

Grundvattenrening av Perfluoroktansulfonat (PFOS) med aktivt kol - en pilotstudie för Luftfartsverket

Sally Johansson

**Uppsats för avläggande av naturvetenskaplig magisterexamen i
Miljövetenskap 30 hp**

Institutionen för växt- och miljövetenskaper, Göteborgs universitet

Februari 2010

Naturvetenskapliga
fakulteten



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Sammanfattning

Perfluorerade organiska ämnen är ofta bioackumulerande, toxiska samt persistenta. Den mest uppmärksammade föreningen av dessa är perfluoroktansulfonat (PFOS) som varit en beståndsdel i bland annat rengöringsmedel, impregneringsmedel samt brandsläckningsmedel. PFOS förbjöds i Sverige 2008 men det finns undantag, exempelvis får brandskum som innehåller PFOS användas till 2011.

Luftfartsverket (LFV) Göteborg Landvetter Airport har en brandövningsplats där de tidigare övat med brandskum som bland annat innehöll PFOS och mätningar har visat att ämnet finns i förhöjda halter i mark och vatten på och kring brandövningsplatsen. LFV ville därför testa en reningsanläggning med aktivt kol för att rena vattnet från PFOS.

Syftet var att undersöka om en reningsanläggning med aktivt kol fungerade i praktiken, vilken reningsgrad den hade samt uppskatta anläggningens kapacitet.

Anläggningen bestod av två seriekopplade kolonner innehållande aktivt kol genom vilka vattnet filtrerades. Prover togs på ingående och utgående vatten.

Undersökningen visade att reningsgraden under testperioden var 99,94 % för den första kolonnen. Den andra kolonnen beräknades vara närmast fri från PFOS efter testperiodens slut. Studien kom dock aldrig till ett genomslag och en beräkning på kolonnens kapacitet att rena grundvattnet från PFOS gjordes. Resultatet blev att det bör dröja 576 år innan den är mättad med PFOS. Ytterligare en beräkning gjordes med 10 gånger högre vattenflöde och med utnyttjande av endast 5 % av kolets totala bindningskapacitet. Resultatet blev att kolet i kolonnen räcker i 3 år och utifrån denna beräkning rekommenderas att anläggningen börjar köras kontinuerligt. Provtagning på utgående vatten föreslås då ske en gång i månaden.

Summary

Perfluorinated organic compounds are usually bioaccumulative, toxic and persistent. The compound which has received most attention among these is perfluorooctanesulfonate (PFOS), which has been a component in for example detergents, impregnation agents and fire-extinguish agents. PFOS was forbidden in Sweden 2008 but there are exceptions, for example fire-fighting foams which contain PFOS are allowed to be used until 2011.

Luftfartsverket (LFV) Göteborg Landvetter Airport has a fire drill place where fire-fighting foams that contained PFOS has been used in the past, where measurements in the area have shown that soil and water have elevated levels of PFOS. Therefore, LFV wanted to test a groundwater treatment plant with activated carbon to purify the water from PFOS.

The aim was to investigate if a groundwater treatment plant with activated carbon was efficient in practice, which degree of purification it had and to estimate its capacity.

The treatment unit method consisted of two columns, connected in series, with activated carbon, which the water was filtered through. Samples were taken on incoming and outgoing water.

The study showed that the degree of purification during the period of testing was 99,94 % for the first column. The second column was estimated to be almost free from PFOS after the period of testing. The study never came to an impact and therefore a calculation of its capacity to remove PFOS from groundwater was made. The result was that it will take 576 years before it is saturated with PFOS. An additional calculation was made with a ten times higher water flow and a utilization of only 5 % of the carbons total adsorption capacity. The result of this calculation was that a column will last for 3 years. From this number calculation it is recommended that the plant starts to run continuously. Samplings of outgoing water are suggested to take place once a month.

Förord

Under arbetets gång har jag fått hjälp av många och dessa skulle jag vilja tacka;

Mina handledare Göran Dave från Göteborgs universitet och miljöchef Sandra Brantebäck från Luftfartsverket Göteborg Landvetter Airport för allt stöd.

Per Samuelsson från Flygfältsbyrån som hjälpte mig med kartan och på många andra sätt, han gjorde mycket mer för mig än vad han behövde.

Helena Svensson från Landvetter flygplats för all hjälp, alla råd och stöd och för att hon alltid fanns till hands.

Tommy, Anders och de andra på fältet som körde mig fram och tillbaka i alla väder och hjälpte mig på alla sätt som gick.

Slutligen vill jag även tacka min man Sebastian Back som inte fick använda datorn på flera månader.

Innehåll

Sammanfattning.....	1
Summary	1
Förord	2
1. Inledning.....	5
1.1 Perfluorerade ämnen	5
1.1.1 Perfluoroktansulfonat (PFOS).....	6
1.1.2 Perfluoroktansyra (PFOA).....	7
1.1.3 6:2 Fluortelomersulfonat (6:2 FTS).....	8
1.2 Aktivt kol.....	9
1.2.1 Egenskaper	9
1.2.2 Tillverkning	9
1.2.3 Tidigare försök med aktivt kol samt använd koltyp i anläggningen	10
1.3 Verksamheten	10
1.3.1 Produkter och tjänster	11
1.3.2 Miljöarbete	11
1.3.3 Brandövningsplatsen	12
1.4 Föroreningsproblematik.....	12
1.4.1 Brandskum.....	13
1.4.2 Nuvarande föroreningssituation	14
1.5 Syfte och avgränsning.....	15
2. Metod	15
2.1 Anläggningen och dess utrustning	15
2.2 Provtagning och utförande.....	17
2.3 Kemisk analys	17
3. Resultat.....	18
3.1 Kolkolonn 1.....	18
3.2 Kolkolonn 2.....	20
3.3 Uppskattning av kolkolonnens totala kapacitet.....	21
4. Diskussion.....	22
4.1 Brandskum.....	23
4.2 6:2 FTS	23

4.3 Proteinbindning och reproduktion	24
4.4 Kolkolonnens kapacitet	24
5. Slutsatser	26
6. Referenser	27
6.1 Muntliga referenser.....	31
Bilaga A. Ordlista	32
Bilaga B. Förstorad karta över omgivningarna	34
Bilaga C. Resultat för PFOS	35
Bilaga D. Resultat för PFOA	38
Bilaga E. Beräkningar från miniräknare Texas TI-83.....	39
E:1 Integraler av ingående halt PFOS	39
E:2 Integraler av utgående halt PFOS från kolkolonn1	40
E:3 Integral av total mängd PFOS utgående vatten från kolkolonn 1	42
E:4 Uppskattning av utgående koncentration för ej analyserade prover	42
Bilaga F. Analysprotokoll	44
Bilaga G. Fullständigt provtagningsprotokoll	62
Bilaga H. Karta över brandövningsplatsen	66

1. Inledning

Flyget är idag en viktig del av infrastrukturen i Sverige och resten av världen och kommer även i framtiden att behövas och vara eftertraktat (Svenskt flyg, 2009). Antalet flygplansrörelser över Sverige ökade 12 % från 2004 till 2008 och antalet överflygningar samma år ökade 34 %. Antal starter och landningar i Sverige minskade dock 4 %. Under 2008 var antalet ankommande och avresande passagerare på svenska flygplaster cirka 35 miljoner varav 61 % var utrikesflygningar. Luftfartsverket (LFV) Göteborg Landvetter Airport (benämns härnäst som Landvetter flygplats) svarade för 12 % av det totala antalet passagerare. Samma år fraktades totalt 185 292 ton fraktgodis och 27 693 ton post inom och från Sverige. Motsvarande siffror för Landvetter flygplats var 49 280 respektive 1 760 ton (SIKA, 2009).

Precis som för andra typer av transporter medför flyget en miljöpåverkan. Flygtrafiken och dess utsläpp har ökat sedan 1950-talet och beräknas fortsätta öka som ett resultat av ökad efterfrågan (Grida, 2009). Utsläpp per person och kilometer beror på vilket transportslag som används och kan anges som g koldioxid/personkilometer (se *Bilaga A* för ordlista). Jämförelsevis är utsläppen för cykel 0, tåg 6,7, buss 56, flyg 160 och bil 190 g koldioxid/personkilometer (Västra Götalandsregionen, 2009). Globalt står flygtrafiken för 2-3% av koldioxidutsläppen. För att minska flygets miljöpåverkan jobbar branschen aktivt med att förbättra bland annat teknik, drivmedel, infrastruktur och effektivisering (Svenskt flyg, 2009). Från 2004 till 2008 har siffrorna för utsläpp i g/personkilometer minskat något; koldioxid från 179 till 161, kväveoxider från 0,72 till 0,66 och svaveldioxid från 0,057 till 0,051 (SIKA, 2009).

Det finns ämnen inom, eller som är kopplade till, flygbranschen som är toxiska för miljö och människa. Ett exempel är perfluoroktansulfonat (PFOS) som finns i bland annat brandsläckningsskum. Brandskum har använts på flygplatsernas brandövningsplatser och på så sätt spridit PFOS till omgivningen. Nedan behandlas perfluorerade ämnen med störst fokus på PFOS samt den aktuella föroreningssituationen runt brandövningsplatsen tillhörande Landvetter flygplats.

1.1 Perfluorerade ämnen

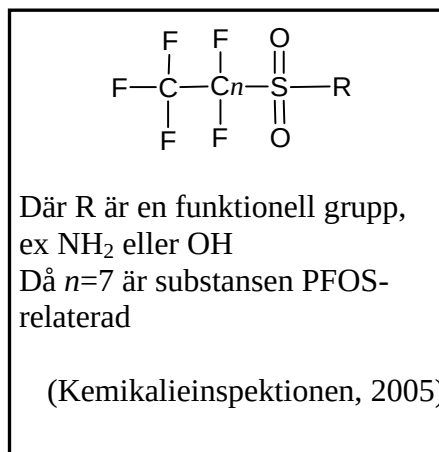
Perfluorerade organiska ämnen är en grupp föreningar som har gemensamt att alla väteatomer bundna till kolatomerna har bytts ut mot fluoratomer (Kemikalieinspektionen, 2008a). Föreningarna är mycket stabila och ofta starkt bioackumulerbara och bryts ned långsamt eller inte alls. Ytterligare några omvandlas i naturen till persistenta föreningar. Mycket pekar på att ju längre den perfluorerade kedjan är, desto mer toxiska är föreningarna samt har en större potential att bioackumuleras. Bioackumulation sker vanligen i fettvävnad, men perfluorerade ämnen är fett- och vattenavstötande och binder istället till proteiner, varför ackumulationen sker i andra organ, exempelvis blodet och levern (Kemikalieinspektionen, 2008b).

Deras förmåga att bilda släta vatten-, fett- och smutsavvisande ytor utnyttjas exempelvis i textilier, rengöringsmedel, papper och brandsläckningsskum. Reglering av perfluorerade ämnen är på gång i flera delar av världen och inom några år kan utfasning vara igång (Kemikalieinspektionen, 2008c).

Perfluorinerade alkylsulfonater (PFAS) tillhör gruppen

Figur 1. Struktur för PFAS-ämnena

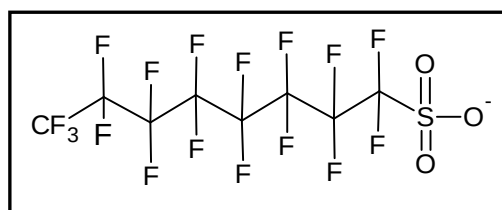
perfluorinerade organiska ämnen och har precis som dem fluoratomer istället för väteatomer men molekylerna innehåller även en sulfonatgrupp, se Figur 1. Dessa är mycket svårnedbrytbara, anrikas i näringskedjan och är misstänkt cancerogena. PFAS började användas industriellt på 1960-talet och har sedan dess använts i många olika produkter, bland annat de ovan nämnda. PFAS spridningsvägar till miljön från vår konsumtion är inte klarlagda än men det är välkänt att de sprids via luft, vatten och sediment (Svenska miljöinstitutet, 2009a). Nedan presenteras de mest uppmärksammade perfluorinerade föreningarna PFOS och PFOA, samt 6:2 fluortelomersulfonat som är en möjlig substituent för PFOS-relaterade ämnen.



1.1.1 Perfluoroktansulfonat (PFOS)

PFOS består av åtta kol, som alla har fluoratomer bundna till sig, där en reaktiv sulfonatgrupp är bunden till kolkedjans ena ände, se Figur 2. Sulfonatgruppen kan binda till andra kemiska grupper och ger bildning av en rad olika ytaktiva ämnen och detta ger flera hundra olika föreningar där PFOS ingår i strukturen. Vid nedbrytning kan en del av dessa ämnen bilda PFOS i naturen (Kemikalieinspektionen, 2008a).

Figur 2. PFOS-molekylen



PFOS är en mycket stabil förening och bryts inte ner i miljön, vare sig på kemisk eller på biologisk väg. Föreningen klassas därför som persistent vilket har styrkts av förekomster i miljön. EU:s vetenskapliga kommitté (SCHER) har även kommit fram till att PFOS är bioackumulerande, toxiskt, ett PBT-ämne (Persistent, Bioaccumulative, Toxic) samt uppfyller kriterierna för POP (Persistent Organic Pollutant) (Kemikalieinspektionen, 2008a). Kemikalieinspektionen framför att det även är kroniskt giftigt, reproduktionsstörande och giftigt för vattenlevande organismer (Kemikalieinspektionen, 2009a). En farobedömning av PFOS har gjorts och visat att toxiciteten av PFOS är likartad mellan råttor och apor. Upprepad exponering leder till levertoxicitet och död där dos-respons kurvan är mycket brant för mortalitet i alla åldrar. Det verkar ha låg till måttlig toxicitet för vattenlevande organismer och det finns bevis för en hög akut toxicitet hos honungsbin (OECD, 2008).

PFOS har påträffats i blodplasma hos fåglar samt fisk och i isbjörnar samt säl i Arktis har höga halter uppmätts. Även hos delfiner i Ganges och sköldpaddor i Mississippi har PFOS hittats (Kemikalieinspektionen, 2008a). Undersökningar av ägg från sillgrissla i Sverige har visat att PFOS funnits i den svenska miljön sedan 1960-talet och att halterna sedan dess har ökat. Även undersökningar av abborre, skrubbskädda och tånglake har visat att ämnet är spritt i relativt låga halter längs kusten och i sjöar i hela Sverige (Kemikalieinspektionen, 2008a).

I ett experiment utfört av 3M blev dagmaskar utsatta för PFOS i fem olika koncentrationer i jord under 14 dagar. LC50 (Lethal Concentration) bestämdes till 373 mg/kg jord och NOEC (No Observed Effect Concentration), baserat på överlevnad, till 77 mg/kg jord (3M, 2003).

Tester med daggmaskar gjorda av Stubberud visade tydligt att parametrar som rörde reproduktion var mycket känsligare än exempelvis överlevnad och viktminskning hos daggmaskar. I detta experiment blev NOEC-värdet för PFOS 10 mg/kg jord (Stubberud, 2006). *Tabell 1* visar en sammanställning av utförda tester på daggmaskar.

Statens Forurensningstilsyn (SFT) i Norge har utrett egenskaper, spridning och verkan av ett flertal perfluorerade föreningar. Jord-, vatten-, sediment- och grundvattenprover har tagits på fyra platser i Norge där brandövningar tidigare skedde med brandskummet AFFF (som innehåller flera perfluorerade ämnen) men där de sedan några år tillbaka övergått till annat brandbekämpningsmedel. Från bioackumulationstester på daggmaskar har BAF i jord för PFOS bestämts till 2,6 (Statens Forurensningstilsyn, 2008) respektive 2,3 (Stubberud, 2006).

Experiment har visat att PFOS som tillsätts i vattenfas till stor del lämnar denna och binds till sediment. Vid exponering för PFOS-kontaminerade sediment från Rosersbergsviken påverkades produktionen hos kräftdjuret vitmålra. Den sexuella mognaden blev fördröjd och ägganlagen utvecklades inte normalt vid koncentrationer på 1,1 ng PFOS/g (Stockholm stad, 2008). Generellt läcker polyfluorerade organiska ämnen mest i sandiga jordar och det har visats att PFOS har en lägre bioackumuleringsfaktor (BAF) i jordar med kornstorlek mindre än 63 µm (silt och lera). Innehållet av total mängd organiskt kol i jorden påverkar inte BAF, vilket kunde förväntats på grund av bindning till organiskt kol (Statens Forurensningstilsyn, 2008).

Tidigare användes PFOS i rengöringsmedel, brandsläckningsskum samt impregneringsmedel för en mängd olika produkter såsom papper, textilier och möbler (Kemikalieinspektionen, 2008a). PFOS förbjöds i Sverige den 27 juni 2008 men det finns undantag där ämnet i nuläget används. Icke tidsbegränsad är användningen vid förkromning, vissa tillämpningar inom fotolitografisk och fotografisk industri, halvledarindustrin samt i hydrauloljor inom flygindustrin. Brandsläckningsskum som fanns på marknaden före den 27 december 2006 och innehåller PFOS får användas fram till 27 juni 2011 (Kemikalieinspektionen, 2008a; Svenska miljöinstitutet, 2009a). I Norge har det sedan april 2007 varit förbjudet att sälja, inneha, exportera eller använda AFFF som innehåller PFOS (Statens Forurensningstilsyn, 2008).

När företaget 3M beslöt att fasa ut sin produktion av PFOS och PFOS-liknande föreningar uppmärksammades ämnet av Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) och en farobedömning togs fram. Följden blev att USA antog en lag där tillverkning och import av PFOS och 88 likartade föreningar måste anmälas till Environmental Protection Agency (EPA) och godkännas (Kemikalieinspektionen, 2008a). Under 2005 nominerade Sverige PFOS som kandidat till POPs-konventionerna och i maj 2009 fördes den upp på utfasningslistan över POP-ämen (Kemikalieinspektionen, 2009b).

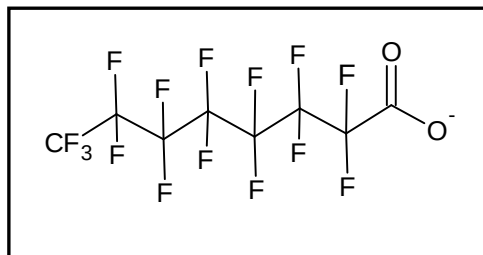
1.1.2 Perfluoroktansyra (PFOA)

Perfluoroktansyra består av åtta kolatomer, en karboxylgrupp på det yttre kolet och fluor bundet till övriga kolatomer, se *Figur 3*. PFOA är således ett perfluorerat ämne men inte ett PFAS-ämne, eftersom ingen sulfonatgrupp finns representerad. I media har PFOA ibland gått under benämningen ”Teflon-kemikalie” eftersom den används som hjälpkemikalie vid framställning av Teflon. Enligt tillverkaren finns inget av ämnet kvar i den färdiga produkten men tillverkningen har tidigare bidragit till en stor del av utsläppen av PFOA (Kemikalieinspektionen, 2008c).

PFOA är svårnedbrytbart i naturen och dess övriga egenskaper är ännu inte fullt utredda (Kemikalieinspektionen, 2009a). Föreningen är även mobil i jord och kan läcka till grundvattnet. I SFT:s studie togs grundvattenprover

runt anläggningar där de tidigare haft brandövningar och PFOA hittades där i höga halter (Statens Forurensningstilsyn, 2008). EPA har utfört djurstudier och kommit fram till att ämnet och dess salter är möjliga humancancerogener. Det är även sannolikt att PFOA är reproduktionsstörande och orsakar pre- och postnatale skador hos råttor och möss (Kemikalieinspektionen, 2008b).

Figur 3. PFOA-molekylen



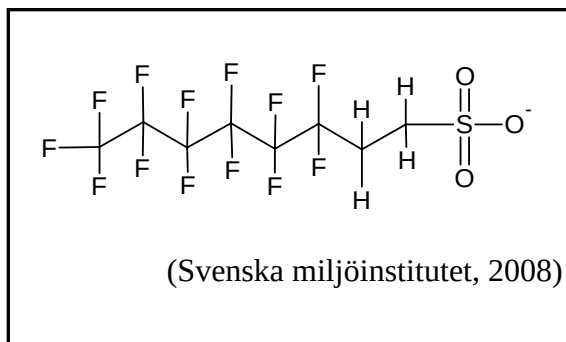
Tester med daggmaskar gjorda av Stubberud visade tydligt att parametrar som rörde reproduktion var mycket känsligare än exempelvis överlevnad och viktminskning hos daggmaskar. I detta experiment blev NOEC-värdet för PFOA 16 mg/kg jord. Bioackumulationstester har utförts på daggmaskar i jord där BAF för PFOA bestämdes till 5,9 (Statens Forurensningstilsyn, 2008) respektive 0,9 (Stubberud, 2006). Det sistnämnda testet pågick i 28 dagar.

Som nämnt ovan har användningen av ämnen som kan brytas ned till PFOS minskat de senaste åren. Kemikalieinspektionens erfarenhet är dock att de har ersatts med andra perfluorerade ämnen som ofta kan brytas ned till PFOA (Kemikalieinspektionen, 2009a).

1.1.3 6:2 Fluortelomersulfonat (6:2 FTS)

Fluortelomerer används inom industrin istället för andra fluorerade ämnen som ett miljövänligare alternativ. Det har dock visat sig att de bryts ned till PFOA (Lunds universitet, 2006). Fluortelomersulfonater (FTS) består av linjära föreningar med jämna nummer och en sulfonatgrupp, se Figur 4 (Statens Forurensningstilsyn, 2008). 6:2 FTS finns i perfluorblandningen i många AFFFs, bland annat i den som LFV tidigare använt (Svenska miljöinstitutet, 2008). Det är även

Figur 4. 6:2 FTS-molekylen



en nedbrytningsprodukt från brandbekämpningsmedel innehållande fluortelomerer (Hemming fire, 2009). 6:2 FTS används i dagsläget som ett substitut för PFOS i brandsläckningsmedel och är en möjlig substituent för PFOS-relaterade ämnen (Statens Forurensningstilsyn, 2008).

Ämnet är inte fullt utrett men det finns en del information om dess egenskaper och uppförande i miljön. 6:2 FTS är biologiskt nedbrytbar under svavelbegränsade och aeroba förhållanden men bryts ned långsamt. Den bryts inte ned under anaeroba förhållanden samt bioackumulerar i jord. I SFT:s studie hittades 6:2 FTS i alla strömmande vatten runt industrierna, i alla grundvattenbrunnar samt i många av jordproverna i relativt höga koncentrationer. I jordproverna ökade halten 6:2 FTS med djupet, vilket betyder att föreningen läcker genom jordprofilen och därmed kan läcka till grundvattnet (Statens Forurensningstilsyn, 2008).

Från bioackumulationstester på daggmaskar har BAF bestämts. I studien från SFT bestämdes BAF till 2,4 (Statens Forurensningstilsyn, 2008) och i en annan studie under 28 dagar bestämdes BAF till 3,0 (Stubberud, 2006). I studien gjord av Stubberud hade 6:2 FTS något högre BAF än PFOS och PFOA. Ett annat experiment av Stubberud rörde reproduktionsparametrar, där EC50 (Effect Concentration) för 6:2 FTS bestämdes till 21 mg/kg (Stubberud, 2006). För sammanställning av tester med daggmaskar, se *Tabell 1*.

Tabell 1. Sammanställning av resultat från tester med daggmaskar utförda med PFOS, PFOA och 6:2 FTS.

Resultat/Ämne	PFOS	PFOA	6:2 FTS	Referens
BAF	2,6	5,9	2,4	Statens Forurensningstilsyn, 2008
BAF	2,3	0,9	3,0	Stubberud, 2006
EC50 (mg/kg)			21	Stubberud, 2006
NOEC (mg/kg)	10	16		Stubberud, 2006
LC50 (mg/kg)	373			3M, 2003
NOEC (mg/kg)	77			3M, 2003

1.2 Aktivt kol

Aktivt kol är en pulverliknande eller pelleterad form av kol vilket ger en mycket stor area per volymenhet (Nationalencyklopedin, 2009a) och ett gram kan ha en area på hela 500 m² (Wikipedia, 2009a).

1.2.1 Egenskaper

Aktivt kol binder till ämnen genom van der Waals-bindningar och London dispersionskrafter och binder därför inte bra till alkoholer, glykoler, ammoniak, starka syror och baser, metaller och de flesta oorganiska ämnen. Det absorberar dock jod bra och hur många mg/g (även kallat jodnumret) som absorberas används som en indikator på kolets totala ytare (Wikipedia, 2009a). Kolet används för adsorption av vätska eller gas och används i olika typer av filter för luftrening, akvariefilter och för att få bort färg- och smakämnen i mat. Vid förgiftning kan aktivt kol effektivt adsorbiera gift i mag-tarmkanalen, dock inte syror, baser, alkohol eller metaller (Nationalencyklopedin, 2009a; Wikipedia, 2009b).

Det finns tre olika porstorlekar, mikroporer (radie <1 nm), mesoporer (radie 1-25 nm) och makroporer (radie >25 nm). Makroporerna används för att vätskan/gasen ska kunna passera genom kolet och absorptionen sker i meso- och mikroporerna. Aktivt kol kan delas in i olika grupper beroende på porstorlek. En av dem är granulerat aktivt kol som alltid innehåller makroporer och relativt sett har en större partikelstorlek än andra grupper av kol (Gert Strand AB, 2009).

1.2.2 Tillverkning

Tillverkningsförhållanden varierar och beroende på hur man gör får kolytan olika kemiska egenskaper och därmed ett flertal olika separationsegenskaper (Wikipedia, 2009b). Aktivt kol produceras från kolhaltiga material, vanligast är träkol men även exempelvis trä och nötskal används.

Det finns olika processer för att framställa aktivt kol; fysisk återaktivering samt kemisk aktivering. Fysisk återaktivering innebär att reaktanten omvandlas genom användning av gaser. Ena alternativet är att kolinnehållande ämnen pyrolyseras i en syrefri miljö (vanligtvis i inert atmosfär med gaser som argon eller kväve) vid 600-900°C och sönderfall utan förbränning sker. Andra alternativet är att oxidera råmaterial eller karbonerat material genom att utsätta materialet för en oxiderande atmosfär (koldioxid, syre eller ånga) vid 600-1200°C. Vid kemisk aktivering blandas råmaterial med vissa kemikalier, vanligen en syra, stark bas eller ett salt. Materialet upphettas sedan vid en låg temperatur, 450-900°C, då det förkolnas. På grund av den lägre temperaturen brukar den kemiska aktiveringen föredras framför den fysiska (Wikipedia, 2009a).

1.2.3 Tidigare försök med aktivt kol samt använd koltyp i anläggningen

Svenska miljöinstitutet genomförde tester av olika reningsmetoder avseende PFOS på uppdrag av Luftfartsverket. Tester utfördes med jonbyte, membranfiltrering samt aktivt kol där den sistnämnda gav bäst resultat i laboratorium (Svenska miljöinstitutet, 2009b).

En studie vid Arizonas universitet har testat adsorption av PFOS och PFOA till aktivt kol, zeoliter och slam från avloppsvattenreningsverk. Aktivt kol var den bästa metoden, därefter zeoliter följt av avloppsvattenreningsslam. Tre typer av granulärt aktivt kol (GAC; eng Granular activated carbon) användes; Filtrasorb 300, Filtrasorb 400 samt URV-MOD 1. De skiljer sig inte nämnvärt vad gäller porstorlek, yta, jodnummer med mera. Samtliga används för att behandla yt- och grundvatten för produktion av dricksvatten.

Resultatet blev att de hade hög adsorptionskapacitet för PFOS när dessa fanns i låga (<2 mg/l) koncentrationer, däremot var adsorptionskapaciteten endast måttlig vid högre PFOS-koncentrationer. Filtrasorb 400 var mest effektivt på att adsorbera PFOS, framförallt vid de lägre koncentrationerna. Eftersom alla koltyper hade liknande egenskaper kan detta bero på skillnader i ytlagrets kemiska sammansättning.

Tester gjordes även där PFOA, PFOS och perfluorbutansulfonat (PFBS) adsorberades på Filtrasorb 400. Alla adsorberades effektivt men det adsorberades cirka 3 gånger så mycket mer av PFOS gentemot de andra två (Valeria Ochoa-Herrera, Reyes Sierra-Alvarez, 2008).

Det aktiva kol som använts i denna studie för LFV heter Disposorb och består av kompakta, granulerade kolfilter för engångsbruk. Tunnan rymmer 200 liter och kan antingen serie- eller parallellkopplas. Koltypen som används är Filtrasorb 400 (Zwicky, 2009).

1.3 Verksamheten

Luftfartsverket (LFV) är ett statligt affärsdrivande verk som ansvarar för all flygtrafikledning i Sverige med omkring 3 400 årsanställda som äger, driver och utvecklar 16 flygplatser (Luftfartsverket, 2009a). Huvuduppgifterna är att ansvara för drift och utveckling av statens flygplatser för civil luftfart samt flygtrafiktjänst för civil och militär luftfart. Till detta hör att på ett företagsekonomiskt lönsamt sätt skapa kostnadseffektiva, säkra och välfungerande flygplatser och flygtrafiktjänster (Luftfartsverket, 2009b). LFV tillhandahåller även produkter och tjänster för flygbolag, externa kunder, marktjänstbolag med flera.

Göteborg Landvetter Airport

Invigdes 1977
Sveriges näst största flygplats
Antal passagerare: 4 355 471
Antal landningar: 32 167
Antal årsarbetare LFV: 459
Omsättning: 659 Mkr

(Luftfartsverket, 2009d)

LFV:s verksamhet finansieras med intäkter från deras tjänster och produkter och belastar i stort sett inte statsbudgeten. Två tredjedelar av inkomsterna kommer från trafikavgifter och en tredjedel från kommersiella markttjänster (Luftfartsverket, 2009c).

1.3.1 Produkter och tjänster

Produkterna kategoriseras i luftfartsprodukter och kommersiella produkter. Den förstnämnda beskriver produkter som är riktade till flygbolag och handlingsagenter där LFV är den ende möjliga leverantören. Kommersiella produkter avser produkter som är tillgängliga på en konkurrensutsatt marknad, exempelvis uthyrning av lokaler.

Luftfartsprodukterna står för 60 % av LFV:s omsättning och är den största produktgruppen intäktsmässigt. Flygbolag och markttjänstbolag utgör den primära kundkretsen och produkter som ingår är exempelvis terminaler, säkerhetskontroller och flygkontrolltjänst. De kommersiella produkterna finns främst inom flygplatsverksamheten och utgörs av fastighetsprodukter och serviceprodukter. Hit hör lokaluthyrning, konferenstjänster och reklamplats (Luftfartsverket, 2009e).

1.3.2 Miljöarbete

Luftfartsverket arbetar aktivt för att minska sin miljöpåverkan och 2006 blev verksamheten det första klimatneutrala storföretaget. På några år har utsläppen mer än halverats och arbete pågår för att sänka dem ytterligare (Luftfartsverket, 2009f). LFV har 10 övergripande miljömål med olika aktiviteter kopplade till dem för att minska påverkan på mark, luft och vatten. Ett av miljömålen är att ha nollutsläpp av fossil koldioxid till år 2020 (Luftfartsverket, 2009g).

Ett av de större projekt som pågår för närvarande är hanteringen av avisningsvätska. Det används på flygplanen för att avlägsna is och snö samt förebygga isbildning på flygplanen. Avisningsvätskan innehåller glykol som har en låg fryspunkt och därmed ger vätskan de önskade egenskaperna. Detta ska nu samlas upp och renas och återanvändas så långt det är möjligt. Dagvattnet från banområdet ska samlas upp och delas in i två fraktioner avseende glykolhalten; en förorenad och en mindre förorenad. Den mindre förorenade fraktionen kommer att ledas till dagvattendammar som Landvetter flygplats ska bygga söder om brandstationen (Ramböll Sverige AB, 2009a).

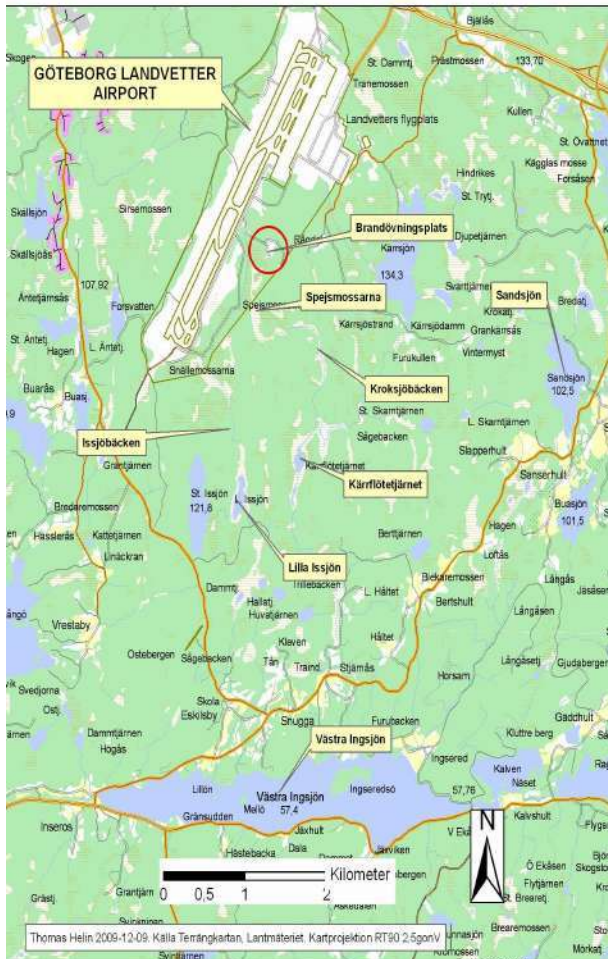
Vad gäller flygningar använder LFV sig av bland annat så kallade gröna inflygningar och raka rutter genom svenskt luftrum. Det förstnämnda innebär att flygplanen sakta sjunker kontinuerligt mot marken vid inflygning, CDA (Continuous Descent Approach), vilket testades första gången på Arlanda 2006. Sedan försöken 2006 har mer än 15 000 gröna inflygningar gjorts och detta har sparat över 1 000 ton flygbränsle. På grund av luftrumets utformning flyger inte alla kortaste vägen genom Sverige. Därför infördes FRAS (Free Routes Airspace Sweden) vilken gör att den kortaste vägen genom Sverige kan planeras in och man sparar därigenom in på transportsträcka och bränsle (Luftfartsverket, 2009g).

Tillsammans med Svenska miljöinstitutet är LFV med i ett femårigt forskningsprojekt av PFAS vid storflygplatser. Svenska miljöinstitutet ska utreda och klarlägga förekomsten, spridningen och riskerna med PFAS för människor och miljö samt utreda möjliga åtgärder för att minska riskerna på storflygplatserna Arlanda och Landvetter (Svenska Miljöinstitutet, 2009a). Detta arbete är en del i LFV:s arbete för att minska spridningen av PFOS, som är ett PFAS-ämne.

1.3.3 Brandövningsplatsen

Luftfartsverket har en egen räddningstjänst

Figur 5. Karta över Landvetter flygplats och dess närmaste omgivning. För förstora bild se Bilaga B.



på alla sina flygplatser så att en eventuell släckning kan påbörjas snabbt, inom 120 sek (Anders Fredriksson, muntligt). Enligt internationell flygplatsstandard är brandbilarna gula och har vattenkanoner som den kommunala räddningstjänsten saknar (Wikipedia, 2009c). Brandövningsplatsen (se Figur 5 samt Bilaga H) ligger öster om banan och sluttar mot väster där omgivningarna främst består av berg, morän och tunna torvlager. Själva brandövningsplatsen består främst av sprängsten och fyllnadsmaterial såsom sand, sten och grus. Avrinningen i området följer generellt topografin och rinner då mot väst, där sluttningen är belägen. Från brandövningsplattan rinner dagvattnet till en oljeavskiljare och sedan vidare till en sedimentationsdamm i sydväst. Via ett dike går vattnet vidare mot ytterligare en sedimentationsdamm innan den når Issjöbäcken. Viss diffus avrinning sker till Spejsmossarna som också är den närmaste recipienten för naturlig avrinning. Kroksjöbäcken är en av två bäckar som avvattnar Spejsmossarna vilken mynnar i Kärrflötjärnet och sedan rinner vidare till Västra Ingsjön. I väster angränsar Spejsmossarna till Issjöbäcken som är huvudvattendrag för en stor del av avrinningen från flygplatsen. Från Issjöbäcken färdas vattnet till Lilla Issjön och sedan vidare till Västra Ingsjön och bäcken är

därför en spridningsväg för PFOS till Västra Ingsjön (Ramböll Sverige AB, 2009b).

1.4 Föroreningsproblematik

På flygplatsen finns en brandövningsplats där man bland annat övar och utbildar med brandsläckningsskum och vattenkanoner (Wikipedia, 2009c). På grund av de perfluorerade ämnen, främst PFOS, som finns i brandskum har övningarna med skum helt upphört sedan sensommaren 2008 (Anders Fredriksson, muntligt). Mätningar av flera ämnen har gjorts på området, bland annat av perfluorerade föreningar, och dessa har visat att PFOS finns i förhöjda halter i mark och vatten (Ramböll Sverige AB, 2009b). På grund av detta får vattnet inte släppas till omgivning eller recipient utan behandlas som farligt avfall. I nuläget samlas därför avrinnande grundvatten från brandövningsplatsen i en pluggad brunn som sedan töms av företaget Allsugning AB en eller flera gånger varje vecka (Helena Svensson, muntligt). Avfallet körs med tankbil till oljenäset i oljehamnen, Göteborg, där det avvattnas och

mellanlagras tillsammans med övrigt vattenblandat avfall som Allsugning AB tagit emot. Efter detta transporteras vattnet till Miljöåtervinning Västra Götaland som i sin tur skickar det vidare till RGS 90 i Danmark för behandling. RGS 90 behandlar därefter vattnet med biologisk nedbrytning för att sedan släppas ut. I alla led vet man att vattnet innehåller PFOS (Ulf Waldenstedt, muntligt).

LFV Göteborg Landvetter Airport vill nu rena vattnet från PFOS för att kunna släppa ut det till omkringliggande dammar, vilka kommer att byggas för att omhänderta allt dagvatten från flygplatsen. Detta minskar transporterna och ger både en ekonomisk och miljömässig vinst. Detta arbete är ett pilotprojekt där en anläggning med aktivt kol har testats och utvärderats som reningsmetod. Om projektet faller väl ut vill LFV bygga täta diken nedströms brandövningsplatsen för att samla upp allt avrinnande grundvatten. Allt vatten från brandövningsplatsen kommer då att renas via anläggningen och därefter förs vattnet till dammarna (se *Bilaga H*). Den kommer i så fall att skötas och kontrolleras av en drifttekniker samt fältningsarbetare (Helena Svensson, muntligt).

1.4.1 Brandskum

Före 2003 gjordes övningarna med brandsläckningsskum av typen AFFF (Aqueous film forming foams) (Anders Fredriksson, muntligt) som innehåller perfluorerade ämnen, bland annat PFOS, PFOA samt 6:2 FTS. Detta ger skummet egenskapen att det lägger sig som en film på ytan av kolvätebaserade vätskor (Wikipedia, 2009d). Vid händelse av olyckor, i skarpa lägen, används fortfarande AFFF eftersom att det är enda typen av brandskum som är godkänt på flygplatser i dagsläget (Helena Svensson, muntligt).

Figur 6. Brandövning på brandövningsplatsen. Nedanför backen ligger reningsanläggningen



Mellan 2003 och sensommaren 2008 skedde övningarna med detergentskummet Sthamex SVM för att sedan upphöra helt (Anders Fredriksson, muntligt). Detergentskummet som har använts på Landvetter flygplats är fritt från fluorerade och klorerade ämnen (Presto, 2008).

Ett alternativt brandskum är Re-healing foam RF-3 som effektivt släcker ”kolvätebränder”. Det innehåller inga organhalogener, alltså inga perfluorerade ämnen överhuvudtaget. Kombinerat med den snabba släckning som RF-3 ger är detta det miljövänligaste alternativet i nuläget. Det är dock ännu inte godkänt för användning på flygplatser vid skarpa lägen (Solberg Foams, 2009a). Ett alternativ till träningskum är Solberg TF5X (training foam) som har låg miljöpåverkan och väldigt låg toxicitet. Även detta klarar av att släcka ”kolvätebränder” (Solberg Foams, 2009b).

Alla ovannämnda brandskum innehåller en/flera glykol(-er) i varierande halt (Solberg Foams 2009c; Presto, 2008).

1.4.2 Nuvarande föroreningssituation

PFOS är spritt över stora delar av området i och runt brandövningsplatsen där halterna i mark ökar med djupet (Ramböll Sverige AB, 2009a). Även undersökningen av SFT har visat att PFOS ökar med djupet vilket tyder på att föroeningen läcker genom jorden och kan nå grundvattnet.

I nuläget finns inga svenska riktvärden för PFOS i mark, men nyligen föreslogs ett gränsvärde för PFOS i jord på 100 ng/g TS av SFT utifrån ovan nämnda studier med daggmaskar (Statens Forurensningstilsyn, 2008). Av 12 provtagningspunkter i jord överstiger 6 av dessa punkter gränsvärdet på 100 ng/g TS och PFOS detekterades i samtliga 12 prover. PFOA finns på platsen i betydligt lägre halter eller inte alls. Förhöjda halter av olja (alifater C16-C35) har påträffats på vissa punkter men endast ett värde överstiger riktvärdena för mark.

Hos grundvattenprover hittades PFOS och PFOA i samtliga provpunkter på Landvetter, där PFOS överskrider riktvärdet för inlandsvatten (3 µg/L; Naturvårdsverket, 2008) i alla punkter utom en. Ftalater påträffades i fyra punkter med halter som överskrider holländska riktvärden. Olja har hittats i grundvattnet men samtliga halter är låga och under de riskvärden som indikerar miljörisk.

Mängden PFOS som finns kvar i jorden på brandövningsplatsen har beräknats till 6,5 kg ren PFOS. Slutningen väster om brandövningsplatsen har visat sig ha högre halter än själva brandövningsplatsen (Ramböll Sverige AB, 2009b). Detta stämmer överens med studien gjord av SFT där provtagningspunkter ett tiotal meter från punktkällan hade högre koncentrationer av PFOS än vad som uppmättes vid punktkällan. Tre provtagningar har gjorts i närmaste recipienten Spejsmossarna där PFOS hittades i ett av proverna. Värdet är lägre än på brandövningsplatsen och ligger under det norska gränsvärdet (Ramböll Sverige AB, 2009c). Baserat på PNEC-värden för PFOS, PFOA och 6:2 FTS i jord från tester med bioackumulation i daggmaskar kan jordlevande organismer inom 100 meter från utsläppskällan vara i riskzonen (Statens Forurensningstilsyn, 2008).

Undersökningar har visat att Västra Ingsjön blivit förorenad av PFOS, vilket har kunnat härledas till användningen av släckskum på brandövningsplatsen (Ramböll Sverige AB, 2009b). Mätningar har därför utförts över tiden på ytvatten i Västra Ingsjön och Issjöbäcken där PFOS har påträffats vid alla punkter. Dessa har gjorts av flera företag och de högst uppmätta koncentrationerna hos Issjöbäckens ytvatten skiljer sig åt, den högsta på 282 ng/l och den lägsta på 180 ng/l. Skillnaderna beror antagligen på varierande provtagnings- och analysmetod. I Västra Ingsjöns ytvatten är halterna betydligt lägre, 11-13 ng/l, vilket tyder på en utspädning. Sandsjön har använts som referenssjö men bara ett prov har tagits, vilket visade en koncentration på 40 ng/l. Provet togs under en period med låga flöden, då blir utspädningseffekten mindre, men trots förhållanden runt provtagningstiden indikerar halten en hög bakgrundshalt av PFOS. På uppdrag av Naturvårdsverket togs ytvattenprover från 6 förmodade bakgrundsområden i Sverige med minimal mänsklig påverkan. Resultatet blev en medelkoncentration på 3,3 ng/l (Svenska miljöinstitutet, 2008). Senare mätningar har visat att halterna av PFOS samt PFOA minskar och klingar av ned mot Lerum (Andreas Woldegiorgis, muntligt).

Prover har gjorts på fisk i Västra Ingsjön och Lilla Issjön. Hos de förstnämnda konstaterades det att de har förhöjda halter av PFOS och i Lilla Issjön hade fiskarna signifikant mindre lever och kraftigt förhöjda halter (300 ng/g) (Svenska miljöinstitutet, 2008; Andreas Woldegiorgis, muntligt). PFOA har endast hittats i låga halter hos 3 abborrar i Västra Ingsjön (Svenska

miljöinstitutet, 2008). Med Sandsjön som referenssjö utfördes tester med kläckning av ägg från åkergroda som parameter med sediment från Västra Ingsjön och Lilla Issjön. Vid närvaro av sediment från Lilla Issjön påverkades rommen och kläckningsfrekvensen halverades. Om detta beror på PFOS återstår att se (Andreas Woldegiorgis, muntligt).

1.5 Syfte och avgränsning

Syftet med arbetet var att undersöka om en reningsanläggning med aktivt kol fungerade i praktiken med avseende på PFOS i grundvatten. Syftet var även att beräkna reningsgraden för kolet under testperioden samt att bestämma hur länge en tunna kunde förväntas hålla.

Det gjordes analyser med avseende på både PFOS och PFOA men arbetet behandlar främst PFOS. Anledningen var att det är PFOS som är mest kritiskt och har hittats i förhöjda halter. Det ansågs vara alltför tidskrävande att även inkludera PFOA i arbetet vilket därför inte rymdes inom ramen för detta pilotprojekt för Luftfartsverket (LFV) Göteborg Landvetter Airport.

2. Metod

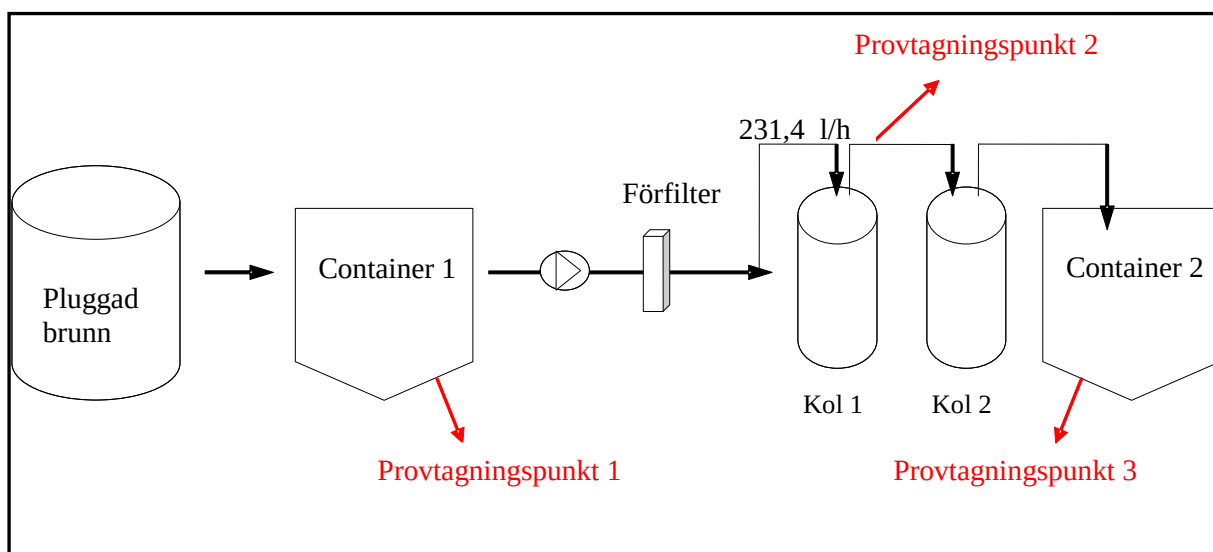
En anläggning med aktivt kol har testats som reningsmetod för att rena grundvatten från PFOS. I analyspaketet ingick även halterna av PFOA. Om det visade sig att anläggningen fungerade skulle vattnet från brunnen kontinuerligt pumpas in i anläggningen till kolkolonerna. Det rena vattnet från anläggningen skulle tills vidare släppas till intilliggande sedimentationsdamm och därifrån vidare till Issjöbäcken (se *Bilaga H* för karta).

2.1 Anläggningen och dess utrustning

Reningsanläggningen som användes var en pilotanläggning för vattenrening av PFOS med aktivt kol, se *Figur 9*. Vatten fördes från en pluggad brunn innehållande grundvatten till en container (container 1, se *Figur 7*) och vidare via en impellerpump till 2 separata kolonner innehållande aktivt kol. Vatten fördes först genom kolkolonn 1 och sedan genom kolkolonn 2 och vidare till ännu en container (container 2, se *Figur 7*). Anläggningen var även utrustad med en tryckvakt, två nivåvipor, ett förfilter, tryckmätare, frekvensomriktare, vattenmätare samt en backventil på slangen från container 1. Under testperioden startades och avslutades anläggningen manuellt för att notera tiden och hålla uppsikt över flödet.

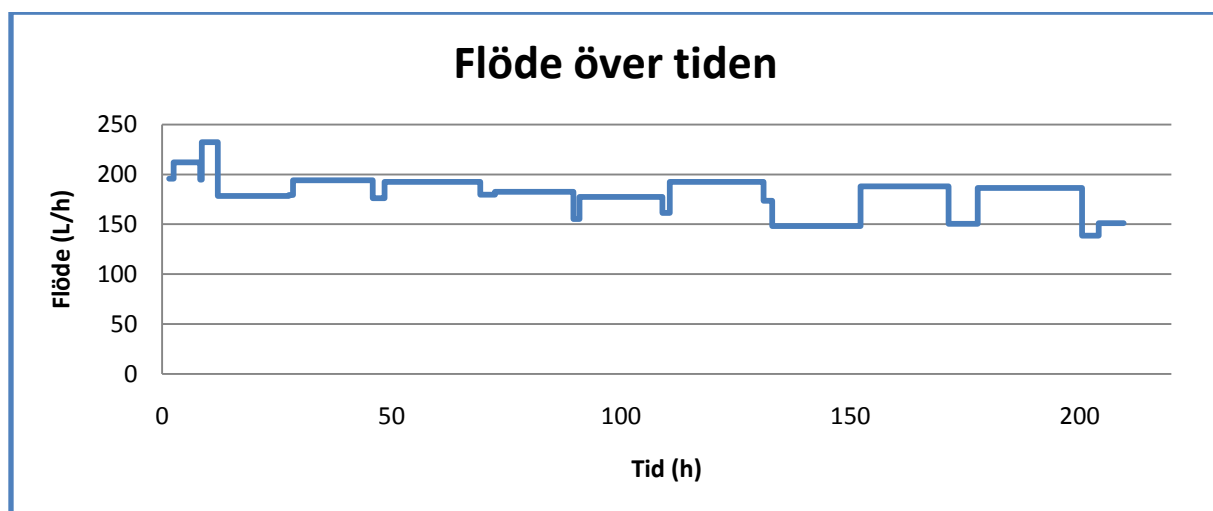
Kolonerna fylldes med vatten från brunnen och med cirka 87,5 kg kol vardera och fick sedan stå i några timmar. Ingen luft fick komma in i systemet och för att säkerställa detta fanns en del säkerhetsanordningar, såsom tryckvakten, nivåviporna och backventilen.

Figur 7. Flödesschema över anläggningen där Kol 1 och 2 representerar kolkolonnerna.



Frekvensomriktaren matades med enfas 230 V som görs om till trefas. Vanlig trefas har frekvensen 50 Hz och detta ger ett varvtal på cirka 900 rpm (varv/min) som motsvarar 6,4 L/min. Tillverkarna av koltunnorna rekommenderar ett flöde mellan 3,5-5 L/min för full kapacitet (Rune Bergström, muntligt). Frekvensomriktaren ställdes in på 30 Hz vilket ger ett flöde på $(30/50) \cdot 6,4 \text{ L/min} = 3,9 \text{ L/min}$. Flödet hölls dock inte konstant enligt beräkningar (antal liter som har gått igenom anläggningen dividerat med förfluten tid under samma period), se Figur 8. Vid tiden 152 timmar ökades frekvensomriktaren till 35 Hz för att få ett högre flöde. Detta motsvarar ett flöde på $(35/50) \cdot 6,4 \text{ L/min} = 4,48 \text{ L/min}$.

Figur 8. Flödet över tiden



2.2 Provtagning och utförande

Brunnen tömdes i omgångar, batcher, om cirka 3,5 m³ vatten till container 1. Vattnet i container 1 var således ingående vatten där koncentrationerna av PFOS varierade. När allt vatten från brunnen pumpats över till containern startades anläggningen manuellt. Ett prov från container 1 togs varje gång den fylldes med en ny batch (benämnes härfter som container 1a) för att få ingångskoncentrationen. För att säkerställa att koncentrationen var densamma över tiden togs även ett prov på ingående vatten i slutet av varje batch (benämnes härfter som container 1b).

Figur 9. Anläggningen och dess delar



Provtagning skedde efter kolkolonn 1 en gång per batch och vartannat av dessa skickades in för analys (se *Bilaga G* för detaljerad info). Anledningen till detta var dels att få ner analyskostnaderna, dels att det inte förväntades hända mycket mellan dessa prover. De prover som inte analyserades sparades ifall de skulle bli intressanta att analysera längre fram. Om halterna förändrats mycket under en tidsperiod, så kunde de sparade proverna skickas in för senare analys och få en mer precis tidpunkt när ökningen började ske.

Kolkolonn 2 användes som en säkerhet för att vatten som passerat hela anläggningen skulle ha låga koncentrationer av PFOS. Förhoppningen var att kunna släppa ut detta vatten och minska på tömningstransporterna. Därför skedde provtagning av container 2 efter varje avslutad batch. Koncentrationerna för detta vatten var endast intressant med avseende på om det gick att släppa ut eller inte. Länsstyrelsen gav tillstånd att under provperioden släppa ut vatten med en koncentration av PFOS upp till 3 µg/l (Helena Svensson, muntligt).

2.3 Kemisk analys

Provtagning skedde mellan 27 oktober 2009 och 9 december 2009. Proverna skickades för analys till ALS Scandinavia AB i Täby som är ett ackrediterat laboratorium. För analysprotokoll, se *Bilaga F*.

Proverna analyserades med vätskekromatografi och masspektrometri enligt ISO 25101 (Water quality – Determination of perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) – Method for unfiltered samples using solid phase extraction and liquid chromatography/mass spectrometry). Den typiska rapporteringsgränsen var 1 ng/L och mätosäkerheten 3-14 % beroende på provtyp och koncentration (Kent Utterström, muntligt).

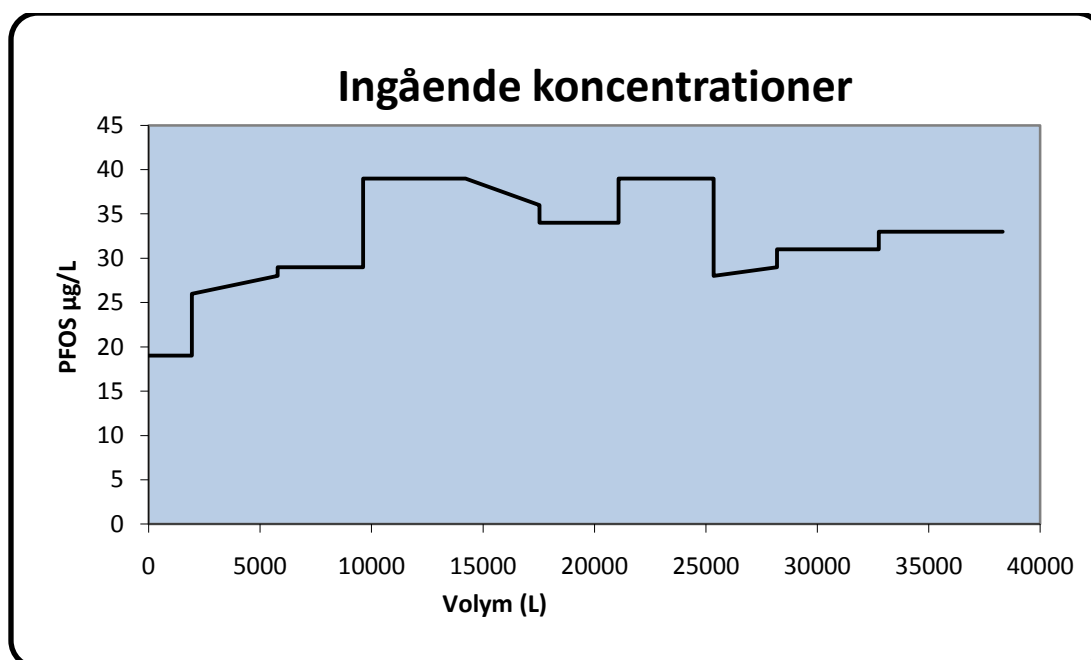
3. Resultat

Resultaten för PFOA presenteras inte i någon större utsträckning. Dessa finns dock redovisade i *Bilaga D*. För de prover där container 1a och 1b analyserades var det ingen nämnvärd skillnad.

3.1 Kolkolonn 1

Koncentrationen av PFOS i ingående vatten varierade per batch där den lägsta och högsta koncentrationen var 19 respektive 39 µg/L (se *Figur 10*). För PFOA var motsvarande siffror 0,45 samt 1,7 µg/L (se *Bilaga D* för vidare information). Koncentrationsskillnaderna beror till stor del på vattenflödet. Ett lågt vattenflöde medför koncentrerings av föreningar medan ett högre vattenflöde späder ut dem.

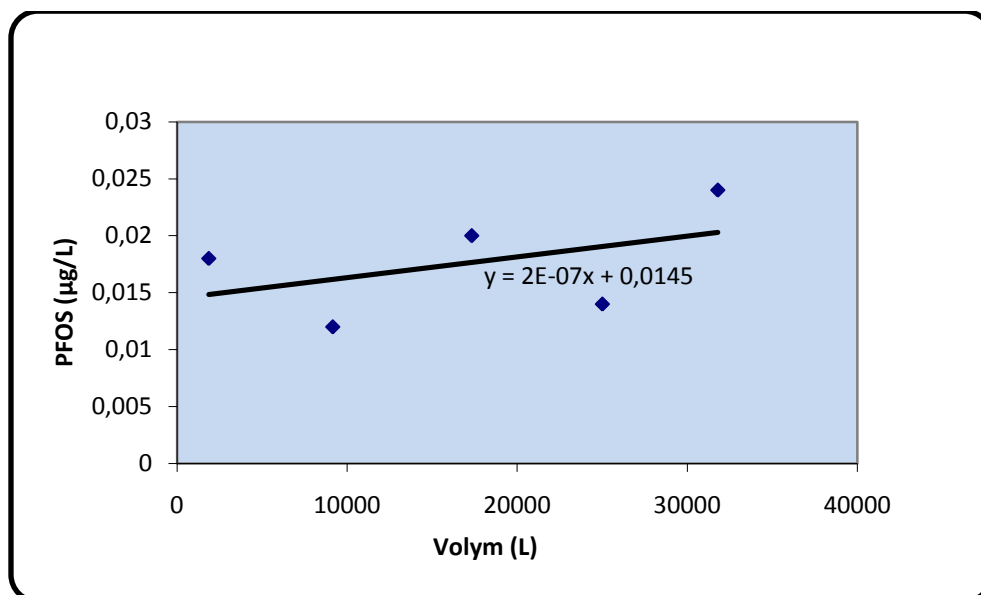
Figur 10. Ingående koncentrationer PFOS (µg/L) från container 1 till anläggningen.



Exakta volymer, tryck, tidpunkter för drift samt data över insamlade prover finns i *Bilaga G* och *C*.

Utgående koncentrationer var mycket låga för både PFOS och PFOA (se *Figur 11* samt *Bilaga D*) samt likvärda under hela testperioden, varför inga trender till en ökning av utgående trender kunde urskiljas. Medelvärde för reningsgraden under hela testperioden har varit 99,94 % med avseende på koncentrationen av PFOS (*Tabell 2*). Även PFOA adsorberades i hög grad av kolet.

Figur 11. Utgående koncentrationer PFOS (µg/L) från kolkolonn 1 där y-axeln beskriver behandlad vattenmängd (L) sedan start. En linjär ekvation har anpassats till datapunkterna.



Tabell 2. Ingående och utgående koncentrationer PFOS (µg/L) till och från kolkolonn 1 samt reningsgrad för kolkolonn 1.

Omgång	PFOS in (µg/L)	PFOS ut (µg/L)	Reningsgrad (%)
Batch 1	19	0,018	99,91
Batch 2	27 ¹	0,015 ²	99,94
Batch 3	29	0,012	99,96
Batch 4	39	0,017 ²	99,96
Batch 5	37,5 ¹	0,020	99,95
Batch 6	34	0,018 ²	99,95
Batch 7	39	0,014	99,96
Batch 8	28,5 ¹	0,019 ²	99,93
Batch 9	31	0,024	99,92
Batch 10	33	0,021 ²	99,94
Medelvärde	31,7	0,018	99,94

¹Batchernas container 1a- och container 1b-prover analyserades och gav små skillnader. De redovisade värdena är medelvärden av dessa, se *Bilaga C*.

²Dessa prover skickades aldrig in för analys. Värdena har istället beräknats från en linjär ekvation, se *Bilaga E*.

Reningsgraden var med avseende på mängd PFOS (µg) även här närmast total, 99,94 %, där endast 689,3 µg har lämnat kolkolonn 1 under hela testperioden, se *Tabell 3*.

Tabell 3. Mängd inkommande PFOS (μg) från container 1 och mängd utgående PFOS (μg) från kolkolonn 1 samt reningsgrad för kolkolonn 1. PFOS som har tagits upp av kolet är differensen mellan ingående och utgående mängd PFOS.

Omgång	Mängd PFOS in (μg) ³	Mängd PFOS ut (μg) ³	PFOS i kol (μg)	Reningsgrad (%)
Batch 1	36 671,9	28,3	36 643,6	99,92
Batch 2	104 147,1	58,6	104 088,5	99,94
Batch 3	111 148,3	60,9	111 087,4	99,95
Batch 4	178 990,5	76,5	178 914,0	99,96
Batch 5	124 635,0	57,8	124 577,2	99,95
Batch 6	120 839,4	64,0	120 775,4	99,95
Batch 7	166 128,3	79,8	166 048,5	99,95
Batch 8	81 168,0	55,2	81 112,8	99,93
Batch 9	141 629,7	91,6	141 538,1	99,94
Batch 10	183 394,2	116,5	183 277,7	99,94
Totalt	1 248 752,4	689,3	1 248 063,1	99,94

³Har beräknats med integraler, se *Bilaga E*.

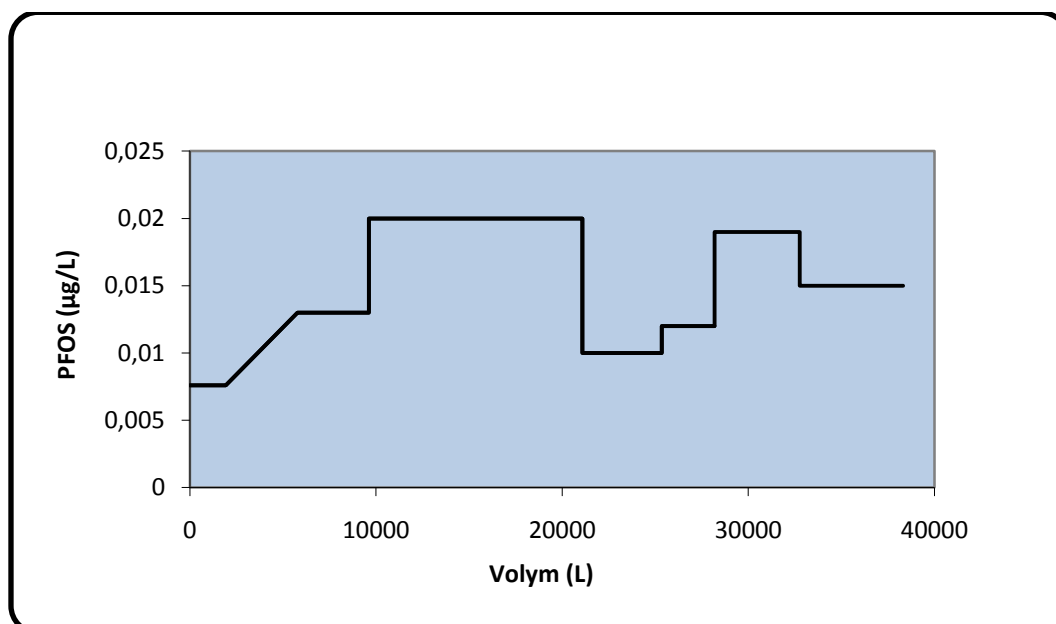
Den rätta linje som anpassats till de fem provpunkterna i *Figur 11* har använts för att beräkna integralen under grafen, alltså den sammanlagda utgående mängden PFOS i μg (*Tabell 3*). Även flera integraler under bestämda tidsintervall har beräknats med den rätta ekvationen (se *Bilaga E*).

Integralerna var intressanta i avseendet att ta reda på hur mycket PFOS som tagits upp av kolet. Genom att bestämma integralerna för ingående och utgående vatten under bestämda volymintervall kunde differensen där emellan beräknas, vilket har gjorts i *Tabell 3*. Differensen är den mängd PFOS som tagits upp av kolet vilket under hela testperioden var sammanlagt $1\,248\,752,4 - 689,3 \mu\text{g} = 1\,248\,063,1 \mu\text{g} = 1\,248,0631 \text{ mg}$. Kolkolonn 1 innehåller 87,5 kg kol vilket motsvarar 85 000 g. Koncentrationen av PFOS i kolet när testperioden var över var således $1\,248,0631 \text{ mg} / 85\,000 \text{ g kol} = 0,015 \text{ mg PFOS/g kol}$.

3.2 Kolkolonn 2

Ingående koncentrationer till kolkolonn 2 är detsamma som utgående koncentrationer från kolkolonn 1. Eftersom att det aldrig blev någon ökning av utgående koncentrationer från kolkolonn 1 var det väldigt små mängder PFOS som nådde kolkolonn 2 och utgående halter var därmed låga, se *Figur 12*.

Figur 12. Utgående koncentrationer PFOS ($\mu\text{g/L}$) från kolkolonn 2 där y-axeln representerar behandlad vattenvolym sedan start.



Från Tabell 2 utläses att 689,3 μg PFOS totalt har gått in i kolkolonn 2 och Tabell 4 visar att 591 μg av dessa också har lämnat den. Differensen mellan ingående och utgående mängd (689,3-591 μg) PFOS åskådliggör hur mycket som finns i kolkolonn 2, det vill säga 98,3 μg . Denna siffra är så liten att kolkolonn 2 kan anses opåverkad och betraktas som tom.

Tabell 4. Utgående koncentrationer och massor av PFOS från kolkolonn 2.

Omgång	Volym (L)	PFOS ($\mu\text{g/L}$) utgående vatten	PFOS (μg) totalt
Batch 1	1 930,1	0,0076	14,7
Batch 2	3 857,3	0,013	50,1
Batch 3	3 832,7	0,013	49,8
Batch 4	4 589,5	0,02	91,8
Batch 5	3 323,6	0,02	66,5
Batch 6	3 554,1	0,02	71,1
Batch 7	4 259,7	0,01	42,6
Batch 8	2 848,0	0,012	34,2
Batch 9	4 568,7	0,019	86,8
Batch 10	5 557,4	0,015	83,4
Summa totalt			591

3.3 Uppskattning av kolkolonnens totala kapacitet

Eftersom anläggningen fungerade så bra att inget resultat gällande kolkolonnens totala kapacitet i praktiken gick att få fram gjordes istället beräkningar för att uppskatta detta. Beräkningarna utgår från att hela kolkolonn 1s kapacitet kan utnyttjas. Detta bör gälla

eftersom kolkolonn 2 renar allt vatten som kommer ut från kolkolonn 1 så att gränsvärdet 3 µg/L till recipienten inte överskrids.

I studien av Valeria Ochoa-Herrera och Reyes Sierra-Alvarez finns diagram där de testade F400s förmåga att adsorbera PFOS, PFOA samt PFBS. För de två sistnämnda infann sig en mättnadsgrad på ungefär 75 mg förorening/g F400. Ur diagrammet går inte att utläsa någon mättnadsgrad för PFOS men det förefaller som att kolet kan ta upp minst 230 mg PFOS/g kol (Valeria Ochoa-Herrera, Reyes Sierra-Alvarez, 2008). Utifrån dessa siffror görs nedan en teoretisk bedömning på hur länge en kolkolonn kan användas.

Antag att medelkoncentrationen från *Tabell 2* på 32 µg PFOS är densamma över hela året. Det motsvarar 0,032 mg PFOS/L. Det antas också att koncentrationen av PFOS aldrig minskar i takt med att urlakning av PFOS i marken sker. Brunnen behövde oftast tömmas av Allsugning AB varje fredag om 7 m³ varje gång. För att inte underskatta flödet antas även att container 1 fylldes två gånger i veckan med 7 m³ varje gång. Detta blir då 21 m³ = 21 000 liter i veckan som antas vara konstant över året.

Tunnan innehåller 87,5 kg kol = 87 500 g
F400 kan ta upp 230 mg PFOS/g kol

21 000 liter i veckan till anläggningen
Koncentration på 0,032 mg PFOS/L

Antal mg PFOS som totalt kan tas upp =
230·87 500 = 20 125 000 mg (=20,125kg)

Mängd PFOS inkommande vatten/vecka =
21 000·0,032 = 672 mg

Antal veckor som kolkolonnen håller =
 $20\,125\,000/672 \approx 29\,948$ veckor = $29\,948/52 \approx 576$ år.

Tunnan har en kapacitet på cirka 20 kg PFOS. På brandövningsplatsen beräknas det finnas cirka 6 kg PFOS. Den tunna som finns nu borde i så fall räcka tills all PFOS har lakats ut.

4. Diskussion

Att PFOS renas på plats istället för att skickas iväg som farligt avfall ger två miljövinster. Den första är att transporterna minskar och den andra är att PFOS garanterat tas om hand. PFOS påverkas inte av biologisk nedbrytning och det vatten som skickas iväg från Landvetter flygplats till reningsanläggningen behandlas med biologisk nedbrytning, vattnet renas därför troligtvis inte från PFOS. Detta styrks av mätningar som har visat att vatten och slam från reningsverk i Stockholm har en hög halt PFOS (Stockholms stad, 2008).

Allt grundvatten går inte till uppsamlingsbrunnen för PFOS. Hur mycket som går en annan väg är viktigt att ta reda på för att veta hur mycket PFOS som går till omgivande mark och vatten. Om Landvetter flygplats bygger de planerade täta dammarna säkerställs att allt grundvatten går igenom anläggningen och därmed renas. Brandövningsplatsen och dess omgivning består främst av torv, morän, sand, sten och sprängsten. PFOS läcker mest i sandiga jordar vilket betyder att PFOS i och på brandövningsplatsen läcker mer jämfört med om det varit exempelvis lera där.

De tester som har utförts med avseende på PFOS, PFOA och 6:2 FTS har skett på jordlevande organismer. Undersökningarna kring brandövningsplatsen borde därför inriktas på

jordlevande organismer för vilka det finns flest värden att jämföra med. Statens Föroreningstillsyn skriver att jordlevande organismer inom 100 meter från källan kan vara i riskzonen. Stämmer detta kring brandövningsplatsen? Det finns mest information om utförda experiment på daggmaskar och man vet vilka halter de klarar av. NOEC för daggmaskar med avseende på överlevnad var 77 mg/kg och många värden kring brandövningsplatsen överstiger detta. En koll på hur mycket daggmask det finns kring brandövningsplatsen, jämfört med hur mycket daggmask det vanligen finns i den aktuella jordtypen, rekommenderas därför. Då kan man se om det finns några, om de verkar friska och göra test på halt PFOS (och eventuellt andra ämnen) i dem.

4.1 Brandskum

Landvetter flygplats har sedan 2008 inte haft några brandövningar med skum men det är en verksamhet som behöver genomföras. Anledningarna till att övningarna med detergentskummet Sthamex SVM stoppades har inte blivit klarlagda. Det innehåller som sagt inga perfluorerade eller klorerade ämnen eller andra typiskt miljöfarliga ämnen. Alternativa miljövänliga brandskum som har mycket låg toxicitet är Re-Healing Foam, RF-3, eller Solberg TF5X training foam. Båda är helt fria från fluor och klor. Re-healing foam och Sthamex ligger i samma prisklass och TF5X, som späds med vatten, kostar en tredjedel per förbrukad liter jämfört med de övriga två (Grete Joensen, muntligt). TF5X anses vara ett bra alternativ att använda som brandövningsskum, både ekonomiskt och miljömässigt. Det allra bästa vore förstås om det kom ett miljövänligt brandskum som kan konkurrera med AFFFs i skarpa lägen.

LFV är mitt inne i sitt glykolprojekt där glykol från avisningsmedel ska samlas upp. Detta gäller således inte andra källor men alla typerna av brandskum innehåller glykoler. Dessa samlas inte upp av aktivt kol och sannolikt inte heller av oljeavskiljaren. Vilka halter som når omgivningen runt brandövningsplatsen beror på frekvensen av brandövningar samt glykoltyp och halt i brandskummet. Detta kan vara bra att utreda vidare för att säkerställa att omgivningen inte tar skada.

4.2 6:2 FTS

Att ersätta PFOS och PFOS-relaterade ämnen med 6:2 FTS verkar i dagsläget inte vara helt säkert. Dess toxikologiska effekter måste utredas, i dagsläget finns ingen information om dess egentliga toxicitet. Enligt de utförda testerna bioackumuleras 6:2 FTS i samma grad eller högre än PFOS. Om 6:2 FTS då har väldigt låg toxicitet saknar det egentlig betydelse att det har samma BAF som PFOS. 6:2 FTS innehåller dock fluoratomer och halogener tycks återkomma i de mer uppmärksammade miljögifterna. Därför är det mycket möjligt att 6:2 FTS är toxiskt i högre grad.

För att få någon uppfattning om 6:2 FTS toxicitet jämfört med PFOS jämförs siffror från utförda tester med reproduktionsparametrar för daggmaskar. PFOS och PFOA hade här ett NOEC-värde på 10 respektive 16 mg/kg och 6:2 FTS fick ett EC50 på 21 mg/kg. Alla tre värden ligger i samma storleksgrad och tyder på att 6:2 FTS har högre toxicitet gällande reproduktionsparametrar än vad PFOS och PFOA har.

Perfluorblandningen i brandskum innehåller 6:2 FTS och detta gällde även för brandskummet som användes på landvetter flygplats. 6:2 FTS i detta brandskum fanns i nästan 3 gånger högre koncentration än PFOS. Med tanke på att 6:2 FTS visat sig ha samma BAF som PFOS samt finns i högre koncentrationer tordes organismer ha tagit upp mer av detta ämne. Mätningar i vatten, mark och organismer runt brandövningsplatsen med avseende på 6:2 FTS borde ske med tanke på dess potentiella miljöfarlighet. Prover på 6:2 FTS borde även utföras i samband med anläggningen i syftet att utreda om det aktiva kolet även adsorberar 6:2 FTS.

4.3 Proteinbindning och reproduktion

Som nämnt ovan i texten (se exempelvis *tabell 1*) har det visats att organismer är känsligare för PFOS när det gäller reproduktionsparametrar, jämfört med exempelvis mortalitet. Detta skulle kunna bero på att de binder till proteiner lätt förenas med lipoproteiner och vitellogenin (Stockholms stad, 2008). Båda spelar en viktig roll i vitellogenesen. Vitellogenesen aktiveras då östrogen kommer i kontakt med östrogenreceptorer, vilket leder till att lipoproteinet vitellogenin frigörs från levern i blodet. Vitellogenin är ett ägguleprotein som syntetiseras i levern hos äggläggande honor. Produktion av vitellogenin har visat sig ge större lever hos organismen (Shimizu et al., 2002). Vitellogenesen fortgår genom att lipovitellin, ännu ett lipoprotein, bildas och transporteras till de obefruktade äggen och klyvs till vitellin som är näring för embryot (Naturvårdsverket, 2003).

Exakt hur och vart bindningarna sker finns ingen information om. Vitellogenin bildas i levern och förs ut i blodet och just dessa medier är där man hittar PFOS. Det är därför troligt att PFOS här kan komma i kontakt med dessa proteiner. Två teorier om vad som kan tänkas ske beskrivs nedan. Den ena går ut på att vitellogenesen fortgår och den andra att den inhiberas.

Den första teorin är att när PFOS är bundet till vitellogenin kan vitellogenesen fortgå. Vitellogeninet med PFOS bundet till sig bildar lipovitellin och transporteras till de obefruktade äggen. Alternativt är PFOS inte bundet till vitellogenin och binder istället till lipovitellinet när det bildats. På detta sätt följer PFOS med in till ägget. Detta kan minska kvalitén och tillförseln på näringen och leda till att alla ägg inte klarar sig till äggkläckningen och färre ägg kläcks. Det kan också vara så att de ägg som kläcks får lägre överlevnadsförmåga.

Andra teorin är att när PFOS är bundet till vitellogenin sker ingen ombildningen till lipovitellin och vitellogenesen inhiberas. Alternativt binds PFOS till lipovitellin som inte förs till äggen och klyvs till vitellin och vitellogenesen inhiberas istället här. Leder till mindre näring till äggen och ger sämre äggkläcknings- och överlevnadsgrad.

Dessa teorier skulle kunna vara anledningen till att organismer är mer känsliga för reproduktionsparametrar än för parametrar baserade på överlevnad (se *tabell 1*). Stämmer någon av dessa mekanismer kan prover tas på organismers lipovitellin-, vitellogenin- och/eller vitellin-halter som en biomarkör för PFOS.

4.4 Kolkolonnens kapacitet

Det verkar inte rimligt att kolkolonnen håller 576 år i praktiken. Kolet tar förmodligen även upp andra ämnen, exempelvis tas PFOA upp, och partiklar. Något antagande om hur mycket detta skulle vara går inte att göra. Inga mätningar finns på hur mycket partiklar som finns i

vattnet runt brandövningsplatsen eller vilka föreningar och halter av dessa som finns representerade. Exempelvis finns ftalater på området i låga halter och dessa tas möjligtvis också upp, då aktivt kol används som reningsmetod för organiska ämnen. Det går dock inte att göra någon approximation om hur mycket av alla olika föreningar ett gram aktivt kol kan ta upp. Hade man vetat detta kunde en uppskattning gjorts på hur mycket av det aktiva kolet som går åt till dessa och hur mycket aktivt kol det finns över till PFOS. Upptagningsförmågan kan även ändras beroende på sammansättningen och interaktionen av olika ämnen i vattnet. Därför görs ett par säkerhetsberäkningar för att uppskatta kolkolonns kapacitet i praktiken.

Allt grundvatten i dagsläget går inte till uppsamlingsbrunnen av PFOS. En dammanläggning kommer att byggas för att samla upp allt avrinnande grundvatten från brandövningsplatsen. Vi överskattar att detta resulterar i ett 10 gånger högre vattenflöde och gör om samma beräkningar som ovan med denna nya siffra. Antagandet att vattnet innehåller 32 µg/L och inte minskar i takt med urlakningen kvarstår.

Tunnan innehåller 87,5 kg kol = 87 500 g F400 kan ta upp 230 mg PFOS/g kol	210 000 liter i veckan till anläggningen Koncentration på 0,032 mg PFOS/L
Antal mg PFOS som totalt kan tas upp = 230·87 500 = 20 125 000 mg (=20,125kg)	Mängd PFOS inkommande vatten/vecka = 210 000·0,032 = 6 720 mg
Antal veckor som kolkolonnen fungerar = 20 125 000/6 720 ≈ 2 998 veckor = 2 998/52 ≈ 58 år.	

Som nämnt adsorberar aktivt kol även andra partiklar i vattnet. I testerna av Valeria Ochoa-Herrera och Reyes Sierra-Alvarez blandades kolet endast med PFOS och dess upptagningsförmåga minskar antagligen vid närvaro av andra ämnen och partiklar, eftersom att upptag av andra partiklar ”tar” adsorptionsplatser där PFOS annars kunde adsorberats. Antag att kolet tar upp så många andra ämnen och partiklar att endast 5 % av kolets kapacitet används för att ta upp PFOS. Då fås att kolet kan ta upp 230·0,05 mg/g = 11,5 mg PFOS/g kol. Här antas återigen att anläggningen tar emot 21 000 liter i veckan och att vattnet innehåller 32 µg/L och inte minskar i takt med urlakningen kvarstår.

Tunnan innehåller 87,5 kg kol = 87 500 g F400 kan ta upp 11,5 mg PFOS/g kol	21 000 liter i veckan till anläggningen Koncentration på 0,032 mg PFOS/L
Antal mg PFOS som totalt kan tas upp = 11,5·87 500 = 1 006 250 mg (=1,00625 kg)	Mängd PFOS inkommande vatten/vecka = 21 000·0,032 = 672 mg
Antal veckor som kolkolonnen fungerar = 1 006 250/672 ≈ 1 497 veckor = 1 497/52 ≈ 29 år.	

Som extremfall görs ytterligare en beräkning med det 10 gånger högre vattenflödet samt 5 % av kolets kapacitet i samma beräkning.

Tunnan innehåller 87,5 kg kol = 87 500 g F400 kan ta upp 11,5 mg PFOS/g kol	210 000 liter i veckan till anläggningen Koncentration på 0,032 mg PFOS/L
Antal mg PFOS som totalt kan tas upp = 11,5·87 500 = 1 006 250 mg (=1,00625 kg)	Mängd PFOS inkommande vatten/vecka = 210 000·0,032 = 6 720 mg

Antal veckor som kolkolonnen fungerar =
 $1\,006\,250/6\,720 \approx 150$ veckor = $150/52 \approx 3$ år.

Värdena är antagligen kraftigt överskattade, framförallt att bara 5 % av kolets kapacitet kan användas för att adsorbera PFOS. Med grund i siffran 3 år anses det säkert att redan nu koppla brunnen direkt till anläggningen och leda utgående vatten till sedimentationsdammen. Anläggningen anses kunna köras kontinuerligt om man tar prover på utgående vatten från båda kolkolonnerna exempelvis en gång varje månad. En månad anses vara så kort tid att en ökning av utgångskoncentrationen från kolkolonn 2 inte kan överstiga 3 µg/L. Detta för att kolkolonn 2 är tom och testperioden varade i över en månad där en ökning från kolkolonn 1 inte skedde. Om kolkolonn 1 har klarat sig i över en månad utan någon ökning borde även kolkolonn 2 göra det. På detta sätt kan allt vatten från brunnen renas, inga tömningar behöver göras och tidsåtgång för drift samt analyskostnader minskar avsevärt. Detta är dock förslag som tillsynsmyndigheten får besluta om.

För att se eventuella förbättringar kring området och dess trender rekommenderas att exempelvis varje år göra provtagningar kring brandövningsplatsen.

5. Slutsatser

Luftfartsverket Göteborg Landvetter Airport har en brandövningsplats där övning med brandskum och vattenkanoner sker. I brandskummet finns perfluorerade ämnen, bland annat perfluoroktansulfonat (PFOS), perfluoroktansyra (PFOA) och 6:2 Fluortelomersulfonat (6:2 FTS), varav många är persistenta, bioackumulerbara samt toxiska. Kring brandövningsplatsen har förhöjda halter av PFOS uppmätts och avrinnande grundvatten samlas därför upp i en pluggad brunn och tas om hand som farligt avfall. Arbetet har testat en anläggning med aktivt kol för att rena grundvattnet från PFOS.

- 6:2 FTS toxiska egenskaper måste utredas vidare för att kunna avgöra om detta är en lämplig substituent för PFOS och PFOS-relaterade ämnen.
- Under testperioden har reningsanläggningen med aktivt kol haft en reningsgrad med medelvärdet 99,94 % med avseende på PFOS. Anläggningen renade även vattnet effektivt från PFOA, dock har ingen reningsgrad beräknats.
- Kolet i kolkolonn 1 har 0,011 mg PFOS/g kol och kolkolonn 2 betraktas som tom efter testanläggningen.
- Under testperioden erhöles aldrig något genomslag. En beräkning utfördes istället med resultatet att en kolkolonn teoretiskt kan hålla i 576 år under aktuella förhållanden.
- Ytterligare beräkningar med reservationer för högre vattenflöde samt lägre upptagningsförmåga för kolet gjordes, med resultatet att en kolkolonn bör hålla i minst 3 år. Utifrån dessa beräkningar anses det rimligt att anläggningen kan köras kontinuerligt och släppa sitt utgående vatten till sedimentationsdammen. Kontinuerlig provtagning på utgående en gång i månaden rekommenderas. Detta är dock upp till tillsynsmyndigheten att bestämma.

6. Referenser

3M (2003) *Environmental and health assessment of perfluorooctanesulphonic acid and its salts* 3M Company, US.

Gert Strand AB (2009) *Aktivt kol*
<http://hembryggning.com/aktivt-kol-for-rening-av-alkohol/>
Hämtade informationen 2009-10-09

Grida (2009) *IPCC Special report*
http://www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/aviation/125.htm
Hämtade informationen 2009-12-07

Hemming fire (2009) *Brandskum och miljö*
http://www.hemmingfire.com/news/fullstory.php/aid/500/Foam_and_the_environment.html
Hämtade informationen 2009-10-23

Kemikalieinspektionen (2005) *Förslag för att ta med PFOS i Stockholmskonventionen*
http://www.pops.int/documents/meetings/cop_1/chemlisting/sweden/Proposal_for_listing_PFOS.pdf
Hämtade informationen 2009-10-07

Kemikalieinspektionen (2008a) *Information om PFOS*
<http://www.kemi.se/templates/PRIOframes.aspx?id=4045&gotopage=4100>
Hämtade informationen 2009-09-15

Kemikalieinspektionen (2008b) *Perfluorerade ämnens påverkan på miljö och hälsa*
<http://www.kemi.se/templates/Page.aspx?id=4403>
Hämtade informationen 2009-09-15

Kemikalieinspektionen (2008c) *Perfluorerade ämnens användningsområden*
<http://www.kemi.se/templates/Page.aspx?id=4392>
Hämtade informationen 2009-09-15

Kemikalieinspektionen (2009a) *Generell information om perfluorerade ämnen*
<http://www.kemi.se/templates/Page.aspx?id=3285>
Hämtade informationen 2009-09-16

Kemikalieinspektionen (2009b) *Aktuellt från KEMI*
http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/Tidningen/Aktuellt_fran_KemI_nr2_2009.pdf
Hämtade informationen 2009-12-01

Luftfartsverket (2009a) *Om Luftfartsverket*
<http://www.lfv.se/sv/LFV/Om-LFV/>
Hämtade informationen 2009-09-16

Luftfartsverket (2009b) *Luftfartsverkets verksamhet*
<http://www.lfv.se/sv/LFV/Om-LFV/LFVs-verksamhet/>
Hämtade informationen 2009-09-16

Luftfartsverket (2009c) *Luftfartsverkets organisation*

<http://www.lfv.se/sv/LFV/Om-LFV/Organisation/>

Hämtade informationen 2009-09-24

Luftfartsverket (2009d) *Landvetter flygplats*

<http://www.lfv.se/sv/LFV/Om-LFV/LFVs-verksamhet/LFVs-flygplatser/>

Hämtade informationen 2009-09-16

Luftfartsverket (2009e) *Luftfartsverkets produkter*

<http://www.lfv.se/sv/LFV/Bransch/LFVs-produkter/>

Hämtade informationen 2009-09-22

Luftfartsverket (2009f) *Luftfartsverkets miljöarbete*

<http://www.lfv.se/sv/LFV/Miljo/>

Hämtade informationen 2009-10-06

Luftfartsverket (2009g) *En grönare flygplats*

<http://www.lfv.se/sv/LFV/Miljo/LFVs-miljoarbete/En-gronare-flygplats/>

Hämtade informationen 2009-09-16

Lunds universitet (2006) *Faktaunderlag fluortelomerer*

<http://www.gu.ekol.lu.se/BIOR52/sammanfattning2006/Fluortelomerer.html>

Hämtade informationen 2009-10-23

Nationalencyklopedin (2009a) *Aktivt kol*

<http://www.ne.se/aktivt-kol>

Hämtade informationen 2009-09-16

Nationalencyklopedin, (2009b) *Bioackumulation*

<http://www.ne.se/bioackumulation>

Hämtade informationen 2009-10-13

Nationalencyklopedin, (2009c) *Spillvatten*

<http://ne.se/sok/spillvatten?type=NE>

Hämtade informationen 2009-10-22

Nationalencyklopedin, (2009d) *Pyrolys*

<http://ne.se/sok/pyrolys?type=NE>

Hämtade informationen 2009-11-25

Naturvårdsverket (2003) *Vitmärlans reproduktion i Väner och Vättern 2002*

http://www.naturvardsverket.se/upload/02_tillstandet_i_miljon/Miljoovervakning/rapporter/sotvatten/vitmarla.pdf

Hämtade informationen 2009-12-08

Naturvårdsverket (2008) – Förslag till gränsvärden för särskilda förorenade ämnen,
Naturvårdsverket Rapport 5799

OECD (2008) *Farobedömning för PFOS och dess salter*

http://www.oecd.org/document/58/0,3343,en_2649_34375_2384378_1_1_1_1,00.html

Hämtade informationen 2009-09-15

Presto (2008) *Säkerhetsdatablad för Sthamex SVM*

http://ichemistry.intersolia.com/~master/msds.aspx?id=238287&id_mdbid=10

Hämtade informationen 2009-12-07

Ramböll Sverige AB (2009a) – Förstudie, *Åtgärder för hantering av dagvatten och glykol i enlighet med miljödom* Göteborg 2009-05-20

Ramböll Sverige AB (2009b) - Rapport, *Brandövningsplatsen - mark- och grundvattenundersökning* Göteborg 2009-02-05

Ramböll Sverige AB (2009c) – PM, *PFOS på Göteborg Landvetter Airport* Göteborg 2009-05-28

Shimizu M., Fujiwara Y., Fukada H. & Hara A. (2002) *Purification and Identification of a Second Form of Vitellogenin From Ascites of Medaka (Oryzias latipes) Treated With Estrogen* Journal of experimental zoology 293, pp 726-735.

SIKA (2009) Statens Institut för KommunikationsAnalys Statistik Luftfart 2008

http://www.sika-institute.se/Doclib/2009/Statistik/ss2009_9_webb.pdf

Hämtade informationen 2009-12-08

Solberg Foams (2009a) *Produktblad för Re-Healing foam RF3*

http://www.solbergfoams.com/documents/pi/english_pi/RF3_3_Product_Sheet_English.pdf

Hämtade informationen 2009-10-12

Solberg Foams (2009b) *Produktblad för Solberg TF5X (Training foam)*

http://www.solbergfoams.com/documents/pi/english_pi/TF5X_3_6_Product_Sheet_English.pdf

Hämtade informationen 2009-12-07

Solberg Foams (2009c) *Produktblad för brandskum*

http://www.solbergfoams.com/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=25

Hämtade informationen 2009-12-07

Statens Forurensningstilsyn (2007) – *Revidering av klassifisering av metaller och organiske miljøgifter i vann och sedimenter*, Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder och kystfarvann, 2229/2007.

Statens Forurensningstilsyn (2008) – *Screening of polyfluorinated organic compounds at four fire training facilities in Norway*, 2444/2008

Stockholms stad (2008) *Nya gifter – nya verktyg Biotillgänglighet och toxicitet av PFAS-kontaminerade sediment från Mälaren* Institutionen för Tillämpad miljövetenskap, ITM, Stockholms universitet ISSN 1653-9168

Stubberud, H (2006) – *Økotoksikologiske effekter av PFOS, PFOA og 6:2 FTS på meitemark (Eisenia fetida)*. Report 2212/2006. Norwegian StatePollution Control Authority, Oslo.

Svenska miljöinstitutet (2008) - Rapport, *Studie av halter av perfluorerade alkylsulfonater (PFAS) i fisk och vatten från Västra Ingsjön*

Svenska miljöinstitutet (2009a) *PFAS vid storflygplatser*
<http://ivl.se/nyheter/startsidenyheter/ivlutrederspridningavpfasvidstorflygplatser.5.3d9ff17111f6fef70e9800070138.html>
Hämtade informationen 2009-09-16

Svenska miljöinstitutet (2009b) - Rapport, *Separation av PFOS från dagvatten* arkivnummer U2487

Svenskt flyg (2009) *Flyget och klimatet*
<http://www.svensktflyg.se/web/75e9783d-60b6-4aba-9831-ad478daa9f58.aspx>
Hämtade informationen 2009-12-07

Valeria Ochoa-Herrera och Reyes Sierra-Alvarez, (2008) *Removal of perfluorinated surfactants by sorption onto granular activated carbon, zeolite and sludge*. Chemosphere 72, 1588-1593.

Västra Götalandsregionen (2009) *Nyckeltal för resor*
<http://www.vgregion.se/Regionkansliet/Tillvaxt--Utveckling/Miljoarbete-i-Vastra-Gotaland/Internt-miljoarbete/Arbetet-med-vara-miljomal/Resor-och-miljo/Nyckeltal-for-resor/>
Hämtade informationen 2009-12-08

Wikipedia (2009a) *Aktivt kol*
http://en.wikipedia.org/wiki/Activated_carbon
Hämtade informationen 2009-09-16

Wikipedia (2009b) *Aktivt kol*
http://sv.wikipedia.org/wiki/Aktivt_kol
Hämtade informationen 2009-09-15

Wikipedia (2009c) *Om Luftfartsverket*
<http://sv.wikipedia.org/wiki/LFV>
Hämtade informationen 2009-10-07

Wikipedia (2009d) *Brandsläckningsskum*
http://en.wikipedia.org/wiki/Fire_fighting_foam
Hämtade informationen 2009-10-09

Wikipedia (2009e) *Dagvatten*
<http://sv.wikipedia.org/wiki/Dagvatten>
Hämtade informationen 2009-10-22

Wikipedia (2009f) *London dispersion force*
http://en.wikipedia.org/wiki/London_dispersion_force
Hämtade informationen 2009-10-09

Wikipedia (2009g) *Personkilometer*
<http://sv.wikipedia.org/wiki/Personkilometer>
Hämtade informationen 2009-12-08

Wikipedia (200h) *Lipoprotein*
<http://sv.wikipedia.org/wiki/Lipoprotein>
Hämtade informationen 2009-12-08

Zwicky (2009) Disposorb - Aktivt kolfilter för vattenrening
<http://www.zwicky.se/ny/ny/datablade/Disposorb.pdf>
Hämtade informationen 2009-10-09

6.1 Muntliga referenser

Anders Fredriksson, räddningschef på LFV Göteborg Landvetter Airport
Telefon 031-94 10 74 Mailadress: anders.fredriksson@lfv.se
Samtal 2009-12-04

Andreas Woldegiorgis, projektledare RE-PATH, IVL Svenska miljöinstitutet
Telefon 08-598 563 00 Mailadress: andreas.woldegiorgis@ivl.se
PowerPoint 2009-10-09

Grete Joensen, Solberg Scandinavian AS
Telefon +47 56 34 97 00 Mailadress: grete@solbergfoams.com
Mail 2009-10-09

Helena Svensson, miljörådgivare på LFV Göteborg Landvetter Airport
Telefon: 031-94 17 30 Mobil: 0738-51 69 08 Mailadress: helena.svensson@lfv.se
Samtal 2009-11-04

Kent utterström, ALS Laboratory Group, ALS Scandinavia AB
Telefon 08-5277 5201 Mailadress: kent.utterstrom@alsglobal.com
Mail 2009-12-11

Rune Bergström, forskningsingenjör Svenska Miljöinstitutet AB
Telefon 08-59856368 Mailadress: rune.bergstrom@ivl.se
Mail 2009-11-06

Ulf Waldenstedt, Allsugning AB. Telefon: 031-330 05 18
Samtal 2009-11-10

Bilaga A. Ordlista

6:2 FTS (6:2 Fluortelomersulfonat)

Perfluorerat organiskt ämne som ersatt andra perfluorerade ämnen som ett miljövänligare alternativ.

BAF (Bioackumuleringsfaktor) Ett mått på hur bioackumulerbart ett ämne är. BAF är koncentrationen av ämnet hos organismen dividerat med koncentrationen av ämnet i omgivande medium (ex. jord, vatten).

Bioackumulation Ämnen ansamlas hos organismer där koncentrationerna blir högre med tiden. Ämnet tas upp fortare än det bryts ned (Nationalencyklopedin, 2009b).

Dagvatten Avrinnande vatten på markytan eller en konstruktion som är tillfälligt förekommande. Samlas upp av dagvattenbrunnar som oftast leds tillbaka direkt ut i miljön (Wikipedia, 2009e).

Dos-respons Hur organismer påverkas, exempelvis rörlighet, av en dos av ett ämne. Med dos menas den mängd organismen får i sig under tidsperioden.

EPA (Environmental Protection Agency) Amerikanska naturvårdsverket.

EC50 (Effect Concentration) Den koncentration där 50 % av testorganismerna får en effekt, exempelvis 50 % blir immobiliserade.

Farobedömning Bedömning av ett ämnes inneboende kemiska egenskaper att orsaka skada samt en dos-respons undersökning.

LC50 (Lethal Concentration) Den koncentration där 50 % av testorganismerna dör.

Lipoprotein Komplex mellan protein och någon form av hydrofob molekyl (Wikipedia, 2009h).

London dispersionskrafter Svaga krafter mellan temporära dipoler (Wikipedia, 2009f).

Masspektrometri Molekyler separeras med avseende på förhållandet mellan dess massa och laddning. Den molekyl som är av intresse joniseras och mängden kan därefter mätas och läsas av.

NOEC (No Observed Effect Concentration) Högsta testade värde där ingen effekt sker på testorganismerna.

Organofluoriner Organiska föreningar som innehåller Fluor.

Organhalogener Organiska föreningar som innehåller någon eller några av halogenerna.

Oxidation Ett ämnes atomer avger elektroner vid reaktion med annat ämne.

PBT (Persistent, Bioaccumulative, Toxic) Ämnen som är persistenta, bioackumulerbara och toxiska.

PFAS (Perfluorinerade alkylsulfonater) En grupp perfluorerade organiska ämnen som innehåller en sulfonatgrupp. Är ofta persistenta, toxiska och bioackumulerbara. PFOS hör till denna grupp.

PFOA (Perfluoroktansyra) Perfluorerat organiskt ämne, troligen reproduktionsstörande.

PFOS (Perfluoroktansulfonat) Det mest uppmärksammade perfluorerade organiska ämnet samt ett PFAS-ämne.

Persistent Ämnen som påverkas väldigt lite eller inte alls av biologisk, kemisk eller fotolytisk nedbrytning och således är mycket stabilt. Även om ett ämne släpps ut i små koncentrationer kan de alltså komma upp i höga och skadliga koncentrationer i

miljön eftersom de bryts ned mycket långsamt.

Personkilometer Summan av antalet kilometer som varje enskild person färdas i ett fordon (Wikipedia, 2009g).

POP (Persistent Organic Pollutant) Organiska föreningar som är mycket persistenta och ofta bioackumulerbara. Kan färdas långväga och har effekter såsom cancer och reproduktionsstörningar.

POPs-konventionen Kallas även för Stockholmskonventionen och undertecknades 2001 för att skydda miljö och hälsa från POP.

Pyrolys Upphettnings i en syrefri miljö där sönderfall sker utan förbränning (Nationalencyklopedin, 2009d).

Spillvatten Vatten från diskhoar, duschar, toaletter och processer i industrin. Renas i reningsverk (Nationalencyklopedin, 2009c).

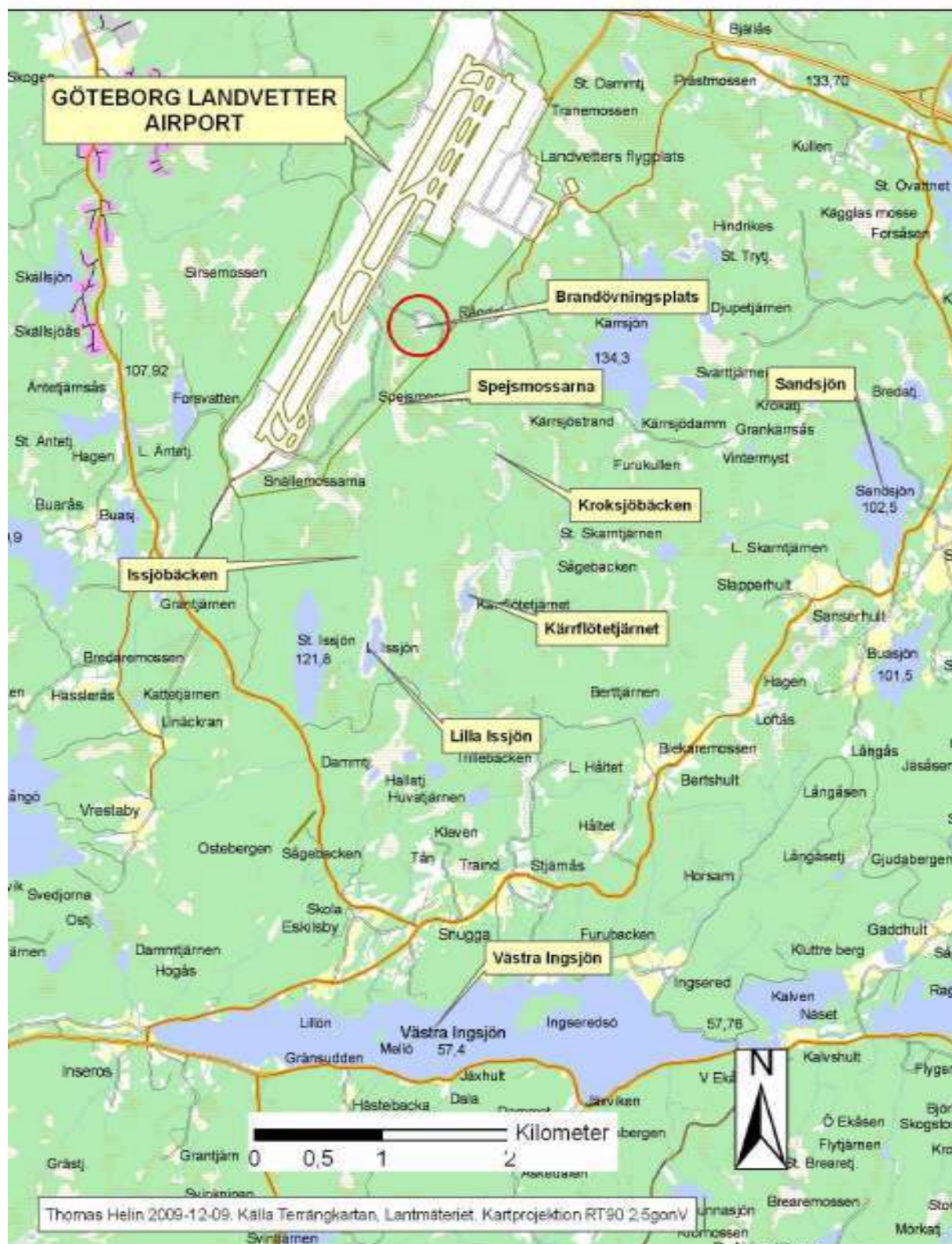
Statens Forurensningstilsyn Norges motsvarighet till Naturvårdsverket

Van der waals Svaga krafter mellan molekyler som skapar bindningar mellan dipoler.

Vätskekromatografi Molekyler separeras i en stationär och en mobil fas. När den mobila fasen består av vätska är det vätskekromatografi.

Zeoliter Mikroporösa kristallina hydrerade aluminiumsilikater (Valeria Ochoa-Herrera, Reyes Sierra-Alvarez, 2008)

Bilaga B. Förstorad karta över omgivningarna



Bilaga C. Resultat för PFOS

Tabell 5. Tagna prover på utgående vatten. Prov 1 avser prover tagna efter kolkolonn 1 och container 2 avser prover tagna efter kolkolonn 2.

Prov	Tid från start (h:min)	Behandlad vattenvolym från start (L)	Analyserades inte
Batch 1			
Prov 1	1:29	441,8	X
Prov 2	8:17	1 868,4	
Container 2			
Batch 2			
Prov 1	12:6	2 742,9	X
Prov 2	27:6	5 506,6	X
Container 2			
Batch 3			
Prov 1	45:52	9 159,1	
Container 2			
Batch 4			
Prov 1	69:19	13 628,8	X
Container 2			
Batch 5			
Prov 1	89:40	17 331,4	
Container 2			
Batch 6			
Prov 1	109:03	20 823,8	X
Container 2			
Batch 7			
Prov 1	131:05	25 014,5	
Container 2			
Batch 8			
Prov 1	152:13	28 195,0	X
Container 2			
Batch 9			
Prov 1	171:25	31 803,8	
Container 2			
Batch 10			
Prov 1	200:33	37 002,6	X
Container 2			

Tabell 6. Tagna och analyserade prover ingående vatten och koncentrationer för de som analyserades. Container 1a representerar prover som togs i container 1 när vatten fyllts upp i containern och container 1b representerar prover som togs i container 1 när batchen hade körts igenom anläggningen. Prover märkta brunn togs direkt från brunnen i syfte att se om presenningen i container 1 avgav PFOS.

Prov	Ingående vattenvolym från start (L)	PFOS konc (µg/L)	Analyserades inte
Batch 1			
Container 1	0-1 930,1	19	
Batch 2			
Brunn	-	23	
Container 1a	1 930,1	26	
Container 1b	5 787,4	28	
Batch 3			
Container 1a	5 787,4	29	
Container 1b	9 620,1		X
Batch 4			
Container 1	9 620,1-14 209,6	39	
Batch 5			
Container 1a	14 209,6	39	
Container 1b	17 533,2	36	
Batch 6			
Container 1a	17 533,2	34	
Container 1b	21 087,3		X
Batch 7			
Container 1a	21 087,3	39	
Container 1b	25 347,0		X
Batch 8			
Brunn	-	36	
Container 1a	25 347,0	28	
Container 1b	28 195,0	29	
Batch 9			
Container 1a	28 195,0	31	
Container 1b	32 763,7		X
Batch 10			
Container 1a	32 763,7	33	
Container 1b	38 321,1		X

Tabell 7. Resultat av analyserade prover utgående vatten.

Prov	Tid från start (h:min)	Behandlad vattenvolym från start (L)	PFOS konc. (µg/L)
Batch 1			
Prov 2	8:17	1 868,4	0,018
Container 2			0,0076
Batch 2			
Container 2			0,013
Batch 3			
Prov 1	45:52	9 159,1	0,012
Container 2			0,013
Batch 4			
Container 2			0,02
Batch 5			
Prov 1	89:40	17 331,4	0,02
Container 2			0,02
Batch 6			
Batch 6 container 2			0,02
Batch 7			
Prov 1	131:05	25 014,5	0,014
Container 2			<0,01
Batch 8			
Container 2			0,012
Batch 9			
Prov 1	171:25	31 803,8	0,024
Container 2			0,019
Batch 10			
Container 2			0,015

Bilaga D. Resultat för PFOA

Tabell 8. Resultat av analyserade prover med avseende på PFOA.

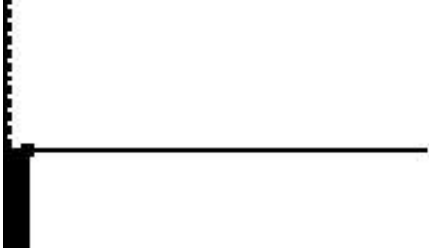
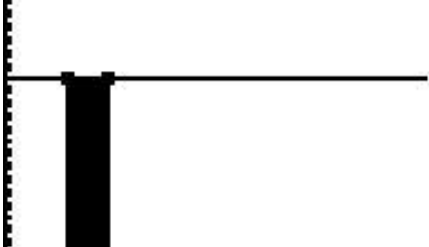
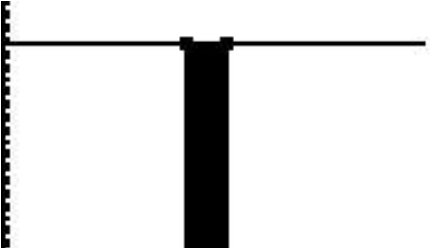
Prov	Behandlad vattenvolym från start (L)	PFOA in (µg/L)	PFOA ut (µg/L)
Batch 1			
Container 1	-	0,66	
Prov 2	1 868,4		<0,0010
Container 2	-		0,0013
Batch 2			
Brunn	-	0,67	
Container 1a	-	0,71	
Container 1b	-	0,71	
Container 2	-		<0,010
Batch 3			
Container 1	-	0,76	
Prov 1	9 159,1		<0,010
Container 2	-		<0,010
Batch 4			
Container 1	-	0,77	
Container 2	-		<0,010
Batch 5			
Container 1a	-	0,64	
Container 1b	-	0,63	
Prov 1	17 331,4		<0,010
Container 2	-		<0,010
Batch 6			
Container 1	-	0,68	
Container 2	-		<0,010
Batch 7			
Container 1	-	0,45	
Prov 1	25 014,5		<0,010
Container 2			<0,010
Batch 8			
Brunn	-	1,8	
Container 1a	-	1,7	
Container 1b	-	1,5	
Container 2	-		<0,010
Batch 9			
Container 1a	-	1,9	
Prov 1	31 803,8		<0,010
Container 2	-		<0,010
Batch 10			
Container 1a	-	1,7	
Container 2	-		<0,005

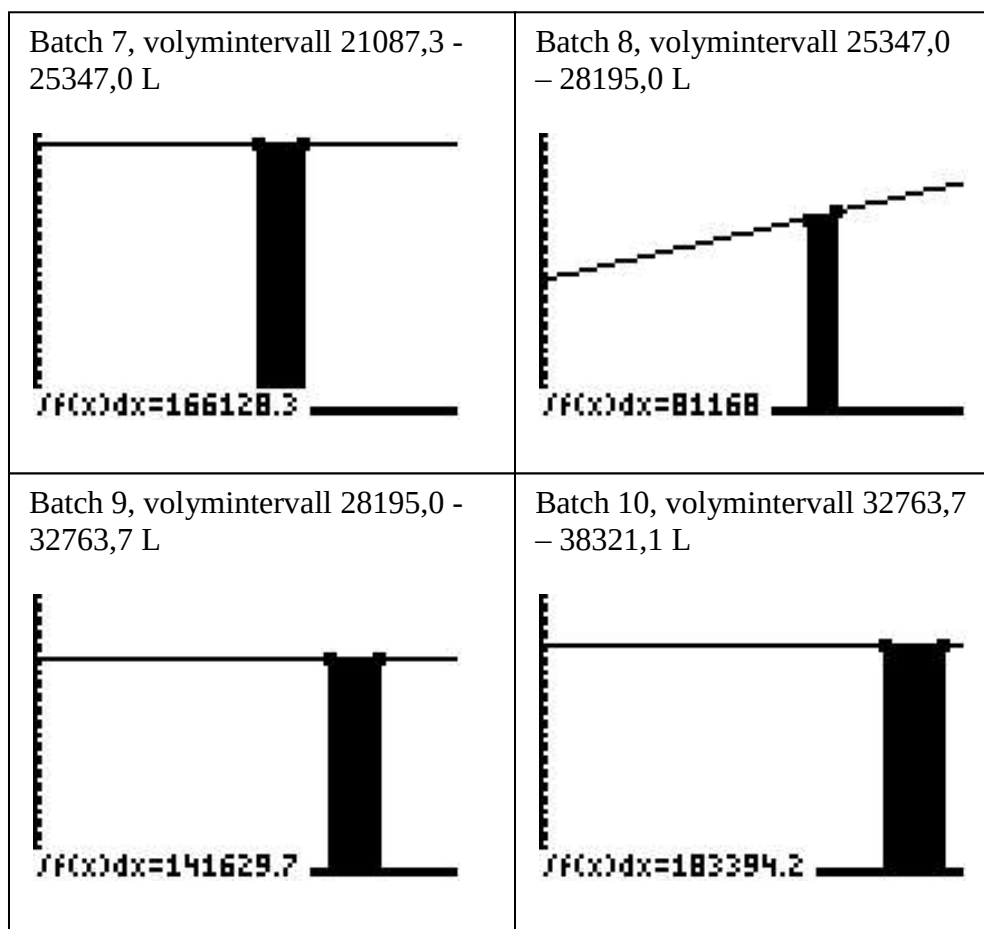
Bilaga E. Beräkningar från miniräknare Texas TI-83

Integraler beräknades med miniräknare Texas TI-83 Silver edition för att få den totala mängden (μg) PFOS. Y-axeln representerar koncentrationen ($\mu\text{g/L}$) och x-axeln volymen (L).

E:1 Integraler av ingående halt PFOS

Samtliga diagram har samma tabellfönster. X-axeln går från 0 till 40 000 L och y-axeln går från 0 till 40 $\mu\text{g/L}$.

Batch 1, volymintervall 0-1930,1 L  $\int f(x)dx=36671.9$	Batch 2, volymintervall 1930,1-5787,4 L  $\int f(x)dx=104147.1$
Batch 3, volymintervall 5787,4-9620,1 L  $\int f(x)dx=111148.3$	Batch 4, volymintervall 9620,1 -14209,6 L  $\int f(x)dx=178990.5$
Batch 5, volymintervall 14209,6 -17533,2 L  $\int f(x)dx=124635$	Batch 6, volymintervall 17533,2 -21087,3 L  $\int f(x)dx=120839.4$

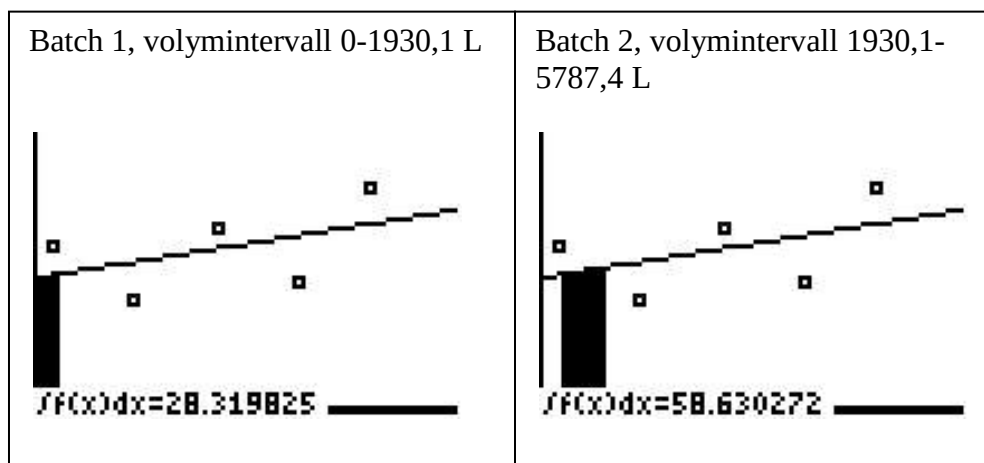


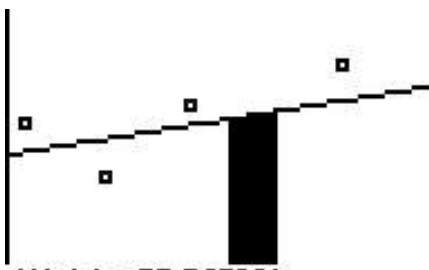
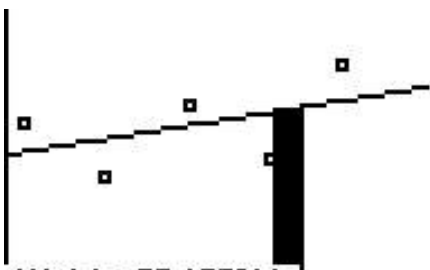
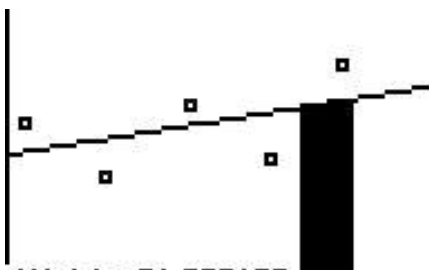
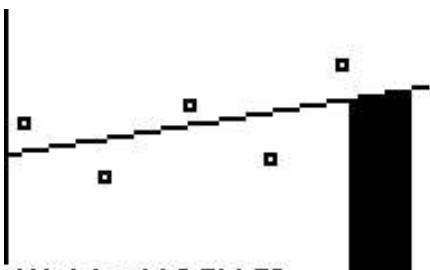
E:2 Integraler av utgående halt PFOS från kolkolonn1

De fem punkterna representerar de fem analyserade proverna på utgående vatten från kolkolonn 1. Samtliga diagram har samma tabellfönster. X-axeln går från 0 till 40 000 L och y-axeln går från 0 till 0,03 $\mu\text{g/L}$.

Räta linjens ekvation för de fem datapunkterna:

```
LinReg
y=ax+b
a=1.8215337E-7
b=.0144969372
```



Batch 3, volymintervall 5787,4-9620,1 L  $\int f(x)dx=60.940701$	Batch 4, volymintervall 9620,1 -14209,6 L  $\int f(x)dx=76.494423$
Batch 5, volymintervall 14209,6 -17533,2 L  $\int f(x)dx=57.790644$	Batch 6, volymintervall 17533,2 -21087,3 L  $\int f(x)dx=64.024852$
Batch 7, volymintervall 21087,3 -25347,0 L  $\int f(x)dx=79.767224$	Batch 8, volymintervall 25347,0 -28195,0 L  $\int f(x)dx=55.175344$
Batch 9, volymintervall 28195,0 -32763,7 L  $\int f(x)dx=91.597197$	Batch 10, volymintervall 32763,7 -38321,1 L  $\int f(x)dx=116.54482$

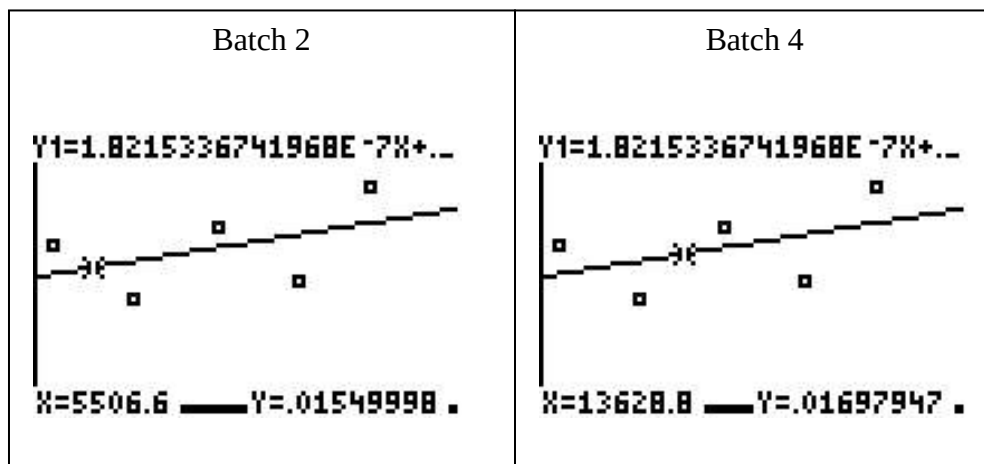
E:3 Integral av total mängd PFOS utgående vatten från kolkolonn 1

Total mängd (μg) utgående PFOS under testperioden. X-axeln går från 0 till 40000 L och y-axeln går från 0 till 0,03 $\mu\text{g/L}$. Integralen är gjord på volymintervallet 0-38 321,1 L.

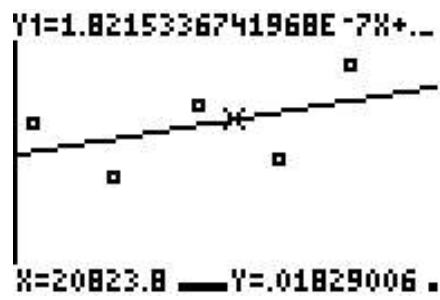


E:4 Uppskattning av utgående koncentration för ej analyserade prover

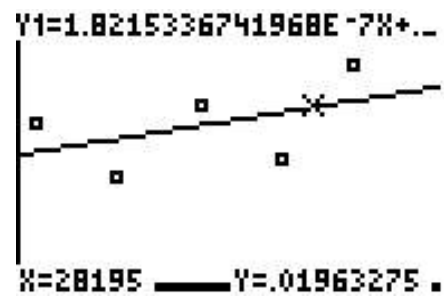
Flera prover utgående vatten efter kolkolonn 1 skickades aldrig till analys. För att ändå kunna använda dessa görs en uppskattning av koncentrationen. Detta har gjorts genom att skriva in vattenvolymen för då provet togs i praktiken (se *Bilaga G*) och utifrån den räta linjen få fram koncentrationen vid den provpunkten.



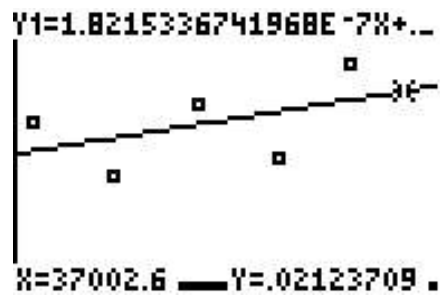
Batch 6



Batch 8



Batch 10



Bilaga F. Analysprotokoll

Rapport

Sida 1 (2)

T0912668

1KW5TEHXW4G



Projekt
Bestnr 162047
Registrerad 2009-11-02
Utfärdad 2009-11-09

FB Engineering AB
Per Samuelsson

Box 12076
402 41 Göteborg

Analys av vatten

Er beteckning	Batch 1 in 27-29/10-2009			
Labnummer	O10286161			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	19	µg/l	1	1
PFOA	0.66	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 1, prov 2 ut 27-29/10-2009			
Labnummer	O10286162			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	0.018	µg/l	1	1
PFOA	<0.0010	µg/l	1	1

Er beteckning	Ut 1, container 2 27-29/10-2009			
Labnummer	O10286163			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	0.0076	µg/l	1	1
PFOA	0.0013	µg/l	1	1

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Andreas Fredman
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0912668

Sida 2 (2)

1KW5TEHXW4G



* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Bestämning av PFOS, perfluoroktansulfonat och PFOA, perfluoroktansyra. Metod: LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 1 ng/l men kan variera med provets sammansättning.

	Utf ¹
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAR ackrediterat laboratorium (Reg.nr. DAC-P-0040-97-10). DAR är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade på följande adresser: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlerring 37, 31135 Hildesheim, Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln, Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden
Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423


Andreas Fredman
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0913084

Sida 1 (2)

1LHHQ8OHYUA



Projekt
Bestnr 162047
Registrerad 2009-11-09
Utfärdad 2009-11-16

FB Engineering AB
Per Samuelsson

Box 12076
402 41 Göteborg

Analys av vatten

Er beteckning	Brunn (batch 2)			
Labnummer	O10287416			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	23	µg/l	1	1
PFOA	0.67	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 2, start			
Labnummer	O10287417			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	26	µg/l	1	1
PFOA	0.71	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 2, start 2 (slutet)			
Labnummer	O10287418			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	28	µg/l	1	1
PFOA	0.71	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 3, start			
Labnummer	O10287419			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	29	µg/l	1	1
PFOA	0.76	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 3, prov 1			
Labnummer	O10287420			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	0.012	µg/l	1	1
PFOA	<0.010	µg/l	1	1

Er beteckning	Container 2, ut, batch 3			
Labnummer	O10287421			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	0.013	µg/l	1	1
PFOA	<0.010	µg/l	1	1

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423


Johan Nilsson
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0913084

Sida 2 (2)

1LHHQ8OHYUA



* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Bestämning av PFOS, perfluoroktansulfonat och PFOA, perfluoroktansyra. Metod; LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 1 ng/l men kan variera med provets sammansättning.

	Utf ¹
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAR ackrediterat laboratorium (Reg.nr. DAC-P-0040-97-10). DAR är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade på följande adresser: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlering 37, 31135 Hildesheim, Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln, Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden
Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423


Johan Nilsson
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T1000662

Sida 1 (2)

1RS9XUOWRE6



Projekt **grundvatten**
Bestnr **162047**
Registrerad **2010-01-25**
Utfärdad **2010-01-29**

FB Engineering AB
Per Samuelsson

Box 12076
402 41 Göteborg

Analys av vatten

Er beteckning	Container 2 Batch 2 3/11-09			
Labnummer	O10298367			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	0.013	µg/l	1	1
PFOA	<0.010	µg/l	1	1

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423


Andreas Fredman
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T1000662

Sida 2 (2)

1RS9XUOWRE6



* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Bestämning av PFOS, perfluoroktansulfonat och PFOA, perfluoroktansyra. Metod; LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 1 ng/l men kan variera med provets sammansättning.

	Utf ¹
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAR ackrediterat laboratorium (Reg.nr. DAC-P-0040-97-10). DAR är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade på följande adresser: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlering 37, 31135 Hildesheim, Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln, Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.

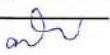
Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidenznivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden
Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423


Andreas Fredman
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0913668

Sida 1 (2)

1MF7MSSGWVY



Projekt **grundvatten**
Bestnr **162047**
Registrerad **2009-11-18**
Utfärdad **2009-11-27**

FB Engineering AB
Per Samuelsson

Box 12076
402 41 Göteborg

Analys av vatten

Er beteckning	Batch 4, start 090911-17			
Labnummer	O10289348			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	39	µg/l	1	1
PFOA	0.77	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 4, container 2 090911-17			
Labnummer	O10289349			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	0.020	µg/l	1	1
PFOA	<0.010	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 5, container 1 090911-17			
Labnummer	O10289350			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	39	µg/l	1	1
PFOA	0.64	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 5, container 1 (slutet) 090911-17			
Labnummer	O10289351			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	36	µg/l	1	1
PFOA	0.63	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 5, prov 1 090911-17			
Labnummer	O10289352			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	0.020	µg/l	1	1
PFOA	<0.010	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 5, container 2 090911-17			
Labnummer	O10289353			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	0.020	µg/l	1	1
PFOA	<0.010	µg/l	1	1

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Andreas Fredman
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0913668

Sida 2 (2)

1MF7MSSGWWY



* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Bestämning av PFOS, perfluoroktansulfonat och PFOA, perfluoroktansyra. Metod: LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 1 ng/l men kan variera med provets sammansättning.

	Utf ¹
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAR ackrediterat laboratorium (Reg.nr. DAC-P-0040-97-10). DAR är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade på följande adresser: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlerring 37, 31135 Hildesheim, Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln, Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidenznivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden
Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423


Andreas Fredman
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0913861

Sida 1 (2)

1MNSVVSZLBC



Projekt
Bestnr 162047
Registrerad 2009-11-23
Utfärdad 2009-11-30

FB Engineering AB
Per Samuelsson

Box 12076
402 41 Göteborg

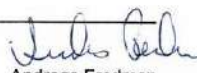
Analys av vatten

Er beteckning	Batch 6, container 1 18-19/11				
Labnummer	O10290035				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	
PFOS perfluoroktansulfonat	34000	ng/l	1	1	
PFOA perfluoroktansyra	680	ng/l	1	1	

Er beteckning	Batch 6, container 2 18-19/11				
Labnummer	O10290036				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	
PFOS perfluoroktansulfonat	20	ng/l	1	1	
PFOA perfluoroktansyra	<10	ng/l	1	1	

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423


Andreas Fredman
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0913861

Sida 2 (2)

1MNSVVSZLBC



* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Bestämning av PFOS, perfluoroktansulfonat och PFOA, perfluoroktansyra. Metod: LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 1 ng/l men kan variera med provets sammansättning.

	Utf ¹
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAR ackrediterat laboratorium (Reg.nr. DAC-P-0040-97-10). DAR är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade på följande adresser: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlerring 37, 31135 Hildesheim, Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln, Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

¹ Utförande teknisk enhet (Inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden
Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Andreas Fredman
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0914279

Sida 1 (2)

1MXXSNPKV7E



Projekt
Bestnr 162047
Registrerad 2009-12-01
Utfärdad 2009-12-03

FB Engineering AB
Per Samuelsson

Box 12076
402 41 Göteborg

Analys av vatten

Er beteckning	Batch 7, container 1 26-27/11-2009				
Labnummer	O10291322				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	
PFOS perfluoroktansulfonat*	39000	ng/l	1	1	
PFOA perfluoroktansyra*	450	ng/l	1	1	

Er beteckning	Batch 7, prov 1 26-27/11-2009				
Labnummer	O10291323				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	
PFOS perfluoroktansulfonat*	14	ng/l	1	1	
PFOA perfluoroktansyra*	<10	ng/l	1	1	

Er beteckning	Batch 7, container 2 26-27/11-2009				
Labnummer	O10291324				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	
PFOS perfluoroktansulfonat*	<10	ng/l	1	1	
PFOA perfluoroktansyra*	<10	ng/l	1	1	

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Maria Bigner
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0914279

Sida 2 (2)

1MXSNPKV7E



* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Bestämning av PFOS, perfluoroktansulfonat och PFOA, perfluoroktansyra. Metod: LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 1 ng/l men kan variera med provets sammansättning.

	Utf ¹
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAR ackrediterat laboratorium (Reg.nr. DAC-P-0040-97-10). DAR är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade på följande adresser: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlerring 37, 31135 Hildesheim, Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln, Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats
www.alsglobal.se

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Maria Bigner
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0914461

Sida 1 (2)

1ND4DBAWK2M



Projekt **grundvatten**
Bestnr **162047**
Registrerad **2009-12-03**
Utfärdad **2009-12-08**

FB Engineering AB
Per Samuelsson

Box 12076
402 41 Göteborg

Analys av vatten

Er beteckning	Batch 8, brunn 30/11-1/12-09				
Labnummer	O10291819				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	
PFOS perfluoroktansulfonat*	36000	ng/l	1	1	
PFOA perfluoroktansyra*	1800	ng/l	1	1	

Er beteckning	Batch 8, container 1 30/11-1/12-09				
Labnummer	O10291820				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	
PFOS perfluoroktansulfonat*	28000	ng/l	1	1	
PFOA perfluoroktansyra*	1700	ng/l	1	1	

Er beteckning	Batch 8, container 1 (slutet) 30/11-1/12-09				
Labnummer	O10291821				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	
PFOS perfluoroktansulfonat*	29000	ng/l	1	1	
PFOA perfluoroktansyra*	1500	ng/l	1	1	

Er beteckning	Batch 8, container 2 30/11-1/12-09				
Labnummer	O10291822				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	
PFOS perfluoroktansulfonat*	12	ng/l	1	1	
PFOA perfluoroktansyra*	<10	ng/l	1	1	

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

Johan Nilsson
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0914461

Sida 2 (2)

1ND4DBAWK2M



* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Bestämning av PFOS, perfluoroktansulfonat och PFOA, perfluoroktansyra. Metod; LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 1 ng/l men kan variera med provets sammansättning.

	Utf ¹
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAR ackrediterat laboratorium (Reg.nr. DAC-P-0040-97-10). DAR är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade på följande adresser: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlerring 37, 31135 Hildesheim, Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln, Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423


Johan Nilsson
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0914696

Sida 1 (2)

1NM006QRH5A



Projekt
Bestnr 162047
Registrerad 2009-12-08
Utfärdad 2009-12-11

FB Engineering AB
Per Samuelsson

Box 12076
402 41 Göteborg

Analys av vatten

Er beteckning	Batch 9, container 1 3-4/12-09			
Labnummer	O10292687			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	31	µg/l	1	1
PFOA	1.9	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 9, prov 1 3-4/12-09			
Labnummer	O10292688			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	0.024	µg/l	1	1
PFOA	<0.010	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 9, container 2 3-4/12-09			
Labnummer	O10292689			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	0.019	µg/l	1	1
PFOA	<0.010	µg/l	1	1

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 758 3423

Camilla Lundeborg
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0914696

Sida 2 (2)

1NM006QRH5A



* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	Bestämning av PFOS, perfluoroktansulfonat och PFOA, perfluoroktansyra. Metod; LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 1 ng/l men kan variera med provets sammansättning.

Utf ¹	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAR ackrediterat laboratorium (Reg.nr. DAC-P-0040-97-10). DAR är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade på följande adresser: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlerring 37, 31135 Hildesheim, Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln, Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden

Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423


Camilla Lundeborg
Kemist

The ALS Laboratory Group

För denna omgång märktes proverna felaktigt vilket observerades först då proverna redan skickats in. Resultaten för Batch 10, container 1 är således container 2 och vice versa.

Rapport

T0914931

Sida 1 (2)

101G50PJDB4



Projekt
Bestnr 162047
Registrerad 2009-12-11
Utfärdad 2009-12-16

FB Engineering AB
Per Samuelsson

Box 12076
402 41 Göteborg

Analys av vatten

Er beteckning	Batch 10, container 1 7-9/12-2009			
Labnummer	O10293717			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	0.015	µg/l	1	1
PFOA	<0.0050	µg/l	1	1

Er beteckning	Batch 10, container 2 7-9/12-2009			
Labnummer	O10293718			
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf
PFOS	33	µg/l	1	1
PFOA	1.7	µg/l	1	1

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden
Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 788 3423


Andreas Fredman
Kemist

The ALS Laboratory Group

Rapport

T0914931

Sida 2 (2)

1O1G5OPJDB4



* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Bestämning av PFOS, perfluoroktansulfonat och PFOA, perfluoroktansyra. Metod: LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 1 ng/l men kan variera med provets sammansättning.

	Utf ¹
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAR ackrediterat laboratorium (Reg.nr. DAC-P-0040-97-10). DAR är signatär till ett MLA inom EA, samma MLA som SWEDAC är signatär till. Laboratorierna finns lokaliserade på följande adresser: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlerring 37, 31135 Hildesheim, Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln, Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Kontakta ALS Täby för ytterligare information.

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller endast det identifierade, mottagna och provade materialet.
Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats www.alsglobal.se

¹ Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

ALS Scandinavia AB
Box 511
183 25 Täby
Sweden
Webb: www.alsglobal.se
E-post: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423


Andreas Fredman
Kemist

The ALS Laboratory Group

Bilaga G. Fullständigt provtagningsprotokoll

Prov	Datum	Tid (kl)	Tid (h:min) från start	Tryck (bar)	Vattenmätare (m ³)	Vattenmängd in (m ³) från start	Vattenmängd in (L) från start
Batch 1							
Start	09-10-27	10:29	0	0,08	1997,5338	0	0
Container 1 in	09-10-27						
Prov 1 ut	09-10-27	12:58	1 h 29 min	0,08	1997,9756	0,4418	441,8
Av	09-10-27	13:56	2 h 27 min	0,08	1998,1646	0,6308	630,8
På	09-10-28	09:00	(se ovan)	0,08	(se ovan)	(se ovan)	(se ovan)
Prov 2 ut	09-10-28	14:50	8 h 17 min	0,08	1999,4022	1,8684	1 868,4
Container 2 ut	09-10-29	(08:54)					
Av	09-10-28	15:09	8 h 36 min	0,08	1999,4639	1,9301	1 930,1
Total volym batch 1						1,9301	1 930,1
Batch 2							
Start	09-11-02	13:11	(se ovan)	0,12	(se ovan)	(se ovan)	(se ovan)
Brunn	09-11-02	(12:59)					
Container 1a	09-11-02	(13:08)					
Prov 1 ut	09-11-02	16:41	12 h 6 min	0,12	2000,2767	2,7429	2 742,9
Prov 2 ut	09-11-03	07:41	27 h 6 min	0,12	2003,0404	5,5066	5 506,6
Container 1b	09-11-03	(07:59)		(0,12)	(2003,1943)		
Container 2 ut	09-11-03	(08:04)					
Av	09-11-03	09:15	28 h 30 min	0,1	2003,3213	5,7874	5 787,4
Total volym batch 2						3,8573	3 857,3
Batch 3							
Start	09-11-04	15:22	(se ovan)		(se ovan)		
Container 1 in	09-11-04	(15:18)					
Prov 1 ut	09-11-05	08:44	45 h 52 min	0,12	2006,6929	9,1591	9 159,1
Container 2 ut	09-11-05	(11:25)					

Av	09-11-05	11:21	48 h 29 min	0,12	2007,1539	9,6201	9 620,1
Total volym batch 3							3 832,7
Batch 4							
Start	09-11-11	11:38	(se ovan)	0,08	(se ovan)		
Container 1 in	09-11-11	(11:32)					
Prov 1 ut	09-11-12	08:28	69 h 19 min	0,08	2011,1626	13,6288	13 628,8
Container 2 ut							
Av	09-11-12	11:42	72 h 33 min		2011,7434	14,2096	14 209,6
Total volym batch 4							4 589,5
Batch 5							
Start	09-11-16	16:19			(se ovan)		
Container 1a	09-11-16	(13:42)					
Prov 1	09-11-17	09:26	89 h 40 min	0,12	2014,8652	17,3314	17 331,4
Container 1b	09-11-17	(09:31)					
Container 2 ut	09-11-17	(10:50)					
Av	09-11-17	10:44	90 h 58 min		2015,0670	17,5332	17 533,2
Total volym batch 5							3 323,6
Batch 6							
Start	09-11-18	15:37	(se ovan)		(se ovan)		
Container 1a	09-11-18	(15:30)					
Prov 1	09-11-19	09:42	109 h 3 min	0,2	2018,3576	20,8238	20 823,8
Container 1b	09-11-19	(09:56)					
Container 2 ut	09-11-19	(11:25)					
Av	09-11-19	11:20	110 h 41 min	0,2	2018,6211	21,0873	21 087,3
Total volym batch 6							3 554,1
Batch 7							
Start	09-11-26	14:06	(se ovan)		(se ovan)		

Container 1a	09-11-26	(14:00)					
Prov 1	09-11-27	10:30	131 h 5 min	0,15	2022,5483	25,0145	25 014,5
Container 1b	09-11-27	(12:35)					
Container 2	09-11-27	(12:27)					
Av	09-11-27	12:25	133 h 0 min	0,15	2022,8808	25,3470	25 347,0
Total volym batch 7							4 259,7
Batch 8							
Start	09-11-30	13:36	(se ovan)		(se ovan)		
Brunn	09-11-30	(11:05)					
Container 1a	09-11-30	(13:33)					
Prov 1	09-12-01	08:42	152 h 13min	0,2	2025,7288	28,1950	28 195,0
Container 1b	09-12-01	(08:49)					
Container 2	09-12-01	(08:52)					
Av	09-12-01	08:42	152 h 13 min	0,2	2025,7288	28,1950	28 195,0
Total volym batch 8							2 848,0
Batch 9							
Start	09-12-03	13:48	(se ovan)		(se ovan)		
Container 1a	09-12-03	(13:42)					
Prov 1	09-12-04	09:00	171 h 25 min	0,22	2029,3376	31,8038	31 803,8
Container 1b	09-12-04	(15:20)					
Container 2	09-12-04	(15:26)					
Av	09-12-04	15:23	177 h 48 min	0,22	2030,2975	32,7637	32 763,7
Total volym batch 9							4 568,7
Batch 10							
Start	09-12-07	14:14	(se ovan)		(se ovan)		
Container 1a	09-12-07	(14:11)					
Prov 1	09-12-08	12:59	200 h 33 min	0,3	2034,5364	37,0026	37 002,6
Av	09-12-08	16:35	204 h 9 min		2035,0347	37, 5009	37 500,9

På	09-12-09	09:23	(se ovan)		(se ovan)		
Container 1b	09-12-09						
Container 2	09-12-09						
Av	09-12-09	14:49	209 h 35 min	0,35	2035,8549	38,3211	38 321,1
Total volym batch 10							5 557,4

Bilaga H. Karta över brandövningsplatsen

