



2013-10-02

## DEL AV ARENASTADEN

# Miljöteknisk undersökning av deponigas från äldre soptipp inom Arenastaden

**Framställd för:**  
Råsta Projektutveckling AB

RAPPORT

Uppdragsnummer: 12512420157





## Innehållsförteckning

<b>1.0</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>1</b>
<b>2.0</b>	<b>DEPONIN OCH DESS NÄROMRÅDE</b>	<b>1</b>
2.1	Allmänt	1
2.2	Markförhållanden	2
<b>3.0</b>	<b>DEPONIGASUNDERSÖKNING</b>	<b>3</b>
3.1	Strategi	3
3.2	Installation av brunnar	4
3.3	Gasmätning	4
<b>4.0</b>	<b>UTVÄRDERING</b>	<b>6</b>
4.1	Återhämtningstest och transportmekanismer	6
4.2	Screeningvärden för deponigas	7
<b>5.0</b>	<b>RISKBEDÖMNING</b>	<b>9</b>
5.1	Deponin	9
5.2	Karakterisering av deponin	9
5.3	Transportvägar	10
5.4	Skyddsobjekt	10
<b>6.0</b>	<b>ÅTGÄRDSALTERNATIV AVSEENDE DEPONIGAS</b>	<b>11</b>
6.1	Risker med deponigas	11
6.2	Kontrollåtgärder	11
6.2.1	Passiva system	11
6.2.2	Aktiva system	11
6.2.3	Övervaknings- och alarmsystem	12
6.3	Riskklassning	12
6.4	Rekommenderade skyddsåtgärder avseende deponigas vid nybyggnation	12
<b>TABELLFÖRTECKNING</b>		
	Tabell 1: Brunnsdata	4
	Tabell 2: Sammanställning av mätdata	5
	Tabell 3: Mekanismer som styra gasavgång vid respektive brunn	6



Tabell 4: Rikvärden för deponigas baserad på modifierad klassificering enligt Wilson och Card (CIRIA rapport C665) .....	8
--	---

Tabell 5: Beräknade GSV för deponigas för f.d. soptipp vid Arenastaden.....	8
---	---

### FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Utbredningsområde för den tidigare deponin .....	1
---	---

Figur 2: Översikt över del av planområdet. Det lilafärgade området anger det tidigare tippområdets ungefärliga utbredning tolkat från flygfotografier.....	2
--	---

Figur 3: Markens uppbyggnad tolkad från geotekniska undersökningar. Profilernas lägen framgår av Figur 1. ....	3
--	---

Figur 4: Konceptuell beskrivning av planerad byggnation i relation till nuvarande marknivåer.....	10
---	----

### BILAGOR

#### BILAGA A

Situationsplan

#### BILAGA B

Deponigasundersökning - Ground Gas Solutions



## 1.0 INLEDNING

Golder Associates AB (GAAB) har på uppdrag Råsta Projektutveckling AB (RPAB) genomfört miljötekniska undersökningar avseende deponigas. Utredningen görs inom ramen för detaljplanearbetet för del av Arenastaden och avser området öster om Råstasjön där det tidigare funnits en deponi för hushållsavfall. Enligt planerna kommer den f.d. deponin bebyggas med bostäder. Syftet med deponigasundersökningen har varit att utreda förutsättningar för planerad byggnation och vilka riskreducerande åtgärder som kommer att krävas för att möjliggöra en exploatering. Miljötekniska undersökningar som genomfördes 2005 visade att det sker nedbrytning av organiskt avfall inom den f.d. deponin och att denna process genererar produktion av metan, koldioxid och svavelväte.

Detta uppdrag har genomförts i samarbete med Golder Associates Ltd. (GAL) i England som har lång erfarenhet av deponiutredningar. Utredningen baseras på metodik som utarbetats av Wilson och Card, vilken redovisas i rapporten "Assessing Risks Posed by Hazardous Ground Gases to Buildings" (CIRIA report C665). CIRIA är en oberoende forsknings- och informationsorganisation för byggindustrin, som bl.a. ger ut vägledningsmaterial. GAL har ingått i styrgruppen vid utarbetandet av ovan nämnda publikation, vars uppgift var att granska arbetet och ge expertstöd till författarna.

## 2.0 DEPONIN OCH DESS NÄROMRÅDE

### 2.1 Allmänt

Det f.d. deponiområdet ligger öster om Råstasjön och täckte en yta av ca 65 000 m<sup>2</sup>. Golder har i tidigare utredningsskeden studerat äldre flygbilder över området och utifrån dessa tolkat gränserna för deponin (lilafärgad yta i Figur 1). Som framgår av figuren har deponin sträckt sig in på Kv. Uarda i öster och bostadsfastigheterna i söder och öster. Miljöteknisk provtagning har utförts i några punkter i deponins randområde och mängden avfall i dessa är ringa. I väster markerar befintlig slänt gränsen för deponin i denna riktning.



Figur 1: Utbredningsområde för den tidigare deponin

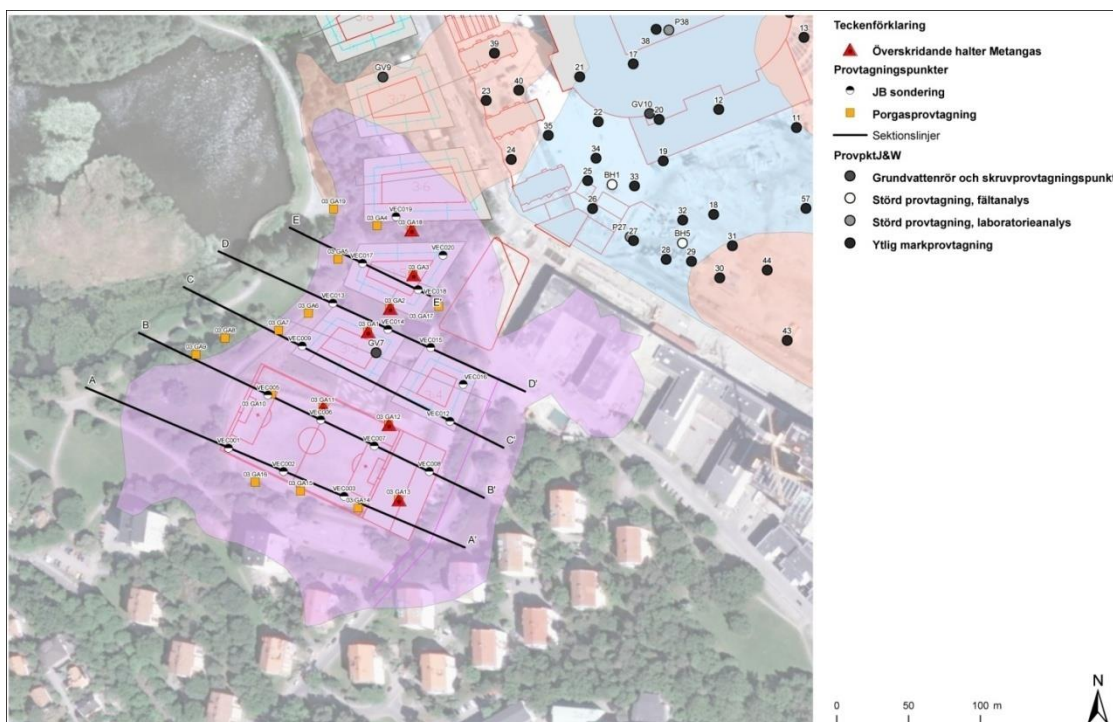
Inom den centrala delen av deponin finns idag en fotbollsplan (grus) och en minigolfbana. Det närmaste området kring dessa utgörs av gräsytor, ställvis med träd- och buskvegetation. Marken norr om minigolfbanan används som etableringsområde för byggtreprenader inom Arenastaden.



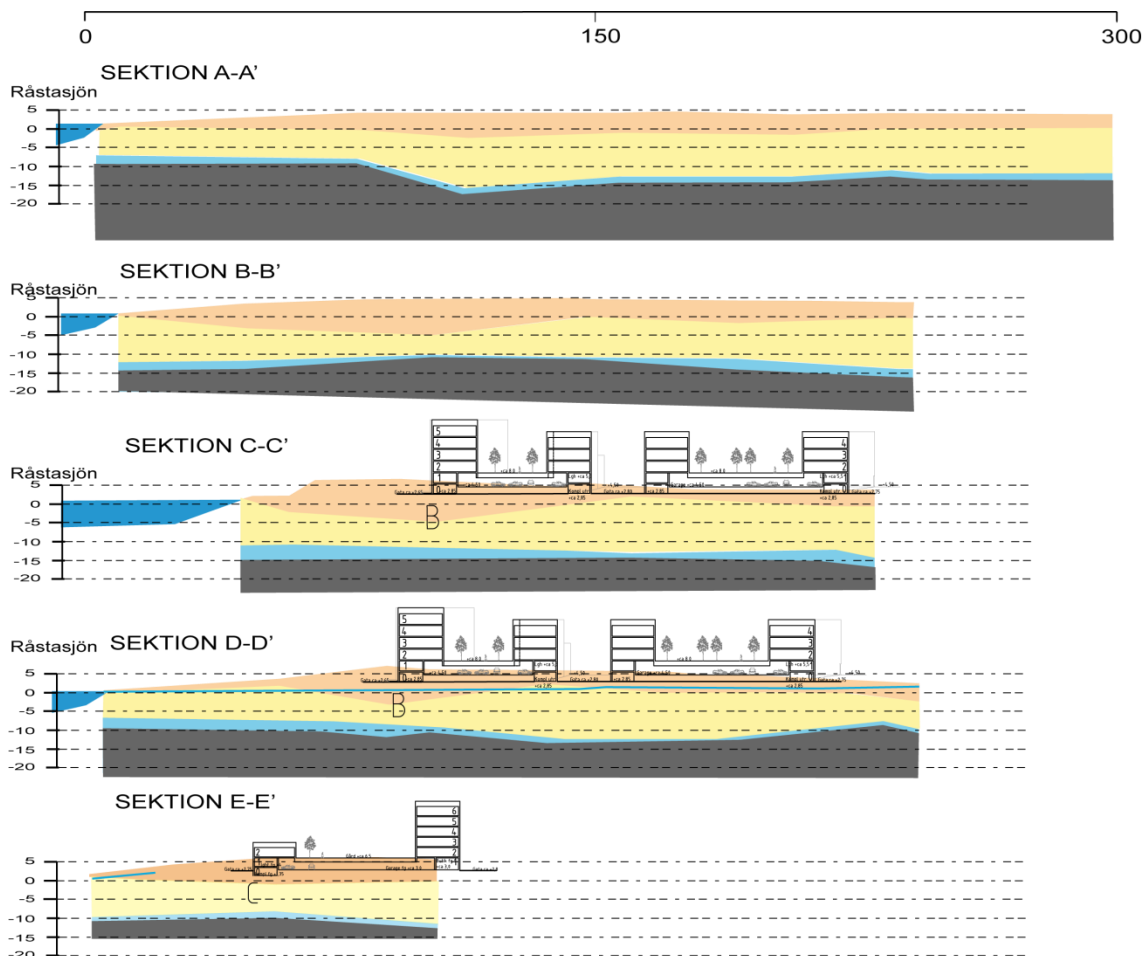
## 2.2 Markförhållanden

Miljötekniska och geotekniska markundersökningar har gjorts av Golder (2004) och Vectura (2011). Tjockleken på det marklager i vilken avfall förekommer varierar mellan ca 2-11 m. De största fyllnadsmäktigheterna förekommer i den centrala delen av deponin. Avfallet är inte sorterat utan består av en blandning av organiskt hushållsavfall, byggavfall, metallskrot m.m. Under avfallslagret finns varvig lera, ställvis med silt- och sandskikt. Lerlagrets tjocklek varierar mellan ca 5-14 m. Leran underlagras av morän (eller annan friktionsjord) på berg. Djupet till berg är baserat på sonderingsresultaten är mellan 11 – 21m.

I Figur 3 redovisas markens uppbyggnad, vilken tolkats från de geotekniska undersökningar som genomförts inom deponiområdet. Orange färg markerar fyllnadslagret med avfall och den gula färgen lera. Den blå färgen är morän. Profilernas läge redovisas i Figur 2.



Figur 2: Översikt över del av planområdet. Det lilafärgade området anger det tidigare tippområdets ungefärliga utbredning tolkat från flygfotografier.



Figur 3: Markens uppbyggnad tolkad från geotekniska undersökningar. Profilernas lägen framgår av Figur 1.

## 3.0 DEPONIGASUNDERSÖKNING

### 3.1 Strategi

Det har genomförts mätningar av deponigas vid ett par tillfällen tidigare (bl.a. 2004) och resultaten visade att det finns metangas och svavelväte i markens porsystem inom den f.d. soptippen. Gaserna bildas genom nedbrytning av organiskt avfall under syrefria förhållanden. Produktionen av gas kan variera över tid och det är svårt att göra säkra bedömningar baserat på punktmätningar vid enstaka tillfällen.

Golder har anlitat Ground Gas Solutions Ltd (GGS) i England för att göra kontinuerliga mätningar av deponigas. GGS har utvecklat en mätutrustning som kallas GasClam®, med vilken man kan mäta halter av bl.a. metangas över en längre tidsperiod. Utrustningen installeras i brunnar eller grundvattenrör och de gaser som mäts är följande:

- Metan
- Koldioxid
- Syre
- Kolmonoxid



- Svavelväte
- Totalhalt av lättflyktiga organiska ämnen

## 3.2 Installation av brunnar

Gasbrunnar installerades på fem på platser inom undersökningsområdet. Brunnarna installerades genom foderrörsborrning med tung borrhandsvagn. Installationsdjupet var ca 6 – 7 meter under markytan och den understa delen av brunnen placerades under grundvattenytan. Filterdelen under grundvattenytan har utvändigt sandfilterstrumpa. Brunnen är slitsad från ca en meter under markytan ned till grundvattenytan, detta för att deponigas ska kunna tränga in längs hela sträckan. Utrymmet kring filterdelen fylldes med sand. Den övre delen av brunnen utgörs av ett helt rör och kring detta lades en tätning av bentonitlera. Tätningen förhindrar atmosfärluft att tränga ned längs rörets utsida. I Tabell 1 redovisas brunnensdata.

**Tabell 1: Brunnensdata**

Brunn	H <sub>rök</sub>	H <sub>ruk</sub>	Grundvattenfilter	Rörfilter gas	Total brunnslängd
12GAGB01	7,03	-0,57	2 m	4 m	7,47 m
12GAGB02	4,23	-1,57	2 m	4 m	5,65 m
12GAGB03	5,93	-0-07	1 m	6 m	6,50 m
12GAGB04	5,76	-0,24	1 m	4 m	5,34 m
12GAGB05	5,12	-1,38	1 m	5 m	6,33 m

*H<sub>rök</sub> = nivå överkant brunn; H<sub>ruk</sub> = nivå underkant brunn*

## 3.3 Gasmätning

GGG installerade mätutrustningen (GasGlam) den 23 oktober 2012. Mätperioden var en månad, från 24 oktober till 24 november 2012. GasClam programmerades att göra mätningar 1 gång per timme under den aktuella perioden. Förutom de gaser som redovisats ovan gjordes mätningar av atmosfärstryck, statiskt lufttryck i brunnarna, temperatur samt grundvattnets trycknivå. Det senare mättes med tryckgivare av typen Schlumberger Diver som installerades i varje brunn.

Den 23 november genomfördes även mätningar av gasflöden (Purge & Recovery Test). Till varje brunn tillfördes ren luft och därefter mättes hur snabbt gaskoncentrationen återgick till nivåerna vid starten av testet. Mätningen utfördes var 3:e minut tills halterna stabiliserats. Med utgångspunkt från detta kunde gasflödena i respektive brunn beräknas.

Resultaten av gasmätningarna sammanfattas nedan:

- Ingen metangas uppmättes i brunnen 12GAGB01
- Metan- och koldioxidhalterna i brunnarna 12GAGB02 – 12GAGB05 varierade under mätperioden. I Tabell 2 redovisas uppmätta koncentrationer vid olika percentiler under fyra veckorsperioden.
- Under mätperioden föll det atmosfäriska lufttrycket och därmed lufttrycket i brunnen vid 9 tillfällen
- Kolmonoxid uppmättes i alla brunnar och de högsta halterna registrerades i brunnarna 12GAGB04 (17 ppm) och 12GAGB05 (18 ppm). Kolmonoxid är en indikator på ofullständig förbränning, men de uppmätta halterna ligger väl under det riktvärde på 100 ppm då man bör gå vidare med fördjupade undersökningar (Management and Prevention of Sub-Surface Fires; Industry code of Practice, 2008).



Det finns heller inga andra indikatorer på att det sker förbränning av deponigaser under mark och därför finns det ingen anledning att gå vidare med ytterligare undersökningar avseende kolmonoxid.

- Det finns ett tydligt motsattningsförhållande mellan halterna av metan, koldioxid och syre i de olika provpunkterna. Deponigas är vanligtvis en blandning av metan och koldioxid, vilka bildas under anaeroba förhållanden (syrefria/syrefattiga). Inom den aktuella deponin oxideras metanen till koldioxid och denna process innebär att syre förbrukas och att ännu mer koldioxid genereras. Koldioxid är lösligare än metan och det är ett komplicerat förhållande mellan de tre gaserna och kvävgas.
- Den högsta halten av lättflyktiga kolväten (VOC) uppmättes i punkten 12GAGB04 (6 ppm). I de andra brunnarna fanns inga spår av VOC. VOC brukar bildas under de tidiga åren, medan det sällan påträffas i äldre deponier. VOC bedöms därför inte vara av betydelse och kommer inte att utvärderas ytterligare
- Svavelväte uppmättes ej under mätperioden i någon av brunnarna

En sammanställning av mätresultat vid olika percentiler redovisas i Tabell 2.

**Tabell 2: Sammanställning av mätdata**

Brunn	Gaskoncentrationer (i %) vid olika percentiler				
	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>100</sub>
<b>Metan</b>					
12GAGB01	-	-	-	-	-
12GAGB02	38,5	43,0	48,0	49,0	50,6
12GAGB03	28,0	38,0	56,0	61,0	72,4
12GAGB04	6,5	17,2	18,8	19,4	21,1
12GAGB05	18,2	18,7	19,2	19,2	19,6
<b>Koldioxid</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>100</b>
12GAGB01	8,2	9,8	11,4	11,4	12,6
12GAGB02	15,0	17,0	20,0	21,0	22,8
12GAGB03	16,0	16,5	17,0	18,0	23,7
12GAGB04	16,5	26,0	28,0	18,6	29,5
12GAGB05	11,0	12,2	12,9	12,9	13,3
Brunn	Gasflöden (i liter per timme) vid olika percentiler				
	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>100</sub>
<b>Metan</b>					
12GAGB01	-	-	-	-	-
12GAGB02	0,0	0,1	0,2	0,2	6,6
12GAGB03	0,4	0,7	1,0	1,2	1,5
12GAGB04	0,0	0,4	0,4	0,4	4,0
12GAGB05	0,0	0,0	0,2	0,2	0,9
<b>Koldioxid</b>	<b>P<sub>50</sub></b>	<b>P<sub>75</sub></b>	<b>P<sub>90</sub></b>	<b>P<sub>95</sub></b>	<b>P<sub>100</sub></b>
12GAGB01	0	0	0,5	0,6	1,6
12GAGB02	0	0	0,2	0,3	1,6
12GAGB03	1,1	2,1	2,8	2,9	2,9
12GAGB04	0	0,4	0,4	0,7	8,6
12GAGB05	0	0	0,1	0,2	2,1





## 4.0 UTVÄRDERING

### 4.1 Återhämtningstest och transportmekanismer

De återhämtningstest som genomfördes av GGS ger indikationer på hur deponigas uppför sig i marken och dess spridningsvägar till markytan. Det finns två huvudsakliga mekanismer som styr gasflöden i deponin, dels diffusion som är rörelser orsakade av koncentrationsskillnader (från högre till lägre gaskoncentration), dels advektion som är orsakade av skillnader i lufttryck (i deponin respektive atmosfären).

Under stabila lufttrycksförhållanden över en äldre deponi är det framförallt diffusion som styr gasflödena. Vid snabba lufttrycksförändringar kan dock deponigas frigöras till atmosfären. Det är hastigheten i tryckförändringen som är avgörande, inte storleken på lufttrycksförändringen. I Tabell 3 redovisas vad som bedöms styra gasavgången vid respektive brunn.

**Tabell 3: Mekanismer som styra gasavgång vid respektive brunn**

Brunn	Tid att nå jämviktskoncentration hos deponigasen	Transportmekanismer	Andra observationer
12GAGB01	Mer än 6 tim	Diffusion	Ingen metangas (CH <sub>4</sub> ). Antingen har CH <sub>4</sub> oxiderats eller så är brunnen placerad utanför deponiområdet
12GAGB02	Ca 2 tim	Advektion	CH <sub>4</sub> % > CO <sub>2</sub> %. Deponigasens sammansättning under jämvikt liknar den som observerats i äldre deponier med begränsat luftutbyte.
12GAGB03	Mindre än 1 tim	Advektion	CH <sub>4</sub> % < CO <sub>2</sub> %. Deponigasens sammansättning under jämvikt liknar den som observerats i äldre deponier med större luftutbyte och viss oxidering av metan
12GAGB04	Ca 3 tim	Advektion	CH <sub>4</sub> % < CO <sub>2</sub> %. Deponigasens sammansättning under jämvikt liknar den som observerats i äldre deponier med större luftutbyte och viss oxidering av metan
12GAGB05	Ca 2 tim	Advektion	CH <sub>4</sub> % > CO <sub>2</sub> %. Deponigasens sammansättning under jämvikt liknar den som observerats i äldre deponier med begränsat luftutbyte.

Brunnarna 12GAGB02 och 12GAGB05 visar snabb återhämtning, vilket tyder på att deponigasen lätt tränger in i brunnarna från omgivande mark. Förhållandet mellan metan och koldioxid (CH<sub>4</sub>% > CO<sub>2</sub>%) tyder på deponigas av god kvalitet och som delvis är utspädd av atmosfärluft. Det finns inga tecken på att det sker oxidering av metan till koldioxid. Det kan vara så att en del koldioxid går i lösning i grundvattnet/lakvattnet, men detta är mindre troligt då detta fenomen skulle ha observerats i alla punkterna (vilket det inte har).

Brunnarna 12GAGB03 och 12GAGB04 visar också (liksom ovan) snabbt återhämtningsförlopp. Deponigasen är av god kvalitet och delvis utspädd av atmosfärluft, men det är troligt att det sker en viss oxidering av metan i deponin.



Det finns inga tecken på att det bildas deponigas vid brunnen 12 GAGB01 och det är troligt att den är placerad i kanten av eller utanför deponin. Därmed är risken för exponering av metan vid denna betydligt mindre.

Det finns en tydlig skillnad mellan brunnarna 12GAGB02/12GAGB05 och 12GAGB03/12GAGB04 vad gäller oxidering av metan, vilket sannolikt beror på att det sker ett större luftutbyte i de senare brunnarna.

### 4.2 Screeningvärden för deponigas

Golder har tagit fram bedömningskriterier för deponigas baserat på den metodik som utarbetats av Wilson och Card och som redovisas i CIRIA-rapporten C665 (2007). De högsta flödeshastigheterna och maximalt uppmätta gaskoncentrationerna har använts vid beräkningar, detta för att inte underskatta potentiella risker.

CIRIA (C665) anger en metodik för olika platser bör klassificeras utifrån gasförhållanden i marken. Detta görs genom att beräkna screeningvärden för deponigas (GSV) enligt följande:

$$GSV (l/s) = \text{maximal uppmätt gaskoncentration (\%)} \times \text{maximalt uppmätt gasflöde (l/s)}$$

Golder har använt denna ekvation för att beräkna riktvärden vid olika percentiler:

$$GSV \text{ vid percentil } x (l/s) = \text{maximal uppmätt gaskoncentration (\%)} \text{ vid percentil } x \times \text{maximalt uppmätt gasflöde vid percentil } x$$

Vid beräkning med den senare ekvationen överskattas riskerna, men Golder bedömer att det är lämpligt att använda försiktiga antaganden. Beräkningar av GSV skulle egentligen göras för varje uppmätt gaskoncentration men då gasflödesmätningar gjordes vid ett enskilt tillfälle var detta inte möjligt. De beräknade GSV har jämförts de bedömningskriterier som redovisas i Tabell 8.5 i CIRIA-rapporten C665. Till bedömningskriterierna finns minimivärden för vilka åtgärder som behöver vidtas för att minimera risker avseende deponigas.

GSV har beräknats för varje borrhål baserat på de data som redovisas i Tabell 1 och för olika percentiler. Det är brukligt att använda 95-percentilen vid riskbedömningar av deponigas. För att få en riskprofil avseende gas har beräkningar gjorts för de mest troliga värdena (50-percentilen) upp till 100-percentilen. Om man ska få fram en riskprofil baserat på punktmätningar måste mätperioden sträcka sig över längre tid för att fånga upp årstidsvariationer. Eftersom den nu genomförda gasmätningen med GasClam's ger en kontinuerlig mätserie får man en mer tillförlitlig bild av hur gaskoncentrationerna varierar i en viss punkt.

I Tabell 4 redovisas beräknade GSV tillsammans med CIRIA's bedömningskriterier. För brunnen 12GAGB01 har inga beräkningar av GSV utförts då metan inte uppmätts i denna punkt.

För metan och koldioxid (huvudbeståndsdelarna i deponigasen), har CIRIA's bedömningskriteriet 4 använts för brunnarna 12GAGB01, 12GAGB04 och 12GAGB05 och bedömningskriteriet 5 för de andra två brunnarna.

Resultaten visar på relativt höga värden med tanke på soptippens ålder. De försiktiga antaganden som gjorts bedöms vara lämpliga med tanke på de platsspecifika förhållandena. Golder bedömer att det kommer krävas ytterligare skydds nivåer än det som angivits.



Tabell 4: Rikvärden för deponigas baserad på modifierad klassificering enligt Wilson och Card (CIRIA rapport C665)

Bedömningskriterier	Riskklass	GSV (CH <sub>4</sub> or CO <sub>2</sub> ) (l/tim)	Andra faktorer	Trolig källa
1	Mycket liten risk	<0.07	Metan 1% och/eller koldioxid 5%. Om halter överstiger dessa nivåer använd bedömningskriteriet 2	Naturlig jord (låg organisk halt) och vanlig fyllning.
2	Liten risk	<0.7	Gasflödet i brunnen lägre än 70l/tim. Om detta flöde överskrids använd bedömningskriteriet 2	Naturlig jord (hög organisk halt) och vanlig fyllning.
3	Måttlig risk	<3.5		Äldre deponi, inert avfall etc.
4	Måttlig till hög risk	<15	Kvantitativ riskbedömning krävs för bedömning av vilka skyddsåtgärder som krävs	Gruvhantering (risk för översvämning) och avslutad deponi (DoE 1991 & DoE 1995b).
5	Hög risk	<70		Mine-working (un-flooded) and inactive with shallow workings near surface.
6	Mycket hög risk	>70		Ny deponi

Tabell 5: Beräknade GSV för deponigas för f.d. soptipp vid Arenastaden

Brunn	GSV vid olika percentiler				
	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>100</sub>
<b>Metan</b>					
12GAGB01	0	0	0	0	0
12GAGB02	0	11	24	35	1063
12GAGB03	14	38	78	104	145
12GAGB04	0	8,6	9,4	9,7	116
12GAGB05	0	4,7	9,6	9,6	118
<b>Koldioxid</b>					
12GAGB01	0	0	5,7	6,8	21
12GAGB02	0	0	10	17	114
12GAGB03	24	48	66	72	95
12GAGB04	0	13	14	17	74
12GAGB05	0	0	6,4	6,4	53,2
Brunn	Klassning enligt CIRIA's bedömningskriterier				
	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>100</sub>
<b>Metan</b>					
12GAGB01	-	-	-	-	-
12GAGB02	1	1	4	5	6



Brunn	GSV vid olika percentiler				
	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>100</sub>
12GAGB03	4	4	4	5	6
12GAGB04	1	4	4	4	6
12GAGB05	1	1	4	4	6
Koldioxid	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>100</sub>
12GAGB01	1	1	4	4	5
12GAGB02	1	1	4	5	6
12GAGB03	4	4	4	5	6
12GAGB04	1	4	4	4	6
12GAGB05	1	1	4	4	5

## 5.0 RISKBEDÖMNING

### 5.1 Deponin

Det finns ingen information om den tidigare deponin. Det är inte känt vilken typ av avfall som deponerats och hur deponin är konstruerad. Verksamheten avvecklades under 1950-talet och det är troligt att avfallet främst utgjordes av hushålls- och byggavfall.

### 5.2 Karakterisering av deponin

- Gasmätningarna visar att fyra av fem brunnar är belägna i den f.d. soptippen
- De diagram som redovisas i GGS rapport visar ingen tydlig korrelation mellan lufttrycksförändringar och avgång av deponigaser
- Återhämtningstestet i borrhålen 12GAGB02 och 12GAGB05 visar på ett snabbt återhämtningsförlopp och att deponigasen lätt transporteras till brunnarna från omgivande marklager. Deponigasen är av god kvalitet och delvis utspädd av atmosfärsluft. Det verkar inte ske någon omfattande oxidering av metan till koldioxid.
- I brunnarna 12GAGB03 och 12GAGB04 visar återhämtningstesten samma mönster som ovan, dock sker det troligtvis en viss oxidering av metan till koldioxid
- Brunnen 12GAGB01 bedöms vara belägen utanför det område där avfall deponerats då ingen metan har uppmätts med GasGlam. Risken för metangas i detta läget bedöms därmed vara mindre.
- Vid brunnarna 12GAGB02 och 12GAGB05 bedöms det inte ske något luftutbyte av betydelse, medan de andra två brunnarna visar tecken på oxidering av deponigasen och därmed är det troligt att det sker ett utbyte av luft. Det finns inga tydliga skillnader i gaskoncentrationer mellan de fyra brunnarna och detta ger tvetydiga resultat. Utifrån CIRIA's bedömningskriterier hamnar brunnarna i riskklass "måttlig" till "hög". De högsta riskvärdena erhöles för det område där hus enligt planerna kommer att byggas.
- Riskerna är kopplade till förekomst av metan och koldioxid i marken. Flyktiga organiska ämnen, kolmonoxid och svavelväte ligger långt under gränsvärdena och utgör därmed ingen risk för den planerade byggnationen

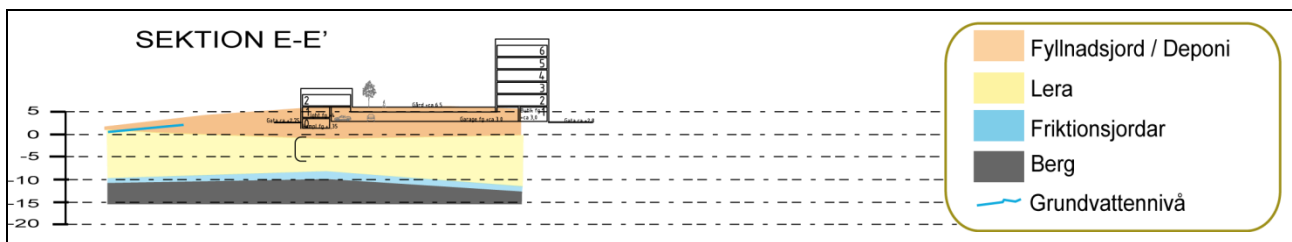


### 5.3 Transportvägar

- Geotekniska undersökningar har visat att jordlagren under avfallet utgörs av lera på ett lager av morän ovan berg. Det är troligt att det har skett sättningrörelser inom deponin. Det finns inga uppgifter om att deponin har avslutats enligt de krav som gäller idag, bl.a. vad gäller sluttäckning. Det är troligt att lerlager och till viss del av det nedbrutna avfallet kan utgöra en barriär för transport av deponigas i marken och därför är det troligt att gastransport sker genom täcksiktet.
- Det finns en potentiell risk att gas skulle kunna spridas genom bergssprickor kring den f.d. deponin. Det finns grundvattenrör och brunnar som installerats i deponin och dessa utgör sannolikt transportvägar och passiva ventilationskanaler för deponigas till markytan.
- Deponigas tenderar att spridas längs de vägar där flödesmotståndet är som minst. Spridning sker som beskrivits ovan antingen genom diffusion (koncentrationsskillnader) eller advektion (tryckskillnader). Den naturliga leran begränsar horisontell spridning och förekomst av grundvatten/lakvatten förhindrar att gas tränger ut genom basen på deponin. De styrande transportmekanismerna kommer därför att vara diffusion och advektion.
- Utvärderingen av gasmätningarna visar att de högsta metanhalterna förekommer i den sydöstra delen av deponin, dvs. där det enligt de preliminära planerna kommer att byggas en servicebyggnad till träningsanläggningen för fotboll. Koncentrationen av deponigas avtar i nordvästlig riktning, sannolikt p.g.a. att avfallslagrens tjocklek minskar och att ett större luftutbyte med atmosfären sker. En annan förklaring kan vara att avståndet till grundvattenytan är mindre i denna del.

### 5.4 Skyddsobjekt

- Enligt de preliminära planerna kommer byggande av bostadshus utföras under nuvarande marknivå och det första våningsplanet utgörs av garage (se Figur 2). De undermarksinstallationer som anläggs (t.ex. rörledningar) kommer att utgöra möjliga spridningsvägar för gas inom området och från mark till byggnaderna.



Figur 4: Konceptuell beskrivning av planerad byggnation i relation till nuvarande marknivåer

- Den främsta risken för planerad byggnation är inträngning av deponigas i bostadshusen. Gas kan även tränga fram där byggnation inte kommer att ske eller spridas horisontellt till angränsande byggnader. Det finns i dagsläget ingen indikation på att spridning av gas sker horisontellt från deponin.
- Den byggnad som uppförs i anslutning till träningsplanen för fotboll kommer sannolikt behöva skydd mot deponigas även om den anläggs i nivå med befintlig markyta, detta p.g.a. de höga metangashalterna i marken.
- För både bostadshusen och byggnaden vid fotbollsplanen föreligger risk för att gas kan tränga in genom bottenplattan. För bostadshus med källare/garage kan inträngning även ske genom väggar som



ligger an mot omgivande mark. Om det finns slutna utrymmen i byggnadernas bottenplan (t.ex. hisschakt), kan deponigas ansamlas där.

- I samband med exploatering av deponiområdet kommer en större del av markytan att hårdgöras och därmed kan deponigas inte tränga upp genom markytan. Detta kan innebära att gas sprids i andra riktningar, t.ex. horisontellt mot omgivande markområden och anläggningar. För att förhindra detta kommer passiva ventilationsanläggningar att behöva installeras i marken inom deponiområdet.

## 6.0 ÅTGÄRDSALTERNATIV AVSEENDE DEPONIGAS

### 6.1 Risker med deponigas

Metan och andra gaser kan spridas genom markens porer in i byggnader genom sprickor eller håligheter i bottenplattan. Metan är explosiv i vissa koncentrationer och kan också orsaka kvävning. Koldioxid är giftigt i relativt låga koncentrationer och kan orsaka kvävning. Om dessa gaser ansamlas i slutna delar av byggnaden kan det uppkomma allvarliga hälso- och säkerhetsrisker.

Deponigas kan ansamlas i utrymmen som står i kontakt med föroreningskällan, t.ex. tunnlar, nedstigningsbrunnar, dräneringar, avloppssystem och källare. Vid metanhalter på mellan 5-15 % i luft föreligger risk för explosion. När deponigaser sprids genom marken och når byggnaden sker utspädning med luft och ovanstående metankoncentrationer kan uppstå i slutna utrymmen. När metan ansamlas i sådana utrymmen minskar syrgashalten snabbt och vid syrgasnivåer på under 10 % uppstår kvävning.

### 6.2 Kontrollåtgärder

Kontrollåtgärder behöver vidtas för att förhindra att ovanstående risker uppstår, t.ex. genom ventilering av utrymmen där deponigas kan ansamlas. I CIRIA's rapport C665 presenteras tre olika system för att förhindra risker med deponigas; passiva och aktiva kontrollsystem samt övervakningssystem.

#### 6.2.1 Passiva system

Dessa system syftar till att skapa barriärer mellan gaskällan och skyddsobjekt genom att gaserna innesluts och leds bort. Sådana system kan t.ex. utgöras av tätskikt av lera, bentonit eller syntetiska material. Tätskikt kan installeras både horisontellt och vertikalt för att förhindra att gaser sprids uppåt och sidleds genom marken. I det aktuella fallet ligger gaskällan under de planerade byggnaderna, vilket gör att uppåtriktat gasflöde är den primära risken.

Fördelen med passiva system är de låga underhållskostnaderna och att de normalt inte kräver energiförsörjning eller säkerhetssystem. Passiva system kräver dock övervakning för att säkerställa dess förmåga att på effektivt sätt innesluta gasen eller att luftflödena är tillräckliga. Utifrån Golders erfarenhet bedöms passiva system som består av flera barriärer ha den bästa långsiktiga hållbarheten och prestandan.

#### 6.2.2 Aktiva system

Aktiva system omfattar normalt extraktion av gas eller ventilation för att öka genomströmning av luft i ett slutet utrymme. Aktiva system möjliggör kontroll av att luftutbytet ligger på acceptabla nivåer, men också av de gaser (eller kondensat) som släpps ut från systemet. Ett aktiv system underlättar också styrning och kontroll av risker med deponigas. Det aktiva systemet kräver underhåll och övervakning, samt ett back-up system som säkerställer kontinuerlig drift även vid elavbrott.

CIRIA anger i sin vägledning att aktiva system skall klara passiv ventilering om energiförsörjning eller andra tekniska problem uppstår som resulterar i driftsavbrott. Golders erfarenhet av aktiva system är att de efter en



period slutar att fungera, framförallt pga. att de inte underhålls i den omfattning som krävs men också att anledningen till att de från början installerades glöms bort.

### 6.2.3 Övervaknings- och alarmsystem

Övervaknings- och alarmsystem används i byggnader som är placerade ovanför gaskällan och sådana skall finnas både för aktiva och passiva system. Syftet med övervakningssystem är att upptäcka om gas ansamlas i slutna utrymmen. När alarm installeras skall även rutiner för evakuering och varningsmeddelanden om stigande gasnivåer upprättas.

Vid utformningen av övervaknings- och alarmsystem måste man beakta var utrustningen kan placeras, vilka krav som ska ställas avseende kalibrering och långsiktigt underhåll samt lämpliga nivåer för aktivering av larmsystemet. Sådana anläggningar måste vara robusta för att förhindra falsklarm och risken för att obehöriga manipulerar med systemet. Golder vet av erfarenhet att sensorer till larmsystem har aktiverats genom användande av t.ex. hårspray och nagellacksborttagare, något som kan påverka människors förtroende för systemen.

CIRIA anger att användande av alarm för hantering av risker med deponigas vid nybyggnation endast har använts i undantagsfall, framförallt pga. av säkerhetsfrågor kring larmsystemen och människors uppfattning av att bo i byggnader med sådana system och utrymningsplaner. Om sådana system skall installeras bör larmsignaler gå till någon extern mottagare (t.ex. ansvarig fastighetsskötare) som har träning och rutiner för att hantera sådana situationer. Detta för att undvika paniksituationer eller att larm ignoreras av de som vistas i byggnaden.

### 6.3 Riskklassning

Med utgångspunkt från de mätningar som har gjorts i de fem gasbrunnar som installerats inom deponiområdet bedöms förhållandena vid punkten 12GAGB01 motsvarar riskkategori 4 enligt CIRIA, dvs. måttlig till stor risk. Riskklassen för denna brunn baseras på uppmätta halter av koldioxid (ingen metangas). Samma riskklass gäller för brunnarna 12GAGB04 och 12GAGB05, men i dessa är både koldioxid- och metanhalterna styrande. De två sista brunnarna faller inom CIRIA's klass 5, dvs. hög risk. I samtliga fall har klassningen gjorts baserat 95-percentilvärden, dvs. i enlighet med CIRIA's rekommendationer.

Sammantaget bedöms att de nya byggnaderna kommer att behöva anläggas med höga krav på skydd för gasinträngning. Detta gäller framförallt våningsplan som placeras på eller under markytan, dvs. parkeringsgarage och lägenheter i bottenplanet (direkt på markytan).

### 6.4 Rekommenderade skyddsåtgärder avseende deponigas vid nybyggnation

Som redovisats ovan bedöms den planerade byggnationen på den f.d. soptippen innebär måttlig till hög risk vad gäller deponigaserna koldioxid och metan. Det innebär att skyddsåtgärder och kontrollsystem kommer att krävas för att förhindra hälsorisker. Golder bedömer att följande åtgärder kommer att krävas för att möjliggöra exploatering av soptippen:

- Förstärkt och platsgjuten betongplatta (fribärande, icke fribärande eller med förstyvande balkar) med tätmembran 1200 g
- Alla fogar och genomföringar skall tätas;
- Godkända gastäta membran;



- Passivt ventilerade eller positivt trycksatta undergolv samt kontroll av gasnivåer under golvkonstruktioner
- Det är särskilt viktigt att installera barriärsystem där ledningar etc. ansluter till byggnaderna
- Dagvattenavlopp i garagedelen av byggnaden måste isoleras från underliggande mark för att förhindra inträngning av deponigas
- Installation av ventilationsrör och brunnar för kunna reducera gasproduktionen i marken över tid

De åtgärder som föreslås ovan baseras på 95-percentilvärden av metan- och koldioxidhalter och är att betrakta som konservativa (försiktiga) skyddsnivåer.

Det passiva kontrollsystemet för deponigas måste utformas så att det även tas hänsyn till att nya spridningsvägar för gas kan uppkomma när den f.d. soptippen exploateras. Under nuvarande förhållanden ventileras gasen bort via markytan. De gaskoncentrationer som uppmätts behöver därför inte vara representativa för de förändrade markförhållandena, dvs. när marken bebyggs och hårdgjorts. De förändrade förhållanden kan kontrolleras genom gasmätningar under byggtiden, men det kommer även krävas framtida kontroller av deponigas i kontrollbrunnar (passivt system) och under byggnaderna. Följande skall också beaktas vid byggnation inom den f.d. soptippen:

- Pålningsarbeten och anläggande av markförlagda ledningar etc. kan skapa nya spridningsvägar för gas
- Det är viktigt att regelbundna besiktningar görs av upptäckta nybildade sprickor i byggnadskonstruktioner, vilka kan öppna nya spridningsvägar för gas
- Fortsatta sättningar i avfallet i kombination med hårdgörning av markytor kan förändra gasförhållandena i marken

De rekommendationer som redovisas i denna rapport avser åtgärder som skall minska risken för negativa effekter av deponigas, dvs. främst skydd av människor som bor och vistas i de byggnader som planeras att byggas. Det kommer dock krävas ytterligare undersökningar och utredningar för att kunna utforma en strategi för hur risker skall hanteras både i byggskedet och efter avslutad byggnation. En strategi för fortsatta undersökningar kommer att redovisas i ett separat dokument.

## 6.5 Fortsatta undersökningar och utredningar

Det kommer att krävas fortsatta undersökningar och utredningar för att kunna projektera någon av de möjliga åtgärder som redovisats ovan. Golder föreslår att följande undersökningar genomförs:

- Installation av nya rör för mätning av gaskoncentrationer och flöden. Gasflödena har i den första undersökningsfasen bestämts överslagsmässigt, men för att kunna beräkna mer tillförlitliga riktvärden för deponigas behöver ytterligare mätningar genomföras
- Kompletterande geotekniska undersökningar för att bättre kunna avgränsa utfyllnadsområdet och för att kunna bedöma framtida sättningar och åtgärder som förhindrar att det bildas transportvägar för gas
- Provgropsgrävningar för att kunna bestämma mängden organiskt avfall som finns inom deponiområdet. Prover kommer även att behöva tas på avfall som ligger djupare i deponin och detta görs genom borring, t.ex. i samband med installation av nya gasbrunnar/-rör.
- Med utgångspunkt från de data som samlas in kan mer tillförlitliga riktvärden utarbetas och den framtida gasproduktionen skattas.





- Erfarenheter från andra projekt där byggnation utförts på f.d. avfallsupplag kommer att studeras. Om möjligt görs studiebesök för att få information om vilka åtgärdslösningar som har valts inom de olika bostadsprojekten.

### GOLDER ASSOCIATES AB

Stockholm, 2013-10-02

Thomas Jansson

Maria Sundesten

Org.nr 556326-2418

VAT.no SE556326241801

Styrelsens säte: Stockholm

i:\projekt\2012\1270157 arenastaden utredning soptipp\rapport\1270154 rapport deponigas leverans.docx



# **BILAGA A**

## **Situationsplan**



DETALJPLAN ARENASTADEN  
JÄRVA 4:17 m.fl.

PROVTAGNINGSPPLAN

Projektnr.  
12512420157  
Skala 1:800  
Datum 12-10-11

BILAGA A

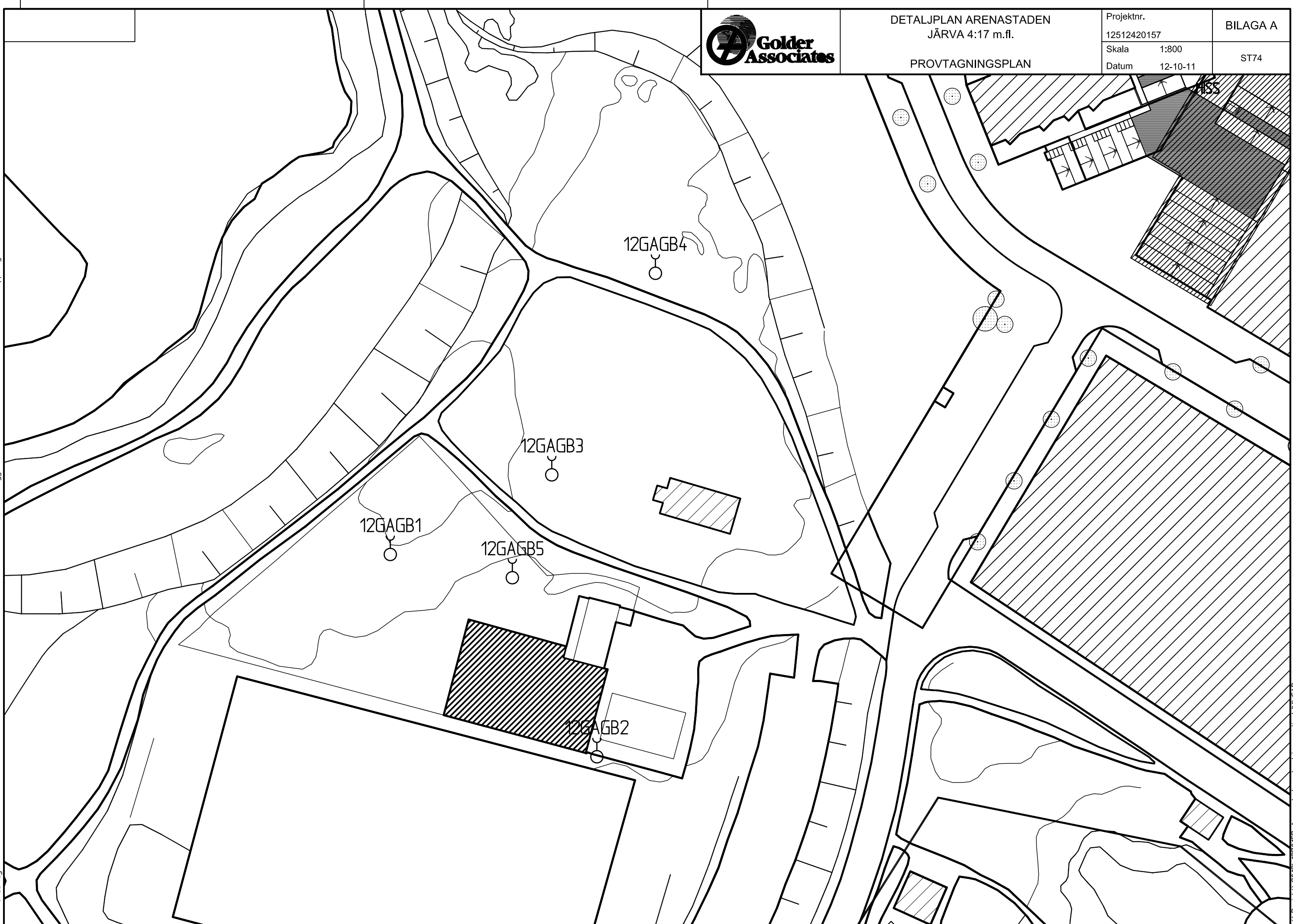
ST74

Uppdragsledare:

Handläggare:

Ritad av:

Underlag:





# **BILAGA B**

## **Deponigasundersökning - Ground Gas Solutions**

## **Ground-Gas Solutions Ltd**

Greenheys  
Manchester Science Park, Pencroft Way,  
Manchester, M15 6JJ  
**Telephone:** 0161 232 7465  
**Email:** [info@ground-gassolutions.co.uk](mailto:info@ground-gassolutions.co.uk)  
**Web:** [www.ground-gassolutions.co.uk](http://www.ground-gassolutions.co.uk)



## **GGs DataPack® Plus**

### **Arenastaden, Solna, Stockholm**

**Prepared for:**  
**Golders Associates AB**

## Document Control Page



<b>Client</b>	Golders Associates AB Östgötagatan 12 116 25 Stockholm Sweden
<b>Project Title</b>	GGs DataPack® Plus Arenastaden, Solna, Stockholm
<b>Report Ref</b>	GGs313DP01
<b>Project Revision</b>	
<b>Revision Detail</b>	First Issue
<b>Issue Status</b>	FINAL

	<b>Name</b>	<b>Position</b>	<b>Signature</b>	<b>Date</b>
<b>Prepared By:</b>	João Marcos Dyer	Geo-Environmental Specialist		5 <sup>th</sup> December 2012
<b>Checked By:</b>	Kristoffer Harries	Senior Geologist		5 <sup>th</sup> December 2012
<b>Approved By:</b>	John Naylor	Technical Director		5 <sup>th</sup> December 2012

# GGs DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

### FOREWORD

This report has been prepared based on information made available to Ground-Gas Solutions Limited (GGS) at the time of the reporting using all reasonable skill, care and diligence and within the limitations of the scope of works agreed with, and resources provided by, the client.

GGS has relied on information provided by others and has prepared this report on the basis of this information being accurate.

The report and recommendations therein are provided based on information available to GGS at the time of preparing the report and completed to recognised UK guidance and legislation. GGS will not accept any liability for inaccurate or incomplete information provided to GGS or any liability arising from the future change of any such guidance or legislation.

GGS is not obliged and disclaims any obligation to carry out further works or update the report for events occurring after such works have been carried out, and / or report issued in final form. This also applies to transfer of the report to other parties.

This report must be issued as final and be signed by the author and approved by a company director before the report may be relied upon by the client and subject to full payment for our services being made.

Any third parties using or relying on the information, comments, conclusions and recommendations do so at their own risk. Should any third party wish to use or rely upon the content of the report, written approval must be sought from a GGS Director; a charge may be levied against such approval.

# Contents



## Contents

1.0	Introduction.....	1
1.1	Scope of Works.....	1
2.0	Site Context.....	2
2.1	Site Location .....	2
2.2	Site Description and Topography.....	2
3.0	Methodology.....	4
3.1	Fieldwork.....	4
4.0	Results .....	5
4.1	High Frequency Monitoring Results .....	5
4.2	Summary of GasClam® results.....	6
5.0	Instrumentation and Monitoring.....	9
5.1	GasData GFM435.....	9
5.2	GGs GasClam® Instrument.....	9
5.3	Water Level Logging .....	11
6.0	GasClam® High Frequency Monitoring Assessment .....	12
6.1	Pressure: Atmospheric and Borehole .....	12
6.2	Water level.....	13
6.2	Ground-gas Flux.....	13
6.3	Concentration Duration.....	14
6.4	High Frequency Data Summary.....	15
7.0	Limitations .....	16





# GGs DataPack® Plus Arenastaden, Solna, Stockholm

## Appendices

Appendix A – Time Series Data and Graphs

Appendix B – Purge and Recovery Profiles

Appendix C – Borehole Flux Calculations

Appendix D – Concentration Duration Curves

Appendix E – Environmental Monitoring Data and Other Observations

Appendix F – GFM Calibration Certificate

Appendix G – GasClam® Calibration Certificates

Appendix H – GGS GasClam® Instrumentation Overview & Deployment Information

# GGG DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

### 1.0 Introduction

Ground-Gas Solutions Limited has been commissioned by Golders Associates to undertake continuous ground-gas monitoring in 5 boreholes at Arenastaden and prepare a factual report (GGG DataPack® Plus) containing the following information:

- Environmental monitoring data and other observations
- Time series data and graphs
- Continuous groundwater level data
- Purge and recovery profiles
- Concentration duration curves
- Calibration certificates

### 1.1 Scope of Works

The scope of works involved the following tasks:

- An initial visit to the site by Mr Kristoffer Harries of Ground-Gas Solutions (GGG) and Miss Emma Graaf of Golders Associates AB on 23<sup>rd</sup> October 2012. During this visit, 5 No. GGS GasClam® devices were deployed together with water level monitoring devices (supplied and installed by Golders Associates AB) to continuously monitor the ground-gas and water level regime for a four week period;
- Miss Emma Graaf carried out 3 interim visits to change the GasClam® batteries;
- Mr Joao Dyer and Ms. Victoria Wilson carried out the final site visit to collect the GasClam®s at the end of the four week period;
- Provision of a Factual GGS DataPack® Plus report.

# GGs DataPack® Plus Arenastaden, Solna, Stockholm

## 2.0 Site Context

### 2.1 Site Location

The site is located in Arenastaden, Solna. The site is less than one kilometre from Solna Station. The approximate geographic coordinates for the site is 59°22'12.38"N, 17°59'48.98"E.

### 2.2 Site Description and Topography

The site currently comprises a mini-golf course and a public park (Figure 1, 2, 3 and 4). There is a lake (Råstasjön) to the west of the site (Figure 1), and there is significant construction activity to the north and east for a mixed residential / commercial development. The site is generally level and flat lying.

The surrounding area comprises some residential housing and a new 54,000 capacity stadium and is largely dominated by the on-going construction works for a new neighbourhood with a mix of residential housing and commercial businesses.



Figure 1: View of Råstasjön from the site

GGs DataPack® Plus  
Arenastaden, Solna, Stockholm



Figure 2: View of 12GA-GB02



Figure 3: View of 12GA-GB05



Figure 4: View of 12GA-GB01

# GGG DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

### 3.0 Methodology

#### 3.1 Fieldwork

Continuous monitoring was carried out using GGS GasClam® instrumentation. The five GGS GasClam® devices were installed on 23<sup>rd</sup> October 2012 and collected on 23<sup>rd</sup> November 2012.

Each borehole was subjected to a GGS Purge and Recovery Test. This test provides an indication of gas flux. Boreholes were purged with air until carbon dioxide and methane dropped to negligible levels; a GasClam® device was then immediately installed, sealed with a rubber neck collar, and activated in the borehole to measure gas at three minute intervals. The GasClam® recorded data at this frequency until ground gas concentrations reached a plateau.

On completion of the purge and recovery test, the GasClam® instruments were set to record at hourly intervals, bulk gases including methane (CH<sub>4</sub>), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and oxygen (O<sub>2</sub>) and trace gases including total volatile organic compounds (TVOC), hydrogen sulphide (H<sub>2</sub>S) and carbon monoxide (CO) for the duration of the monitoring period. The GasClam® instrumentation also record atmospheric pressure, borehole pressure and temperature. In addition to this, Golders Associates AB deployed water level logging instruments in each of the boreholes.

# GGG DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

### 4.0 Results

#### 4.1 High Frequency Monitoring Results

High-frequency and continuous data provide reliable information to assist in the identification of the dominant ground-gas generation and driving processes occurring at a site. The data also assist in both qualitative and quantitative risk assessment and provide confidence to spot sampling results.

When the sampling frequency is increased to match the frequency of environmental change, the data collected can be termed 'continuous'. A continuous data set therefore captures the full range of variation in the environment.

GGG DataPack® Plus analysis involves converting raw data files from the GGS GasClam® instruments into Excel spreadsheets. The raw data is then plotted as time series data graphs, showing the gas concentrations (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, TVOC, H<sub>2</sub>S and CO), atmospheric pressure, borehole pressure and temperature against time. The time series graphs are presented at the end of this report. Time series data tables along with the graphs are also presented in Appendix A.

Purge and recovery profiles are presented in Appendix B. Borehole flux calculations for methane and carbon dioxide, where recovery is recorded, are presented in Appendix C.

Concentration duration curves of methane, carbon dioxide and oxygen have been plotted from the high frequency (continuous) monitoring results for all monitored boreholes. The concentration duration curve data and graphs are presented in Appendix D. The concentration duration graphs display the relative percentage of time for which concentrations of gas are present over the monitoring period.

Ground-gas spot monitoring was carried out by GGS using a GFM 435 gas analyser. Groundwater level measurements were taken by Golders Associates AB. The spot monitoring and groundwater levels were taken at 5 No. boreholes across the site on the initial site visit. Observations of weather, barometric pressure and ground conditions were also recorded. The spot monitoring record is presented in Appendix E.

# GGs DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

### 4.2 Summary of GasClam® results

A summary of the GasClam® results, showing the minimum and maximum gas concentrations and atmospheric pressure from each borehole, is given in Table 4.1 below.

BH Ref	CH <sub>4</sub> (% v/v)		CO <sub>2</sub> (% v/v)		O <sub>2</sub> (% v/v)		ATM (millibars)		TVOC (ppmv)		CO (ppmv)		H <sub>2</sub> S (ppmv)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
12GA-GB01	0.0	0.0	0.0	12.6	10.3	20.0	987	1025	0	0	0	2	0	0
12GA-GB02	0.8	50.6	0.5	22.8	0.0	16.6	989	1025	0	0	0	7	0	0
12GA-GB03	0.5	72.4	0.0	23.7	0.0	20.6	986	1025	0	3	0	5	0	1
12GA-GB04	0.0	21.1	1.0	29.5	0.0	14.9	988	1027	0	13	0	17	0	1
12GA-GB05	0.8	19.6	0.5	13.3	0.0	17.2	988	1025	0	2	0	18	0	1

Note - % v/v = percentage by volume  
ppmv = parts per million by volume

Table 4.1 Summary of GasClam® results for each monitored borehole

Key observations from the data:

#### 12GA-GB01

- Methane remained undetected throughout the monitoring period;
- Carbon dioxide varies between the limit of detection and 12.6% v/v;
- Oxygen varies between 10.3 and 20.0% v/v;
- A strong inverse (displacement) relationship occurs between carbon dioxide and oxygen during the monitoring period;
- Total volatile organic compounds and hydrogen sulphide was not detected during the monitoring period; Carbon monoxide varies between 0 and 2 ppmv throughout the monitoring period;
- Borehole and atmospheric pressure follow a similar trend, with periods of negative pressure differential up to -2 millibars and positive pressure differential up to 1 millibars;
- Nine falling atmospheric pressure trends have been recorded, the most significant fall was 19 millibars in magnitude over a 21 hour period. The maximum rate of fall was 2 mb per hour;
- During the purge and recovery test on 23<sup>rd</sup> October 2012, the borehole flux for carbon dioxide was calculated at 2.039 litres per hour (ltrs/hour).

#### 12GA-GB02

- Methane varies between 0.8 and 50.6% v/v during the monitoring period;
- Carbon dioxide varies between 0.5 and 22.8% v/v;
- Oxygen varies between the limit of detection and 16.6% v/v;
- An inverse (displacement) relationship occurs between methane and carbon dioxide with oxygen throughout the monitoring period;
- Total volatile organic compounds and hydrogen sulphide were not detected during the monitoring period; Carbon monoxide varies between 0 and 7 ppmv;

# GGs DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

- Borehole and atmospheric pressure follow a similar trend, with periods of negative pressure differential up to -1 millibars and positive pressure differential up to 2 millibars;
- Six falling atmospheric pressure trends have been recorded, the most significant fall was 19 millibars in magnitude over a 21 hour period. The maximum rate of fall was 2 millibars per hour;
- During the purge and recovery test on 23<sup>rd</sup> October 2012, the borehole flux for methane was calculated at 3.839 ltrs/hour and for carbon dioxide it was calculated at 1.182 ltrs/hour.

### 12GA-GB03

- Methane varies between 0.5 and 72.4% v/v during the monitoring period;
- Carbon dioxide varies between the limit of detection and 23.7% v/v;
- Oxygen varies between the limit of detection and 20.6% v/v;
- An inverse (displacement) relationship occurs between methane and carbon dioxide with oxygen throughout the monitoring period;
- Total volatile organic compounds vary between 0 and 3 ppmv; Hydrogen sulphide varies between 0 and 1 ppmv; Carbon monoxide varies between 0 and 5 ppmv;
- Borehole and atmospheric pressure follow a similar trend, with limited pressure differential up to 1 millibar;
- Nine falling atmospheric pressure trends have been recorded, the most significant fall was 19 millibars in magnitude over a 21 hour period. The maximum rate of fall was 2 mb per hour;
- During the purge and recovery test on 23<sup>rd</sup> October 2012, the borehole flux for methane was calculated at 2.866 ltrs/hour and for carbon dioxide it was calculated at 3.923 ltrs/hour.

### 12GA-GB04

- Methane varies between the limit of detection and 21.1% v/v during the monitoring period;
- Carbon dioxide varies between 1.0 and 29.5% v/v;
- Oxygen varies between the limit of detection and 14.9% v/v;
- A strong inverse (displacement) relationship occurs between methane and carbon dioxide with oxygen throughout the monitoring period;
- Total volatile organic compounds vary between 0 and 13 ppmv; Hydrogen sulphide varies between 0 and 1 ppmv; Carbon monoxide varies between 0 and 17 ppmv;
- Borehole and atmospheric pressure follow a similar trend, with periods of negative pressure differential up to -1 millibars and positive pressure differential up to 1 millibars;
- Nine falling atmospheric pressure trends have been recorded, the most significant fall was 18 millibars in magnitude over a 20 hour period. The maximum rate of fall was 2 mb per hour;



# GGs DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

- During the purge and recovery test on 23<sup>rd</sup> October 2012, the borehole flux for methane was calculated at 4.755 ltrs/hour and for carbon dioxide it was calculated at 8.645 ltrs/hour.

### 12GA-GB05

- Methane varies between 0.8 and 19.6% v/v during the monitoring period;
- Carbon dioxide varies between 0.5 and 13.3% v/v;
- Oxygen varies between the limit of detection and 17.2% v/v;
- An inverse (displacement) relationship occurs between methane and carbon dioxide with oxygen throughout the monitoring period;
- Total volatile organic compounds vary between 0 and 2 ppmv; Hydrogen sulphide varies between 0 and 1 ppmv; Carbon monoxide varies between 0 and 18 ppmv;
- Borehole and atmospheric pressure follow a similar trend, with periods of negative pressure differential up to -1 millibars and positive pressure differential up to 1 millibars;
- Nine falling atmospheric pressure trends have been recorded, the most significant fall was 18 millibars in magnitude over a 21 hour period. The maximum rate of fall was 1 mb per hour;
- During the purge and recovery test on 23<sup>rd</sup> October 2012, the borehole flux for methane was calculated at 2.210 ltrs/hour and for carbon dioxide it was calculated at 2.078 ltrs/hour.

During the monitoring period there have been the following identified technical observations of the data from the GasClam®s used on site:

**1:** During the interim visit on 8<sup>th</sup> November 2012, GasClam 000005/11/09 experienced a technical fault and stopped recording data. This issue was resolved on 19<sup>th</sup> November 2012 and this GasClam successfully recorded data for the remainder of the monitoring period. In order to recover additional data, the monitoring period for 12GA-GB02 was extended by two days and GasClam 000005/11/09 was deployed until 25<sup>th</sup> November 2012.

**2:** The water level logging equipment used in 12GA-GB02 appears to have malfunctioned and therefore this data has been omitted from the report.

# GGs DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

### 5.0 Instrumentation and Monitoring

#### 5.1 GasData GFM435

The GasData GFM435 gas analysers with flow meter measures borehole flow rates, bulk gas concentrations (methane, carbon dioxide and oxygen), barometric and differential pressure. The current calibration certificate for the instrument used on site is presented in Appendix F.

The specification range of the GFM435 is as follows:

Feature	Method / Type	Range	Resolution
Methane	Infrared	0 - 100%v/v	0.1%
Lower Detection Limit (LEL)	Infrared	0 - 100%v/v	0.1%
Carbon Dioxide	Infrared	0 - 100%v/v	0.1%
Oxygen	Electrochemical	0 - 25%v/v	0.1%
Hydrogen Sulphide	Electrochemical	0 - 2000ppm	1ppm
Carbon Monoxide	Electrochemical	0 - 5000ppm	1ppm
Atmospheric Pressure	Absolute Pressure Sensor	800 - 1200mb	1mb
Differential Pressure	Thermal Dissipation	±1250Pa	0.1Pa
Temperature	Bi-metal	-10°C to +100°C	1°C
Flow	Thermal Dissipation	-60 – 100 l/hr	0.1l/hr

Table 5.1 GFM Specification

#### 5.2 GGS GasClam® Instrument

All GGS GasClam® instrumentation is maintained in accordance with the manufacturer recommendations and is factory serviced and calibrated annually. Routine maintenance including the replacement of filters, operational checks and gas checks are carried out at regular intervals and prior to deployment at a site. Factory service and calibration information for the instrumentation that was used on this site is included in the table below:

# GGs DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

GasClam Serial Number	Location on site	Service/Calibration Date	Gas Check	
			Prior to deployment	Completion of monitoring period
000030/12/09	12GA-GB01	27/09/2012	19/10/2012	04/12/2012
000005/11/09	12GA-GB02	15/02/2012	22/10/2012	04/12/2012
000006/11/09	12GA-GB03	17/05/2012	22/10/2012	04/12/2012
000028/04/09	12GA-GB04	04/09/2012	19/10/2012	04/12/2012
000033/12/09	12GA-GB05	27/09/2012	19/10/2012	04/12/2012

Table 5.2 GGS GasClam® Factory Service & Calibration

A copy of the calibration certificates for the instrumentation used on site is included in Appendix G. An outline of the GGS GasClam® Instrumentation Overview & Deployment Information is presented in Appendix H.

The sensor specifications are as follows:

Sensor	Method / Type	Range	Resolution
Methane (0-100%)	Infrared	0 - 100%v/v	1% of measuring range above 50%, 0.5% below 50%
#Methane (0-5%)	Infrared	0-5%v/v	0.05%
Carbon Dioxide (0-100%)	Infrared	0 - 100%v/v	1% of measuring range above 50%, 0.5% below 50%
#Carbon Dioxide (0-5%)	Infrared	0-5%v/v	0.05%
Oxygen	Electrochemical	0 - 25%v/v	0.1%
*Hydrogen Sulphide	Electrochemical	0 - 100ppmv	1ppmv
*Carbon Monoxide	Electrochemical	0 - 1000ppmv	1ppmv +/-6ppm
*Total Volatile Organic Compounds	PID	0 - 4000ppmv	1ppmv
Atmospheric Pressure	Piezoelectric	800 - 1200mb	1mBar
Borehole Pressure	Piezoelectric	800 - 1200mb	1mBar
Temperature	Internal chip	-5°C to +50°C	1°C

# Only installed on the 0-5% High Resolution GasClam® \* Only installed in VOC GasClam®

Table 5.3 GGS GasClam® Sensor Specification

Cross sensitivity to other gases and significant environmental changes should be taken into consideration when considering all site monitoring data.

# GGs DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

### 5.3 Water Level Logging

The water level logging equipment used on site were Schlumberger Divers. The divers were provided by Golder Associates AB and were installed in all the boreholes on site by Golder Associates AB. GGS have not been provided with the specification of the divers for inclusion in this report.

The continuous water level data is presented with the time series data and graph in Appendix A.

## 6.0 GasClam® High Frequency Monitoring Assessment

High-frequency data provides a wealth of information to inform a consideration of the dominant processes occurring on the site, to classify the potential risk and to add confidence to spot monitoring results.

The potential drivers for the dominant processes occurring on site are discussed below.

### 6.1 Pressure: Atmospheric and Borehole

Several clear falls in atmospheric pressure occurred during the four week monitoring period. Atmospheric pressure dropped below 990mb during the monitoring of all borehole installations.

The maximum rate of fall during this fall was 2 millibars per hour. This rate is slower than that recorded during the Loscoe event in 1986<sup>1</sup> which recorded a maximum 4.8 millibar drop per hour but is still considered to be significant.

Correlations between atmospheric pressure and bulk gas concentrations have been observed in boreholes 12GA-GB01, 12GA-GB03 and 12GA-GB04. The largest falling atmospheric pressure event displays a drop of 19mb over a 21 hour period (24<sup>th</sup> October at 21:20 to 25<sup>th</sup> October at 18:20), to a low of 991mb.

The concentrations of carbon monoxide and total volatile organic compounds in 12GA-GB04 regularly increased concentration in response drops in atmospheric pressure, with increased concentrations of these gases during these periods.

The continuous monitoring data observations for 12GA-GB02 and 12GA-GB05 show that concentrations of methane and carbon dioxide tend to plateau after their recovery from purging and remain relatively constant and stable over the monitoring period. This would indicate a generating gas source.

Atmospheric and borehole pressure followed the same pattern in all the monitored wells and very little pressure differential was observed during the monitoring period. This suggests that the upper landfill materials are permeable. This is supported by the rapid recovery of oxygen and sharp decrease of methane and carbon dioxide in 12GA-GB03 and 12GA-GB04.

---

<sup>1</sup> Aitkenhead, N. and Williams G. M. (1986). Geological Evidence to the Public Inquiry into the Gas Explosion at Loscoe. Report Number FP/87/8/83AS. British Geological Survey.

# GGs DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

### 6.2 Water level

Atmospheric pressure appears to coincide with water level changes on site.

There was a significant fall in water levels across the site on 21<sup>st</sup> November 2012. This was most noticeable in the highest elevation boreholes (12GA-GB01 and 12GA-GB03).

### 6.2 Ground-gas Flux

Monitoring of the ground-gas recovery after purging the borehole gives an indication of the flux of ground-gas between the ground and the borehole. Ground-gas flux is an indication of the rate of gas entering the purged well void; typically a slow recovery indicates low generation, low gas reservoir. Rapid recovery can either indicate high generation or the presence of a 'reservoir' of ground-gas held within the pore spacing and voids of the vadose zone which immediately refills the borehole space after purging. The porosity of the surrounding geology also has an effect on recovery rates; a highly porous media such as gravel surrounding the borehole will allow faster gas recovery than a less porous media such as silt and sand. Atmospheric pressure or water level changes can also affect the rate of gas recovery, as creation of a positive pressure differential (positive flow) can effectively pull ground-gas back into the borehole standpipe more quickly than under stable pressure conditions. The site conceptual model as well as atmospheric pressure changes should therefore be taken into account when interpreting purge and recovery data.

The observed increases in gas concentration from the time series data can also be used to provide an indication of gas flux in worst observed conditions.

The table below shows the maximum recovery rates for methane and carbon dioxide, encountered following the purging of boreholes. For those boreholes where a recovery was not observed, no data has been supplied. The flux calculations are presented in Appendix C.

Borehole ref	Worst case max CH <sub>4</sub> Flux during recovery (litres / hour)	Average CH <sub>4</sub> Flux during recovery (litres / hour)	Worst case max CO <sub>2</sub> Flux during recovery (litres / hour)	Average CO <sub>2</sub> Flux during recovery (litres / hour)
12GA-GB01	N/A	N/A	2.039	0.146
12GA-GB02	3.839	0.671	1.182	0.327
12GA-GB03	2.866	2.034	3.923	2.595
12GA-GB04	4.755	0.739	8.645	1.113
12GA-GB05	2.210	0.323	2.078	0.286

\* Estimated based on time series data

**Table 6.1** Flux rates following borehole purge

# GGs DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

Borehole 12GA-GB04 shows the highest worst case recovery fluxes of methane at 4.755 litres per hour and carbon dioxide at 8.645 litres per hour. Borehole 12GA-GB03 shows the highest average recovery fluxes of methane at 2.034 litres per hour and carbon dioxide at 2.595 litres per hour. The purge and recovery profiles from which the flux data has been calculated can be seen in Appendix B.

### 6.3 Concentration Duration

Concentration duration analysis converts the total monitoring period for each borehole into percentage time and configures all recorded ground-gas concentrations from highest to lowest. This produces a curve of gas concentration against percentage time, to enable observation of the proportion of the monitoring period spent at each gas concentration. Concentration duration curves are found in Appendix D. The table below summarises the percentage of time for which each borehole was experiencing a 5% v/v or above methane concentration (at or above the explosive limit) and a 5% v/v or above carbon dioxide concentration.

Borehole Ref	Percentage Time at which CH <sub>4</sub> equalled or exceeded		Percentage Time at which CO <sub>2</sub> equalled or exceeded	
	1% v/v	5% v/v	5% v/v	10% v/v
12GA-GB01	Not exceeded	Not exceeded	80.7	22.5
12GA-GB02	99.5	99.2	97.9	89.4
12GA-GB03	99.7	97.0	88.2	75.9
12GA-GB04	67.9	53.7	99.5	80.0
12GA-GB05	99.7	99.6	98.6	94.6

**Table 6.2** Percentage time exceedance during monitoring

Borehole 12GA-GB05 shows the most sustained presence of bulk gases, with the lower trigger values for methane and carbon dioxide being exceeded for up to 99.7% and 98.6%, respectively, of the total monitoring period. The secondary trigger levels for methane and carbon dioxide were exceeded for 99.6% and 94.6%, respectively, for the total monitoring period. The majority of other monitoring locations were typically above the lower trigger level for methane concentrations, with the exception of 12GA-GB01. This borehole did not record any methane during the monitoring period. All the monitored wells exceeded the lower and higher trigger levels for carbon dioxide.

# GGs DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

### 6.4 High Frequency Data Summary

The results of the High Frequency Monitoring has provided valuable information relating to the gas concentration, flux rates and likely driving mechanisms which make up the ground-gas regime for the site. The following maximum concentrations have been observed:

- Methane – 72.4%v/v (12GA-GB03);
- Carbon dioxide – 29.5%v/v (12GA-GB04);
- Oxygen (minimum results recorded) – 0%v/v (12GA-GB02, 12GA-GB03, 12GA-GB04 and 12GA-GB05);
- Hydrogen sulphide – 1ppmv (12GA-GB03, 12GA-GB04 and 12GA-GB05);
- Carbon monoxide – 18ppmv (12GA-GB05);
- Total volatile organic compounds – 13ppmv (12GA-GB04).

The time series data from the monitoring locations is highly variable indicating complex ground-gas responses to environmental parameters, with a number of driving mechanisms with atmospheric pressure being the primary driving mechanism.



# GGG DataPack® Plus

## Arenastaden, Solna, Stockholm

### 7.0 Limitations

Ground-Gas Solutions Limited (GGS) has prepared this factual report for the use of the Client and those parties whom a warranty agreement has been executed, or with whom an assignment has been agreed.

GGS accepts no responsibility for the consequences of this document being used for any purpose or project other than for which it was commissioned or for the consequences arising from this document's use by any third party with whom an agreement has not been executed.

GGS accept no responsibility for the interpretation of this factual data. A reviewer of the data provided must take into account other available information and the context in which this data was collected. For example, site setting, conceptual site model, environmental conditions, gases present (that are not monitored as part of this contract, but may interfere with the sensors used), borehole construction and response zone information.

GGS accepts no responsibility for damages, if any, suffered by any third party as a result of decisions made or actions based on this factual report.

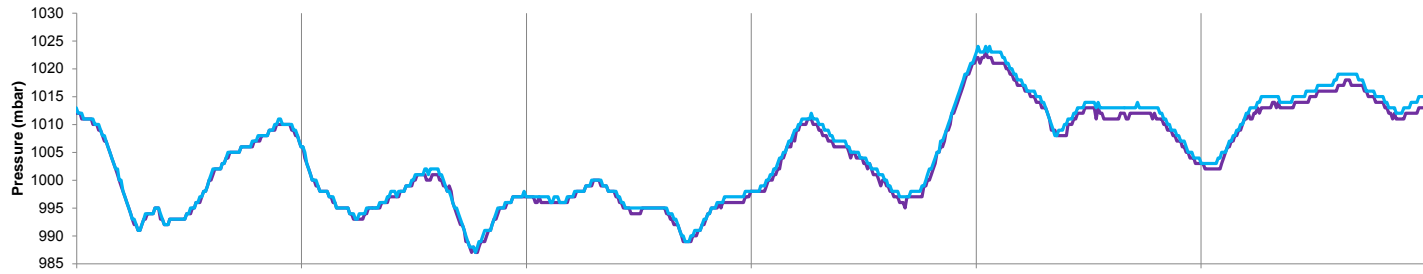
GGs DataPack® Plus  
Arenastaden, Solna, Stockholm

## Time Series Graphs

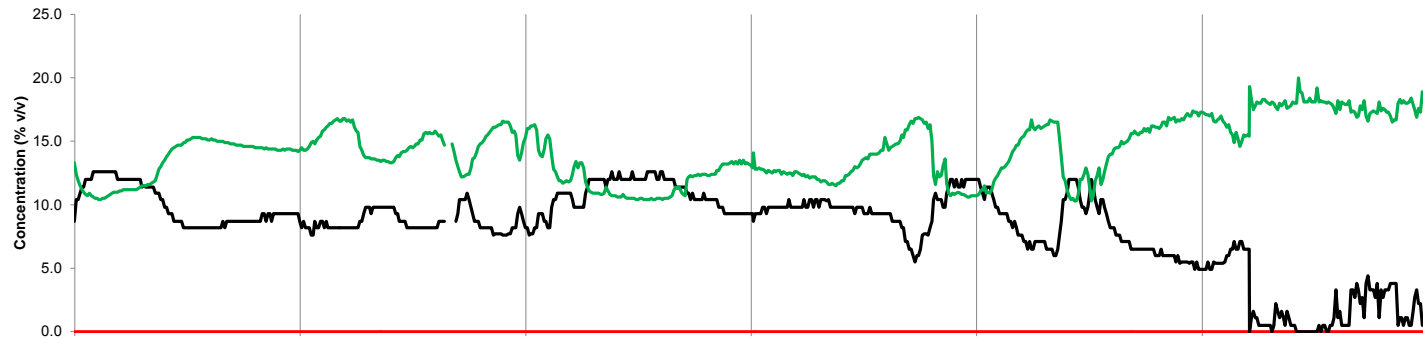
For: Golders Associates AB  
Ref No.: GGS313DP01  
Date: December 2012



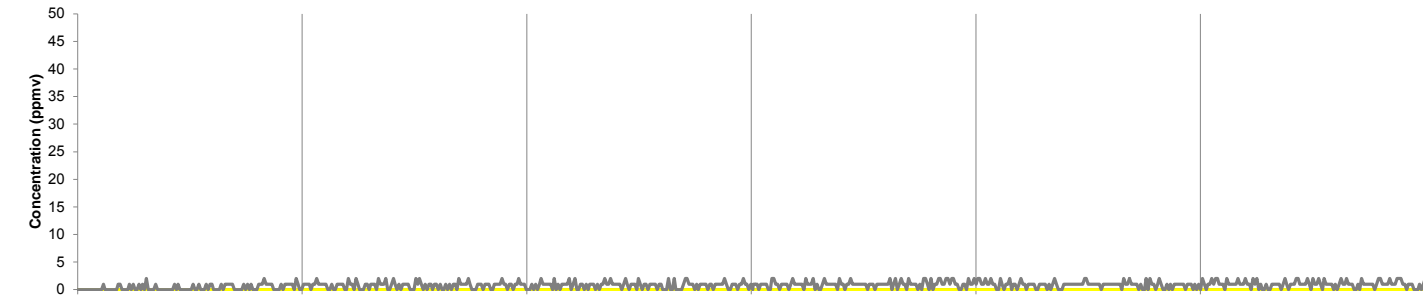
# Time Series Data:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB01



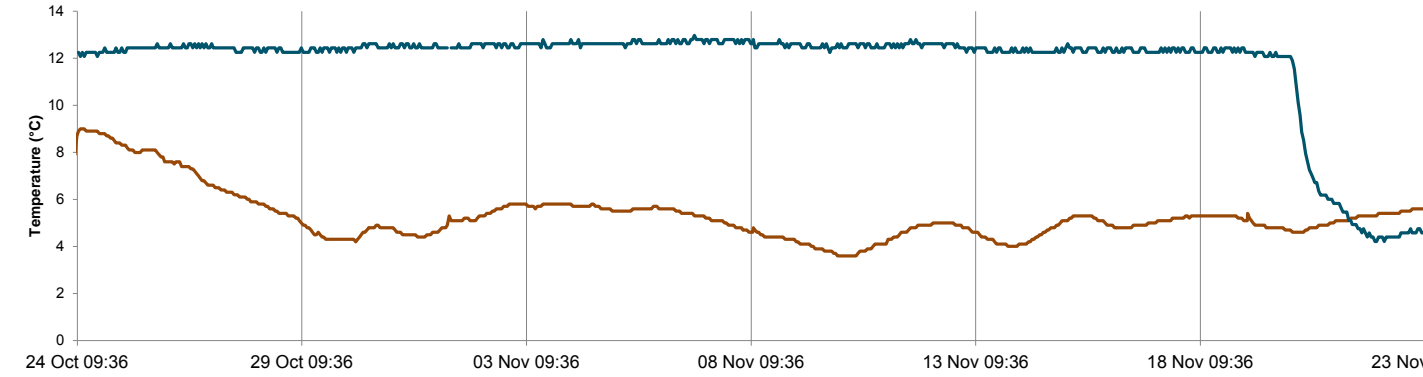
- Borehole Pressure
- Atmospheric Pressure



- CH<sub>4</sub>
- CO<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>

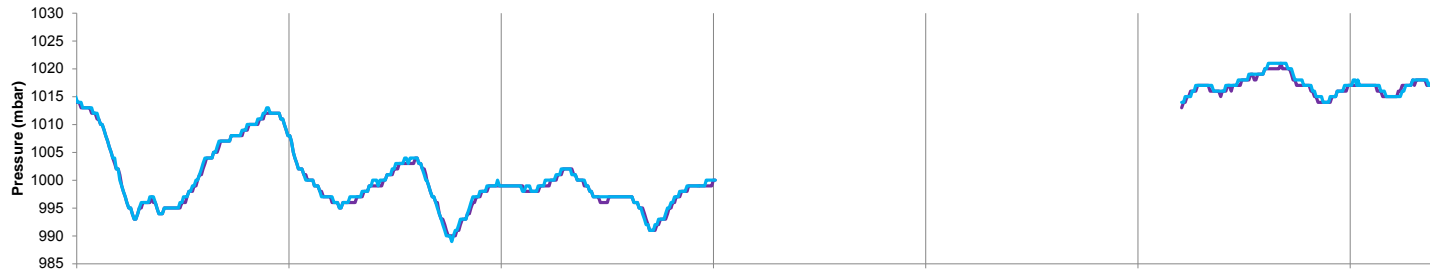


- TVOC
- H<sub>2</sub>S
- CO

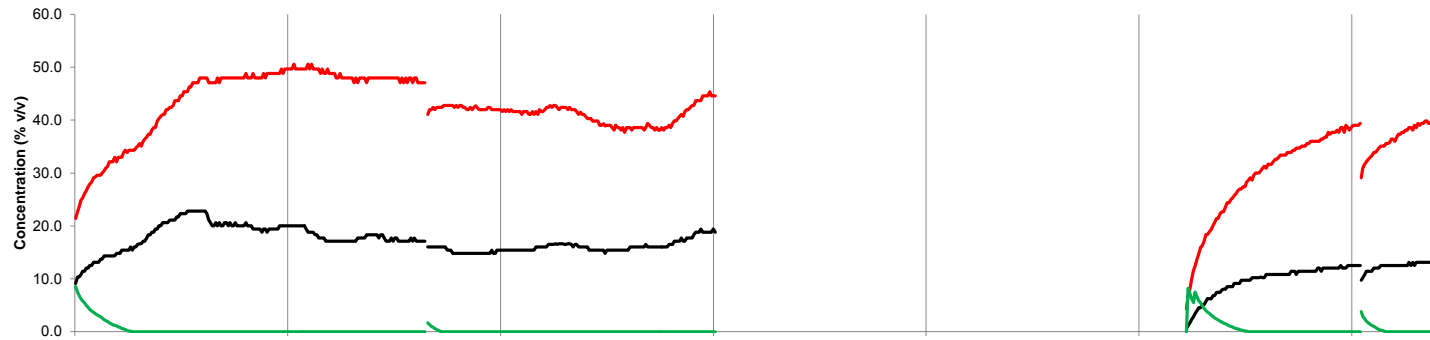


- Temperature
- Water Level

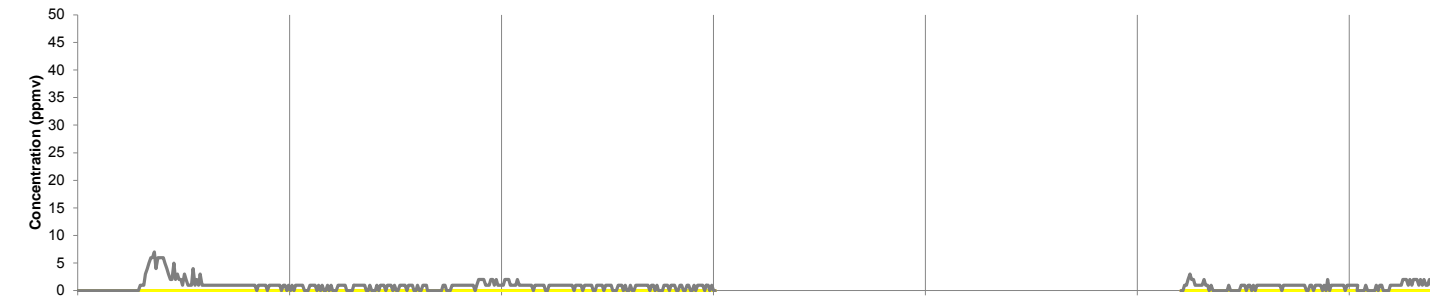
# Time Series Data:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB02



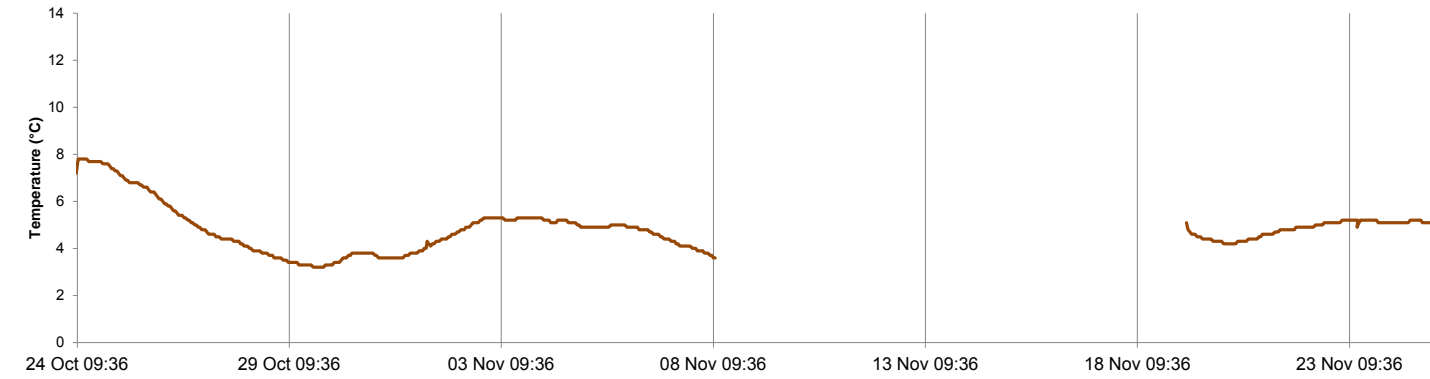
- Borehole Pressure
- Atmospheric Pressure



- CH<sub>4</sub>
- CO<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>



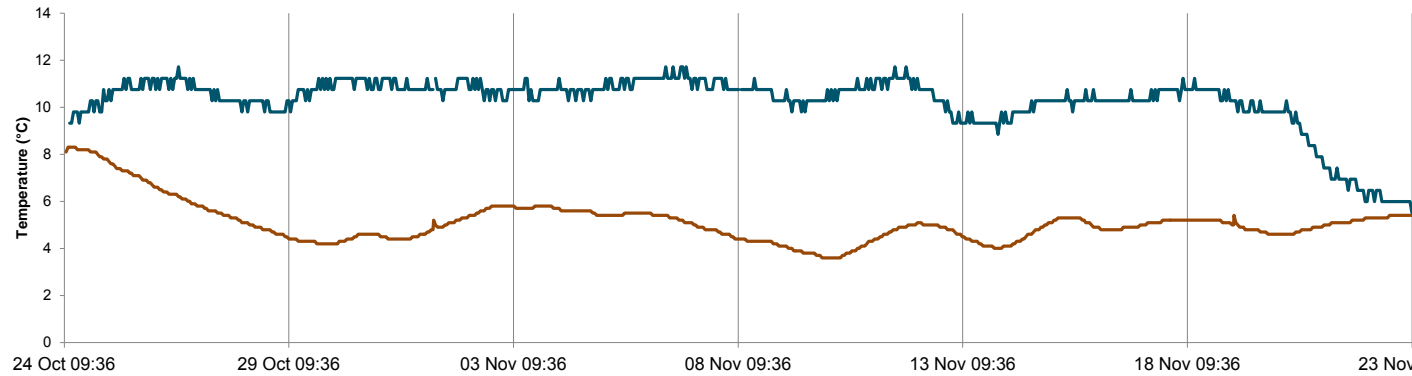
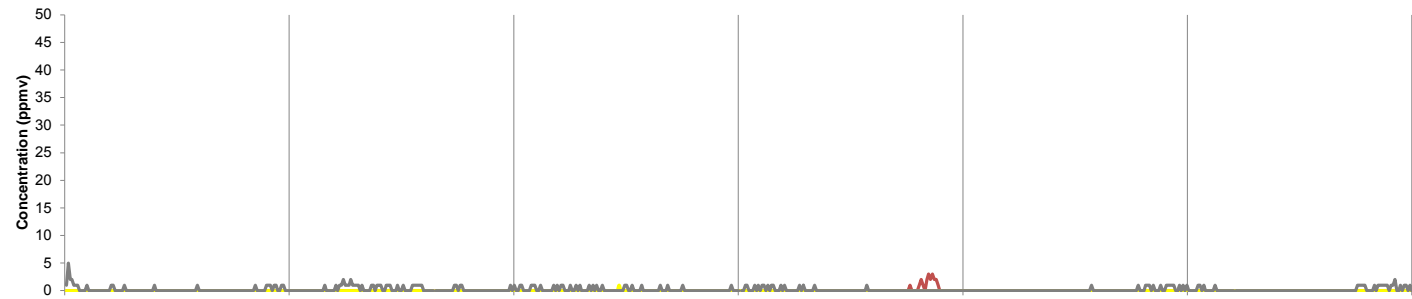
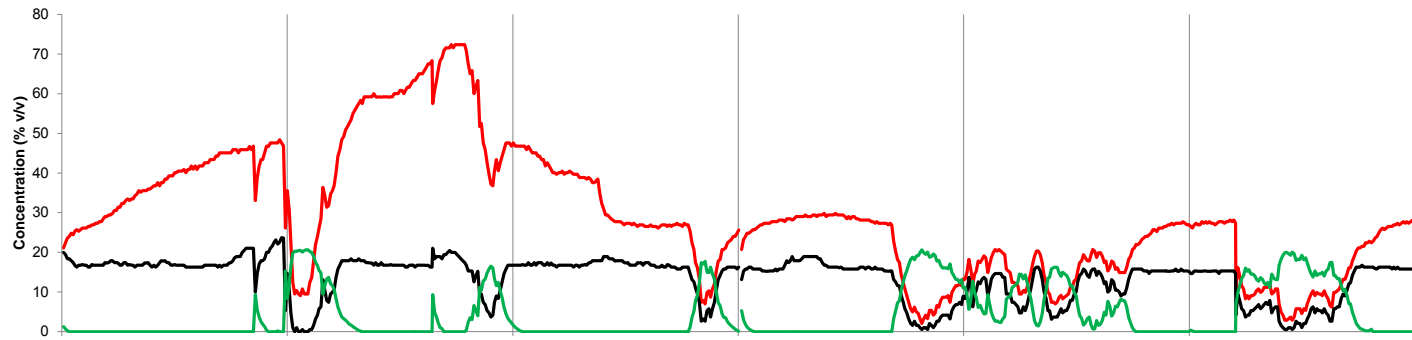
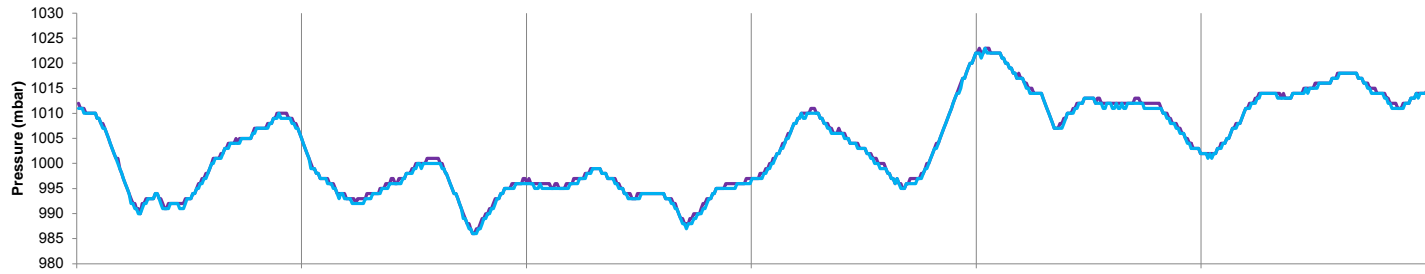
- TVOC
- H<sub>2</sub>S
- CO



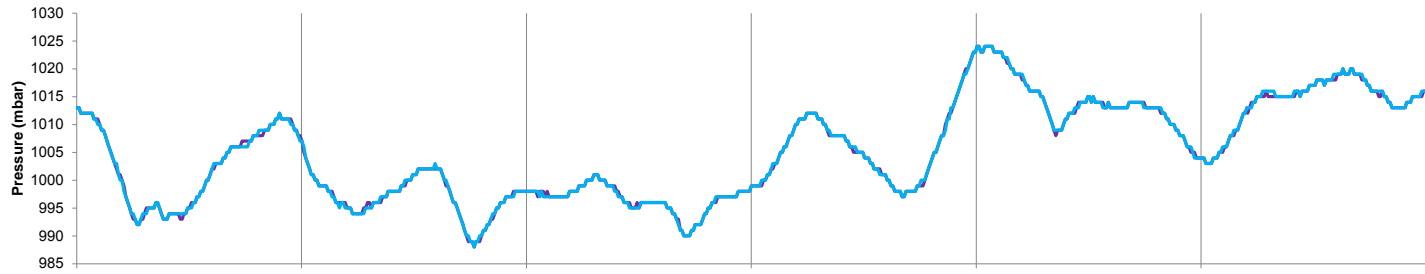
- Temperature

24 Oct 09:36      29 Oct 09:36      03 Nov 09:36      08 Nov 09:36      13 Nov 09:36      18 Nov 09:36      23 Nov 09:36

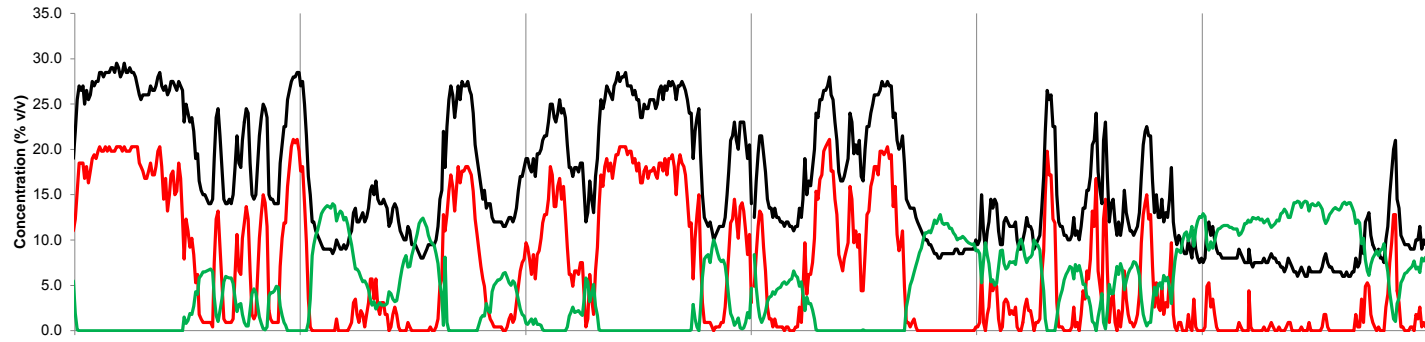
# Time Series Data:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB03



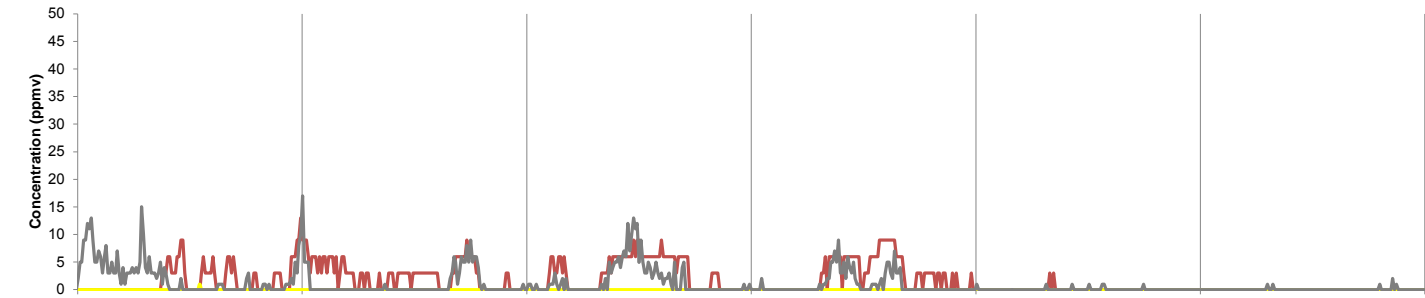
# Time Series Data:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB04



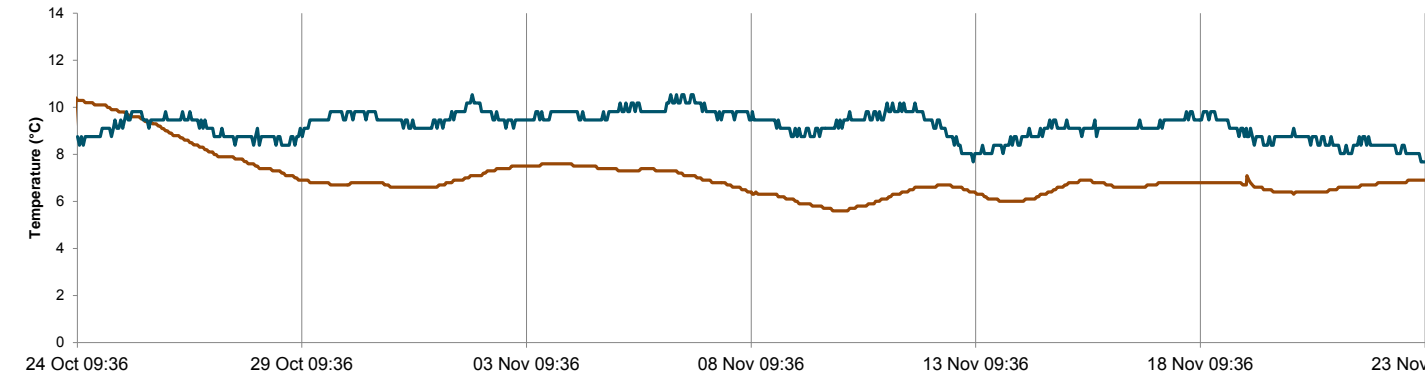
- Borehole Pressure
- Atmospheric Pressure



- CH<sub>4</sub>
- CO<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>

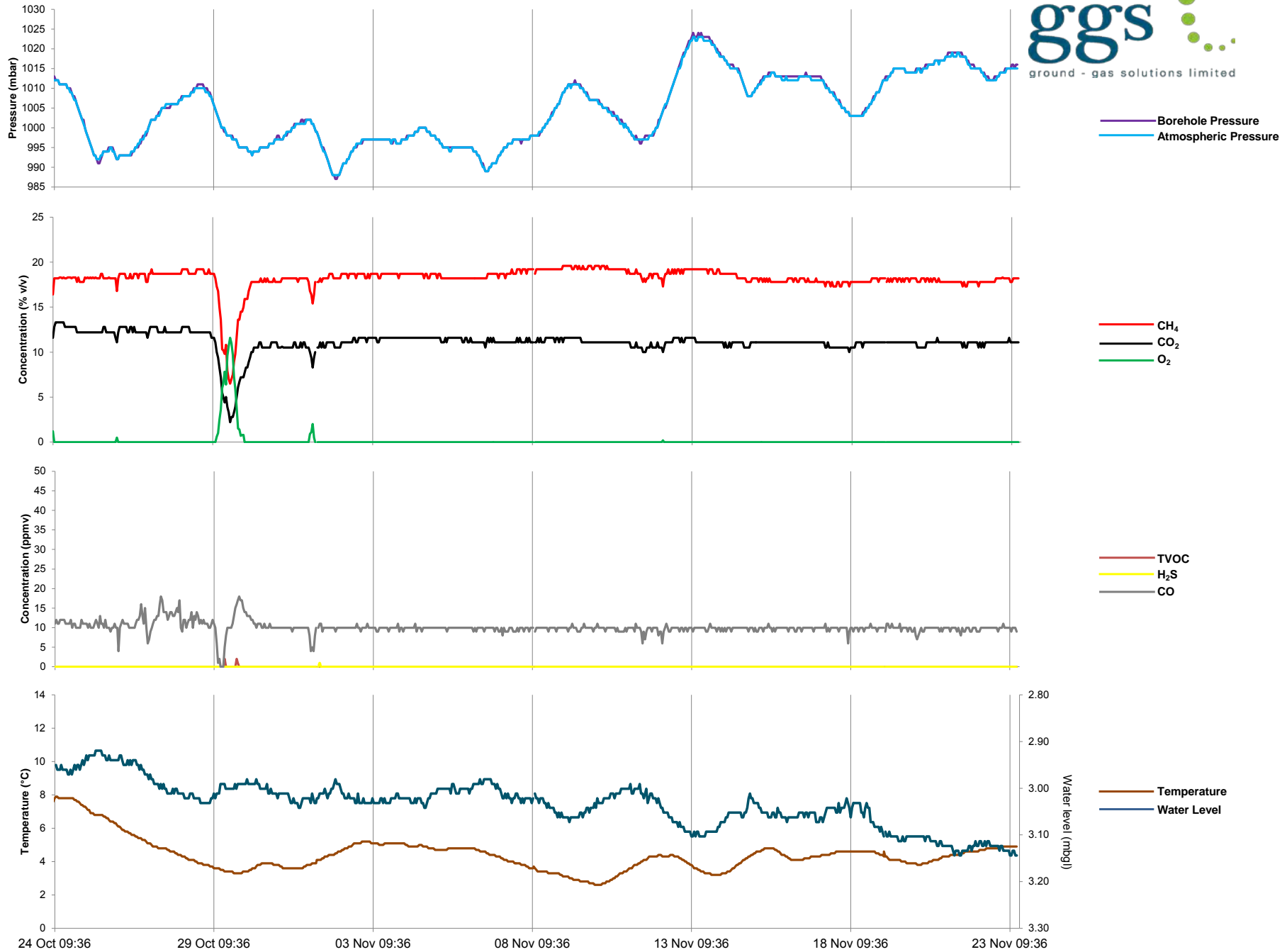


- TVOC
- H<sub>2</sub>S
- CO



- Temperature
- Water Level

# Time Series Data:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB05



GGs DataPack® Plus  
Arenastaden, Solna, Stockholm

## Appendix A

### Time Series Data and Graphs

For: Golders Associates AB  
Ref No.: GGS313DP01  
Date: December 2012







Ground-Gas Solutions Time Series Data

Location: Arenastaden, Stockholm
Borehole ref: 12GA-GB01
GasClam ID: 000030/12/09
Start Date: 23/10/2012 16:12
End Date: 23/11/2012 15:47
Days of monitoring: 30
Monitoring Frequency (mins): 60
Total samples taken: 856

Minimum, Maximum and range table

Summary table with columns: CH4, CO2, O2, TVOC, H2S, CO, Borehole Pressure, Atmospheric Pressure, Differential Pressure, Temperature, Water Level. Rows for Min, Max, Range.

Main time series data table with columns: Date and Time, CH4 % v/v, CO2 % v/v, O2 % v/v, TVOC ppmv, H2S ppmv, CO ppmv, Borehole Pressure millibars, Atmospheric Pressure millibars, Differential Pressure millibars, Temperature °C, Water Level mbgl, Comments / Events.





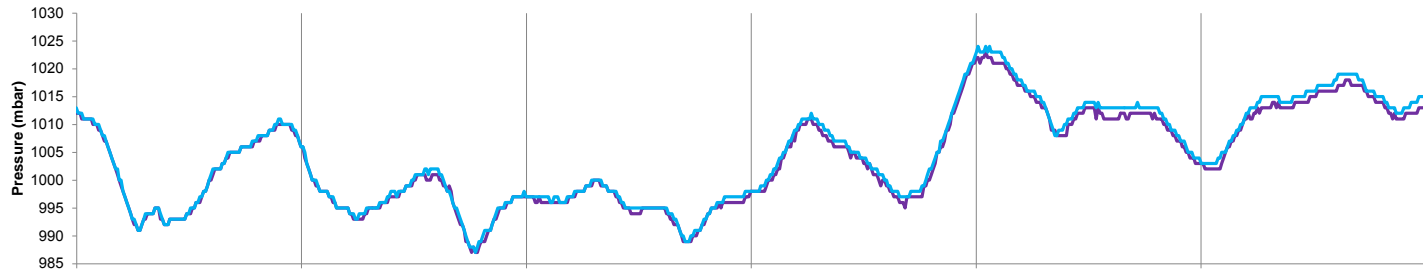




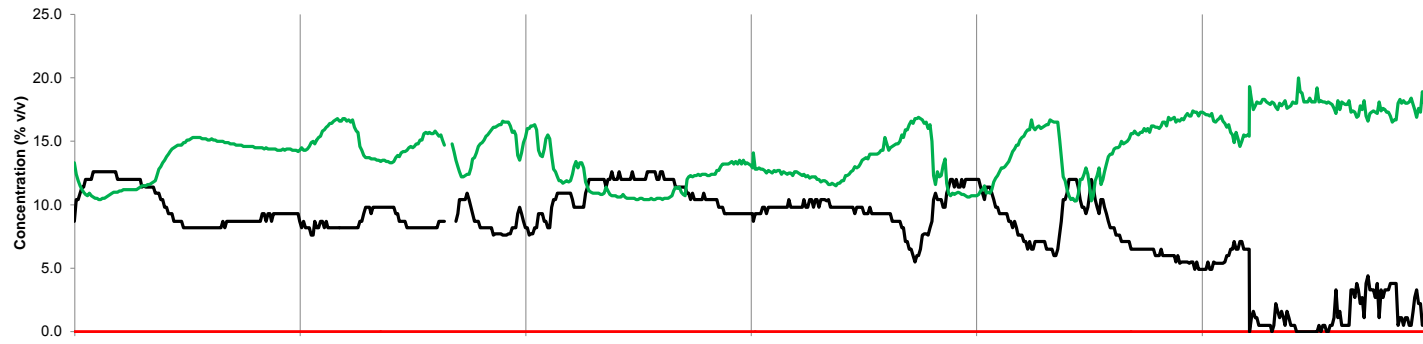


Date and Time	CH <sub>4</sub> % v/v	CO <sub>2</sub> % v/v	O <sub>2</sub> % v/v	TVOC ppmv	H <sub>2</sub> S ppmv	CO ppmv	Borehole Pressure millibars	Atmospheric Pressure millibars	Differential Pressure millibars	Temperature °C	Water Level mbgl	Comments / Events
22/11/2012 03:47	0.0	3.3	17.3	0	0	1	1015	1016	-1	5.3	5.74	
22/11/2012 04:47	0.0	3.3	17.4	0	0	1	1015	1016	-1	5.3	5.75	
22/11/2012 05:47	0.0	2.7	17.3	0	0	1	1015	1016	-1	5.3	5.75	
22/11/2012 06:47	0.0	3.8	17.2	0	0	0	1014	1015	-1	5.3	5.76	
22/11/2012 07:47	0.0	1.1	18.1	0	0	1	1014	1015	-1	5.3	5.76	
22/11/2012 08:47	0.0	3.3	17.4	0	0	2	1014	1015	-1	5.4	5.75	
22/11/2012 09:47	0.0	2.7	17.6	0	0	2	1014	1015	-1	5.4	5.75	
22/11/2012 10:47	0.0	3.3	17.5	0	0	1	1014	1015	-1	5.4	5.75	
22/11/2012 11:47	0.0	3.3	17.3	0	0	1	1013	1014	-1	5.4	5.76	
22/11/2012 12:47	0.0	3.3	17.3	0	0	1	1013	1014	-1	5.4	5.75	
22/11/2012 13:47	0.0	3.8	17.0	0	0	1	1012	1013	-1	5.4	5.75	
22/11/2012 14:47	0.0	3.8	16.5	0	0	2	1012	1013	-1	5.4	5.75	
22/11/2012 15:47	0.0	3.8	16.7	0	0	1	1011	1013	-2	5.4	5.75	
22/11/2012 16:47	0.0	3.8	16.7	0	0	1	1012	1013	-1	5.4	5.75	
22/11/2012 17:47	0.0	0.5	18.0	0	0	1	1011	1012	-1	5.4	5.75	
22/11/2012 18:47	0.0	1.1	18.3	0	0	2	1011	1012	-1	5.4	5.75	
22/11/2012 19:47	0.0	1.1	18.0	0	0	2	1011	1012	-1	5.4	5.75	
22/11/2012 20:47	0.0	0.5	18.2	0	0	2	1011	1012	-1	5.5	5.74	
22/11/2012 21:47	0.0	1.1	18.0	0	0	1	1011	1013	-2	5.5	5.74	
22/11/2012 22:47	0.0	1.1	18.0	0	0	1	1012	1013	-1	5.5	5.74	
22/11/2012 23:47	0.0	0.5	18.1	0	0	0	1012	1013	-1	5.5	5.74	
23/11/2012 00:47	0.0	0.5	18.4	0	0	1	1012	1013	-1	5.5	5.74	
23/11/2012 01:47	0.0	1.6	17.9	0	0	1	1012	1014	-2	5.5	5.73	
23/11/2012 02:47	0.0	2.7	17.5	0	0	1	1012	1014	-2	5.6	5.74	
23/11/2012 03:47	0.0	3.3	16.9	0	0	0	1012	1014	-2	5.6	5.74	
23/11/2012 04:47	0.0	2.2	17.6	0	0	0	1012	1014	-2	5.6	5.74	
23/11/2012 05:47	0.0	2.2	17.3	0	0	0	1013	1015	-2	5.6	5.73	
23/11/2012 06:47	0.0	0.5	18.9	0	0	1	1013	1015	-2	5.6	5.73	
23/11/2012 07:47	0.0	1.1	18.0	0	0	0	1013	1015	-2	5.6	5.74	
23/11/2012 08:47	0.0	0.5	18.2	0	0	1	1013	1015	-2	5.6	5.74	
23/11/2012 09:47	0.0	1.6	17.5	0	0	2	1014	1015	-1	5.6	5.73	
23/11/2012 10:47	0.0	1.6	17.8	0	0	1	1014	1016	-2	5.6	5.74	
23/11/2012 11:47	0.0	0.5	18.2	0	0	2	1014	1016	-2	5.6	5.73	
23/11/2012 12:47	0.0	0.5	18.4	0	0	2	1014	1015	-1	5.6	5.73	
23/11/2012 13:47	0.0	0.5	18.3	0	0	1	1014	1015	-1	5.6	5.73	
23/11/2012 14:47	0.0	2.2	17.6	0	0	1	1014	1016	-2	5.6		
23/11/2012 15:47	0.0	0.5	19.1	0	0	1	1015	1015	0	6.2		

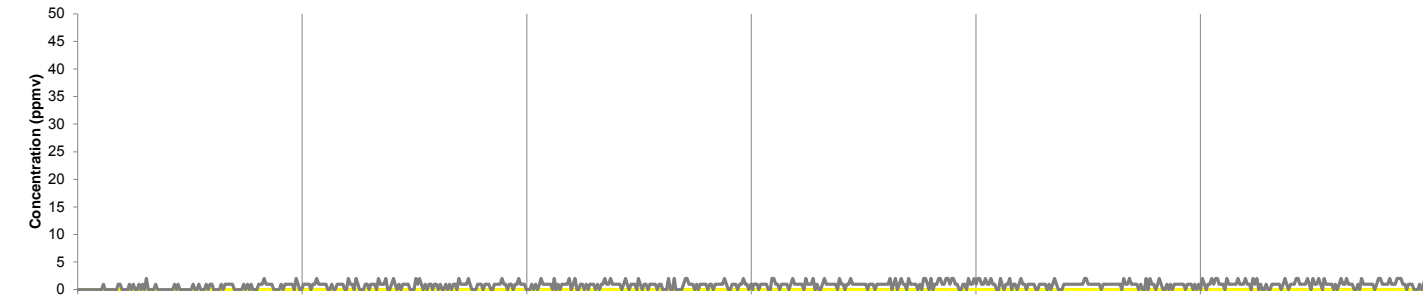
# Time Series Data:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB01



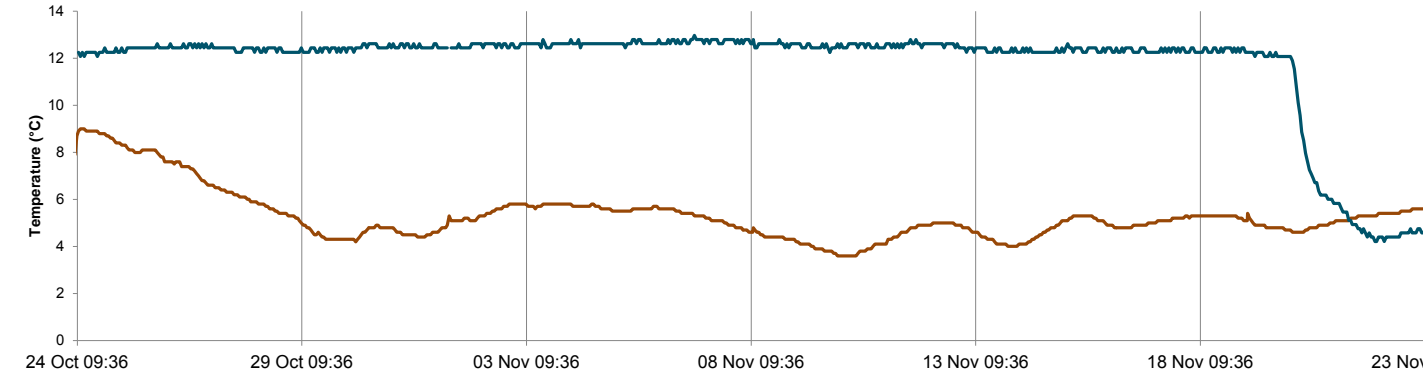
- Borehole Pressure
- Atmospheric Pressure



- CH<sub>4</sub>
- CO<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>



- TVOC
- H<sub>2</sub>S
- CO



- Temperature
- Water Level





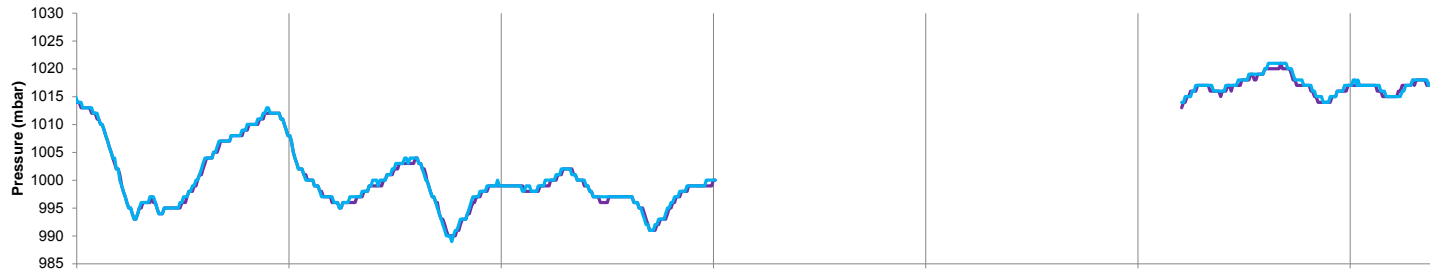




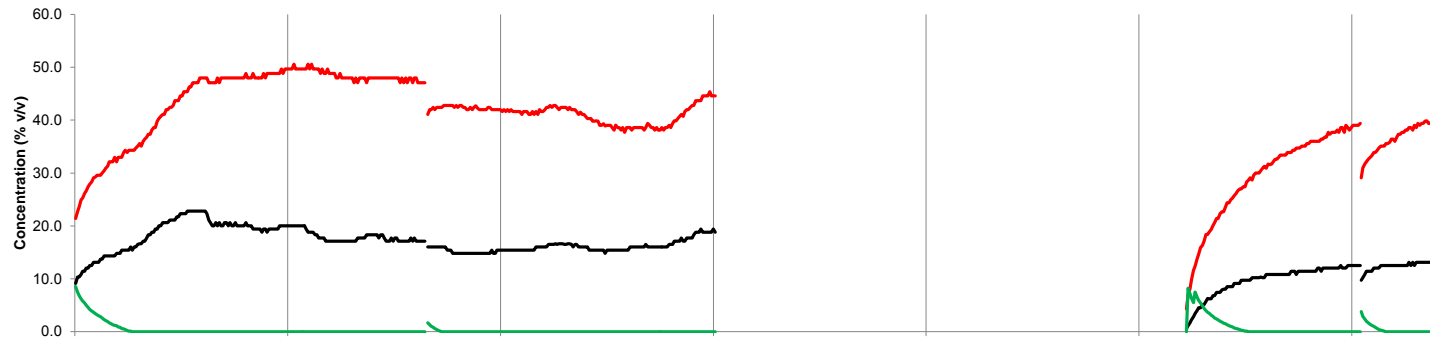




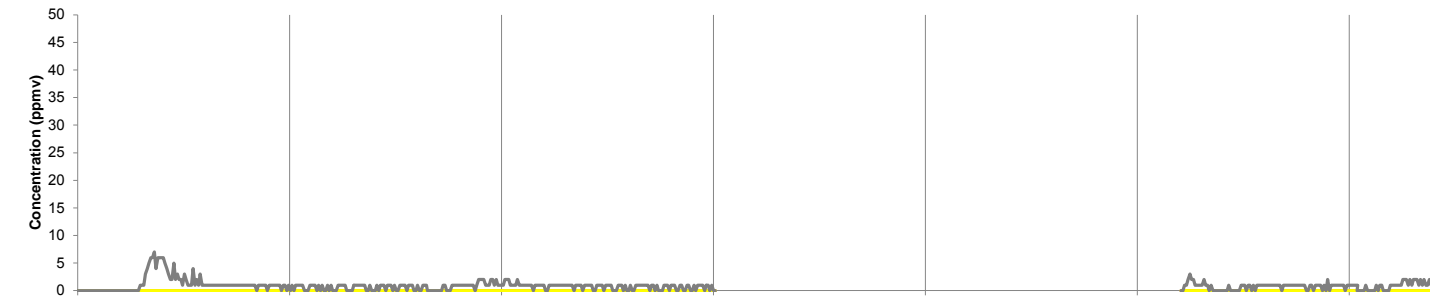
# Time Series Data:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB02



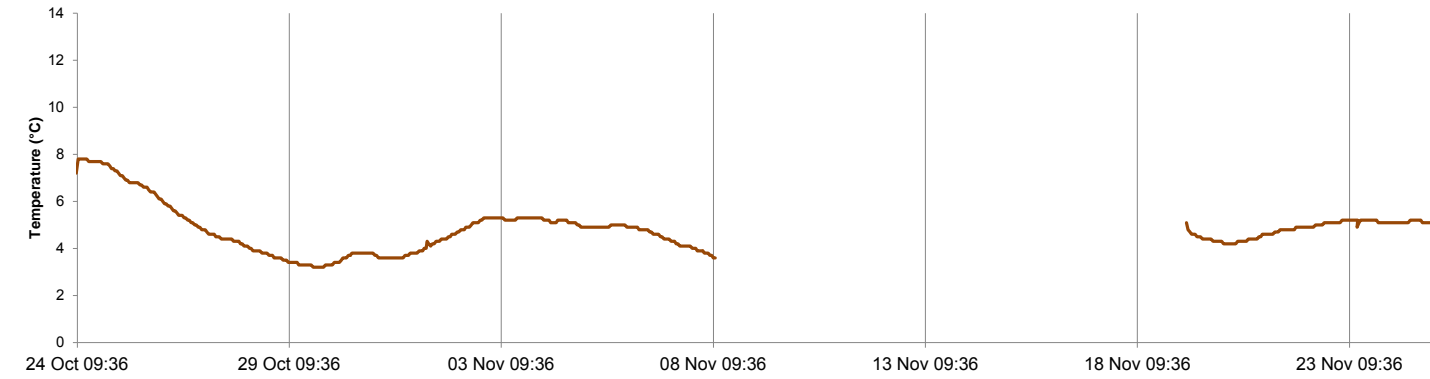
— Borehole Pressure  
— Atmospheric Pressure



— CH<sub>4</sub>  
— CO<sub>2</sub>  
— O<sub>2</sub>



— TVOC  
— H<sub>2</sub>S  
— CO



— Temperature

24 Oct 09:36      29 Oct 09:36      03 Nov 09:36      08 Nov 09:36      13 Nov 09:36      18 Nov 09:36      23 Nov 09:36







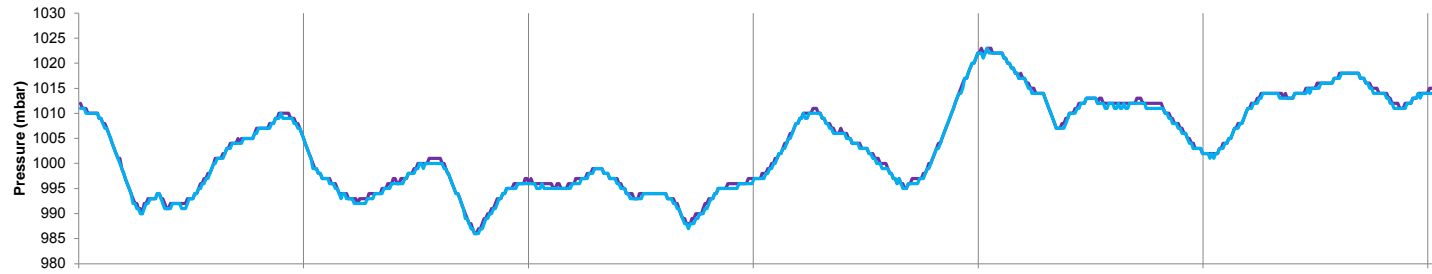




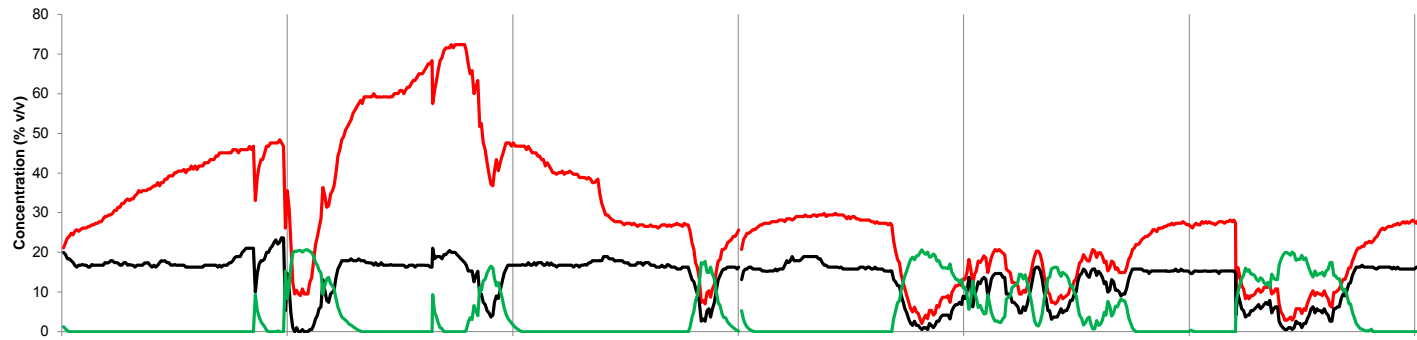


Date and Time	CH <sub>4</sub> % v/v	CO <sub>2</sub> % v/v	O <sub>2</sub> % v/v	TVOC ppmv	H <sub>2</sub> S ppmv	CO ppmv	Borehole Pressure millibars	Atmospheric Pressure millibars	Differential Pressure millibars	Temperature °C	Water Level mbgl	Comments / Events
20/11/2012 23:31	5.4	2.1	18.6	0	0	0	1016	1015	1	4.8	4.31	
21/11/2012 00:31	7.0	3.2	17.3	0	0	0	1016	1016	0	4.8	4.31	
21/11/2012 01:31	8.3	4.2	15.9	0	0	0	1016	1016	0	4.8	4.31	
21/11/2012 02:31	9.5	5.8	14.6	0	0	0	1016	1016	0	4.8	4.32	
21/11/2012 03:31	10.3	6.3	13.8	0	0	0	1016	1016	0	4.8	4.32	
21/11/2012 04:31	9.1	4.7	15.3	0	0	0	1016	1016	0	4.9	4.32	
21/11/2012 05:31	9.9	5.8	14.2	0	0	0	1016	1016	0	4.9	4.32	
21/11/2012 06:31	9.5	5.3	14.6	0	0	0	1016	1016	0	4.9	4.33	
21/11/2012 07:31	9.5	5.3	14.6	0	0	0	1017	1017	0	4.9	4.33	
21/11/2012 08:31	9.1	4.7	15.0	0	0	0	1017	1017	0	4.9	4.33	
21/11/2012 09:31	10.3	6.3	14.0	0	0	0	1017	1017	0	5.1	4.33	
21/11/2012 10:31	9.1	4.7	15.3	0	0	0	1018	1017	1	5.0	4.34	
21/11/2012 11:31	8.3	4.2	15.7	0	0	0	1018	1018	0	5.0	4.34	
21/11/2012 12:31	6.6	2.6	17.4	0	0	0	1018	1018	0	5.0	4.34	
21/11/2012 13:31	6.2	2.6	17.5	0	0	0	1018	1018	0	5.0	4.34	
21/11/2012 14:31	9.9	5.8	14.2	0	0	0	1018	1018	0	5.1	4.35	
21/11/2012 15:31	9.9	5.8	14.1	0	0	0	1018	1018	0	5.1	4.35	
21/11/2012 16:31	10.3	6.3	13.4	0	0	0	1018	1018	0	5.1	4.35	
21/11/2012 17:31	10.8	6.3	13.4	0	0	0	1018	1018	0	5.1	4.34	
21/11/2012 18:31	12.0	8.4	11.6	0	0	0	1018	1018	0	5.1	4.35	
21/11/2012 19:31	13.2	9.5	10.3	0	0	0	1018	1018	0	5.1	4.35	
21/11/2012 20:31	13.2	9.0	10.7	0	0	0	1018	1018	0	5.1	4.35	
21/11/2012 21:31	14.5	10.5	9.2	0	0	0	1017	1017	0	5.1	4.35	
21/11/2012 22:31	16.1	12.1	7.1	0	0	0	1017	1017	0	5.1	4.35	
21/11/2012 23:31	16.1	12.3	7.0	0	0	0	1017	1017	0	5.1	4.36	
22/11/2012 00:31	17.8	14.2	4.9	0	0	0	1016	1016	0	5.1	4.35	
22/11/2012 01:31	19.0	15.3	3.5	0	0	0	1016	1016	0	5.2	4.35	
22/11/2012 02:31	20.3	16.3	2.1	0	0	0	1016	1015	1	5.2	4.35	
22/11/2012 03:31	21.1	16.3	1.4	0	0	0	1015	1015	0	5.2	4.35	
22/11/2012 04:31	21.1	16.3	0.8	0	0	1	1015	1014	1	5.2	4.36	
22/11/2012 05:31	21.5	16.8	0.6	0	0	1	1015	1014	1	5.2	4.36	
22/11/2012 06:31	21.5	16.3	0.4	0	0	1	1015	1014	1	5.2	4.36	
22/11/2012 07:31	22.4	16.3	0.2	0	0	1	1014	1014	0	5.2	4.36	
22/11/2012 08:31	22.4	16.3	0.2	0	0	1	1014	1014	0	5.3	4.37	
22/11/2012 09:31	22.8	16.3	0.2	0	0	0	1014	1014	0	5.3	4.37	
22/11/2012 10:31	22.4	16.3	0.6	0	0	0	1014	1014	0	5.3	4.36	
22/11/2012 11:31	22.8	16.3	0.0	0	0	0	1014	1013	1	5.3	4.36	
22/11/2012 12:31	23.6	15.9	0.0	0	0	0	1013	1013	0	5.3	4.36	
22/11/2012 13:31	24.0	15.8	0.0	0	0	1	1013	1012	1	5.3	4.37	
22/11/2012 14:31	24.8	16.3	0.0	0	0	0	1012	1012	0	5.3	4.36	
22/11/2012 15:31	25.6	16.3	0.0	0	0	1	1012	1011	1	5.3	4.36	
22/11/2012 16:31	26.1	16.3	0.0	0	0	1	1012	1011	1	5.3	4.36	
22/11/2012 17:31	25.7	16.3	0.0	0	0	1	1012	1011	1	5.3	4.37	
22/11/2012 18:31	26.1	16.3	0.0	0	0	1	1011	1011	0	5.3	4.37	
22/11/2012 19:31	26.5	16.3	0.0	0	0	1	1011	1011	0	5.3	4.37	
22/11/2012 20:31	26.5	16.3	0.0	0	0	0	1011	1011	0	5.3	4.37	
22/11/2012 21:31	26.5	15.8	0.0	0	0	0	1012	1011	1	5.4	4.37	
22/11/2012 22:31	26.9	16.3	0.0	0	0	1	1012	1012	0	5.4	4.37	
22/11/2012 23:31	26.9	15.8	0.0	0	0	1	1012	1012	0	5.4	4.37	
23/11/2012 00:31	27.3	16.3	0.0	0	0	2	1012	1012	0	5.4	4.37	
23/11/2012 01:31	26.9	15.8	0.0	0	0	0	1013	1013	0	5.4	4.37	
23/11/2012 02:31	27.3	15.8	0.0	0	0	0	1013	1013	0	5.4	4.37	
23/11/2012 03:31	27.7	15.8	0.0	0	0	1	1013	1013	0	5.4	4.37	
23/11/2012 04:31	27.3	15.8	0.0	0	0	0	1014	1014	0	5.4	4.37	
23/11/2012 05:31	27.7	15.8	0.0	0	0	1	1014	1014	1	5.4	4.37	
23/11/2012 06:31	27.3	15.8	0.0	0	0	1	1014	1014	0	5.4	4.37	
23/11/2012 07:31	27.7	15.8	0.0	0	0	0	1014	1014	0	5.4	4.37	
23/11/2012 08:31	28.1	15.8	0.0	0	0	1	1014	1014	0	5.4	4.37	
23/11/2012 09:31	27.7	15.8	0.0	0	0	0	1014	1014	0	5.4	4.38	
23/11/2012 10:31	27.3	16.3	0.0	0	0	1	1015	1014	1	5.4	4.38	
23/11/2012 11:31	28.1	16.3	0.0	0	0	0	1015	1014	1	5.4	4.38	
23/11/2012 12:31	27.7	16.3	0.0	0	0	1	1015	1014	1	5.4	4.38	
23/11/2012 13:31	28.1	16.3	0.0	0	0	1	1015	1014	1	5.4	4.38	
23/11/2012 14:31	28.1	16.3	0.0	0	0	1	1015	1014	1	5.4	4.38	

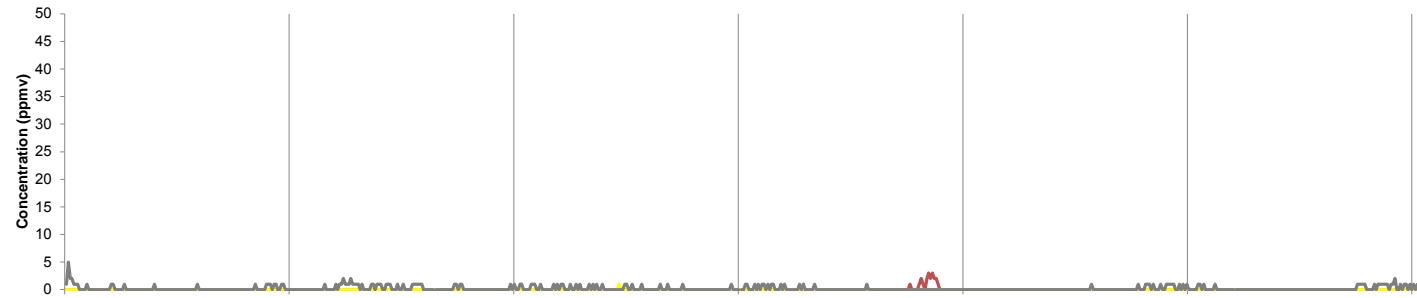
# Time Series Data:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB03



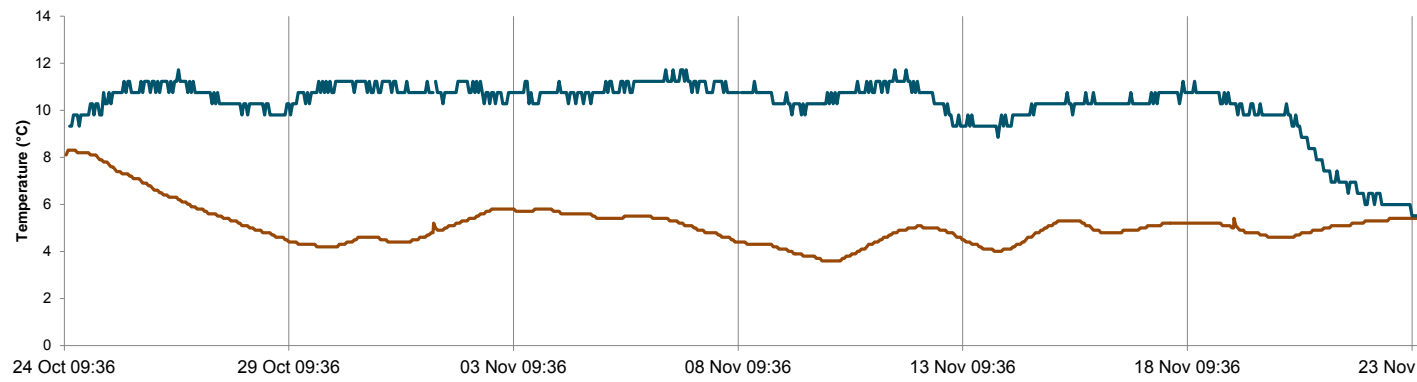
- Borehole Pressure
- Atmospheric Pressure



- CH<sub>4</sub>
- CO<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>



- TVOC
- H<sub>2</sub>S
- CO



- Temperature
- Water Level



Ground-Gas Solutions Time Series Data

Location: Arenastaden, Stockholm
Borehole ref: 12GA-GB04
GasClam ID: 000028/04/09
Start Date: 23/10/2012 14:58
End Date: 23/11/2012 14:25
Days of monitoring: 30
Monitoring Frequency (mins): 60
Total samples taken: 876

Minimum, Maximum and range table

Summary table with columns: CH4, CO2, O2, TVOC, H2S, CO, Borehole Pressure, Atmospheric Pressure, Differential Pressure, Temperature, Water Level. Rows for Min, Max, Range.

Main data table with columns: Date and Time, CH4 % v/v, CO2 % v/v, O2 % v/v, TVOC ppmv, H2S ppmv, CO ppmv, Borehole Pressure millibars, Atmospheric Pressure millibars, Differential Pressure millibars, Temperature °C, Water Level mbgl, Comments / Events. Contains 876 rows of time-series data.







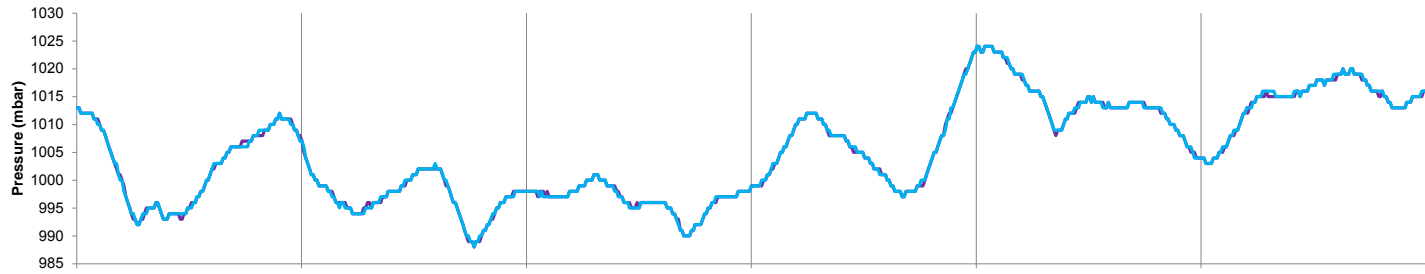




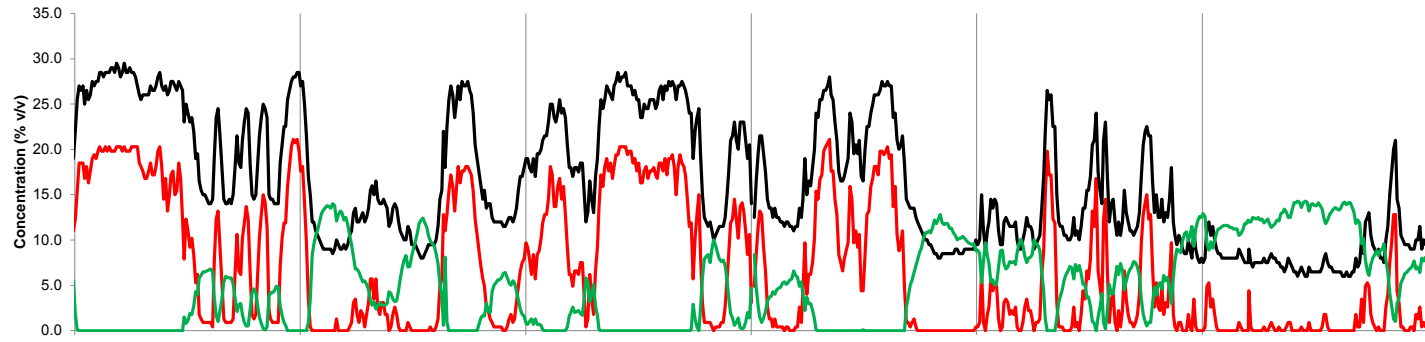


Date and Time	CH <sub>4</sub> % v/v	CO <sub>2</sub> % v/v	O <sub>2</sub> % v/v	TVOC ppmv	H <sub>2</sub> S ppmv	CO ppmv	Borehole Pressure millibars	Atmospheric Pressure millibars	Differential Pressure millibars	Temperature °C	Water Level mbgl	Comments / Events
21/11/2012 06:25	0.0	7.0	13.1	0	0	0	1018	1018	0	6.5	4.3	
21/11/2012 07:25	0.0	6.5	13.4	0	0	0	1018	1018	0	6.5	4.3	
21/11/2012 08:25	0.0	6.5	13.6	0	0	0	1018	1019	-1	6.5	4.3	
21/11/2012 09:25	0.0	6.5	13.4	0	0	0	1019	1019	0	6.5	4.3	
21/11/2012 10:25	0.0	6.5	13.3	0	0	0	1019	1019	0	6.5	4.3	
21/11/2012 11:25	0.0	6.5	13.5	0	0	0	1019	1019	0	6.6	4.3	
21/11/2012 12:25	0.0	6.0	14.0	0	0	0	1019	1019	0	6.6	4.3	
21/11/2012 13:25	0.0	6.0	14.2	0	0	0	1020	1020	0	6.6	4.3	
21/11/2012 14:25	0.0	6.5	13.9	0	0	0	1019	1019	0	6.6	4.3	
21/11/2012 15:25	0.0	6.0	14.1	0	0	0	1019	1019	0	6.6	4.3	
21/11/2012 16:25	0.0	6.5	14.1	0	0	0	1019	1019	0	6.6	4.3	
21/11/2012 17:25	0.0	6.5	13.6	0	0	0	1020	1020	0	6.6	4.3	
21/11/2012 18:25	0.0	6.5	13.1	0	0	0	1020	1020	0	6.6	4.3	
21/11/2012 19:25	1.8	8.0	11.8	0	0	0	1019	1019	0	6.6	4.3	
21/11/2012 20:25	0.4	7.0	12.2	0	0	0	1019	1019	0	6.6	4.3	
21/11/2012 21:25	0.4	7.5	11.9	0	0	0	1019	1019	0	6.6	4.3	
21/11/2012 22:25	3.5	10.0	9.6	0	0	0	1019	1019	0	6.6	4.3	
21/11/2012 23:25	0.9	8.5	10.2	0	0	0	1018	1019	-1	6.7	4.3	
22/11/2012 00:25	4.9	12.0	7.8	0	0	0	1018	1018	0	6.7	4.3	
22/11/2012 01:25	5.3	12.5	6.6	0	0	0	1018	1018	0	6.7	4.3	
22/11/2012 02:25	4.9	13.0	6.1	0	0	0	1017	1017	0	6.7	4.3	
22/11/2012 03:25	1.8	10.5	7.3	0	0	0	1017	1017	0	6.7	4.3	
22/11/2012 04:25	0.9	9.5	8.0	0	0	0	1016	1016	0	6.7	4.3	
22/11/2012 05:25	0.4	9.0	8.4	0	0	0	1016	1016	0	6.7	4.3	
22/11/2012 06:25	0.0	8.5	8.8	0	0	0	1016	1016	0	6.7	4.3	
22/11/2012 07:25	0.4	9.0	8.3	0	0	0	1016	1016	0	6.7	4.3	
22/11/2012 08:25	0.0	8.0	8.9	0	0	0	1015	1016	-1	6.8	4.3	
22/11/2012 09:25	0.0	8.0	9.0	0	0	1	1015	1016	-1	6.8	4.3	
22/11/2012 10:25	0.0	7.5	9.6	0	0	0	1016	1016	0	6.8	4.3	
22/11/2012 11:25	2.6	10.0	7.8	0	0	0	1015	1015	0	6.8	4.3	
22/11/2012 12:25	4.0	11.5	6.5	0	0	0	1015	1015	0	6.8	4.3	
22/11/2012 13:25	7.5	15.0	4.2	0	0	0	1014	1014	0	6.8	4.3	
22/11/2012 14:25	9.7	17.5	2.7	0	0	0	1014	1014	0	6.8	4.3	
22/11/2012 15:25	12.8	20.0	1.3	0	0	0	1013	1013	0	6.8	4.3	
22/11/2012 16:25	12.8	21.0	1.0	0	0	2	1013	1013	0	6.8	4.3	
22/11/2012 17:25	4.4	14.5	3.0	0	0	0	1013	1013	0	6.8	4.3	
22/11/2012 18:25	3.1	13.5	3.6	0	0	1	1013	1013	0	6.8	4.3	
22/11/2012 19:25	0.4	10.5	5.3	0	0	0	1013	1013	0	6.8	4.3	
22/11/2012 20:25	0.4	10.0	5.7	0	0	0	1013	1013	0	6.8	4.3	
22/11/2012 21:25	0.0	9.5	6.3	0	0	0	1013	1013	0	6.8	4.3	
22/11/2012 22:25	0.0	9.5	6.4	0	0	0	1013	1013	0	6.8	4.3	
22/11/2012 23:25	0.0	9.5	6.7	0	0	0	1014	1014	0	6.8	4.3	
23/11/2012 00:25	0.4	9.0	6.9	0	0	0	1014	1014	0	6.9	4.3	
23/11/2012 01:25	0.4	9.0	7.1	0	0	0	1014	1014	0	6.9	4.3	
23/11/2012 02:25	0.0	9.0	7.7	0	0	0	1015	1015	0	6.9	4.3	
23/11/2012 03:25	1.8	10.0	6.8	0	0	0	1015	1015	0	6.9	4.3	
23/11/2012 04:25	1.3	10.0	7.0	0	0	0	1015	1015	0	6.9	4.3	
23/11/2012 05:25	2.6	11.5	6.4	0	0	0	1015	1015	0	6.9	4.3	
23/11/2012 06:25	0.4	9.0	8.0	0	0	0	1015	1015	0	6.9	4.3	
23/11/2012 07:25	0.9	10.0	7.7	0	0	0	1015	1016	-1	6.9	4.3	
23/11/2012 08:25	0.4	9.5	8.1	0	0	0	1016	1016	0	6.9	4.3	
23/11/2012 09:25	0.9	9.5	8.0	0	0	0	1016	1016	0	6.9	4.3	
23/11/2012 10:25	1.8	10.5	7.3	0	0	0	1016	1016	0	6.9	4.3	
23/11/2012 11:25	1.8	10.5	7.4	0	0	1	1016	1016	0	6.9	4.3	
23/11/2012 12:25	0.4	9.5	8.4	0	0	0	1016	1016	0	6.9	4.3	
23/11/2012 13:25	0.4	9.0	8.9	0	0	0	1016	1016	0	6.9	4.3	
23/11/2012 14:25	0.0	8.5	9.4	0	0	0	1016	1016	0	6.9	4.3	

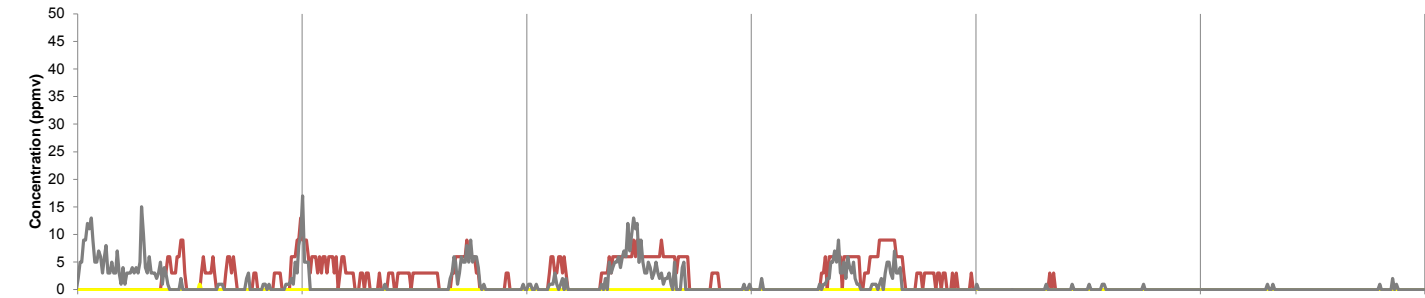
# Time Series Data:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB04



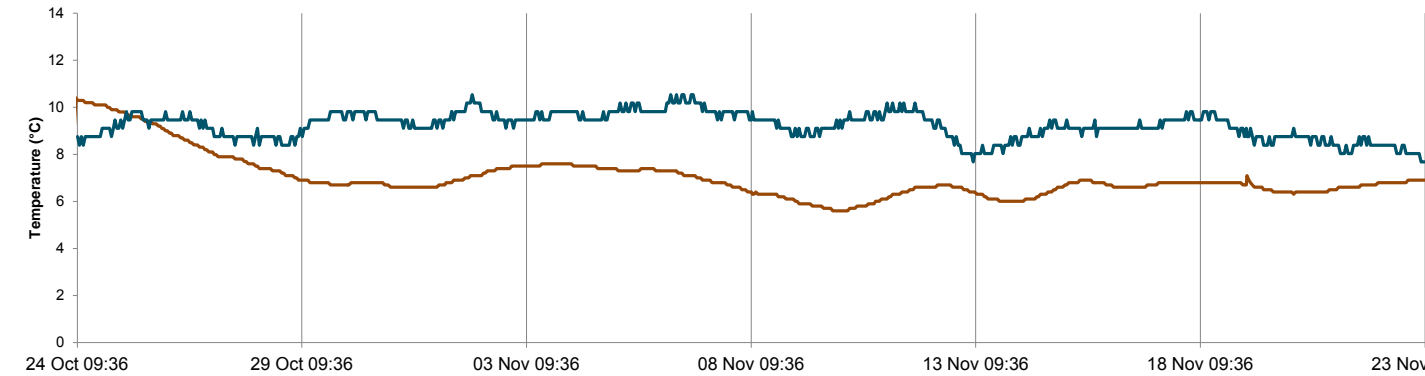
- Borehole Pressure
- Atmospheric Pressure



- CH<sub>4</sub>
- CO<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>



- TVOC
- H<sub>2</sub>S
- CO



- Temperature
- Water Level









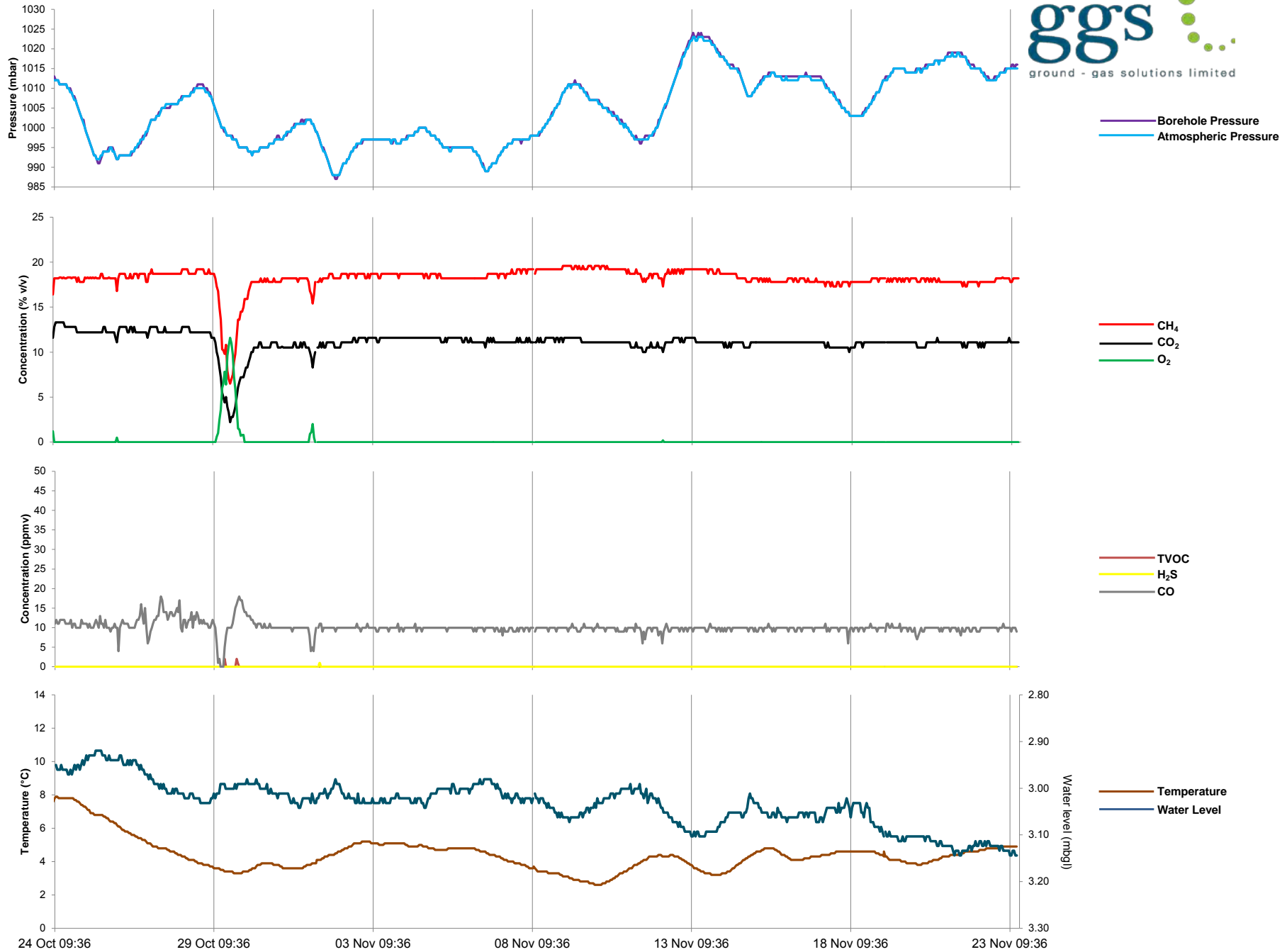






Date and Time	CH <sub>4</sub> % v/v	CO <sub>2</sub> % v/v	O <sub>2</sub> % v/v	TVOC ppmv	H <sub>2</sub> S ppmv	CO ppmv	Borehole Pressure millibars	Atmospheric Pressure millibars	Differential Pressure millibars	Temperature °C	Water Level mbgl	Comments / Events
20/11/2012 17:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1016	1015	1	3.9	3.11	
20/11/2012 18:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1016	1015	1	3.9	3.10	
20/11/2012 19:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1016	1016	0	3.9	3.10	
20/11/2012 20:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1016	1016	1	4.0	3.10	
20/11/2012 21:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1016	1016	0	4.0	3.11	
20/11/2012 22:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1016	1016	0	4.0	3.11	
20/11/2012 23:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1016	1016	0	4.1	3.11	
21/11/2012 00:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1017	1017	0	4.1	3.11	
21/11/2012 01:42	17.8	11.6	0.0	0	0	10	1017	1017	0	4.1	3.11	
21/11/2012 02:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1017	1017	0	4.1	3.12	
21/11/2012 03:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1017	1016	1	4.1	3.12	
21/11/2012 04:42	17.8	11.1	0.0	0	0	9	1017	1017	0	4.2	3.11	
21/11/2012 05:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1017	1017	0	4.2	3.11	
21/11/2012 06:42	17.8	11.1	0.0	0	0	9	1017	1017	0	4.3	3.12	
21/11/2012 07:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1017	1017	0	4.3	3.12	
21/11/2012 08:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1018	1018	0	4.3	3.12	
21/11/2012 09:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1018	1018	0	4.3	3.12	
21/11/2012 10:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1019	1018	1	4.3	3.12	
21/11/2012 11:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1019	1018	1	4.3	3.12	
21/11/2012 12:42	17.8	11.1	0.0	0	0	9	1019	1018	1	4.4	3.12	
21/11/2012 13:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1019	1019	0	4.4	3.12	
21/11/2012 14:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1019	1018	1	4.4	3.13	
21/11/2012 15:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1019	1018	1	4.4	3.14	
21/11/2012 16:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1019	1018	1	4.4	3.13	
21/11/2012 17:42	17.8	11.1	0.0	0	0	9	1019	1019	0	4.4	3.13	
21/11/2012 18:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1019	1019	0	4.4	3.13	
21/11/2012 19:42	17.8	11.1	0.0	0	0	9	1019	1018	1	4.5	3.14	
21/11/2012 20:42	17.3	10.5	0.0	0	0	8	1019	1018	1	4.5	3.14	
21/11/2012 21:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1018	1018	0	4.5	3.13	
21/11/2012 22:42	17.3	10.5	0.0	0	0	9	1018	1018	0	4.5	3.13	
21/11/2012 23:42	17.3	10.5	0.0	0	0	9	1018	1018	0	4.6	3.13	
22/11/2012 00:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1017	1017	0	4.6	3.13	
22/11/2012 01:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1017	1016	1	4.6	3.13	
22/11/2012 02:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1016	1016	0	4.6	3.12	
22/11/2012 03:42	17.8	11.1	0.0	0	0	9	1016	1015	1	4.6	3.12	
22/11/2012 04:42	17.8	11.1	0.0	0	0	9	1016	1015	1	4.6	3.13	
22/11/2012 05:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1016	1015	1	4.6	3.12	
22/11/2012 06:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1015	1015	0	4.6	3.12	
22/11/2012 07:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1015	1015	0	4.6	3.11	
22/11/2012 08:42	17.3	10.5	0.0	0	0	9	1015	1015	0	4.6	3.12	
22/11/2012 09:42	17.8	11.1	0.0	0	0	9	1015	1015	0	4.6	3.12	
22/11/2012 10:42	17.8	10.5	0.0	0	0	9	1015	1015	0	4.7	3.11	
22/11/2012 11:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1014	1014	0	4.7	3.11	
22/11/2012 12:42	17.8	10.5	0.0	0	0	10	1014	1014	0	4.7	3.12	
22/11/2012 13:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1014	1013	1	4.7	3.12	
22/11/2012 14:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1013	1013	0	4.7	3.11	
22/11/2012 15:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1013	1012	1	4.8	3.12	
22/11/2012 16:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1013	1012	1	4.8	3.11	
22/11/2012 17:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1012	1012	0	4.8	3.11	
22/11/2012 18:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1012	1012	0	4.8	3.12	
22/11/2012 19:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1012	1012	0	4.8	3.12	
22/11/2012 20:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1012	1012	0	4.8	3.12	
22/11/2012 21:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1013	1012	1	4.8	3.12	
22/11/2012 22:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1013	1012	1	4.8	3.12	
22/11/2012 23:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1013	1013	0	4.8	3.12	
23/11/2012 00:42	18.2	11.1	0.0	0	0	9	1013	1013	0	4.8	3.12	
23/11/2012 01:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1014	1014	0	4.9	3.13	
23/11/2012 02:42	18.3	11.1	0.0	0	0	10	1014	1014	0	4.9	3.12	
23/11/2012 03:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1014	1014	0	4.9	3.12	
23/11/2012 04:42	18.2	11.1	0.0	0	0	11	1014	1014	0	4.9	3.13	
23/11/2012 05:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1015	1014	1	4.9	3.13	
23/11/2012 06:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1015	1015	0	4.9	3.13	
23/11/2012 07:42	18.2	11.6	0.0	0	0	10	1015	1015	0	4.9	3.13	
23/11/2012 08:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1015	1015	0	4.9	3.13	
23/11/2012 09:42	17.8	11.1	0.0	0	0	10	1015	1015	0	4.9	3.14	
23/11/2012 10:42	18.2	11.1	0.0	0	0	9	1016	1015	1	4.9	3.14	
23/11/2012 11:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1016	1015	1	4.9	3.13	
23/11/2012 12:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1015	1015	0	4.9	3.13	
23/11/2012 13:42	18.2	11.1	0.0	0	0	10	1016	1015	1	4.9	3.14	
23/11/2012 14:42	18.2	11.1	0.0	0	0	9	1016	1015	1	4.9	3.14	

# Time Series Data:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB05



GGs DataPack® Plus  
Arenastaden, Solna, Stockholm

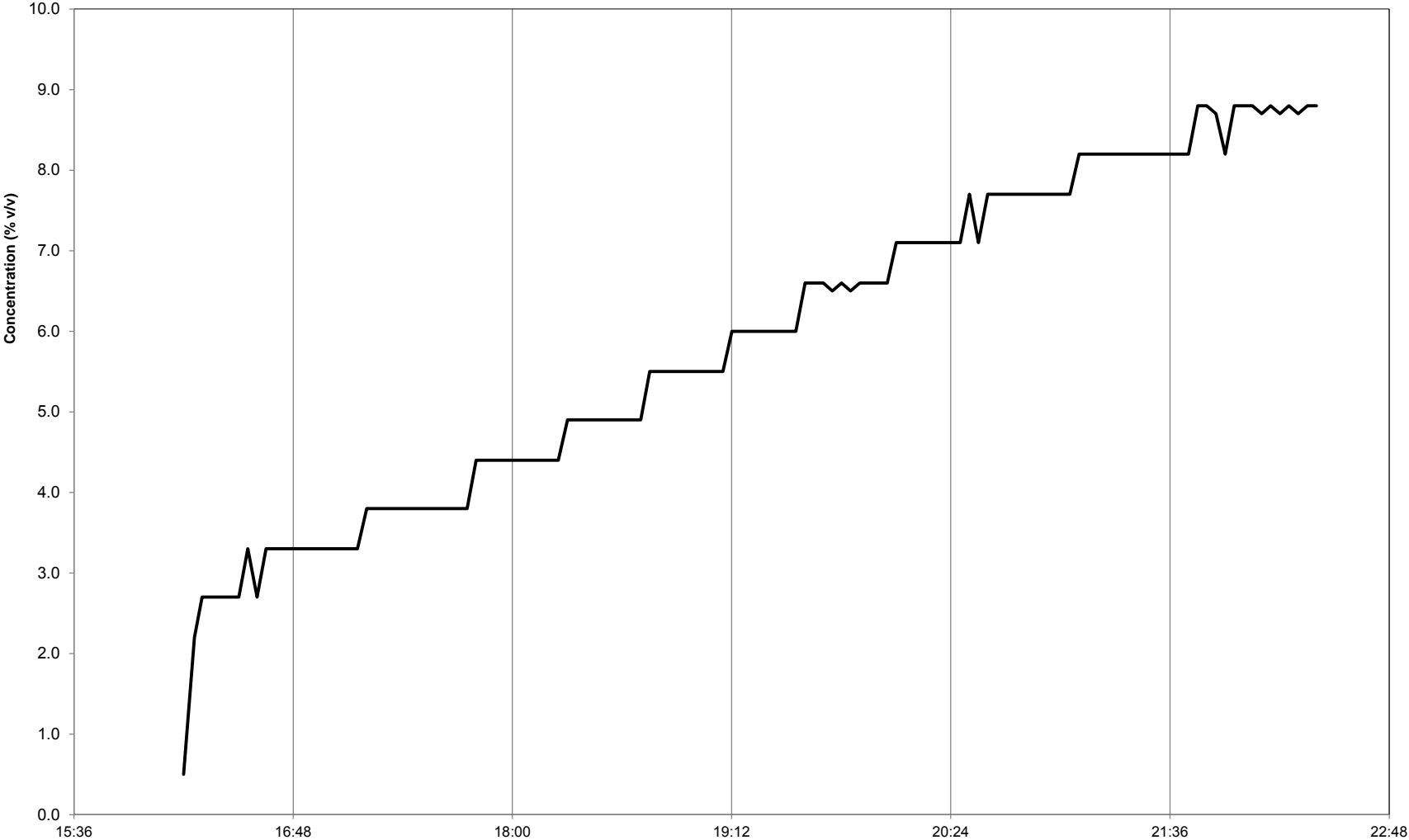
## **Appendix B**

### **Purge and Recovery Profiles**

For: Golders Associates AB  
Ref No.: GGS313DP01  
Date: December 2012

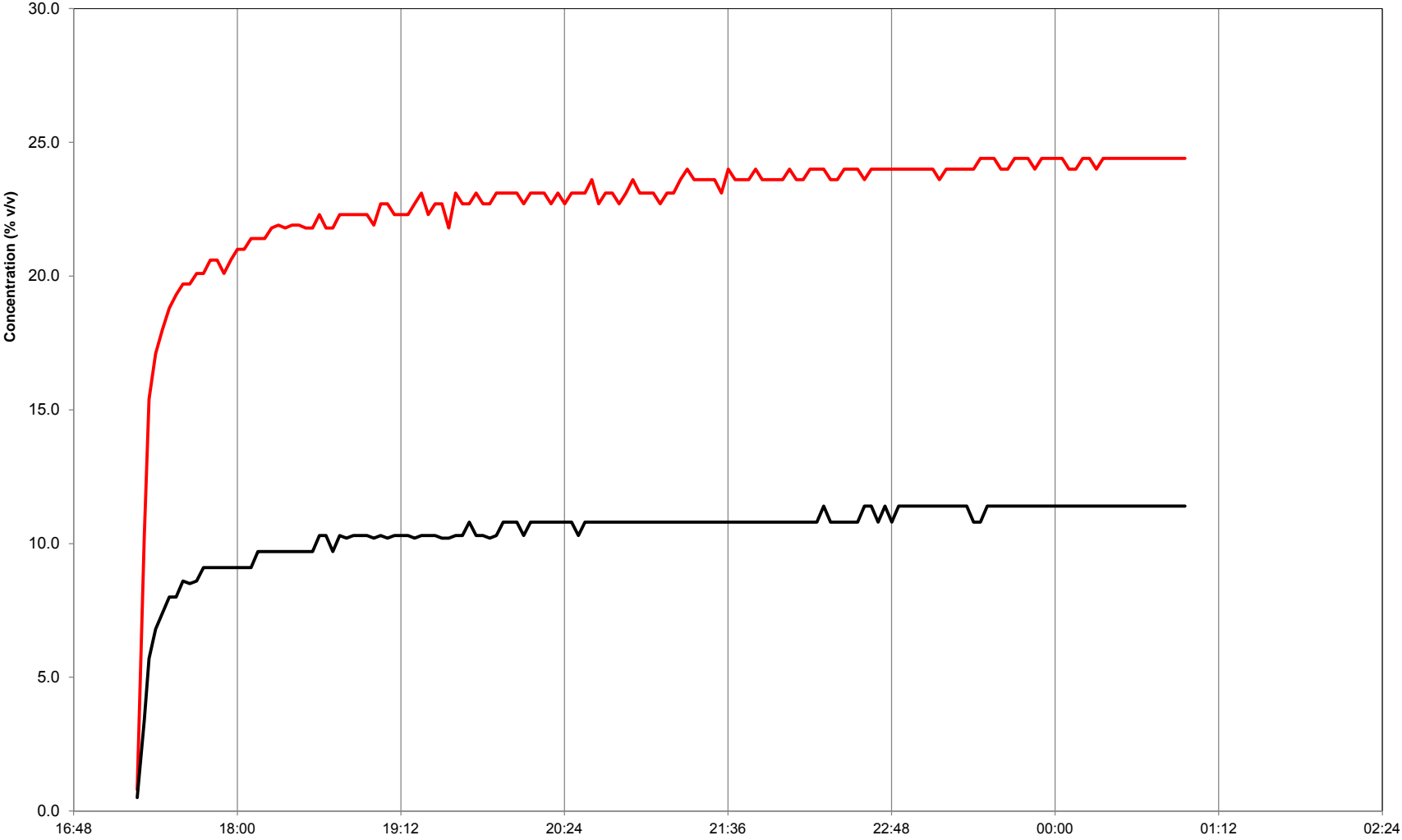


Ground-Gas Recovery:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB01



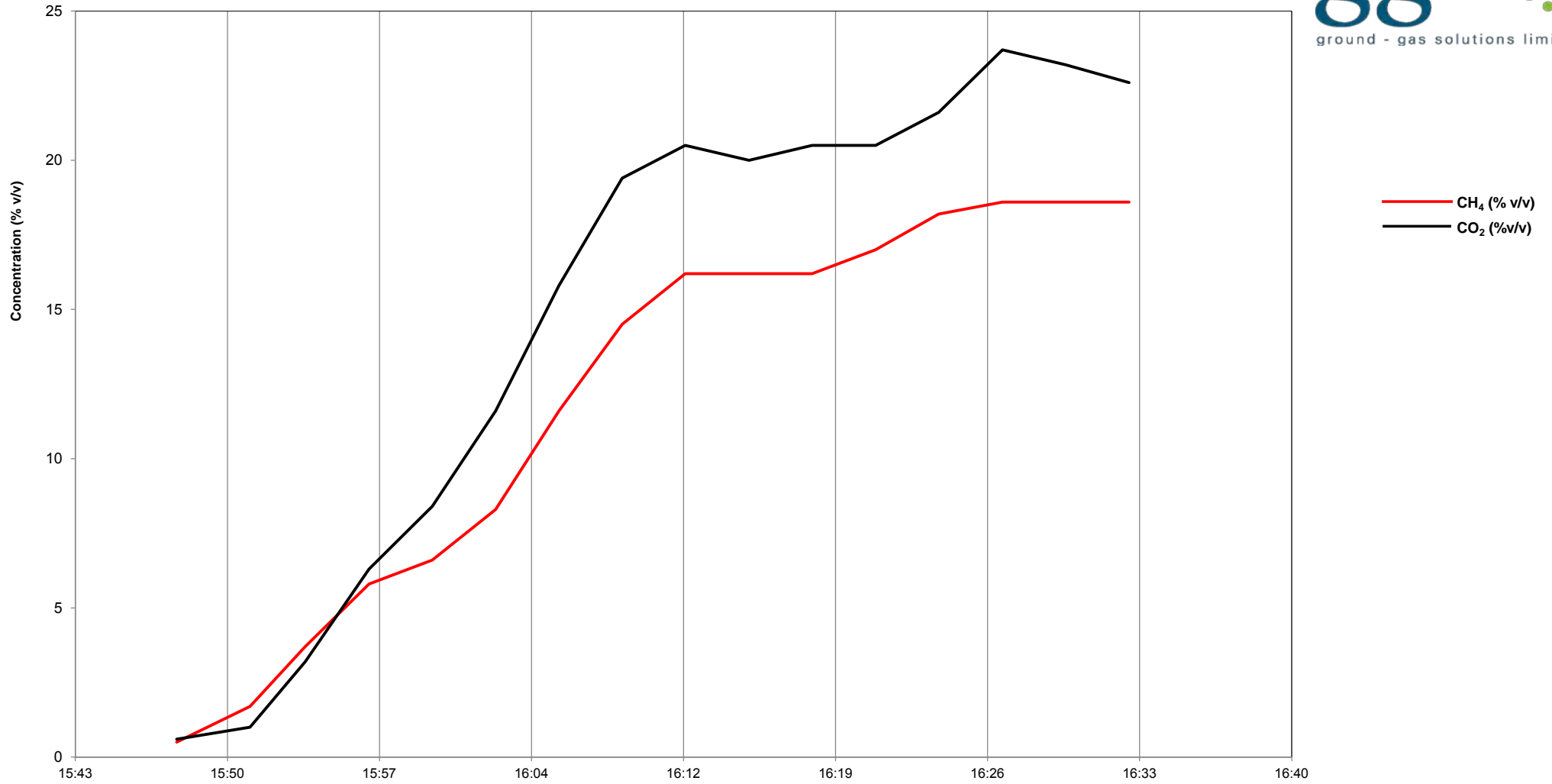
CO<sub>2</sub> (%v/v)

Ground-Gas Recovery:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB02

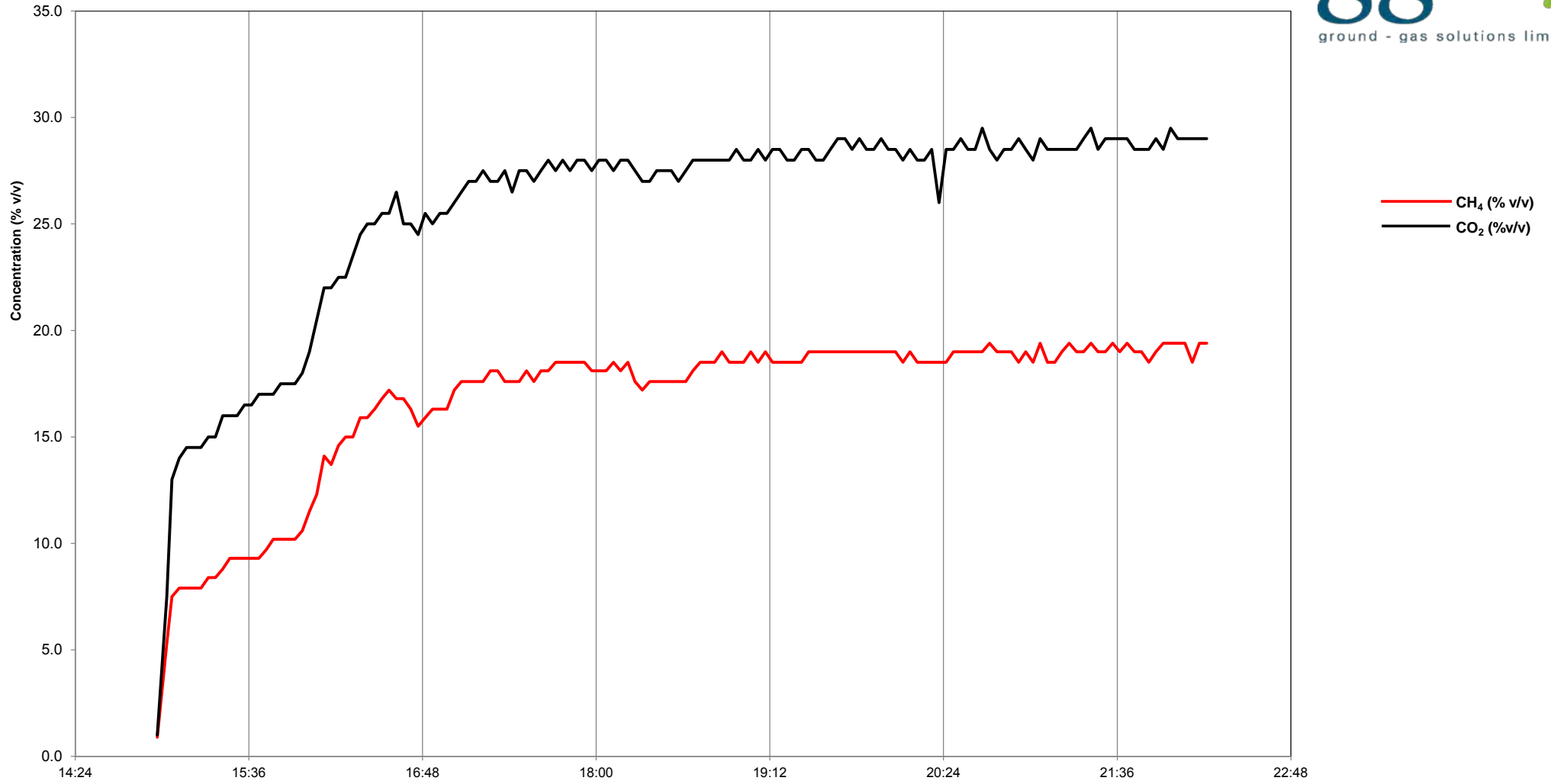




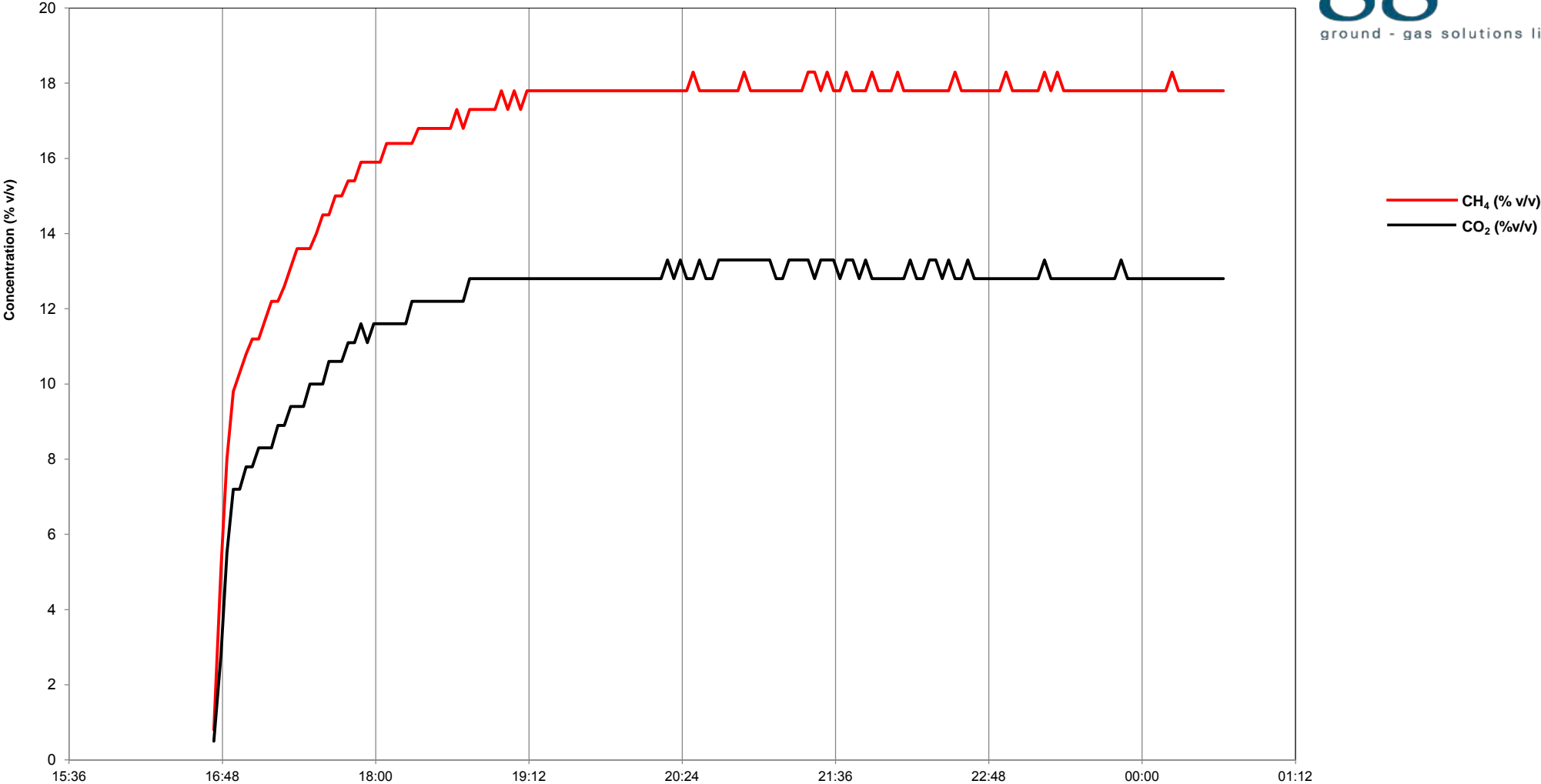
# Ground-Gas Recovery: Arenastaden, Stockholm, 12GA-GB03



# Ground-Gas Recovery: Arenastaden, Stockholm, 12GA-GB04



Ground-Gas Recovery:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB05



GGs DataPack® Plus  
Arenastaden, Solna, Stockholm

## Appendix C

### Borehole Flux Calculations

For: Golders Associates AB  
Ref No.: GGS313DP01  
Date: December 2012



## Borehole flux calculation

12GA-GB01

	CO <sub>2</sub> Worst Case	CO <sub>2</sub> Average
SWL (metres)	5.30	5.30
BH width (mm)	50	50
Volume taken up by GasClam (litres)	1.14	1.14
Vol. (litres)	9.27	9.27
Date / Time at start	23/11/2012 16:12	23/11/2012 16:12
Date / Time at finish	23/11/2012 16:18	23/11/2012 21:06
Time taken (hh)	0.10	4.90
Start conc (% v/v)	0.5	0.5
Finish conc (% v/v)	2.7	8.2
Conc difference (% v/v)	2.2	7.7
Gas Volume difference	0.20	0.71
<b>Mean Flux (ltr/hour)</b>	<b>2.039</b>	<b>0.146</b>

## Borehole flux calculation

12GA-GB02

	Purge & Recovery data			
	CH <sub>4</sub> Worst Case	CH <sub>4</sub> Average	CO <sub>2</sub> Worst Case	CO <sub>2</sub> Average
SWL (metres)	2.18	2.18	2.18	2.18
BH width (mm)	50	50	50	50
Volume taken up by GasClam (litres)	1.14	1.14	1.14	1.14
Vol. (litres)	3.14	3.14	3.14	3.14
Date / Time at start	23/11/2012 17:16	23/11/2012 17:16	23/11/2012 17:16	23/11/2012 17:16
Date / Time at finish	23/11/2012 17:24	23/11/2012 18:15	23/11/2012 17:27	23/11/2012 18:09
Time taken (hh)	0.13	0.98	0.18	0.88
Start conc (% v/v)	0.8	0.8	0.5	0.5
Finish conc (% v/v)	17.1	21.8	7.4	9.7
Conc difference (% v/v)	16.3	21.0	6.9	9.2
Gas Volume difference	0.51	0.66	0.22	0.29
<b>Mean Flux (ltr/hour)</b>	<b>3.839</b>	<b>0.671</b>	<b>1.182</b>	<b>0.327</b>

## Borehole flux calculation

12GA-GB03

	Purge & Recovery data			
	CH <sub>4</sub> Worst Case	CH <sub>4</sub> Average	CO <sub>2</sub> Worst Case	CO <sub>2</sub> Average
SWL (metres)	4.30	4.30	4.30	4.30
BH width (mm)	50	50	50	50
Volume taken up by GasClam (litres)	1.14	1.14	1.14	1.14
Vol. (litres)	7.30	7.30	7.30	7.30
Date / Time at start	23/11/2012 15:48	23/11/2012 15:48	23/11/2012 15:48	23/11/2012 15:48
Date / Time at finish	23/11/2012 16:12	23/11/2012 16:27	23/11/2012 16:09	23/11/2012 16:27
Time taken (hh)	0.40	0.65	0.35	0.65
Start conc (% v/v)	0.5	0.5	0.6	0.6
Finish conc (% v/v)	16.2	18.6	19.4	23.7
Conc difference (% v/v)	15.7	18.1	18.8	23.1
Gas Volume difference	1.15	1.32	1.37	1.69
<b>Mean Flux (ltr/hour)</b>	<b>2.866</b>	<b>2.034</b>	<b>3.923</b>	<b>2.595</b>

## Borehole flux calculation

12GA-GB04

	Purge & Recovery data			
	CH <sub>4</sub> Worst Case	CH <sub>4</sub> Average	CO <sub>2</sub> Worst Case	CO <sub>2</sub> Average
SWL (metres)	4.25	4.25	4.25	4.25
BH width (mm)	50	50	50	50
Volume taken up by GasClam (litres)	1.14	1.14	1.14	1.14
Vol. (litres)	7.20	7.20	7.20	7.20
Date / Time at start	23/11/2012 14:58	23/11/2012 14:58	23/11/2012 14:58	23/11/2012 14:58
Date / Time at finish	23/11/2012 15:04	23/11/2012 16:31	23/11/2012 15:04	23/11/2012 16:37
Time taken (hh)	0.10	1.55	0.10	1.65
Start conc (% v/v)	0.9	0.9	1.0	1.0
Finish conc (% v/v)	7.5	16.8	13.0	26.5
Conc difference (% v/v)	6.6	15.9	12.0	25.5
Gas Volume difference	0.48	1.15	0.86	1.84
<b>Mean Flux (ltr/hour)</b>	<b>4.755</b>	<b>0.739</b>	<b>8.645</b>	<b>1.113</b>





## Borehole flux calculation

12GA-GB05

	Purge & Recovery data			
	CH <sub>4</sub> Worst Case	CH <sub>4</sub> Average	CO <sub>2</sub> Worst Case	CO <sub>2</sub> Average
SWL (metres)	2.95	2.95	2.95	2.95
BH width (mm)	50	50	50	50
Volume taken up by GasClam (litres)	1.14	1.14	1.14	1.14
Vol. (litres)	4.65	4.65	4.65	4.65
Date / Time at start	23/11/2012 16:44	23/11/2012 16:44	23/11/2012 16:44	23/11/2012 16:44
Date / Time at finish	23/11/2012 16:56	23/11/2012 19:11	23/11/2012 16:53	23/11/2012 18:44
Time taken (hh)	0.20	2.45	0.15	2.00
Start conc (% v/v)	0.8	0.8	0.5	0.5
Finish conc (% v/v)	10.3	17.8	7.2	12.8
Conc difference (% v/v)	9.5	17.0	6.7	12.3
Gas Volume difference	0.44	0.79	0.31	0.57
<b>Mean Flux (ltr/hour)</b>	<b>2.210</b>	<b>0.323</b>	<b>2.078</b>	<b>0.286</b>

GGs DataPack® Plus  
Arenastaden, Solna, Stockholm

## Appendix D

### Concentration Duration Data and Graphs

For: Golders Associates AB  
Ref No.: GGS313DP01  
Date: December 2012









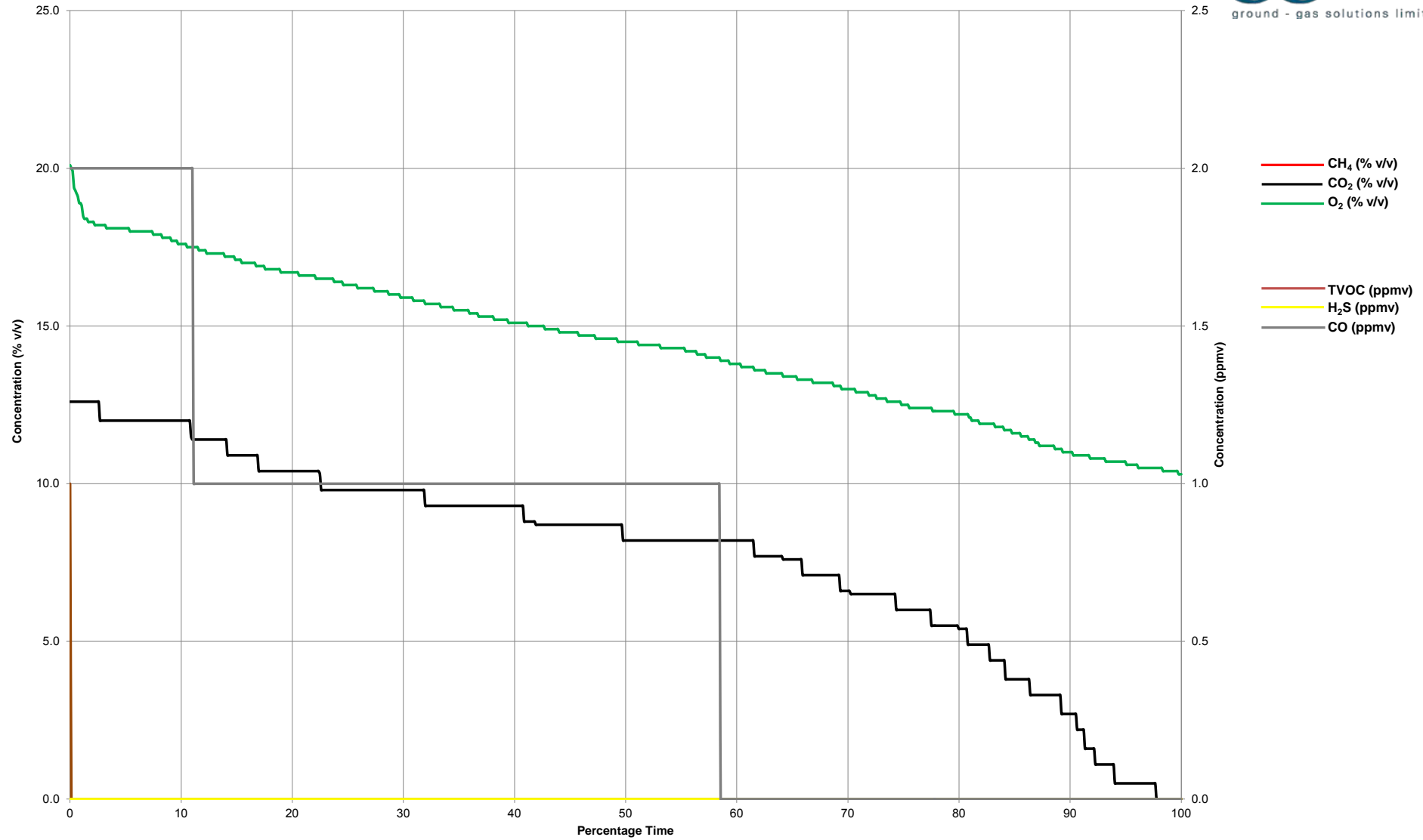




% Time	CH <sub>4</sub> % v/v	CO <sub>2</sub> % v/v	O <sub>2</sub> % v/v	TVOC PPMV	H <sub>2</sub> S PPMV	CO PPMV
86.77	0.0	3.3	11.4	0.0	0.0	0.0
86.89	0.0	3.3	11.3	0.0	0.0	0.0
87.00	0.0	3.3	11.3	0.0	0.0	0.0
87.12	0.0	3.3	11.3	0.0	0.0	0.0
87.24	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
87.35	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
87.47	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
87.59	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
87.70	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
87.82	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
87.94	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
88.06	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
88.17	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
88.29	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
88.41	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
88.52	0.0	3.3	11.2	0.0	0.0	0.0
88.64	0.0	3.3	11.1	0.0	0.0	0.0
88.76	0.0	3.3	11.1	0.0	0.0	0.0
88.88	0.0	3.3	11.1	0.0	0.0	0.0
88.99	0.0	3.3	11.1	0.0	0.0	0.0
89.11	0.0	3.3	11.1	0.0	0.0	0.0
89.23	0.0	2.7	11.1	0.0	0.0	0.0
89.34	0.0	2.7	11.0	0.0	0.0	0.0
89.46	0.0	2.7	11.0	0.0	0.0	0.0
89.58	0.0	2.7	11.0	0.0	0.0	0.0
89.70	0.0	2.7	11.0	0.0	0.0	0.0
89.81	0.0	2.7	11.0	0.0	0.0	0.0
89.93	0.0	2.7	11.0	0.0	0.0	0.0
90.05	0.0	2.7	11.0	0.0	0.0	0.0
90.16	0.0	2.7	11.0	0.0	0.0	0.0
90.28	0.0	2.7	10.9	0.0	0.0	0.0
90.40	0.0	2.7	10.9	0.0	0.0	0.0
90.52	0.0	2.7	10.9	0.0	0.0	0.0
90.63	0.0	2.2	10.9	0.0	0.0	0.0
90.75	0.0	2.2	10.9	0.0	0.0	0.0
90.87	0.0	2.2	10.9	0.0	0.0	0.0
90.98	0.0	2.2	10.9	0.0	0.0	0.0
91.10	0.0	2.2	10.9	0.0	0.0	0.0
91.22	0.0	2.2	10.9	0.0	0.0	0.0
91.33	0.0	1.6	10.9	0.0	0.0	0.0
91.45	0.0	1.6	10.9	0.0	0.0	0.0
91.57	0.0	1.6	10.9	0.0	0.0	0.0
91.69	0.0	1.6	10.9	0.0	0.0	0.0
91.80	0.0	1.6	10.8	0.0	0.0	0.0
91.92	0.0	1.6	10.8	0.0	0.0	0.0
92.04	0.0	1.6	10.8	0.0	0.0	0.0
92.15	0.0	1.6	10.8	0.0	0.0	0.0
92.27	0.0	1.1	10.8	0.0	0.0	0.0
92.39	0.0	1.1	10.8	0.0	0.0	0.0
92.51	0.0	1.1	10.8	0.0	0.0	0.0
92.62	0.0	1.1	10.8	0.0	0.0	0.0
92.74	0.0	1.1	10.8	0.0	0.0	0.0
92.86	0.0	1.1	10.8	0.0	0.0	0.0
92.97	0.0	1.1	10.8	0.0	0.0	0.0
93.09	0.0	1.1	10.8	0.0	0.0	0.0
93.21	0.0	1.1	10.7	0.0	0.0	0.0
93.33	0.0	1.1	10.7	0.0	0.0	0.0
93.44	0.0	1.1	10.7	0.0	0.0	0.0
93.56	0.0	1.1	10.7	0.0	0.0	0.0
93.68	0.0	1.1	10.7	0.0	0.0	0.0
93.79	0.0	1.1	10.7	0.0	0.0	0.0
93.91	0.0	1.1	10.7	0.0	0.0	0.0
94.03	0.0	0.5	10.7	0.0	0.0	0.0
94.15	0.0	0.5	10.7	0.0	0.0	0.0
94.26	0.0	0.5	10.7	0.0	0.0	0.0
94.38	0.0	0.5	10.7	0.0	0.0	0.0
94.50	0.0	0.5	10.7	0.0	0.0	0.0
94.61	0.0	0.5	10.7	0.0	0.0	0.0
94.73	0.0	0.5	10.7	0.0	0.0	0.0
94.85	0.0	0.5	10.7	0.0	0.0	0.0
94.96	0.0	0.5	10.7	0.0	0.0	0.0
95.08	0.0	0.5	10.6	0.0	0.0	0.0
95.20	0.0	0.5	10.6	0.0	0.0	0.0
95.32	0.0	0.5	10.6	0.0	0.0	0.0
95.43	0.0	0.5	10.6	0.0	0.0	0.0
95.55	0.0	0.5	10.6	0.0	0.0	0.0
95.67	0.0	0.5	10.6	0.0	0.0	0.0
95.78	0.0	0.5	10.6	0.0	0.0	0.0
95.90	0.0	0.5	10.6	0.0	0.0	0.0
96.02	0.0	0.5	10.6	0.0	0.0	0.0
96.14	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
96.25	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
96.37	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
96.49	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
96.60	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
96.72	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
96.84	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
96.96	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
97.07	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
97.19	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
97.31	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
97.42	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
97.54	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
97.66	0.0	0.5	10.5	0.0	0.0	0.0
97.78	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0
97.89	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0
98.01	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0
98.13	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0
98.24	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0
98.36	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
98.48	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
98.59	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
98.71	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
98.83	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
98.95	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
99.06	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
99.18	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
99.30	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
99.41	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
99.53	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
99.65	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0
99.77	0.0	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0
99.88	0.0	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0
100.00	0.0	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0



# Concentration Duration Curve:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB01





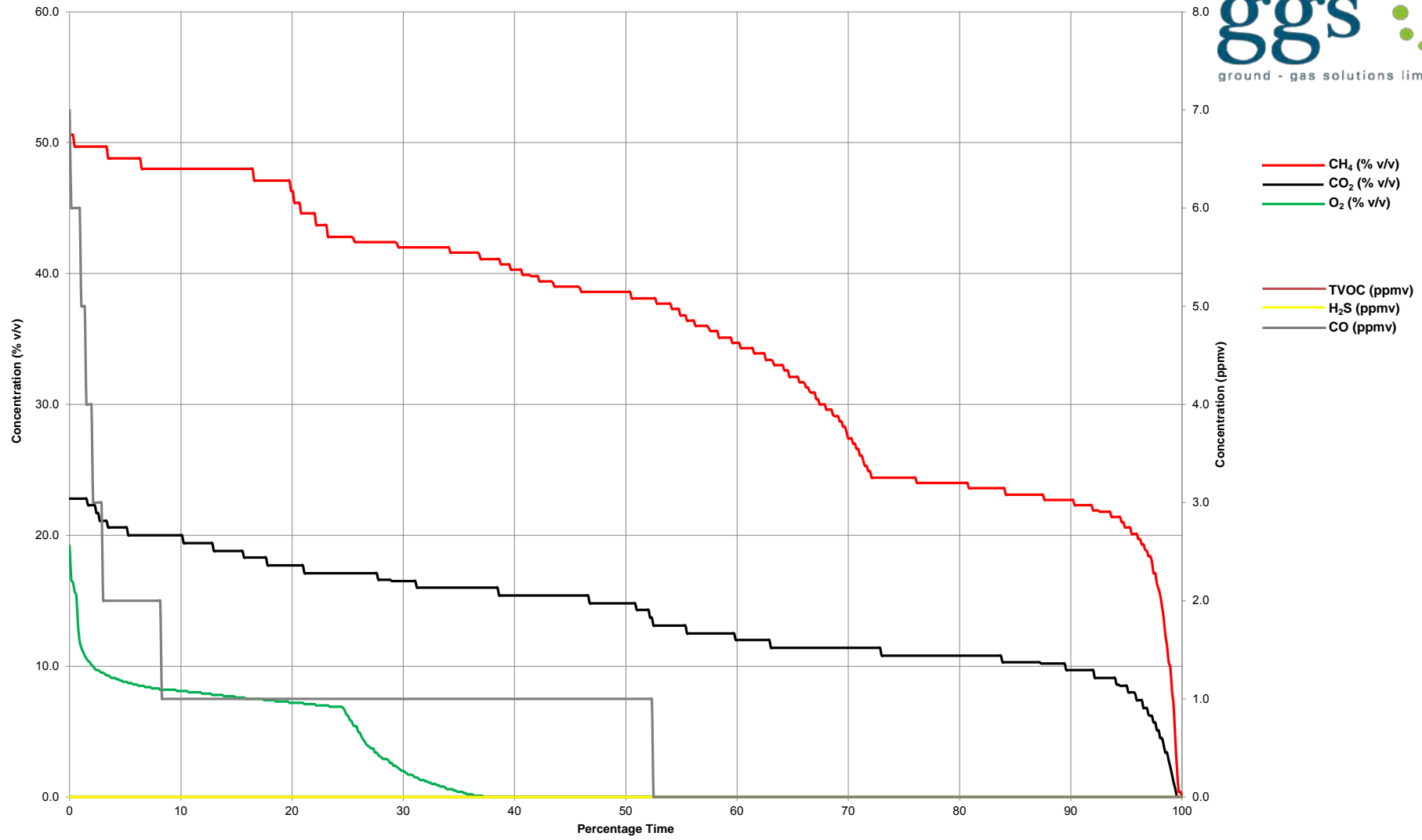






	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	TVOC	H <sub>2</sub> S	CO
% Time	% v/v	% v/v	% v/v	PPMV	PPMV	PPMV
89.14	22.7	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0
89.29	22.7	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0
89.44	22.7	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0
89.59	22.7	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
89.74	22.7	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
89.89	22.7	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
90.05	22.7	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
90.20	22.7	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
90.35	22.3	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
90.50	22.3	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
90.65	22.3	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
90.80	22.3	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
90.95	22.3	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
91.10	22.3	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
91.25	22.3	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
91.40	22.3	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
91.55	22.3	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
91.70	22.3	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
91.86	22.3	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
92.01	21.9	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
92.16	21.9	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
92.31	21.9	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
92.46	21.9	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
92.61	21.8	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
92.76	21.8	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
92.91	21.8	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
93.06	21.8	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
93.21	21.8	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
93.36	21.8	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
93.51	21.8	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
93.67	21.4	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
93.82	21.4	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
93.97	21.4	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0
94.12	21.4	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0
94.27	21.4	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0
94.42	21.4	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0
94.57	21.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0
94.72	21.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0
94.87	20.6	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0
95.02	20.6	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0
95.17	20.6	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0
95.32	20.6	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0
95.48	20.1	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0
95.63	20.1	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0
95.78	20.1	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0
95.93	20.1	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0
96.08	19.7	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0
96.23	19.7	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0
96.38	19.3	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0
96.53	19.3	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
96.68	18.9	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
96.83	18.8	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
96.98	18.4	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0
97.13	18.4	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0
97.29	18.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0
97.44	17.1	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0
97.59	17.1	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0
97.74	16.3	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0
97.89	15.9	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0
98.04	15.4	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
98.19	14.6	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
98.34	13.7	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0
98.49	12.4	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
98.64	11.6	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
98.79	10.3	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0
98.94	9.9	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
99.10	8.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
99.25	6.9	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
99.40	4.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
99.55	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
99.70	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
99.85	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

# Concentration Duration Curve:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB02









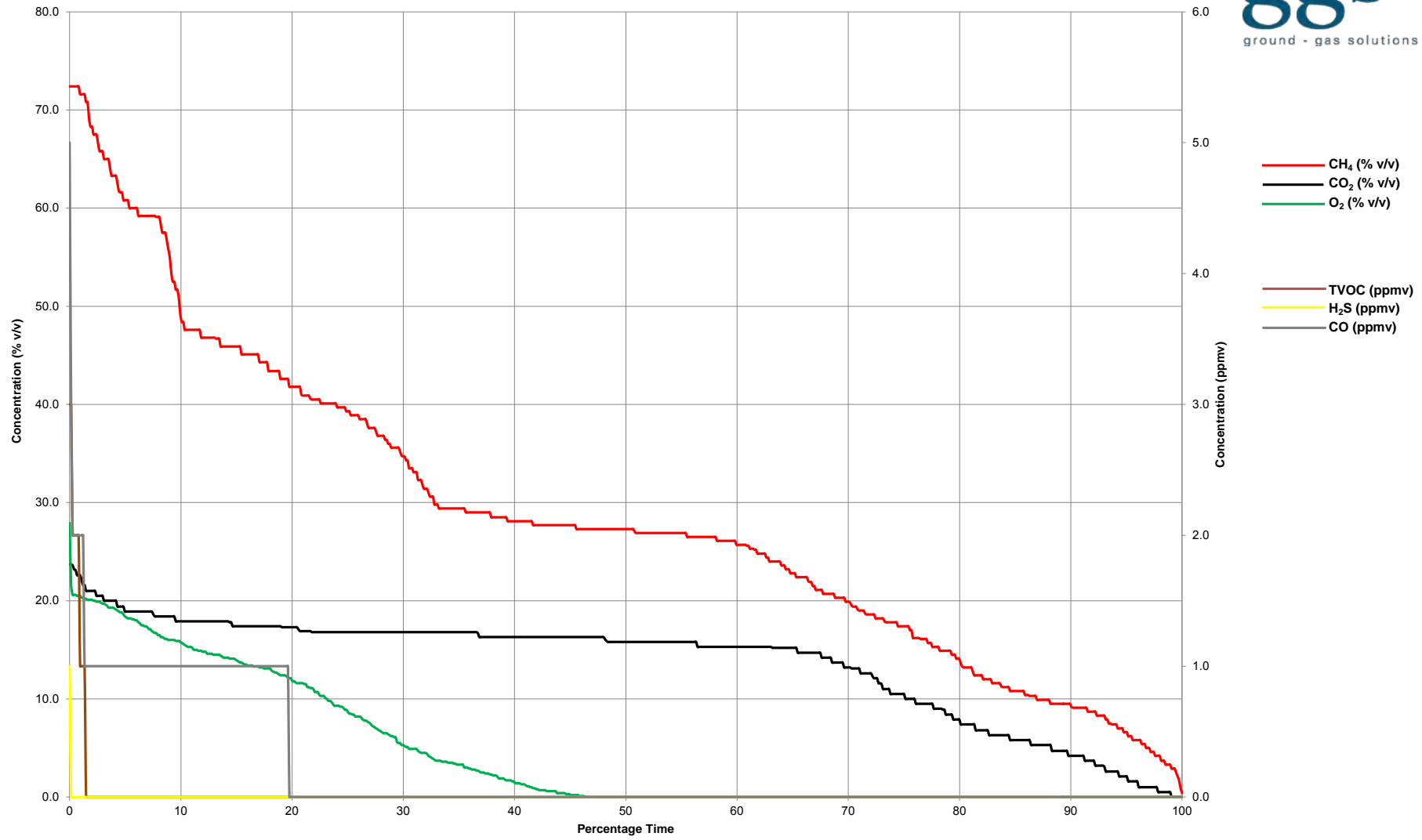






	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	TVOC	H <sub>2</sub> S	CO
% Time	% v/v	% v/v	% v/v	PPMV	PPMV	PPMV
99.60	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
99.73	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
99.87	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100.00	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

# Concentration Duration Curve:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB03









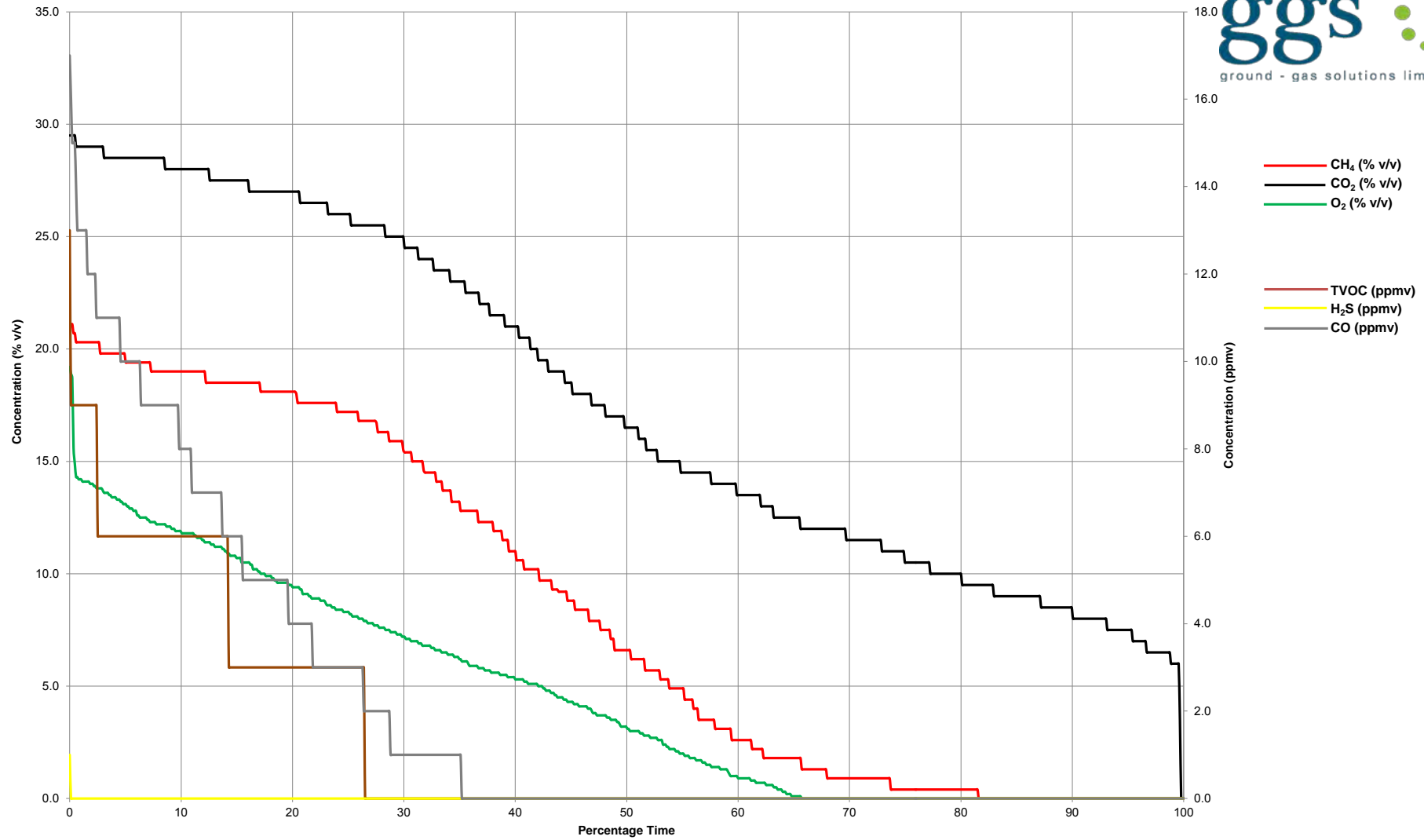








# Concentration Duration Curve:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB04









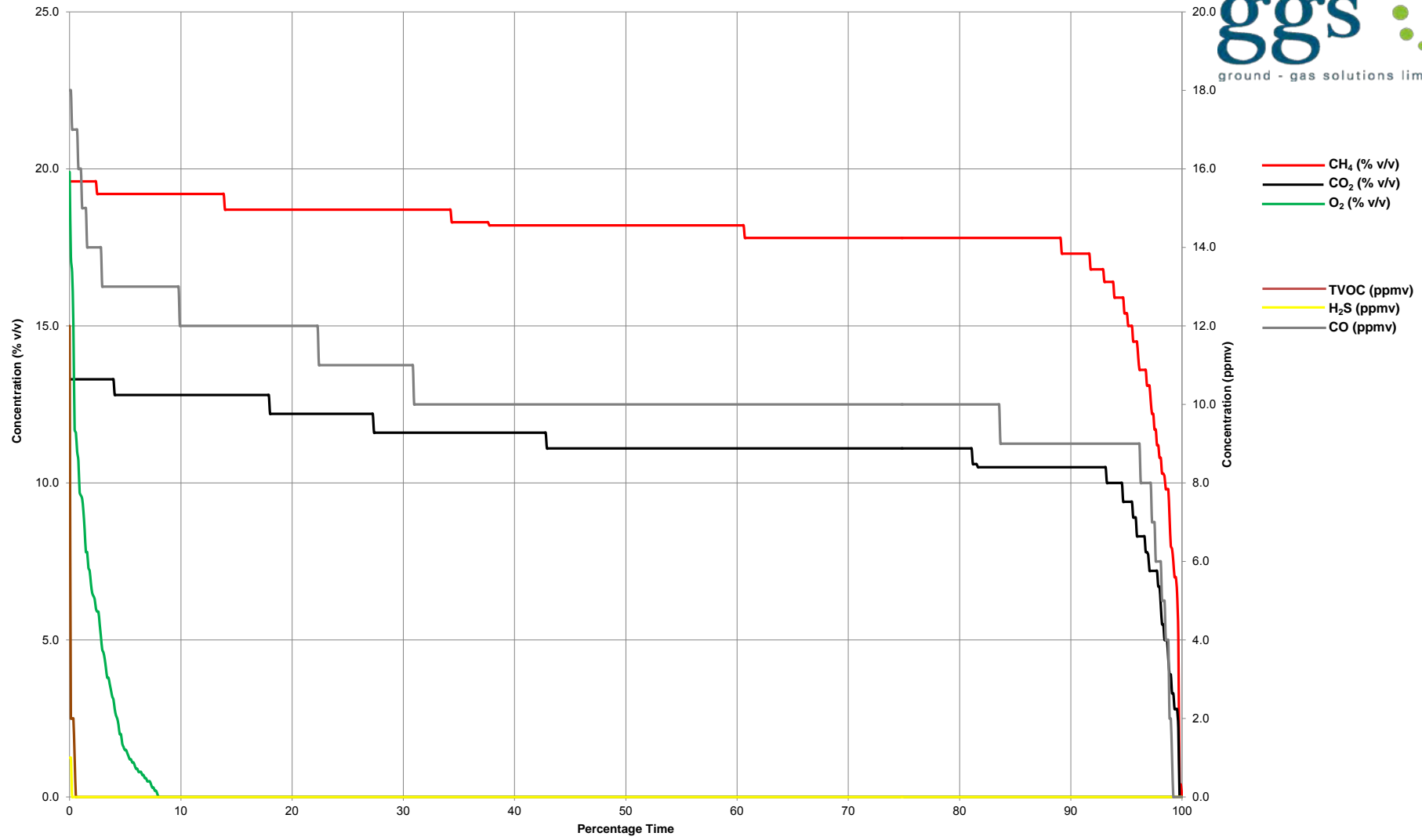








# Concentration Duration Curve:Arenastaden, Stockholm,12GA-GB05



GGs DataPack® Plus  
Arenastaden, Solna, Stockholm

## Appendix E

### Environmental Monitoring Data and Other Observations

For: Golders Associates AB  
Ref No.: GGS313DP01  
Date: December 2012





**PROJECT:** GGS313  
**SITE:** Arenastaden Landfill, Stockholm, Sweden  
**DATE:** 23 October 2012  
**SPECIALIST:** K. Harries

QMS-SGMF  
 v1.6

EQUIPMENT		WEATHER CONDITIONS				GROUND CONDITIONS / GENERAL COMMENTS			
Model	Serial Number	Cloudy and sunny				Damp			
GasData GFM 435	11028								
		Start Pressure (mb): 1029		End Pressure (mb): 1028					

ID	Time	Barometric Pressure (mb)	Line Test OK?	External Flow (ltr/hr)			TVOC (ppmv)	Steady CH4 (%v/v)	Peak CH4 (%v/v)	Steady CO2 (%v/v)	Peak CO2 (%v/v)	O2 (%v/v)	CO (ppmv)	H2S (ppmv)	SWL (mbgl)	Base Dip (mbgl)	Comments
				Initial	Duration	Steady											
Fresh Air	15:30	1029	-	NM	N/A	NM	NM	0.0	0.0	0.0	0.0	20.6	0	0	N/A	N/A	
12GAGB01	16:45	1029	-	NM	NM	NM	NM	0.3	0.3	1.1	1.1	20.2	0	0	5.30	NM	No gas bung. Headworks adjustment required. PRT started at 17:10 and GasClam 30/12/09 installed on 3 minute sampling frequency. Batteries changed and gasclam set to record every hour on 24th October 2012.
12GAGB02	17:50	1028	-	NM	NM	NM	NM	4.3	4.3	1.4	1.4	18.6	0	0	2.18	NM	No gas bung. Headworks adjustment required. PRT started at 18:12 and GasClam 05/11/09 installed on 3 minute sampling frequency. Batteries changed and gasclam set to record every hour on 24th October 2012.
12GAGB03	16:30	1029	-	NM	NM	NM	NM	5.2	5.2	4.2	4.2	15.1	5	0	4.30	NM	No gas bung. Headworks adjustment required. PRT started at 16:47 and GasClam 06/11/09 installed on 3 minute sampling frequency. Batteries changed and gasclam set to record every hour on 24th October 2012.
12GAGB04	15:35	1029	-	NM	NM	NM	NM	16.9	16.9	31.3	31.3	1.2	1	0	4.25	NM	No gas bung. Headworks adjustment required. PRT started at 16:01 and GasClam 28/04/09 installed on 3 minute sampling frequency. Batteries changed and gasclam set to record every hour on 24th October 2012.
12GAGB05	17:25	1029	-	NM	NM	NM	NM	5.6	5.6	3.3	3.3	14.0	1	0	2.95	NM	No gas bung. Headworks adjustment required. PRT started at 17:41 and GasClam 33/12/09 installed on 3 minute sampling frequency. Batteries changed and gasclam set to record every hour on 24th October 2012.

KEY: ND = No Detection, NM = Not Measured, NR = Not Recorded, N/A = Not Applicable, \* = see comments, %v/v = Percentage volume by volume, ppmv = parts per million by volume, mb = millibar, Ltr/hr = litres per hour, mbgl = metres below ground level

GGs DataPack® Plus  
Arenastaden, Solna, Stockholm

**Appendix F**  
**GFM Calibration Certificate**

For: Golders Associates AB  
Ref No.: GGS313DP01  
Date: December 2012



TEST DATE AND CONDITIONS	
Date	27/02/2012
Atmospheric Pressure	1010 mB
Ambient Temp	20 °C
Enviroics Serial No.	3268

GAS DATA LTD
Pegasus House
Seven Stars Estate
Wheler Rd
Coventry
CV3 4LB
Tel 02476303311 Fax 02476307711



## GFM435-1 FINAL INSPECTION & CALIBRATION CHECK CERTIFICATE

INSTRUMENT DETAILS	
Serial No	Customer
11028	Ground Gas Solutions Ltd

INSTRUMENT CHECKS			
Keyboard	✓	Pump Flow	> 500 cc/min
Display Contrast	✓	Pump Flow @ -200mB	> 200 cc/min
Clock Set / Running	✓	S/W Version	G435.0024/0001
Labels Fitted	✓	Recalibration Date	27/02/2013

GAS CHECKS							
Calibration Gas		Instrument Gas Channels Read					
Gas Type	Applied Conc.	CH4 (%)	tol. (% vol. )	CO2 (%)	tol. (% vol. )	O2 (%)	tol. (% vol. )
N2	100%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+/-0.1
CH4	5 %	5.1	+/-0.3	0.0	0.0	0.0	+/-0.1
	60%	57.4	+/-3.0	0.0	0.0	0.0	+/-0.1
CO2	5%	0.0	0.0	4.9	+/-0.3	0.0	+/-0.1
	40%	0.0	0.0	42.2	+/-3.0	0.0	+/-0.1
AIR (20.9% O2, 400ppm CO2)	100%	0.0	0.0	0.1	+0.1	20.9	+/-0.5

PRESSURE CHECKS							
Calibration Pressure		Instrument Pressure Channels Read					
Pressure @	Applied Pressure	Atmospheric [Ap] ( mB )	tol. ( mB )				
All ports	current atmospheric	1010	+/-2.0				
Ap port (internal)	+800mB(a)	797	+/-5.0				
	+1200mB(a)	1201	+/-5.0				



TEST DATE AND CONDITIONS	
Date	27/02/2012
Atmospheric Pressure	1010 mB
Ambient Temp	20 °C
Envionics Serial No.	3268

GAS DATA LTD	
Pegasus House	
Seven Stars Estate	
Wheler Rd	
Coventry	
CV3 4LB	
Tel 02476303311 Fax 02476307711	



## GFM435-1 FINAL INSPECTION & CALIBRATION CHECK CERTIFICATE

FLOW CHECKS					
Calibration Flow		Instrument Flow Channels Read			
Applied Flow	Applied Pressure	Flow [Flow] ( l/hour )	tol. ( l/hour )	Differential Pressure [Dp] ( Pa )	tol. ( Pa )
-30.0 l/hour	- 253 Pa	-29.5	+/-3.0	- 250	+/-50
-3.0 l/hour	- 11 Pa	-2.3	+/-1.0	- 9	+/-6
0.0 l/hour	0 Pa	0.0	0.0	0	0.0
+3.0 l/hour	12 Pa	3.0	+/-0.5	12	+/-3
+30.0 l/hour	270 Pa	29.8	+/-3.0	268	+/-50
+60.0 l/hour	824 Pa	60.0	+/-6.0	833	+/-130
+90.0 l/hour	1654 Pa	90.7	+/-9.0	1694	+/-250

OPTIONAL GAS CHECKS							
Calibration Gas		Instrument Gas Channels Read					
Gas Type	Applied Conc.	Label Range	H2S 5000ppm	CO 2000ppm		Hexane 2%	tol. (% vol.)
N2	100%		0	0		0	+/- 5.0
H2S	1500ppm		1510	0			+/- 5.0
CO	1000ppm		110	980			+/- 5.0
							+/- 5.0
							+/- 5.0
							+/- 5.0
Hexane	20000ppm					18885	+/- 10.0

TEMPERATURE CHECK		
Calibration Temperature	Instrument Temperature Channel Read	
Applied Equivalent Temperature	Temperature [Temp] ( °C )	tol. ( °C )
-10.0 °C	- 9.5	+/- 2.0
0.0 °C	0.0	+/- 1.0
30.0 °C	30.0	+/- 1.0
60.0 °C	60.0	+/- 1.0
100.0 °C	100.0	+/- 1.0

TEST DATE AND CONDITIONS	
Date	29.2.12
Atmospheric Pressure	1014 mB
Ambient Temp	18.9 °C
Envionics Serial No.	2633

**GAS DATA LTD**

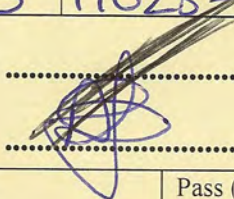
Pegasus House  
Seven Stars Estate  
Wheler Rd.  
Coventry  
CV3 4LB

Tel: 024 76 303311

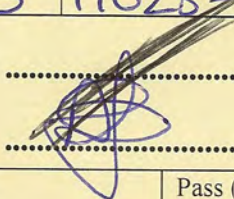
Fax: 024 76 307711


**GFM435 (MCERTS) OUTWARD INSPECTION & QUALITY CHECK SHEET**

INSTRUMENT DETAILS			
SO Number	Instrument Banner	Instrument Serial Number + SW Version	Job Number(s)
304179	GFM435	11028-24-01 9336	—

Calibration Technician  .....

DATE 29/02/2012

Inspection Technician  .....

DATE 29.2.12

INSTRUMENT CHECKS		Pass (P), Fail (F) or not applicable (NA)	INSTRUMENT PACKING LIST		Tick if included
Function Tests	Keyboard Test (All keys)	P	Instrument		<input checked="" type="checkbox"/>
	Backlight Test	P	Leather Case		<input checked="" type="checkbox"/>
	Clock Set / Running	P	AC Battery Charger (UK)		<input checked="" type="checkbox"/>
	Comms Test	P	AC Battery Charger (EURO)		<input checked="" type="checkbox"/>
	Pump Flow Test	P	AC Battery Charger (US)		<input checked="" type="checkbox"/>
	Overall Leak Test	P	Gas Sample Pipe		<input checked="" type="checkbox"/>
	Battery Charge Test	P	Hard Carry Case		<input checked="" type="checkbox"/>
	Service Date set to?	27.02.13	Spares Pot		<input checked="" type="checkbox"/>
Channel Tests	Verify CH4/LEL/Hexane/PID	P	Allen Key		<input checked="" type="checkbox"/>
	Verify CO2	P	Flow Sample Pipe		<input checked="" type="checkbox"/>
	Verify O2	P	Pressure Sample Pipe		<input checked="" type="checkbox"/>
	Verify H2S	P	Temperature Probe		<input checked="" type="checkbox"/>
	Verify CO	P	Vane Anemometer		<input checked="" type="checkbox"/>
	Verify 1st Option gas	NA	USB Cable		<input checked="" type="checkbox"/>
	Verify 2nd Option gas	NA	USB Memory stick		<input checked="" type="checkbox"/>
	Verify atmospheric pressure	P	SiteMan Software	Ver	<input checked="" type="checkbox"/>
	Verify differential pressure	P	Internal Filter Pack	Qty	<input checked="" type="checkbox"/>
	Verify flow	P	External Filter Pack	Qty	<input checked="" type="checkbox"/>
	Verify temperature probe input	P	Field Guide		<input checked="" type="checkbox"/>
	Verify vane anemometer input	P	Extra Items:		
H2S Range	H2S Range from SO (A)	5000	Comments:		
H2S Range	H2S Range from cal cert (B)	5000			
Over-range	Over-range value correct	P			
Label Checks	Calibration label Fitted	P			
	MCERTS label fitted	ON SCREEN			
	Warranty label fitted	P			
DataBase Checks	Jobcard(s) completed and signed	P			
	Jobcard(s) booked off database	P			
	Calibration certificate completed	P			
	Complete & print QI record	NA			

GGs DataPack® Plus  
Arenastaden, Solna, Stockholm

**Appendix G**  
**GasClam® Calibration Certificates**

For: Golders Associates AB  
Ref No.: GGS313DP01  
Date: December 2012





CERTIFICATE OF CALIBRATION  
GasClam

CALIBRATION CERTIFICATE NO:

45046

ISSUED BY: SHAWCITY LIMITED  
DATE: 15.02.12

APPROVED SIGNATORY:

NAME: Peter Gunter

CUSTOMER: Ground Gas Solutions Ltd  
INSTRUMENT: GasClam  
SERIAL NUMBER: 000005/11/09

CALIBRATION METHOD: CM14  
AMBIENT CONDITIONS: 20°C ± 2°C and 50% (± 20%) RH

---

Prior to calibration the instrument was allowed to stabilise in the laboratory for at least 30 minutes.  
The instrument was calibrated by exposing the sensor to known values of gas concentrations.  
All gases were sampled through the complete probe and in line filter, where applicable.  
The reference values are those generated by the certified source and the indicated values are those measured by the instrument.

---

**CALIBRATION RESULTS**

GAS/SOURCE	LOT No	REF. VALUE	INDICATED VALUE
Oxygen	Ambient Air	20.9% O <sub>2</sub>	20.9% O <sub>2</sub>
Nitrogen	1042614	>99.999%	0.0% O <sub>2</sub>
Methane	1036225	60%	60%
Carbon Dioxide	1036225	40%	40%
Hydrogen Sulphide	1172140	50 ppm	50 ppm
Carbon Monoxide	1196509	50 ppm	50 ppm
Isobutylene	1220844	100 ppm	100 ppm
Barometric Pressure	Digitron 2025P	1010 mbar	1010 mbar
Borehole Pressure	Digitron 2025P	1010 mbar	1010 mbar

---

**COMMENTS:**

The reported uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor of  $k=2$ .  
This provides a level of confidence of uncertainty of approximately 95%.  
The uncertainty of measurement is  $\pm 2$  ppm.  
The results indicate that the instrument conforms to the applicable parts of the published specification.

---

---

HEALTH & SAFETY, OCCUPATIONAL HYGIENE AND ENVIRONMENTAL MONITORING INSTRUMENTS

---



13 Pioneer Road  
 FARINGDON  
 Oxfordshire  
 SN7 7BU  
 Tel: 01367 241675  
 Fax: 01367 242491  
service@shawcity.co.uk

**SERVICE / INSPECTION SHEET**

JOB NUMBER: 45046  
 INSTRUMENT: GasClam  
 SERIAL NUMBER: 000005/11/09  
 DATE RECEIVED: 10/02/2012

CUSTOMER: Ground Gas Solutions Ltd

ITEMS RECEIVED	CONDITION	RTN?
Probe	OK	<input checked="" type="checkbox"/>
Interface Cable		
Operation Manual		
Remote Start Box		
Software CD		
Transit Case	OK	<input checked="" type="checkbox"/>
USB Serial Converter		
Spare Batteries x 2		
Box Spanner		
Allen Key		
Snorkel & Blanking Plug		

TESTS	AS REC'D	AFTER REPAIR
Battery	Fail	Ok
Flow	Fail	Ok
CO	Fail	Ok
H2S	Fail	Ok
CH4	Fail	Ok
CO2	Fail	Ok
Oxygen	Fail	Ok
PID	Fail	Ok
Barometric Px	Fail	Ok
Borehole Px	Fail	Ok
Temperature	Ok	Ok
PC Comms Test	Ok	Ok
Datalog Test	Ok	Ok

SIGNED:

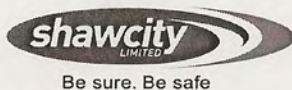
**Condition Status:**  
 OK = Good F = Faulty Blank = Not Received  
 RTN - Returned to Customer?

**COMMENTS:**

New batteries fitted as part of service.  
 New snorkel fitted as part of service.  
 New filters fitted as part of service.  
 New lamp and stack fitted as part of service.  
 New co/h2s sensor fitted as part of service.  
 New o2 sensor fitted as part of service.  
 Instrument cleaned, serviced, tested and calibrated.

TECHNICIAN: Peter Gunter

DATE: 15.02.12



# CERTIFICATE OF CALIBRATION

## GasClam

**CALIBRATION CERTIFICATE NO:**

**45685**

ISSUED BY: SHAWCITY LIMITED  
DATE: 17/05/2012

APPROVED SIGNATORY:

NAME: Frank Izzo

CUSTOMER: Ground Gas Solutions Ltd  
INSTRUMENT: GasClam  
SERIAL NUMBER: 000006/11/09

CALIBRATION METHOD: CM14  
AMBIENT CONDITIONS: 20°C ± 2°C and 50% (± 20%) RH

---

Prior to calibration the instrument was allowed to stabilise in the laboratory for at least 30 minutes.  
The instrument was calibrated by exposing the sensor to known values of gas concentrations.  
All gases were sampled through the complete probe and in line filter, where applicable.  
The reference values are those generated by the certified source and the indicated values are those measured by the instrument.

---

### CALIBRATION RESULTS

GAS/SOURCE	LOT No	REF. VALUE	INDICATED VALUE
Oxygen	Ambient Air	20.9% O <sub>2</sub>	20.9% O <sub>2</sub>
Nitrogen	1042614	>99.999%	0.0% O <sub>2</sub>
Methane	1036225	60%	60%
Carbon Dioxide	1036225	40%	40%
Hydrogen Sulphide	1172140	50 ppm	50 ppm
Carbon Monoxide	1196509	50 ppm	50 ppm
Isobutylene	1273508	100 ppm	100 ppm
Barometric Pressure	Digitron 2025P	1011 mbar	1011 mbar
Borehole Pressure	Digitron 2025P	1011 mbar	1011 mbar

#### COMMENTS:

The reported uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor of  $k=2$ .  
This provides a level of confidence of uncertainty of approximately 95%.  
The uncertainty of measurement is ±2 ppm.  
The results indicate that the instrument conforms to the applicable parts of the published specification.

---

---

**HEALTH & SAFETY, OCCUPATIONAL HYGIENE AND ENVIRONMENTAL MONITORING INSTRUMENTS**

---



Be sure. Be safe

### SERVICE / INSPECTION SHEET

Instrument House  
 91-92 Shrivenham Hundred Business Park  
 Watchfield  
 Oxfordshire  
 SN6 8TY  
 Tel: 01793 780622  
 Fax: 01793 784466  
[service@shawcity.co.uk](mailto:service@shawcity.co.uk)

JOB NUMBER: 45685  
 INSTRUMENT: GasClam  
 SERIAL NUMBER: 000006/11/09  
 DATE RECEIVED: 09/05/2012

CUSTOMER: Ground Gas Solutions Ltd

ITEMS RECEIVED	CONDITION	RTN?
Probe		
Interface Cable		
Operation Manual		
Remote Start Box		
Software CD		
Transit Case WOOD	OK	✓
USB Serial Converter		
Spare Batteries x 2		
Box Spanner		
Allen Key		
Snorkel & Blanking Plug		
Instrument	ok	✓

TESTS	AS REC'D	AFTER REPAIR
Battery	N	Y
Flow	Y	
CO	N	Y
H2S	N	Y
CH4	Y	
CO2	Y	
Oxygen	N	Y
PID	N	Y
Barometric Px	Y	
Borehoie Px	Y	
Temperature	Y	
PC Comms Test	Y	
Datalog Test	Y	

SIGNED: *[Signature]*

**Condition Status:**

OK = Good F = Faulty Blank = Not Received  
 RTN - Returned to Customer?

**COMMENTS:**

New O2 sensor fitted as part of service.  
 New CO/H2S sensor fitted as part of service.  
 New filters fitted as part of service.  
 New lamp and stack fitted as part of service.  
 New snorkel issued as part of service.  
 New O rings and batteries fitted as part of service.  
 Instrument cleaned, serviced, tested and calibrated.

TECHNICIAN: Frank Izzo

*[Signature]*

DATE: 17/05/2012



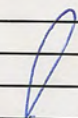
Be sure. Be safe

**SERVICE / INSPECTION SHEET**

Instrument House  
 91-92 Shrivenham Hundred Business Park  
 Watchfield  
 Oxfordshire  
 SN6 8TY  
 Tel: 01793 780622  
 Fax: 01793 784466  
[service@shawcity.co.uk](mailto:service@shawcity.co.uk)

JOB NUMBER: 46457  
 INSTRUMENT: GasClam  
 SERIAL NUMBER: 000028/04/09

CUSTOMER: Ground Gas Solutions Ltd

ITEMS RECEIVED	CONDITION	RTN?
Probe	OK	<input checked="" type="checkbox"/>
Interface Cable		
Operation Manual		
Remote Start Box		
Software CD		
Transit Case	OK	<input checked="" type="checkbox"/>
USB Serial Converter		
Spare Batteries x 2		
Box Spanner		
Allen Key		
Snorkel & Blanking Plug		
		<b>SIGNED:</b> 

TESTS	AS REC'D	AFTER REPAIR
Battery	N	Y
Flow	N	Y
CO	N	Y
H2S	N	Y
CH4	Y	
CO2	Y	
Oxygen	N	Y
PID	N	Y
Barometric Px	Y	
Borehole Px	Y	
Temperature	Y	
PC Comms Test	Y	
Datalog Test	Y	

**Condition Status:**  
 OK = Good F = Faulty Blank = Not Received  
 RTN - Returned to Customer?

**COMMENTS:**  
 New O2 sensor fitted as part of service.  
 New CO/H2S sensor fitted as part of service.  
 New filters fitted as part of service.  
 New lamp and stack fitted as part of service. Corrosion cleaned from PID housing.  
 New snorkel issued as part of service.  
 New O rings and batteries fitted as part of service.  
 Instrument cleaned, serviced, tested and calibrated.



CALIBRATION CERTIFICATE NO:

46457

ISSUED BY: SHAWCITY LIMITED  
DATE: 04/09/2012

APPROVED SIGNATORY:

NAME: Frank Izzo

CUSTOMER: Ground Gas Solutions Ltd  
INSTRUMENT: GasClam  
SERIAL NUMBER: 000028/04/09

CALIBRATION METHOD: CM14  
AMBIENT CONDITIONS: 20°C ± 2°C and 50% (± 20%) RH

Prior to calibration the instrument was allowed to stabilise in the laboratory for at least 30 minutes.  
The instrument was calibrated by exposing the sensor to known values of gas concentrations.  
All gases were sampled through the complete probe and in line filter, where applicable.  
The reference values are those generated by the certified source and the indicated values are those measured by the instrument.

### CALIBRATION RESULTS

GAS/SOURCE	LOT No	REF. VALUE	INDICATED VALUE
Oxygen	Ambient Air	20.9% O2	20.9% O2
Nitrogen	1292125	>99.999%	0.0% O2
Methane	1036225	60%	60%
Carbon Dioxide	1036225	40%	40%
Hydrogen Sulphide	1172140	50 ppm	50 ppm
Carbon Monoxide	1196509	50 ppm	50 ppm
Isobutylene	1300579	100 ppm	100 ppm
Barometric Pressure	Digitron 2025P	1010 mbar	1010 mbar
Borehole Pressure	Digitron 2025P	1010 mbar	1010 mbar

#### COMMENTS:

The reported uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor of  $k=2$ .  
This provides a level of confidence of uncertainty of approximately 95%.  
The uncertainty of measurement is ±2 ppm.  
The results indicate that the instrument conforms to the applicable parts of the published specification.

### HEALTH & SAFETY, OCCUPATIONAL HYGIENE AND ENVIRONMENTAL MONITORING INSTRUMENTS



# CERTIFICATE OF CALIBRATION

## GasClam

CALIBRATION CERTIFICATE NO:

46757

ISSUED BY: SHAWCITY LIMITED  
DATE: 27/09/2012

APPROVED SIGNATORY:

NAME: Frank Izzo

CUSTOMER: Ground Gas Solutions Ltd  
INSTRUMENT: GasClam  
SERIAL NUMBER: 000030/12/09

CALIBRATION METHOD: CM14  
AMBIENT CONDITIONS: 20°C ± 2°C and 50% (± 20%) RH

Prior to calibration the instrument was allowed to stabilise in the laboratory for at least 30 minutes.  
The instrument was calibrated by exposing the sensor to known values of gas concentrations.  
All gases were sampled through the complete probe and in line filter, where applicable.  
The reference values are those generated by the certified source and the indicated values are those measured by the instrument.

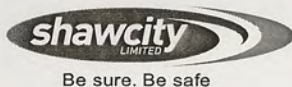
### CALIBRATION RESULTS

GAS/SOURCE	LOT No	REF. VALUE	INDICATED VALUE
Oxygen	Ambient Air	20.9% O <sub>2</sub>	20.9% O <sub>2</sub>
Nitrogen	1292125	>99.999%	0.0% O <sub>2</sub>
Methane	1036225	60%	60%
Carbon Dioxide	1036225	40%	40%
Hydrogen Sulphide	S28987	100 ppm	100 ppm
Carbon Monoxide	1196509	50 ppm	50 ppm
Isobutylene	1301841	100 ppm	100 ppm
Barometric Pressure	Digitron 2025P	973 mbar	973 mbar
Borehole Pressure	Digitron 2025P	973 mbar	973 mbar

#### COMMENTS:

The reported uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor of  $k=2$ .  
This provides a level of confidence of uncertainty of approximately 95%.  
The uncertainty of measurement is ±2 ppm.  
The results indicate that the instrument conforms to the applicable parts of the published specification.

### HEALTH & SAFETY, OCCUPATIONAL HYGIENE AND ENVIRONMENTAL MONITORING INSTRUMENTS



# CERTIFICATE OF CALIBRATION

## GasClam

CALIBRATION CERTIFICATE NO:

46756

ISSUED BY: SHAWCITY LIMITED  
DATE: 27/09/2012

APPROVED SIGNATORY:

NAME: Frank Izzo

CUSTOMER: Ground Gas Solutions Ltd  
INSTRUMENT: GasClam  
SERIAL NUMBER: 000033/12/09

CALIBRATION METHOD: CM14  
AMBIENT CONDITIONS: 20°C ± 2°C and 50% (± 20%) RH

---

Prior to calibration the instrument was allowed to stabilise in the laboratory for at least 30 minutes.  
The instrument was calibrated by exposing the sensor to known values of gas concentrations.  
All gases were sampled through the complete probe and in line filter, where applicable.  
The reference values are those generated by the certified source and the indicated values are those measured by the instrument.

---

### CALIBRATION RESULTS

GAS/SOURCE	LOT No	REF. VALUE	INDICATED VALUE
Oxygen	Ambient Air	20.9% O <sub>2</sub>	20.9% O <sub>2</sub>
Nitrogen	1292125	>99.999%	0.0% O <sub>2</sub>
Methane	1036225	60%	60%
Carbon Dioxide	1036225	40%	40%
Hydrogen Sulphide	S28987	100 ppm	100 ppm
Carbon Monoxide	1196509	50 ppm	50 ppm
Isobutylene	1301841	100 ppm	100 ppm
Barometric Pressure	Digitron 2025P	973 mbar	973 mbar
Borehole Pressure	Digitron 2025P	973 mbar	973 mbar

#### COMMENTS:

The reported uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor of  $k=2$ .  
This provides a level of confidence of uncertainty of approximately 95%.  
The uncertainty of measurement is ±2 ppm.  
The results indicate that the instrument conforms to the applicable parts of the published specification.

---

---

#### HEALTH & SAFETY, OCCUPATIONAL HYGIENE AND ENVIRONMENTAL MONITORING INSTRUMENTS

---

GGs DataPack® Plus  
Arenastaden, Solna, Stockholm

## Appendix H

# GGs GasClam® Instrumentation Overview & Deployment Information

For: Golders Associates AB  
Ref No.: GGS313DP01  
Date: December 2012



# GGG GasClam® Instrumentation Overview & Deployment Information



## Introduction

GGG GasClam® instruments are high frequency in-situ borehole gas monitoring devices, suitable for detection of a wide range of ground gases commonly found in borehole monitoring. The equipment is ATEX approved and IP68 rated and can operate safely in explosive atmospheres and survive flooding environments. They can also be secured to building walls or placed internally to monitor sub-floor spaces or indoor air.

GGG currently have three versions of the instrument, a bulk gas version which monitors methane, carbon dioxide and oxygen; a trace gas version which also includes sensors for hydrogen sulphide, carbon monoxide and total volatile organic compounds; and a specialized instrument that can monitor methane and carbon dioxide between 0 – 5%v/v at a high resolution of 0.05% in addition to the other gases. All versions record atmospheric pressure, borehole pressure and temperature as standard.

Should your site be influenced by water level changes (e.g. tidal or flooding), GGS can also provide water level logging alongside the high frequency ground gas data if required.

## GasClam® Sensor Specifications, Service and Maintenance

The GGS GasClam® instruments are serviced and calibrated annually. Routine maintenance including the replacement of filters and operational checks are carried out at regular intervals and prior to deployment at a site. Copies of the calibration certificates for the instruments used on site are included as standard within reporting. Details of the sensor specification are provided below:

Sensor	Method / Type	Range	Resolution
Methane (0-100%)	Infrared	0 - 100%v/v	1% of measuring range above 50%, 0.5% below 50%
*Methane (0-5%)	Infrared	0-5%v/v	0.05%
Carbon Dioxide (0-100%)	Infrared	0 - 100%v/v	1% of measuring range above 50%, 0.5% below 50%
*Carbon Dioxide (0-5%)	Infrared	0-5%v/v	0.05%
Oxygen	Electrochemical	0 - 25%v/v	0.1%
*Hydrogen Sulphide	Electrochemical	0 - 100ppmv	1ppmv
*Carbon Monoxide	Electrochemical	0 - 1000ppmv	1ppmv
*Total Volatile Organic Compounds	PID	0 - 4000ppmv	1ppmv
Atmospheric Pressure	Piezoelectric	800 - 1200mb	1mBar
Borehole Pressure	Piezoelectric	800 - 1200mb	1mBar
Temperature	Internal chip	-5°C to +50°C	1°C

\* Only installed on the 0-5% High Resolution GasClam® \* Only installed in VOC GasClam®

The GGS GasClam® equipment is battery powered and runs off two D cell batteries. The bulk gas versions can take approximately 1350 readings (approximately 8 weeks based on hourly sampling), with the other versions taking approximately 600 readings (approximately 3.5 weeks based on hourly sampling) before the batteries need replacing.

## Deployment Requirements (IMPORTANT)

For GGS GasClam® instruments to be deployed, standard 50mm installation standpipes are required (larger diameter boreholes can be accommodated for). Headworks with enough clearance and a suitable secure cover are also required. GGS recommend that a minimum 8 inch diameter flush fit cover (for example MW8 covers available from Stuart Wells <http://wellservices.stuartgroup.ltd.uk/> ) be used. A minimum 100mm clearance is required from the top of the 50mm standpipe to the underside of the cover. A minimum 150mm internal headworks diameter is required (75mm clear radius from centre of stand pipe). We also recommend that minimum standing water level is greater than 0.8m below the standpipe top due to the instrument halting gas sampling automatically to avoid taking water internally.

GGG can also deploy GasClam® instruments within buildings or fix them to external walls within protective and secure housing should you wish to monitor indoor air or subfloor void spaces of existing buildings or for verification purposes.

If the above requirements cannot be achieved, please contact GGS to discuss site specific deployment options – there probably is one!

## GasClam Insurance

GGG carry specific insurance to cover the instruments against theft from site and is included as standard as part of our service.

**Ground-Gas Solutions Ltd**  
Greenheys  
Manchester Science Park  
Pencroft Way  
Manchester  
M15 6JJ

**Telephone:** 0161 232 7465

**E-mail:** [info@ground-gassolutions.co.uk](mailto:info@ground-gassolutions.co.uk)

**Web:** [www.ground-gassolutions.co.uk](http://www.ground-gassolutions.co.uk)

Golder Associates är en global medarbetarägd organisation med över 50 års erfarenhet, som i sin rådgivning verkar för att använda jordens möjligheter utan att påverka dess integritet. Vi tillhandahåller kostnadseffektiva lösningar som hjälper våra kunder att nå sina mål inom hållbar samhällsutveckling genom oberoende rådgivning, design och konstruktionslösningar inom våra specialområden miljö, jord, berg och vatten.

För mer information, besök [golder.com](http://golder.com)

Afrika	+ 27 11 254 4800
Asien	+ 86 21 6258 5522
Europa	+ 356 21 42 30 20
Oceanien	+ 61 3 8862 3500
Nordamerika	+ 1 800 275 3281
Sydamerika	+ 56 2 2616 2000

[solutions@golder.com](mailto:solutions@golder.com)  
[www.golder.com](http://www.golder.com)

**Golder Associates AB**

**Box 20127**

**104 60 Stockholm**

**Besöksadress: Östgötagatan 12, 116 25 Stockholm**

**Sverige**

**T: 08-506 306 00**

