



Rapport 2016:17

Avfall Sveriges Utvecklingsatsning

ISSN 1103-4092

Handbok metanmätningar. Revidering 2016



FÖRORD

2011 publicerades "Handbok för metanmätningar" (Avfall Sverige rapport B2011:01) som idag är ett viktigt dokument för beräkning och mätning av metanemissioner från svenska biogasanläggningar. Det hänvisas till denna rapport från den svenska gasbranschens beräkningsverktyg för hållbarhetskriterier samt vid mätningar som genomförs inom Avfall Sveriges system frivilligt åtagande – inventering av utsläpp från biogas- och uppgraderingsanläggningar. Sedan 2011 har det genomförts ett flertal studier i Sverige för att utveckla och förbättra metoderna som används för mätning av metanemissioner. Det finns därför anledning att uppdatera handboken med den senaste kunskapen och tekniken för mätning av metanemissioner.

Rapporten är uppdaterad av Magnus Andreas Holmgren, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Malmö juni 2016

Weine Wiqvist
VD Avfall Sverige

SAMMANFATTNING

I biogasanläggningar, där det sker biologisk behandling av organiskt material genom anaerob nedbrytning, samt vid uppgradering av biogas till fordonsbränslekvalitet, kan det uppstå utsläpp till luft i olika delar av systemet. Det finns framförallt fyra skäl till varför dessa utsläpp ska minimeras. Dessa är säkerhet, miljö, närmiljö och ekonomi.

I denna handbok samlas erfarenheter från flera års arbete med mätning av metanutsläpp från biogas- och uppgraderingsanläggningar. Detta arbete har i huvudsak utförts inom ramen för Avfall Sveriges system Egenkontroll metanutsläpp – Frivilligt åtagande.

Syftet med handboken är att standardisera metoder och tillvägagångssätt då metanmätningar utförs, så att resultaten blir jämförbara mellan olika utförare. Den huvudsakliga målgruppen med handboken är mätkonsulter som utför sådana mätningar.

Beräkningsmallar i Excel är en del av handboken, vilket ytterligare bidrar till att mätningarna utvärderas på ett standardiserat sätt. Handboken innehåller ett flertal exempel, som beräknats i de medföljande Excel-mallarna.

Handboken innehåller också ett kapitel som i huvudsak riktar sig till anläggningspersonal, där genomförandet av noggrann läcksökning beskrivs, samt där det finns tips om ett system med s.k. mellanliggande kontroller för att upptäcka läckor i tid.

Detta är utgåva 2 av handboken, där såväl själva handboken som de tillhörande beräkningsmallarna i Excel har genomgått stora revisioner.

INNEHÅLL

1	Inledning	1
1.1	Syfte och mål	2
1.2	Metod	2
1.3	Avgränsningar	2
2	Definitioner	3
3	Bakgrund	4
3.1	Biogas	4
3.2	Metan, CH ₄	4
3.3	Rötning	4
3.4	Uppgradering	5
4	Mätmetoder och mätutrustning	6
4.1	Metanhalt	6
4.1.1	FID med Cutter	6
4.1.2	Påsprover	7
4.1.3	Läcksökningsinstrument	8
4.1.4	Metan i vatten	9
4.2	Gasflöde	9
4.2.1	Flödet i ett rör	9
4.2.2	Ventilationsöppning	10
4.2.3	Fläktdata	10
4.2.4	Schablon	10
4.3	Huvmätning	11
4.4	Fläktmätning	12
4.5	Utspädningsprovtagning	13
4.6	Andra gaser	13
5	Utsläppspunkter	14
5.1	Samröttnings- och slamröttningsanläggningar	14
5.2	Uppgraderingsanläggningar	15
6	Genomförande	16
6.1	Anläggningsdata	16
6.2	Bestämning av metanförlust	17
6.3	Ventilationsluft	17
6.3.1	Ventilationsrör-processutsläpp	18
6.3.2	Ventilationsöppning i lokal	18
6.4	Tankar	19
6.5	Analysinstrument	19
6.6	Restgas från uppgraderingsanläggning	20
6.6.1	Recirkulerande vattenskrubber	20
6.6.2	Enkelt genomströmmande vattenskrubber	21
6.6.3	PSA	22
6.6.4	Kemisk skrubber	23
6.6.5	Membranteknik	23
6.6.6	Kryogen teknik	23
6.7	Rötrestlager	24
6.8	Läckage	26
6.9	Bestämning av metanförlust med läcksökningsinstrument	26
6.10	Kalibrering av fast installerad mätutrustning	27

7	Beräkningsformler	28
7.1	Momentana utsläpp	28
7.2	Årliga utsläpp	29
7.2.1	Förlust relativt produktionen i anläggningen	29
7.2.2	Konstant förlust över årets alla drifttimmar	29
7.2.3	Totala årliga utsläpp	29
7.3	Mätosäkerhet	30
8	Beräkningsexempel	31
8.1	Biogasanläggning, exempel	31
8.1.1	Ventilationsrör	31
8.1.2	Ventilationsöppning i lokal	32
8.1.3	Blandningstank	33
8.1.4	Täckt rötrestlager	33
8.1.5	Analysinstrument	34
8.1.6	Total förlust	34
8.2	Uppgraderingsanläggning, exempel	35
8.2.1	Restgas	35
8.2.2	Ventilation lokal	35
8.2.3	Ventilation brunn	36
8.2.4	Analysinstrument	37
8.2.5	Total förlust	38
8.3	PSA-anläggning, exempel	38
8.3.1	Numerisk integration	38
8.3.2	Medelvärden	39
8.3.3	Gaspåse	40
9	Läcksökning	41
9.1	Metoder och instrument	41
9.2	Noggrann läcksökning med instrument	42
9.3	Mellanliggande kontroller med instrument	42
10	Referenser	44

1 INLEDNING

Vid biologisk behandling av organiskt material genom anaerob nedbrytning, rötning, samt vid uppgradering av biogas till fordonsbränslekvalitet, kan det uppstå utsläpp till luft i olika delar av systemet. Det finns framförallt fyra skäl till varför dessa utsläpp ska minimeras. Dessa är:

- säkerhet Biogas består i huvudsak av metan, CH₄, vilken är en brännbar och explosiv gas. Vid en halt av ca 4-16 vol-% metan i luft kan gasblandningen antändas.
- miljö Metan ger 34 gånger högre bidrag till växthuseffekten än koldioxid. I ett biogassystem kan det även förekomma små halter av dikväveoxid, N₂O, även kallat lustgas. Denna gas ger 296 gånger högre bidrag till växthuseffekten än koldioxid (IPCC).
- närmiljö Utsläpp från biogassystem kan medföra luktproblem, vilket drabbar anställda och närboende.
- ekonomi Utsläpp av producerad gas utgör i de flesta fall en förlust av intäkt och kan ha stor påverkan på lönsamheten.

I en studie (Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas) genomförd av SwedPower under 2004 genomfördes mätningar av utsläpp på ett antal biogas- och uppgraderingsanläggningar. I studien konstateras att i de anläggningar som undersöktes förekom små utsläpp i ett antal delar av anläggningarna. Det hade även tidigare genomförts mätningar på utsläpp från uppgraderingsanläggningar (Persson) vilket visat att anläggningarna inte alltid lever upp till de nivåer på utsläpp som leverantörerna garanterat.

Med detta som bakgrund införde Avfall Sverige det s.k. Frivilligt åtagande för biogasanläggningar (M. Holmgren), där anläggningar förbinder sig att systematiskt arbeta med att kartlägga och minska sina utsläpp. Systemet är vid denna handboks utarbetande under revidering och har också bytt namn till Egenkontroll metanutsläpp – Frivilligt åtagande. En del av det frivilliga åtagandet är att återkommande genomföra emissionsmätningar vid anläggningen för att bestämma metanutsläpp och metanförlust. En annan del av det frivilliga åtagandet är att regelbundet och systematiskt genomföra läcksökning vid anläggningen.

Vattenfall Power Consultant AB (VPC, f.d. SwedPower) fick i uppdrag att genomföra mätningar och beräkningar vid samtliga deltagande anläggningar i Frivilligt åtagande, under den första 3-årsperioden 2007-2010. Vid samtliga dessa mätningar deltog handbokens författare Magnus Andreas Holmgren som mättekniker.

Med erfarenheterna från dessa mätningar, och andra liknande mätningar som utförts i andra uppdrag, fick SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i uppdrag av SGC, Avfall Sverige och Energigas Sverige att dokumentera erfarenheter och lärdomar från dessa mätningar i denna handboks första utgåva (M. A. Holmgren, Handbok metanmätningar). Denna andra utgåva av handboken är beställd av Avfall Sverige. Handboken är tänkt att användas av mätkonsulter när de genomför metanmätningar vid biogas- och uppgraderingsanläggningar.

När systemet med Frivilligt åtagande reviderades år 2009 infördes krav på att anslutna anläggningar regelbundet genomför läcksökning i sin egen anläggning. Ett speciellt avsnitt har skrivits i denna handbok med tips om hur man kan planera och utföra en sådan läcksökning.

1.1 Syfte och mål

Projektets syfte är att öka kvaliteten på de mätningar och den rapportering som görs av metanemissioner från biogasanläggningar i Sverige inom bl.a. Egenkontroll metanutsläpp – Frivilligt åtagande, samt att vidga omfattningen av utsläppspunkter där standardiserade mätningar kan utföras.

Projektet har flera mål:

- Att uppdatera "Handbok metanmätningar" för att möta dagens kunskapsnivå och de senaste teknikerna som utvecklats för den svenska marknaden.
- Att uppdatera "Handbok metanmätningar" avseende mätmetoder för öppna ytor vilket ofta är en viktig källa till utsläpp från biogasanläggningar, och på flera sätt relevant också för reningsverk.
- Att tydligare peka på metodernas tillämpbarhet för att mäta andra relevanta ämnen.
- Att förbättra beräkningsverktyget avseende rapportering av resultat samt dokumentation av förhållanden vid mättillfället.
- Att se över hur olika utsläppspunkter ska extrapoleras till årsbasis (förhållande till produktionsmängder, drifttid eller annat).

1.2 Metod

Projektet utgick från handbokens första utgåva samt kunskap och erfarenheter som samlats under åren 2011-2016. Beräkningsmallar i Excel reviderades.

En referensgrupp har hjälpt författaren med projektet:

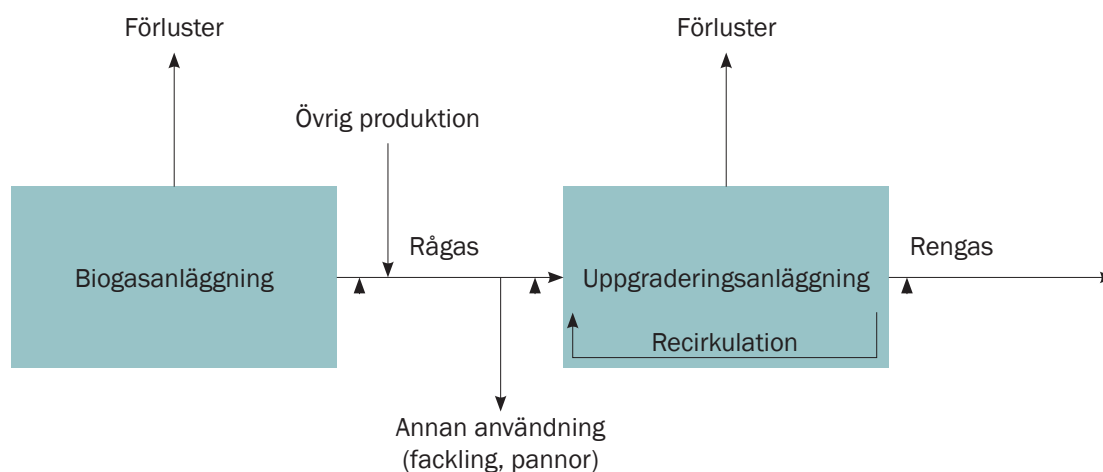
- Victor Karlsson (Göteborg Energi), anläggningsrepresentant
- Caroline Steinwig (Avfall Sverige)
- Johan Yngvesson (SP Energi och bioekonomi) metanmätningar

1.3 Avgränsningar

Projektet omfattar i första hand moderna biogasanläggningar för rötning av avfall. Metodiken kan tillämpas i stor utsträckning även på äldre anläggningar, exempelvis anläggningar för rötning av avloppsslam.

2 DEFINITIONER

Andning	Utsläppspunkt (ex. ventilationsgaller) med varierande flödesriktning.
Biofilter, (kompostfilter)	Ventilationsluft leds igenom filter bestående av exempelvis jord, kompost, lecakulor eller bark. Föroreningar i luften absorberas i filtermaterialet och bryts ned av mikroorganismer.
Karburerad gas	För att rengas (renad och uppgraderad gas) ska få tillföras naturgasnätet krävs att värmevärdet i gasen höjs för att motsvara naturgasens värmevärde. Detta görs genom att propan blandas i rengasen. Blandningen benämns karburerad gas.
Metanflöde	Metanhalt multiplicerat med totalt gasflöde, anges i Nm ³ /h eller Nm ³ /år
Normalkubikmeter, Nm ³	Volym vid 273,15 K (0 °C) och 1,01325 bar.
Samrötningsanläggning	Biogasanläggning som kan röta olika typer av organiskt material, t.ex. källsorterat matavfall, slakteriavfall, gödsel och energigrödor, dock inte avloppsslam. Krav på hygienisering av substratet finns.
Restgas, (offgas, stripperluft)	Koldioxidrik gas som avskiljs från biogasen i uppgraderingsanläggningar. Gasen innehåller koldioxid och låga halter metan. Vid användning av recirkulerande vattenskrubber är restgasen utspädd i luft och vid enkelt genomströmmande vattenskrubber finns restgasen i det utgående vattnet. Används Pressure Swing Adsorption (PSA), membranteknik eller kemisk skrubber för avskiljning av koldioxid är restgasen inte utspädd med luft.



Figur 1. Generellt flödesschema, trianglar indikerar mätpunkter för anläggningens instrument för flöde och metanhalt

3 BAKGRUND

I detta kapitel ges en mycket kort bakgrund till biogasområdet.

3.1 Biogas

Ett biogassystem är komplext och det kan förekomma ett antal olika emissioner från en rad olika delar av systemet. Vid biogasanläggningen sker produktionen av biogas, s.k. rågas (Figur 1). Om biogasen ska användas som fordonsgas eller matas in på naturgasnätet behöver den först behandlas i en gasreningsanläggning (eller uppgraderingsanläggning), där föroreningar och koldioxid avskiljs, vilket ger s.k. rengas (Figur 1). Se Tabell 1 för karaktäristiska data.

Tabell 1. Karaktäristiska data för rågas och rengas (SGC).

	Rågas	Rengas
CH ₄ , metan	60-70 vol-%	95-99 vol-%
CO ₂ , koldioxid	30-40 vol-%	<5 vol-%
H ₂ S, svavelväte	0-4000 ppm	<1 ppm
N ₂ , kvävgas	0,2 vol-%	0,2 vol-%
NH ₃ , ammoniak	100 ppm	<1 ppm

3.2 Metan, CH₄

På 100 års sikt har metan ca 34 gånger starkare påverkan på växthuseffekten än koldioxid. Utsläpp av ett kilogram metan ger således lika stor påverkan på växthuseffekten som utsläpp av 34 kilogram koldioxid. Det finns stora kvantiteter metan i biogassystemet och då metan är en stark växthusgas är det av stor vikt att minimera utsläppen av metan. Där det finns utsläpp i biogas- eller uppgraderingsanläggningar förekommer i princip alltid metan.

Metan bildas vid anaerob (syrefri) nedbrytning av organiskt material. Förutom i röt-kammare sker detta naturligt i andra syrefria miljöer som våtmarker och sjösediment. Utsläpp sker även från idisslande djur och vid gödselhantering. Utsläppen av metan från idisslare kan inte minskas, däremot kan utsläppen från gödsel reduceras, t.ex. genom att röta den.

3.3 Rötning

Traditionellt har rötning skett vid avloppsreningsverk där slam från reningsverk använts som substrat. Det huvudsakliga skälet till denna rötning har varit att stabilisera slammet. Biogasen har i mångt och mycket setts som en biprodukt från den processen. Under 1990- och 2000-talen har flera anläggningar byggts för rötning av biologiskt avfall. Anläggningar finns som hanterar i huvudsak industriellt avfall (ex. från livsmedelsproduktion eller slakteri) eller insamlat matavfall från hushåll. Även gödsel från kreatur kan rötas, ex. som samrötning med andra substrat.

Rötning kan ske i två olika temperaturnivåer, antingen s.k. mesofil rötning vid ca 37 °C eller s.k. termofil rötning vid ca 55 °C.

3.4 Uppgradering

Om biogasen ska användas som fordonsgas eller matas in på naturgasnätet måste den uppgraderas, d.v.s. renas från koldioxid. Den vanligaste tekniken är vattenskrubber där gasen tvättas med trycksatt vatten. Kemisk skrubber är en annan vanlig teknik, där absorption av koldioxiden sker till en amin-baserad kemikalie. I PSA-anläggningar adsorberas koldioxiden i kolonner fyllda med t.ex. aktivt kol. En membranläggning innehåller membran som släpper igenom koldioxid men inte metan. En ny typ av uppgraderingsteknik är den kryogena tekniken där gasen renas genom att kylas till den temperatur där koldioxiden kondenserar eller sublimerar (d.v.s. går direkt från gasfas till fast fas).

4 MÄTMETODER OCH MÄTUTRUSTNING

I detta kapitel presenteras de mätmetoder och den mätutrustning som ska användas vid bestämning av metanförluster vid biogas- och uppgraderingsanläggningar.

4.1 Metanhalt

Det finns många mätprinciper och mätmetoder som detekterar kolväten eller brännbara ämnen som grupp. De metoder som kan särskilja metan i en sådan blandning av ämnen är dock få.

Valet av mätmetod för att bestämma metanhalt i en utsläppspunkt beror på flera faktorer:

- Mätområde (halten varierar mellan enstaka ppm och tiotals % i olika punkter)
- Andelen av registrerade kolväten eller explosiva ämnen som är metan
- Variationer i halt över tid
- Föroreningar och fukt i provpunkten
- Innesluten eller öppen provpunkt (typiskt skorsten/rör kontra biofilteryta)
- Prov i gasfas eller vätskefas

Som huvudregel gäller att metanhalt ska bestämmas med FID-instrument (flamjonisationsdetektor) utrustad med en s.k. Cutter. Denna mätmetod är etablerad och internationell standard för bestämning av metan i utsläppspunkter, den har ett brett spann med mätområden, den är specifik för metan och variationer i tid kan följas med ansluten datalogger (se kapitel 4.1.1).

FID-instrument har vanligen ett mätområde upp till 100 000 ppm (10 vol-%). För halter över instrumentets mätområde används påsprover som sedan analyseras i laboratorium. Även detta är en etablerad och standardiserad metod, specifik för metan. Den ger dock endast ett ögonblicksvärde av metanhalt vid provtagningstillfället, (se kapitel 4.1.2).

Om utsläppet i mätpunkten är mindre än 0,1 % av den totala mängden metan i anläggningen och mindre än 10 % av de totala förlusterna så kan en förenklad haltbestämning göras med portabelt läcksökningsinstrument (se kapitel 4.1.3).

För en viss typ av teknik för uppgradering av gas till fordonsgas, s.k. enkelt genomströmmande vattenskrubber, är utsläppet av metan och därmed också provet i vätskefas. För denna typ av provtagning och analys krävs en speciell utrustning som beskrivs i kapitel 4.1.4.

4.1.1 FID med Cutter

Vid emissionsmätning används ett FID-instrument med tillhörande Non-Methane Hydrocarbon Cutter, hädanefter kallad Cutter. FID mäter den totala kolvätehalten i ett prov samtidigt som tillhörande Cutter filtrerar bort alla kolväten som inte är metan från gasblandningen. Metoden finns beskriven i svensk standard (SS-EN ISO 25140:2010 Utsläpp och utomhusluft - Automatisk metod för bestämning av metankoncentrationen med flamjonisationsdetektor). Se Figur 2 för ett exempel på hur utrustningen kan se ut.

FID-instrument är känsliga för syrehalten i provet, s.k. syresynergism, vilket beskrivs i standardmetoden tillsammans med prestandakrav och prestandakontroller. Något som dock inte behandlas i standardmetoden är interferens mot höga halter av CO₂. För vissa utsläppspunkter på uppgraderingsanläggningar gäller att mätning görs av några hundratals ppm metan i ca 100 % CO₂, varför speciell hänsyn i dessa fall också måste tas till instrumentets interferens med CO₂. Denna interferens ska utredas och bestämmas, den kan vara betydande.

FID-instrumentet ger ett omedelbart provsvar och med tillhörande datalogger kan variationer i metanhalt följas kontinuerligt och under en längre tid.



Figur 2. FID-instrument med inbyggd Cutter från tillverkaren JUM. Bildkälla: cleanair.com

4.1.2 Påsprover

Med hjälp av gaspåsar (se Figur 3) eller gaspipetter kan gasprover samlas in för senare analys på laboratorium med gaskromatograf (GC). Gaskromatografi bygger på att ämnena i ett gasprov separeras från varandra och identifieras genom att registreras i ett upplösningsspektrum där varje topp är karakteristisk för ett visst ämne. GC-analys särskiljer därmed alltid metan från övriga kolväten. Själva analysen (efter GC-kolonnen) sker vanligen med FID. Fördelar med påsprover är att hela koncentrationsintervallet kan täckas in, från någon enstaka ppm upp till rengaskvalitet på 95-98 % CH₄ kan analyseras. Nackdelen är att påsprovet ger ett ögonblicksvärde som enbart motsvarar halten metan vid själva provtagningstillfället. Tiden att fylla en gaspåse beror på provtagningspumpens inställda flöde samt påsens storlek, och är vanligen mindre än en minut.

Metoden för provtagning och analys finns beskriven i svensk standard (SS-EN ISO 25139:2011, Utsläpp och utomhusluft - Manuell metod för bestämning av metankoncentration med gaskromatografi).

Viktigt att tänka på vid provtagning är att låta provtagningspumpen spola slangarna med provgas innan påsen ansluts. I standarden SS-EN ISO 25139 upptas påsar tillverkade av polyetylen (PE) eller polyvinylflourid. Speciella aluminiumbelagda PE-påsar rekommenderas i första hand eftersom de tål att lagras - i 10 dagar eller mer utan signifikanta förluster. PET-påsar bör ej användas. PTFE-slang kan användas för anslutning av påsen till provtagningspumpen och vidare till mätpunkten.



Figur 3. Gaspåse från tillverkaren SKC. Bildkälla: www.skcinc.com

4.1.3 Läcksökningsinstrument

Läcksökningsinstrument för detektion av metan kan baseras på olika mätmetoder. Vanliga metoder är halvledarsensorer eller katalytiska sensorer. Halvledarsensorn består av en eller flera metalloxider och värms upp till en specifik temperatur, beroende på vilken gas som ska detekteras. När gasen träffar sensorn så joniseras den av metalloxiden och elektroner kommer i rörelse varvid en konduktivitetsförändring uppstår. Ju mer gas som detekteras, desto större signal ger sensorn. Läcksökningsinstrument med katalytisk sensor bygger på att en oxidation av gasen sker när gasen kommer i kontakt med instrumentets mätsensor, t.ex. en uppvärmd spiraltråd. Som ett mått på gasens koncentration uppkommer en förändring i strömmen genom mätsensorn.

Läcksökningsinstrumenten har många användningsområden på en biogasanläggning, speciellt ett instrument med många mätområden. Som namnet antyder används de vid läcksökning i processen, vilket beskrivs mer utförligt i Kapitel 9. Mer avancerade instrument, som anger uppmätt halt på en display, kan användas för att identifiera utsläppskällor och för att snabbt få ett ungefärligt värde på halten metan i utsläppet. På en biogasanläggning kan det förekomma utsläppspunkter med halter på allt från några enstaka ppm upp till flera vol-% varför det är bra att välja ett instrument med många mätområden och olika typer av detektorer.

Det är viktigt att skilja på läcksökningsinstrument och gasvarnare. Läcksökningsinstrument ska ange mätresultat som en halt på en display eller med annan visuell indikering. Instrumentet ska vara försett med pump och mätsond, se Figur 4. Gasvarnare är, som namnet antyder, ett mer indikativt instrument som används för personskydd i samband med arbeten i lokaler där farlig gas kan uppträda. Dessa har vanligen inte någon mätsond och anger sällan halten metan utan istället indikeras nivån med olika ljus- och ljudsignaler.



Figur 4. Läcksökningsinstrument med mätsond och gasvarnare utan mätsond. Bildkälla: www.sewerin.com

Om utsläppet i mätpunkten är mindre än 0,1 % av den totala mängden metan i anläggningen och mindre än 10 % av de totala förlusterna så får den avlästa halten på läcksökningsinstrument användas vid utvärderingen av metanutsläpp istället för noggrannare mätmetod (FID med Cutter eller laboratorieanalys av påsprov).

För att ett läcksökningsinstrument tillåts användas i syftet att bestämma metanhalten i utsläpp ställs följande krav:

- Instrumentet ska ange metanhalten som ett siffervärde på display
- Detektionsgränsen ska vara högst 1 ppm
- Tillverkaren/leverantörens rekommenderade serviceintervall ska följas
- Tillverkaren/leverantörens rekommenderade kalibreringsintervall ska följas

4.1.4 Metan i vatten

Då uppgraderingsanläggningen är av typen enkelt genomströmmande vattenskrubber är metanutsläppet i vattenfas. Den metod som rekommenderas för att bestämma metaninnehållet i vatten är att innesluta en bestämd mängd vattenprov i ett rör, där sedan metanet avgasas till ansluten gaspåse genom uppvärmning av röret, se kapitel 6.6.2.

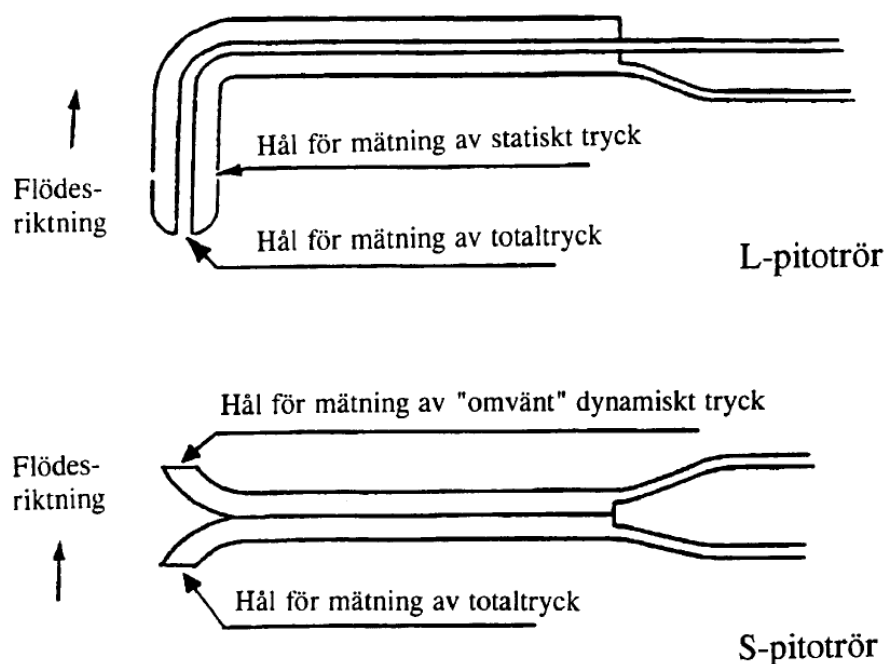
4.2 Gasflöde

Att bestämma gasflödet är ofta den största utmaningen vid denna typ av mätningar eftersom förhållandena varierar mycket mellan olika provpunkter och anläggningar, och eftersom provpunkterna sällan är förberedda för mätning. Man bör alltid sträva efter att genomföra en mätning av flödet, men i många fall är det tekniskt eller praktiskt svårt att göra det. I dessa fall får man istället förlita sig på andra metoder som exemplifieras nedan.

På anläggningarna förekommer allt ifrån mycket låga, knappt mätbara, flöden (t.ex. avluftning) till mycket höga flöden (20-30 000 m³/h), varför flera olika typer av givare som regel måste användas. I en del fall, t.ex. restgasflöde från uppgraderingstekniken PSA, är det dessutom nödvändigt att kunna logga mätsignalen med en hög tidsupplösning.

4.2.1 Flödet i ett rör

Den primära metoden för flödesbestämning är pitotrörsmätning med differenstrycksmätare. Många gånger är provgasen mättad med vatten varför S-pitotrör är att föredra, speciellt vid längre mätperioder. En alternativ metod är att använda varmtrådgivare, som ofta också fungerar bättre än L-pitotrörsmätning vid fuktiga gaser. Samtliga metoder finns beskrivna i svensk standard (SS-EN ISO 16911-1:2013 Utsläpp och utomhusluft - Bestämning av hastighet och volymflöde i kanaler - Del 1: Manuell referensmetod).



Figur 5. Uppbyggnad av L-pitotrör och S-pitotrör. Bildkälla: (Gustavsson och Holmgren)

Gemensamt för alla dessa mätmetoder är att de mäter gashastigheten. Flödet räknas sedan ut genom att multiplicera den uppmätta gashastigheten med tvärsnittsarean. Samtliga mätmetoder påverkas av flödesbilden i tvärsnittet varför ostörda och raka kanaler/rör krävs före och efter mätpunkten för god noggrannhet i mätningen. Ett vanligt mått är att kräva 5 raka och ostörda diametrar uppströms mätpunkten och 2 nedströms. Om mätuttag saknas kan ibland en mätstos med förberedda mätuttag träs på mynningen av röret/kanalen.

4.2.2 Ventilationsöppning

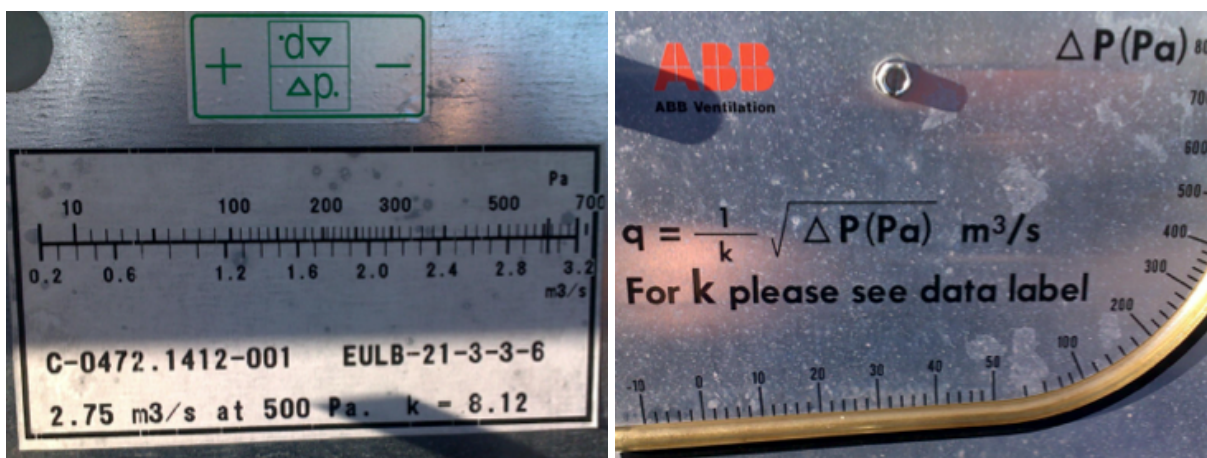
Med en känslig varmtrådsgivare kan flödet i en ventilationsöppning bestämmas. Mätning sker då i utsläppspunkten, t.ex. invid ventilationsgaller eller liknande, se Figur 6. För mätning i självdragsventilation krävs varmtrådsgivare med detektionsgräns 0,1 m/s.



Figur 6. Mätning i ventilationsöppning.

4.2.3 Fläktdata

I de fall då det inte är praktiskt möjligt att mäta flöde kan man använda tillverkarens fläktdata med flödeskurvor för att bestämma luftflödet. Ibland finns även möjlighet att bestämma tryckdifferensen över fläkten genom att ansluta differensstrycksgivaren till fast monterade anslutningar, se Figur 7.



Figur 7. Exempel på fast monterad tryckmätare på ventilationsaggregat.

4.2.4 Schablon

För väggmonterade axialfläktar (se Figur 8) kan följande formel användas för att beräkna det ungefärliga flödet

$$Q = 16,5 \cdot P + 500$$

där Q är flödet i m³/h och P är fläktmotorns nominella effekt i Watt (1-fas 230 V).



Figur 8. Väggh monterad axialfläkt. Bildkälla: www.alaskon.co.nz

Som en sista utväg för att bestämma flöde får schablonvärden enligt Tabell 2 användas.

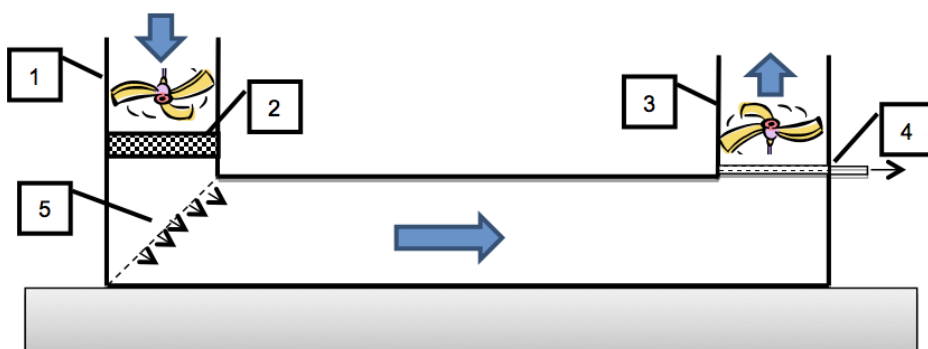
Tabell 2. Schablonvärden för luftflöde

Utsläppspunkt	Egenskaper	Flöde
Ventilationsfläkt, tak/vägg (mindre)	Mindre utrymme ex. gasutrustningsrum eller container (uppgradering)	3 000 Nm ³ /h
Ventilationsfläkt, tak/vägg (större)	Större lokaler	6 000 Nm ³ /h
Avluftning och annan självdragsventilation	Kännbart men ej detekterbart flöde	Ansätt 0,1 m/s

All rapportering ska innehålla uppgift om hur flödet har bestämts.

4.3 Huvmätning

På öppna eller delvis öppna lager och tankar tillämpas huvmätning. Huvarna kan vara av typen öppen eller slutna kammare. I en slutna kammare tas gasprover ut med jämna mellanrum, och koncentrationsökningen inne i den slutna kammaren ger ett mått på metanutsläppet från den inneslutna ytan. I en öppen kammare späds den provtagna gasen med ett känt flöde av friskluft och metanutsläppet kan bestämmas kontinuerligt. I Figur 9 ses en principskiss för en öppen kammare av VDI-modell. Utförligare teoretisk och praktisk genomgång av huvmätningar och olika typer av huvur finns att läsa i (Holmgren, Willén och Rodhe) och (Holmgren, Olsson och Rodhe).

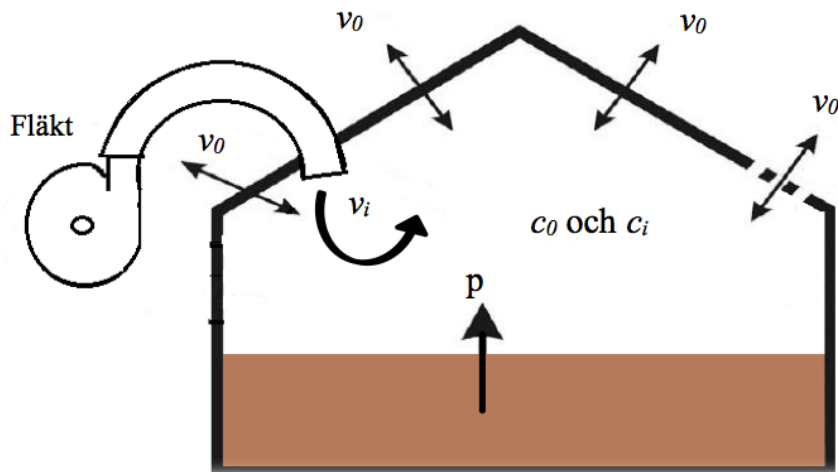


Figur 9. Vindtunnelkammare för gasprovtagning (VDI 3880).

1. Inluftsfläkt, 2. Aktiv kolfilter, 3. Utlufsfläkt, 4. Provuttag, 5. Diffusionsplatta

4.4 Fläktmätning

På s.k. "täckta lager" tillämpas fläktmätning. Principen illustreras i Figur 10.



Figur 10. Principskiss på luftinblåsning i täckt rötrestlager med ventilationsöppningar i taket. Fläkten blåser in ett känt luftflöde i lagret vilket ändrar metankoncentrationen.

Mätningen inleds med att ett gasprov tas under taket för att bestämma startkoncentrationen av metan. Sedan startas fläkten som blåser in omgivningsluft med ett känt flöde. Upprepade provtagningar och bestämning av metanhalt under taket görs under dagen till dess man bedömer att jämvikt har inträtt mellan metanproduktionen från materialet i lagret och inflödet av friskluft med fläkten, tidpunkten i . Gasproduktionen kan därmed bestämmas med följande ekvation:

$$p = v_i \times \frac{c_i}{1 - \frac{c_i^2}{c_0^2}} \left[\frac{m^3}{h} \right] \quad (1)$$

där

p = gasproduktionen i lagret (m^3/h)

v_i = gasflödet vid tidpunkten i (m^3/h)

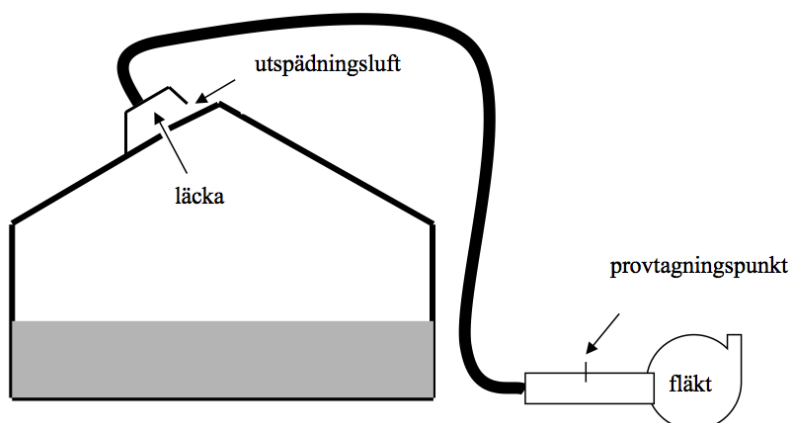
c_0 = gaskoncentrationen initialt (%)

c_i = gaskoncentrationen vid tidpunkten i (%)

Utförligare teoretisk och praktisk genomgång av fläktmätningar finns att läsa i (Yngvesson och Holmgren).

4.5 Utspädningsprovtagning

För att bestämma metanutsläppet från läckor används provtagningsystem som provtar en stor gasvolym genom utspädning av utsläppet med luft. Principen illustreras i Figur 11.



Figur 11. Principskiss för utspädningsprovtagning.

Den grundläggande tanken med utspädningsprovtagning är att samla upp den läckande gasen från ett hål eller spricka tillsammans med en stor mängd utspädningsluft. Provet med utspädd gas transporteras till ett mätrör för flödesmätning och gasanalys varvid det totala massflödet av läckande metan kan beräknas som produkten av volymflödet och metankoncentrationen.

Den fläkt som används ska vara EX-klassad för explosiva gasblandningar, även om det i praktiken inte är troligt att så höga halter uppkommer i och med utspädningen med luft.

4.6 Andra gaser

Metoderna som anges i denna mäthandbok är fokuserade på bestämningen av halten metan. Provtagningsmetoderna bör också gå bra att tillämpa för analys av andra gashalter, ex lustgas (N_2O) och ammoniak (NH_3) eller lukt. Dock kan det finnas särskilda aspekter att ta hänsyn till vid sådan provtagning, exempelvis kan andra gaser vara mer känsliga för jämviktsförhållanden och luftflöden vid huv- och fläktnmätning.

5 UTSLÄPPSPUNKTER

I detta kapitel beskrivs kortfattat vanliga utsläppspunkter i anläggningar.

5.1 Samrötnings- och slamrötningsanläggningar

- Ventilation

Detta är en av de viktigaste punkterna med systematiska utsläpp. Vissa anläggningar har ett enda stort ventilationssystem där flera delflöden samlas och ofta leds till någon form av luktbehandling. Andra anläggningar har flera enskilda ventilationssystem i lokalerna och processutrustningen. I samtliga fall gäller att det är utsläppen, om möjligt efter eventuell behandling, som ska bestämmas. Ofta är såväl förbehandling, efterbehandling som rötrestlager ventilerade. Även gasutrustningsrum är ventilerade, som regel enskilt. Både mekanisk ventilation och självdragsventilation förekommer.

- Blandningstank

Vid en del anläggningar finns en blandningstank (suspensionstank) innan rötammaren, där olika typer av substrat blandas innan pumpning in i rötammare. Under ogynnsamma förhållanden såsom för lång uppehållstid i blandningstank eller vid återföring av processvätska från processen till blandningstanken påbörjas metanbildningsprocessen här. Mätning av eventuellt metan ska göras i avluftningen.

Det förekommer att betydande mängder vätgas bildas i blandningstankar, vilket kan vara en förklaring till skillnader mellan resultat från läcksökningsinstrument (som kan ge utslag även för vätgas) och FID/Cutter (eller GC).

- Processvattentank

Vid en del anläggningar finns en processvattentank där metanutsläpp kan ske. I de fall processvattnet härrör från avvattning av rötrest innehåller det vanligen löst metan. Mätning av eventuellt metan ska göras i avluftningen till tanken.

- Rötammare

De utsläppspunkter på rötammare som kan förväntas ha systematiska utsläpp är bräddavloppen, som i vissa fall öppnas regelbundet och i andra fall står helt öppna. Ibland benämns dessa som slamschakt. Om rötammartoppen är inbyggd kan det samlade läckaget mätas i ventilationsluften som antingen baseras på självdrag eller är mekanisk.

- Rötresttank

Efter uppehållstiden i rötammaren pumpas rötresten vidare till en rötresttank, ibland för tillvaratagande av efterproducerad gas (efterrötning). I de fall då efterproducerad gas ej tas om hand i gassetmet förekommer emissioner som i vissa fall kan vara betydande (upp till 5-10 % har uppmätts, se vidare Kapitel 6.7).

- **Avvattning**
Rötresten kan avvattnas med flera olika tekniker, och metanutsläpp till luft kan ske via separat ventilation eller till gemensam ventilation. Avvattningen kan ha stor påverkan på de totala utsläppen i gemensam ventilation varför det kan behöva genomföras mätningar både med och utan avvattning i drift.

Det förekommer både direkta utsläppspunkter som processventilation (ex. från centrifug) och diffusa utsläpp till lokalen där avvattningsutrustningen är placerad.

- **Rötrestlager (Biogödsellager)**
Detta är vanligen den mest betydande utsläppspunkten på en biogasanläggning. Lagring av rötrest (biogödsel) varierar mellan olika anläggningar, eftersom en del endast har flytande rötrest och andra anläggningar har både en flytande och fast fraktion. Även behållaren för lagring av flytande rötrest varierar. På en del anläggningar är rötresttank (se ovan) och rötrestlager densamma, och på andra anläggningar pumpas rötresten från röttkammare, ibland via rötresttank och avvattning, till rötrestlagret.

Fast rötrest lagras oftast i en öppen container. Precis som för flytande rötrest är det tänkbart att efterproduktion av metan sker i materialet.

Det är vanligt att rötrest transporteras från anläggningen till olika satellitlager för senare spridning eller bearbetning. Systemgränsen sätts vanligen (ex. i Egenkontroll metanutsläpp – Frivilligt åtagande) så att lager vid anläggningen (innanför grindarna) inkluderas i bestämningen, men inte satellitlager. En alternativ systemgräns kan vara att inkludera alla biogödsellager som ägs och nyttjas av producenten, oavsett lokalisering.

- **Analysinstrument**
Genom anläggningens fast installerade gasanalysinstrument passerar kontinuerligt ett gasflöde. Metanhalten i denna gas är känd och flödet kan vanligen avläsas på rotametrar som finns monterade invid instrumenten.

5.2 Uppgraderingsanläggningar

- **Restgas**
Den viktigaste punkten i emissionssynpunkt på en uppgraderingsanläggning är restgasen, eller offgasen. Det är den del av rågasen som avskiljs i uppgraderingsprocessen. Optimalt sett består restgasen av ren koldioxid, men varierande halter av metan och andra ämnen som exempelvis svavelväte ingår. Via restgasen sker ett kontinuerligt metanutsläpp.
- **Ventilation**
Förutom restgasen ska även uppgraderingsanläggningens ventilation ingå, då samtliga läckor och diffusa utsläpp i den inbyggda gasutrustningen samlas upp här.
- **Analysinstrument**
Vanligtvis finns analysinstrument monterade i uppgraderingsanläggningen och dessa utsläpp ska då bestämmas, se kapitel 5.1.

6 GENOMFÖRANDE

I detta kapitel beskrivs hur mätningarna planeras och genomförs.

6.1 Anläggningsdata

Till de beräkningar som görs för att bestämma metanförlusten i anläggningen behövs ett flertal uppgifter om den aktuella och genomsnittliga driften av anläggningen. Data för den aktuella driften tas från anläggningens övervakningssystem (SCADA) eller styrsystem eller genom direktavläsning på respektive mätinstrument.

Uppgifter om genomsnittlig metanhalt och årsproduktioner erhålls från anläggningens system för produktionsuppföljning alternativt från loggfiler i dess SCADA- eller styrsystem. Saknas sådan statistik kan uppgiften istället beräknas utifrån momentana gasflöden och metanhalt vid tillfället för inventeringen och extrapoleras med antalet drifttimmar för anläggningen per år.

För uppgraderingsanläggningar ska även metanförlusterna relateras till mängd levererad gas (rengas) eftersom rengasmätning generellt sett kan göras mer noggrant än mätning på rågas.

Uppgifter enligt Tabell 3 behövs från anläggningen.

Tabell 3. Anläggningsdata som krävs för beräkning av metanförlust.

Beskrivning	Enhet
Samrötnings- eller slamrötningsanläggning:	
Momentan metanhalt i rågas	vol-%
Momentan producerad mängd biogas (rågas)	Nm ³ /h
Årsmedelvärde metanhalt i rågas	vol-%
Producerad mängd biogas (rågas) per år	Nm ³ /år
Drifttimmar per år	h/år
Uppgraderingsanläggning:	
Momentan metanhalt i rågas	vol-%
Momentan mängd inkommande biogas (rågas)	Nm ³ /h
Momentan metanhalt i rengas	vol-%
Momentan mängd levererad biometan (rengas)	Nm ³ /h
Årsmedelvärde metanhalt i rågas	vol-%
Ingående mängd biogas (rågas) per år	Nm ³ /år
Årsmedelvärde metanhalt i rengas	vol-%
Levererad mängd biometan (rengas) per år	Nm ³ /år
Drifttimmar per år	h/år

Notera att producerad mängd rågas, och inkommande mängd rågas till uppgradering, normalt skiljer åt till följd av exempelvis fackling (jämför Figur 1). Många uppgraderingsanläggningar har möjlighet att recirkulera rengasen vid ex. lågt energivärde, det är därför viktigt att kontrollera var i processen olika flödes- och gashaltmätare sitter installerade.

Vid uppgraderingsanläggningar som levererar gas till naturgasnätet finns vanligen också mätning av s.k. karburerad gas som är den gas som anläggningen levererar till nätet, med tillsats av propan. Denna ska dock inte användas vid bestämning av metanförlust, utan det är rengasen före karburering som ska användas.

6.2 Bestämning av metanförlust

Mätningar ska genomföras under normala driftförhållanden så att bestämda utsläppsmängder blir representativa för normal drift och så att resultaten kan extrapoleras till årsbasis. Man bör dock vara medveten om att dessa mätningar ger en ögonblicksbild av situationen på anläggningen.

För att noggrant bestämma storleken på respektive utsläpp bör mätning ske under en längre tid och mätvärden loggas i en dator för resultatutvärdering. Mätning bör utföras till dess att det konstateras att halten är stabil eller följer en bestämd variation. Som tumregel rekommenderas minst en timmes mättid i varje utsläppspunkt.

Metanförlusten i varje utsläppspunkt bestäms som procentandel av det momentana metanflödet i anläggningen, d.v.s. hur stor andel av den producerade eller behandlade mängden metan som förloras i processen.

Metanförlusten beräknas alltid relativt det uppmätta metanflödet i rågasen. För uppgraderingsanläggningar beräknas även metanförlusten relativt det uppmätta metanflödet i rengasen. Det senare anses vanligen ge ett mer tillförlitligt värde eftersom flödesmätning av rengas är behäftat med betydligt färre felkällor än rågasmätning (exempelvis fukt och partiklar).

Mer om beräkningar finns att läsa i kapitel 7.

6.3 Ventilationsluft

Mätning i ventilationsluft ger en sammantagen bild av diffusa utsläpp från flera komponenter och anläggningsdelar i det ventilerade utrymmet. Detta utsläpp kan kvantifieras genom att halten metan som uppmäts i ventilationsluften multipliceras med luftflödet. Om luftflödet inte är mätbart kan man utgå ifrån aktuella fläktkurvor eller nominella flöden. Som sista utväg används schablonvärden i Tabell 2. Se kapitel 4.2.

Ventilationsfläktar kan ibland regleras av temperaturmätning och/eller gasvarnare i lokalen. I sådana fall måste man göra en uppskattning eller avläsning av hur stor del av tiden på året som fläkten är i olika driftlägen.

Vid en del anläggningar är många processdelar anslutna till en stor gemensam ventilationsanläggning. Då kan man behöva mäta under längre tid för att upptäcka variationer i halter. Det gäller till exempel på anläggningar med slamcentrifuger där man kan räkna med två olika nivåer på utsläppen, med och utan slamcentrifug i drift. Vid beräkningarna får man då ta hänsyn till drifttiden på centrifugerna.

För att återge ett representativt värde är det viktigt att dörrar och fönster på byggnaden hålls stängda under mätperioden.

6.3.1 Ventilationsrör-processutsläpp

Eftersträva alltid mätning i ostörda raksträckor. Ofta går det bra att borra upp nya hål för provtagning, men stäm av detta med anläggningens representant och kontrollera alltid själv att gasblandningen i röret eller omgivningen inte är explosiv.

Mätning på trycksida av fläkt är ofta att föredra, men ibland kan det också vara nödvändigt att bestämma olika delflöden på sugsidan, se exempel Figur 12.



Figur 12. Ventilationsfläkt med 3 st delflöden på sugsidan och 2 st delflöden på trycksidan.

Biofilter antas inte ha någon metanreducerande effekt varför flödes- och metanhaltsmätning kan göras uppströms från dessa. Om biofiltret är slutet finns vanligen en skorsten nedströms. Mätningen kan i sådant fall givetvis genomföras där istället.

6.3.2 Ventilationsöppning i lokal

Eftersträva alltid mätning av metanhalt i ventilationsöppningen/utsläppet, men var observant på att det vid självdagsventilation kan förekomma andning, d.v.s. att omgivningsluft ibland tränger in i lokalen genom ventilationsöppningen. Beroende på årstid kan flödesriktningen ofta enkelt detekteras med temperaturmätning. Om andning förekommer kan metanhalten bestämmas i en punkt på samma höjd som ventilationsöppningen, men någon eller några meter in i lokalen.



Figur 13. Ventilationsöppningar i gasutrustningshus.

Det förekommer både mekanisk tilluft och frånluft i lokalernas ventilationssystem. Om bestämningen av ventilationsluftsflöde baseras på det mekaniska tilluftflödet så bör man på anläggningar med recirkulerande vattenskrubber vara observant på att dessa ibland hämtar stripperluften inne i lokalen med mekanisk tilluft. I de fallen måste stripperluftflödet subtraheras från tilluftflödet för att erhålla korrekt frånluftflöde från lokalen (se exempel 8.2.2).

Att bestämma flödet i ventilationsöppningar är ofta mycket svårt men med en känslig varmtrådsgivare (detektionsgräns 0,1 m/s) kommer man långt. Bestäm flödet i ett antal punkter över tvärsnittet och beräkna medelvärdet. Ofta, men inte alltid, är utsläppen i sådana ventilationsöppningar relativt små varför den stora osäkerheten i flödesbestämningen ändå kan accepteras. Om möjligt kan ventilationsöppningen täckas med en huv som leder luften in i ett mätrör förberett med mätåhl. Beakta dock att en förträngning av luftkanalen kan påverka luftflödet negativt.

6.4 Tankar

Ibland är avluftning på tankar anslutet till det stora gemensamma ventilationssystemet, och då behövs inte mätning på enskilda delar av systemet utan det summerade utsläppet mäts i en utsläppspunkt (om det inte finns speciellt intresse för att studera delarnas bidrag).

Det är dock inte ovanligt att tankarna har enskilda avluftningar med utsläpp till atmosfär, se exempel i Figur 14. Andning kan förekomma i dessa utsläppspunkter beroende på hur materialet i tanken pumpas, varför det kan vara nödvändigt att genomföra långtidsmätningar för att studera variationerna. Ett enklare angreppssätt är att bestämma metanförlusten vid en tidpunkt då gas strömmar ur tanken, och sedan tillsammans med anläggningens personal bestämma den andel av tiden som detta förhållande antas råda under ett dygn. Ett grundantagande kan vara att utgå ifrån antalet påfyllningar gånger omsättningsvolymen.

Avluftningsröret kan normalt sett hanteras som ett ventilationsrör, varför metodik i kapitel 4.2.1 kan tillämpas vid mätningen.

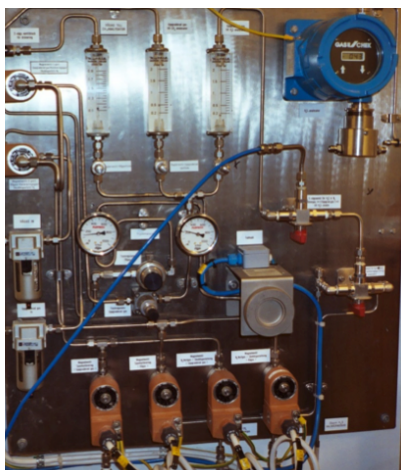


Figur 14. Avluftning från blandningstank.

6.5 Analysinstrument

Identifiera de olika gasanalysinstrumenten på anläggningen och notera om de mäter på rågas eller rengas. Observera att det på uppgraderingsanläggningar även kan finnas mätare installerade som mäter halten i rågas med inblandning av recirkulerad rengas samt på karburerad gas (se Figur 1).

Flöden på rotametrarna läses av (vanliga enheter är lpm (liter/min) eller l/h). Ofta kan det finnas olika delflöden genom separata analysinstrument monterade på en s.k. analyspanel (se Figur 15).



Figur 15. Analyspanel

6.6 Restgas från uppgraderingsanläggning

Restgasen är det flöde av koldioxid som avskiljs i uppgraderingsanläggningen. Eftersom en viss mängd metan alltid följer med i denna avskiljning utgör restgasflödet normalt sett en stor källa till metanutsläpp och därmed förluster från en uppgraderingsanläggning. Hur mycket beror till stor del på tekniken och anläggningens utformning, men även driftförhållandena kan ha stor påverkan.

Utsläppspunkten är normalt sett ett ventilationsrör. Restgasen kan ibland ledas till en behandlingsanläggning för metan, en s.k. RTO (Regenerativ Termisk Oxidering), innan den leds till atmosfär. För att bestämma utsläppet från anläggningen ska mätning då ske nedströms RTO. Mätningen kan kompletteras med att bestämma metanflödet uppströms RTO för beräkning av RTOs verkningsgrad samt den processmässiga metanförlusten i uppgraderingsanläggningen. För en uppgraderingsanläggning av typen enkelt genomströmmande vattenskrubber är metanet löst i vatten, se kapitel 6.6.2.

6.6.1 Recirkulerande vattenskrubber

Detta är den vanligaste typen av uppgraderingsanläggning. En fläkt trycker luft genom det s.k. strippertornet vilket gör att restgasen i detta fall är utspädd med luft. Observera varifrån luften till stripperfläkten tas. Det är lika vanligt att den tas inne i processlokalen som att den tas från omgivningsluften. Detta kan ibland påverka ventilationsflödet vid bestämning av metanförlust i ventilationen, se kapitel 6.3.2.

Mätning vid denna typ av anläggning är förhållandevis enkel, se kapitel 6.3.1 om mätning i ventilationsrör. Normalt sett varierar varken flöde eller metanhalt särskilt mycket men kan skilja sig åt kraftigt mellan olika anläggningar. Metanhalt mellan ca 1 000-25 000 ppm och metanförluster på mellan ca 1-6 % förekommer.

6.6.2 Enkelt genomströmmande vattenskrubber

En enklare teknisk lösning är den enkelt genomströmmande vattenskrubbern där nytt vatten kontinuerligt strömmar genom anläggningen, vanligen är dessa anläggningar placerade vid reningsverk. Processteget med stripper saknas alltså på dessa anläggningar. Utsläppet av metan i den s.k. restgasen sker i dessa anläggningar i vattenfas. I somliga fall är brunnen eller behållaren där vattnet mynnar ventilerad och då kan traditionell teknik enligt kapitel 4.1.1 eller 4.1.2 användas för att bestämma metanhalt i ventilationen. I annat fall ska metanhalt i vattnet bestämmas enligt nedan.

Det utgående vattenflödet mäts normalt sett på anläggningen, i vilket fall detta uppmätta vattenflöde kan användas i beräkningen. I annat fall kan s.k. Clamp-On-mätare användas för att bestämma vattenflödet. Dessa är mobila flödesmätare som monteras utanpå befintliga rörledningar.

Den metod som rekommenderas för att bestämma metanhalt i vattnet är att innesluta en bestämd mängd vattenprov i ett rör som man sedan under uppvärmning låter avgasas till en gaspåse, se exempel på provtagningsutrustning i Figur 16. Principen bygger på att metan har minskad löslighet i vatten med ökande temperatur, vilket innebär att metan enkelt släpper från vatten vid uppvärmning.



Figur 16. Provtagningsutrustning för mätning av metan i vatten. Bildkälla: BioMil

Ett prov på utgående vatten tas i ett slutet rostfritt rör. Röret har en känd totalvolym och luftmängden kan således beräknas som skillnaden mellan rörets volym och volymen vatten i det uttagna provet. Vattnet i röret värms sedan upp och gasen samlas upp i gaspåsar kopplade via ventiler och ett spiralformat rör eller fuktfilter för kondensering av vattenånga. Därefter mäts volymen i gaspåsar, exempelvis genom

nedsänkning i vatten och mätning av undanträngd volym vatten. Denna volym adderas till den beräknade luftvolymen i röret före avgasning och summan utgör totalvolymen gas, V_1 . Ett alternativt sätt att bestämma luftmängden i röret är att, efter avgasning av vattnet, fylla hela röret med vatten och mäta den volym vatten som åtgår för fyllning av röret.

Innehållet i gaspåsar analyseras enligt kapitel 4.1.2 för att bestämma halten metan. Genom att multiplicera erhållen metanhalt i gasanalyser med totalvolymen gas, V_1 , erhålls volymen avgasat metan. Denna volym räknas sedan om till normalliter eller normalkubikmeter, V_0 . Det avgasade vattnet innehåller fortfarande en mindre mängd metan. I beräkningen antas att vattnet innehåller metan motsvarande mättnad vid avgasningstemperaturen. Denna halt kan erhållas ur tabelldata eller med löslighetskoefficienten för metan i vatten.

Totalmängden metan, V_M , är summan av V_0 och kvarvarande mängd metan i vattnet och anges i Nl eller Nm^3 . V_M divideras med volymen avgasat vatten, vilket ger Nm^3 metan/ m^3 utgående vatten.

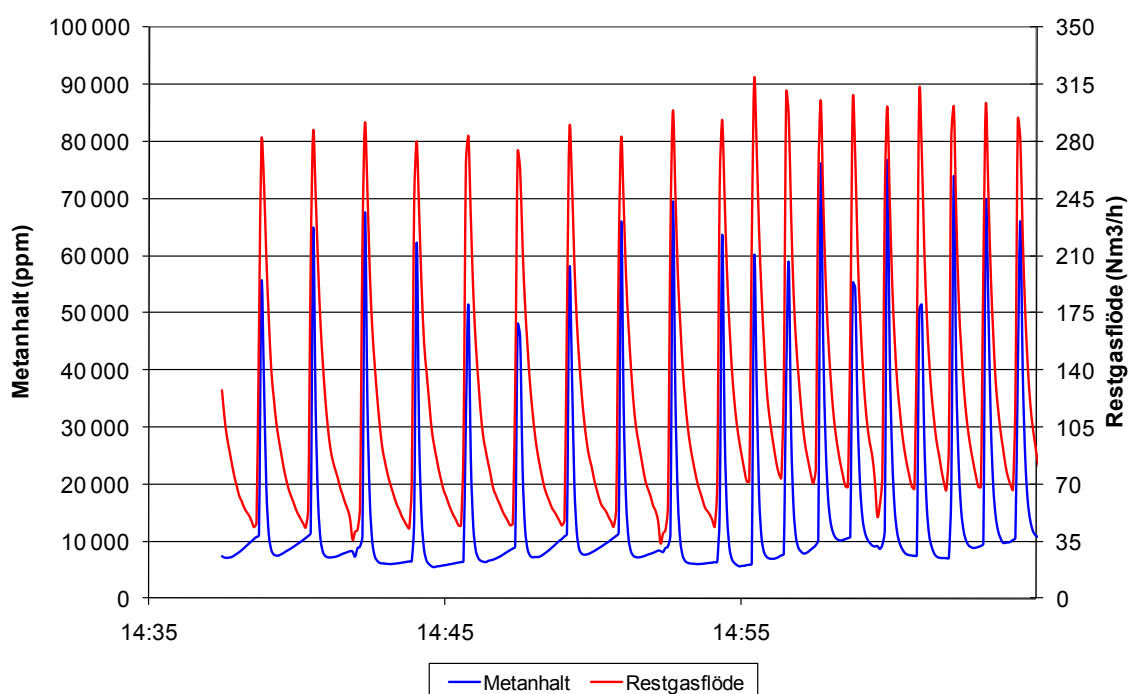
Exempel:

8 liter vatten får avgasas i röret, som har volymen 12 liter. Detta innebär att luftvolymen i röret är 4 liter. Avgasat volym i gaspåsar är 2 liter, vilket innebär att totalvolymen, V_1 , är 6 liter. Analys av gaspåsar innehåll ger 2 % metanhalt vilket innebär totalt 0,12 liter metan. Trycket vid volymmätning var 1013 mbar (= normalt lufttryck) och temperaturen var 20 °C. Omräkning av gasvolymen ger 0,112 Nl metan. Temperatur vid avgasning är 20 °C. Vatten som är mättat med metan vid 20 °C och 1013 mbar innehåller 0,034 Nl metan/liter vatten. Detta innebär att det avgasade vattnet innehåller $0,034 \cdot 8 = 0,272$ Nl CH_4 . Totala metanmängden blir då $0,112 + 0,272 = 0,384$. Detta innebär $0,384 / 8 = 0,048$ Nl CH_4 /liter vatten, eller $0,048 Nm^3 CH_4/m^3$ vatten. Vid ett vattenflöde i processen på $25 m^3/h$ är metanutsläppet $0,048 \cdot 25 = 1,20 Nm^3 CH_4/h$.

6.6.3 PSA

I en PSA-anläggning (Pressure Swing Adsorption) finns vanligtvis fyra eller sex adsorptionskolonner, där koldioxiden adsorberas till exempelvis aktivt kol. Kolonnerna är omväxlande i adsorption- och omväxlande i regenereringsfas. En vakuumpump regenererar kolonnerna från koldioxid och den mindre mängd metan som finns i dem. Vakuumpumpen regenererar en kolonn under en viss tid (ex. 4 minuter) för att sedan regenerera nästa kolonn. När en kolonn kopplas in för regenerering med vakuumpumpen har restgasen som lämnar anläggningen högst metanhalt och högst flöde i början. Både flöde och metanhalt avtar sedan snabbt och fortsätter att stadigt minska under resterande del av cykeln, se exempel i Figur 17.

Utsläppen sker enligt ett cykliskt mönster där en kolonn i taget släpper den restgas som bundits under adsorptionsfasen. Med några minuters mellanrum detekteras därmed ett högt flöde och en hög metanhalt i utsläppspunkten, där sedan flödet och metanhalten klingar av tills nästa kolonn regenereras, se Figur 17. Metanhalter på mellan <1 till >10 vol-% förekommer under olika stadier av cykeln.



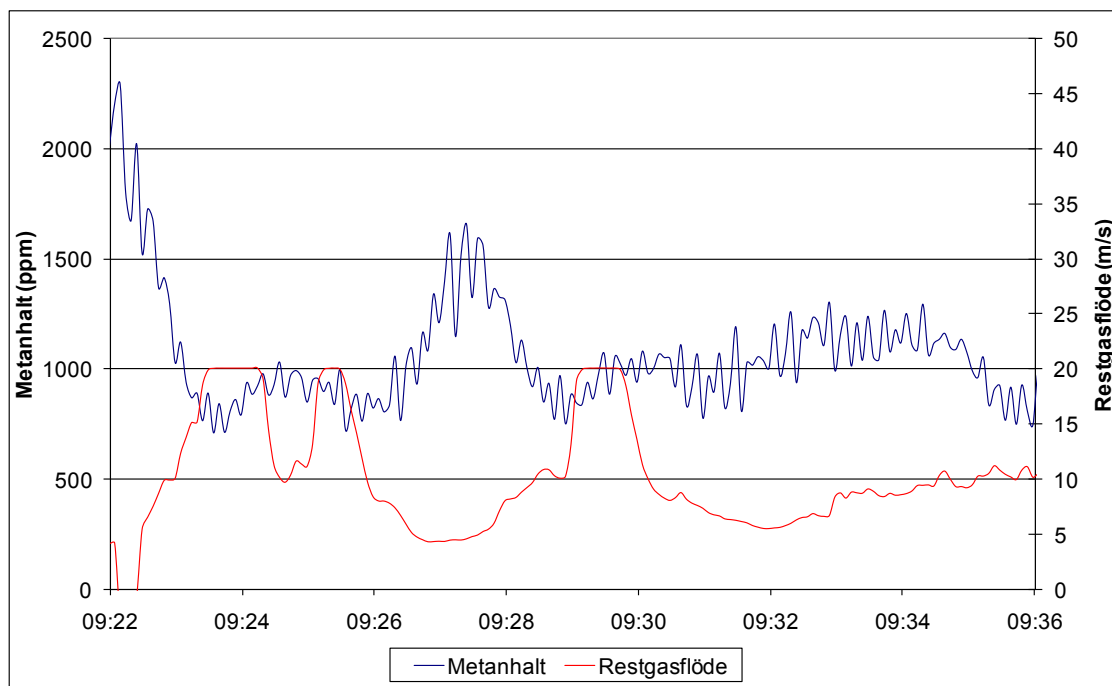
Figur 17. Exempel på mätresultat från restgasutsläpp vid PSA-anläggning

Restgasen är inte utspädd med luft med denna teknik. Utsläppet består huvudsakligen av koldioxid, med låga halter av metan och andra föroreningar.

Metodikerna i kapitel 6.3.1 för mätning i ventilationsrör tillämpas, men för att fånga de snabba förloppen krävs en samplingstid på minst 1 sekund. För att bestämma den utsläppta mängden metan görs en numerisk integration av mätresultaten för metanhalt och flöde. Svarstiderna skiljer vanligen mellan FID och flödesmätare varför mätresultaten behöver synkroniseras innan utvärdering. Restgasen är inte utspädd med luft vilket gör att restgasflödet som alternativ kan bestämmas från det uppmätta rengasflödet i anläggningen. Båda tillvägagångssätten finns beskrivna i exempel 8.3.

6.6.4 Kemisk skrubber

För uppgraderingsanläggningar med tekniken kemisk skrubber varierar bilden en del mellan olika anläggningar. Någon anläggning kan ha ett mycket stabilt flöde och metanhalt i utsläppet av restgas, medan någon annan kan ha en aktiv tryckventil som reglerar utsläppen vilket medför att både metanhalt och flöde varierar betänkligt. Exempel på det senare ses i Figur 18. I samtliga fall kan kapitel 6.3.1 om mätning i ventilationsrör tillämpas. Restgasen är mättad med fukt vilket gör att mätning med L-pitotrör är olämpligt, se kapitel 4.2.1. Metanhalter på mellan 200 till 2 500 ppm förekommer.



Figur 18. Exempel på mätresultat för restgasutsläpp från kemisk skrubber.

Restgasen är inte utspädd med luft vilket gör att restgasflödet som alternativ kan bestämmas från det uppmätta rengasflödet i anläggningen. Utsläppet består huvudsakligen av koldioxid, med låga halter av metan och andra föroreningar.

6.6.5 Membranteknik

Detta är en ny typ av uppgraderingsteknik där gasen renas genom att den passerar genom membran som är genomsläppliga för metan, men ej för koldioxid. Vid denna handboks publicering har metanmätning ännu ej genomförts vid en membranläggning inom ramen för Egenkontroll metanutsläpp – Frivilligt åtagande, varför det ej finns några erfarenheter gjorda.

6.6.6 Kryogen teknik

Detta är en ny typ av uppgraderingsteknik där gasen renas genom att kylas till den temperatur där koldioxiden kondenserar eller sublimerar (direkt från gasfas till fast form). Vid denna handboks publicering har metanmätning ännu ej genomförts vid en kryogen uppgraderingsanläggning inom ramen för Egenkontroll metanutsläpp – Frivilligt åtagande, varför det ej finns några erfarenheter gjorda.

6.7 Rötrestlager

Detta är den utsläppspunkt på biogasanläggningar som vanligen ger betydande metanutsläpp. Ibland hanteras rötrestlagret som en s.k. efterrötningskammare där producerad biogas tas om hand i ett slutet gassystem och blandas med biogas från de vanliga röt kamrarna. I sådana fall sker heller inga systematiska metanutsläpp och några mätningar behöver inte göras här. På andra anläggningar är tanken istället helt öppen, det finns exempel på att den benämns som avgasningstank, och där sker stora utsläpp av metan till atmosfär (upp till mellan 5 till 10 % har uppmätts).

Det finns exempel på inbyggda cisterner med avluftningsrör där metanutsläppen kan bestämmas enligt metodik i kapitel 6.4. Mer vanligt är helt eller delvis öppna cisterner eller tankar. Den mättekniska utmaningen är i dessa fall att bestämma det gasflöde som avgår från tanken.

Mätning i öppna eller delvis öppna rötrestlager sker med huvmätning (kapitel 4.3), där en huv placeras på ytan och utsläppen bestäms från den delarea som huven täcker (se Figur 19). Huven flyttas runt till olika mätpunkter på ytan till dess att mätningen kan anses vara representativ för utsläppet från den totala arean. Utsläppen beräknas genom att integrera medelvärdet av de enskilda mätningarna till den totala arean. På vissa utsläppsobjekt kan det vara lämpligt att sektionera ytan och bestämma utsläppen separat från de olika sektionerna, exempelvis om delar av ytan innehåller färskt material eller delar är belagda med svämtäcke.

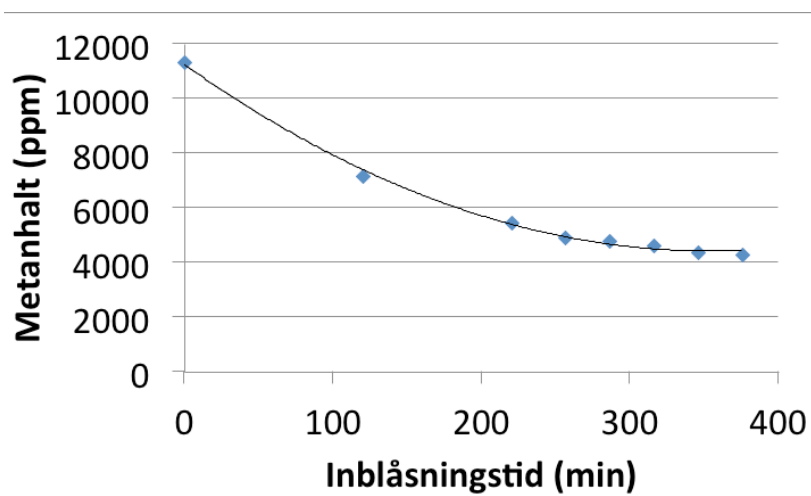


Figur 19. Huvmätning vid öppet rötrestlager.

Mätning i täckta rötrestlager sker med fläktmätning (kapitel 4.4), där en fläkt blåser in friskluft i lagret till dess att jämvikt råder (se Figur 20). Om möjligt ska koncentrationsminskningen i lagret följas med kontinuerlig metanhaltmätning, i annat fall tas påsprov ut lämpligen var 30 minuter. Exempel på den resulterande metanhaltminskningen i lagret ses i Figur 21.



Figur 20. Fläktmätning vid täckt biogödsellager.



Figur 21. Exempel på fläktmätning vid täckt rötrestlager.

6.8 Läckage

Kvantifiering av läckage sker med utspädningsprovtagning (kapitel 4.5), där läckaget samlas in och späds ut med omgivningsluft (se Figur 22).



Figur 22. Utspädningsprovtagning av läckande säkerhetsventil.

Provtagningspunkterna kan se mycket olika ut varför man som regel behöver konstruera provtagningsutrustning manuellt för varje punkt, exempelvis med byggplast och träreglar. Det är viktigt att se till att omgivningsluft fritt kan komma in i provtagningsutrustningen, samtidigt som det såklart också är viktigt att hela metanutsläppet samlas upp.

6.9 Bestämning av metanförlust med läcksökningsinstrument

I många fall kan de totala metanförlusterna från läckor i processutrustning bestämmas genom mätning i ventilationen från lokalerna där utrustningen är placerad. Detta får också anses vara den mest tillförlitliga metoden i de fall då lokalerna är mekaniskt ventilerade. Dock förekommer gasutrustning som är placerad utomhus såväl som i icke ventilerade utrymmen, då andra metoder måste användas.

Inom petroleum- och kemiindustrin (som vanligtvis har processutrustning placerad utomhus) har man i många år använt statistiska metoder för att uppskatta förluster utifrån läcksökningsmätningar. Några av dessa metoder, som länge tillämpats i USA, har publicerats i en svensk standard (SS-EN 15446:2008, Flyktiga och diffusa utsläpp av gemensamt intresse för industrisektorer - Mätning av diffusa utsläpp av ångor genererade av utrustning och rörläckage). Delar av denna standard är tillämplig på anläggningar med biogas.

Metoden baseras på följande korrelation mellan avläst värde vid läcksökning och metanförlust:

$$ER = A \cdot (SV)^B \quad (2)$$

där ER står för Emission Rate (kg/h) och SV står för Screening Value (ppm på läcksökaren). Värden på konstanterna A och B har hämtats ur det statistiska materialet och varierar mellan olika typer av processutrustning och typer av media (gaser, vätskor). Då mätvärdet överstiger 10 000 ppm (för läcksökare med mätområde mellan 10-100 000 ppm) respektive 100 000 ppm (för läcksökare med mätområde över 100 000 ppm) ska fastställda värden på ER användas istället, se Tabell 4.

Tabell 4. Faktorer för biogasanläggningar enligt SS-EN 15446:2008.

Benämning	Utrustning	A	B	10 000 (kg/h)	100 000 (kg/h)
Valve	Ventil	2,29E-06	0,746	0,064	0,140
Pump seal	Pumptätning	5,03E-05	0,610	0,074	0,160
Connector	Anslutningsdon	1,53E-06	0,735	0,028	0,030
Flange	Fläns	4,61E-06	0,703	0,085	0,084
Open end	Rörände	2,20E-06	0,704	0,030	0,079
Other	Annat	1,36E-05	0,589	0,073	0,110

Resultaten räknas om med densiteten 0,717 kg/m³ och summeras till totalt metanutsläpp i Nm³/h, vilket sedan kan sättas in i Excel-mallen för beräkning av metanförlust.

6.10 Kalibrering av fast installerad mätutrustning

Om fast installerad mätutrustning för att bestämma metanhalt och flöde i utsläpp (ex. restgas) ska användas för rapportering så ska den vara kalibrerad. Kalibreringen ska ske mot de referensmetoder som anges i denna handbok, SS-EN ISO 25140:2010 och SS-EN ISO 16911-1:2013. Kalibreringen ska utföras i flera punkter och den ska täcka in det normala mätområdet. Kalibreringsmetoden bör baseras på etablerade metoder att kalibrera och kontrollera emissionsmätningar, exempelvis SS-EN 14181:2014 eller Jämförande mätning enligt Naturvårdsverkets NO_x-föreskrift.

7 BERÄKNINGSFORMLER

7.1 Momentana utsläpp

Gasflödet (Q) som ska användas vid beräkning av utsläppets storlek ska vara angivet i Nm^3/h . Vid bestämning av flöde i ex. en ventilationskanal ska temperaturen och det statiska trycket bestämmas i kanalen för en omräkning till normaltillstånd. Det kan göras med hjälp av allmänna gaslagen. Temperaturen (T) i gasflödet anges i Kelvin. Det erhålls genom att ta aktuell temperatur i Celsius och addera 273,15. Hela beräkningen blir enligt följande:

$$Q_{\text{utsläpp}} (Nm^3 / h) = Q_{\text{utsläpp}} (m^3 / h) \cdot \frac{273,15}{273,15 + T (^{\circ}C)} \cdot \frac{p(kPa)}{101,3} \quad (3)$$

Man kan ofta bortse från det statiska tryckets påverkan då mätningar normalt sker i ventilationssystem med tryck som ligger nära atmosfärstrycket.

Metanförlusten i en enskild utsläppspunkt beräknas genom att metanhalt (CH_4) som uppmätts multipliceras med gasflödet i utsläppet, metanförlusten bestäms i absoluta mått i enheten $Nm^3 CH_4/h$. Detta divideras sedan med det totala metanflödet genom anläggningen för att erhålla den relativa metanförlusten (% av produktionen). För en biogasanläggning erhålls det totala metanflödet genom att multiplicera metanhalt (vol-%) i producerad rågas med rågasflödet (Nm^3/h). För en uppgraderingsanläggning erhålls det totala metanflödet genom att multiplicera metanhalt (vol-%) i inkommande rågas med inkommande rågasflödet (Nm^3/h).

$$Förlust_{\text{rä}} (kvot) = \frac{CH_{4(\text{usläpp})} (\text{vol} - \%) \cdot Q_{\text{usläpp}} (Nm^3 / h)}{CH_{4(\text{rä})} (\text{vol} - \%) \cdot Q_{\text{rä}} (Nm^3 / h)} \quad (4)$$

För uppgraderingsanläggningar ska även förlusten beräknas med indirekt metod, d.v.s relaterat till rengasmätning. Detta görs eftersom rengasmätning generellt sätt har en lägre mätosäkerhet än rågasmätning. Nämnaren ersätts i det fallet med metanflödet i rengasen summerat med samtliga uppmätta förluster, jämför flödesschema i Figur 1.

$$Förlust_{\text{ren}} (kvot) = \frac{CH_{4(\text{usläpp})} (\text{vol} - \%) \cdot Q_{\text{usläpp}} (Nm^3 / h)}{CH_{4(\text{ren})} (\text{vol} - \%) \cdot Q_{\text{ren}} (Nm^3 / h) + \sum_{i=1}^n CH_{4(\text{usläpp},i)} \cdot Q_{\text{usläpp},i}} \quad (5)$$

De metanförluster som beräknas enligt ovan motsvarar den momentana förlusten vid det aktuella driftläget i anläggningen. Vid ett prestandaprov av en uppgraderingsanläggning kan man då få ett mått på metanförlusterna i olika driftfall eller belastning på anläggningen.

7.2 Årliga utsläpp

Om syftet med mätningen är att bestämma årliga utsläpp (ex. i Egenkontroll metanutsläpp – Frivilligt åtagande) räknas den momentana metanförlusten om till ett utsläpp per år ($\text{Nm}^3/\text{år}$) genom olika beräkningsprinciper.

7.2.1 Förlust relativt produktionen i anläggningen

Med denna beräkningsprincip multipliceras det momentana relativa metanutsläppet med producerad mängd metan per år i en biogasanläggning, respektive inkommande mängd metan per år i en uppgraderingsanläggning. Man antar därmed att utsläppsmängderna varierar relativt produktionen i anläggningen.

Information om årliga metanflöden genom anläggningen kan oftast fås från driftstatistik i form av årlig produktion/inkommande mängd rågas ($\text{Nm}^3/\text{år}$) och dess genomsnittliga metanhalt. Finns uppgifterna inte tillgängliga på detta sätt beräknas det årliga metanflödet istället genom att multiplicera rågasflödet och metanhalt i rågasen vid mätningen med antalet drifttimmar i anläggningen.

$$Utsläpp_{\text{rå}} (\text{Nm}^3 / \text{år}) = Förlust_{\text{rå}} (\text{kvot}) \cdot \text{Totalt genomflöde}_{\text{rå}} (\text{Nm}^3 / \text{år}) \quad (6)$$

För uppgraderingsanläggningar ska även utsläppet beräknas relaterat till rengasmätning, d.v.s. årlig produktion av rengas ($\text{Nm}^3/\text{år}$) och dess genomsnittliga metanhalt.

$$Utsläpp_{\text{ren}} (\text{Nm}^3 / \text{år}) = Förlust_{\text{ren}} (\text{kvot}) \cdot \text{Totalt genomflöde}_{\text{ren}} (\text{Nm}^3 / \text{år}) \quad (7)$$

7.2.2 Konstant förlust över årets alla drifttimmar

Med denna beräkningsprincip antas att förlusten är konstant över årets alla drifttimmar. Med kännedom om antalet drifttimmar i anläggningen så kan det årliga utsläppet beräknas.

$$Utsläpp (\text{Nm}^3 / \text{år}) = CH_{A(\text{utsläpp})} (\text{vol} - \%) \cdot Q_{\text{utsläpp}} (\text{Nm}^3 / \text{h}) \cdot \text{Drift} (\text{h} / \text{år}) \quad (8)$$

7.2.3 Totala årliga utsläpp

Anläggningens totala metanförlust i procent beräknas genom att summan av utsläppen divideras med det totala metanflödet ($\text{Nm}^3/\text{år}$). Precis som i beräkningarna ovan är det totala metanflödet lika med producerad mängd metan i biogasanläggningen respektive inkommande mängd metan till uppgraderingsanläggningen.

$$Förlust_{\text{rå}} (\%) = 100 \cdot \frac{\sum Utsläpp_{\text{rå}} (\text{Nm}^3 / \text{år})}{\text{Totalt genomflöde}_{\text{rå}} (\text{Nm}^3 / \text{år})} \quad (9)$$

För uppgraderingsanläggningar beräknas även förlusten relaterad till rengasmätning.

$$Förlust_{\text{ren}} (\%) = 100 \cdot \frac{\sum Utsläpp_{\text{ren}} (\text{Nm}^3 / \text{år})}{\text{Totalt genomflöde}_{\text{ren}} (\text{Nm}^3 / \text{år})} \quad (10)$$

7.3 Mätosäkerhet

Det är svårt att säga något generellt om mätosäkerhetens storlek vid bestämning av metanförlust eftersom förutsättningarna är så olika för de olika teknikerna och för enskilda anläggningar. De beräknade metanförlusterna har en total mätosäkerhet som beror på många felkällor. Om utsläppsmätningarna kan göras kontrollerat (raksträckor etc.) så ligger den huvudsakliga felkällan i bestämningen av metanflödet genom anläggningen, d.v.s. det värde som utsläppet relateras till.

Mätning i rågas har stor osäkerhet eftersom gasen där är mättad med vattenånga och innehåller många föroreningar (smuts och partiklar). Den indirekta metoden där utsläppen istället relateras till rengasmätning är därför mer tillförlitlig i detta hänseende. För uppgraderingsanläggningar är det förväntat att resultaten för metanförlust kommer att skilja åt mellan beräkningen baserad på rågasmätning och beräkningen baserad på rengasmätning. Det senare resultatet bör som sagt vara mer tillförlitligt eftersom rengasmätningen normalt sett är mer noggrann.

8 BERÄKNINGSEXEMPEL

I detta kapitel redovisas exempel på beräkningar från olika utsläppspunkter. De samlade exemplen täcker in många av de varianter som man kan stöta på men det är inte någon heltäckande redovisning. Tanken är att ge olika exempel på hur bestämning kan gå till utifrån olika påhittade exempel.

Samtliga exempel har beräknats i de Excel-mallar som tillhör denna handbok.

Exemplen i kapitel 8.1 och 8.2 gäller för en biogasanläggning med tillhörande uppgraderingsanläggning. Produktionsdata för de båda anläggningarna ges i Figur 23 och Figur 24. Vid mätningens genomförande gick all producerad gas till uppgraderingsanläggningen. På årsbasis skiljer det lite mellan produktionsvärdena p.g.a. fackling av gas. Anläggningen har endast varit i drift i ca 9 av årets 12 månader.

indata och konstanter			
beräknade data (kan vid behov skrivas över)			
slutresultat			
PRODUKTIONSDATA			RÅGAS
Q (gasflöde)	Nm ³ /h		285,6
CH ₄ (metanhalt)	vol-%		60,8
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h		173,6
Årsproduktion gas	Nm ³ /år		1 608 947
Metanhalt årsmedel	vol-%		63
Totalt genomflöde	Nm ³ CH ₄ /år		1 013 637
Drifftimmar per år	h/år		6600

Figur 23. Produktionsdata för biogasanläggning i exemplet.

PRODUKTIONSDATA		RÅGAS	RENGAS	RÅGAS ber	CO ₂ ber
Q (gasflöde)	Nm ³ /h	285,6	152,6	240	94
CH ₄ (metanhalt)	vol-%	60,8	95,8		
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h	173,6	146,2		
Årsproduktion gas	Nm ³ /år	1 569 851	946 837		
Metanhalt årsmedel	vol-%	63	97		
Totalt genomflöde	Nm ³ CH ₄ /år	989 006	918 432		
Drifftimmar per år	h/år	6480			

Figur 24. Produktionsdata för uppgraderingsanläggning i exemplet.

8.1 Biogasanläggning, exempel

8.1.1 Ventilationsrör

Produktionsanläggningen har en gemensam ventilation för hela anläggningen som mynnar i ett biofilter. Mätning av metanhalt och flöde i ventilationen görs i ett ventilationsrör uppströms biofiltret. Uppmätta värden: metanhalt 518 ppm, temperatur 22 °C, differenstryck (mikromanometer med pitotrör) 30 Pa och rördiameter 40 cm.

Resultat: 0,89 % momentan metanförbrukning. Utsläppet antas vara konstant under årets alla drifftimmar vilket ger en årlig förlust på 1,00 %, se Figur 25.

VENTILATION 1		Biofilter		
<u>INDATA</u>				
CH ₄ (utsläpp)	ppm		518	
T _{utsläpp}	°C		22	
Differenstryck, p _d	Pa		30	
Rör diameter	cm		40	
<u>KONSTANTER</u>				
P _{utsläpp}	kPa		101,3	
Luft densitet	kg/Nm ³		1,29	
<u>RESULTAT</u>				
Luft densitet	kg/m ³		1,19	
Rör area	m ²		0,126	
Gashastighet	m/s		7,1	
Q _{utsläpp}	l/s		891	
Q _{utsläpp}	m ³ /h		3 207	
Q _{utsläpp}	Nm ³ /h		2 968	
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h		1,537	
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h			174
Momentan förlust	%			0,89
<u>ÅRSVÄRDEN</u>				
	Skalning: h			
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år			10 147
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år			1 013 637
Årlig förlust	%			1,00

Figur 25. Resultat från exempel 8.1.1.

8.1.2 Ventilationsöppning i lokal

Vid produktionsanläggningen finns ett gasutrustningsrum med mekanisk tilluft. Metanhalten uppmäts till 872 ppm i ventilationsöppningen för frånluft. Temperaturen på luften mäts till 28 °C. Ventilationsfläkten har enligt fläktdata ett flöde på 500 l/s. Den resulterande momentana metanförlusten blir 0,82 %. Utsläppet antas vara konstant under årets alla drifttimmar vilket ger en årlig förlust på 0,93 %, se Figur 26.

VENTILATION 2		Gasutrustningsrum		
<u>INDATA</u>				
CH ₄ (utsläpp)	ppm		872	
T _{utsläpp}	°C		28	
Differenstryck, p _d	Pa			
Rör diameter	cm			
<u>KONSTANTER</u>				
P _{utsläpp}	kPa		101,3	
Luft densitet	kg/Nm ³		1,29	
<u>RESULTAT</u>				
Luft densitet	kg/m ³		1,17	
Rör area	m ²		0,000	
Gashastighet	m/s		0,0	
Q _{utsläpp}	l/s		500	
Q _{utsläpp}	m ³ /h		1 800	
Q _{utsläpp}	Nm ³ /h		1 633	
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h		1,424	
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h			174
Momentan förlust	%			0,82
<u>ÅRSVÄRDEN</u>				
	Skalning: h			
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år			9 396
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år			1 013 637
Årlig förlust	%			0,93

Figur 26. Resultat från exempel 8.1.2.

8.1.3 Blandningstank

Vid produktionsanläggningen finns en blandningstank med avluftning. Metanhalten i den utströmmande luften har bestämts till 1,3 vol-% med påsprov. Temperaturen på luften har bestämts till 33 °C. Differenstrycket bestäms till 12 Pa med pitotrör. Rörets innerdiameter är 12 cm.

Enligt uppgift från anläggningen så råder förhållandet med större inpumpning än utpumpning (utandning i avluftningen) under ca 6 h av dygnets 24 h.

Den resulterande momentana metanförlusten är 0,31 %. Utsläppet antas vara konstant under årets alla drifttimmar vilket ger en årlig förlust på 0,35 %, se Figur 27.

VENTILATION 3	Blandningstank		
<u>INDATA</u>			
CH ₄ (utsläpp)	ppm	3 250	6/24 x 1,3%
T _{utsläpp}	°C	33	
Differenstryck, p _d	Pa	12	
Rör diameter	cm	12	
<u>KONSTANTER</u>			
p _{utsläpp}	kPa	101,3	
Luft densitet	kg/Nm ³	1,29	
<u>RESULTAT</u>			
Luft densitet	kg/m ³	1,15	
Rör area	m ²	0,011	
Gashastighet	m/s	4,6	
Q _{utsläpp}	l/s	52	
Q _{utsläpp}	m ³ /h	186	
Q _{utsläpp}	Nm ³ /h	166	
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	0,539	
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h		174
Momentan förlust	%		0,31
<u>ÅRSVÄRDEN</u>			
	Skalning: h		
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år		3 558
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år		1 013 637
Årlig förlust	%		0,35

Figur 27. Resultat från exempel 8.1.3.

8.1.4 Täckt rötrestlager

Vid produktionsanläggningen finns ett täckt rötrestlager där fläktmätning genomförts enligt Figur 20 och Figur 21. Den initiala metankoncentrationen var 11 333 ppm och den slutliga koncentrationen var 4 308 ppm. Fläkten har flödet 1 392 Nm³/h. Metanutsläppet beräknas med ekvation 1 till 7,01 Nm³/h.

Den momentana metanförlusten i rötrestlagret beräknas till 4,04 %, se Figur 28. Den årliga förlusten antas vara relaterad till produktionen i anläggningen, dvs. den är också 4,04 % på årsbasis.

UTSLÄPP (Nm³/h) 1			
	Rötrestlager		
<u>INDATA</u>			
Utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	7,01	
<u>RESULTAT</u>			
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	7,010	
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h		174
Momentan förlust	%		4,04
<u>ÅRSVÄRDEN</u>			
	Skalning: p		
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år		40 920
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år		1 013 637
Årlig förlust	%		4,04

Figur 28. Resultat från exempel 8.1.4.

8.1.5 Analysinstrument

Vid produktionsanläggningen finns två stycken gasanalysinstrument som är kopplade parallellt. Avläsning av de två rotameternerna ger 0,4 LPM och 35 l/h. Den momentana metanförlusten i analysinstrumenten är 0,021 %. På årsbasis uppgår förlusten till 0,024 %, se Figur 29.

ANALYSINSTRUMENT			
<u>INDATA</u>			
Q _{utsläpp} Rågas	lpm (l/min)	0,983	0,4 + 35/60
<u>RESULTAT</u>			
Q _{utsläpp}	l/h	59	
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	0,036	
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h		174
Momentan förlust	%		0,021
<u>ÅRSVÄRDEN</u>			
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år	245	
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år		1 013 637
Årlig förlust	%		0,024

Figur 29. Resultat från exempel 8.1.5.

8.1.6 Total förlust

Den sammanlagda momentana metanförlusten från biogasanläggningen är 6,07 %. På årsbasis beräknas den sammanlagda metanförlusten till 6,34 %, se Figur 30.

FÖRLUSTER			
Momentan förlust	Nm ³ CH ₄ /h		10,546
Momentan förlust	%		6,07
Årlig förlust	Nm ³ CH ₄ /år		64 267
Årlig förlust	%		6,34

Figur 30. Resultat från exempel 8.1.1-8.1.5.

8.2 Uppgraderingsanläggning, exempel

8.2.1 Restgas

Anläggningen är av typen recirkulerande vattenskrubber, så restgasen är utspädd med luft s.k. stripperluft. Mätningar i stripperluften ger 2 784 ppm metan, temperatur 15 °C, differenstryck med mikromanometer 309 Pa och rörets innerdiameter är 15 cm.

Stripperluftens densitet kan ansättas till 1,29 kg/Nm³. För en mer korrekt flödesbestämning kan värdet justeras med den ändrade densiteten p.g.a. utspädning med CO₂ (i det aktuella exemplet är O₂-halten ca 19,5 vol-% och CO₂-halten därmed ca 1,5 vol-%).

Den resulterande momentana metanförlusten är 2,17 % relaterat till metanflödet i rågasen och 2,51 % relaterat till metanflödet i rengasen, se Figur 31. Den årliga förlusten antas vara relaterad till produktionen i anläggningen, dvs. den är också 2,17 % respektive 2,51 % på årsbasis.

RESTGAS	Flöde: u			
INDATA				
CH ₄ (utsläpp)	ppm	2 784		
T _{utsläpp}	°C	15		
Differenstryck, p _d	Pa	309		
Rör diameter	cm	15		
KONSTANTER				
P _{utsläpp}	kPa	101,3		
Luft densitet	kg/Nm ³	1,29		
RESULTAT				
Luft densitet	kg/m ³	1,22		
Rör area	m ²	0,018		
Gashastighet	m/s	22,5		
Q _{utsläpp}	l/s	397		
Q _{utsläpp}	m ³ /h	1 430		
Q _{utsläpp}	Nm ³ /h	1 356		
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	3,774	RÅGAS	RENGAS
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h		174	151
Momentan förlust	%		2,17	2,51
ÅRSVÄRDEN				
Skalning: p				
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år		21 497	23 715
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år		989 006	946 595
Årlig förlust	%		2,17	2,51

Figur 31. Resultat från exempel 8.2.1.

8.2.2 Ventilation lokal

Processhallen är ventilerad med mekanisk tilluft. Enligt dokumentation är flödet 4 100 m³/h vilket verifierats med differenstryckmätning över fläkten. Luften till stripper tas inne i lokalen, resterande luft lämnar lokalen i en ventilationsöppning längst upp i lokalen.

Det uppmätta stripperluftflödet subtraheras från ventilationens tilluft, vilket ger det luftflöde som lämnar lokalen i ventilationsöppningen.

Metanhalten i utgående luft bestäms till 155 ppm och lufttemperaturen bestäms till 15 °C.

Den resulterande momentana metanförlusten är 0,23 % relaterat till metanflödet i rågasen och 0,26 % relaterat till metanflödet i rengasen. Utsläppet antas vara konstant under årets alla drifttimmar vilket ger en årlig förlust på 0,26 % respektive 0,27 %, se Figur 32.

VENTILATION 1		Ventilation lokal		
<u>INDATA</u>				
CH ₄ (utsläpp)	ppm	155		
T _{utsläpp}	°C	15		
Differenstryck, p _d	Pa			
Rör diameter	cm			
<u>KONSTANTER</u>				
P _{utsläpp}	kPa	101,3		
Luft densitet	kg/Nm ³	1,29		
<u>RESULTAT</u>				
Luft densitet	kg/m ³	1,22		
Rör area	m ²	0,000		
Gashastighet	m/s	0,0		
Q _{utsläpp}	l/s	0		
Q _{utsläpp}	m ³ /h	4 100	Tilluft	
Q _{utsläpp}	Nm ³ /h	2 531	Minus uppmätt stripperluft	
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	0,392	RÅGAS	RENGAS
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h		174	151
Momentan förlust	%		0,23	0,26
<u>ARSVÄRDEN</u>				
	Skalning: h			
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år		2 542	2 542
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år		989 006	946 595
Årlig förlust	%		0,26	0,27

Figur 32. Resultat från exempel 8.2.2.

8.2.3 Ventilation brunn

Vid anläggningen finns en mekaniskt ventilerad brunn där vatten från anläggningen mynnar. Mätningar ger ett medelvärde på metanhalten av 914 ppm, temperatur 10 °C, differenstryck med mikromanometer 40 Pa och rörets innerdiameter är 10 cm.

Den resulterande metanförlusten är 0,12 % relaterat till metanflödet i rågasen och 0,13 % relaterat till metanflödet i rengasen. Utsläppet antas vara konstant under årets alla drifttimmar vilket ger en årlig förlust på 0,13 % respektive 0,14 %, se Figur 33.

VENTILATION 1		Ventilation lokal		
<u>INDATA</u>				
CH ₄ (utsläpp)	ppm	155		
T _{utsläpp}	°C	15		
Differenstryck, p _d	Pa			
Rör diameter	cm			
<u>KONSTANTER</u>				
p _{utsläpp}	kPa	101,3		
Luft densitet	kg/Nm ³	1,29		
<u>RESULTAT</u>				
Luft densitet	kg/m ³	1,22		
Rör area	m ²	0,000		
Gashastighet	m/s	0,0		
Q _{utsläpp}	l/s	0		
Q _{utsläpp}	m ³ /h	4 100	Tilluft	
Q _{utsläpp}	Nm ³ /h	2 531	Minus uppmätt stripperluft	
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	0,392	RÅGAS	RENGAS
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h		174	151
Momentan förlust	%		0,23	0,26
<u>ÅRSVÄRDEN</u>		Skalning: h		
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år		2 542	2 542
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år		989 006	946 595
Årlig förlust	%		0,26	0,27

Figur 33. Resultat från exempel 8.2.3.

8.2.4 Analysinstrument

Vid anläggningen finns två stycken gasanalysinstrument som mäter på rågasen och tre stycken gasanalysinstrument som mäter på rengasen. Avläsning av rotameternarna ger 0,4 + 0,4 LPM respektive 0,4 + 0,4 + 0,3 LPM.

Den resulterande momentana metanförlusten är 0,053 % relaterat till metanflödet i rågasen och 0,061 % relaterat till metanflödet i rengasen, På årsbasis uppgår förlusten till 0,062 % respektive 0,065 %, se Figur 34.

ANALYSINSTRUMENT				
<u>INDATA</u>				
Q _{utsläpp} Rågas	lpm (l/min)	0,800		
Q _{utsläpp} Rengas	lpm (l/min)	1,100		
<u>RESULTAT</u>				
Q _{utsläpp}	l/h	114		
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	0,092	RÅGAS	RENGAS
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h		174	151
Momentan förlust	%		0,053	0,061
<u>ÅRSVÄRDEN</u>				
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år	611		
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år		989 006	946 595
Årlig förlust	%		0,062	0,065

Figur 34. Resultat från exempel 8.2.4.

8.2.5 Total förlust

Den sammanlagda momentana metanförlusten från uppgraderingsanläggningen är 2,57 % relaterat till metanflödet i rågasen och 2,96 % relaterat till metanflödet i rengasen. På årsbasis beräknas den sammanlagda metanförlusten till 2,62 % respektive 2,98 %, se Figur 35.

Skillnaden i resultat mellan beräkning mot metanflödet i rågasen respektive i rengasen beror på osäkerheter i flödesmätarna. Den mest tillförlitliga mätningen är i regel på rengas-sidan, varför det resultatet i första hand bör användas.

FÖRLUSTER		RÅGAS	RENGAS
Momentan förlust	Nm ³ CH ₄ /h	4,459	4,459
Momentan förlust	%	2,57	2,96
Årlig förlust	Nm ³ CH ₄ /år	25 944	28 163
Årlig förlust	%	2,62	2,98

Figur 35. Resultat från exempel 8.2.1-8.2.4.

8.3 PSA-anläggning, exempel

Metanmätning genomförs i en PSA-anläggning med sex adsorptionskolonner, produktionsdata enligt Figur 36. Läs mer om PSA-tekniken i kapitel 6.6.3.

PRODUKTIONSDATA		RÅGAS	RENGAS	RÅGAS ber	CO2 ber
Q (gasflöde)	Nm ³ /h	410,6	281	411	150
CH ₄ (metanhalt)	vol-%	63,6	93		
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h	261,1	261,3		
Årsproduktion gas	Nm ³ /år	3 311 385	1 950 000		
Metanhalt årsmedel	vol-%	58,21	93,47		
Totalt genomflöde	Nm ³ CH ₄ /år	1 927 557	1 822 665		

Figur 36. Produktionsdata för PSA-anläggning i exemplet.

8.3.1 Numerisk integration

Metanhalt och flöde har bestämts under 55 minuter med loggning varje sekund. Mätning sker i utsläppsrör med diameter 15 cm, där medeltemperaturen bestäms till 44 °C. Justering för olika svarstider mellan FID och flödesmätare görs genom att synkronisera maximal metanhalt med maximalt flöde för varje regenerationscykel.

Data utvärderas med numerisk integration och trapetsmetoden:

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{2} (f_i + f_{i+1}) \quad (11)$$

Då loggning har skett varje sekund sätts $h_i = 1$. Resultatet av integrationen ger ett metanutsläpp av 3,34 Nm³ metan under de 55 minuternas mätning, vilket motsvarar 3,642 Nm³ CH₄/h. Det totala restgasflödet bestäms till 109 Nm³ under 55 minuter, vilket motsvarar 119 Nm³/h.

Insättning av 3,642 Nm³ CH₄/h i Excel-mallen ger en momentan metanförlust på 1,39 % relaterat till metanflödet i rågasen och 1,37 % relaterat till metanflödet i rengasen. Den årliga förlusten antas vara relaterad till produktionen i anläggningen, dvs. den är också 1,39 % respektive 1,37 % på årsbasis, se Figur 37.

UTSLÄPP (Nm ³ /h) 1		Numerisk integration		
<u>INDATA</u>				
Utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	3,642		
<u>RESULTAT</u>				
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	3,642	RÅGAS	RENGAS
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h		261	265
Momentan förlust	%		1,39	1,37
<u>ÅRSVÄRDEN</u>				
	Skalning: p			
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år		26 883	25 401
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år		1 927 557	1 848 066
Årlig förlust	%		1,39	1,37

Figur 37. Resultat från numerisk integration.

8.3.2 Medelvärden

Som alternativ beräkningsmetod används istället uppmätta medelvärden under de 55 minuternas mättid i en traditionell ventilationsberäkning, metanhalt 24 063 ppm och gashastighet 2,17 m/s. Restgasflödet blir det samma som vid numerisk integration (119 Nm³/h) med denna beräkningsmetod men metanförlusten underskattas eftersom metanhalt och flöde inte följs åt under cyklerna. Beräkningarna ger en momentan metanförlust på 1,10 % relaterat till metanflödet i rågasen och 1,08 % relaterat till metanflödet i rengasen. Den årliga förlusten antas vara relaterad till produktionen i anläggningen, dvs. den är också 1,10 % respektive 1,08 % på årsbasis, se Figur 38.

RESTGAS		Flöde: u		
<u>INDATA</u>				
CH ₄ (utsläpp)	ppm	24 063		
T _{utsläpp}	°C	44		
Differenstryck, p _d	Pa			
Rör diameter	cm	15		
<u>KONSTANTER</u>				
p _{utsläpp}	kPa	101,3		
Luft densitet	kg/Nm ³	1,95	CO ₂	
<u>RESULTAT</u>				
Luft densitet	kg/m ³	1,68		
Rör area	m ²	0,018		
Gashastighet	m/s	2,17		
Q _{utsläpp}	l/s	38		
Q _{utsläpp}	m ³ /h	138		
Q _{utsläpp}	Nm ³ /h	119		
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	2,861	RÅGAS	RENGAS
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h		261	264
Momentan förlust	%		1,10	1,08
<u>ÅRSVÄRDEN</u>				
	Skalning: p			
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år		21 118	19 954
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år		1 927 557	1 842 619
Årlig förlust	%		1,10	1,08

Figur 38. Resultat från traditionell ventilationsberäkning med uppmätt flöde.

Vid en PSA-anläggning kan man välja att ersätta det uppmätta restgasflödet (119 Nm³/h) med ett restgasflöde som räknas fram från anläggningens rengasmätning (150 Nm³/h). Med detta restgasflöde blir den momentana metanförlusten istället 1,38 % relaterat till metanflödet i rågasen och 1,36 % relaterat till metanflödet i rengasen, se Figur 39. Enligt vad som sägs i stycket ovan ger medelvärdet av metanhalt en underskattning av metanförlusten vid PSA, så det är troligt att dessa siffror är underskattningar av den verkliga förlusten.

RESTGAS		Flöde: b			
<u>INDATA</u>					
CH ₄ (utsläpp)	ppm	24 063			
T _{utsläpp}	°C	44			
Differenstryck, p _d	Pa				
Rör diameter	cm				
<u>KONSTANTER</u>					
p _{utsläpp}	kPa	101,3			
Luft densitet	kg/Nm ³	1,95	CO2		
<u>RESULTAT</u>					
Luft densitet	kg/m ³	1,68			
Rör area	m ²	0,000			
Gashastighet	m/s	0,00			
Q _{utsläpp}	l/s	0			
Q _{utsläpp}	m ³ /h	0			
Q _{utsläpp}	Nm ³ /h	0			
Momentant utsläpp	Nm ³ CH ₄ /h	3,599	RÅGAS	RENGAS	
Momentant metanflöde	Nm ³ CH ₄ /h		261	265	
Momentan förlust	%		1,38	1,36	
<u>ARSVÄRDEN</u>		Skalning: p			
Årligt utsläpp	Nm ³ CH ₄ /år		26 565	25 102	
Årligt metanflöde	Nm ³ CH ₄ /år		1 927 557	1 847 767	
Årlig förlust	%		1,38	1,36	

Figur 39. Resultat från traditionell ventilationsberäkning med beräknat flöde.

8.3.3 Gaspåse

Ett tredje alternativt sätt att bestämma metanutsläpp i restgas från en PSA-anläggning är att samla upp utgående gas från regenerering av en kolonn, en cykel, i en gaspåse för metanalyt. Observera att gasmängden från en cykel kan vara stor, i storleksordningen 2 m³. När metanhalten i gaspåsen är känd, relateras halten till den totala mängden restgas från en cykel och därefter till antalet cykler per timme och vidare till antalet drifttimmar per år.

9 LÄCKSÖKNING

Varje anläggning ska ha en rutin för regelbunden och systematisk läcksökning. En noggrann läcksökning bör genomföras årligen, då hela anläggningen systematiskt går igenom. För en sådan noggrann läcksökning kan det vara en fördel att använda en extern resurs så att man undviker ”hemmablindhet”. Mellanliggande kontroller bör utföras med lämpliga intervall som en del av anläggningens underhållsprogram, enligt ett enklare förfarande.

9.1 Metoder och instrument

Vid läcksökning bör metoder användas som ger en kvalitativ bedömning av anläggningens skick och som snabbt detekterar utsläpp. Mätmetoder som är lämpliga att använda för dessa ändamål är traditionella läcksökningsinstrument, läcksökningsspray samt okulär- och luktkontroll. Rekommendationen är att varje biogas- och uppgraderingsanläggning ska äga minst ett läcksökningsinstrument samt ha tillgång till läcksökningsspray.

Läcksökningsinstrument för detektion av metan kan baseras på olika mätmetoder. Vanliga metoder är halvledarsensorer eller katalytiska sensorer. Det är viktigt att skilja på läcksökningsinstrument och gasvarnare. Läcksökningsinstrument ska ange mätresultat som en halt på en display, alternativt med olika nivåer som indikeras med ljus-signaler. Vidare ska instrumentet kunna förses med mätsond (se Figur 4), för kontroll av svåråtkomliga utrymmen.

Halvledarsensorn består av en eller flera metalloxider och värms upp till en specifik temperatur, beroende på vilken gas som ska detekteras, genom ett värmeelement. När sensorn utsätts för gasen joniseras gasen av metalloxiden och elektroner kommer i rörelse och en konduktivitetsförändring uppstår. Ju mer gas som detekteras, desto större signal ger sensorn.

Läcksökningsinstrument med katalytisk sensor bygger på att en oxidation av gasen sker när gasen kommer i kontakt med instrumentets mätsensor, t.ex. en uppvärmd spiraltråd. Som ett mått på gasens koncentration uppkommer en förändring i strömmen genom mätsensorn.

Läcksökningsspray eller vanligt såpvatten används främst för täthetskontroll av flänsförband och andra skarvar. Vid användning sprutas läcksökningsspray t.ex. på ett flänsförband. Om flänsförbandet är otätt börjar det att bubbla i det sprayade lagret.

Okulär- och/eller luktkontroll innebär att utsläpp upptäcks genom personalens ögon och näsa. Vid utsläpp av varm gas finns en fuktig fläck på komponenten och vid utsläpp av kall gas sker en påfrysning på komponenten. Efter regn är det fördelaktigt att kontrollera platta ytor, t.ex. betongtak, liggande manluckor samt omrörarens axelfästning. Om otätheter förekommer syns detta genom bubblor i regnvattnet.

Vid noggrann läcksökning, eller vid svårigheter att identifiera läckage, kan en optisk gaskamera vara ett värdefullt komplement, se Figur 40. Kameran arbetar i IR-området och kan visualisera läckande metan som stillbilder eller videofilm.



Figur 40. Optisk gaskamera av fabrikat FLIR (www.flir.com)

9.2 Noggrann läcksökning med instrument

Läcksökningsinstrumentets funktion ska kontrolleras innan läcksökningen påbörjas. Testa utrustningens funktion genom att släppa ut en liten mängd biogas och kontrollera att instrumentet detekterar detta. Om instrumentet ska servas och kalibreras med ett visst tidsintervall, kontrollera att detta skett enligt tillverkarens anvisningar.

Genomför en systematisk genomgång av anläggningen med läcksökningsinstrument och läckspray. Om metanutsläpp detekteras med läcksökningsinstrument ska det högsta noterade mätvärdet antecknas i ett protokoll.

För läcksökningsinstrumentet utmed eventuella utsläppspunkter. Detta ska göras både en liten bit ifrån och precis intill utrustningen. En pump drar vanligtvis in gas till detektorn i instrumentet. Beroende på ledningens längd, pumpens effekt och detektorns svarstid kan instrumentet föras med olika hastighet längs med den ev. utsläppspunkten. Om sökningen genomförs för snabbt går det inte att bestämma var ett utsläpp detekterats.

Identifierade läckor dokumenteras och förs in i arbetsordersystemet för prioritering, beredning och åtgärd.

9.3 Mellanliggande kontroller med instrument

Inför rutiner för läcksökning i ordinarie underhållsprogram, t.ex. som ronderingar med lämpliga intervall och i samband med genomförda underhållsarbeten (efter drifttagning) på relevant utrustning. Rutinerna bör tydligt beskriva förfarande och rapportering.

Om den noggranna läcksökningsmetoden som beskrivs ovan skulle tillämpas ofta på anläggningen är det risk att den till slut utförs slentrianmässigt och slarvigt. Om man istället utför mellanliggande kontroller (exempelvis varje vecka eller månad, i samband med ordinarie rondering) på ett enklare sätt, får man ett lättarbetat men ändå kraftfullt verktyg för att upptäcka gasläckor.

Vid de mellanliggande kontrollerna noterar man den uppmätta halten med läcksökningsinstrumentet på ett antal platser i lokaler med gasutrustning. Platserna bör vara väl definierade, även i höjddled, och de ska inte vara direkt invid potentiellt läckande delar (ett minsta avstånd av 1 meter rekommenderas). Metoden kräver ett noggrant läcksökningsinstrument enligt vad som anges i kapitel 4.1.3 för att betydande läckor ska kunna upptäckas på detta sätt. Utspädningseffekten blir ju betydande i en stor lokal.

Uppmätta halter på de olika platserna bör följas i olika diagram för att upptäcka trender. Om trenddiagrammen indikerar läckage eller om mätningen är noterbart högre än tidigare värden kan man initiera en noggrann läcksökning i utrustningen invid den aktuella platsen.

För att kunna detektera låga halter är det viktigt att instrumentet startas och nollkalibreras i kolvätefri utomhusluft.

10 REFERENSER

1. Gustavsson, Lennart och Magnus Andreas Holmgren. *Emissionsmäthandbok 2015*. Stockholm: Energiforsk rapport 2015:142, 2015.
2. Holmgren, Magnus Andreas. "Handbok metanmätningar." 2011.
3. Holmgren, Magnus Andreas, Agnes Willén och Lena Rodhe. *Värdering och utveckling av mätmetoder för bestämning av metanemissioner från biogasanläggningar - Litteraturstudie*. Malmö: Rapport SGC 238, 2011.
4. Holmgren, Magnus Andreas, o.a. *Värdering och utveckling av mätmetoder för bestämning av metanemissioner från öppna rötrestlager – pilotskaleförsök*. Malmö: SGC Rapport 2013:274, 2013.
5. Holmgren, Magnus. "Frivilligt åtagande – inventering av utsläpp från biogas- och uppgraderingsanläggningar." 2009.
6. IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working*. Cambridge: Cambridge, 2013.
7. *Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas*. Malmö: RVF Utveckling 2005:07, 2006.
8. Persson, Margareta. "Utvärdering av uppgraderingstekniker för biogas." 2003.
9. SGC. *Energigas och miljö*. Malmö: SGC, 2005.
10. SS-EN 15446:2008, *Flyktiga och diffusa utsläpp av gemensamt intresse för industrisektorer - Mätning av diffusa utsläpp av ångor genererade av utrustning och rörläckage*. Stockholm: SIS, 2008.
11. SS-EN ISO 16911-1:2013 *Utsläpp och utomhusluft - Bestämning av hastighet och volymflöde i kanaler - Del 1: Manuell referensmetod*. Stockholm: SIS, 2013.
12. SS-EN ISO 25139:2011, *Utsläpp och utomhusluft - Manuell metod för bestämning av metankoncentration med gaskromatografi*. Stockholm: SIS, 2011.
13. SS-EN ISO 25140:2010 *Utsläpp och utomhusluft - Automatisk metod för bestämning av metankoncentrationen med flamjonisationsdetektor*. Stockholm: SIS, 2010.
14. Yngvesson, Johan och Magnus Andreas Holmgren. *Mätmetod för att bestämma metanutsläpp från täckta biogödsellager*. Malmö: Avfall Sverige rapport U2014:12, 2014.

RAPPORTER FRÅN AVFALL SVERIGE 2016

- 2016:01 Trender för avfallsanläggningar med deponi. Statistik 2008-2014
- 2016:02 Uppföljning av tekniker för ökad växtnäringskoncentration i biogödsel
- 2016:03 Insamling av matavfall i flerbostadshus.
Goda exempel från kommuner och allmännyttiga bostadsföretag
- 2016:04 Kritisk utvärdering av metoder för faroklassificering av avfalls
ekotoxiska egenskaper (HP14)
- 2016:05 Metodjämförelse av dioxinprovtagning SRM-AMESA
- 2016:06 Omvärldsbevakning deponering/avfallsanläggningar. Studieresa Tyskland 2014
- 2016:07 Hållbart kretslopp av små avlopp
- 2016:08 Handbok för tillämpning av SS-EN 14181, utgåva 2,
Kvalitetssäkring av automatiska mätsystem
- 2016:09 Råd och tips vid utbrott av salmonella på biogasanläggningar
- Erfarenheter från en drabbad anläggning
- 2016:10 Långväga transport av avfallsbränsle. Kunskaper och erfarenheter
- 2016:11 Luftade dammar. Optimerat utnyttjande av befintliga resurser för
lakvattenbehandling vid deponier
- 2016:12 Tömning av slamavskiljare. Jämförande studie av heltömning,
mobil avvattning och deltömning
- 2016:13 Kapacitetsutredning 2016 – Avfallsförbränning och avfallsmängder till år 2020
- 2016:14 Luftning av biogödsel för att reducera metanemissionerna
- 2016:15 Validering av hygieniseringsmetod för torrötning. Förstudie
- 2016:16 Biogas upgradering – Technical Review
- 2016:17 Handbok metanmätningar. Revidering 2016

Avfall Sverige är expertorganisationen inom avfallshantering och återvinning. Det är Avfall Sveriges medlemmar som ser till att avfall tas om hand och återvinns i alla landets kommuner. Vi gör det på samhällets uppdrag: miljösäkert, hållbart och långsiktigt. Vår vision är "Det finns inget avfall". Vi verkar för att förebygga att avfall uppstår och att mer återanvänds. Kommunerna och deras bolag är motorn och garanten för denna omställning.



Avfall Sverige Utveckling 2016:17

ISSN 1103-4092

©Avfall Sverige AB

Adress Prostgatan 2, 211 25 Malmö
Telefon 040-35 66 00
Fax 040-35 66 26
E-post info@avfallsverige.se
Hemsida www.avfallsverige.se