagning.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före Rening - grovrening	Provtagning genomfördes i ingående kanal till ozonskrubber. Mätplatsen var belägen inomhus i ett bergrum.
Efter Rening - grovrening	Provtagning genomfördes i utgående kanal från ozonskrubber. Mätplatsen var belägen inomhus i ett bergrum.
Före Rening - mottagningscentral organiskt material	Provtagning genomfördes i ingående kanal till ozonskrubber. Mätplatsen var belägen inomhus i ett bergrum.
Efter Rening - mottagningscentral organiskt material	Provtagning genomfördes i utgående kanal från ozonskrubber. Mätplatsen var belägen inomhus i ett bergrum.

4.2 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 *Metodförteckning*

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

4.3 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från luktstandarden har gjorts.

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.



2013-07-10

6 (8)

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Provtagningen utfördes den 13 februari och resultaten från luktanalyserna redovisas i tabellen nedan.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration [l.e./m ³]
Före ozon - grovrening	835
Efter ozon - grovrening	700
Före ozon - org mottagning	760
Efter ozon - org mottagning	750

7 Kommentarer till resultatet

Reningen över luktreningsutrustningen var vid mättillfället 16 % vid grovreningen och 1 % vid mottagningscentralen för organiskt material.



Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktkoncentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO8.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten luktämnen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-02-13
Datum för analysen	2013-02-14
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Lukt-koncentration (le/m ³)	Faktor för mätosäkerhet
7 före grovrening	13:19	13:22	-	1024	2,8
8 före grovrening	13:21	11:00	-	912	2,8
9 före grovrening	13:23	13:31	-	861	2,8
10 efter grovrening	13:31	10:50	-	1024	2,8
11 efter grovrening	13:33	13:40	-	985	2,8
12 efter grovrening	13:36	13:53	-	362	2,8
13 före org mottagning	14:03	14:02	-	724	2,8
14 före org mottagning	14:05	14:17	-	724	2,8
15 före org mottagning	14:07	14:08	-	861	2,8
16 efter org mottagning	14:15	14:44	-	575	2,8
17 efter org mottagning	14:20	14:29	-	724	2,8
18 efter org mottagning	14:25	14:38	-	1218	2,8

RAPPORT

Av Swedac ackrediterat organ

REPORT issued by an Accredited Laboratory



1 (8)

Handläggare
Mårten Arbrandt
Tel +46 10 505 31 76
Mobil +46 70 526 77 37
Fax +46 10 505 30 09
Marten.arbrandt@afconsult.com

Datum
2013-07-10

Uppdragsnr
575436

Stockholm Vatten
Torsgatan 26
113 21 Stockholm

Rapport nr: G105713

Stockholm Vatten, Henriksdal reningsverk

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar, september 2012

ÅF-Infrastructure AB
Miljö, Hälsa, Säkerhet

Granskad



Mårten Arbrandt

Markus Olofsgård



2013-07-10

2 (8)

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Gasflödesbestämning	5
4.3	Sensorisk luktanalys	5
4.4	Avvikelser från standarden.....	5
5	MÄTOSÄKERHET	6
6	RESULTAT.....	6
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	6

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2013-07-10

3 (8)

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Stockholm Vatten är delfinansiärer i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2012-09-11.

Bolaget har två ozonskrubbar vid Henriksdals reningsverk i Stockholm för rening av lukt. Den ena skrubbern behandlar avluft från grovreningen och den andra skrubbern behandlar luft från mottagningscentralen för organiskt material. Provtagning genomfördes före och efter de båda ozonskrubbarerna för att bestämma reningsgraden av lukt.

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet som medelvärde av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Flöde ¹ [m ³ /h]	Luktkoncentration [le/m ³]	Luktreduktion [%]
Före Rening - grovreningen	10 080	16 000	5,4 %
Efter Rening - grovreningen	10 080	15 130	
Före Rening – organisk mottagningscentral	14 400	3 220	43 %
Efter Rening – organisk mottagningscentral	14 400	1 825	

Reningsgraden för luktavskiljningsutrustningen bestämdes vid mättilfället till 5,4 % för skrubbern som behandlar luft från grovreningen respektive 43 % för skrubbern som behandlar luft från organiska mottagningscentralen.

¹ Flödesprovtagning ingår inte i den ackrediterade verksamheten



2013-07-10

4 (8)

1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Stockholm Vatten är delfinansierare i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar. Mätningarna genomfördes 2012-09-11.

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Mårten Arbrandt vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Henriksdals reningsverk ligger sydost om Stockholm och renar avloppsvatten från åtta kommuner. Reningsverket drivs av Stockholm Vatten som är ett kommunalt bolag.

Stockholm Vatten har två ozonskrubbar vid anläggningen för rening av lukt. Den ena behandlar avluften från grovreningen vid reningsverket. Den andre skrubbern behandlar avluften från mottagningscentral för organiskt material som ska gå till biogasproduktion.

Tre delprover har uttagits före respektive reningsutrustning och tre delprover efter.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. Nedan beskriv i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensorisk luktanalys fungerar.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före Rening - grovrening	Provtagning genomfördes i ingående kanal till ozonskrubber. Mätplatsen var belägen inomhus i ett bergrum.
Efter Rening - grovrening	Provtagning genomfördes i utgående kanal från ozonskrubber. Mätplatsen var belägen inomhus i ett bergrum.
Före Rening - mottagningscentral organiskt material	Provtagning genomfördes i ingående kanal till ozonskrubber. Mätplatsen var belägen inomhus i ett bergrum.
Efter Rening - mottagningscentral organiskt material	Provtagning genomfördes i utgående kanal från ozonskrubber. Mätplatsen var belägen inomhus i ett bergrum.



2013-07-10

5 (8)

4.2 Gasflödesbestämning²

Gasflödet vid respektive mätpunkt har registrerats från bolagets fasta flödesmätare.

4.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se Bilaga 1.

4.4 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från luktstandarden har gjorts.

² Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



2013-07-10

6 (8)

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Provtagningen utfördes den 11 september 2012 och resultaten från luktanalyserna redovisas i tabellen nedan.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde ³ [m ³ /h]	Luktkoncentration [l.e./m ³]	Luktemission ⁴ [Ml.e./h]
Före rening - grovrening	10 080	16 000	161
Efter rening - grovrening	10 080	15 100 ⁵	152
Före rening – org mottagning	14 400	3 220	46,4
Efter rening – org mottagning	14 400	1 825	26,3

7 Kommentarer till resultatet

De två ozonskrubbrarna vid Henriksdals reningsverk visade på relativt låg reningsgrad vid mättillfället. Reningen för luft från grovrening var endast 6 % medan reningen vid mottagningshallen för organiskt material var 43 %.

³ Flödesmätning är inte en del av den ackrediterade verksamheten

⁴ Luktemission beräknas utifrån flöde och är därmed inte en del av den ackrediterade verksamheten.

⁵ Ett analysvärde utelämnades i medelvärdesbildningen då detta visade orimligt stor avvikelse från de övriga.



Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktkoncentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO7.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten luktämnen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO7, serienummer EO.095
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-02-25
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2012-09-11
Datum för analysen	2012-09-12
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Lukt-koncentration (le/m³)	Faktor för mätosäkerhet
7 före grovrening	13:25	09:21	-	16 000	2,4
9 före grovrening	13:27	09:28	-	16 000	2,4
10 efter grovrening	13:33	09:34	-	16 000	2,4
11 efter grovrening	13:38	10:08	-	14 254	2,4
12 efter grovrening	13:45	09:44	-	14	2,4
14 före org mottagning	14:19	10:16	-	3084	2,4
15 före org mottagning	14:21	10:24	-	3364	2,4
16 efter org mottagning	14:27	10:44	-	2520	2,4
17 efter org mottagning	14:29	10:31	-	1414	2,4
18 efter org mottagning	14:31	10:39	-	1542	2,4

RAPPORT

Av Swedac ackrediterat organ

REPORT issued by an Accredited Laboratory



1 (8)

Handläggare
Mårten Arbrandt
Tel +46 10 505 31 76
Mobil +46 70 526 77 37
Fax +46 10 505 30 09
Marten.arbrandt@afconsult.com

Datum
2013-07-10

Uppdragsnr
575436

VA SYD
Box 191
201 21 Malmö

Rapport nr: G108613

VA SYD, Malmö

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustning, januari 2013

ÅF-Infrastructure AB
Miljö, Hälsa, Säkerhet

Granskad



Mårten Arbrandt

Markus Olofsgård



2013-07-10

2 (8)

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Sensorisk luktanalys	5
4.3	Avvikelser från standarden.....	5
5	MÄTOSÄKERHET	6
6	RESULTAT.....	6
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	6

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2013-07-10

3 (8)

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. VA SYD är delfinansierare i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-01-29.

Bolaget har en pumpgrop inne i centrala Malmö där ozon tillförs ventilationsluften för att hindra att lukt uppkommer i området. Provtagning genomfördes med och utan ozontillförsel för att bestämma reningsgraden av lukt.

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet som medelvärde av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration [le/m ³]	Luktreduktion [%]
Före Rening – utan ozontillförsel	837	78 %
Efter Rening – med ozontillförsel	184	

Reningsgraden för luktavskiljningsutrustningen bestämdes vid mättillfället till 78 %.



2013-07-10

4 (8)

1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. VA SYD är delfinansierare i projektet och har ställt sin anläggning till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-01-29.

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Mårten Arbrandt vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Klagshamns reningsverk ligger sydväst om Malmö och renar avloppsvatten från Malmöområdet. Reningsverket drivs av VASYD som är ett kommunalt bolag.

VASYD har flera pumpgropar för avloppsvatten runt om i Malmö. Vid en pumpgrop i centrala Malmö används ozon som tillsätts ventilationsluften för att rena ventilationsluften från lukt.

Tre delprover har uttagits med ozontillförsel och tre delprover har uttagits utan ozontillförsel för att bestämma skillnaden i reningsgrad.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktblastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskrivs i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Provtagning genomfördes i samma provpunkt. Först var ozonet avstängt och provtagning genomfördes i utgående ventilationsrör från pumpgropen. Därefter sattes ozonet på och efter en tid så togs nya prover i ventilationeskanalen.



2013-07-10

5 (8)

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före Rening – utan ozon	Provtagning genomfördes i utgående ventilationskanal från pumpgropen.
Efter Rening – med ozon	Provtagning genomfördes i utgående ventilationskanal från pumpgropen.

4.2 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningssinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2. Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

4.3 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från luktstandardens har gjorts.



2013-07-10

6 (8)

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Provtagningen utfördes den 29 januari och resultaten från luktanalyserna redovisas i tabellen nedan.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde ¹ [m ³ /h]	Luktkoncentration [l.e./m ³]	Luktemission ² [Ml.e./h]
Före rening – utan ozon	220	837	0,2
Efter rening – med ozon	220	184	0,04

7 Kommentarer till resultatet

Reningen över luktreningsutrustningen vid pumpgruppen i centrala Malmö var vid mättillfället 78%.

¹ Flödesmätning är inte en del av den ackrediterade verksamheten

² Luktemission beräknas utifrån flöde och är därmed inte en del av den ackrediterade verksamheten.



Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktkoncentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO8.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten lukttännen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-01-29
Datum för analysen	2013-01-30
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för mätosäkerhet
1 före	10:52	09:17	-	1000	2,4
3 före	10:57	09:35	-	673	2,4
4 efter	11:17	09:57	-	57	2,4
5 efter	11:18	10:04	-	80	2,4
6 efter	11:20	10:10	3	440	2,4
7 efter	11:23	10:20	-	160	2,4

RAPPORT

1 (10)

Handläggare
Markus Olofsgård
Tel +46 10 505 94 07
Mobil +46 70 356 62 10
Fax +46 10 505 30 09
markus.olofsgard@afconsult.com

Datum
2012-11-13

Uppdragsnr
575436

Vimmerby energi och miljö
Förrådsgatan 2
598 40 VIMMERBY

Vimmerby energi och miljö

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar

ÅF-Infrastructure AB

[Click here to enter Department/Section.](#)



Markus Olofsgård

Granskad



Mårten Arbrandt



Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	5
4.2	Gasflödesbestämning	6
4.3	Sensorisk luktanalys	6
4.4	Avvikelser från standarden	7
5	MÄTOSÄKERHET	7
6	RESULTAT.....	7
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	8

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



Sammanfattning

På uppdrag av Vimmerby energi och miljö AB har ÅF utfört mätning av lukt vid bolagets anläggning i Vimmerby. Mätningarna genomfördes 2012-11-12.

Av denna anledning har bolaget anlitat ÅF för att hjälpa till med en luktutredning.

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration (le/m ³)	Luktreducering
Före kolfilter	570 000	
Efter kolfilter	300 000	48%
Före barkfilter	960	
Efter barkfilter	540	44%



1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Av denna anledning har ÅF Genomfört luktmätningar vid Skövde biogas anläggning i Skövde

Mätningarna genomfördes 2012-11-12

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Markus Olofsgård vid ÅF's kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Vimmerby reningsverk tar emot avloppsvatten från kommun invånare och verksamheter i kommunen. Renignsverket tar även emot industriellt avloppsvatten från arla och Åbro. Den industriella delen förbehandlas. Denna förbehandling bygger på en anaerob (syrefri) teknik där nedbrytningen sker under bildning av biogas. När sen industriavloppsvattnet genomgått detta förbehandlingsskede pumpas det in i det traditionella kommunala verket och där blandas det med avloppsvatten från hushåll och andra industrier i Vimmerby kommun.

Som ett steg i den anaeroba behandlingen sker hydrolys. Efter hydolysen leds vattnet i en luftningsbassäng.. Frånluften från luftningsbassängen har upplevts som illaluktande och därför har kolfilter installerats.

Från den traditionella avloppsreningens förbehandling led all frånluft via ett barkfilter.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. För att kunna bestämma luktblastningen på omgivningen måste även flödesmätning genomföras. Nedan beskriv i vilka punkter proverna har tagits ut, hur gasflödesbestämningen gått till samt hur sensoriska luktanalys fungerar.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före kolfilter Frånluft från luftningen av processavloppsvatten renas i kolfilter. Prov tog före och efter kolfilter	
Efter kolfilter Frånluft från luftningen av processavloppsvatten renas i kolfilter. Prov tog före och efter kolfilter	
Före Barkfilter Prov tog ut på trycksidan av fläkten som matar barkfilter	Prov tog ut på trycksidan av fläkten som matar barkfilter 

Efter barkfilter Prov togs med oventilerad huv på en yta där det fanns tecken på flöde.	
--	--

4.2 Gasflödesbestämning¹

Gasflödesbestämning gjordes med vinghjulsanemometer vid utlopp.

4.3 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 Metodförteckning

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för lukt-			

¹ Bestämning av gasflödet tillhör ej den ackrediterade verksamheten.



RAPPORT

2012-11-13 7 (10)

	analys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

4.4 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från standarden

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Resultaten från luktanalyserna redovisas nedan som antalet luktenheter per kubikmeter.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Flöde ² (m ³ /h ntg)	Luktkoncentration (l.e./m ³)	Luktemission ³ (Mle/h)
Före kolfilter	1 300	570 000	740
Efter kolfilter	1 300	300 000	390
Före barkfilter	1 000	960	1
Efter barkfilter	1 000	540	0,5

² Flöde är inte en del av den ackrediterade verksamheten

³ Luktemission beräknas utifrån flöde och är därmed inte en del av den ackrediterade verksamheten.



7 Kommentarer till resultatet

Lukt efter barkfilter hade en tydlig karaktär av bark och endast mindre antydning av den lukt som återfinns i provet innan barkfilter.

Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktkoncentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO7.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten lukttämen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO7, serienummer EO.095
Senaste kalibrering av olfaktometern	2011-01-25
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	22°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2012-11-12
Datum för analysen	2012-11-13
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
1a Före kolfilter	12:30	10:12	120	678 823	2,5
1b före kolfilter	12:30	10:20	120	480 000	2,5
2a efter kolfilter	12:45	10:45	120	370 131	2,5
2b efter kolfilter	12:45	10:50	120	240 000	2,5
3a före biofilter	12:50	11:00	-	841	2,5
3b före biofilter	12:50	11:10	-	1091	2,5
4a efter biofilter	13:10	11:17	-	494	2,5
4b efter biofilter	13:10	11:20	-	587	2,5

RAPPORT

Av Swedac ackrediterat organ

REPORT issued by an Accredited Laboratory



1 (8)

Handläggare
Mårten Arbrandt
Tel +46 10 505 31 76
Mobil +46 70 526 77 37
Fax +46 10 505 30 09
Marten.arbrandt@afconsult.com

Datum
2013-09-18

Uppdragsnr
575436

Swedish Biogas International
Gjuterigatan 1B
582 73 Linköping

Rapport nr: G107813

Swedish Biogas International, Örebro

Luktprovtagning för bestämning av reningsgrad för luktavskiljningsutrustningar, september 2013

ÅF-Infrastructure AB

Granskad



Mårten Arbrandt

Markus Olofsgård



2013-09-18

2 (8)

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	ACKREDITERING.....	4
3	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	4
4	METODIK.....	4
4.1	Beskrivning av provpunkterna	4
4.2	Sensorisk luktanalys	5
4.3	Avvikelser från standarden.....	5
5	MÄTOSÄKERHET	5
6	RESULTAT.....	6
7	KOMMENTARER TILL RESULTATET	6

Bilagor

Bilaga 1	Metodbeskrivning sensorisk luktanalys
Bilaga 2	Rådata



2013-09-18

3 (8)

Sammanfattning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Swedish Biogas International har ställt sin anläggning i Örebro till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-09-04.

Vid anläggningen i Örebro så renar man lukt i utgående luft från gasuppgraderingen med hjälp av en RTO-enhet (Regenerativ Termisk Oxidation). Provtagningar av lukt genomfördes före och efter kolfiltret för att bestämma reningsgraden av luktafskiljningsutrustningen.

Mätning avseende luktkoncentration utfördes med dynamisk olfaktometri med luktpanel.

I nedanstående tabell redovisas resultatet som medelvärde av de genomförda analyserna.

Provpunktens beteckning	Flöde [Nm ³ /h] ¹	Luktkoncentration [le/m ³]	Luktreduktion [%]
Före rening	-	26 411	96 %
Efter Rening	-	1026	

Reningsgraden för luktafskiljningsutrustningen vid mättilfället bestämdes till 96 %.

¹ Ingen flödesprovtagning. Dålig mät punkt.



2013-09-18

4 (8)

1 Inledning

ÅF genomför under 2012/2013 ett projekt med syfte att kartlägga effektiviteten hos luktreduktionsutrustning vid anläggningar för hantering av biologiskt material. Swedish Biogas International har ställt sin anläggning i Örebro till förfogande för mätningar.

Mätningarna genomfördes 2013-09-04.

Ansvarig för mätningarnas genomförande och rapportsammanställning är Mårten Arbrandt vid ÅF:s kontor i Göteborg.

2 Ackreditering

ÅF:s luktlaboratorium är ackrediterade för provtagning och sensorisk bedömning med luktpanel enligt SS-EN 13725. Ackrediteringsnumret är 1993.

3 Förutsättningar

Vi anläggningen i Örebro så tillverkas biogas av främst restprodukter från lantbruk och livsmedelsindustrin. Biogasproduktionen uppgår till ca 6 miljoner Nm³/år.

Reningsutrustningen består av en RTO-enhet (Regenerativ Termisk Oxidation). Två delprover har analyserats före reningsutrustningen och två delprover efter.

4 Metodik

Vid bestämning av luktkoncentration tas luftprover ut i gastäta påsar vid den luktande källan. Dessa analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar från tidpunkten för provuttaget. Syftet med provtagningen var att bestämma reningsgraden av RTO-enheten och därför genomfördes ingen flödesprovtagning.

4.1 Beskrivning av provpunkterna

Tabell 1. Beskrivning av provpunkter

Provpunktens beteckning	Beskrivning av provpunkten
Före Rening	Provpunkten är belägen i utgående kanal efter gasuppgraderingen. Ett mätuttag finns tillgängligt före RTO-enheten.
Efter Rening	Provpunkten är belägen efter RTO:n. Utgående gas från RTO:n blandas med friskluft innan det släpps genom en skorsten. Ett mätuttag finns tillgängligt i skorstenen.



2013-09-18

5 (8)

4.2 Sensorisk luktanalys

Vid sensorisk luktanalys bestäms luktkoncentrationen i ett prov med hjälp av ett spädningsinstrument (olfaktometer) och en panel bestående av minst fyra godkända panelister. Luktkoncentrationen mäts i enheten luktenheter per kubikmeter, l.e./m³.

Inledningsvis tillförs ren luft till panelen varefter koncentrationen av provluften successivt ökar. Vid en viss given utspädning kan lukt från provluften förnimmas, denna nivå registreras för respektive panelist.

Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärdet av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.

Det redovisade antalet luktenheter i ett prov motsvarar det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås.

Tabell 2 *Metodförteckning*

Analys variabel	Metod	Analysprincip	Mätområde	Mätosäkerhet vid 95 % konfidensnivå
Lukt	SS-EN 13725 (inkl. provtagning)	Olfaktometri; sensorisk analys	Spädning 10 till 10 ⁷ gånger	Se bilaga 2
	ÅFs metodbeskrivning för luktanalys, G107411			
	ÅFs metodbeskrivning för luktprovtagning, G107511			

För mer information om sensorisk luktanalys, se [Bilaga 1](#).

4.3 Avvikelser från standarden

Inga avvikelser från luktstandarden har gjorts.

5 Mätosäkerhet

Innan varje analys genomförs lukttester för att testa panelisternas luktsinne. För detta ändamål används ett särskilt ämne (n-butanol) där luktröskeln är väldokumenterad. För ett godkännande av panelisten krävs att personen i fråga känner lukt av n-butanol inom ett visst intervall runt den kända och väldokumenterade luktröskeln för ämnet och med en viss standardavvikelse.

Mätosäkerheten för lukt är definierad som reproducerbarheten hos det ovan nämnda n-butanoltestet som görs innan varje luktanalys. Med reproducerbarhet åsyftas den förmåga panelen har att ange samma resultat vid flera tillfällen för ett och samma testmaterial under likvärdiga förhållanden.



2013-09-18

6 (8)

Mätosäkerheten redovisas som en faktor kring ett givet medelvärde. Med en faktor på två innebär detta att om resultatet från en analys visar på 1 000 l.e./m³ så ligger det sanna värdet inom intervallet 500 och 2 000. Resultatet indikerar då att med 95 % säkerhet (95 % konfidensintervall) kan 50 % av populationen förnimma lukten inom intervallet 500 till 2000 l.e./m³.

Faktorn för mätosäkerhet vid denna mätning finns redovisad i [Bilaga 2](#).

6 Resultat

Provtagningen utfördes den 4 september och resultaten från luktanalyserna redovisas i tabellen nedan.

Tabell 3 Resultat från luktanalyserna

Provpunktens beteckning	Luktkoncentration [l.e./m ³]
Före rening	26 411
Efter rening	1 026

7 Kommentarer till resultatet

Reningen över luktrengingsutrustningen var vid mättillfället god med en reningsgrad av lukt på mer än 96 %.



Metodbeskrivning för sensorisk luktbedömning

Nedan ges en kortfattad beskrivning av mätmetodiken samt utvärderingsförfarandet vid en sensorisk luktbedömning. Provtagning, analys samt utvärdering följer den svenska och europeiska standarden SS-EN 13725 "Luftkvalitet - Bestämning av luktconcentration med dynamisk olfaktometri".

Provtagning

Prover uttas i lufttäta och för ändamålet speciellt anpassade påsar. Den uttagna luften analyseras sedan sensoriskt inom 30 timmar.

Luktbedömning

Analysen sker dels med hjälp av en utspädningsenhet, en så kallad olfaktometer, dels med en "detektionsenhet" bestående av en tränad provpanel. Panelen består av minst fyra personer. Den använda olfaktometern är av typ ECOMA TO8.

I olfaktometern blandas provgas med spädluft som utgörs av omgivningsluft som renas genom kolfilter. För varje prov genomförs minst två spädserier där panelisterna får avgöra vid vilken spädnivå lukt kan förnimmas. Respektive spädserie är så utformad att halten luktämnen successivt ökar.

Under provtagningen genomförs ca 20 % nollprov, dvs. paneldeltagarna testas på enbart spädluft, vid ca vart femte prov. Nollproverna genomförs för att följa panelisternas uppmärksamhet.

Olfaktometern styrs av ett datorprogram som styr vilken spädnivå som skall ställas in och fördelar provgasen mellan panelisterna. Startordning och nollprovets placering väljs slumpmässigt av programmet. Även utvärderingen av resultatet sker i programmet.

Utvärdering av resultat

Den utspädningsnivå vid vilken panelisterna känner första luktförnimmelsen motsvarar en l.e./m³. Antalet luktenheter motsvarar alltså det antal gånger som provet måste spädas med luktfri luft innan luktfrihet uppnås. Panelens gemensamma luktröskelvärde beräknas som det geometriska medelvärde av panelisternas individuella luktrösklar. Detta värde motsvarar den koncentration vid vilken 50 % av populationen kan förnimma lukt.



Rådata

Utrustningens identifikation	Olfaktometer TO8, serienummer EO.8114
Senaste kalibrering av olfaktometern	2012-12-06
Har Proverna varit över 25°C vid transport	Nej
Temperatur i rummet vid analystillfället	20°C
Referensgas	n-butanol, 100 ppm
Datum för provtagningen	2013-09-04
Datum för analysen	2013-09-05
Analysen är utförd av	Markus Olofsgård

Provpunktens beteckning	Tidpunkt för provtagning	Tidpunkt för analys	Förspädning	Luktkoncentration (le/m ³)	Faktor för nätosäkerhet
7 Före	13:45	10:28	-	27554	2,3
8 Före	13:47	10:38	-	25268	2,3
10 Efter	14:00	09:40	-	724	2,3
12 Efter	14:05	09:49	-	1328	2,3



Bilaga C Handbok

Vid upphandling av tekniker för luktreducering

Sten-Åke Barr Mattias Wesslau
ÅF-Industry AB





Innehåll

1	INLEDNING	4
2	HANDBOKENS STRUKTUR.....	4
3	STEG FÖR STEG	5
4	RENINGSMETODER	7



1 Inledning

Lukt från avloppsreningsanläggningar och anläggningar för hantering av lättnedbrytbart biologisk avfall är ett känt problem i de flesta svenska kommuner.

Inom ramen för en utredning finansierad av Waste Refinery, Svenskt Vatten, ÅForsk, ett antal svenska kommuner och Cambi (leverantör av biogasanläggningar) har en genomgång av funktionen av ett stort antal installerade reningsanläggningar för lukt genomförts. Luktmätningar med hjälp av sensorisk analys (det mänskliga luktsinnet) har använts i denna studie

Slutsatserna från arbetet kan sammanfattas i att det finns ett stort antal utrustningar installerade för att avskilja lukt från anläggningar för biologisk behandling inom såväl förbehandlingsprocesser, renodlade biogasanläggningar samt kommunala reningsverk med slamhantering i kombination med rötning av slammet.

Den genomsnittliga avskiljningen av luktämnen från dessa anläggningar är oacceptabelt låg (ca 55 % i genomsnitt). Det är svårt att finna andra områden där installerad reningsteknik fungerar sämre. Orsaken till den låga avskiljningsgraden torde vara att kunskapsnivån vad avser luktreduktionsutrustning generellt sett är låg, både hos anläggningsägare som hos leverantörer.

En viktig strukturell fråga är kommunikationen mellan anläggningsägare och leverantör av avskiljningsutrustning. De viktigaste bristerna är:

- Anläggningsägarna har inte definierat problemet
- Korrekta dimensionerande data saknas ofta
- Anläggningsägarna ställer inga krav på luktavskiljning vid upphandlingen
- Anläggningsägarna gör ofta en bristfällig uppföljning av funktionen
- Underhållet är eftersatt

Ofta lämnar anläggningsägarna över ansvaret till att lösa luktfrågan till leverantörerna utan att man själv har definierat problemet. Detta betyder att när man går ut med en förfrågan angående luktavskiljning saknas uppgifter om vilken luktbelastning som förekommer i det aktuella processavsnittet. Det betyder också att man sällan ställer krav på lukt-avskiljning, eller högsta tolerabla restlukt, efter behandlingen i samband med upphandlingen. Då garantier saknas görs sällan någon faktisk uppföljning i form av luktmätning efter installationen. Istället görs då allmänna bedömningar om funktionen genom att personal förnimmar lukt på liknande sätt som innan installationen, eller att grannarna fortsätter att klaga.

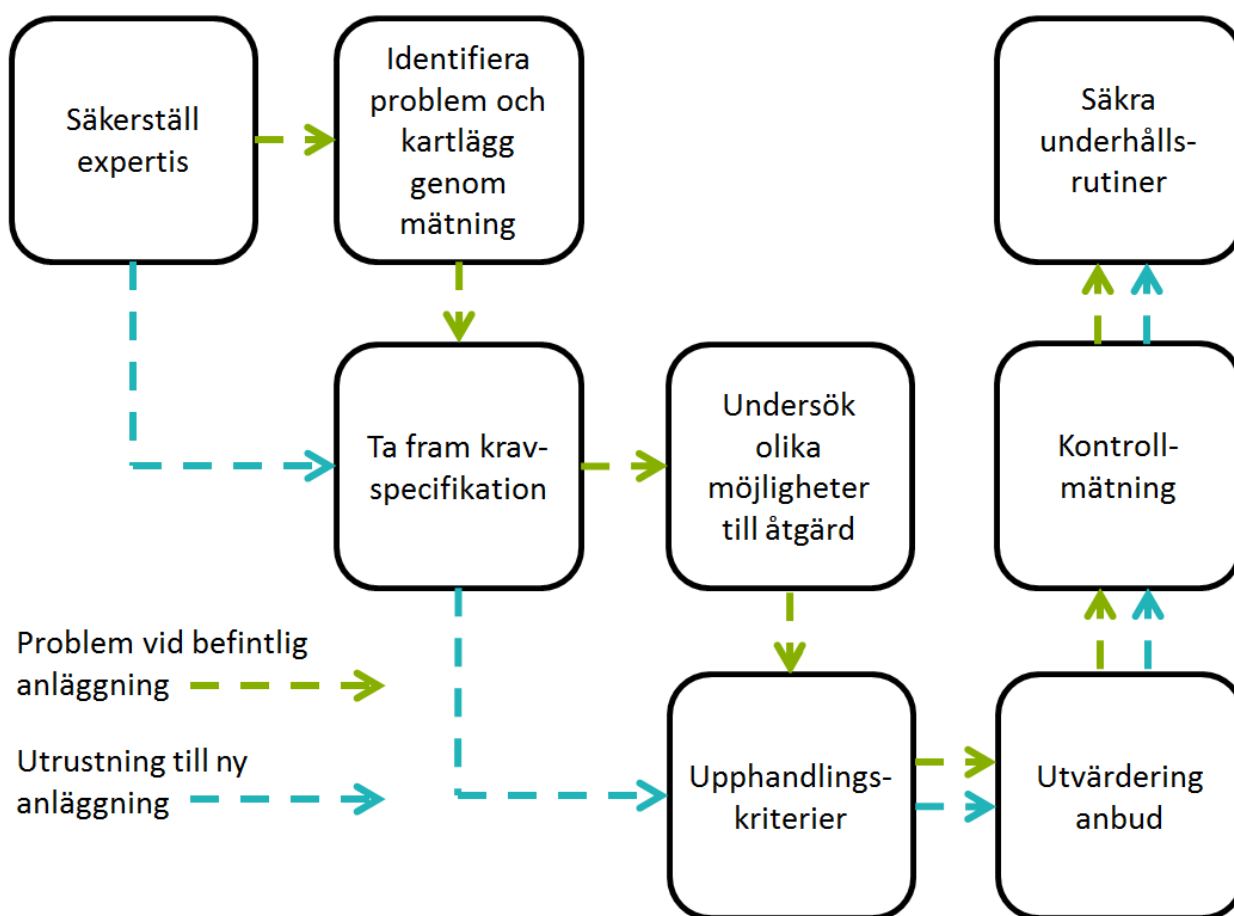
Härutöver har det under de senaste åren skett en teknikutveckling som indikerar på att ny reningsteknik är väsentligt mer effektiv än den som idag ofta återfinns inom befintliga anläggningar.

Denna handbok är tänkt att vara ett stöd för att hantera problem med lukt på en befintlig anläggning samt för att minimera problem med lukt vid upphandling av nya anläggningar. Handboken är i första hand skriven för ägare av anläggningar för biologisk behandling och kommunala vattenreningsanläggningar, men rekommendationerna är generella och går att tillämpa även för andra typer av anläggningar där lukt är en miljöfråga.

2 Handbokens struktur

Handboken är uppdelad i två delar. Den första delen är en steg-för-steg-guide. Den andra delen är en övergripande beskrivning av olika reningsmetoder med dess styrkor och svagheter. Beskrivningen av reningsmetoderna är tänkt att fungera som ett stöd vid utvärdering av olika reningsmetoder. Handboken är anpassad för utskrift som ett häfte i A5 format.

3 Steg för steg



3.1 Ta hjälp - Säkerställ expertis

Att hantera lukt är svårt och det krävs ofta specialistkunskap för att lösa problemen. Om det dessutom förekommer klagomål från omgivningen ställer det också stora krav på kommunikationen med grannar och myndigheter. Därför är det ofta viktigt att få stöd i denna process.

Experthjälp behövs ofta i följande sammanhang:

- Luktmätning genom sensorisk analys
- Val av tekniklösningar
- Spridningsberäkningar för att bedöma omgivningseffekter
- Kommunikation med grannar och myndigheter

3.2 Kartlägg utsläppen - identifiera problemet

Genom att ta ut prov på de platser där lukt släpps ut i omgivningsluften kan man med hjälp av det mänskliga luktsinnet (sensorisk analys) avgöra vilken utsläppspunkt som är viktigast att åtgärda. Genom mätningen kan man också avgöra vilka utsläppspunkter som är ointressanta från omgivningssynpunkt. Mätresultatet är också utmärkt att kommunicera med myndigheter och grannar för att få ökad förståelse för problemet.

Dessutom får man nödvändigt underlag för att kunna föra diskussioner med potentiella leverantörer.



3.3 Ta fram kravspecifikation

Ta fram en kravspecifikation för reningsgrad och/eller högsta acceptabla luktconcentration efter rening i den tänkta utrustningen.

Ofta måste man använda sig av meteorologiska spridningsberäkningar för att värdera vad olika tekniker ger för resultat i omgivningen. För att kunna genomföra dessa beräkningar måste man veta utsläppet av luktämnen. Vid problem i en befintlig anläggning används indata från genomförda mätningar till spridningsberäkningarna. Inför upphandling av en helt ny anläggning används indata utifrån ritningar, erfarenhetsvärden och uppskattade värden.

3.4 Undersök olika möjligheter till åtgärd

Undersök först på om det finns några processtekniska åtgärder som kan lösa problemet. Exempelvis kan man påverka processen så att luktämnen inte bildas, eller sluta processen så att inte det sker någon avluftning av luktämnen.

Vidare bör man undersöka om det finns möjlighet till att förbättra spridning, exempelvis genom att höja utsläppshöjden. Även effekten av en sådan åtgärd kan modelleras med hjälp av spridningsberäkningar.

Om man inte kan få tillfredställande lösning med ovanstående alternativ måste någon typ av extern reningsmetod övervägas. Det finns en mängd olika metoder och tekniker för rening på marknaden. En överblick över olika reningsmetoder redovisas i del två i handboken.

Om man är osäker på funktionen av den aktuella tekniken bör man genomföra utprovningen i pilotskala innan en fullstor anläggning upphandlas.

3.5 Upphandlingen - örförfrågningsunderlaget

Om man tydligt anger förutsättningarna för den tänkta reningsanläggningen vad gäller utsläpp av luktämnen och luftflöden, förekomst av fukt och eventuellt stoft, får leverantören ett bra underlag att utgå ifrån vid dimensioneringen. Detta ökar möjligheten att få en anläggning som är rätt dimensionerad från början. Ställ även funktionskrav i form av garantier på avskiljningsgrad och/eller högsta accepterade restconcentration av luktämnen.

Förutom garanterade funktionskrav bör erfarenheter som tidigare levererade och fungerande referensanläggningar, samt livscykelkostnaden värderas. Livscykelkostnaden är av intresse då man ibland underskattar driftskostnaden.

Oavsett om det handlar om upphandling av en utrustning till en ny anläggning eller om det handlar om upphandling av utrustning för extern reningsmetod, så är det viktigt att ställa garanterade funktionskrav på luktreningsgrad och eller högsta utsläppsnivå för luktekvivalenter utifrån framtagna kravspecifikation.

Inför framtagande av upphandlingskriterier för externa reningsmetoder kan med fördel hjälp tas av del två i handboken som går igenom styrkor och svagheter med olika reningsmetoder. Garantier och underhåll?

3.6 Utvärdering av anbud

Efterfråga i förfrågningsunderlaget en referensanläggning med uppmätt och dokumenterad funktion av potentiella leverantörer. Om detta inte finns bör installation av en pilotanläggning övervägas för att mäta och dokumentera funktionen. Vid utvärdering av externa reningsmetoder rekommenderas en så kallad "catwalk" där ett antal potentiella leverantörer får komma och presentera sin produkt samt förslag till lösning .



3.7 Efter installation - Funktionskontroll

Inom ett halvår efter driftsättning rekommenderas att genomföra en kontrollmätning för att säkerställa att de krav som ställts uppfylls. Är då luktavskiljningen ett garantivärde bör sensoriska analyser utföras, alternativt andra relevanta mätningar.

3.8 Säkra underhållsrutiner

Flera leverantörer erbjuder serviceavtal på den utrustning som levereras. Detta betyder naturligtvis en ökad kostnad för anläggningsägaren, men är ofta ett bra sätt att hålla kontroll på anläggningen. För att kunna värdera de förslag till förändringar som leverantören föreslår och utvärdera dessa förslag, bör även här luktmätningar genomföras.

Utöver serviceavtal behöver anläggningsägaren ta fram egna underhållsrutiner för anläggningen för att säkerställa funktionen av anläggningen även efter garantitidens slut.

4 Reningsmetoder

I följande sammanställning ges en allmän bedömning över de vanligast förekommande teknikerna på marknaden med för- och nackdelar.



Tabell Utvärdering av reningstekniker – sammanställning

Metod	Teknisk möjlig	Reningsgrad	Kommentar
1. Absorption			Effekt osäker
I rent vatten	Nej		Effekten osäker genererar förorenat vatten
Med kemisk tillsats	Ja/Tveksam		Effekten ofta otillräcklig, genererar förorenat vatten
Med organisk vätska	Nej		Fungerar inte
Bioskrubber	Nej		Effekt otillräcklig
2. Adsorption			I kombination med annan teknik
Utbytessystem	Ja	>95%	Eventuellt med impregnerat filter. Känslig för fuktinnehållet i luften. Kan medföra höga driftskostnader. Möjliggör låga resthalter
Regenerativt system	Nej		Passar inte i luktsammanhang då halterna är låga
3. Biofilter	Ja	>90 %	Fungerar ofta bra, särskilt inbyggda filter. Öppna filter är svåra att underhålla och ger alltid bidrag i marknivå. Medför ofta höga resthalter >300 l.e/m ³
4. Jonisering	Nej	Effekt osäker	Rekommenderas inte
5. Ozonisering	Tveksamt	Effekt osäker	Svårt att hitta fungerande utrustningar.
6. Katalytisk oxidation	Ja, vissa typer	> 99 %	Det finns nu katalysatorer för reduktion av svavelföreningar. Passar där höga luktnivåer förekommer
7. Termisk Oxidation			Höga reduktionsgrader kan uppnås, > 99% vid höga luktblastningar. Höga energikostnader, ofta höga resthalter.
Rekuperativ	Ja	> 99 %	
Regenerativ	Ja	> 95 %	Kan ge något lägre resultat än rekuperativa lösningar.
8. Fotooxidation med kolfilter	Ja	>95 %	Ger låga resthalter i kombination med kolfilter, Kan medföra höga driftskostnader.

Av de ovan nämnda reningsmetoderna har högst avskiljningsgrad erhållits från adsorption på aktiverat kol, biofilter, termisk oxidation samt fotooxidation med efterföljande kolfilter. När det gäller resthalter har lägst resthalter erhållits från biofilter, adsorption på aktiverat kolfilter samt fotooxidation med efterföljande kolfilter.

Biofilter och oxidation har begränsningar när det gäller resthalter då biofilter ofta har en egenlukt som påverkar luktutsläppet och termisk oxidation medför att oxidationsprodukter bildas som har en egenlukt och begränsar således resthalten av luktämnen.