

Handläggare  
Davidsson Per (KLLK)  
Tiberg Ebba (MF)

Datum  
2015-08-21

Diarienummer  
KSN-2015-1630

Kommunstyrelsen

## Remiss angående slutrapport om perfluorerade substanser (PFAS), Uppsala flygplats, Ärna 5:16, Uppsala kommun

### Förslag till beslut

Kommunstyrelsen föreslås besluta

**att** överlämna yttrande till Generalläkaren enligt **bilaga 1**

### Ärendet

Generalläkaren har den 7 maj 2015 remitterat Försvarmaktens slutrapport om perfluorerade substanser vid Uppsala flygplats. **Bilaga 2**

Bakgrunden är att perfluorerade substanser upptäcktes i Uppsala kommuns dricksvattentäkt sommaren 2012. Dessa substanser är extremt svårnedbrytbara och sprids globalt och ackumuleras i organismer och människor. Brunnarna i Stadsträdgården där föroreningarna fanns togs då ur bruk.

Uppsala Vatten och Avfall AB installerade 2015 en reningsanläggning där aktivt kol används vid vattenverket i Bäcklösa för att kunna använda råvattnet från grundvattenbrunnarna i Stadsträdgården igen. PFAS-halten i råvattentäkten ligger omkring 200 ng/l och därunder sedan 2012. Enligt Livsmedelsverket ska åtgärder snarast vidtas vid halter över 90 ng/l så att halten PFAS sänks till så låga halter som är praktiskt möjligt.

Rapporten redovisar höga halter av PFAS i jord, grundvatten, spillvatten och dagvatten på Uppsala flygplats (Ärna). Även Fyrisån har något högre halter efter passage av Ärnas område. Undersökningarna indikerar en spridningsförbindelse för PFAS från Uppsala flygplats till grundvattenmagasinet i Uppsalaåsen via grundvattenflöde i Jumkilsåsen. Infiltration till grundvattnet kan även ske från läckande spill- och dagvattenledningar.

I rapporten gör bedömningen att maximalt 10 procent av PFAS-halterna i centrala dricksvattentäkten i Uppsalaåsen kan komma från grundvattnet inom Ärna, 15 procent kan komma från PFAS-förorenat spill- och dagvatten inom Ärna och en eventuell transport via berggrunden skulle kunna bidra med 1 procent av de uppmätta halterna vid Fyrishov i Uppsalaåsen. Stora mängder PFAS ligger kvar i det djupa grundvattnet på Ärnas område och kommer att läcka ut till Uppsalaåsen under mycket lång tid. Försvarsmakten bedömer att det måste finnas andra, ofullständigt utredda källor som bidragit till föroreningshalterna i dricksvattentäkten.

Remissen har även gått till Uppsala Vatten och Avfall AB som avgivit remissvar enligt **bilaga 3**. Bolaget anser att rapporten har stora brister och kommenterar dessa.

#### *Föredragning*

När frågan aktualiserades 2012 fick kommunstyrelsen en information av cheferna för miljökontoret och Uppsala Vatten och Avfall AB. Miljö- och hälsoskyddsnämnden i Uppsala kommun yttrade sig över tidigare utredningar av föroreningssituationen vid Uppsala Flygplats den 14 april 2014. **Bilaga 4**

Förslaget till yttrande har i huvudsak utarbetats av miljöförvaltningen.

Bedömningen är att rapporten har påtagliga brister. Den redovisar mätningar som inte är genomförda på ett tillförlitligt sätt och beräkningar som inte grundas på relevanta data. Dess slutsatser bygger därför inte på ett tillförlitligt underlag.

Det är mycket troligt att den största delen av PFAS i Uppsalaåsen härstammar från Försvarsmaktens verksamheter på Ärna. Spridningen av PFAS utgör en uppenbar risk för skada eller olägenhet för kommuninnevånare och miljön. Åtgärder för att minska spridningen av PFAS från området bör snarast undersökas och verkställas,

#### *Ekonomiska konsekvenser*

Uppsala Vatten och Avfall AB har vidtagit åtgärder för att klara vattenförsörjningen. Merkostnaderna kan uppskattas till cirka 10 mnkr årligen.

Kommunledningskontoret

Joachim Danielsson  
Stadsdirektör

Christoffer Nilsson  
Chef för kommunledningskontoret

Handläggare  
Tiberg Ebba

Datum  
2015-08-21

Diarienummer  
KSN-2015-1630

Generalläkaren  
Att: Malin Höök  
107 85 STOCKHOLM  
e-post: [exp-gl@mil.se](mailto:exp-gl@mil.se)

## Remiss angående slutrapport om PFAS, Uppsala flygplats, Ärna 5:16, Uppsala kommun

Remiss dnr GL2012-716-52

Uppsala kommun har erhållit remiss om Försvarsmaktens rapport rörande perfluorerade substanser vid Uppsala flygplats (fortsättningsvis benämnt Ärna). Kommunstyrelsen anför följande.

Uppsalaåsen försörjer idag ca 150 000 hushåll med dricksvatten. Uppsala kommun har beredskap för 75 000 - 135 000 fler invånare till 2050, vilket ställer stora krav på dricksvattenkapaciteten. Kommunen har ingen reservvattentäkt, varför det är av största vikt att grundvattnet skyddas så att det kan ge en säker och hållbar försörjning med rent dricksvatten.

Föroreningarna från Ärna sprids inte bara till grundvattentäkten i Uppsalaåsen utan också till Fyrisån och vidare till Mälaren. Mälarens vatten utgör ytvattentäkt för andra kommuner som inte har någon alternativ dricksvattenförsörjning. Det är också fiskeområde för yrkesfiskare och fritidsfiskare. Ett tydligt samband mellan PFAS-halter i vattendrag och i fisk har visats. Fyrisån tillför årligen 4,6 kg  $\sum_{12}$ <sup>1</sup> PFAS till Mälaren (jämför t.ex. med tillskottet från Arlandas brandövningsfält, som är 2,4 kg  $\sum_{12}$  PFAS årligen)<sup>2</sup>.

Spridningen från kända källor av perfluorerade ämnen till grund- och ytvatten måste därför minska avsevärt för att inte riskera negativa miljö- och hälsoeffekter och ekonomiska

---

<sup>1</sup> Summan av 12 st perfluorerade ämnen

<sup>2</sup> Risk and Effects of the dispersion of PFAS on Aquatic Terrestrial and Human populations in the vicinity of International Airports. Final report of the RE-PATH project 2009-2014, IVL B2232, January 2015

konsekvenser för samhället. Det gäller även för att uppnå de nationella miljömålen giftfri miljö, grundvatten av god kvalitet samt levande sjöar och vattendrag.

Miljö- och hälsoskyddsnämnden i Uppsala kommun yttrade sig över tidigare utredningar av föroreningsituationen vid Ärna den 14 april 2014. Uppsala kommunstyrelse anser att de krav som ställdes på omedelbar behandling av de mest PFAS-förorenade vattnen inom Försvarsmaktens område, som sprids vidare till Uppsala kommuns område, fortfarande är aktuellt.

## Bakgrund

Halterna i det undre grundvattnet på Ärna ligger på tusentals till tiotusentals nanogram per liter (Ärna GV 1:A 21300 ng/l, GV 1:B 11870 ng/l och GV4: 1060 ng/l<sup>3</sup>). I spillvattensystemen på Ärna har så höga halter som 95 000 ng/l uppmätts och i dagvattensystemet upp till 4200 ng/l. Höga halter PFAS har även påträffats i ett berggrum (ca 130 000 ng/l). PFAS sprids via spillvattensystemet till det kommunala reningsverket, Kungsängsverket, där PFAS passerar igenom utan att renas, och släpps ut i Fyrisån.

Rötslammet från Kungsängsverket som idag är certifierat för att läggas ut på åkrarna kan kontamineras så att det inte längre kan spridas. Via dagvattensystemet når PFAS också Fyrisån, vilket utgör en risk för de kommunala vattentäkter som ligger längre nedströms i Mälaren. Dessa kommuner har inga alternativa dricksvattenkällor. Spridningen av PFAS utgör även en hälsorisk för människor och djur som äter fisk från vattensystemen.

Via grundvattnet når PFAS den kommunala vattentäkten i Uppsalaåsen. Infiltration till grundvattnet kan även enligt rapporten ske från läckande spill- och dagvattenledningar på Ärna, vilket också utgör en sekundär föroreningskälla.

## Mätdata och beräkningar

### *Grundvatten*

Enligt rapporten indikerar den genomförda undersökningen en spridningsförbindelse för PFAS mellan det djupa grundvattnet i moränen vid Uppsala flygplats och Uppsalaåsen. Dock anger rapporten att de uppmätta grundvattennivåer lika gärna kan tolkas som att det råder ett grundvattenflöde från Uppsalåsen mot Uppsala flygplats, dvs åt motsatta hållet. Mätningar av grundvattengradienter har endast gjorts vid tre tillfällen under sommaren 2014. För att få en rättvisande bild av hur grundvattennivåer varierar och strömmar under året måste grundvattengradienter bestämmas genom åtminstone ett års mätningar för att innefatta olika årstider och nederbördssituationer. Detta har Uppsala Vatten och Avfall AB (UVAB) utvecklat i sitt yttrande den 25 maj 2015.

I spridningsberäkningen används de högsta föroreningshalterna som påträffats i grundvatten idag. När brandövningarna avslutades för 20 år sedan var halterna troligen högre. Var de maximala föroreningshalterna finns på sin väg söderut med grundvattenströmmen idag vet vi

---

<sup>3</sup> De halter som anges är summan av 7 olika PFAS ( $\sum\text{PFAS}_7$ ) enligt Livsmedelsverket

inte. Dessutom förekommer högre halter i berget än de som använts vid beräkningarna för spridning i jord. Om föroreningarna har spritts till åsen via berg måste högre utgångshalter användas.

I rapporten nämns att inga stora sprickzoner i berg är kända och slutsatserna utgår från att det inte finns sprickzoner. Berget i Uppsala är ofta uppsprucket i den översta delen. Det faktum att inga sprickor är kända innebär inte att slutsatser kan dras om huruvida det förekommer sprickzoner eller inte. Därmed skulle spridning från bergrummet med höga föroreningshalter kunna ske i bergets spricksystem. Det finns en gård väster om Ärna, Klastorp, som ligger uppströms Ärna i grundvattnets strömningsriktning. Här finns en dricksvattenbrunn där en halt på 54 ng/l<sup>4</sup> uppmätts. Brunnen är enligt uppgift bergborrad. Föroreningen kan ha spritts via spricksystem i berget.

Det går inte att, som rapporten gör, räkna med en fullständig inblandning av förorening till en enhetlig halt i hela Uppsalaåsen som består av ca 100 miljoner m<sup>3</sup> vatten (den del som utnyttjas till dricksvattenproduktion). En beräkning av hur mycket PFAS som använts inom Försvarens område och som därmed spritts i miljön och finns i marken nedströms brandövningsområdet presenteras i materialet. Det är viktigt att ställa upp en massbalans med uppskattningar av mängden förorening i olika miljöer så att man vet var man effektivast sätter in åtgärder och kan följa upp hur mycket som avlägsnas. Den massbalans som redovisas i rapporten och som är beräknad på halter i grundvattnet i åsen är missvisande. Det beror på att man använt dagens halter och antagit en fullständig inblandning, vilket även påpekas i UVAB:s yttrande.

Kommunstyrelsen delar inte Försvarens bedömning att 25 procent av den PFAS-mängd som finns i Uppsalaåsens dricksvattentäkt kan härstamma från deras verksamhet på Ärna. Det bedöms vara en betydligt större andel.

Kommunstyrelsen instämmer i de övriga tekniska detaljerna som UVAB tar upp i sitt yttrande.

#### *Ytvatten*

Vad gäller ytvatten är proverna tagna uppströms den punkt där det kommunala dagvattensystemet med påslag från Ärna mynnar i Fyrisån. Det gör att föroreningar kan missas vid provtagningen. Prover är tagna nedströms dagvattenutsläppen direkt från Ärnafastigheten, men enligt rapporten infiltrerar en del av dagvattnet i diken och mark på vägen till Fyrisån. PFAS kan därmed spridas både till grundvattnet och till Fyrisån. Det är också svårt att ta relevanta prover i strömmande vatten eftersom halterna beror på vattenföringen. För att få en bild av haltvariationen behöver prover tas över hela året, vilket inte har skett. Eftersom Försvarens undersökningar pågått sedan 2012 har det funnits tid att göra fler provtagningar.

Miljö kvalitetsnormen för den vanligast förekommande PFA-substansen, PFOS, i insjövattnet är 0,65 ng/l som medelvärde (men 36 ug/l som maxhalt). I rapporten redovisas uppmätta

---

<sup>4</sup>  $\sum$ PFAS<sub>7</sub>, summan av 7 st perfluorerade ämnen enligt Livsmedelsverket

halter på 15 och 18 ng/l i Fyrisån. Rapporten kommenterar att miljö kvalitetsnormen är så låg att den inte kommer att vara möjligt att understiga i svenska vatten. Det bör framhållas att det är det gränsvärde som svenska myndigheter har att förhålla sig till för närvarande och därför måste kommunen agera utifrån det.

### *Massbalans*

Den massbalans som redovisas är beräknad utifrån antal övningstillfällen med PFAS-innehållande släckskum och ger en fingervisning om storleksordningen PFAS. Eftersom det inte är klarlagt hur många gånger per år eller hur många år övning skett med PFAS-innehållande skum resulterar beräkningen i ett stort spann (6-106 kg). Försvarsmakten uppger att de var tvungna att öva fyra gånger per år med skum för att behålla en viss certifiering. Brandövningar hölls dock mycket oftare på övningsplatserna; i rapporten uppges 40 övningar per år. Miljöförvaltningen har erfarenhet att brandövningar tidvis hållits två gånger per dag. Antal övningar med PFAS-innehållande skum kan därför ha varit mycket större än fyra gånger per år.

Det anges på sid 29 i rapporten att den södra brandövningsplatsen inte är närmare känd. Det gör att slutsatser inte kan dras om var de högsta halterna finns. Det är inte klarlagt om alla källor till PFAS inom området har identifierats, exempelvis framgår inte om brandövningar skett vid helikopterplattan eller var tankbilarna tömts.

### **Åtgärder**

Rapporten saknar förslag på åtgärder för att hindra pågående spridning av PFAS.

Kommunstyrelsen ser det som mycket angeläget att Försvarsmakten snarast möjligt åtgärdar vattnen med de högsta föroreningshalterna. Det är mycket effektivare att rena vatten med föroreningar i mer koncentrerad form vid källan på Uppsala flygplats än i utspädd form när det har spridits diffust till olika recipienter (grundvattnet, dag- och spillvattensystem, ytvatten). Halterna är där låga och svåra och kostsamma att rena. Dessutom anger rapporten att stora mängder PFAS ligger kvar i det djupa grundvattnet på Ärnas område och kommer att läcka ut till Jumkils- och Uppsalaåsarne under mycket lång tid. En rening behövs så att föroreningsspridningen ned mot Stadsträdgården minskar och därmed tiden som det kommunala råvattnet måste renas. I USA finns en längre erfarenhet av behandling av PFAS vid brandövningsplatser än vad vi har i Sverige, varför teknik skulle kunna hämtas därifrån.

### **Övriga utsläppskällor**

Rapporten anger att merparten av möjliga utsläppskällor för PFAS som redovisas i Uppsala kommuns källspåringsrapport är ofullständigt och bristfälligt utredda. Den senaste uppdateringen av miljöförvaltningens källspårning **biläggs** här för mer detaljerad information.

De flesta av de i spårdokumentet beskrivna platserna faller bort som tänkbara källor mot bakgrund av att hydrogeologin och geologin gör att substanserna inte kan spridas till Stadsträdgården och/eller att möjligheten till exponering för PFAS för den yttre miljön inte finns.

Kommunstyrelsens slutsats är att ett så stort tillskott av PFAS till Uppsalaåsen som det rör sig om endast kan ha förorsakats av verksamhet på en brandövningsplats eller släckning av en stor brand. Vid dessa aktiviteter sprutas PFAS avsiktligt ut i miljön och kan spridas fritt. I Uppsala kommuns fall gäller det i dagsläget brandövningsverksamheter på Ärna, Viktoria och i viss mån den tidigare brandstationen vid Skolgatan, samt större bränder.

Brandförsvaret har med början 2013 undersökt PFAS-halterna vid Viktorias övningsfält. De ligger något lägre än på Ärna i det undre grundvattnet (högsta halter 2 000-2 500 ng/l<sup>5</sup>). Brandförsvaret gör för närvarande en riskbedömning med avseende på förekomsten av föroreningar på Viktorias övningsfält, även av användningen av släckmedel på den tidigare brandstationen på Skolgatan. Undersökningar av området vid den historiska torvladan på Vattenfalls område i Boländerna har påbörjats 2015. Ett grundvattenprov från planen där torvladan låg innehöll endast spår av PFOA (2 ng/l).

Kommunstyrelsen anser att huvuddelen av PFAS-föroreningen i dricksvattentäkten härstammar från Ärna och instämmer i miljö- och hälsoskydds nämndens yttrande den 14 april 2014. Bedömningen baseras på:

1. Perfluorerade ämnen följer grundvattnets strömningsriktning
2. Marken är genomsläpplig och ämnena kan därför transporteras i marken.
3. Perfluorerade ämnen har använts i stor mängd och spridits direkt till marken
4. Den kemiska sammansättningen av föroreningen stämmer med innehållet av perfluorerade ämnen i brandskum.

### **Kommunstyrelsens slutsatser**

Kommunstyrelsen anser att Försvarsmaktens rapport har påtagliga brister. Rapporten redovisar mätningar som inte är genomförda på ett tillförlitligt sätt och beräkningar som inte grundas på relevanta data. Dess slutsatser bygger därför inte på ett tillförlitligt underlag

Kommunstyrelsens bedömning är att det är mycket troligt att den största delen av PFAS i Uppsalaåsen härstammar från Försvarsmaktens verksamheter på Ärna. Spridningen av PFAS utgör en uppenbar risk för skada eller olägenhet för kommuninnevånare och miljön. Åtgärder för att minska spridningen av PFAS från området bör snarast undersökas och verkställas, vilket kan göras med stöd av miljöbalkens kap 2 (försiktighetsprincipen), kap 10 (miljöskador) och kap 26 (tillsyn).

Kommunstyrelsen bedömer att Försvarsmaktens agerande strider mot bl.a. hänsynsreglerna i miljöbalkens andra kapitel om inte omedelbara åtgärder sätts in för att stoppa spridningen av föroreningen till Uppsala kommuns mark, vatten och anläggningar.

---

<sup>5</sup>  $\sum$ PFAS<sub>7</sub> enligt Livsmedelsverket

Marlene Burwick  
Ordförande

Astrid Anker  
Sekreterare

### **Kopia**

Länsstyrelsen i Uppsala län  
Uppsala Vatten och Avfall AB  
Miljö- och hälsoskyddsnämnden

### **Bilaga**

Miljöförvaltningen 2015-08-12. Spårning av verksamheter som hanterat perfluorerade  
alkylsyror (PFAS)



Handläggare  
Ebba Tiberg  
018- 727 43 35  
ebba.tiberg@uppsala.se

Datum  
2015-08-26

Diarienummer  
2012-004626- MI

*Uppdaterat dokument från 2013*

## **Spårning av verksamheter som hanterar perfluorerade alkylsyror (PFAS)**

### **1. Inledning**

Perfluorerade ämnen har fått en mycket spridd användning i kemiska produkter och material för att skapa släta, vatten-, fett-, och smutsavvisande ytor. De används/användes t.ex. vid impregnering av papper, främst för livsmedelsförpackningar, vid impregnering av textilier och skor, i brandsläckningsskum, rengöringsmedel, hydraulolja, färg och lack, smörjmedel, växtskyddsmedel och som hjälpkemikalier i ytbeläggningsprocesser.

### **2. Syfte**

Miljöförvaltningen har sökt efter verksamheter som kan ha hanterat PFAA och som ligger på eller i närområdet runt Uppsalaåsen inom Uppsala stad. Dit hör framförallt brandövningsplatser och större bränder i centrala Uppsala men även kemisk tillverkning och verkstäder där man kan ha hanterat ämnena. Miljökontoret har kontaktat Kemikalieinspektionen som haft projekt angående perfluorerade ämnen 2006 och 2009. Man försökte söka verksamheter som använder stora mängder perfluorerade substanser i Kemikalieinspektionens produktregister men problemen var att många av de perfluorerade ämnena inte har något CAS-nummer så man har inget att söka på och dessutom är det endast om man hanterar över 100 kg av en substans som man måste anmäla det till produktregistret. Miljökontoret har därför inte gjort någon sökning för att få fram användare i Uppsala. Miljökontoret har däremot sökt i Länsstyrelsens EBH-databas (tidigare Mifo-databas), för fastigheter där det finns en risk för markföroreningar på ett antal perfluorerade substanser utan att få fram något. Följande objekt där perfluorerade ämnen *kan* ha använts i betydande omfattning har identifierats genom miljökontorets diarium och med hjälp av kollegor. Miljöförvaltningen har frågat olika verksamhetsutövare om deras eventuella användning. Tillsynsbesök har gjorts hos det kommunala brandförsvaret och landstinget/Akademiska sjukhuset. Informationen från dessa kontakter är inkluderade i inventeringen. Verksamheterna är indelade i brandövning/bränder och industriverksamheter och ordnade geografiskt från norr till söder.

### 3. Brandverksamheter

#### 3.1 Bärby brandstation (Norr om Uppsala väster om åsen, öster om Ärna flygpats)

Enligt korrespondens med Torbjörn Mattsson, chef på Räddningsavdelningen på Uppsala brandförsvaret började brandstationen sin verksamhet 2003. PFOS slutade tillverkas 2002. Man har inte haft brandsläckningsövningar med brandskum. ”Inget skum har hanterats på annat sätt än påfyllning av detergent och alkoholresistent skum i räddningsfordon. Denna påfyllning har skett inomhus i vagnhall där eventuellt spill tas om hand i avskiljare och transporteras vidare i avloppssystemet.” Miljöförvaltningen bedömer eventuella spill från hantering inomhus inte kan ge upphov till den halt som uppmätts i grundvattnet i åsen.

#### 3.2 Brandövningsplats vid Ärna – Försvarmakten

Miljöförvaltningen går här inte vidare in på brandövningsplatsen vid Ärna. Försvarmakten har låtit genomföra miljötekniska undersökningar och en riskbedömning. Generalläkaren är tillsynsmyndighet. Miljöförvaltningen kompletterar med information om att även den kommunala räddningstjänsten har övat på Ärna enligt information som förvaltningen fick vid tillsynsmöte med räddningstjänsten feb 2015. Som angetts nedan var det dyrt att öva med skum och gjordes i historisk tid endast i undantagsfall. Man har inte heller kunnat öva med öppna bränder på brandstationerna. Detta gjordes istället på Ärna där det var möjligt.

#### 3.3 Brandövningsplats Gamla brandstationen Kungsgatan/Skolgatan (centrala Uppsala väster om Fyrisån och åsen)

Vid tillsynsbesök hos brandförsvaret informerade Mats Pettersson, tidigare brandman, nu på räddningsavdelningen, om brandövningarna på Gamla brandstationen. Brandstationen uppfördes 1965 och verksamhet pågick till 1989 då Viktoria öppnade. Övningsverksamheten slutade förmodligen tidigare eftersom Kap användes omkring 1985-1989. Brandövningar skedde på bakgården mot Eddagatan och inomhus. Lättskum användes (=vatten+luft+lite skummedel). Eftersom skummet var dyrt kunde man inte använda så mycket vid övning. AFFF användes inte alls vid övning utan man hade djurproteiner som skummade. Övningarna utomhus skedde på sommarhalvåret, maximalt 5-6 övningar per år. Mats bedömer att 3-4 l skumvätska gick åt vid varje övning. Vid övningar inomhus spolades skummet ned i en brunn i källaren. Där tvättades och provtrycktes även brandslangar. Under brandstationen gick Svartbäcken som mynnade i Fyrisån. Mats vet inte om släckvattnet från övningarna gick ut i dag- eller spillvattensystemet.

Området är ombyggt till bostadsområde. I princip har all tidigare fyllnadsjord och förorenade massor transporterats bort. Området underlagras av mäktiga lerlager. Enligt Ingenjörsgelogisk karta över Uppsala (Sven-Erik Lundin, Bjerking Ingenjörbyrå AB och Kvartärgeologiska avdelningen Uppsala Universitet 1988) är det 30 m lera vid platsen för Gamla brandstationen. Det skyddar från infiltration av kemikalier till åsen även om man skulle ha schaktat ur några meter vid byggnation. Brandförsvaret ska göra en överslagsberäkning över hur mycket skum man har använt på platsen och bedöma hur mycket som kan ha gått ut i mark respektive till Fyrisån. Miljöförvaltningen kommer enligt plan att få rapporten vecka 35 2015.

### 3.4 Akademiska sjukhuset (centrala Uppsala, beläget på Uppsalaåsen)

*Akademiska sjukhusets brandövningsplats* – Enligt miljöchef Therese Olsen Ström har man inte haft brandövningar inom sjukhusets område. Före 1990 anordnades släckningsövningar vid Kap och under 1990-talet och fram till 2002 hade man släckningsövningar på Viktoria brandstation. Från 2002 har släckutbildning skett med koldioxid. Skum kan ha förekommit vid något enstaka tillfälle för att visa hur en skumsläckare fungerar. Det gjordes då i en plåtbälja med vatten där restprodukten samlades upp och togs omhand. Brandskum köptes in från det kommunala brandförsvaret.

Inga större bränder har skett enligt den personal miljöförvaltningen träffade på tillsynsbesök februari 2015 (miljöchef Therese Olsen Ström, säkerhetsstrateg Inga-Britt Andersson, flygplatschef Gunnar Edgren (sedan 1990 på Landstinget), driftsansvarig Nils Cnattingius, VVS-ingenjör Peter Jansson och John Johansson som tidigare arbetat med yttre miljöfrågor).

*Akademiska sjukhusets helikopterlandningsplats* (information från de personer som nämns ovan)

Den första landningsplatsen inrättades 1978 på den plats där landningsplatsen fortfarande finns, på taket av byggnaden med ingång 85. Under perioden 1978-1995 bestod landningsplatsens släckutrustning enbart av pulver. Landningsplatsen byggdes om 1995 och en fast monterad skumsläckningsanläggning installerades. En gång per år testkörs anläggningen skarpt med skum där maximalt 40 liter koncentrerad skumvätska sprutas ut på plattan (1-5% PFAS). Plattan sköljs med vatten som rinner ner i rännan för dagvattenssystemet. Det mynnar i Fyrisån. En separat deponitank som ska samla upp eventuellt släckskum och flygbränsle vid haveri installerades 2012. Släckskum: 1995-2005 användes Light Water FC 203A (3M) och 2005-2014 AFFF 3%. Miljöförvaltningen har erhållit säkerhetsdatablad för Light Water FC 203A. En överslagsräkning över hur mycket skum som kan ha kommit ut i miljön, dvs till Fyrisån och till marken via dagvattenssystemet, under de 10 år som helikopterplattan varit i bruk och man har använt brandskum för övningar. Den totala användningen blir 60 ml PFAS/år om man antar 40 l x 5% aktiv substans x 3% medelhalt PFAS. Landstinget räknar med ett maximalt läckage av 10% till marken via sprickor i dagvattenledningen från Akademiska Sjukhuset till Fyrisån vilket medför att 60 ml skum gått ut i ledningsgraven i ett värsta fall och kan ha spridits till grundvattnet under 10 år. Det bedöms inte vara tillräckligt stora mängder för att ha orsakat föroreningen i Stadsträdgårdens dricksvattenbrunnar.

### 3.4 Kap (söder om Stadsträdgården, väster om ån i anslutning till Uppsalaåsen)

Kap användes som brandövningsplats ungefär från 1985 till 1989, då Viktoria togs i bruk. Mats Pettersson från brandförsvaret informerade om verksamheterna vid ett tillsynsbesök på brandförsvaret i februari 2015. Enligt Mats användes inget brandskum på Kap. Man kan ha övat med brandsläckare eftersom man övade med Landstingets personal från Akademiska sjukhuset och Ulleråker och med egna sommarvikarier. Man hade rökalkstrare i små hus. Övningarna gjordes ett par gånger per år. Man hade förråd med container i ett hus som sedan övertogs av motorcykelklubben Gjutjärnet.

Uppsala kommun som äger fastigheten, lät 2013 göra en översiktlig miljöteknisk markundersökning på området vilken redovisas i Tyréns 2014-04-22: Miljöteknisk markundersökning. MIFO Fas 2. F.d. Brandövningsplats vid Kap, Uppsala. Historiken i rapporten stämmer med ovanstående information. Enligt rapporten eldade brandförsvaret fibrösa material men även bl.a. möbler och nitratfilm. Släckning av övningsbränderna har skett med vatten och handbrandsläckare. Innan Räddningstjänsten använde platsen som övningsområde hade försvaret fordonsverkstad på området. Efter att Räddningstjänsten avvecklat sin verksamhet på platsen har en MC-klubb hyrt lokalerna och främst mekat med motorcyklar.

Vid undersökningen påträffades 50 ng/l PFOS och 12 ng/l PFOA, i det övre markvattnet ovan lerlinsen vilket visar att perfluorerade ämnen har hanterats på fastigheten. Fastigheten ligger grundvatten nedströms Stadsträdgården och bedöms därmed inte kunna vara en källa till föroreningarna i dricksvattenbrunnarna där.

### **3.5 Viktoria brandövningsområde (Boländerna, sydöst om Uppsala)**

Brandövningsfältet på Viktoria ligger i sydöstra delen av fastigheten. Miljöförvaltningen fick information om brandövningarna vid ett platsbesök i november 2013 då Patrik Kullman (fastighetschef) och Ulf Ambjörner, ansvarig för övningsfältet, deltog. Övningsfältet togs i bruk 1989 och var från början inte hårdgjort. Man har använt brandskum av typen AFFF vid brandövningar 2 gånger per år. Man tände eld i plåtar/plåtkar som sedan släcktes. Plåtarna togs bort till en betongplatta söder om övningsfältet där brandskummet spolades av och hamnade i dagvattnet. På betongplattan och i övningshuset som ligger väster om betongplattan har man också tränat släckning. Släckvattnet från övningshuset går till en trekammarbrunn och sedan till dagvattendammen. Vattnet från dammen går genom en oljeavskiljare innan det försätter via kommunens dagvattensystem till Sävjaån.

Brandförsvaret har genomfört två miljötekniska undersökningar:

Bjerking 2014-04-03. PM Vattenprovtagning perfluorerade ämnen, Danmark-Säby 6:5, Viktoria övningsfält (undersökning av övre grundvatten)

Sofia Bergström sept 2014. Transport of per- and polyfluoroalkyl substances in soil and groundwater in Uppsala, Sweden, examensarbete vid Mark och Vatten-avdelningen SLU (undersökning av undre grundvatten, ytvatten i dagvattendammen, Sävjaån och Fyrisån, jord- och sedimentprover; innefattar fler områden än Viktoria).

Undersökningarna visar att det finns höga halter PFAS-ämnena i det övre och undre grundvattnet på området och i grundvattnets strömningsriktning sydväst om Viktoriaområdet ( $\Sigma$  15 PFAS max 21 930 ng/l i övre markvattnet; högsta halt PFOS 15 000 ng/l;  $\Sigma$  26 PFAS max 8015 ng/l i det undre grundvattnet sydväst om Viktoriaområdet; högsta PFOS-halt 1679 ng/l, högsta 6:2 FTSA-halt 5351 ng/l). PFAS påträffades också i jordprover ( $\Sigma$  26 PFAS ca 400 ng/g), i dagvattendammen ( $\Sigma$  26 PFAS ca 400 ng/g) och i ytvatten (dagvattendammen 3026 ng/l, Sävjaån 15 ng/l, Fyrisån 13 ng/l). I examensarbetet analyseras 26 olika PFAS-ämnena för att få ett "fingeravtryck" från jord- och vattenprover från tre olika brandövningsplatser, Ärna, Kap och Viktoria. De vanligast förekommande fluorerade substanserna i grundvattnet vid Viktoria var 6:3 FTSA, PFOS och perfluorhexanoat (PFHxA).

Brandövningsplatsen Viktoria ligger inte inom vattenskyddsområde och inte heller inom Sävjaån-Samnans grundvattenförekomst. Miljöförvaltningen antar att grundvattnets strömningsriktning från Viktoria är sydvästlig, vilket styrks av att höga halter PFAS-ämnen påträffats i ett grundvattenrör sydväst om fastigheten. PFAS-ämnena skulle i så fall kunna komma i kontakt med Uppsalaåsens södra delar inom Uppsala kommun, ned mot Ulleråker och Sunnersta. Miljöförvaltningen gör bedömningen att dessa föroreningar p.g.a. de hydrogeologiska förhållandena inte kan spridas till brunnarna i Stadsträdgården.

Brandförsvaret ska sammanställa de utförda undersökningarna, sätta upp en konceptuell modell och göra en riskbedömning för grundvattnet i den undre akvifären. Enligt plan kommer miljöförvaltningen att få rapporten under vecka 35 2015.

### 3.6 Större bränder

Användningen av PFOS-innehållande brandskum har dokumenterats för perioden 1985-2003 (Kemi och Livsmedelsverket PM 5/13 Brandskum som möjlig förorenare av dricksvattentäkter). Större bränder har under denna period ägt rum vid Flustret (1984), Centralbadet (1990), Torvladan (1990), Saluhallen (2002), Lindvalls kaffe (2011) (Elden är lös! Reportage i UNT 10 maj 2015). Flustret, Centralbadet och Saluhallen ligger centralt längs Fyrisån och har enligt Brandförsvaret bekämpats med vatten. För Lindvalls kaffe har miljöförvaltningen för närvarande inga uppgifter.

**Torvladan** vid dåvarande Uppsala Energi:s värmeverk (idag Vattenfall) i Boländerna brann 1990. Branden började djupt nere i torvlagret 16 november 1990 och var mycket svår att släcka. Arbetet med bortforsling och släckning av torven pågick till feb/mars 1991. Släckning skedde både med vatten och s.k. tung- och lättskum. I torvladan fanns en lättskumsanläggning installerad som togs i bruk mot slutet av släckningsarbetet. Informationen kommer från Statens haverikommissions rapport O 1992:1 Brand 1990-11-16 Uppsala Energi AB:s torvlager i Uppsala, C-län ärende O-11/90. I rapporten anges att 40 ton skumvätska användes. Rapporten ger inte någon kommentar till miljöeffekterna av de fluorerade ämnena men skriver att släckvatten och brandgaser givit upphov till miljöskador. Släckvattnet gav ett rikligt tillskott av organiskt material till Fyrisån under relativt kort period. Brandgaserna medförde ett tillskott av främst PAH i området kring brandplatsen. Mats Sundelius vid räddningstjänsten var räddningsledare den första tiden för branden. Han informerade miljöförvaltningen den 28 maj 2015 att brandkåren släckte med vatten med inblandning av skumvätska som vätskeämne. Detta fungerade inte så bra så även sand användes som släckmedel. Ytan runt torvladan var hårdgjord. Huvuddelen av släckvattnet gick ut från området via dagvattensystemet. Efter påpekanden från Fyrisåns vattenvårdsförbund gjordes en återföring av släckvatten från dagvattensystemet och senare leddes det till spillvattensystemet eftersom man kunde rena det från vissa organiska komponenter (uppgift från Uppsala Vatten och Avfall AB) och hamnade således i Fyrisån den vägen. Vid denna tid fanns inget fokus på perfluorerade substanser så troligen finns inga analyser gjorda av de ämnena. Miljöförvaltningen har vid arkivstudier funnit uppgift om att brandskum med namn AFFF Sthamex SV 3, Expandol och Unifoam S användes. Vid förfrågan har tillverkaren av Expandol (Angus Fire Ltd) angivit att man inte använt PFOS eller PFOA som ingrediens i sina brandskum utan att man använt telomerprodukter.

Vattenfall, som idag äger fastigheten där torvladan brann, har på begäran av miljöförvaltningen tagit prov i ett grundvattenrör på den tidigare torvplanen. Grundvattenröret är installerat med foderrör, sandfilter och bentonittätning och intaget av vatten ligger på 17-18 m under markytan. I vattenprovet analyserades 2,5 ng PFOA/l medan PFOS-halten var under detektionsgränsen, d v s < 1 ng/l. Halterna är att betrakta som mycket låga och kan inte utgöra en huvudsaklig källa till PFOS-/PFOA-föroreningen i Uppsalaåsens grundvattenakvifer. I den första undersökningen var övriga grundvattenrör på Vattenfalls fastighet torra men en utökad undersökning kommer att göras. För övrigt bedömer miljöförvaltningen att området inte ligger hydrogeologiskt så till att grundvattnet sprids till brunnarna i Stadsträdgården utan det ansluter till åsen längre söderut.

#### **4. Industriverksamheter**

##### **4.1 S:t Eriks AB (Librobäck väster om Fyrisån, nordvästra Uppsala)**

St Eriks Betong ligger på Börjegatan 77 och tillverkar betongplattor. Enligt intervju med Mats Tunfalk vid S:t Eriks har ingen som arbetar i fabriken varit där längre än 6 år. Tidigare kemikalieanvändning har man ingen kunskap om. Nu har man en kemikalielista där endast kemikalier som godkänts av företagets miljöansvarige finns med. Inga andra kemikalier får användas. Generell kunskap om betong och kvalitetskrav på betong kan dock användas för att utesluta att man haft dessa kemikalier: Teflon skulle vara hämmande på processen i betongen, så det kan inte ingå i tillsatsämnen.

Skumdämpare har man inte behov av. Omvänt så finns det tillsatser som ger luftbubblor i betongen, men dessa används ej i denna fabrik. Man har silikonformar, men dessa torrborstas, dvs det blir inget sköljvatten. Enligt Mats kännedom har St. Eriks aldrig själv tillverkat plastade formar. Någon större brand på området känner Mats inte till. Brandsläckningsskum har de inte.

Miljöförvaltningen har tillsyn på St. Eriks verksamhet och har sett hur tillverkningen går till. Förvaltningen konstaterar att St Eriks tillverkar betongplattor för utomhusbruk och inte kakel eller klinkers, där man skulle kunna tänka sig att en behandling med perfluorsubstanser skulle kunna göras för att ge en vattenavvisande yta. I Kemikalieinspektionens rapport 6/2006 Perfluorerade ämnen – användningen i Sverige anges i ett inledande kapitel att dessa ämnen använts bl.a. i cement. I den följande beskrivningen av användningen i Sverige finns dock inga uppgifter om att perfluorerade ämnen skulle ha använts i cementindustrin i Sverige men att man borde undersöka förekomsten i klinkers.

Området ligger på mäktiga lerlager varför spridningsförutsättningarna är dåliga.

##### **4.2 Svefluor (Librobäck 13:2, öster om Fyrisån, nordvästra Uppsala)**

Svefluor är ett företag på Seminariegatan 25, granne med Galderma, som teflonbelägger olika artiklar genom att spruta dispergerad teflon på metalldelar. Teflon (polytetrafluoretylen, PFTE) och PFAS är två olika perfluorerade ämnesgrupper med olika tillverkningsvägar. Dock

används/ användes PFOA i processen då PTFE tillverkas varför det kan finnas kvar i liten mängd i produkterna. Kemikalierna hanteras inomhus. En miljöteknisk undersökning gjordes av en historisk lertäkt som sträcker sig in på fastigheten; Bjerking granskningsversion 2014-11-20. PM Miljöteknisk undersökning av deponi i tidigare lertäkt. Spår av PFOS (11 ng/l) kunde analyseras från ett markvattenprov (övre grundvatten), vilket indikerar att ämnet använts på platsen. Området ligger på mäktiga lerlager. Slutsatsen är att föroreningen är av ringa omfattning och att spridningsförutsättningarna är dåliga.

#### **4.3 GE Health Care (Boländerna (GE), sydöstra Uppsala)**

Företaget har brandsläckningsskum i sina sprinkleranläggningar. Två läckage är kända, 2005 och 2010 och finns dokumenterade i minnesanteckningar från tillsynsmöten för 2010 och 2011. GE bedömer att ca 35 m<sup>3</sup> skum släpptes till Fyrisån via dagvattensystemet 2005. Det skulle motsvara ca 1 m<sup>3</sup> koncentrerad skumvätska. Säkerhetsdatabladet från 2004 visar att skumprodukten hette Arctic Foam 603 EF ATC 3%. I november 2010 rann skum ut på asfalterad yta och ned i dagvattenbrunnar. GE:s bedömde att max 10 m<sup>3</sup> skum, motsvarande 0,3 m<sup>3</sup> koncentrerad skumvätska, nådde Fyrisån via dagvattenledningen. Den troliga mängden var runt 1 m<sup>3</sup>. 38,5 m<sup>3</sup> skum och en container på 1 ton skum transporterats till Högbytorp. Inga större mängder nådde GE:s eller Kungsängsverkets reningsverk. Produkten hette Light Water och innehöll följande toxiska ämnen: trietanolamin, 1,2-etandiol, 2-butoxietanol, PFOS, perfluorhexyl sulfonat, ETFOSEMA/DMAMEA amin oxid polymer (en fluorakrylate, som kan brytas ned till PFOS-K). Halten PFOS efter nedbrytning är 2%. GE lät en extern konsult göra en miljöriskbedömning av utsläppet till Fyrisån med hjälp av litteraturstudier, beräkningar för Fyrisån och simulering av koncentrationen PFOS över tid i Ekoln. Man kom fram till att PEC/PNEC-kvoten var mindre än 1 både för kort- och långsiktiga effekter vilket indikerar att det inte uppstått negativ hälso- eller miljöpåverkan.

Grundvattnet från GE:s området strömmar enligt deras grundvattenprovtagningsprogram mot sydväst.

#### **4.4 Habia Teknoflour AB (Boländerna, sydöstra Uppsala)**

Verksamheten låg under ca 10 års tid på Verkstadsgatan 8, något öster om ovanstående verksamhet. De använde stora mängder teflonråvara varför de nämns här. De tillverkar produkter i teflon av PTFE-pulver. Förbrukningen var ca 100 ton pulver per år. PTFE kallpressades och sintrades i varmluftsugn vid 360 grader. Ämnena användes inomhus i fast form och risken för att de skulle ha kommit ut i miljön och spritts till grundvatten är därmed mycket liten. Dessutom skulle PTFE skulle ge upphov till en annan sammansättning av PFAAs än det som påträffats i grundvattnet i Stadsträdgården.

### **5. Kommentarer**

Syftet med inventeringen har varit att försöka identifiera verksamheter som har spritt perfluorerade substanser så att de hamnat i den kommunala grundvattentäkten i Stadsträdgården. Givet de hydrologiska förutsättningarna där grundvattnet strömmar i princip

från norr till söder i Uppsalaåsen bör vi leta i norra delen av Uppsala mellan Ärna och Stadsträdgården.

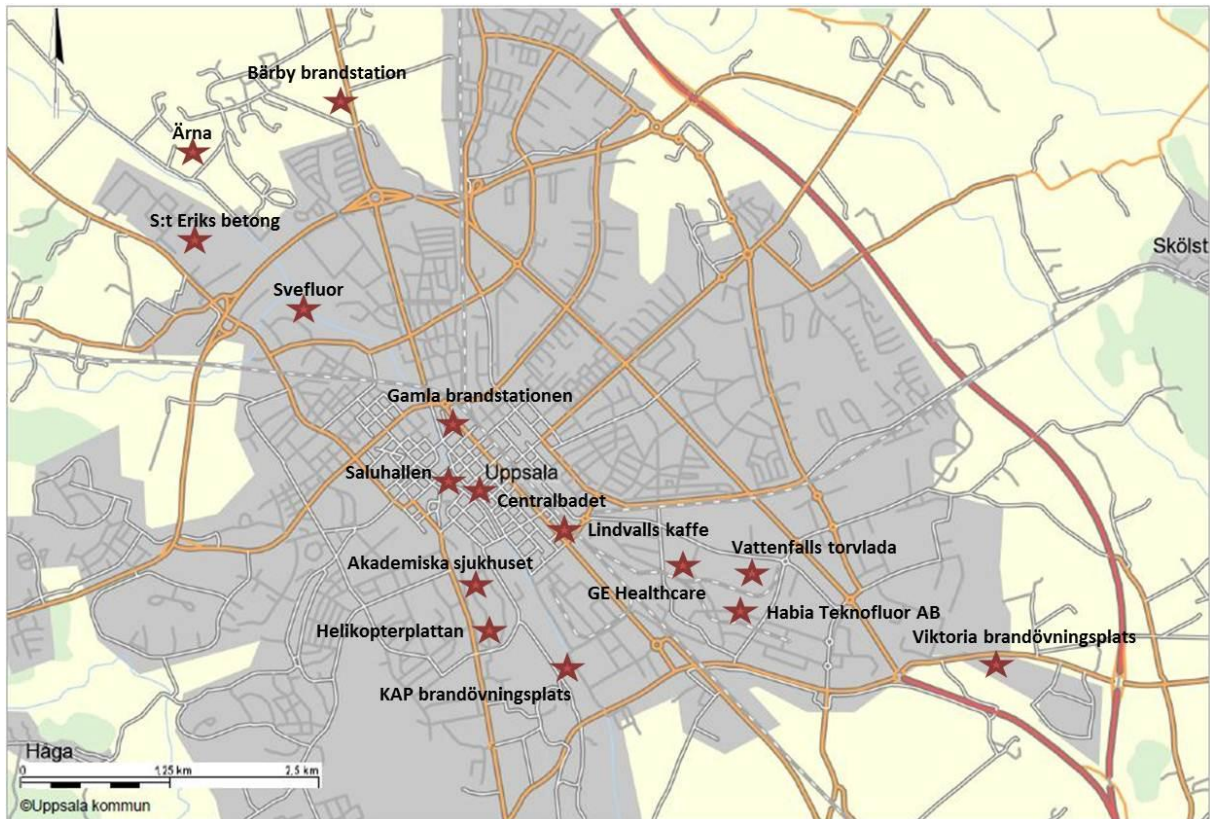
Inventering utger sig inte för att vara den kompletta listan över alla verksamheter som har använt eller använder perfluorerade substanser i Uppsala stad. Kemtvättar som tvättar kläder impregnerade med perfluorerade ämnen saknas till exempel. Ämnena sprids i allra största utsträckning med spillvattensystemet till Kungsängsverket och ut i Fyrisån och inte via marken till grundvatten varför de inte anses relevanta för spårning av v PFAA-substanserna i Uppsalaåsen. Verkstäder och mekanisk industri använder smörj- och hydrauloljor som kan innehålla perfluorerade substanser. Det rör sig dock om mycket små mängder i sprayburkar och de bedöms inte vara orsaken till förekomsten i grundvattentäkten. Det finns ingen större industriverksamhet i norra Uppsala som ligger i anslutning till Uppsalaåsen som kan förklara förekomsten av perfluorerade substanser i t.ex. Tunabergsparken. De verksamheter som ligger på västra sidan av Fyrisån i anslutning till Junkilsån finns redovisade i ovanstående redogörelse.

Vid nätverksmöten som förekommit i det pågående arbetet med PFAS-föreningar i grundvatten i Sverige samt vid träffar med konsulter som arbetar med frågan om spridning av PFAS-ämnen har miljöförvaltningen fått den entydiga bilden att så höga halter som påträffats i Uppsalaåsen endast kan ha förorsakats av brandövningar eller bränder där man avsiktligt i det första fallet under lång tid har använt släckskum av FFF-typ som spritts direkt till miljön, ofta en icke hårdgjord yta. Därmed kvarstår Ärna, Viktoria och torvbranden i Boländerna som verksamheter som har spritt stora mängder PFAS till omgivningen. Mot bakgrund av de hydrogeologiska förhållandena bedöms endast PFAS-utsläpp från Ärna kunna ge upphov till föreningar i Stadsträdgården. Uppsala Vatten och Avfall AB håller på att ta fram en grundvattenmodell över Uppsalaåsen och dess tillrinningsområde. När den är klar kommer man att kunna modellera föroreningsströmmar i åsen.

Miljöförvaltningen har tillsyn över de uppräknade verksamheterna och fortsätter att ställa krav på utredningar och följer upp de verksamheter som man bedömer vara relevanta ur PFAS-föroreningssynpunkt.



Lokalisering av de platser som beskrivs i dokumentet.




**REMISS**

 Datum  
 2015-05-25

 Beteckning  
 GL2012-716-52

Sida 1 (2)

Ert tjänsteställe, handläggare

Ert datum

Er beteckning

Vårt tjänsteställe, handläggare

Vårt föregående datum

Vår föregående beteckning

 Malin Höök, malin.hook@mil.se  
 telnr 08-562 816 82

**Remiss angående slutrapport om PFAS, Uppsala flygplats,  
Uppsala kommun**  
 (4 bilagor)

 Svar före  
 2015-09-18

**Denna remiss ersätter tidigare utskickad remiss avseende sändlista och datum för svar. Bilagor skickas endast ut till de som är nya på sändlistan.**

**Remiss**

Generalläkaren ger er möjlighet att yttra er avseende Försvarsmaktens slutrapport rörande PFAS vid Uppsala flygplats, i Uppsala kommun. Svar önskas före den 18 september 2015.

**Bakgrund**

Försvarsmakten har inkommit till Generalläkaren med en slutrapport-Riskbedömning perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) vid Uppsala flygplats daterad 2015-03-04. Rapporten utan försättsbrev skickades även ut digitalt för kännedom under vecka 18 till kommun och länsstyrelse. Har ni frågor i ärendet kontakta handläggaren Malin Höök.

Malin Höök  
 Miljö- och hälsoskyddsinspektör

(MHÖ)

 Postadress  
 Generalläkaren  
 107 85 Stockholm

 Besöksadress  
 Tegeluddsvägen 100

 Telefon  
 08-788 75 00

 Telefax  
 08-5628 16 86

 E-post, Internet  
 exp-gl@mil.se  
 www.forsvarsmakten.se/hkv

**Sändlista**

Länsstyrelsen i Uppsala län (ej bilagor då de är redan utskickade)

Uppsala kommun ( ej bilagor då de är redan utskickade)

Uppsala Vatten och avfall AB, [uppsalavatten@uppsalavatten.se](mailto:uppsalavatten@uppsalavatten.se) ( ej bilagor då de är redan utskickade)

Sveriges geologiska undersökning (SGU)

Sveriges geotekniska institut (SGI)

**För kännedom**

LEDR (avsett för MPE, ej bilagor)



Sändlista

**GENERALLÄKAREN**

Ink. 2015-05-05

Nr.

Utg.

Ert tjänsteställe, handläggare  
GL Tillsyn, Malin Höök

Ert datum

Er beteckning

Vårt tjänsteställe, handläggare  
MPE, Björn Norrbrand, 0171-157415,  
bjorn.norrbrand@mil.se

Vårt föregående datum

Vår föregående beteckning

**Perfluorerade alkylsubstanser Uppsala flygplats**  
(3 Bilagor)

**Bakgrund**

Försvarsmakten har sedan början av år 2013 låtit konsultföretagen NIRAS och Helldén Environmental Engineering AB genomföra ett omfattande provtagnings- och undersökningsarbete av föroreningsituationen rörande PFAS vid Uppsala flygplats. Den nu föreliggande undersökningen syftar till att presentera en samlad utvärdering och riskbedömning avseende spridningsbilden för PFAS via grundvatten och dagvatten kring Uppsala flygplats, för konsultrapport se bilaga 1.

Försvarsmakten har även låtit genomföra en beräkning av källstyrka och kvarvarande PFAS-mängder inom och i anslutning till det f.d. brandövningsområdet, för konsultrapport se bilaga 2.

**Resultat**

För att bedöma rimligheten i att föroreningsstillskottet från brandövningsverksamheten inne på flygplatsområdet skulle kunna svara för hela eller merparten av de föroreningshalter som konstaterats i några av de centrala brunnarna i Uppsalaåsen måste flödes- och utspädningsförhållandet mellan Jumkilsåsen och Uppsalaåsen klarläggas. Detta har i föreliggande utredning skett med hjälp av en vattenbalansberäkning. De genomförda beräkningarna visar att haltbidraget av PFAS via Jumkilsåsen grundvattenflöde maximalt kan svara för 1/10-del av de PFAS-halter som konstaterats i grundvattenrör/brunnar installerade centralt i Uppsalaåsen (i första hand NIRAS Fyrishov, men även UV GV:1, Kronåsen och Stadsträdgården). Resterande haltbidrag (>90 %) måste antingen tillföras via andra spridningsvägar relaterade till brandövningsverksamheten och hanteringen av PFAS- innehållande släckmedel vid Uppsala flygplats, och/eller ha sin orsak i helt andra verksamheter utan något samband med den tidigare

(BNO)

Postadress  
Ledningsregementet  
PI 920  
749 81 Enköping

Besöksadress  
Enköpings garnison

Telefon  
0171-15 70 00

Telefax  
0171-15 70 44

E-post, Internet  
exp-ledr@mil.se  
www.forsvarsmakten.se/ledr

militära brandövningsverksamheten. Inom ramen för utredningen har även möjlig PFAS-kontaminering av grundvattnet i Uppsalaåsen till följd av inläckage av PFAS-förorenat dag- eller spillvatten från Uppsala flygplats utvärderats. Slutsatsen är att inte ens en vid maximalt ogynnsamma omständigheter kan påverkan från PFAS-förorenat spill- och dagvatten från Uppsala flygplats förklara mer än motsvarande 15 % av de PFAS-halter som uppmäts i Uppsalaåsens grundvattenakvifer under 2013 och 2014.

Den slutsats som dras i rapporten är att det mot bakgrund av ovanstående föreligger minst en och sannolikt flera ytterligare utsläppskällor för PFAS inom eller i anslutning till Uppsalaåsens grundvattensystem. Enligt konsultrapporten föreligger de minst ett tiotal möjliga utsläppskällor för PFAS i och runt om kring de centrala delarna av Uppsalaåsen, utöver brandövningsområdet på Uppsala flygplats. Samtliga dessa alternativa utsläppskällor bedöms vara ofullständigt utredda.

Utöver de ovan nämnda tiotal övriga tänkbara föroreningskällorna har Försvarsmakten tagit del av den rapport (ref: O 1992:1, se bilaga 3) som Statens haverikommission upprättade efter den brand som den 16 november 1990 utbröt i Uppsala Energi AB:s torvlager i Uppsala. Av rapporten (sid. 16) framgår bl.a. att 40 ton skumvätska (lätt och tung), varav 15 ton lättskum i en fast monterad släckningsanläggning, användes under släckningsperioden som pågick under ca tre månader.

Försvarsmakten konstaterar att 40 ton skumvätska kan sägas motsvara ungefär 40 000 liter skumvätska. Om man jämför denna siffra med Försvarsmaktens bedömda användning, vilket bedöms uppgå till ungefär 480 liter skumvätska per övningstillfälle, leder detta fram till att mängden skumvätska som användes vid torvbranden motsvarar mängden som Försvarsmakten använt för att öva vid ungefär ca 80 tillfällen. Under antagandet att man genomförde brandövningar på de f.d. brandövningsplatserna vid Uppsala flygplats 4 gånger per år, så skulle släckinsatsen i samband med torvbranden motsvara ungefär 20 års brandövningsverksamhet vid Uppsala flygplats. Enligt SGU:s jordartskarta utgörs jordarten inom området av fyllning och djupet till berg uppgår enligt jorddjupskartan till någon eller några meter.

Försvarsmaktens ställningstagande

Försvarsmakten delar slutsatserna som redovisas i konsultrapporterna.

Försvarsmakten förutsätter att övriga möjliga föroreningskällor utreds närmare.

Weinmann, Lina

Chef för Miljöprovningseenheten

*Handlingen är fastställd i Försvarsmaktens elektroniska dokument- och ärendehanteringssystem.*

Bilagor

- Bilaga 1. Slutrapport PFAS-Riskbedömning perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) vid Uppsala flygplats\_20150304, NIRAS/Helldén  
Environmental Engineering AB
- Bilaga 2. PM Uppsala fpl Källstyrka och kvarvarande mängder, Helldén  
Environmental Engineering AB
- Bilaga 3. O1992\_1, Statens haverikommission

**Sändlista**

Generalläkaren

För kännedom

HKV PROD INFRA  
HKV PROD MILJÖ  
HKV PROD FLYG  
HKV JURS  
LSS  
FORTV

# Slutrapport – Riskbedömning perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) vid Uppsala flygplats

Upprättad av  
Niclas Johansson, Helldén Environmental Engineering AB  
Johan Helldén, Helldén Environmental Engineering AB



Försvarsmakten/Miljöprovningseenheten

2015-03-04

**NIRAS**

Fleminggatan 14  
Box 703 75  
107 24 Stockholm

[www.niras.se](http://www.niras.se)

Reg.nr. 556541-2532

**Upplaga: 2.0**

**Datum: 2015-03-04**

**Niclas Johansson**, Uppdragsledare och huvudförfattare

0706-210293

[niclas@hellden-environmental.se](mailto:niclas@hellden-environmental.se)

Johan Helldén, Medförfattare och kvalitetsgranskning

0733-210294

[johan@hellden-environmental.se](mailto:johan@hellden-environmental.se)

**Kvalitetskontroll: 2015-03-04**

**Projekt nr. och filnamn:** 8114011,2 Slutrapport-Riskbedömning perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) vid Uppsala flygplats version 2.0



## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b> .....	<b>5</b>
1.1	Bakgrund och syfte.....	8
1.2	Projektorganisation.....	9
1.3	Kvalitetssäkring och arbetsmiljö.....	9
1.4	Tidigare undersökningar.....	10
1.5	Skyddsobjekt.....	13
1.6	Områdesbeskrivning.....	15
<b>2</b>	<b>GEOLOGISKA OCH HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>BEDÖMNINGSGRUNDER</b> .....	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR</b> .....	<b>24</b>
4.1	Genomförandebeskrivning.....	25
4.1.1	<i>Berganläggningen</i> .....	25
4.1.2	<i>Dagvatten</i> .....	25
4.1.3	<i>Kompletterande provtagning grundvatten</i> .....	25
4.1.4	<i>Inmätning av punkter</i> .....	25
4.1.5	<i>Sondering med skruvborr</i> .....	25
4.1.6	<i>Trycksondering och NOEX-borrning</i> .....	26
4.1.7	<i>Provtagning av grundvatten</i> .....	27
4.1.8	<i>Laboratorieanalyser av grundvatten, ytvatten och jord</i> .....	27
<b>5</b>	<b>RESULTAT</b> .....	<b>28</b>
5.1	Jord.....	28
5.2	Grundvatten.....	30
5.3	Spillvatten.....	38
5.4	Vatten i berganläggningen.....	40
5.5	Dagvatten.....	42
5.6	Ytvatten.....	45
<b>6</b>	<b>SPRIDNING AV PFAS</b> .....	<b>47</b>
6.1	Spridning av PFAS via grundvatten.....	47
6.2	Spridning av PFAS via dagvatten till ytvatten.....	54
6.3	Spridning via dagvatten till grundvatten.....	55
6.4	Spridning via spillvatten till grundvatten.....	56
<b>7</b>	<b>SAMMANFATTANDE RISKBEDÖMNING</b> .....	<b>58</b>
7.1	Beräkning av utspädningsförhållanden och föroreningsbelastning via grundvatten, dagvatten och spillvatten.....	58
7.2	Andra tänkbara PFAS-källor i Uppsala.....	73
7.3	Statistiska analyser på halldata i vatten.....	96
<b>8</b>	<b>SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER</b> .....	<b>108</b>
<b>9</b>	<b>BILAGOR</b> .....	<b>111</b>

**10 REFERENSER.....112**

## 1 INLEDNING

Perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) är en grupp av organiska ämnen som är mycket svårnedbrytbara och har använts bl.a. för sina ytaktiva egenskaper. PFAS har förmåga att bilda släta, vatten- och fettavvisande ytor. Dessa ämnen har använts ibland annat impregnerat papper, textilier, rengöringsmedel. PFAS används än i dag inom verkstads- och elektronikindustrin. Under lång tid har PFAS använts i brandsläckningsskum runt om i världen, samt i Sverige (Kemikalieinspektionen, 2006).

Under senare år har förekomsten av PFAS, främst PFOS, PFOA PFHxS, i mark, grundvatten och ytvatten kring flygplatser och brandövningsplatser uppmärksammas. Ämnena har ingått i bl.a. brandsläckningsskum av typen AFFF (Aqueous Film Forming Foams), avsett främst för släckning av oljebränder. Både Försvarsmakten, civila flygplatshållare och kommunernas räddningstjänster har använt PFOS-innehållande AFFF. I Sverige utfasades brandsläckningsmedel med innehåll av PFOS först under 2011. Det bör nämnas att det även finns brandsläckningsskum av typen AFFF som inte innehåller PFOS.

Enligt en tidigare tillståndsprovning för F16 Upplands flygflottilj, framgår det att flottiljens brandövningsplats stängdes 1992. När flottiljens brandövningsplats var i bruk, övade man ca 40 dagar/år. T.ex. tändes flygplansvrak på och släcktes med släckmedel, bland annat pulver-släckmedel (natriumvätekarbonat) ca 3 500 kg/år och Light water (dietylglykol, monobutyleter, fluoralkyl) ca 300 l/år samt kolsyra ca 100 kg/år. Light water innehåller bl.a. PFOS.

Nedan presenteras en sammanställning på förkortningar som används i denna slutrapport:

### **AFFF**

Aqueous Film Forming Foams. En form av skum som använts för att bl. a släcka petroleumbränder. Finns två generationer av denna variant av skum. Båda innehåller PFAS. Den nya generationen innehåller dock ej PFOS.

### **Galgberget**

Plats där Uppsala vatten AB har en anläggning med uttagsbrunnar. Grundvattnet pumpas vidare till ett vattenverk för distribution till dricksvattenkonsumenterna. Utagsbrunnarna är installerade i Uppsalaåsen.

### **Klastorp**

Gård belägen väster om Uppsala flygplats. Brunnsvatten har provtagits där.

### **Sibirien**

Ett område på Uppsala flygplats där brandövningar genomförs med brandsläckningsskum. Här har den huvudsakliga övningsverksamheten med brandsläckningsskum bedrivits.

### **Stadsträdgården/Kronåsen**

Område i centrala Uppsala där Uppsala vatten AB har uttagsbrunnar för grundvatten. Brunnarna är installerade i Uppsalaåsen.

### **Tunåsens infiltrationsanläggning**

Infiltrationsanläggning belägen på Tunåsen i Uppsalaåsen. Ytvatten från Fyrisån och sjön Tämnaren leds till anläggningen och vatten för infiltrera ner genom den naturliga isälvsavlagringen och blandas där med grundvatten i Uppsalaåsens grundvattenakvifer.

### **PFOA**

Perfluoroktansyra. En PFAS som använts i såväl gamla som nya generationens brandsläckningsskum av AFFF-typ.

### **PFAS**

Perfluorerade alkylsubstanser. Flera av dessa substanser har bl.a. ingått i brandsläckningsskum. Samtliga PFAS är syntetiskt framställda.

### **PFHxS**

Perfluorhexansulfonat. Har påvisats i dricksvatten i Uppsala och jämförelsevis höga halter hos lokalbefolkningen i Uppsala.

### **PFOS**

Perfluoroktansulfonat. Har ingått i den gamla generationens brandsläckningsskum av AFFF-typen. I Sverige urfasades brandsläckningsmedel med innehåll av PFOS först under 2011.

### **Spillvatten**

Spillvatten indelas oftast i svartvatten, som är det spolat ut från toaletter och gråvatten. Spillvatten indelas oftast i svartvatten, som är det spolat ut från toaletter och gråvatten som är smutsigt vatten från bad, duschar, diskning och tvätt. Spillvatten från Uppsala flygplats leds till det kommunala spillvattennätet och dess reningsverk.

## **Dagvatten**

Dagvatten är tillfälligt förekommande, avrinnande vatten på markytan eller på en konstruktion. Skillnaden mellan dagvatten och avrinnande regnvatten är att regnvatten endast avser vatten med ursprung i regn, d.v.s. en något snävare definition. Dagvatten är exempelvis även smältvatten och tillfälligt framträngande grundvatten. Dagvatten i bebyggd miljö fångas normalt upp av särskilda dagvattenbrunnar i städer och avleds via ledningar.

## 1.1 Bakgrund och syfte

Föreliggande slutrapport syftar till att presentera en samlad utvärdering och riskbedömning avseende spridningsbilden för PFAS via grundvatten och dagvatten kring Uppsala flygplats. Samtliga haltdata vad gäller PFAS i jord och vatten sammanställs i tabellform för att få en tydlig bild över hur halterna ser ut i respektive media och plats.

Det material som tidigare tagits fram på uppdrag av Försvarmakten/Miljöprovningseenheten presenteras nedan.

- Miljöteknisk markundersökning rörande perfluorerade ämnen vid f.d. F16 Ärna flygbas. Uppdragsgivare Försvarmakten/Miljöprovningseenheten, daterad 2013-02-11. NIRAS Sweden AB. (NIRAS 2013a)
- Utökad miljöteknisk markundersökning Ärna flygbas, Uppsala. Uppdragsgivare Försvarmakten/Miljöprovningseenheten, reviderad version daterad 2013-11-07. NIRAS Sweden AB. (NIRAS 2013b)
- Mätning av grundvattennivåer i Uppsala sommaren 2013. Spridning av PFC:er via grundvattnet. Uppdragsgivare Försvarmakten/Miljöprovningseenheten daterad 2013-03-29, korrigerad 2013-11-12. NIRAS Sweden AB. (NIRAS 2013c)
- Desktop-utredning om tänkbara källor till PFC-föreningar i grundvatten i Uppsala, Industriella produkter och verksamheter som använder/använt PFC:er i sin verksamhet. Uppdragsgivare Försvarmakten/Miljöprovningseenheten, daterad 2013-09-24. NIRAS Sweden AB. (NIRAS 2013d)
- Granskning – second opinion på dokumenten med benämning ”Förekomst av perfluorerade ämnen i Uppsalaåsens grundvatten-Lägesrapport november 2013” och ”Tyréns: MIFO Fas 2, f.d. brandövningsplats vid KAP, Uppsala”. Uppdragsgivare Försvarmakten/Miljöprovningseenheten, daterad 2013-12-05. NIRAS Sweden AB. (NIRAS 2013e)
- Perfluorerade ämnen i vatten från en grundvattenbrunn vid Uppsala Garnison samt dagvattnenätet. Uppdragsgivare Försvarmakten/Miljöprovningseenheten, *arbetsmaterial* daterat 2014-03-26. NIRAS Sweden AB. (NIRAS 2014a)
- Synpunkter på inkomna yttranden rörande perfluorerade ämnen vid Uppsala flygplats. Uppdragsgivare Försvarmakten/Miljöprovningseenheten, daterad 2014-05-19. NIRAS Sweden AB. (NIRAS 2014b)
- PM-Sammanfattning av slutrapport-Riskbedömning perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) vid Uppsala flygplats, spridning via grundvatten. Uppdragsgivare Försvarmakten/Miljöprovningseenheten, daterad 2015-01-14. Helldén Environmental Engineering AB.
- Yttrande rörande examensarbete vid SLU: Transport of per- and polyfluoroalkyl substanses in soil and groundwater in Uppsala, Sweden (Författare: Sofia Bergström, september 2014). Uppdragsgivare Försvarmakten/Miljöprovningseenheten, daterad 2014-10-30. Helldén Environmental Engineering AB.

Utöver ovanstående har två nya grundvattenrör installerats i Jumkilsåsen (NIRAS GV:5 och NIRAS GV:6). Dessutom har förnyad provtagning av grundvatten utförts i de sedan tidigare installerade grundvattenrören. Syftet med den förnyade provtagningen och lodningen av grundvattennivåer i dessa har varit att undersöka om PFAS-halterna nu skiljer sig mot tidigare uppmätta halter och nivåer. I samband med den senast genomförda fältundersökningen mättes samtliga grundvattenrör (X-, Y-, och Z-koordinater) in på nytt med GPS.

## 1.2 Projektorganisation

Den ursprungliga versionen av rapporten ”Slutrapport – Riskbedömning perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) vid Uppsala flygplats”, version 1.1, daterad 2014-09-29, är upprättad av NIRAS Sweden AB. Därefter har version 1.1 omarbetats och reviderats av Niclas Johansson och Johan Helldén vid Helldén Environmental Engineering AB. Föreliggande rapport benämns ”Slutrapport – Riskbedömning perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) vid Uppsala flygplats”, version 2.0, daterad 2015-03-04.

## 1.3 Kvalitetssäkring och arbetsmiljö

NIRAS Miljö AB:s verksamhet bedrivs enligt ett ledningssystem som lever upp till kvalitetscertifierat enligt SS-EN ISO 9001:2008 och miljöcertifierat enligt SS-EN ISO 14001:2004. Foton som kan vara av intresse visas i bilaga 8 i slutet av rapporten.

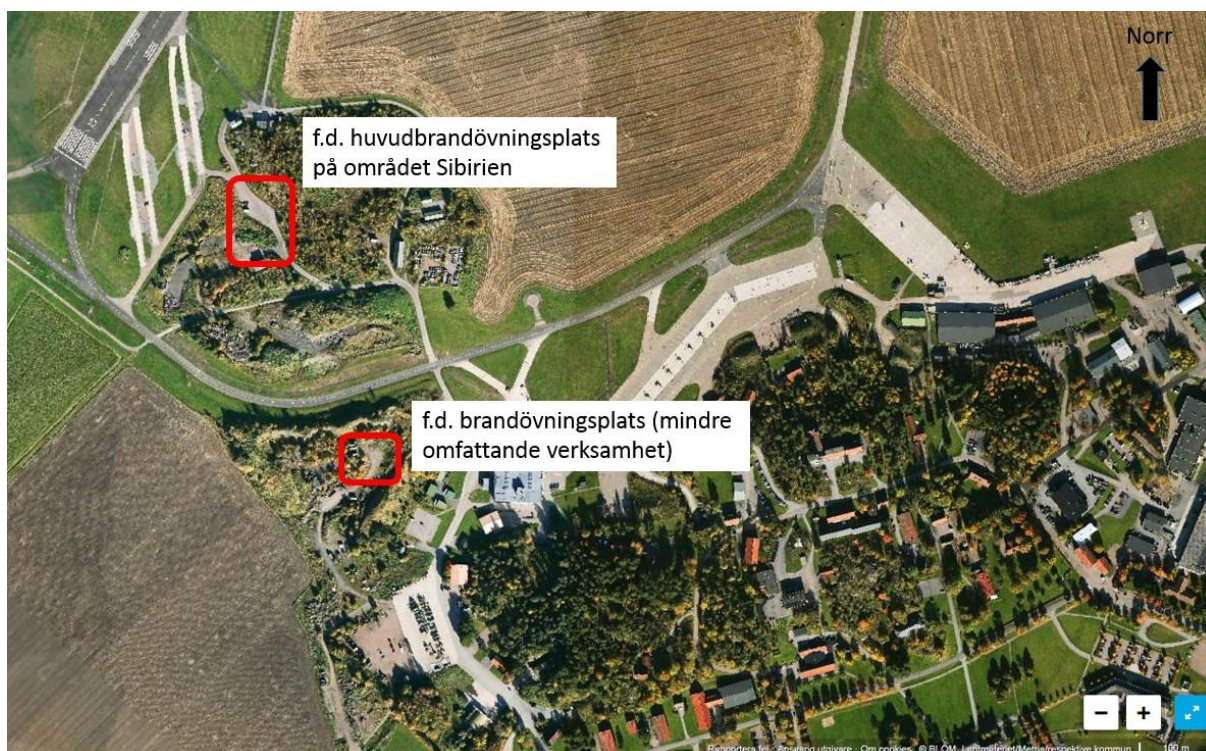
Undersökningsarbetet planerades och genomfördes i tillämpliga delar i enlighet med de råd och riktlinjer som redovisas i Svenska Geotekniska Föreningens ”Fälthandbok Undersökningar av förorenade områden” (SGF rapport 2:2013). Utöver denna handbok utfördes undersökningen enligt rapporten ”Perfluorerade ämnen i jord, grundvatten och ytvatten, Riskbild och åtgärdsstrategier” (FOI-R-3705-SE) (FOI, 2013). Samtliga prover har analyserats vid ALS Scandinavia AB, som är ett av SWEDAC ackrediterat laboratorium.

Provtagningsutrustning som ändvändes är av samma material och märken som använts vid tidigare miljötekniska markundersökningar utförda av NIRAS rörande PFAS. I grundvattenrör där tillrinningen eller rördiametern inte lämpat sig har peristaltisk pump använts för att pumpa grundvatten. De dränkbara pumparna har varit av märket Comet och två modeller har använts. ECO-PLUS med 8 m maximal höjd och maximal pumphastighet om 13,5 l/min alternativt GEO-DUPLO-PLUS med 19 m som maximal höjd och maximal pumphastighet 17 l/min. Sedan tidigare har det säkerställts att den här använda modellen av dränkbar pump, liksom tillhörande slang av polyeten ”PE-material”, inte innehåller eller avger PFAS (NIRAS, 2013b).

#### 1.4 Tidigare undersökningar

De tidigare undersökningarna som NIRAS utfört presenteras i avsnitt 1.1 ovan. Samtliga rapporter har presenterats vid tidigare tillfällen för Försvarmakten/Miljöprövningsenheten.

I figur 1 nedan visar var de två f.d. brandövningsplatserna varit lokaliserade. Den norra brandövningsplatsen, på området Sibirien, har fungerat som huvudbrandövningsplats. Den mesta övningsverksamheten med brandsläckningsskum har bedrivits där. Den södra brandövningsplatsen har inte använts i samma utsträckning när det gäller brandövning med brandsläckningsskum. På det södra brandövningsområdet har det istället övats mera med handbrandsläckare.



**Figur 1.** Karta som visar var de två f.d. brandövningsplatserna varit lokaliserade. Den huvudsakliga övningsverksamheten med brandsläckningsskum har bedrivits vid den norra brandövningsplatsen. Övningsplatsen har varit lokaliserad på ett område som går under benämningen Sibirien. På den södra brandövningsplatsen har det mestadels övats med handbrandsläckare. Det har även här genomfört övningar med brandsläckningsskum från brandbilar.

Sammanfattningsvis har tidigare undersökningar visat att det förekommer PFAS-föreningar i jord, grund-, yt-, och dagvatten vid Uppsala flygplats. Mycket höga halter av flera PFAS, däribland PFOS, har kunnat påvisas i grundvatten nedströms det f.d. brandövningsområdet på Uppsala flygplats. Trots att militär brandövningsverksamhet pågått under flera år på brandövningsplatserna har endast låga halter av PFAS-föreningar kunnat detekteras i jorden



på de f.d. brandövningsplatserna. Det är bara PFOS som påvisats i halter överstigande laboratoriets rapporteringsgräns. Den högsta halten som påvisats i jord är 94 µg PFOS/kg TS.

Tidigare undersökningar har visat att det förekommer flera PFAS-föreningar i ytvatten som provtagits i en vattenansamling på brandövningsplatsen vid området som ansluter till huvudbrandövningsplatsen. Det har även påvisats PFAS i ytvattenansamling ute på åkermarken nedströms brandövningsplatserna. Detta vatten är troligen ett förorenat markvatten som avrinner ovanpå och i den ytliga delen av lerlagret.

Det har inte genomförts några tidigare miljötekniska markundersökningar på Uppsala flygplats med syfte att kartlägga föroreningssituationen med avseende på PFAS innan NIRAS genomförde den inledande undersökningen 2012 (NIRAS, 2013a) på uppdrag av Försvarmakten/Miljöprovningseenheten.

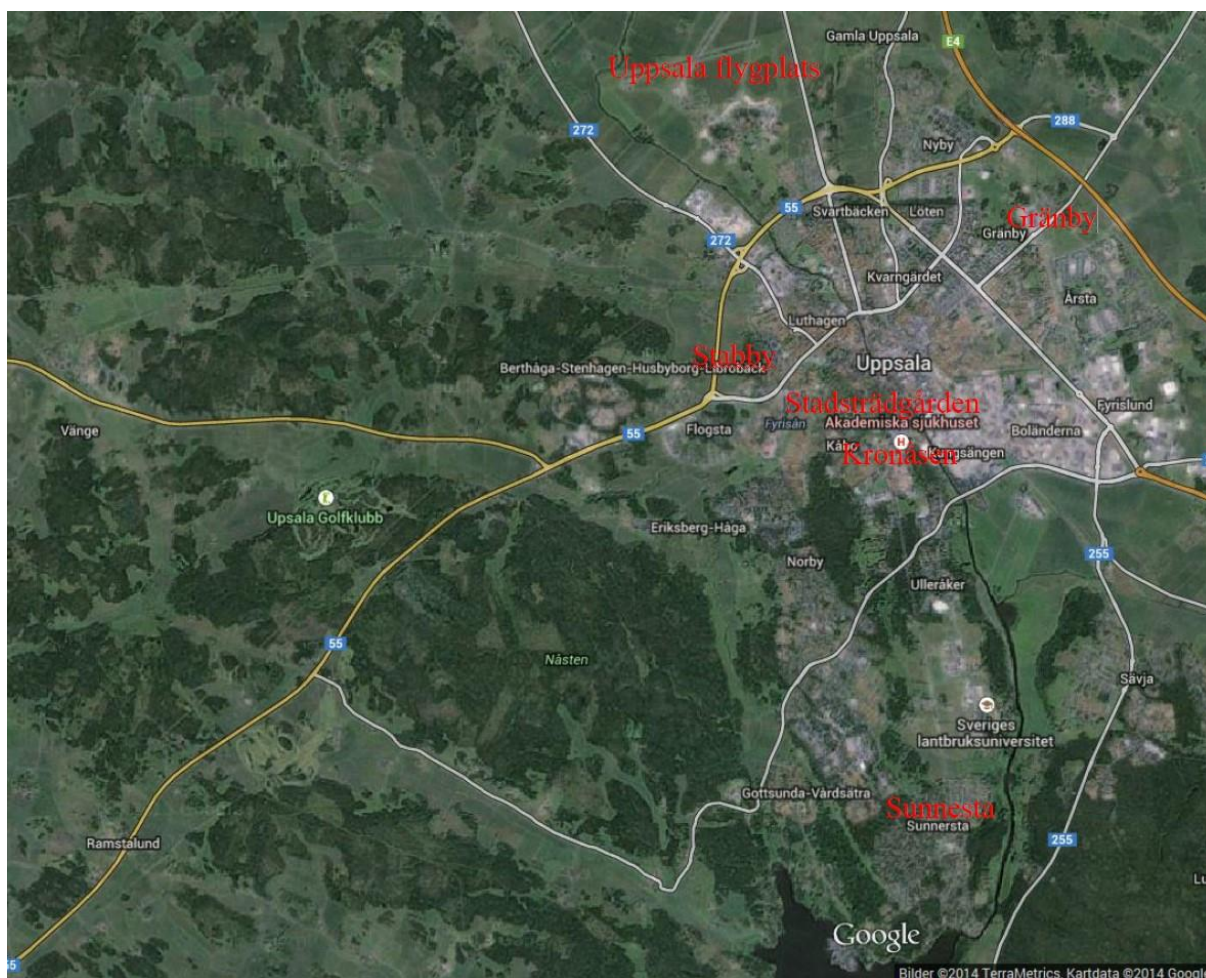
Enligt information från Sven Ahlgren vid Uppsala Vatten och Avfall AB, ska PFAS ha detekterats i grundvatten provtaget i ett grundvattenrör placerat vid Fyrishov i Uppsalaåsen, söder om Uppsala flygplats. Grundvattenröret vid Fyrishov är av intresse då biåsen som benämns Jumkilsåsen har "gått ihop" med Uppsalaåsen norr/uppströms om denna plats. Enligt underlag tillhandahållet av Uppsala Vatten AB har det utförts analyser av grundvattnet i Fyrishov med avseende på PFAS vid åtminstone två tillfällen (Uppsala Vatten AB, 2013). Det är framförallt PFOS och PFHxS som mätts upp i höga halter. Båda grundvattenproven är tagna i november månad 2012. De uppmätta halterna av PFOS har legat mellan ca 170 ng/l–250 ng/l och något högre för PFHxS, ca 250 ng/l–290 ng/l. NIRAS har på uppdrag av Miljöprovningseenheten genomfört grundvattenprovtagning i detta grundvattenrör vid ett senare tillfälle. Halterna av PFOS och PFHxS uppmättes då till 370 ng/l respektive 250 ng/l (NIRAS, 2013b).

Enligt Uppsala Vatten AB har även vatten provtagits från en vattenkran inne i ett av bostadshuset på Klastorp vid ett tillfälle. Klastorp är benämningen på en fastighet som ligger strax väster om Uppsala flygplats. Dricksvattnet kommer från en enskild brunn på fastigheten. Låga halter av PFHxS detekterades (16 ng/l). När det gäller PFOS och PFOA låg halterna under laboratoriets rapporteringsgräns. Det som gör denna provpunkt intressant i sammanhanget är att den ligger uppströms Uppsala flygplats och i området där Jumkilsåsen ligger. I samband med den utökade undersökningen som genomfördes under våren 2013 togs ett vattenprov från en tappkran som finns i ett uthus vid Klastorp. I det prov NIRAS Klastorp och som togs den 11 april 2013, var det endast PFHxS och PFOS som översteg laboratoriets rapporteringsgräns. Halterna för PFHxS och PFOS uppgick 17 ng/l respektive 12 ng/l.

Det har tidigare även gjorts analyser på Uppsalas kommunala dricksvatten. Uppmätta halter av PFAS i dricksvattenkranarna är så låga att de inte bedöms utgöra något hälsomässigt problem.

Livsmedelsverket har konstaterat att exponeringen för vissa typer av PFAS har ökat i Uppsala i delar av befolkningen, vilket är anledningen till att Uppsala Vatten AB har tagit prover på dricksvattnet i olika delar av kommunen. PFAS i mycket låga halter hittades i de södra delarna av Uppsala stad. Substanserna kunde spåras till brunnarna vid Stadsträdgården och Kronåsen i Uppsalaåsen. Flera av uttagsbrunnarna är tillsvidare tagna ur drift ([www.uppsalavatten.se](http://www.uppsalavatten.se)). Figur 2 ger en översiktsbild över Uppsala med markering av Uppsala flygplats, Stadsträdgården, Kronåsen och Sunnersta. Vid de 3 sistnämnda platserna har Uppsala vatten AB dricksvattenbrunnar. Livsmedelsverket har tagit vattenprov från dricksvattenkranar bl.a. Stabby och Gränby.

Livsmedelsverket har på eget initiativ genomfört en pilotundersökning avseende halter av PFAS i kranvatten från olika delar av kommunen. Resultaten pekar mot förhöjda halter av PFHxS och PFOS i de två proverna som togs i Sunnersta (PFOS > 20 ng/l; PFHxS > 40 ng/l). Sunnersta ligger söder om Uppsalas centrala delar. I ett av de två prover som togs i centrala staden var halten av PFHxS förhöjd (>15 ng/l) (Stadsträdgården och Kronåsen). Ett prov från norra delen av Uppsala (Gränby) och ett prov från västra delen av Uppsala (Stabby) innehöll låga halter, liksom proverna från två samhällen utanför Uppsala, nämligen Björklinge och Storvreta (Livsmedelsverket, 2012).



**Figur 2.** Översiktsbild över Uppsala med markering av Uppsala flygplats, Stadsträdgården, Kronåsen och Sunnersta. Vid de 3 sistnämnda platserna har Uppsala vatten AB dricksvattenbrunnar. Observera att platsernas placering på kartan är ungefärlig. Livsmedelsverket har tagit vattenprov från dricksvattenkranar bl.a. vid Stabby Gränby. Kartan är hämtad från Googles karttjänst.

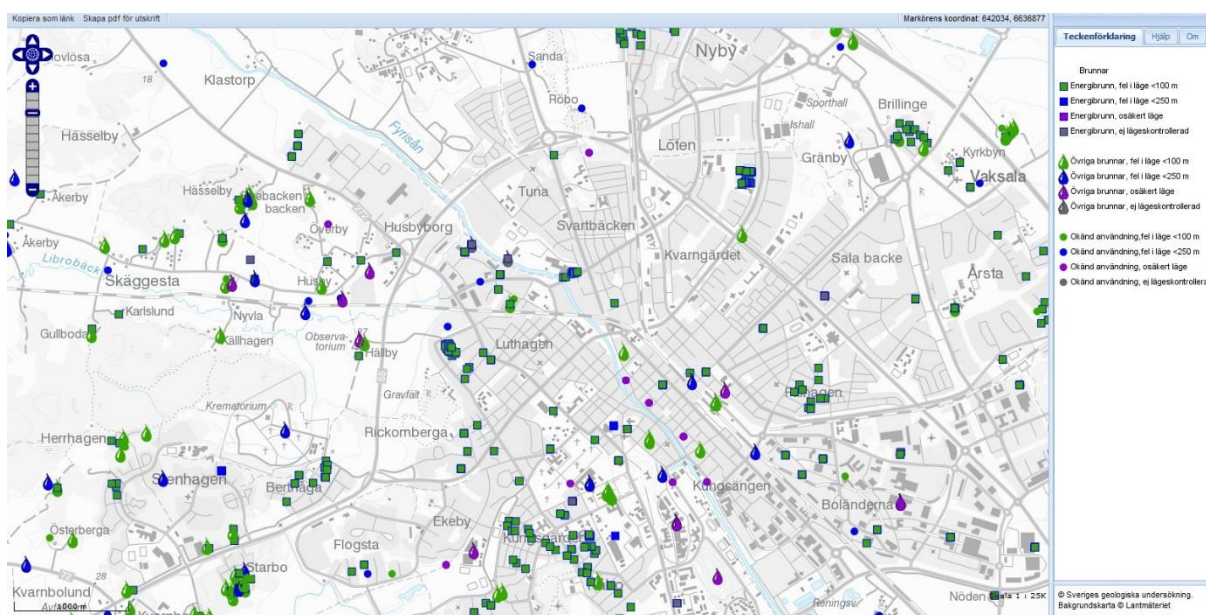
### 1.5 Skyddsobjekt

Nedan beskrivs det mest känsliga skyddsobjektet som bedöms vara grundvattnet. Uppsala flygplats används i största utsträckning för militär verksamhet. Avståndet till närmaste bostadshus, Klastorp, som ligger väster om de två platser där det bedrivits brandövningsverksamhet är ca 700 m. Mellan Uppsala flygplats och Bärbyleden är ett villaområde lokaliserat. Avståndet dit från brandövningsplatserna är 1,3–1,5 km.

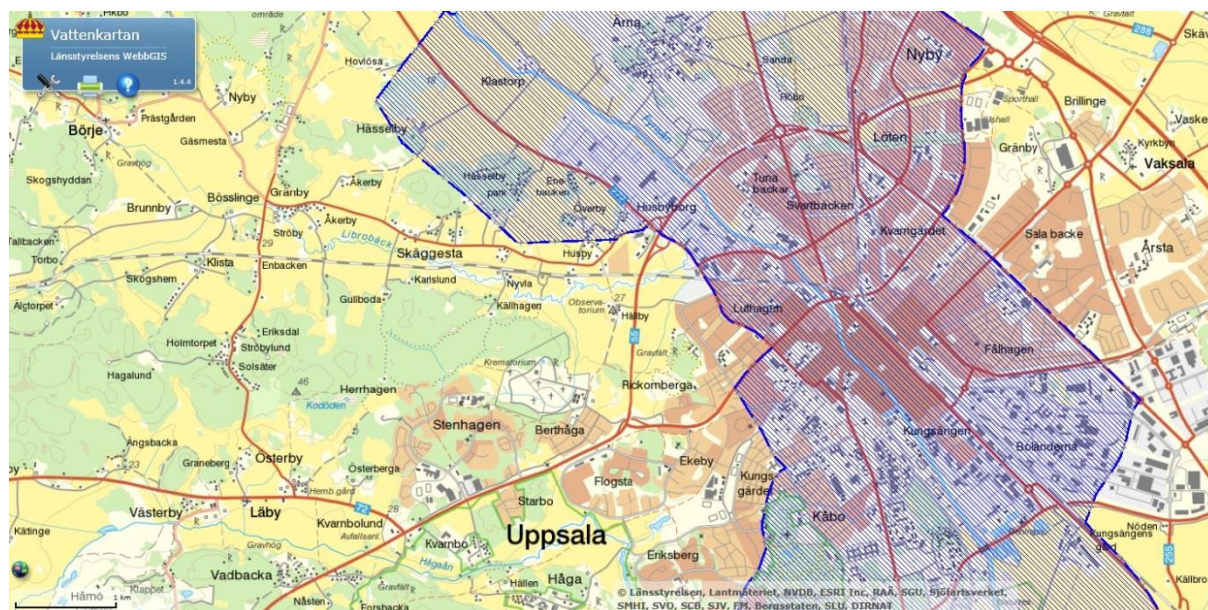
Den närmsta kända dricksvattenbrunnen finns vid Klastorp. Vid Klastorp finns ett par hus som används som bostad. På gården hålls nötkreatur. Vatten från dricksvattenbrunnen används både till hushåll och boskap. Denna brunn är inte markerad i SGU:s brunnarkiv, se figur 3 nedan. På ett avstånd om ca 1,7 km rakt öster om brandövningsplatserna vid Uppsala flygplats har

Uppsala kommun en infiltrationsanläggning som benämns Tunåsen. Den 30 m höga Tunåsen i Gamla Uppsala är en del av Uppsalaåsen, en av Sveriges längsta åsar. Idag används åsen till att rena Uppsalas vatten. Fyrisåns vatten och tidvis sjövattnet från Tännaren pumpas upp till dammarna på åsen topp och filtreras sedan genom gruslagren. Uppsala flygplats ligger inom yttre skyddszonen i vattenskyddsområdet Uppsala- och Vattholmaåsarna, se figur 4.

Ytavrinningen bedöms ske åt väster och sydväst från de områden där brandövningsplatserna varit placerade.



**Figur 3.** Utsnitt ur SGU:s brunnarsarkiv för Uppsala. Uppsala flygplats är lokaliserad i kartans övre del.



**Figur 4.** Kartutdrag från VISS som visar det yttre vattenskyddsområdet. Stora delar av Uppsala utgörs av detta vattenskyddsområde (<http://www.viss.lansstyrelsen.se>).

## 1.6 Områdesbeskrivning

Uppsala Garnison är den nuvarande beteckningen på det område där Försvarsmakten tidigare hade sin flygflottilj, F16. På senare tid används benämningen Uppsala flygplats för att benämna detta område. Idag bedriver Flygvapnet utbildningsverksamhet i form av Luftstridsskolan (LSS). Området är beläget ca 4 km nordväst om Uppsalas centrala delar. Fastighetsägare är Fortifikationsverket. Inom flygplatsområdet finns det markområden som används som jordbruksmark. Omgivande områden utgörs huvudsakligen av åkermark. Söder om infarten till det f.d. flottiljområdet finns ett villaområde. Avståndet dit är ca 500 m. Från de f.d. brandövningsplatserna är avståndet ca 1 500 m.

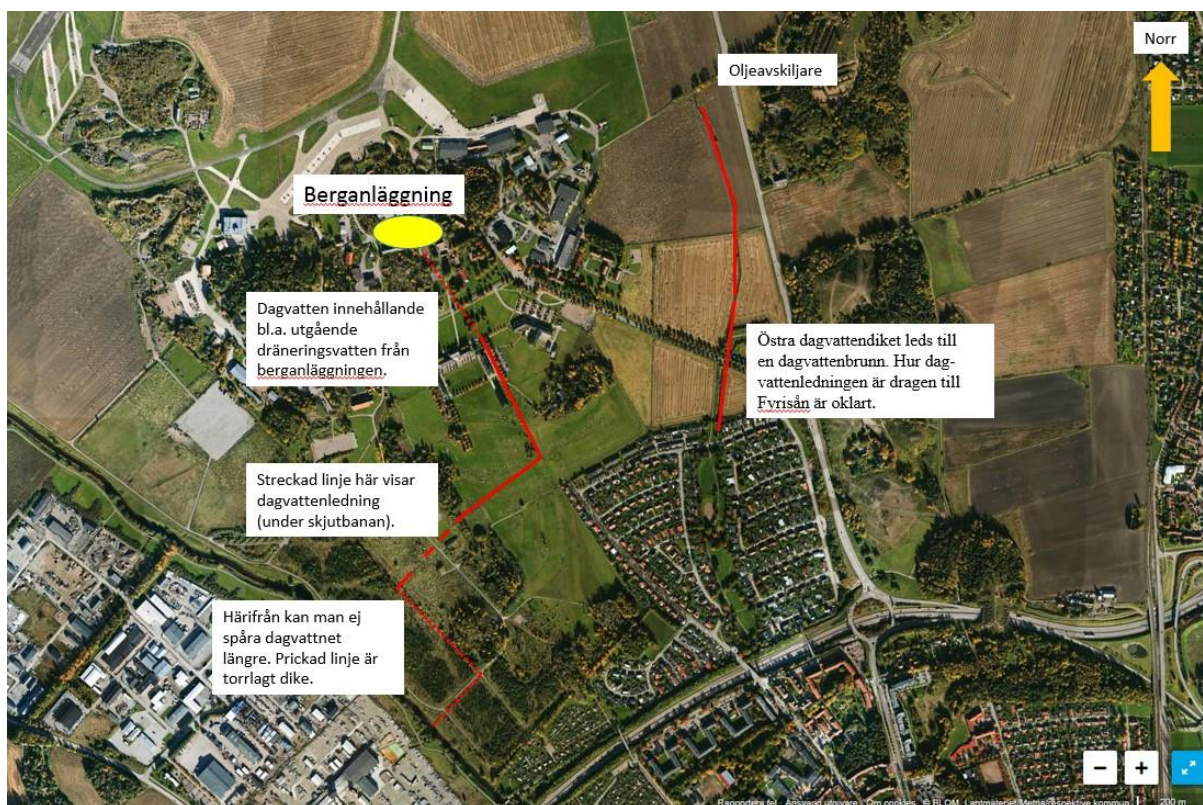
Det finns även en civil brandstation, Bärby brandstation, som är belägen mellan Uppsala flygplats och Uppsalaåsen, d.v.s. öster Uppsala flygplats. På östra delen av Uppsala flygplats, finns en gjuten helikopterplatta samt hangarbyggnader. Avståndet till gamla E4:an är ungefär 500 m och 750 m till Tunåsens platå.

Söder om Uppsala flygplats ligger ett koloniområde. Avståndet dit från huvudbrandövningsplatsen är ca 2 000 m. Koloniområdet är inhägnat område och angränsar Fyrisån och Uppsala flygplats. Söder om koloniområdet sträcker sig Bärbyleden som är en del av riksväg 55.

På Uppsala flygplats finns det en berganläggning insprängd i berg. För att förhindra att berganläggningen fylls med intränganden vatten från jordlager ovanför anläggningen samt inträngande berggrundvatten, läns pumpas anläggningen. Vattnet som pumpas upp leds vidare i ett dagvattennät som leds mot ytvattenrecipienten Fyrisån (figur 5). I berganläggningen finns även spillvatten, d.v.s. vatten från toaletter och duschar. Detta spillvatten pumpas upp via ett spillvattennät till det kommunala reningsverket Kungsängsverket, som ligger söder om centrum i Uppsala. Dagvatten och spillvatten leds således i separata ledningar från berganläggningen. Dräneringsvatten från berganläggningen leds via ett dagvattennät mot Fyrisån medan spillvatten från berganläggningen leds via spillvattenledningar på Uppsala flygplats till det kommunala spillvattennätet.

Inträngande vatten som pumpas från berganläggningen leds söderut i en dagvattenledning genom delar av golfbanan inne på Uppsala flygplats. Utmed vissa partier övergår den nedgrävda dagvattenledningen i öppna dagvattendiken med eller utan dagvattenledning. Dagvattnet leds slutligen till ett skogsområde invid Fyrisån till vilken dagvattnet troligen dräneras. Det har inte gått att finna några ledningar eller diken som visar att vattnet leds direkt ut i ytvattenrecipienten Fyrisån.

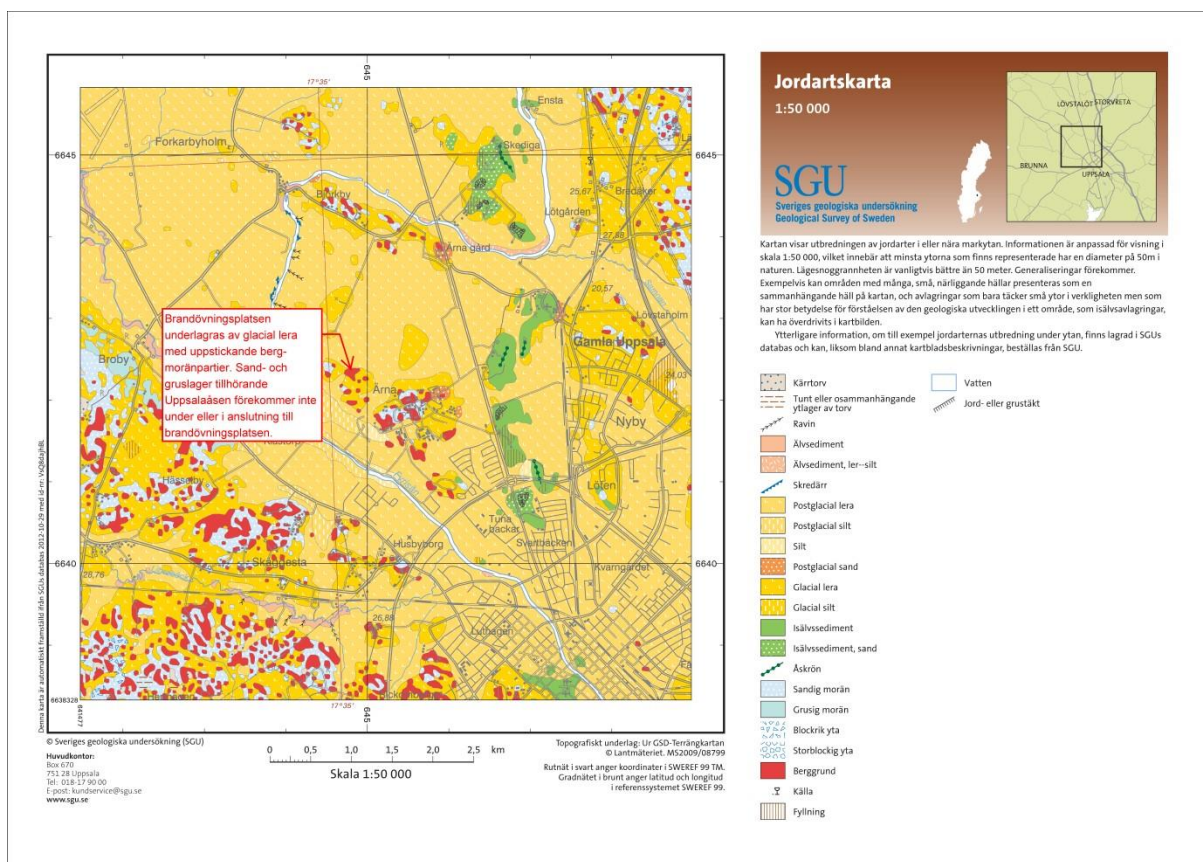
De östra och norra delarna av Uppsala flygplats dräneras via ett dagvattennät till en oljeavskiljare som är lokaliserad öster om helikopterplattan. Den gamla konstruktionen som fungerat som oljeavskiljare har under våren 2014 ersatts med en modernare variant som även kompletterats med en öppen dagvattendamm. Även dagvattenledningar har eller kommer att ersättas av nya sådana. Tidigare har detta dagvatten letts via ett öppet dike söderut på de östra delarna av Uppsala flygplats. Detta dagvattendike passerar Bärby brandstationens västra sida (d.v.s. dess baksida). Det östra dagvattendiket leder dagvatten till en kommunal dagvattenledning och leds senare ut i Fyrisån. Den första halvan av dagvattenledningen är anlagd på 1960-talet och den andra halvan på 1990-talet (e-post Karin Wertsberg, Uppsala Vatten och Avfall AB, 2014-08-15). Utloppet till Fyrisån är troligen placerat i närheten av stängslet som utgör gränsen till Uppsala flygplats i sydvästa delen av området.



**Figur 5.** Karta med markering av berganläggningens ungefärliga placering samt oljeavskiljaren lokaliserad på östra delen av Uppsala flygplats. Dagvatten leds i rörledningar/diken mot ytvattenrecipienten Fyrisån som är lokaliserad väster om Uppsala flygplats.

## 2 GEOLOGISKA OCH HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

En stor del av Uppsala flygplats är lokaliserat ovanpå lera-silt som är vanligt förekommande som ytjordart i Uppsalaområdet. Delar av Uppsala flygplats är också belägen direkt på berg och morän. Information om de geologiska förhållandena inom området finns bland annat i SGU:s jordartskarta. Ett utsnitt från denna redovisas i figur 6.



**Figur 6.** Karta från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) som visar jordart. Av kartan framgår att stora delar av Uppsala flygplats ligger på lera-silt (gul färg) samt att det finns uppstickande berg- och moränpartier i de centrala delarna av Uppsala flygplats. Brandövningsplatserna ligger på glacial lera underlagrad av morän/berg samt delvis ligger på morän/berg. Uppstickande partier med berg/morän (röda och ljusblå färger) i lerområdet visar tydligt att brandövningsplatsen inte underlagras av genomsläppliga sand- och gruslager (glacifluvium) tillhörande Uppsalaåsen. De synliga delarna av Uppsalaåsen markeras på kartan av de gröna partierna, cirka 1,5 km öster om Uppsala flygplats. Det finns även områden på Uppsala flygplats som utgörs av postglacial sand.

Enligt jordartskartan ligger brandövningsplatsen i ett område där glacial lera med uppstickande morän- och hållområden utgör dominerande yttjordart. Uppstickande morän- och hållområden indikerar liten jordmäktighet och att den glaciala leran i anslutning till brandövningsplatsen *inte* underlagras av vattenförande sand- och gruslager (glacifluvium) tillhörande den s.k. Uppsalaåsen eller Jumkilsåsen. Lera underlagras uteslutande av morän och således föreligger en moränakvifer i anslutning till brandövningsplatserna vid Uppsala flygplats.

Uppsalaåsen utgör den viktigaste grundvattentillgången för Uppsala vattenförsörjning. Dricksvattentäkten i Uppsalaåsen är för övrigt baserad på konstgjord infiltration, vilket innebär att ytvatten/råvatten från Fyrisån pumpas upp och infiltreras via Uppsalaåsens sand- och gruslager, för att därefter pumpas upp från brunnar installerade i den del av åsen som överlagras



av glaciala/post-glaciala leror. Tidvis tas även vatten från sjön Tämnaren som ligger ca 30 km nordväst om dricksvattentäkten.

Tidigare utförda hydrogeologiska utredningar rörande strömningsförhållandena i anslutning till Uppsalaåsen (Golder Geosystem, SGU m.fl.) indikerar ett generellt strömningsmönster där grundvattnet från omgivande morän- och bergområden i huvudsak strömmar in mot åsen (Fortifikationsförvaltningen, 1993, Golder Geosystems AB, 1990). Även grundvattnets strömningsriktning i den underjordiska biåsen, Jumkilsåsen, har ansetts föreligga från nordväst mot sydost, d.v.s. ”in mot” Uppsalaåsen. Grundvattentillrinningen till åsen begränsas i norr av vattendelare i åsen och i väster och öster av grundvattendelare i högt belägna morän- och områden med berg i dager. Den naturliga flödesriktningen i åsen är mot söder, där grundvattnet strömmar ut i Ekoln som är en del av Mälaren.

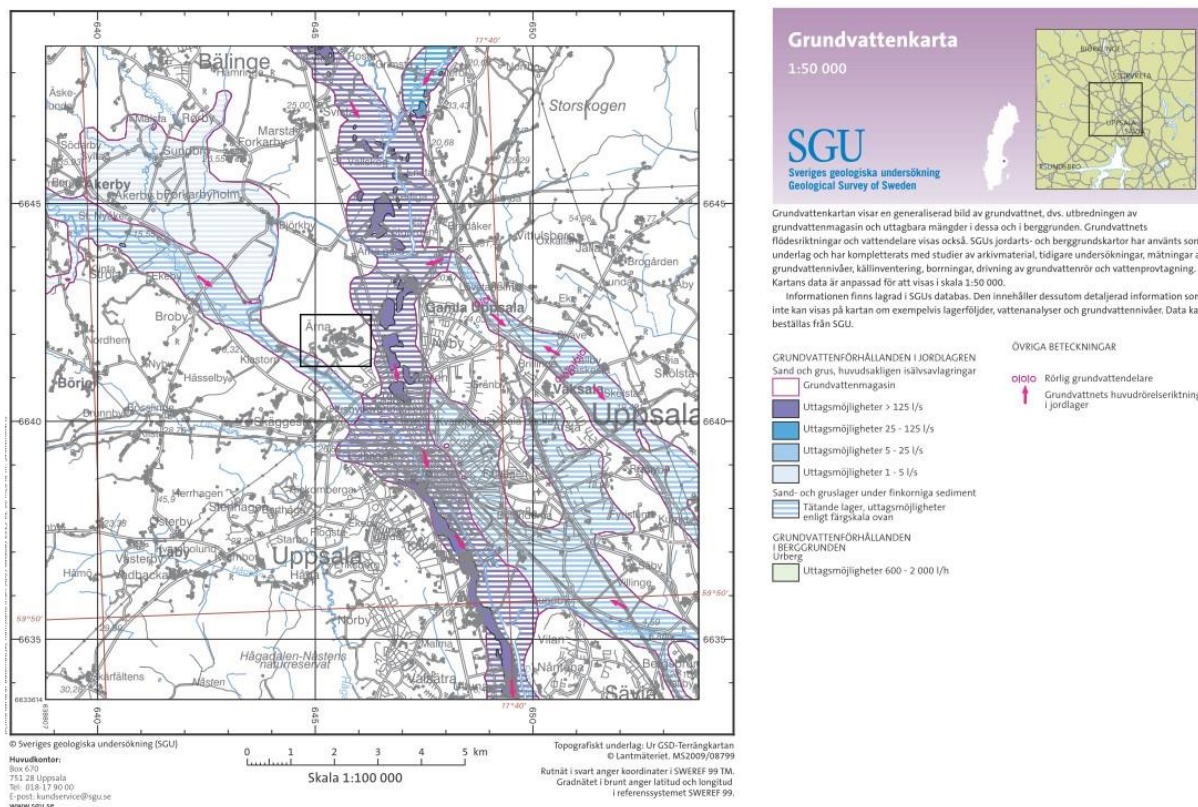
Fyrisån, Björlingeån, Storån, Jumkilsån och Sävjaån rinner fram genom ett slättlandskap med tjocka leravlagringar, vilka skiljer dem från grundvattensystemet. Endast på ett fåtal platser förekommer läckage från grundvatten till ytvattensystemen. Det har rapporterats att ingen grundvattenströmning sker från Uppsalaåsen mot Fyrisån. Däremot sker grundvattenströmning längs åsen söderut under en gradient av 0,5 m på 1 000 m. Dessa slutsatser har dragits efter mätningar i profiler längs Uppsalaåsen parallellt med Fyrisån (Golder Geosystems AB, 1990).

På slätten kring åsen är morän- och bergakviferen överlagrad av ett lerlager, vilket reducerar grundvattenbildningen. Nederbörd som faller över detta område dräneras till ytvattendragen, t.ex. Fyrisån. Större delen av den nederbörd som infiltrerar i morän- och bergakviferen bortom lerslätten dräneras till närliggande ytvattendrag. Endast en mindre del av grundvattenbildningen kommer att strömma under lerlagret på slätten och fram till åskviferen.

Denna bedömning av grundvattenströmningsförhållandena får delvis stöd av grundvattennivådata redovisade i f.d. F16 Upplands Flygflottiljs tillståndsansökan (Fortifikationsförvaltningen, 1993) som indikerar att de f.d. brandövningsplatserna ligger på en lokal grundvattendelare, se bilaga 7. Grundvattendelaren sammanfaller sannolikt med det uppstickande bergparti som förekommer centralt inom brandövningsplatsen. På den västra sidan av vattendelaren är grundvattenströmningen riktad mot sydväst, d.v.s. mot Fyrisån/Jumkilsåsen. Öster om vattendelaren är grundvattenströmningen riktad mot nordväst. Som ovan nämnts föreligger en möjlighet till hydraulisk förbindelse mellan moränakviferen vid Ärna flygbas och Uppsalaåsen via den underjordiska Jumkilsåsen. Jumkilsåsen är en liten åsgren/biås som sträcker sig ut från Uppsalaåsens centrala delar och som därefter utbreder sig i nordvästlig riktning i Fyrisåns dalgång. Jumkilsåsen har en mäktighet av maximalt 5 m och är helt täckt av lerlager, vilket avskiljer åsbildningen från ytvattendraget Fyrisån (Golder

Geosystem AB, 1990). Någon hydraulisk förbindelse mellan ytvattnet i Fyrisån och den underliggande Jumkilsåsen bedöms således inte föreligga.

På den hydrogeologiska kartan, se figur 7, framträder Jumkilsåsen som ett isälvsstråk täckt av tätande lerlager omedelbart väster om Uppsala flygplats. Av den hydrogeologiska kartan framgår också att grundvattnet i Uppsalaåsen strömmar från norr till söder i huvudsak.



**Figur 7.** Utsnitt från SGU:s hydrogeologiska karta (SGU ser Ae 113). Uppsala flygplats är markerad med svart ruta på kartans mitt. Av kartan framgår det tydligt att grundvattentillgången är mycket hög i det område öster om Uppsala flygplats där Uppsalaåsen utbreder sig. Det framgår också att det finns ett isälvsstråk ("Jumkilsåsen") som täckt av tätande lerlager passerar väster om Uppsala flygplats och där grundvattenströmningen sker i sydöstlig riktning, d.v.s. in mot Uppsalaåsen. Det är via denna biås till Uppsalaåsen som en eventuell förorenings-spridning från brandövningsplatserna till Uppsalaåsen skulle kunna förekomma. Vidare framgår att grundvattnet i Uppsalaåsen strömmar från norr mot söder.

### 3 BEDÖMNINGSGRUNDER

För PFAS saknas i stor utsträckning svenska jämförvärden. Mot bakgrund därav har i huvudsak internationellt förekommande gränsvärden åberopats, både avseende jord och grundvatten. Gränsvärden för PFAS varierar inom ett relativt brett spektrum, delvis beroende av vilka toxikologiska/ekotoxikologiska dataunderlag som använts.

I Norge har Statens Forurensningstilsyn (SFT) föreslagit ett riktvärde för PFOS i jord på 100 µg/kg TS, baserat på studier med daggmaskar (Statens Forurensningstilsyn, 2008). Sedan 2010 heter SFT istället Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF). Detta riktvärde har dock blivit ifrågasatt då bakgrundshalterna av PFOS i jord ofta är högre än 100 µg/kg TS, t.ex. i stadsbebyggelse.

SLR Consulting (Kanada) LTD tog år 2008 fram ett förslag till gränsvärden för PFOS i jord baserade på skydd av marklevande organismer respektive skydd av mark- och anläggningsarbetare (hälsobaserat). Gränsvärdena i SLR Consultings rapport är framtagna med hjälp av det amerikanska Naturvårdsverkets (US EPA:s) riskbedömningsmodell för PFC i jord. US EPA har även utarbetat generella gränsvärden för PFOS respektive PFOA i jord inom bebyggda områden på 6 000 µg/kg TS (PFOS) respektive 16 000 µg/kg TS (PFOA) (EPA 2009 och 2012). I tabell 1 redovisas de återopade internationellt förekommande riktvärden för jord. I tabell 3 redovisas en sammanställning över gränsvärden eller rekommenderade sådana i flera media.

**Tabell 1.** Sammanställning av internationellt förekommande rikt-/gränsvärden avseende PFOS och PFOA i jord.

Land/nation	Ämne	Skydd av marklevande organismer	Skydd av mark- och anläggningsarbetare (hälsobaserat)	Jord inom bebyggda områden
Norge (SFT)	PFOS	100 µg/kg TS*		
Kanada (SLR)	PFOS	1 300 µg/kg TS	4 000 µg/kg TS	23 000 µg/kg TS
USA (EPA)	PFOS			6 000 µg/kg TS
USA (EPA)	PFOA			16 000 µg/kg TS

\* baserat på studier av påverkan på daggmaskar.

EPA avser referensen EPA (2009 och 2012).

År 2008 kom Naturvårdsverket med förslag på gränsvärden för PFOS i inlandsvatten (sötvattnen) på 30 000 ng/l och för kustvattnen på 3 000 ng/l (Naturvårdsverket 2008). Båda dessa föreslagna gränsvärden bedöms som mycket höga.

I Naturvårdsverkets rapport 5799 ("Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen") från 2008, redovisas ett utifrån TDI-värden beräknat provisoriskt dricksvattenkriterium för PFOS på mellan 350–1 000 ng/l. Osäkerheten i haltangivelsen beror främst på att olika uppgifter om TDI-värdet för människa föreligger. Utifrån bland annat tyska studier på råttor kan TDI-värdet för människa ligga så pass lågt som 0,1 µg/kg kroppsvikt/dag (Bundesinstitut für Risikobewertung, 2006). I en rapport från 2008 har EU:s livsmedelsmyndighet (EFSA) redovisat en riskbedömning avseende PFOS enligt vilken TDI-värdet för människa skulle vara 0,15 µg/kg kroppsvikt/dag.

I tabell 2 nedan, redovisas föreslagna svenska gränsvärden för PFOS i dricksvatten och inlandsvatten. I tabell 4 återges gränsvärden och förslag till gränsvärden bl.a. dricksvatten och föda. I den FOI-rapport (FOI, 2013) finns beskrivning till hur dessa gränsvärden är framtagna.

**Tabell 2.** Sammanställning av föreslagna gränsvärden avseende PFOS i dricksvatten och inlandsvatten (Naturvårdsverket, 2008).

Land	Ämne	Dricksvatten	Inlandsvatten
Sverige	PFOS	350-1 000 ng/l	30 000

På Livsmedelsverkets hemsida (<http://www.slv.se/sv/grupp1/Dricksvatten/Dricksvattenkvalitet/Perfluorerade-alkylsyror/Riskhanteringsatgard-PFAA/>), uppdaterad: 2014-03-07, finns nu information rörande riskhantering av PFAS i dricksvatten riktat till dricksvattenproducenter och kontrollmyndigheter (Livsmedelsverket 2014). Ett utdrag ur informationen presenteras nedan.

Det finns idag inga rättsligt bindande gränsvärden för PFAS i dricksvatten. Enligt 7 § i Livsmedelsverkets föreskrifter (2001:30) om dricksvatten får dricksvattnet inte innehålla ämnen i sådana halter att de kan utgöra en fara för människors hälsa. Livsmedelsverket har därför tagit fram åtgärdsgränser för PFAS. Åtgärdsgränserna behövs för att dricksvattenproducenter och kontrollmyndigheter ska kunna avgöra om halterna av PFAS i vattnet är så höga att de kan utgöra en hälsofara och därför måste sänkas eller, i värsta fall, avråda vissa grupper från att dricka vattnet. Nedan redovisas Livsmedelsverkets rekommenderade åtgärdsgränser avseende PFAS i dricksvatten:

Livsmedelsverket har under 2014 tagit fram rekommendationer för dricksvattenproducenter i Sverige. Rekommendationen gäller summahalten av 7 st. PFAS ( $\sum\text{PFAS}_7$ ) i råvatten/drucksvatten (PFBS, PFH<sub>x</sub>S, PFOS, PFP<sub>e</sub>A, PFH<sub>x</sub>A, PFH<sub>p</sub>A och PFOA). Informationen som presenteras i tabell 3 har anpassats till dricksvatten som kommer från grundvattenkälla. I fall där råvatten hämtas från ytvattentäkt finns även rekommendation kring konsumtionsfisk och riskhanteringsåtgärder för fisk (Livsmedelsverket, 2014). Livsmedelsverket använder sig av olika rekommendationer baserat på olika haltintervall av dessa 7 st. PFAS (intervallen är <90 ng/l, >90 ng/l och >900 ng/l, se tabell 3).

**Tabell 3.** Sammanfattning över de rekommendationer Livsmedelsverket tagit fram för dricksvattenproducenter i Sverige. Summahalten gäller 7 st. PFAS ( $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>) som Livsmedelsverket rekommenderar att undersöka i råvatten/dricksvatten (PFBS, PFHxS, PFOS, PFPeA, PFHxA, PFHpA och PFOA). Informationen som presenteras i tabellen har anpassats till dricksvatten som kommer från grundvattenkälla. I fall där råvatten hämtas från ytvattentäkt finns även rekommendation kring konsumtionsfisk och riskhanteringsåtgärder för fisk (Livsmedelsverket, 2014).

<b>&lt;90 ng/l</b> (underskrider åtgärdsgränsen för dricksvattnet)	Verka för att långsiktigt minimera exponeringen av PFAS via dricksvattnet.
<b>&gt;90 ng/l</b> (åtgärdsgränsen överskrids i dricksvattnet)	Vidta åtgärder snarast så att halten PFAA i dricksvattnet sänks till så låga halter som är praktiskt möjligt under åtgärdsgränsen.
<b>&gt;900 ng/l</b> (hälsobaserade riktvärdet, TDI, överskrids i dricksvattnet)	Kvinnor som försöker bli gravida, är gravida eller ammar samt spädbarn som får modersmjölksersättning bör undvika att dricka vattnet, eller äta mat som tillagats med vattnet, tills halterna har sänkts.

För att uppnå god kemisk status enligt miljökvalitetsnormerna har EU-kommissionen, i samband med implementeringen av EU:s ramdirektiv för vatten, beslutat om gränsvärden för PFOS (2013/39/EU). Gränsvärden för sötvatten är satta till 0,65 ng/l och för kustnära ytvatten till 0,13 ng/l (Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/39/EU av den 12 augusti 2013 om ändring av direktiven 2000/60/EG och 2008/105/EG vad gäller prioriterade ämnen på vattenpolitikens område). Dessa gränsvärden bygger på resultat som presenteras av The National Institute for Public Health (RIVM). RIVM har i sin rapport använt den metod som används för att ta fram Environmental Quality Standards (EQS) för EU:s vattendirektiv och utifrån denna beräknat ett gränsvärde, Maximum Permissible Concentration (MPC). Denna nivå av PFOS är den halt där inga skadliga effekter kan förväntas (Moermond et al., 2010). Detta två gränsvärden bedöms dock vara så låga att de inte kommer att vara möjligt att understiga dessa i svenska vatten.

I tabell 4 sammanfattas de gränsvärden och/eller för förslag på gränsvärden i olika media. En sammanfattning över hur man kommit fram till flertalet av dessa värden redovisas referensen (FOI, 2013).

**Tabell 4.** Sammanställning av gränsvärden och förslag till gränsvärden i olika media. Mera ingående information kring gränsvärdena går att finna bl.a. i rapporten Perfluorerade ämnen i jord, grundvatten och ytvatten. Riskbild och åtgärdsstrategier. FOI-R-3705-SE (FOI, 2013).

Organisation	Land	Ämne	Gränsvärde	Media	Referens
Naturvårdsverket	Sverige	PFOS	6 µg/kg	Föda	Naturvårdsverket (2008)
Naturvårdsverket	Sverige	PFOS	3 000 ng/l	Kustvatten	Naturvårdsverket (2008)
Naturvårdsverket	Sverige	PFOS	30 000 ng/l	Inlandsvatten	Naturvårdsverket (2008)
EU-kommissionen	EU	PFOS	0,65 ng/l	Sötwater	<a href="http://europa.eu">http://europa.eu</a>
EU-kommissionen	EU	PFOS	0,13 ng/l	Kustnära vatten	<a href="http://europa.eu">http://europa.eu</a>
Forskare		PFOS	12 ng/l	Floder	Se ref Moermond et al. (2010)
Forskare		PFOS	6 ng/l	Sjöar	Se ref Moermond et al. (2010)
Naturvårdsverket	Sverige	PFOS	350–1 000 ng/l	Dricksvatten	Naturvårdsverket (2008)
MDH	USA	PFOS	300 ng/l	Dricksvatten	<a href="http://www.pca.state.mn.us">www.pca.state.mn.us</a>
MDH	USA	PFOA	300 ng/l	Dricksvatten	<a href="http://www.pca.state.mn.us">www.pca.state.mn.us</a>
MDH	USA	PFBA	7 000 ng/l	Dricksvatten	<a href="http://www.pca.state.mn.us">www.pca.state.mn.us</a>
U.S. EPA	USA	PFOS	200 ng/l	Dricksvatten	U.S. EPA 2009
U.S. EPA	USA	PFOA	400 ng/l	Dricksvatten	U.S. EPA 2009
NJ DEP	USA	PFOA	40 ng/l	Dricksvatten	NJDEP 2007
UK DWI	U.K	PFOS	300 ng/l	Dricksvatten	UK DWI 2009
UK DWI	U.K	PFOA	300 ng/l	Dricksvatten	UK DWI 2009
UK HPA	U.K	PFOS	300 ng/l	Dricksvatten	UK HPA 2007
UK HPA	U.K.	PFOA	10 000 ng/l	Dricksvatten	UK HPA 2007
Tyska UBA	Tyskland	PFOS+PFOA	100 ng/l	Dricksvatten	German UBA 2006
Tyska UBA	Tyskland	PFOS+PFOA	300 ng/l	Dricksvatten	German UBA 2006
U.S. EPA	USA	PFOS	6 000 µg/kg TS	Jord	U.S. EPA Region 4 (2009)
U.S. EPA	USA	PFOA	16 000 µg/kg TS	Jord	U.S. EPA Region 4 (2009)
SLR Consulting	Kanada	PFOS	4 000 µg/kg TS	Jord	SLR Consulting
SLR Consulting	Kanada	PFOS	23 000 µg/kg TS	Jord	SLR Consulting
KLIF	Norge	PFOS	100 µg/kg TS	Jord	SFT (2009)

## 4 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

I denna slutrapport redovisas samtliga halldata som tagits fram i tidigare undersökningar rörande PFAS-föroreningar vid Uppsala flygplats. För detaljer information kring tidigare resultat hänvisas till läsaren till tidigare rapporter. I slutrapporten finns även halldata som inte presenterats i tidigare rapporter då de tillkommit under sommaren 2014.

## 4.1 Genomförandebeskrivning

### 4.1.1 BERGANLÄGGNINGEN

Den 26:e november 2013 genomfördes provtagning på inkommande och utgående vatten från en grundvattenbrunn i berganläggningen.

Provtagning av vattnet genomfördes genom att avsedd glasflaska fästes på en teleskopprovtagare som sänkes ner i vattnet som avsågs att provtas. Både innan och efter provtagning rengjordes teleskopprovtagaren med kommunalt kranvatten.

### 4.1.2 DAGVATTEN

Den 17:e februari 2014 togs prov på dagvatten vid Uppsala flygplats. Vattenprov togs direkt i avsedd flaska direkt i en flaska eller med en teleskopisk stång till vilken avsedd flaska fästes. Dagvattnet som provtogs kommer dels från berganläggningen som läns pumpas för att förhindra att vattennivån blir för hög i anläggningen. Vidare provtogs dagvatten som har sitt ursprung från de norra och östra delarna av Uppsala flygplats. Dessa två dagvatten har således olika ursprung och leds i separata dagvattendiken/dagvattenledningar.

### 4.1.3 KOMPLETTERANDE PROVTAGNING GRUNDVATTEN

Den kompletterande undersökning genomfördes den 2–5 juni 2014. Samtliga uttagna prov förvarades i av laboratoriet tillhandahållna flaskor, burkar och förvaringskartonger innan de sändes in till laboratoriet. Samtliga prov sändes till laboratoriet efter att fältarbetet var slutfört. Proven förvarades kylda med hjälp av kylklampar under provtagningsdagen och i kylskåp i väntan på transporten till laboratoriet.

### 4.1.4 INMÄTNING AV PUNKTER

Inmätning av grundvattenrören (X, Y, Z) utfördes 4–5 juni 2014. Punkterna där dagvatten provtagits samt de punkter där skruvborring genomfördes i samband med det senaste fältarbetet mättes in samtidigt. Instrumentet som användes var en GNSS-mottagare av modellen Trimble GeoXR. GPS i systemet Swedish Reference Frame 1999 (SWEREF 99, zon 1800) och RH 2000, vilka är de officiella referenssystem som används mest frekvent i Sverige idag.

### 4.1.5 SONDERING MED SKRUVBORR

Sondering genomfördes med hjälp av borrhandsvagn och skruvborr i samarbete med MiljöGeo i Västervik AB. Under skruvborringen genomförde fältpersonalen jordprovtagning inklusive

dokumentation av lukt- och synintryck samt jordlagerföljd. Jordprov togs direkt från skruvborren och rullprov för hand genomfördes där det var möjligt. Tre av de 4 punkterna där sondering genomfördes ligger i direkt anslutning till platserna där prov på dagvatten togs under våren 2014, (SB N:1-3). Den fjärde punkten är belägen i gränsområdet där ett skogsområde finns (SB N:4). Dagvattnet passerar detta skogsområde innan det når Ytvattenrecipienten Fyrisån. Borrpunkterna visas i bilaga 4–6. Borrprotokoll återfinns i bilaga 1.

#### 4.1.6 TRYCKSONDERING OCH NOEX-BORRNING

Inledande trycksondering utfördes för att klarlägga jordlagerföljden innan installationer av grundvattenrör påbörjades. I samband med foderrörsborrningen användes vatten tillsammans med mekanisk verkan från borringen för att driva ner foderrören. Denna metod går under benämningen NOEX-borrning. Det vatten som användes var beställt från Relita AB i Uppsala. Vattnet levererades till undersökningsområdet i metalltank och lastbil. Vattnet hade sitt ursprung från det kommunala dricksvattennätet i Uppsala. Kemiska analyser av vattnet visade att PFAS-halterna av samtliga analyserade ämnen understeg laboratoriets rapporteringsgräns. Detta innebär att inga mätbara halter av PFAS tillförs jorden i samband med NOEX-borrningen. Det innebär också att eventuella detekterbara PFAS-halter i grundvattenprov inte kan förklaras med att PFAS-förorenat spolvatten tillfört jorden i samband med borring. Förfarandet var detsamma som använts vid tidigare genomförda NOEX-borrningar som genomfördes i samband med den utökade miljötekniska markundersökningen vid Uppsala flygplats (NIRAS 2013b).

Information från sonderingen och/eller NOEX-borrningen avgjorde när vattentillförseln skulle strypas för att istället använda tryckluft vid borringar för grundvattenrör. Syftet med att använda tryckluft istället för spolvatten var att undvika att grundvattnet skulle kontamineras av det tillförda spolvattnet. Eventuella PFAS-föreningar i spolvattnet var inte undersökt innan borringarna påbörjades, utan analysvar av detta vatten kom efter att arbetet var klart. Samtliga PFAS-halter understeg laboratoriets rapporteringsgräns i det spolvatten som användes i samband med NOEX-borrningarna som genomfördes under sommaren 2014.

Trycksondering ger en relativt bra bild över hur jordlagerföljden ser ut och kan kompletteras med information från foderrörsborrningen. Jordlagerföljden dokumenterades i samband med borrningsarbetet inför installationen av grundvattenrören, samt i samband med skruvprovtagning av jord. I bilaga 1, presenteras information som kom fram av trycksonderingen.



#### 4.1.7 PROVTAGNING AV GRUNDVATTEN

Provtagning av grundvatten i de nyinstallerade grundvattenrören utfördes med dränkbar pump kopplad till ett externt batteri och slang av PE. Den dränkbara pumpen var av märket COMET, serie Geo-duplo plus, som kopplas till ett bilbatteri. Det maximala djup som pumpen har kapacitet att pumpa vatten från är ca 20 m. Genom samma förfarande provtogs grundvatten i övriga sedan tidigare installerade grundvattenrör, förutom grundvattenrören med benämning Ärna GV:1, Ärna GV:2 och NIRAS GV1:A. I dessa 3 grundvattenrör, användes istället peristaltisk pump vid omsättningspumpning och provtagning av grundvatten. I samband med den senaste provtagningen av grundvatten mättes även de fysikaliska parametrarna; pH, konduktivitet och temperatur. Stabila värden inväntades innan vattenprovet togs. Instrumentet som användes var av en Thermo Scientific, Orion 5 Star.

Borrjournaler återfinns i bilaga 1. I bilaga 2 återfinns fältprotokollen från provtagningen av grundvatten under sommaren 2014.

#### 4.1.8 LABORATORIEANALYSER AV GRUNDVATTEN, YTVATTEN OCH JORD

Kemiska analyser utfördes av ALS Scandinavia AB. Analyserna omfattade förekomst av 15 st. PFAS i grundvatten samt dagvatten som provtagits den 26 nov 2013, 17 feb 2014 samt 2–5 juni 2014. Laboratoriet var instruerade att dekantera samtliga vattenprov före analys. Analysmetoden som användes var LC-MS-MS. Laboratorieresultat avseende PFAS i jord har rapporterats i tidigare rapporter samt presenterat i samband med möte på Uppsala flygplats. I tabell 5 presenteras rapporteringsgränser för de av ALS Scandinavia AB analyserade PFAS i vatten och jord.

**Tabell 5.** Rapporteringsgränser för de av ALS Scandinavia AB analyserade PFAS i vatten och jord.

Ämne	Rapporteringsgräns vatten (ng/l)	Rapporteringsgräns jord (µg/kg TS)
PFBA perfluorbutansyra	<10	<10
PFPeA perfluorpentansyra	<10	<10
PFHxA perfluorhexansyra	<10	<10
PFHpA perfluorheptansyra	<10	<10
PFOA perfluoroktansyra	<10	<10
PFNA perfluornonansyra	<10	<10
PFDA perfluordekansyra	<10	<10
PFUnDA perfluorundekansyra	<10	<10
PFDoDA perfluordodekansyra	<10	<10
PFBS perfluorbutansulfonat	<10	<10
PFHxS perfluorhexansulfonat	<10	<10
PFOS perfluoroktansulfonat	<10	<10
PFDS perfluordekansulfonat	<10	<10
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<10	<10
6:2 FTS fluortelomersulfonat	<10	<10

## 5 RESULTAT

I detta avsnitt presenteras samtliga analys- och provtagningsdata som tagits fram av NIRAS på uppdrag av Miljöprovningseenheten/Försvarmakten inklusive de data som redovisas i tidigare rapporter.

### 5.1 Jord

Jordprovtagning har utförts med syfte att analysera PFAS-innehållet. Det har även tagits ut jordprov i syfte att bestämma jordarten och i vissa fall göra s.k. rullprov på jordprov.

I samband med den första miljötekniska markundersökningen på Uppsala flygplats (NIRAS 2013a) sändes 3 st. prov på kemisk analys till ackrediterat laboratorium. De prov som analyserades är tagna på 3 platser som bedömdes kunna representera områden/ytor på huvudbrandövningsplatsen där det genomförts övningsverksamhet med brandsläckningsskum (se figur 1 för lokalisering av området). Provpunkternas placering visas i bilaga 4, 5 och 6. Borrjournaler återfinns i bilaga 1. Från skruvborren togs prov direkt i avsedd burk. Bedömningen gjordes att det i huvudsak var den översta metern av jorden som kunde tänkas innehålla spår av PFAS. Sammanfattningsvis kan slutsatsen dras att flera jordarter påträffas vid skruvborringarna och att en förorening relativt snabbt perkolerar ner genom jordlagren.

Resultaten från den första undersökningen visade att PFOS-halter överstigande laboratoriets rapporteringsgräns förelåg i 2 av 3 prov. Övriga halter understeg laboratoriets rapporteringsgräns. Halterna i respektive prov tagna på huvudbrandövningsplatsen (Ärna jord:1–3), sammanfattas i tabell 6, nedan. Fullständiga laboratoriesvar finns i bilaga 3.

**Tabell 6.** Sammanfattning av laboratoriesvar avseende PFAS i tre stycken jordprov tagna på den f.d. huvudbrandövningsplatsen på Uppsala flygplats. Halterna uttrycks som µg/kg TS.

Ämne	Ärna Jord:1 (0-1m)	Ärna Jord:2 (0-1m)	Ärna Jord:3 (0-1m)
TS 105°C	83,2	83,2	81,1
PFBA	<10	<10	<10
PFPeA	<10	<10	<10
PFHxA	<10	<10	<10
PFHpA	<10	<10	<10
PFOA	<10	<10	<10
PFNA	<10	<10	<10
PFDA	<10	<10	<10
PFUnDA	<10	<10	<10
PFDoDA	<10	<10	<10
PFBS	<10	<10	<10
PFHxS	<10	<10	<10
PFOS	<10	46	30
PFDS	<10	<10	<10
PFOSA	<10	<10	<10
6:2 FTS	<10	<10	<10

I samband med den utökade miljötekniska markundersökningen (NIRAS 2013b) provtogs jord på den södra brandövningsplatsen. Platsen där släckövningar bedrivits är inte närmare känd och det har inte gått att återfinna några dokument som visar den exakta lokaliseringen, (muntligt, Jan-Olov Jansson Försvarmakten) (se figur 1 för lokalisering av området). Av denna anledning utfördes skruvborring och provtagning av jord på 3 st. platser inom det område där man skulle kunna förvänta sig att övningar bedrivits med tanke på områdets karaktär och markförhållanden. Detta område ligger söder om huvudbrandövningsplatsen som provtogs i samband med den första inledande miljötekniska markundersökningen (NIRAS 2013a). Provpunkternas placering visas i bilaga 4, 5 och 6. Borrjournaler återfinns i bilaga 1. Laboratoriesvar sammanfattas i tabell 7. I två av fyra jordprov detekterades PFOS. Proven är tagna direkt från skruvborren i 3 st. borrhöjningar. Vid en borrhöjning analyserades jordprov tagna på två olika jorddjup. Proven tagna på den södra f.d. brandövningsplatsen, benämns NIRAS BÖP 1, 2, och 3. Siffrorna anger numrering på jordproven.

Skrubborring utfördes till det djup där skrubborren påträffade berg eller block. Skrubborring är inte möjlig genom berg eller block. Sammanfattningsvis kan slutsatsen dras att flera jordarter påträffas vid skrubborringarna och att en förorening relativt snabbt perkolerar ner genom jordlagren samt att markvatten bedöms strömma i sydvästlig riktning på den södra f.d. brandövningsplatsen.

**Tabell 7.** Sammanfattning av laboratoriesvar avseende PFAS i jordprov tagna på tre punkter på den södra f.d. brandövningsplatsen på Uppsala flygplats. Halterna uttrycks i µg/kg TS.

Ämne	Enhet	NIRAS BÖP 1 (0–1,3)	NIRAS BÖP 2 (0–1,3)	NIRAS BÖP 3 (0–0,7)	NIRAS BÖP 3 (3,3–4,0)
TS 105°C	%	81,0	83,0	91,2	88,2
PFBA	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFPeA	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFHxA	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFHpA	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFOA	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFNA	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFDA	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFUnDA	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFDoDA	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFBS	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFHxS	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFOS	µg/kg TS	34	94	<10	<10
PFDS	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PFOSA	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
6:2 FTS	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10

Resultaten från analyser av jordprov visar att PFAS-halterna är låga. Endast PFOS har kunnat detekteras i halter överstigande laboratoriets rapporteringsgräns. Samtliga PFOS-halter understiger de gränsvärden eller föreslagna sådana som finns framtagna, se tabell 1 och 4.

## 5.2 Grundvatten

I avsnitt 5.2 presenteras samtliga grundvattenprov som analyserats. Resultaten från respektive undersökning presenteras separat. Grundvattenrörens placering visas i bilaga 4, 5, och 6.

### Inledande undersökningen (NIRAS 2013a)

I den inledande undersökningen (NIRAS 2013a) togs 2 st. grundvattenprover för analys med avseende på PFAS i två grundvattenrör som installerades. Laboratoriesvar sammanfattas i tabell 8. Fullständiga laboratoriesvar finns i bilaga 3. Grundvattenrören och proven benämns Ärna

GV:1 och Ärna GV:2. Placeringen av de 2 st. grundvattenrören visas i bilaga 4, 5 och 6. Ärna GV:1 är installerat väster om den f.d. huvudbrandövningsplatsen. Ärna GV:2 är installerat sydväst om den södra brandövningsplatsen. De båda grundvattenrören installerades i grundvattenakviferer på områden som bedömdes vara lokaliserade nedström respektive brandövningsplats.

Det installerades ytterligare ett grundvattenrör (GV:0) i samband med den inledande undersökningen. Lokaliseringen av Ärna GV:0 visas inte på något kartmaterial utan istället förklaras platsen i detta textavsnitt. Grundvattenröret installerades strax söder om den f.d. huvudbrandövningsplatsen, några tiotal meter sydväst om borrhölet Ärna Jord:1 och några meter norr om taxeringsbanan. Det har inte vid något tillfälle kunnat noteras något grundvatten i röret. Med stor sannolikhet är grundvattentillgången mycket liten på platsen. Moränlagret underliggande lerlagret är endast 0,7 m mäktigt och området sluttar kraftigt mot sydväst (se BP:2 i borrhölet, bilaga 1).

Laboratoriesvar avseende analys av PFAS i grundvatten som provtogs i den inledande undersökningen sammanfattas i tabell 7. Fullständiga laboratoriesvar återfinns i bilaga 3.

PFAS-halterna skiljer sig kraftigt åt i de två grundvattenproven. Högsta  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt kunde påvisas i Ärna GV:2 (43 690 ng/l). Höga halter av PFOS, PFOA PFHxA och PFHxS påvisades i Ärna GV:2. Halterna av motsvarande PFAS i Ärna GV:1 var förhållandevis låga. I Ärna GV:1 överstiger  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halten Livsmedelsverkets åtgärdsgräns >90 ng/l. I Ärna GV:2 däremot överstiger  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halten Livsmedelsverkets hälsobaserade riktvärde, TDI (>900 ng/l) för dricksvatten.

**Tabell 8:** Sammanställning av laboratoriesvar avseende analys av PFAS i grundvatten som provtogs i den inledande undersökningen (NIRAS 2013 a).

Ämne	Ärna GV:1 (ng/l)	Ärna GV:2 (ng/l)
PFBA	<10	210
PFPeA	<10	420
PFHxA	26	1 300
PFHpA	<10	250
PFOA	<10	2 200
PFNA	<10	16
PFDA	<10	<10
PFUnDA	<10	<10
PFDoDA	<10	<10
PFBS	170	520
PFHxS	360	11 000
PFOS	13	28 000
PFDS	<10	<10
PFOSA	<10	91
6:2 FTS	<10	<10
<b>ΣPFAS<sub>7</sub></b>	<b>584</b>	<b>43 690</b>

Båda grundvattenproven togs under samma dag och med samma metod. Tillrinningen var mycket god i båda grundvattenrören vid provtagningstillfället. Dessa grundvattenprov togs samma dag som grundvattenrören installerades.

#### Utökade undersökningen (NIRAS 2013b)

I samband med den utökade undersökningen installerade 6 st. grundvattenrör som provtogs i syfte att analysera PFAS-innehållet (NIRAS GV1:A, NIRAS GV1:B, NIRAS GV:4, UV GV:1, UV GV:2 och UV GV:3). Provtagning av grundvatten genomfördes också i ett grundvattenrör installerat i Uppsalaåsen vid idrottsanläggningen Fyrishov (NIRAS Fyrishov), söder om Uppsala flygplats. Dessutom togs ett grundvattenprov direkt från en vattenkran på gården Klastorp (NIRAS Klastorp), väster om Uppsala flygplats. Grundvattenrörens placering och var Klastorp är lokaliserat framgår av bilaga 4, 5 och 6.

Vatten från dricksvattenbrunnen vid gården Klastorp förser boende och kreatur med vatten. Klastorp är beläget på den östra sidan om Fyrisån, uppström de två f.d. brandövningsplatserna på Uppsala flygplats. Grundvattnet i dricksvattenbrunnen torde inte påverkas av PFAS-föroreningen vid Uppsala flygplats eftersom Klastorp är beläget uppströms de f.d. brandövningsplatserna.

Det har inte gått att hitta någon information om hur djup denna brunn är borrarad, eller vilket material som underlagrar leran på platsen. Men stor sannolikhet är brunnen borrarad ner i Jumilsåsens vattenförande lager och underliggande berg. I prov NIRAS Klastorp, som togs den 11 april 2013, var det endast PFHxS och PFOS som översteg laboratoriet rapporteringsgräns (se tabell 9). Halterna för PFHxS och PFOS var 17 ng/l respektive 12 ng/l.  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halten var 54 ng/l, d.v.s. summahalten understiger Livsmedelverkets åtgärdsgräns för dricksvatten. Fullständiga laboratoriesvar återfinns i bilaga 3.

Grundvattenströmningen ska enligt uppgifter vara sydvästlig från de två f.d. brandövningsplatserna d.v.s. i riktning mot Fyrisån och den underjordiskt lokaliserade Jumkilsåsen. Av denna anledning installerades två st. grundvattenrör i området söder om de f.d. brandövningsplatserna i moränakviferen. Grundvattenrörens placering visas i bilaga 4, 5 och 6. Grundvattenrören benämns NIRAS GV1:A och NIRAS GV1:B (se bilaga 4, 5 och 6 för lokalisering).

$\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halterna i NIRAS GV1:A och NIRAS GV1:B var 21 310 ng/l respektive 11 870 ng/l, se tabell 9.  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halterna överstiger Livsmedelsverkets hälsobaserade riktvärde, TDI (>900 ng/l) för dricksvatten.

Ytterligare ett grundvattenrör, NIRAS GV:4, installerades i moränakviferen söder om de två brandövningsplatserna  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halten i NIRAS GV:4 (1 059 ng/l) överstiger Livsmedelsverkets hälsobaserade riktvärde, TDI (>900 ng/l) för dricksvatten. Resultaten för laboratorieanalyserna sammanfattas i tabell 9 nedan.

**Tabell 9.** Sammanställning av laboratoriesvar avseende analys av PFAS i grundvatten i installerade rör i samband med den utökade undersökningen. Vid denna tidpunkt togs också ett prov vid Klastorp ur en kran kopplad till en dricksvattenbrunn på gården.

Ämne	NIRAS GV1:A (ng/l)	NIRAS GV1:B (ng/l)	NIRAS GV:4 (ng/l)	NIRAS Klastorp (ng/l)
PFBA	230	160	<10	<10
PFPeA	430	320	13	<10
PFHxA	1800	1 100	39	<10
PFHpA	280	260	12	<10
PFOA	1400	1 100	24	<10
PFNA	<10	<10	<10	<10
PFDA	<10	<10	<10	<10
PFUnDA	<10	<10	<10	<10
PFDoDA	<10	<10	<10	<10
PFBS	1 200	990	61	<10
PFHxS	5 200	2 800	390	17
PFOS	11 000	5 300	520	12
PFDS	<10	<10	<10	<10
PFOSA	<10	16	<10	<10
6:2 FTS	<10	19	<10	<10
<b>ΣPFAS<sub>7</sub></b>	<b>21 310</b>	<b>11 870</b>	<b>1 059</b>	<b>54</b>

Syftet med att installera grundvattenröret UV GV:2, var att möjliggöra provtagning av grundvatten i Jumkilsåsen uppströms det område där Jumkilsåsen ”går samman” med Uppsalaåsen och där eventuell PFAS-förorening från de f.d. brandövningsplatserna, som transporterats via Jumkilsåsen, kan förväntas förekomma. Man bör samtidigt ha i åtanke att SGU:s grundvattenkarta enbart ger en grov bild av var gränsen mellan Jumkilsåsen och Uppsalaåsen går. Grundvattenrörets placering visas i bilaga 4, 5 och 6.

Vid borrhingsarbetet konstaterades i punkten UV GV:2 att det under leran finns ett lager med finsand som i sin tur underlagras av grus innan slutligen berg påträffas. Berget är hårt och inga sprickor noterades i samband med sonderingen och NOEX-borringen. Grus- och sandmaterialet ovanför berggrundsytan i UV GV:2 tillhör sannolikt den glaciälviala avlagringen Jumkilsåsen, en nordvästlig utlöparen/biås till Uppsalaåsen. Detta dock sagt med reservation för resonemanget ovan avseende svårtolkade gränssnitt mellan de olika isälvsstråken. Borrjournaler återfinns i bilaga 1.

ΣPFAS<sub>7</sub>-halten i UV GV:2 (523 ng/l) överstiger åtgärdsgränsen i dricksvattnet (>90 ng/l). Resultaten för laboratorieanalyserna sammanfattas i tabell 10 nedan. Sammantaget kan således slutsatsen dras att en tydlig PFAS-förorening påvisas i punkten UV GV:2 och att denna rent



teoretiskt skulle kunna härröra från Uppsala flygplats. Fullständiga laboratoriesvar återfinns i bilaga 3.

Nordöst om grundvattenröret UV GV:2, installerades grundvattenröret UV GV:3. Grundvattenrörets placering visas i bilaga 4, 5 och 6. Även detta rör är placerat inom Jumkilsåsen bedömda utbredning enligt SGU:s grundvattenkarta. Materialet som rörfiltret är placerat i består av åsmaterial. Bedömningen görs att detta material har mera tydlig karaktär av åsmaterial än det material som filtret för UV GV:2 är installerat i.  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halten i UV GV:3 (1 170 ng/l) överstiger Livsmedelsverkets hälsobaserade riktvärde, TDI (>900 ng/l) för dricksvatten. Resultaten för laboratorieanalyserna sammanfattas i tabell 10 nedan. Fullständiga laboratoriesvar återfinns i bilaga 3.

Vid Fyrishov provtogs grundvatten i ett befintligt rör. Grundvattenrörets placering visas i bilaga 4, 5 och 6. Provtagningen utfördes på samma sätt som för de grundvattenrör som installerades i samband med undersökningen. I provet NIRAS Fyrishov, påträffades 8 st. PFAS. Halterna av detekterade PFAS låg ungefär emellan de halter som detekterades i UV GV:2 och UV GV:3. I NIRAS Fyrishov var PFOS-halten den högsta av analyserade PFAS. Även relativt hög halt av PFHxS detekterades. Det har tidigare rapporterats motsvarande halt av PFOS och PFHxS i grundvattenprov tagna under november 2012 (Uppsala Vatten AB, 2013). De uppmätta halterna av PFOS ligger mellan ca 170 ng/l–250 ng/l och något högre för PFHxS, ca 250 ng/l–290 ng/l.  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halten i NIRAS Fyrishov (872 ng/l) överstiger Livsmedelverkets åtgärdsgräns i dricksvattnet (>90 ng/l) men understiger det hälsobaserade riktvärdet för dricksvatten. Resultaten för laboratorieanalyserna sammanfattas i tabell 10 nedan. Fullständiga laboratoriesvar återfinns i bilaga 3.

Ett grundvattenrör installerades i Tunabergsparken, UV GV:1. Grundvattenrörets placering visas i bilaga 4, 5 och 6. Grundvattenröret bedöms vara installerat i den centrala delen av Uppsalaåsen uppströms det område där Jumkilsåsen ansluter till Uppsalaåsen och betraktas som en referenspunkt där någon påverkan av PFAS-förorening från de f.d. brandövningsplatserna vid Uppsala flygplats inte borde föreligga. Två prov togs från detta grundvattenrör, ett med bailer och ett med dränkbar pump. Prov som togs med dränkbar pump benämns UV GV:1 (prov 2). Vid en jämförelse mellan dessa två prov som tagits med ca 2 veckors mellanrum är halterna högre i det andra provet (prov 2).

I provet UV GV:1 (prov 2) detekterades 8 st. PFAS. Den högsta halten som rapporterades gäller PFOS (520 ng/l), följt av PFHxS (510 ng/l). Halten PFOA var 96 ng/l. Halterna av PFAS i detta prov var högre än samtliga övriga prov som tagits utanför Uppsala flygplats.  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halten i UV GV:1 (1 631 ng/l) överstiger Livsmedelsverkets hälsobaserade riktvärde, TDI (>900 ng/l).

Resultaten för laboratorieanalyserna sammanfattas i tabell 10 nedan. Fullständiga laboratoriesvar återfinns i bilaga 3.

**Tabell 10.** Sammanställning av laboratoriesvar avseende analys av PFAS i grundvatten i installerade rör i samband med den utökade undersökningen (NIRAS 2013b).

Ämne	UV GV:1 prov1 (ng/l)	UV GV:1 prov2 (ng/l)	UV GV:2 (ng/l)	UV GV:3 (ng/l)	NIRAS Fyrishov (ng/l)
PFBA	20	28	<10	17	13
PFPeA	32	36	11	25	18
PFHxA	130	170	58	110	84
PFHpA	27	49	12	30	20
PFOA	67	96	45	85	60
PFNA	<10	<10	<10	<10	<10
PFDA	<10	<10	<10	<10	<10
PFUnDA	<10	<10	<10	<10	<10
PFDoDA	<10	<10	<10	<10	<10
PFBS	160	250	57	100	70
PFHxS	480	510	150	320	250
PFOS	450	520	190	500	370
PFDS	<10	<10	<10	<10	<10
PFOSA	<10	<10	<10	<10	<10
6:2 FTS	<10	<10	<10	<10	<10
<b>ΣPFAS<sub>7</sub></b>	<b>1 346</b>	<b>1 631</b>	<b>523</b>	<b>1 170</b>	<b>872</b>

#### Kompletterande underökning (2014).

I samband med den kompletterande undersökningen sommaren 2014 togs nya prov från samtliga installerade grundvattenrör. Resultaten sammanfattas i tabell 11 och tabell 12 nedan. I uppdraget ingick att installera ytterligare 2 st. grundvattenrör på Uppsala flygplats. Dessa benämns NIRAS GV:5 och NIRAS GV:6. Grundvattenrörens placering visas i bilaga 4, 5 och 6. Fullständiga laboratoriesvar återfinns i bilaga 3. ΣPFAS<sub>7</sub>-halten i NIRAS GV:5 (252 ng/l) och NIRAS GV:6 (481 ng/l) överstiger Livsmedelverkets åtgärdsgräns i dricksvattnet (>90 ng/l) men understiger det hälsobaserade riktvärdet för dricksvatten. Resultaten för laboratorieanalyserna sammanfattas i tabell 12.

**Tabell 11.** Sammanställning av laboratoriesvar avseende analys av PFAS i grundvatten i installerade rör i samband med den kompletterande undersökningen. Halterna uttrycks i enheten ng/l.

Ämne	Ärna GV:1 (ng/l)	Ärna GV:2 (ng/l)	NIRAS GV1:A (ng/l)	NIRAS GV1:B (ng/l)	NIRAS GV:4 (ng/l)
dekantering	ja	ja	ja	ja	ja
PFBA	<10	260	65	200	<10
PFPeA	<10	250	64	230	<10
PFHxA	23	1 400	360	1 100	32
PFHpA	<10	240	50	200	<10
PFOA	<10	3 400	280	1 000	16
PFNA	<10	<10	<10	<10	<10
PFDA	<10	<10	<10	<10	<10
PFUnDA	<10	<10	<10	<10	<10
PFDoDA	<10	<10	<10	<10	<10
PFBS	88	670	190	700	49
PFHxS	520	11 000	2 000	5 200	760
PFOS	<10	12 000	1 500	3 000	300
PFDS	<10	<10	<10	<10	<10
PFOSA	<10	17	<10	<10	<10
6:2 FTS	<10	13	<10	100	<10
<b>ΣPFAS<sub>7</sub></b>	<b>651</b>	<b>28 960</b>	<b>4 444</b>	<b>11 430</b>	<b>1 167</b>

**Tabell 12:** Sammanställning av laboratoriesvar avseende analys av PFAS i grundvatten i installerade rör i samband med den kompletterande undersökningen under sommaren 2014. Halterna uttrycks i enheten ng/l.

Ämne	NIRAS GV:5 (ng/l)	NIRAS GV:6 (ng/l)	UV GV:1 (ng/l)	UV GV:2 (ng/l)	UV GV:3 (ng/l)
dekantering	ja	ja	ja	ja	ja
PFBA	<10	<10	16	<10	17
PFPeA	<10	<10	<10	<10	<10
PFHxA	19	32	100	44	110
PFHpA	<10	<10	21	<10	23
PFOA	12	13	44	30	66
PFNA	<10	<10	<10	<10	<10
PFDA	<10	<10	<10	<10	<10
PFUnDA	<10	<10	<10	<10	<10
PFDoDA	<10	<10	<10	<10	<10
PFBS	17	41	96	28	65
PFHxS	160	330	510	220	540
PFOS	34	55	200	56	210
PFDS	<10	<10	<10	<10	<10
PFOSA	<10	<10	<10	<10	<10
6:2 FTS	<10	<10	<10	<10	<10
<b>ΣPFAS<sub>7</sub></b>	<b>252</b>	<b>481</b>	<b>976</b>	<b>388</b>	<b>1 019</b>

### 5.3 Spillvatten

I samband med den utökade undersökningen (NIRAS 2013b) togs ett prov på inkommande spillvatten vid byggnad 101 på Uppsala flygplats. Platsen är markerad i bilaga 5 och 6. I figur 8, nedan visas byggnad 101, i vilken spillvattenprovet Ärna Pumphus togs. Från byggnad 101 leds spillvatten vidare via en spillvattenledning till det kommunala spillvattennätet (figur 8).

I Ärna Pumphus detekterades mycket höga PFAS-halter ( $\Sigma$ PFAS 94 610 ng/l), se tabell 13. Inkommande vatten till pumpstationen vid byggnad 101 ska, enligt uppgifter från Jan-Olov Jansson (f.d. miljöhandläggare, Försvarmakten vid Uppsala Garnison), bestå av spillvatten som kommer från de lägre belägna områdena i norr och öster på flygplatsen inkl. spillvatten från berganläggningen. Det kan även härröra från de s.k. jordkulorna på flygplatsen där flygplan och fordon stått uppställda. Vatten i pumpgropen i byggnad 101, pumpas vidare till spillvattennätet för att slutligen tas omhand i det kommunala reningsverket. Vatten som pumpas ut från berganläggningen (d.v.s. inträngande vatten) ska enligt uppgift inte vara sammankopplat med det spillvatten som provtagits i det inkommande vattnet i pumpgropen i byggnad 101.



**Figur 8.** Figuren visar var provet Ärna pumphus är taget samt hur spillvattnet leds via en spillvattenledning till det kommunala spillvattennätet. Det finns ytterligare två pumpstationer på Uppsala flygplats men dessa har ingen koppling till platser där det bedömts hanterats brandläckningsskum, d.v.s. inte påverkat av de f.d. brandövningsplatserna eller berganläggningen.

Det finns risk att PFOS-innehållande brandskum av AFFF-typ vid något tillfälle har släppts ut i någon brunn på området som är kopplad till det spillvattennät som dräneras till pumpgroppen i byggnad 101 (enligt uppgifter från Jan-Olov Jansson (f.d. miljöhandläggare, Försvarmakten vid Uppsala Garnison). Då PFAS har ytaktiva egenskaper finns det möjlighet att de ytaktiva ämnena har adsorberats till väggarna i spillvattenrören för att sedan ”släppa” från rören under en lång period framöver. Då PFAS har flera användningsområden finns det möjlighet att de uppmätta halterna i spillvattnet har en helt annan härkomst än brandsläckningsskum. Det är känt att PFAS används i hydraulolja inom flygindustrin och att ett utsläpp av just hydraulolja skulle kunna förklara de höga PFAS-halter som detekteras i spillvattnet vid byggnad 101. Även om det finns oljeavskiljare som tar hand om oljeföroreningar från bansystemet kan det tänkas att vattenlösliga PFAS passerar oljeavskiljaren och förs vidare via spillvattensystemet. Spillvattnet renas i det kommunala reningsverket, Kungsängsverket. Det finns dock ingen reningsfunktion som tar bort eventuella PFAS-föroreningar i spillvattnet. Troligen passerar PFAS-föroreningar i stor utsträckning ”rakt igenom” det kommunala reningsverket och hamnar i ytvattenrecipienten Fyrisån söder om Uppsala.

PFAS-halterna i spillvattenprovet sammanfattas i tabell 13 nedan. Fullständiga laboratoriesvar återfinns i bilaga 3.

**Tabell 13.** Sammanställning av laboratoriesvar avseende analys av PFAS i ett prov som tagits på spillvatten i byggnad 101 på Uppsala flygplats. Halterna uttrycks i enheten ng/l.

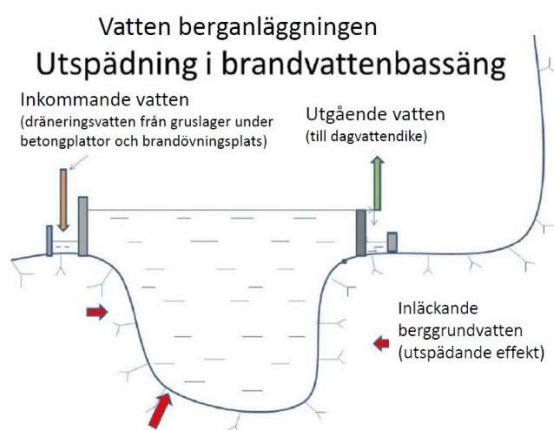
Ämne	Ärna pumphus (ng/l)
dekantering	ja
PFBA	140
PFPeA	460
PFHxA	19 000
PFHpA	260
PFOA	690
PFNA	<10
PFDA	<10
PFUnDA	<10
PFDoDA	<10
PFBS	50 000
PFHxS	5 200
PFOS	19 000
PFDS	<10
PFOSA	<10
6:2 FTS	50
<b>ΣPFAS<sub>7</sub></b>	<b>94 610</b>

## 5.4 Vatten i berganläggningen

I samband med undersökningen ”Perfluorerade ämnen i vatten från en grundvattenbrunn vid Uppsala Garnison samt dagvattennätet” (NIRAS 2014a) togs 2 st. prov på vatten inne i berganläggningen. Var dessa prov togs visas inte på någon karta av sekretesskäl.

Provet med benämning ”Inkommande 900”, är den närmaste möjliga provtagningsmöjligheten som ska finnas på inkommande vatten i vattenbrunnen i berganläggningen. Det inkommande vattnet skall enligt uppgifter från personal vid Försvarmakten vid Uppsala flygplats till stor del utgöras av dräneringsvatten från gruslager under betongplattor på området. Att det sker en dränering av området kan man se i den skiss som finns som bilaga i den tillståndsansökan som Fortifikationsförvaltningen upprättade 1993 och visar grundvattennivåer uppmätta 1993-10-05 (Fortifikationsförvaltningen, 1993). Området på den plats där vattenbrunnen (berganläggningen) är placerad, framträder som en sänktratt på ritningen (bilaga 7).

Provet med benämning ”Utgående 900”, är taget på vatten som pumpas från vattenbrunnen, se figur 5. Detta vatten pumpas upp till dagvattennätet på Uppsala flygplats. Dagvattnet leds därefter till ytvattenrecipienten Fyrisån. Vattnet i den bassäng som finns i anslutning till den bergborrade brunnen utgörs inte enbart av dräneringsvatten från det gruslager som finns under betongplattorna på området, utan det sker också inträngning av berggrundvatten från omgivande berg. Detta medför att det sker en spädning av vattnet innan det pumpas upp, se figur 9. Det har i dagsläget inte gått att få klarhet i hur pumpningen går till, t.ex. om pumpningen sker kontinuerligt eller stötvis. Om pumpning sker kontinuerligt skulle det innebära att grundvattnets tryckyta i omgivande berggrund är riktad mot berganläggningen. Detta skulle innebära att risken för föroreningsutbredning via berggrundvatten från området kring berganläggningen är liten.



**Figur 9.** Schematisk bild över hur platsen där vattenprov togs. Provet med benämning Inkommande 900 togs i bassängen i den vänstra delen av figuren. Provet med benämning Utgående 900 togs i den bassäng som visas till höger i figuren. Det sker inträngning av grundvatten från berget i vilket vattenbrunnen är borrhad i.

**Tabell 14.** Halter av PFAS i proven med benämning Inkommande 900 och Utgående 900. Båda proven är tagna i berganläggningen. Utgående vatten leds till dagvattennätet. Halterna uttrycks i enheten ng/l.

Ämne	Inkommande 900 (ng/l)	Utgående 900 (ng/l)
PFBA	580	210
PFPeA	750	270
PFHxA	3 600	1 200
PFHpA	610	220
PFOA	1 800	640
PFNA	11	<10
PFDA	<10	<10
PFUnDA	<10	<10
PFDoDA	<10	<10
PFBS	5 200	1 300
PFHxS	33 000	8 600
PFOS	84 000	32 000
PFDS	41	47
PFOSA	480	320
6:2 FTS	<10	<10
<b>ΣPFAS<sub>7</sub></b>	<b>128 960</b>	<b>44 230</b>

Syftet med provtagningen i berganläggningen var att undersöka om det förekommer PFAS i grundvattnet i den bergborrade brunnen. Då vatten från denna brunn pumpas till dagvattennätet kan denna undersökning ge svar på om det sker en spridning av PFAS via dagvattnet till ytvattenrecipienten Fyrisån.

Höga halter av flera PFAS kunde påvisas i vatten som provtagits i den bergborrade brunnen. Generellt påträffas högre PFAS-halter i inkommande vatten jämfört med vatten som pumpas ut från den bergborrade brunnen (se tabell 14). Att det förekommer höga halter av flera PFAS i grundvattenbrunnen kan med stor säkerhet förklaras av att det bedrivits övningsverksamhet med brandskum inom det hållområde som angränsar berganläggningen. Betydligt högre halter av PFOS detekteras både i inkommande (84 000 ng/l) och utgående vatten (32 000 ng/l) från grundvattenbrunnen vid berganläggningen, jämfört med vad som detekterats i grundvattenrör som installerats i brandövningsplatsernas närhet (5 300–11 000 ng/l). Förklaringen till att man finner lägre halter i utgående vatten från anläggningen är att spädning sker med inträngande berggrundvatten som inte är PFAS-förorenat.

Om man tittar till det underlag som finns i tillståndsansökan för F16 (bilaga 7), ser man att ett relativt stort område kan ha en direkt påverkan på föroreningsinnehållet i vattenbrunnen i berganläggningen.

Vid en jämförelse mellan vilka PFAS som påträffas i vattenbrunnen i berganläggningen och grundvattenrören invid brandövningsplatsen (NIRAS GV1:A och NIRAS GV1:B) ser man att PFDS enbart påträffas i vatten grundvattenbrunnen och inte i grundvatten i något av grundvattenrören. PFOSA har tidigare påvisats i ett av grundvattenrören (NIRAS GV1:B, 16 ng/l) och nu även i inkommande (480 ng/l) och utgående vatten (320 ng/l) från berganläggningen. Samtliga av de PFAS som påvisats i inkommande och utgående vatten till grundvattenbrunnen som påvisats har ingått i den gamla generationens brandsläckningsskum av AFFF-typ (Kemi, 2013).

Det kan inte uteslutas att det finns en föroreningskälla i jordlagret som ligger ovan eller kring berganläggningen utöver de båda undersökta brandövningsplatserna, och från vilken spridning av PFAS i huvudsak sker mot berganläggningen. Det har även framkommit att berganläggningen vid ett tillfälle fyllt med brandsläckningsskum (muntligt Folke Borgh, Försvarsmakten/Miljöprovningseenheten vid möte på Länsstyrelsen 2015-02-11). Vilken typ av skum som fyllde anläggningen eller vilka mängder som släpptes ut vid det tillfället är inte klarlagt. Det är troligt att detta skum tillsammans med inträngande vatten i berganläggningen har pumpats upp till dagvattennätet.

Det har även visat sig att spillvatten som provtagits i ett pumphus på Uppsala flygplats (byggnad 101) innehåller höga halter av flera PFAS. Detta spillvatten leds till ett kommunalt reningsverk i Uppsala. *Inget* vatten från den bergborrade brunnen i berganläggningen ska enligt uppgifter från Fortifikationsverket ledas till spillvattennätet, däremot pumpas spillvatten från berganläggningen till byggnad 101.

## 5.5 Dagvatten

Det har tagit prov på 4 st. platser på Uppsala flygplats. Provpunkternas placering visas i figur 10 och 11 samt i bilaga 4, 5, och 6.

I figur 10 nedan, visas de delar av dagvattendiket på östra och södra delarna av Uppsala flygplats. Denna bild har tagits fram med hjälp av den ett handritat underlag som erhållit från Försvarsmaktens personal på Uppsala flygplats samt iakttagelser i fält. Det råder det dock fortfarande vissa oklarheter hur var dagvattnet leds efter det passerat det öppna diket där provet Dagvatten 2 togs. Det östra dagvattendiket leds till en dagvattenbrunn i bostadsområdet söder om flygplatsområdet. Hur ledningarna är dragna till Fyrisån är oklart och var utloppet är lokaliserat.





**Figur 10.** Karta som markerar dagvattendiken. Provet Dagvatten 4 tog i en oljeavskiljare som tar emot dagvatten från norra och östra delen av Uppsala flygplats. Detta dagvatten leds i ett öppet dike till en dagvattenbrunn. Därifrån leds dagvattnet via det kommunala dagvattennätet till Fyrisån. Hur ledningen är dragen är oklart. Dagvatten innehållande bl.a. utgående länsvatten från berganläggningen, led i ett bitvis öppet dike (prov Dagvatten 3 och 4). Oklarheter råder om dagvattnet når platsen där provet Dagvatten 1 togs. Detta dike var bitvis igenvuxet och endast små mängder dagvatten kunde noteras längs den prickade linjen. Kartan hämtad från Eniro:s webbsida.

Med stor sannolikhet består det dagvatten som provtagits i provpunkterna Dagvatten 2 och 3 till viss del inträngande vatten som pumpas upp från berganläggningen. Provet Dagvatten 4 togs i en oljeavskiljare som var under avveckling i samband med provtagningen. Provet med benämning dagvatten 4 har sitt ursprung i den norra och östra delen av Uppsala flygplats. Bland annat finns en helikopterhangar och helikopterplatta i den östra delen av Uppsala flygplats. Dagvatten 4 bedöms dock inte ha något samband med provpunkterna Dagvatten 2 och 3, och därmed inte heller något samband med det PFAS-förorenade vattnet i berganläggningen.

Provet Dagvatten 2 togs på en plats där vattnet rinner ut i ett öppet dike. Det råder osäkerhet var detta dagvatten har sitt ursprung. Om man ser till handritade material vi tagit del av från Försvarmakten ska dagvattnet ledas i ett öppet dike söder ut innan det slutligen leds i västlig riktning till ytvattenrecipienten Fyrisån. Iakttagelser i fält och information från flygfoto antyder att dagvattnet borde ledas söder ut och därefter väster ut till Fyrisån. Denna del av dagvattendiket är igenvuxet och torrlagt. Dagvattnet leds troligen inte via de sistnämnda delarna av området till Fyrisån utan hamnar istället i skogspartiet som angränsar Fyrisån, väster om prov Dagvatten 2 (se figur 10).

Platsen där provet med benämning dagvatten 1 är ett öppet dike. Detta öppna dike övergår till ett rör som går under den grusade vägen. Detta rör mynnar sedan direkt ut till ytvattenrecipienten Fyrisån. Troligt är att ett relativt stort område dräneras till platsen där Dagvatten 1 togs. Mycket låga halter av PFOS detekterades i Dagvatten 1.

Helikopterhangaren är lokaliserad till östra delen av flygplatsen uppströms provtagningspunkten dagvatten 4. Om aktiviteter vid helikopterhangaren och helikopterplattan kan ha medfört att PFAS spridits med dagvattnet från platsen är inte klarlagt. Dräneringsvatten från detta område leds till oljeavskiljaren där Dagvatten 4 togs. Efter att dagvattnet passerat oljeavskiljaren leds det vidare i det delvis öppet dike söder ut inne på Uppsala flygplats.

En sammanställning av laboratoriesvaren visas i tabell 15. Fullständiga laboratoriesvar återfinns i bilaga 3. Högst  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt påträffades i proven Dagvatten 2 och 3 (4 123 ng/l, respektive 3 482 ng/l). Lägre  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halter påträffades i Dagvatten 1 och 4. Sammantaget är det svårt att bedöma hur mycket dagvatten som tillförs Fyrisån från de två dagvattendikena. PFOS-halten i proven Dagvatten 1–4 understiger Naturvårdsverkets föreslagna gränsvärde för inlandsvatten (30 000 ng/l) men överstiger 0,65 ng/l. För att uppnå god kemisk status enligt miljökvalitetsnormerna har EU-kommissionen, i samband med implementeringen av EU:s ramdirektiv för vatten, beslutat om gränsvärden för PFOS (2013/39/EU). Gränsvärden för sötvatten är satta till 0,65 ng/l.

**Tabell 15.** Halter av PFAS i proven Dagvatten 1–4. Samtliga prov är tagna 17 februari 2014.

Ämne	Dagvatten 1 (ng/l)	Dagvatten 2 (ng/l)	Dagvatten 3 (ng/l)	Dagvatten 4 (ng/l)
dekantering	ja	ja	ja	ja
PFBA	<10	<10	11	16
PFPeA	<10	<10	13	56
PFHxA	<10	33	53	95
PFHpA	<10	<10	11	27
PFOA	<10	21	27	61
PFNA	<10	<10	<10	<10
PFDA	<10	<10	<10	<10
PFUnDA	<10	<10	<10	<10
PFDoDA	<10	<10	<10	<10
PFBS	<10	58	90	140
PFHxS	26	410	490	850
PFOS	17	3 600	2 800	570
PFDS	<10	<10	<10	<10
PFOSA	<10	34	19	<10
6:2 FTS	<10	<10	<10	26
$\Sigma$ PFAS <sub>7</sub>	<b>68</b>	<b>4 132</b>	<b>3 482</b>	<b>1 799</b>

## 5.6 Ytvatten

I samband med den utökade undersökningen (NIRAS 2013b) togs 3 st. ytvattenprov i ytvattenrecipienten Fyrisån (provtagning 5 april 2013). Lokaliseringen av provpunkterna återfinns i bilaga 4, 5 och 6. En sammanfattning av laboratoriesvaren återfinns i tabell 16. De fullständiga laboratoriesvaren återfinns i bilaga 3.

Syftet med provtagning av ytvatten var att utröna om det förekommer spridning av PFAS till ytvattenrecipienten Fyrisån, som är lokaliserad väster och söder om Uppsala flygplats. Vattnet i Fyrisån rinner från norr mot söder/öster på den västra sidan om Uppsala flygplats. Ytvatten 1 togs norr om de f.d. brandövningsplatserna på Uppsala flygplats. Vidare togs det ett prov i jämnhöjd med de f.d. brandövningsplatserna (Ytvatten 2) och ett prov söder om f.d. brandövningsplatserna (Ytvatten 3). Dessa provpunkter valdes innan någon information hade tagits fram rörande dagvattennätet och på vilka platser dagvatten från Uppsala flygplats leds ut i ytvattenrecipienten.

- Resultaten visar att samtliga analyserade PFAS understiger laboratoriets rapporteringsgräns (<10 ng/l) i Ytvatten 1.
- I Ytvatten 2 detekterades en PFOS-halt av 15 ng/l.
- I Ytvatten 3 detekterades en PFOS-halt på 18 ng/l.

Sammantaget visar resultaten från ytvattenprovtagningen att det tillförs PFOS till ytvattenrecipienten på den sträcka av Fyrisån som passerar Uppsala flygplats. Påverkan kan dock beskrivas som måttlig och det är enbart avseende PFOS som en haltökning kan påvisas (tabell 16).

I samtliga tre prov understiger den detekterade PFOS-halten Naturvårdsverkets föreslagna gränsvärde för inlandsvatten (30 000 ng/l). För att uppnå god kemisk status enligt miljö kvalitetsnormerna har EU-kommissionen, i samband med implementeringen av EU:s ramdirektiv för vatten, beslutat om gränsvärden för PFOS (2013/39/EU). Gränsvärden för sötvatten är satta till 0,65 ng/l. Bevisligen överskrids denna halt i 2 av proven. Det är mycket troligt att så också är fallet i Ytvatten 1, d.v.s. uppströms Uppsala flygplats.

**Tabell 16.** Sammanfattning av laboratoriesvar avseende PFAS i ytvattenrecipienten Fyrisån som rinner från norr mot söder, väster om Uppsala flygplats.  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halter har inte beräknats eftersom endast PFOS kunnat påvisas i halter överstigande laboratoriet rapporteringsgräns i två av proven. Om man ändå skulle göra det i provet Ytvatten 1, skulle där  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halten hamna på 35 ng/l.

Ämne	Ytvatten 1 (ng/l)	Ytvatten 2 (ng/l)	Ytvatten 3 (ng/l)
dekantering	ja	ja	ja
PFBA	<10	<10	<10
PFPeA	<10	<10	<10
PFHxA	<10	<10	<10
PFHpA	<10	<10	<10
PFOA	<10	<10	<10
PFNA	<10	<10	<10
PFDA	<10	<10	<10
PFUnDA	<10	<10	<10
PFDoDA	<10	<10	<10
PFBS	<10	<10	<10
PFHxS	<10	<10	<10
PFOS	<10	15	18
PFDS	<10	<10	<10
PFOSA	<10	<10	<10
6:2 FTS	<10	<10	<10

I samband med den inledande miljötekniska markundersökningen, togs ett ytvattenprov (Ärna ytvatten:1) från en vattenansamling som påträffades i en sänka centralt belägen på den f.d. huvudbrandövningsplatsen. Flera PFAS påträffades i detta ytvattenprov ( $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>=4 634 ng/l). Lokaliseringen av denna sänka visas i bilaga 4, 5 och 6.

Provet Ärna ytvatten:2 togs på åkermarken väster om brandövningsplatserna. Sannolikt utgörs detta vatten av ytvatten/markvatten som kontaminerats av PFAS vid brandövningsområdet och som avrinner som ytvatten ovanpå lerlagret, eller som ett markvatten i sprickor lerlagrets övre del. En  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt på 921 ng/l kunde påvisas i detta ytvattenprov. Lokaliseringen av denna sänka visas i bilaga 4, 5 och 6. En sammanställning av laboratoriesvaren visas i tabell 17.

**Tabell 17.** Sammanställning av laboratoriesvar avseende analys av PFAS i ytvatten. Halterna uttrycks i enheten ng/l.

Ämne	Ärna ytvatten:1 (ng/l)	Ärna ytvatten:2 (ng/l)
dekantering	nej	ja
PFBA	150	19
PFPeA	500	52
PFHxA	300	64
PFHpA	140	30
PFOA	220	79
PFNA	<10	<10
PFDA	<10	<10
PFUnDA	<10	<10
PFDoDA	<10	<10
PFBS	74	46
PFHxS	500	360
PFOS	2 900	290
PFDS	<10	<10
PFOSA	21	16
6:2 FTS	94	110
<b>ΣPFAS<sub>7</sub></b>	<b>4 634</b>	<b>921</b>

## 6 SPRIDNING AV PFAS

Spridning av PFAS bedöms ske via grundvatten och ytvatten/dagvatten från Uppsala flygplats till omgivande yt- och grundvattensystem. I detta avsnitt behandlas spridningen via grundvatten och ytvatten/dagvatten var för sig. I avsnitt 7.1, ”Beräkning av utspädningsförhållanden och föroreningsbelastning via grundvatten, dagvatten och spillvatten” presenteras vattenbalansberäkningar som visar det möjliga föroreningsbidraget avseende PFAS från Uppsala flygplats till grundvattenakviferen i Uppsalaåsen.

### 6.1 Spridning av PFAS via grundvatten

Det har påvisats PFAS-föroreningar i samtliga prov som tagits i de installerade grundvattenrören på Uppsala flygplats och utanför flygplatsområdet. Flertalet av grundvattenrören har provtagits med avseende på PFAS-innehåll vid minst två tillfällen. Grundvattnets tryckyttnivåer har mätts vid sammanlagt två tillfällen under 2013 och tre tillfällen under sommaren 2014, dels i samband med förnyad provtagning (juni 2014) samt vid två tillfällen i augusti 2014.

I samband med den kompletterande provtagningen och installationen av 2 st. nya grundvattenrör (NIRAS GV:5 och NIRAS GV:6) genomfördes en ny inmätning av samtliga grundvattenrör. Vid det andra inmätningstillfället av X, Y och Z-koordinater, erhöles Z-koordinater som skiljde sig mot de tidigare Z-koordinaterna för vissa av grundvattenrören, varför tidigare nivåuppgifter från 2013 har fått justeras. I tabell 18 och 19 nedan presenteras koordinaterna samt grundvattenytelnivåerna för de grundvattenrör som provtogs i den kompletterande provtagningen under 2014.

**Tabell 18.** I tabellen visas X-, Y- och Z-koordinaterna för de grundvattenrör som provtagits i den kompletterande undersökningen. Höjden gäller markytan intill grundvattenröret. Vidare presenteras hur rörtoppen förhåller sig till markytan. Grundvattennivåer presenteras som meter under rörtopp, meter under markytan och som meter över rikets höjdsystem RH 2000, motsvarande meter över havet. Nivåerna gäller juni 2014.

Benämning	Norr	Öst	Höjd (my)	Rörtopp (+/- m)	gv-yta (murt)	gv-yta (mumy)	gv-yta (mörh)
Ärna GV:1	6641986.337	126746.208	14,879	1	1,85	0,85	14,029
Ärna GV:2	6641785.110	126939.545	15,122	1,02	2,3	1,28	13,842
NIRAS GV1:A	6641437.042	126940.586	10,643	0,7	4,75	4,05	6,593
NIRAS GV1:B	6641482.726	126846.723	10,497	0,83	4,3	3,47	7,027
NIRAS GV:4	6641160.073	127083.084	9,312	0,7	3,25	2,55	6,762
NIRAS GV:5	6640665.201	127850.384	9,491	0,81	3,33	2,52	6,971
NIRAS GV:6	6640569.441	127954.223	10,812	1,08	4,92	3,84	6,972
UV GV:1	6640453.139	128532.504	14,813	-0,03	8,17	8,2	6,613
UV GV:2	6640380.886	127927.511	8,7	0	2	2	6,7
UV GV:3	6640437.712	128023.651	9,332	-0,06	2,58	2,64	6,692

Vid lodning av grundvattennivåer under sommaren 2014 noterades att grundvattnets tryckytelnivåer var lägst i grundvattenrören NIRAS GV1:A, UV GV:1, UV GV:2 och UV GV:3. Högst tryckytelnivåer noterades i de 2 grundvattenrör som är installerade i anslutning till brandövningsplatserna, d.v.s. Ärna GV:1 och Ärna GV:2. I de två sistnämnda uppmättes ett litet djup till grundvattenytan under markytan. Dessa två rör representerar troligen ett ytligt liggande grundvattenmagasin i lera och speglar således inte grundvattenytelnivåerna i den underliggande moränakviferen.

Sammantaget visar de i tabellerna 18–21 redovisade grundvattennivåerna att det kan föreligga en spridningsförbindelse mellan grundvatten i moränakviferen under och i anslutning till Uppsala flygplats och grundvattenmagasinet i Uppsalaåsen. Denna spridningsförbindelse utgörs troligen av den underjordiskt liggande Jumkilsåsen, en biås till Uppsalaåsen, vilken står i hydraulisk kontakt både med moränakviferen under det f.d. brandövningsområdet på Uppsala flygplats och Uppsalaåsen. Spridningsförbindelsen Uppsala flygplats–Uppsalaåsen beskrivs närmare i avsnitt 2 ovan samt i avsnitt 7.1.

**Tabell 19.** I tabellen visas X-, Y- och z-koordinaterna för de grundvattenrör som provtagits i den kompletterande undersökningen. Höjden gäller markytan intill grundvattenröret. Vidare presenteras hur rörtoppen förhåller sig till markytan. Grundvattennivåer presenteras som meter under rörtopp, meter under markytan och som meter över rikets höjdsystem RH 2000. Nivåerna gäller den 4 augusti 2014.

Benämning	Norr	Öst	Höjd (my)	Rörtopp (+/- m)	gv-yta (murt)	gv-yta (mumy)	gv-yta (mörh)
Ärna GV:1	6641986.337	126746.208	14,879	1	2,34	1,34	13,539
Ärna GV:2	6641785.110	126939.545	15,122	1,02	2,65	1,63	13,492
NIRAS GV1:A	6641437.042	126940.586	10,643	0,7	5,11	4,41	6,233
NIRAS GV1:B	6641482.726	126846.723	10,497	0,83	4,67	3,84	6,657
NIRAS GV:4	6641160.073	127083.084	9,312	0,7	3,61	2,91	6,402
NIRAS GV:5	6640665.201	127850.384	9,491	0,81	3,64	2,83	6,661
NIRAS GV:6	6640569.441	127954.223	10,812	1,08	5,26	4,18	6,632
UV GV:1	6640453.139	128532.504	14,813	-0,03	8,45	8,48	6,333
UV GV:2	6640380.886	127927.511	8,7	0	2,32	2,32	6,38
UV GV:3	6640437.712	128023.651	9,332	-0,06	2,89	2,95	6,382

**Tabell 20.** I tabellen visas X-, Y- och z-koordinaterna för de grundvattenrör som provtagits i den kompletterande undersökningen. Höjden gäller markytan intill grundvattenröret. Vidare presenteras hur rörtoppen förhåller sig till markytan. Grundvattennivåer presenteras som meter under rörtopp, meter under markytan och som meter över rikets höjdsystem RH 2000. Nivåerna gäller den 29 augusti 2014.

Benämning	Norr	Öst	Höjd (my)	Rörtopp (+/- m)	gv-yta (murt)	gv-yta (mumy)	gv-yta (mörh)
Ärna GV:1	6641986.337	126746.208	14,879	1	2,31	1,31	13,569
Ärna GV:2	6641785.110	126939.545	15,122	1,02	2,55	1,53	13,592
NIRAS GV1:A	6641437.042	126940.586	10,643	0,7	5,03	4,33	6,313
NIRAS GV1:B	6641482.726	126846.723	10,497	0,83	4,60	3,77	6,727
NIRAS GV:4	6641160.073	127083.084	9,312	0,7	3,53	2,83	6,482
NIRAS GV:5	6640665.201	127850.384	9,491	0,81	3,47	2,66	6,831
NIRAS GV:6	6640569.441	127954.223	10,812	1,08	5,07	3,99	6,822
UV GV:1	6640453.139	128532.504	14,813	-0,03	8,23	8,26	6,553
UV GV:2	6640380.886	127927.511	8,7	0	2,14	2,14	6,56
UV GV:3	6640437.712	128023.651	9,332	-0,06	2,69	2,75	6,582

**Tabell 21.** Nya tryckyttnivåer beräknade med Z-koordinater erhållna i samband med förnyad inmätning. Lodning av grundvattenrören genomfördes 20130914 och 20130515. Grundvattennivåer presenteras som meter under rörtopp, meter under markytan och som meter över rikets höjdsystem RH 2000.

20130914	Z-koordinat (my)	Sticker upp (+/- m)	gv-yta (murt)	gv-yta (mumy)	gv-yta (mörh)
Ärna GV:1	14,879	1	2,74	1,74	13,139
Ärna GV:2	15,122	1,02	2,88	1,86	13,262
NIRAS GV1:A	10,643	0,7	5,09	4,39	6,253
NIRAS GV1:B	10,497	0,83	4,64	3,81	6,687
NIRAS GV:4	9,312	0,7	3,6	2,9	6,412
UV GV:1	14,813	-0,03	8,27	8,3	6,513
UV GV:2	8,7	0	2,17	2,17	6,53
UV GV:3	9,332	-0,06	2,71	2,77	6,562

20130515	Z-koordinat (my)	Sticker upp (+/- m)	gv-yta (murt)	gv-yta (mumy)	gv-yta (mörh)
Ärna GV:1	14,879	1	1,86	0,86	14,019
Ärna GV:2	15,122	1,02	2,38	1,36	13,762
NIRAS GV1:A	10,643	0,7	4,38	3,68	6,963
NIRAS GV1:B	10,497	0,83	3,91	3,08	7,417
NIRAS GV:4	9,312	0,7	2,85	2,15	7,162
UV GV:1	14,813	-0,03	8,1	8,13	6,683
UV GV:2	8,7	0	1,85	1,85	6,85
UV GV:3	9,332	-0,06	2,41	2,47	6,862

Om man fokuserar på halldata från den senaste grundvattenprovtagningen ser man att högst  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt påträffas i grundvattenröret Ärna GV:2, lokaliserat i anslutning till de f.d. brandövningsplatserna. Därifrån avtar PFAS-halterna i riktning mot Uppsalaåsen. Som framgår av tabell 22 och 23, uppvisar dock grundvattenrören relativt stora haltvariationer sinsemellan. T.ex. är halterna av  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> lika höga eller till och med högre i grundvattenrören UV GV:1 och NIRAS Fyrishov, installerade centralt i Uppsalaåsen, än i grundvattenrören NIRAS GV:4, NIRAS GV:5 och NIRAS GV:6 samt UV GV:2 och UV GV:3 installerade i Jumkilsåsen.



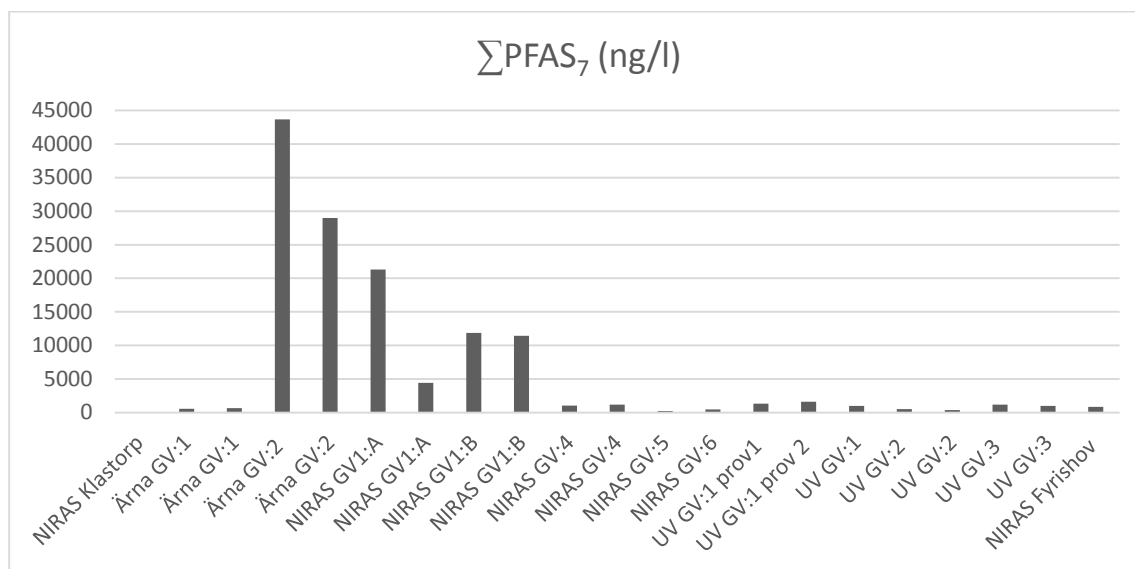
**Tabell 22.** Halter av enskilda PFAS samt summahalt av de 7 st. PFAS ( $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>) som Livsmedelsverket rekommenderar att dricksvattenproducenter analyserar för. I de fall en halt var under laboratoriets rapporteringsgräns sattes halten till ½ rapporteringsgränsen, d.v.s. <10 ng/l sätts till 5 ng/l. Grå färg innebär att halter rapporterats i den första miljötekniska markundersökningen. Brun färg-den utökade undersökningen och blå färg-kompletterande undersökningen. Halterna uttrycks i ng/l.

<b>GV-rör/Ämne</b>	<b>PFPeA</b>	<b>PFHxA</b>	<b>PFHpA</b>	<b>PFOA</b>	<b>PFBS</b>	<b>PFHxS</b>	<b>PFOS</b>	<b><math>\Sigma</math>PFAS<sub>7</sub></b>
Ärna GV:1	5	26	5	5	170	360	13	<b>584</b>
Ärna GV:2	420	1 300	250	2200	520	11000	28 000	<b>43 690</b>
NIRAS GV1:A	430	1 800	280	1400	1 200	5 200	11 000	<b>21 310</b>
NIRAS GV1:B	320	1 100	260	1100	990	2 800	5 300	<b>11 870</b>
NIRAS GV:4	13	39	12	24	61	390	520	<b>1 059</b>
NIRAS Klastorp	5	5	5	5	5	17	12	<b>54</b>
UV GV:1 prov1	32	130	27	67	160	480	450	<b>1 346</b>
UV GV:1 prov 2	36	170	49	96	250	510	520	<b>1 631</b>
UV GV:2	11	58	12	45	57	150	190	<b>523</b>
UV GV:3	25	110	30	85	100	320	500	<b>1 170</b>
NIRAS Fyrishov	18	84	20	60	70	250	370	<b>872</b>
Ärna GV:1	5	23	5	5	88	520	5	<b>651</b>
Ärna GV:2	250	1 400	240	3 400	670	11 000	12 000	<b>28 960</b>
NIRAS GV1:A	64	360	50	280	190	2 000	1 500	<b>4 444</b>
NIRAS GV1:B	230	1 100	200	1 000	700	5 200	3 000	<b>11 430</b>
NIRAS GV:4	5	32	5	16	49	760	300	<b>1 167</b>
NIRAS GV:5	5	19	5	12	17	160	34	<b>252</b>
NIRAS GV:6	5	32	5	13	41	330	55	<b>481</b>
UV GV:1	5	100	21	44	96	510	200	<b>976</b>
UV GV:2	5	44	5	30	28	220	56	<b>388</b>
UV GV:3	5	110	23	66	65	540	210	<b>1 019</b>

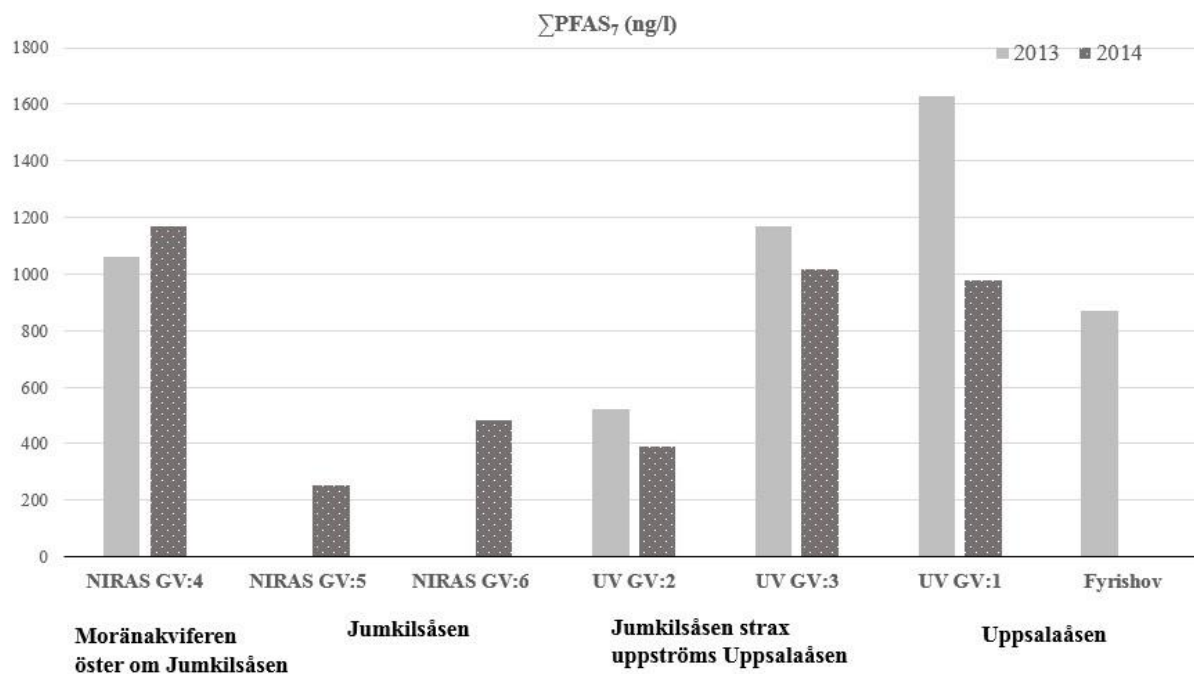
**Tabell 23.** Rangordningen av  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> för grundvatten provtaget i juni 2014. \*  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> i grundvattenröret vid NIRAS Fyrishov har tidigare mätts upp till 872 ng/l. Denna halt är i samma storleksordning som senast påträffades i UV GV:1. Halterna uttrycks i enheten ng/l.

GV-rör	$\Sigma$ PFAS <sub>7</sub>
Ärna GV:2	28960
NIRAS GV1:B	11430
NIRAS GV1:A	4444
NIRAS GV:4	1167
UV GV:3	1019
UV GV:1	976
NIRAS Fyrishov*	872
Ärna GV:1	651
NIRAS GV:6	481
UV GV:2	388
NIRAS GV:5	252

I diagrammet i figur 11, visas en sammanställning av summahalten för PFAS<sub>7</sub> för samtliga grundvattenprov som tagits i de olika undersökningsomgångarna 2013-2014. I figur 11, visas  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halter i grundvattenrör NIRAS GV:4-6, UV GV:1-3 samt NIRAS Fyrishov, som uppmätts under 2013 och 2014. Notera att samtliga av dessa grundvattenrör inte varit tillgängliga för provtagning både 2013 och 2014. I figur 11 och 12 ser man tydligt att haltvariationen av  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> i grundvattenproven tagna i Jumkilsåsen och Uppsalaåsen är liten.



**Figur 11.** Sammanställning över ΣPFAS<sub>7</sub>-halt i samtliga grundvattenprov som tagits under perioden 2013-2014. Observera att provtagning kan ha utförts vid flera olika tillfällen. Utspädningsförhållandet mellan Jumkilsåsens grundvattenflöde och grundvattenflödet i Uppsalaåsen borde resultera i märkbart lägre haltnivåer i grundvattenrören NIRAS Fyrishov och UV GV:1 i jämförelse med de uppströms liggande grundvattenrören NIRAS GV:4, NIRAS GV:5, NIRAS GV:6 och UV GV:2 och UV GV:3. Så tycks dock inte vara fallet. Från NIRAS GV:4 och i riktning nedströms in mot de grundvattenrör som är installerade centralt i Uppsalaåsen är ΣPFAS<sub>7</sub>-halterna i stort sett oförändrade.



**Figur 12.** Här visas ΣPFAS<sub>7</sub>-halter i NIRAS GV:4-6, UV GV:1-3 och NIRAS Fyrishov vid provtagning 2013 och 2014. Vidare beskriver texten var grundvattenrören är installerade. Observera att grundvattenrören NIRAS GV:5-6 installerades under 2014. Grundvattenröret vid Fyrishov var inte tillgängligt under 2014 för provtagning.

## 6.2 Spridning av PFAS via dagvatten till ytvatten

Det sker bevisligen en spridning av PFAS via dagvattennätet på Uppsala flygplats eftersom föroreningarna påträffats i flera punkter i dagvattennätet. Bedömningen görs att det finns 2 platser eller områden som utgör källor till PFAS i dagvattennätet. Det är dels vatten som pumpas upp från berganläggningen på Uppsala flygplats, och dels dagvatten som har sitt ursprung från östra delen av Uppsala flygplats, där det bland annat finns en helikopterhangar och helikopterplatta (figur 10).

Ytvattenrecipienten Fyrisån tar emot dagvatten från Uppsala flygplats. Provtagning av ytvatten i Fyrisån visar att det sker en tillförsel av PFOS utmed delar av Fyrisån. De halter som mätts upp av PFOS ökar från <10 ng/l till mellan 15–18 ng/l utmed den sträcka där Fyrisån passerar Uppsala flygplats. Det har inte tagits något ytvattenprov i Fyrisån nedströms provpunkten ”Dagvatten 1”. Det är mycket troligt att högre halter av PFOS skulle kunna detekteras nedströms denna punkt.

Hur stora mängder PFAS som tillförs ytvattenrecipienten är svårt att bedöma. Mycket höga halter av flera PFAS har detekterats i utgående vatten från berganläggningen (tabell 14) vilket dräneras via mot Fyrisån via både markförlagd dagvattenledning och öppet dike (figur 10). Till exempel har en PFOS-halt på 32 000 ng/l och en  $\sum$ PFAS<sub>7</sub>-halt på 44 230 ng/l, rapporterats i utgående vatten från berganläggningen (tabell 14). Det vatten som provtogs kommer att blandas och spädas med dagvatten från andra områden relativt snabbt när det når dagvattennätet. Längre nedström i dagvattennätet till vilket detta vatten pumpas har betydligt lägre halter påvisats. Detta beror troligen på att det sker en betydande spädning av dagvattnet på sin väg ner mot recipienten.

Från att halten PFOS varit 32 000 ng/l i det vatten som pumpas från berganläggningen har PFOS-halt minskat med en faktor 10, lägre ner i dagvattensystemet (2 800 ng/l i provet med benämning Dagvatten 3). Denna minskning gäller även  $\sum$ PFAS<sub>7</sub>. När dagvattnet släpps ut i ytvattenrecipienten Fyrisån, har halten minskat till 17 ng/l (Dagvatten 1). Denna halt är marginellt lägre än den halt som detekterats i ytvatten norr om den plats där dagvattnet mynnar i ytvattenrecipienten (Ytvatten 3). En PFOS-halt om 18 ng/l har som högst detekterats i samband med provtagning under en islossningsperiod (ytvatten 3). Detta innebär att det måste ske en tillförsel av PFAS på ett eller flera ställen norr om denna plats. Dagvattennätet ser på denna plats ut att ta stopp när vattnet kommer till skogspartiet som angränsar Fyrisån. Det mest troliga är dagvattnet fritt får sprida sig i detta område. Detta skulle innebära att en del av dagvattnet perkolerar ner i marken och att en del söker sig mot Fyrisån på markytan eller i sprickor i jorden. Som tidigare nämnts har det även detekterats PFAS-föroreningar i dagvatten som kommer från den östra delen av Uppsala flygplats. Var detta dagvatten mynnar ut i Fyrisån

är inte klarlagt (figur 10). Hur stor tillförseln av PFAS via dagvattnet till Fyrisån är i detta område är också svår att bedöma. Med stor sannolikhet tillförs inga stora mängder PFAS via diket där prov Dagvatten 1 togs. På den sistnämnda platsen var det mycket ont om vatten och det vatten som provtogs i diket var stillastående medan högre flöde kunde noteras i dagvattendiket där proven Dagvatten 2 och Dagvatten 3 togs, se figur 10 samt bilaga 4–6.

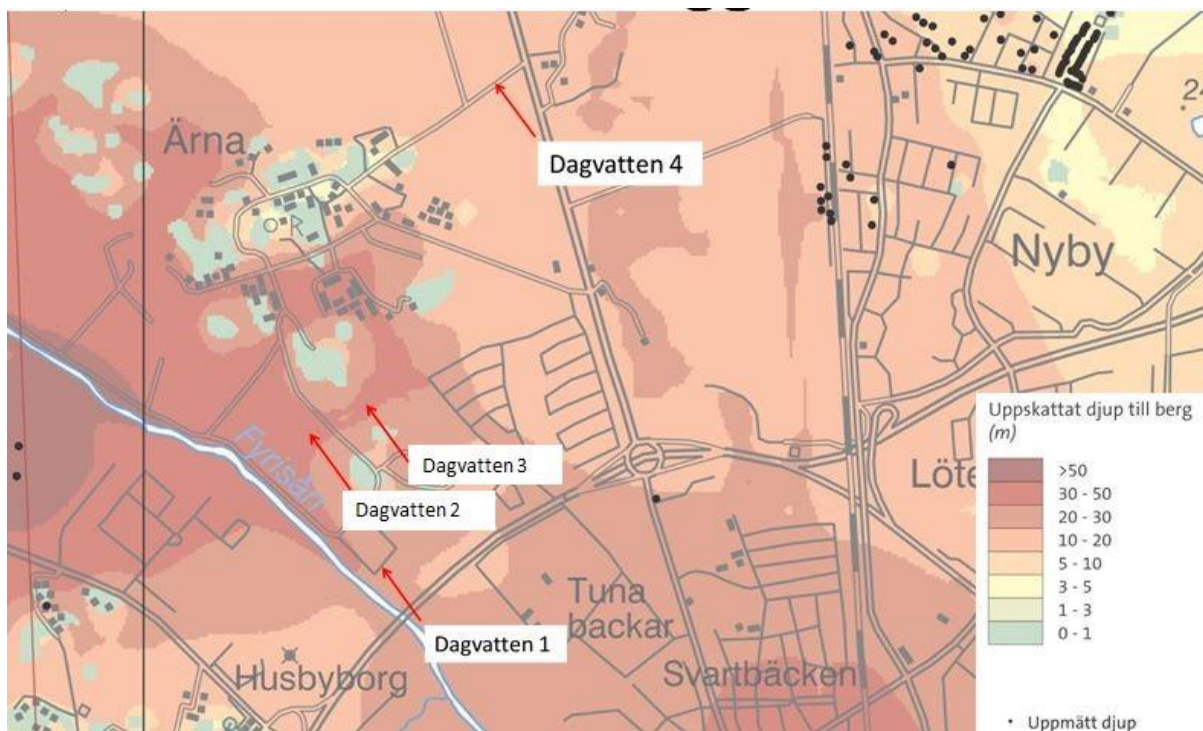
### 6.3 Spridning via dagvatten till grundvatten

En frågeställning som diskuterats är om infiltration av PFAS-förorening från dagvatten till underliggande grundvattenmagasin skulle kunna ske nedströms Uppsala flygplats. Av denna orsak genomfördes sondering samt skruvborrprovtagning utmed det dagvattendike med PFAS-haltigt dagvatten från berganläggningen som dräneras via golfbanan och ner mot skogsområdet som angränsar Fyrisån.

Dagvattennätet som visas i figur 5 och 10 tillsammans med SGU:s jorddjupskarta, figur 13 nedan, har här använts för att bedöma risken att PFAS-förorenat dagvatten skulle kunna spridas till grundvatten. Enligt muntliga uppgifter dräneras norra och östra delar av Uppsala flygplats till den punkt där provet Dagvatten 4 togs. Dagvatten i detta område har visat sig innehålla förhöjda halter av flera PFAS ( $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt 1 799 ng/l). Det har inte genomfört någon markundersökning i detta område på Uppsala flygplats med avseende på PFAS-föroreningar i grundvatten. Dagvattnet på den östra sidan leds via ett öppet dike till en brunn i bostadsområdet söder om Uppsala flygplats. Om man följer den östra delen av dagvattennätet ser man att jorddjupet uppgår till mellan 10–20 m eller mera utmed hela dagvattendikets sträckning fram till dagvattenbrunnen (se figur 13).

I dagvattendiket (prov Dagvatten 2 och 3) som består bland annat av utgående vatten från berganläggningen är jorddjupet mellan 30–50 m utmed delar av dagvattennätets utbredning, enligt SGU:s jordartkarta (figur 13). För att undersöka infiltrationsmöjligheterna för dagvatten i djupled genomfördes sticksondering och skruvborrning på ett antal punkter där dagvattennätet är lokaliserat. Borrning genomfördes till 5 m djup. Grundvatten påträffades här på mellan 1,1–1,5 m djup sannolikt indikerande ett ytligt lokaliserat övre grundvattenmagasin i permeabla svallsediment ovanpå lerlagret. Det är mycket troligt att det finns en ytligt liggande och en mera djupt liggande grundvattenakvifer i detta område. Lera påträffades i samtliga skruv-borrningar (SB N:1–SB N:4), se bilaga 5 och 6 för lokalisering av borrhöjningarna. Leran som påträffades bestod bl.a. av sulfidlera med inslag av sand, indikerande varvig glaciallera. Det påträffades även lera innehållande silt. I samtliga borrhöjningar påträffades lerlager som är att betrakta som täta. Borrprotokoll redovisas i bilaga 1. Enligt jorddjupskartan är jorddjupet mellan 30–50 m i skogsområdet där dagvattendiket slutar. Infiltration av PFAS-förenat dagvatten i detta område

till moränakviferen eller grundvattenakviferen i Jumkilsåsen torde ta flera decennier. Troligen är lerans täthet större i djupare liggande lerlager, jämfört med de ytligare lerlager som undersökts (0–5 m.u.my.).



**Figur 13.** Karta från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) som visar jorddjup. Pilarna visar var proven Dagvatten 1–4 togs.

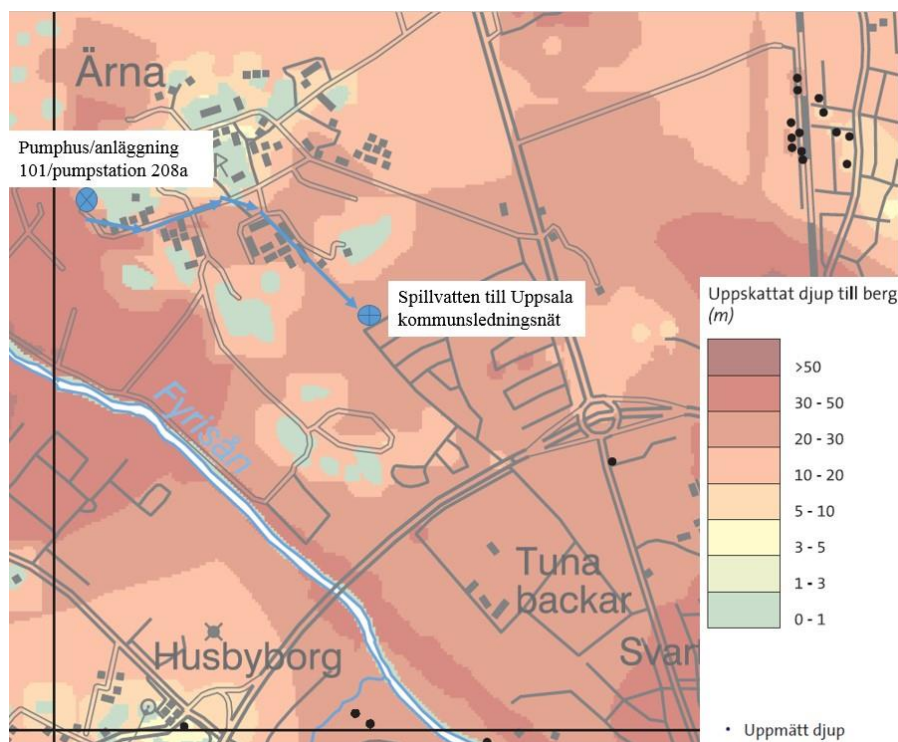
#### 6.4 Spridning via spillvatten till grundvatten

Inga undersökning har genomfört i på Uppsala flygplats för att undersöka om det finns läckage på spillvattenledningar som skulle kunna orsaka spridning av PFAS från spillvatten till grundvatten. Dock kan det upprepas att spillvatten har visat innehålla mycket höga halter av några PFAS. Det skulle kunna förekomma en spridning av PFAS till grundvatten om spillvattenledningarna inte är täta och om den jord som omger ledningarna är genomsläpplig för läckande spillvatten. Det är känt att spillvattnet inne på Uppsala flygplats leds till det kommunala reningsverket, Kungsängsverket, lokaliserat söder om centrala Uppsala. Det är tänkbart att ledningarna inte är helt täta utmed hela sträckningen mellan Uppsala flygplats och det kommunala reningsverket. I figur 14 visas den ungefärliga dragningen av spillvattenledningen från anläggning 101/pumpstation 208a till den plats där ledningen övergår till en kommunal spillvattenledning.

Enligt material som erhållits från Försvarmakten ska spillvattnet från Uppsala flygplats ledas i en rörledning till en plats belägen på södra delen av Uppsala flygplats innan ledningen kopplar på vattnet till det kommunala spillvattennätet. I tidigare avsnitt har det beskrivits att ett spillvattenprov tagits (Ärna Pumphus) i anläggning 101/pumpstation 208a på västra delen av Uppsala flygplats. Spillvattnet som provtogs kommer bl.a. från berganläggningen där det enligt uppgifter skett ett utsläpp av brandsläckningsskum. Hur PFAS spridits till spillvattnet är oklart men det skulle kunna vara så att t.ex. någon brunn inne i berganläggningen är kopplad till spillvattnet.

Det finns även två andra pumpstationer på Uppsala flygplats. De är belägna på den nordöstra delen av det f.d. Garnisonsområdet. Prov på spillvatten har inte provtagits vid dessa pumpstationer. Till skillnad från anläggning 101 har det inte funnits några misstankar av PFAS skulle kunna påvisas i de två andra pumpanläggningarna. Det finns inget som tyder på att spillvatten i de två andra anläggningarna skulle komma från området kring berganläggningen eller området i närheten av de f.d. brandövningsplatserna.

Spillvattennätets exakta dragning mellan Uppsala flygplats och Kungsängenverket är inte klarlagd i skrivande stund. Dock redovisas i avsnitt 7.1 nedan en beräkning av möjlig föroreningsbelastning avseende PFAS-förorenat spillvatten på grundvattenakviferen i Uppsalaåsen.



**Figur 14.** Karta från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) jorddjup. Markering av platsen där spillvattenprovet Ärna Pumphus togs (anläggning 101/pumpstation 208a) samt en ungefärlig dragning av spillvattenledningen från pumpstationen till den punkt där spillvattnet går på det kommunala spillvattennätet. Spillvattnet i anläggning 101 kommer att spädas med annat spillvatten på sin väg till platsen där spillvattenledning kopplat på det kommunala nätet. Det finns även två andra pumpstationer för spillvatten på Uppsala flygplats. Det har inte genomfört provtagning av spillvatten på de platserna då de inte funnits misstankar om att brandsläckningsskum använts i anslutning till dem.

## 7 SAMMANFATTANDE RISKBEDÖMNING

### 7.1 Beräkning av utspädningsförhållanden och föroreningsbelastning via grundvatten, dagvatten och spillvatten.

Föreliggande utredning har fokuserat på spridningssambandet mellan den PFAS-förorening i grundvatten och ytvatten som konstaterats inom och i anslutning till Uppsala flygplats och de förekomster av PFAS som vid ett flertal provtagningstillfällen påvisats i grundvattenakviferen i Uppsalaåsen. Grundvattenprovtagningar och grundvattennivåobservationer utförda inom ramen för föreliggande undersökning visar att en spridningsförbindelse avseende PFAS sannolikt föreligger mellan moränakviferen vid Uppsala flygplats och Uppsalaåsen.

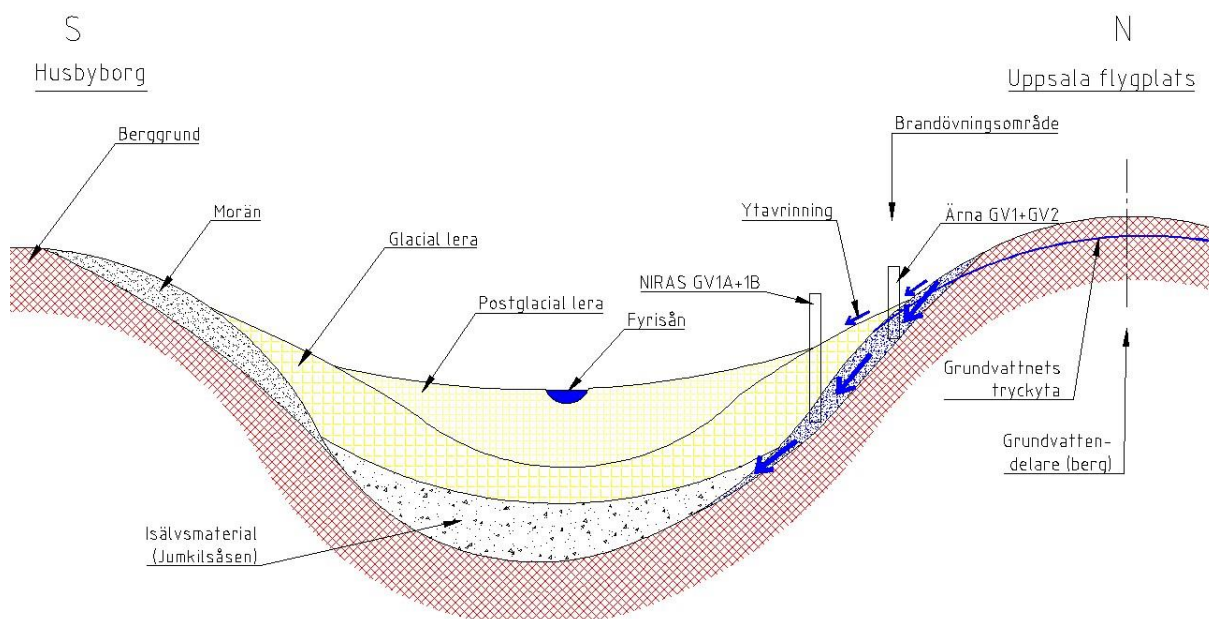
Det troliga spridningsscenarioet är att PFAS-innehållande brandsläckningsskum infiltrerat inom eller strax nedströms de f.d. brandövningsplatserna, där lagret av postglacial och glacial lera



ställvis är förhållandevis tunt eller helt saknas. Via moränakviferen under lerlagret har PFAS-föreningen transporterats vidare mot Fyrisåns dalgång för att därefter spridas via den underjordiska Jumkilsåsen in mot Uppsalaåsen, se även principskiss figur 15.

### Ytvatten

Därutöver sker även en ytlig spridning av PFAS-förorenat markvatten ovanpå lerlagret ned till ytvattenrecipienten Fyrisån. Analyser utförda av vattenprover tagna i ytliga vattenansamlingar på åkermarken nedströms brandövningsområdet visar på en  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt på 920 ng/l (för lokalisering se bilaga 4, 5 och 6). Detta yt- eller markvatten kommer dock med stor sannolikhet inte att infiltrera i djupled och berör således inte föroreningsproblematiken relaterad till Jumkilsåsen och Uppsalaåsen. Däremot kan en viss föroreningspåverkan på Fyrisån inte uteslutas, och det är inte alls osannolikt att dräneringen av PFAS-förorenat markvatten via åkermarken sydväst om brandövningsområdet bidrar till den måttliga förekomst av PFOS (10–20 ng/l) som påvisas i Fyrisåns ytvatten nedströms Uppsala flygplats (provtagningpunkterna Ytvatten 2 och 3, se bilaga 4, 5 och 6).



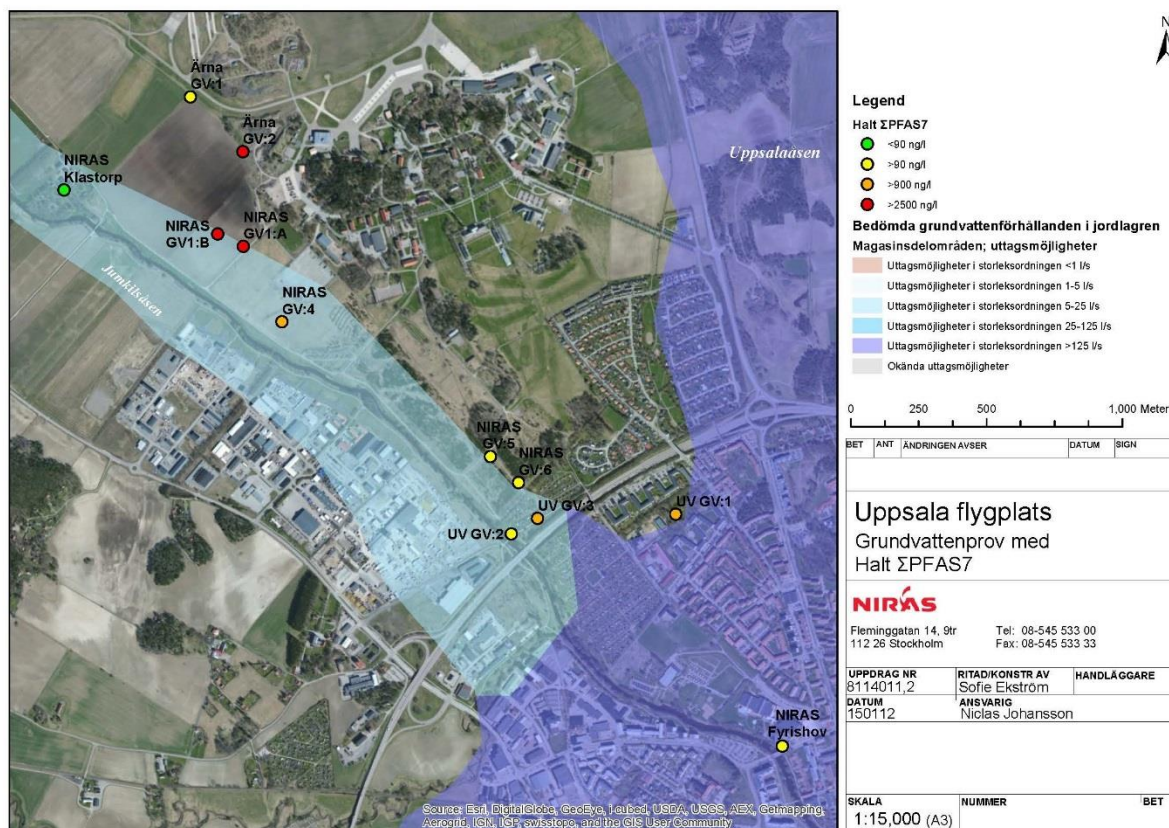
**Figur 15.** Principskiss som visar hur PFAS-föreningen infiltrerar till moränakviferen väster om grundvattendelaren i anslutning till flygplatsområdet. Infiltration sker i höglänta delar där det skyddande lagret av postglacial och glacial lera är tunt, alternativt helt saknas. Moränakviferen bedöms stå i direkt hydraulisk förbindelse med Jumkilsåsen, via vilken PFAS sprids i sydvästlig riktning in mot Uppsalaåsen. Dessutom sker en ytlig avrinning av PFAS-förorenat ytvatten/markvatten ovanpå den postglaciala leran sydväst om brandövningsområdet. Det PFAS-förorenade ytvattnet dräneras till Fyrisån.

Eventuellt sker också ett ytterligare tillskott av PFOS till Fyrisån via det PFAS-förorenade dagvatten som konstaterats avrinna från delar av Uppsala flygplats via det östra dagvattendiket

representerat av provet Dagvatten 4 (figur 10 och bilaga 4, 5 och 6). Föroreningsproblematiken relaterad till Fyrisåns vattensystem berörs dock inte närmare i föreliggande konceptuella modell.

#### *Grundvatten*

De högsta PFAS-halterna i grundvatten inne på flygplatsområdet, omedelbart i anslutning till det f.d. brandövningsområdet (grundvattenröret Ärna GV:2) (för lokalisering se bilaga 4, 5, och 6). Troligen är detta ett ytligt grundvatten som provtagits i en grundvattenakvifer skild från en djupare liggande grundvattenakvifer i moränlager.  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halten ligger mellan 28 960–43 690 ng/l i detta grundvattenrör. Även i grundvattenrören NIRAS GV1:A och NIRAS GV1:B, installerade på större djup i moränakviferen strax uppströms Jumkilsåsen, är  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halten höga: storleksordningen 4 500–21 310 ng/l respektive 11 500 ng/l. Halterna avtar därefter markant, sannolikt till följd av den utspädning som sker då grundvattnet från moränakviferen når Jumkilsåsen. I de nedströms liggande grundvattenrören UV GV:2 och UV GV:3 är haltnivåerna av specifika perfluorerade ämnen mellan en faktor 10–50 lägre än halterna av motsvarande parametrar i grundvattenrören NIRAS GV1:A och 1:B. Därefter följer ett stråk med relativt oförändrade PFAS-halter ned till grundvattenröret NIRAS Fyrishov, centralt lokaliserat i Uppsalaåsen (figur 16).



**Figur 16.** Sammanställning över ΣPFAS<sub>7</sub>-halter i grundvattenrören som provtogs under sommaren 2014. I figuren är även Klastorp markerat där det tidigare provtagits grundvatten från en dricksvattenkran på jordbruksfastigheten (Kartmaterial SGU:s ser Ae 113).

Det har diskuterats huruvida haltbidraget av PFAS från Uppsala flygplats ensamt kan förklara de PFAS-halter som under 2012–2014 uppmätts i grundvattenrören inne i Uppsalaåsen (Fyrishov, Kronåsen, Stadsträdgården m.fl.) (Uppsala Vatten AB, 2013, 2014). För att bedöma rimligheten i att föroreningstillskottet från brandövningsverksamheten inne på flygplatsområdet skulle kunna svara för hela eller merparten av de föroreningshalter som konstaterats i några av de centrala brunnarna i Uppsalaåsen måste flödes- och utspädningsförhållandet mellan Jumkilsåsen och Uppsalaåsen klarläggas.

Den hydrogeologiska tolkningen av grundvattenförhållandena i Uppsalaåsen inklusive tillhörande biåsar är till stor del baserad på Golder Geosystems grundvattenmodelleringsarbeten från slutet av 1980-talet (Golder Geosystem, 1990). Enligt dessa arbeten har Jumkilsåsen en mäktighet av ca 5 m. Stratigrafiska data från SGU:s geologiska kartblad Enköping NO (SGU ser Ae 110) indikerar emellertid en mäktighet hos Jumkilsåsen inom intervallet 3–5 m. Några uppgifter om Jumkilsåsens laterala utbredning är inte tillgängliga, men utgående från SGU:s hydrogeologiska karta skulle Jumkilsåsen ha en bredd av ca 400 m i sidled

utmed sträckan Uppsala flygplats–Uppsalaåsen, se bilaga 6. Detta bedöms dock vara en överskattning eftersom något åsmaterial egentligen inte kunnat verifieras i borrhöjningarna NIRAS GV1:A, NIRAS GV1:B eller NIRAS GV:4, vilka utifrån SGU:s hydrogeologiska karta skulle vara lokaliserade till vattenförande ”sand- och gruslager under finkorniga sediment”, d.v.s. i Jumkilsåsen. Först i de nedströms liggande borrhöjningarna NIRAS GV:5, NIRAS GV:6, UV GV:2 och UV GV:3 påvisas vattenförande åsmaterial på ett djup av mellan 20–30 m under markytan, se även bilaga 4, 5 och 6 för provtagningspunkternas och grundvattenrörens placering. Borrhöjningsprotokoll finns i bilaga 1.

För att ”vara på den säkra sidan” och i flödesberäkningen eftersträva ett så litet utspädningsförhållande som möjligt mellan Jumkilsåsen och Uppsalaåsen har vi, trots iakttagelser som pekar på en avsevärt mindre utbredning/bredd, valt att utgå från en medelbredd hos Jumkilsåsen av 400 m och en genomsnittlig mäktighet av 5 m.

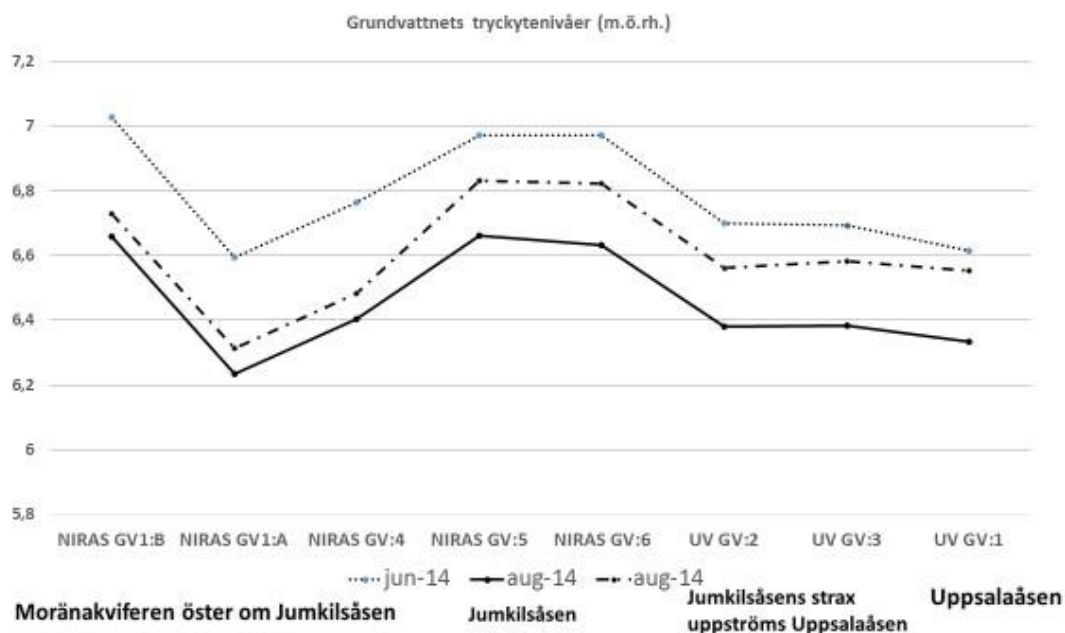
Det saknas vidare uppgifter om den hydrauliska konduktiviteten i Jumkilsåsen. Provpumpningar och spårämnesförsök utförda vid 6 st. lokaler i Uppsalaåsen har visat att den genomsnittliga hydrauliska konduktiviteten i Uppsalaåsen är mycket hög:  $9,7 \times 10^{-2}$  m/s (Golder Geosystem, 1990). Genomförda borrhöjningar i Jumkilsåsen indikerar genomgående ett åsmaterial med större sandinslag än vad fallet är i Uppsalaåsen, där istället grus utgör dominerande kornstorleksfraktion i den vattenförande formationen. (Jämför t.ex. borrhöjningsdata för grundvattenröret UV GV:1 centralt lokaliserat i Uppsalaåsen med borrhöjningsdata för grundvattenrören UV GV:2 och UV GV:3 installerade i Jumkilsåsen, se bilaga 1). Om sand utgör dominerande kornstorleksfraktion så kan det innebära en faktor 10–100 gånger lägre hydraulisk konduktivitet än i det fall den grundvattenförande formationen domineras av grus. Dock har vi återigen, för att ”vara på den säkra sidan” och därmed erhålla en så liten utspädningsfaktor som möjligt mellan de två grundvattenflödena valt att beträffande Jumkilsåsen utgå från de permeabilitetsuppgifter som föreligger beträffande Uppsalaåsen.

Uppsalaåsens medelbredd centralt i Uppsala uppgår till 1 300 m, medan dess mäktighet varierar mellan 40–60 m (Golder Geosystem, 1990). Med ett djup till grundvattenytan varierande mellan 5–10 m har vi som ett konservativt antagande valt en medelhöjd av 30 m för den grundvattenförande formationen i Uppsalaåsen (akviferens mäktighet varierar i de centrala delarna av Uppsalaåsen mellan 30–40 m).

Beträffande Uppsalaåsen redovisar Golder m.fl. en grundvattengradient i nord-sydlig riktning av 1/2 000. Av figur 15 nedan, framgår att gradientförhållandena i Jumkilsåsen nedströms det f.d. brandövningsområdet är oklara, med en stigande grundvattenytan mellan punkterna NIRAS GV:4 och NIRAS GV:5 och NIRAS GV:6, och en därefter fallande grundvattenytan

fram till UV GV:2 och UV GV:3. Mellan grundvattenröret UV GV:1 - som bedöms vara installerat i Uppsalaåsen - och grundvattenrören UV GV:2 och UV GV:3 installerade i Jumkilsåsen, är skillnaden i tryckyttnivå så pass liten att det är svårt att överhuvudtaget dra några säkra slutsatser om gradientförhållandet mellan dessa punkter. Det kan inte uteslutas att det sker en viss grundvattenströmning från Jumkilsåsen till den del av Uppsalaåsen där grundvattenröret UV GV:1 är installerat vid Tunabergsparken.

Även om uppmätta tryckytter i Jumkilsåsen inte entydigt pekar på att en grundvattenströmning från Uppsala flygplats mot Uppsalaåsen sker har vi, med beaktande av försiktighetsprincipen, ändå valt att utgå från att det PFAS-förorenade grundvattnet från Jumkilsåsen strax nedströms punkterna UV GV:2 och UV GV:3 möter grundvattenflödet i Uppsalaåsen. I beräkningen nedan har vi utgått från att grundvattengradienten i Jumkilsåsen är densamma som i Uppsalaåsen, d.v.s. 1/2 000. Detta trots att samtliga de under 2014 utförda inmätningarna av grundvattenyttnivåer i Jumkilsåsen snarare indikerat en svag gradient från grundvattenrören UV GV:2/UV GV:3 mot det ”uppströms liggande” grundvattenröret NIRAS GV:4.



**Figur 17.** Grundvattnets tryckyttnivåer som beräknats efter lodning av grundvattenytter vid tre tillfällen under 2014. Serie 1 gäller mätningar under juni 2014, den 5 augusti 2014 och den 29 augusti 2014. Av diagrammet framgår att någon tydlig gradient från Uppsala flygplats mot Uppsalaåsen inte föreligger. Vi har i den konceptuella modellen ändå valt att utgå från att ett flöde av PFAS-förorenat grundvatten från moränakviferen vid flygplatsområdet sker via Jumkilsåsen in mot Uppsalaåsens centrala del.

Med insatta värden enligt ovan för parametrarna hydraulisk konduktivitet ( $k$ ), hydraulisk gradient ( $i$ ) och den grundvattenförande formationens tvärsnittsareal ( $A$ ) erhålls utifrån Darcys lag överslagsmässigt följande grundvattenflöden i Uppsalaåsen ( $Q_{\text{Uppsalaåsen}}$ ) respektive Jumkilsåsen ( $Q_{\text{Jumkilsåsen}}$ ):

$$Q_{\text{Jumkilsåsen}} = k \times i \times A = 0,097 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ vilket motsvarar } 97 \text{ l/s}$$

där,

$$k = 9,7 \times 10^{-2} \text{ m/s (samma som för Uppsalaåsen. Skulle dock kunna vara 10–100ggr lägre)}$$

$$i = 1/2000$$

$$A = 5 \times 400 \text{ m}^2 = 2\,000 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{Uppsalaåsen}} = k \times i \times A = 1,89 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ vilket motsvarar } 1890 \text{ l/s}$$

där,

$$k = 9,7 \times 10^{-2} \text{ m/s (Golder Geosystem, 1990)}$$

$$i = 1/2000$$

$$A = 1\,300 \times 30 \text{ m}^2 = 39\,000 \text{ m}^2$$

Utifrån ovanstående skulle utspädningsförhållandet mellan Jumkilsåsen och Uppsalaåsen uppgå till storleksordningen 1:20. Som framgår av resonemanget ovan är detta sannolikt en underskattning i förhållande till det ”verkliga utspädningsförhållandet”, eftersom både hydraulisk konduktivitet och grundvattengradient kan förväntas vara lägre än ovan redovisade ingångsdata för Jumkilsåsen. Beaktas arealen av Uppsalaåsens dräneringsområde i förhållande till arealen av Jumkilsåsens dräneringsområde skulle snarare en utspädningsfaktor av storleksordningen 100 kunna förväntas.

Den här beräknade utspädningsfaktorn av 20 stämmer emellertid storleksordningsmässigt relativt väl överens med det flödesförhållande mellan Uppsalaåsen och Jumkilsåsens grundvattenströmmar som Uppsala Vatten redovisar i sin lägesrapport rörande förekomsten av perfluorerade ämnen i Uppsalaåsen (Uppsala Vatten AB, 2014). Uppsala Vatten åberopar flödesuppgifter från gällande vattendom, enligt vilken grundvattenflödet i Uppsalaåsen utmed den aktuella sträckan skulle uppgå till  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$  (400 l/s) medan Jumkilsåsens grundvattenflöde skulle ligga kring  $0,025 \text{ m}^3/\text{s}$  (25 l/s), indikerande en utspädningsfaktor av 16 (1:16) mellan de två grundvattenströmmarna (Uppsala Vatten AB, 2013 och 2014).

De i Uppsalaåsens grundvatten vanligast förekommande PFAS-föreningarna – PFOS och PFHxS – uppvisar enligt litteraturdata båda en mycket hög vattenlöslighet (>300 mg/l) och är i de haltnivåer som registrerats i Uppsalaåsen (100–500 ng/l) att betrakta som till 100% vattenlösliga. Varken PFOS, PFHxS eller övriga PFAS-föreningar förekommer som NAPLs (=non-aqueous phase liquids), d.v.s. ämnena uppträder inte som fri produktfas, varken ovanpå grundvattenytan eller på större djup i ett grundvattenmagasin (FOI, 2013). Ämnenas

vattenlöslighet innebär alltså att halterna sjunker i samma grad som det förorenade grundvattnet späds ut.

Av tabellen nedan framgår haltförhållandet avseende PFAS mellan grundvattenrören UV GV:2/UV GV:3, installerade i Jumkilsåsen, och det i Uppsalaåsen installerade grundvattenröret NIRAS Fyrishov. Avståndet mellan UV GV:2/UV GV:3 och NIRAS Fyrishov överskrider en kilometer och det bedöms rimligt att Jumkilsåsens grundvattenflöde i denna punkt hunnit blandas med Uppsalaåsens grundvattenflöde.

**Tabell 24.** Haltförhållandet mellan **NIRAS Fyrishov** i Uppsalaåsen **UV GV:3** i Jumkilsåsen. Observera att UV GV:3 är det rör som uppvisar dom högsta halterna i Jumkilsåsen. Samtliga haltdata härrör från den utökade grundvattenprovtagningen 2013 då samtliga grundvattenrör (inklusive NIRAS Fyrishov) provtogs vid ett och samma provtagningstillfälle. Uppmätt halt G13 Stadsträdgården/Kronåsen är hämtat från ett examensarbete (SLU, 2014). Teoretisk halt i vid Fyrishov redovisas vid en spädningsfaktor 16 och 20.

Parameter	Uppmätt halt UV GV:2	Uppmätt halt UV GV:3	Uppmätt halt NIRAS Fyrishov	Haltförhållande (UVGV:3/Fyrishov)	Teoretisk halt i Fyrishov vid spädningsfaktor 16:1	Teoretisk halt i Fyrishov vid spädningsfaktor 20:1	Uppmätt halt i G13 (Stadsträdgården/Kronåsen)
PFHxS	150	320	250	1,3:1	20	16	91,4
PFOS	190	500	370	1,35:1	31	25	23,6
ΣPFAS <sub>7</sub>	523	1170	872	1,34:1	73	59	206,14

**Tabell 25.** Haltförhållandet mellan **UV GV:1** i Uppsalaåsen **UV GV:3** i Jumkilsåsen. Observera att UV GV:3 är det rör som uppvisar dom högsta halterna i Jumkilsåsen. Samtliga haltdata härrör från den kompletterande grundvattenprovtagningen 2014 då samtliga grundvattenrör (exklusive NIRAS Fyrishov) provtogs vid ett och samma provtagningstillfälle. Teoretisk halt i vid UV GV:1 redovisas vid en spädningsfaktor 16 och 20.

Parameter	Uppmätt halt UV GV:2	Uppmätt halt UV GV:3	Uppmätt halt UV GV:1	Haltförhållande (UV GV:3/UV GV:1)	Teoretisk halt i UV GV:1 vid spädningsfaktor 16:1	Teoretisk halt i UV GV:1 vid spädningsfaktor 20:1
PFHxS	220	540	510	1,06:1	34	27
PFOS	56	210	200	1,05:1	13	11
ΣPFAS <sub>7</sub>	388	1019	976	1,04:1	64	51

Av tabellen 24 och 25 ovan framgår att halterna av PFAS i grundvattenröret NIRAS Fyrishov – installerat centralt i Uppsalaåsen över en kilometer nedströms Jumkilsåsens inflöde i Uppsalaåsen – bara är obetydligt lägre än de i Jumkilsåsen högsta registrerade halterna av motsvarande ämnen. Tillämpas det ovan konservativt beräknade utspädningsförhållandet på 1:20 mellan Jumkilsåsens grundvattenflöde och Uppsalaåsens grundvattenflöde borde ΣPFAS<sub>7</sub>-halten i NIRAS Fyrishov snarare ligga runt 60 ng/l, än den summahalt på 872 ng/l som mätts upp. Inte heller de PFAS-halter som uppmätts i Uppsala Vattens tidigare uttagsbrunnar Kronåsen och Stadsträdgården, lokaliserade ca 2 km nedströms/söder om NIRAS Fyrishov, kan uteslutande förklaras med det antagna föroreningsbidraget från Jumkilsåsens grundvattenflöde. I Kronåsen, som är den sydligast liggande uttagsbrunnen, har Uppsala Vatten under perioden 2012–2013 rapporterat halter av PFOS och PFHxS på 50 ng/l respektive 100 ng/l. Vid de närliggande provtagningspunkterna Stadsträdgården och Akademiska sjukhuset konstateras liknande haltnivåer av PFOS och PFHxS (Uppsala Vatten, 2014).

Ytterligare beräkningar där man utgår från ”högsta uppmätta halt av  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> i nedströms det f.d. brandövningsområdet” (Ärna GV:2) har genomförts. Man bör ha i åtanke att detta grundvattenrör *inte* har filter installerat i moränakviferen utan istället är filtret placerat i ett grundvattenförande lager i leran. Uppmätta  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt i grundvattenröret är 43 690 ng/l och i samband med den senaste provtagningen 2014, 28 960 ng/l, se tabell 25. Ett beräknat grundvattenflöde i moränakviferen i ett s.k. ”worst-case-scenario” ser ut på följande vis:

Ingångsdata	Kommentar
L=1 000 m B/H = 3 m	(Troligen berör PFAS-plymen högst halva denna sträcka) (Konstaterad mäktighet i NIRAS GV1:A/NIRAS GV1:B är <1m)
$k = 3 \times 10^{-6}$ m/s	Hydraulisk konduktivitet (k) i moränakviferen är ej undersökt. Medelvärde (k) för morän på djup överstigande 0,4 meter $u_{my} = 3 \times 10^{-6}$ m/s. K-värde intervall för morän på djup överstigande 1,5 m $1 \times 10^{-7}$ m/s– $1 \times 10^{-9}$ m/s (Knutsson & Morfelt m.fl.)
$i = 1/75$	Gradientskillnad Ärna GV:1 och NIRAS GV1:A/NIRAS GV1:B. Ärna GV:1 ev. ytligt markvatten.

Med insatta värden i Darcys lag erhålles ett sannolikt överskattat grundvattenflöde ( $Q_{\text{moränakvifer}}$ ) via det aktuella avsnittet av moränakviferen enligt följande:

$Q_{\text{moränakvifer}} \approx k \times i \times L \times H = 0,1$  l/s, vilket är ca.1/250-del av Jumkilsåsens bedömda grundvattenflöde (ca. 25 l/s).

För att visa effekten av spädningen av grundvatten mellan moränakviferen nedströms de f.d. brandövningsplatserna vid Uppsala flygplats, grundvattenakviferen i Jumkilsåsen och grundvattenakviferen i Uppsalaåsen har spädningsberäkningar genomförts. Ingående halt som valts är 43 690 ng  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>/l. Detta är den högsta uppmätta halt som konstaterats i området strax nedströms de f.d. brandövningsplatserna på Uppsala flygplats. När PFAS-föreningen når Jumkilsåsen späds föreningen med en faktor 250 (1/250). Detta skulle innebära att den ursprungliga PFAS<sub>7</sub>-halten på 43 690 ng/l skulle spädas till en PFAS<sub>7</sub>-halt av 175 ng/l. De  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halter som under perioden 2013-2014 mätts upp i Jumkilsåsen är i regel högre än 175 ng/l. Därefter sker det en spädning av PFAS-föreningen i Uppsalaåsen. En konservativt vald spädningsfaktor mellan Jumkilsåsen och Uppsalaåsen är 1:16. En total spädningsfaktor på 4 000 erhålls om de två spädningsfaktorerna (250 och 16) adderas. Den nu ingående PFAS-halten i Uppsalaåsen skulle således spädas till 11 ng  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>/l, se tabell 26 och 27 nedan. Denna haltnivå (11 ng  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>/l) underskrider väsentligt de halter som under perioden 2013-2014 uppmätts i centralt placerade grundvattenrör i Uppsalaåsen:

- NIRAS Fyrishov (872 ng  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>/l)
- UV GV:1 (976–1 631 ng  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>/l)
- Stadsträdgården/Kronåsen (ca 200 ng  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>/l).



**Tabell 26.** Haltförhållandet mellan **Ärna GV:2** i moränakviferen och **NIRAS Fyrishov** i Uppsalaåsen. Observera att Ärna GV:2 är det rör som uppvisat de högsta uppmätta PFAS-halterna i moränakviferen omedelbart nedströms brandövningsområdet. Jämförelsehalterna i UV GV:3 och NIRAS Fyrishov som redovisas i tabellen gäller provtagningen i den utökade undersökning 2013 (högst ”summahalt” noterades då). Uppmätt halt G13 Stadsträdgården/Kronåsen är hämtat från ett examensarbete (Bergström, 2014). Teoretisk halt i grundvattenröret NIRAS Fyrishov redovisas vid en spädningsfaktor 4 000 (250 x16).

Parameter	Uppmätt halt Ärna GV:2	Uppmätt halt UV GV:3	Uppmätt halt NIRAS Fyrishov	Haltförhållande (Ärna GV:2/Fyrishov)	Teoretisk halt i Fyrishov vid spädning 4000:1	Uppmätt halt i G13 (Stadsträdgården/Kronåsen)
PFHxS	11 000	510	250	44:1	2,75	91,4
PFOS	28 000	520	370	75,7:1	7	23,6
ΣPFAS <sub>7</sub>	43 690	1 346	872	50,1:1	10,9	206,14

**Tabell 27.** Haltförhållandet mellan **Ärna GV:2** i moränakviferen och **UV GV:1** i Uppsalaåsen. Observera att Ärna GV:2 är det rör som uppvisat de högsta uppmätta PFAS-halterna i moränakviferen omedelbart nedströms brandövningsområdet. Jämförelsehalterna i UV GV:3 och UV GV:1 som redovisas i tabellen gäller provtagningen i den utökade undersökning 2013 (högst ”summahalt” noterades då). Uppmätt halt G13 Stadsträdgården/Kronåsen är hämtat från ett examensarbete (SLU, 2014). Teoretisk halt i grundvattenröret NIRAS Fyrishov redovisas vid en spädningsfaktor 4 000 (250 x16).

Parameter	Uppmätt halt Ärna GV:2	Uppmätt halt UV GV:3	Uppmätt halt UV GV:1	Haltförhållande (Ärna GV:2/UV GV:1)	Teoretisk halt i UV GV:1 vid spädning 4000:1	Uppmätt halt i G13 (Stadsträdgården/Kronåsen)
PFHxS	11 000	510	510	21,6:1	2,75	91,4
PFOS	28 000	520	200	140:1	7	23,6
ΣPFAS <sub>7</sub>	43 690	1 346	976	44,8:1	10,9	206,14

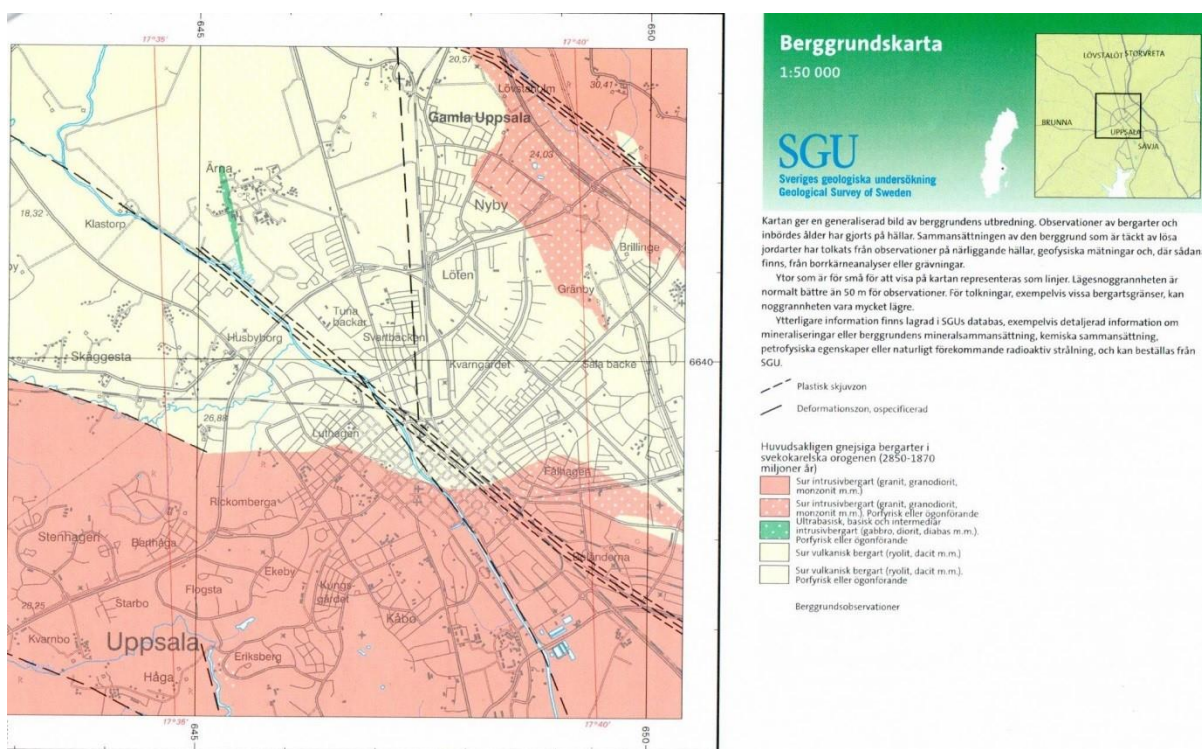
En tänkbar förklaring till att PFAS-halterna i Uppsalaåsen är väsentligt högre än de ”teoretiska haltnivåer” som redovisas i tabell 26 och 27 ovan skulle kunna vara att PFAS-spridningen i huvudsak sker via andra spridningsvägar än Jumkilsåsen. Följande alternativa spridningsvägar har diskuterats:

- PFAS-spridning sker via sprickzoner i berggrunden.
- PFAS-spridning sker via PFAS-förorenat dagvatten som i en eller flera punkter infiltrerar ned i Uppsalaåsen.
- PFAS-spridning sker via PFAS-förorenat spillvatten som i en eller flera punkter infiltrerar ned i Uppsalaåsen.

#### *Berggrundvatten*

Andra spridningsvägar för PFAS från Uppsala flygplats till Uppsalaåsen skulle kunna förekomma och i så fall helt eller delvis förklara de förhållandevis höga halter av PFAS som uppmäts i Uppsalaåsens grundvatten, trots betydande utspädning. En spridningsväg som diskuterats är infiltration av PFAS till berggrundvatten och därefter vidare spridning via

sprickzoner i berggrunden till Uppsalaåsen. Av den berggrundsgeologiska kartan över Uppsala framgår dock att någon sprick- eller krosszon i berggrunden som förbinder området vid Uppsala flygplats med Uppsalaåsen inte föreligger, se figur 18 nedan. De indikerade sprickzonerna inom kartbladsområdet sammanfaller som väntat med de glacifluviala avlagringarnas utbredning. Vattenförande sprickzoner är i allmänhet morfologiskt framträdande i landskapet. Inga deformationszoner eller linement finns indikerade i anslutning till Uppsala flygplats. Sprickor i bergövertytan är ofta betingade av glacialtektonik (ev. ”neotektonik”). Dessutom sker kontinuerlig pumpning av berggrundvattnet vid Uppsala flygplats för torrläggning av de bergrumsanläggningar som finns i området. Det innebär att en avsänkningstratt föreligger i berggrundvattenzonen kring Uppsala flygplats centrala delar. Någon spridning av vattenlösliga föroreningar via berggrundvattnet från flygplatsområdet mot Uppsalaåsen kan således inte förväntas.



**Figur 18.** Berggrundsgeologisk karta över Uppsala med sprick- och deformationszoner (Sveriges geologiska undersökning, berggrundskarta 1:50 000). Någon sprick- eller deformationszon är inte indikerad i anslutning till Uppsala flygplats.

Trots att det inte finns något som tyder på att det skulle förekomma spridning av PFAS via bergakviferen har vi valt att genomföra en beräkning för att undersöka vilken effekt en sådan spridning skulle medföra på de halter som påvisas centralt i Uppsalaåsen.

#### Beräkningsförutsättningar:

- Antagen vattenförande sprickzon i NV-SO-riktning från Uppsala flygplats in mot Uppsalaåsen.
- Vattenföring  $2\ 000\ \text{l/h} = 0,5\ \text{l/s}$  (övre intervall för mediankapacitet bergakvifer enligt SGU, 1983: Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Uppsala län. SGU ser Ah nr 5)
- Volymen förorenat grundvatten som från moränakviferen infiltrerar i sprickzonen är svårt att förutsäga, men eftersom PFAS ej uppvisar DNAPL-egenskaper är det rimligt att utesluta ”fri fas-transport”. Infiltrationen bör i så fall inte överskrida det beräknade grundvattenflödet i moränakviferen på  $0,1\ \text{l/s}$ .
- Högsta uppmätta PFAS-halt i moränakviferen (Ärna GV:2):  $43690\ \text{ng}\ \Sigma\text{PFAS}_7/\text{l}$  (i mätning nr 2 erhöles:  $28\ 960\ \text{ng}\ \Sigma\text{PFAS}_7/\text{l}$ ).
- Beräknad halt i bergakvifer efter utspädning  $1/5$ :  $8\ 738\ \text{ng}\ \Sigma\text{PFAS}_7/\text{l}$ .
- Beräknad halt i Uppsalaåsen efter utspädning  $1/800^*$ : ca.  $10\ \text{ng}\ \Sigma\text{PFAS}_7/\text{l}$ .

\*Flödet i bergakviferen har därvid antagits vara  $0,5\ \text{l/s}$  (=övre intervall för angiven mediankapacitet) medan flödet i Uppsalaåsen antagits vara det av Uppsala Vatten angivna flödet enligt modellberäkningar i gällande vattendom, d.v.s.  $400\ \text{l/s}$  (Uppsala Vatten AB, 2013 och 2014).

Slutsatsen är således att betydligt högre PFAS-halter mätts upp i grundvattenprov tagna centralt i Uppsalaåsen under 2013/2014 jämfört med de halter som skulle kunna förväntas utifrån ovan redovisade spridnings- och utspädningsberäkningar.

Det är klarlagt att läckvatten med mycket höga PFAS-halter pumpas från vattenbrunnen inne i berganläggningen centralt inom Uppsala flygplats till dagvattennätet. Läckvattnet dräneras i delvis öppet dike i sydlig riktning genom golfbanan för att slutligen avrinna mot Fyrisån via en mindre våtmark. Genomförda sonderingsborringar och provgrovsgrävningar utmed dräneringsdiket visar att dikets botten utgörs av postglaciala leror med små eller obefintliga infiltrationsmöjligheter för eventuella vattenburna föroreningar. Att PFAS-halterna i utgående vatten från berganläggningen innehåller högre halter jämfört med dagvattnet i punkterna ”Dagvatten 2 och 3” indikerar att haltnivåerna av PFAS sjunkit fram till provpunkterna Dagvatten 2 och 3, lokaliserade relativt nära dagvattendikets utlopp i Fyrisån. Detta tyder på att det sker en spädnings av dagvattnet på dess väg mot Fyrisån.

Det bedöms utifrån den geologiska/stratigrafiska information som föreligger inte särskilt troligt att någon mer omfattande infiltration av PFAS-förorenat ytvatten från dagvattendiket till underliggande grundvattenförande lager förekommer. Dagvattendiket från Uppsala flygplats är utifrån de underlag NIRAS tagit del av lokaliserat väster om Uppsalaåsen i ett område där relativt mäktiga lager (10–30 m) av postglacial och glacial lera utgör ytjordart och där förutsättningarna för ytvatteninfiltration till underliggande grundvattenförande formationer

generellt kan betraktas som små. Dagvattnet leds mot söder i rörledningar och det är först när dagvattnet vikit av västerut mot Fyrisån som ett delvis öppet dagvattendike finns. Det finns inget som tyder på att dagvattnet skulle ledas i riktning in mot Uppsalaåsen.

### *Dagvatten*

Även dagvattendiket som leder dräneringsvatten från berganläggningen är utifrån det underlag NIRAS tagit del av lokaliserat väster om Uppsalaåsen i ett område där postglacial lera utgör ytjordart och där förutsättningarna för ytvatteninfiltration till underliggande grundvattenförande formationer är små. Sammantaget görs bedömningen att detta vatten inte ”går in i” Uppsalaåsen utan dräneras i riktning mot ytvattenrecipienten Fyrisån.

För att göra en rimlighetsbedömning av om PFAS-förorenat dagvatten från Uppsala flygplats ändå skulle kunna orsaka de PFAS-halter som konstateras i grundvatten centralt i Uppsalaåsen, behöver dagvattenflödet från Uppsala flygplats ställas i relation till det ovan beräknade grundvattenflödet i Uppsalaåsen ( $Q_{\text{Uppsalaåsen}}$ ). Den östra dagvattenledningen (representerad av provtagningspunkten ”Dagvatten 4”) avvattnar enligt uppgifter från LSS/Försvarsmakten den östra delen av det f.d. garnisonsområdet (Borka Medjed-Hedlund, miljöhandläggare). Utgående från det konservativa antagandet att halva garnisonsområdet dräneras via det östra dagvattendiket skulle dräneringsområdet uppta en areal av  $0,5 \times (1200 \times 1200 \text{ m}^2) = 720\,000 \text{ m}^2$ . Bruttonederbörden för Uppsalaområdet uppgår för den senaste statistikperioden (1961–1990) till mellan 500–600 mm (SMHI, Sveriges vattenbalans 1961–1990. [www.smhi.se](http://www.smhi.se)). Utgående från en maximal bruttonederbörd för Uppsalaområdet av 600 mm (=600 l/m<sup>2</sup> och år) och en avrinningskoefficient av 0,8 (innebärande att samtliga ytor inom garnisonsområdet är hårdgjorda/asfalterade och praktiskt taget ogenomsläppliga för infiltrerande nederbörd), skulle dagvattenflödet via det östra dagvattendiket maximalt komma att uppgå till cirka 350 000 m<sup>3</sup> per år, vilket motsvarar ett dagvattenflöde av 0,01 m<sup>3</sup>/s (=10 l/s). Grundvattenflödet via Uppsalaåsen beräknas utifrån ovan redovisade flödesberäkningar för åsakviferen överstiga 1000 l/s, vilket innebär ett utspädningsförhållande av minst 1:100 mellan det beräknade maximala dagvattenflödet via det östra dagvattendiket och grundvattenströmmen i Uppsalaåsen.

I det östra dagvattendiket (provtagningspunkt Dagvatten 4) har en PFOS-halt av 570 ng/l och en PFHxS-halt på 850 ng/l konstaterats ( $\Sigma\text{PFAS}_7$ -halt = 1 799 ng/l). Efter utspädning med en faktor 100 borde föroreningshalterna relativt omgående reduceras till storleksordningen 6–9 ng/l. I grundvattenrören UV GV:1 respektive NIRAS Fyrishov som båda är installerade centralt i Uppsalaåsens grundvattenakvifer uppmäts PFOS och PFHxS-halter inom storleksordningsintervallet 250–600 ng/l. Observera att utspädningsberäkningen är baserad på de uppmätta föroreningshalterna av PFOS respektive PFHxS vid oljeavskiljaren i början av det

östra dagvattendiket och att dagvattenflödet sannolikt är överskattat, eftersom hela dräneringsområdet betraktas som hårdgjord yta med små eller inga infiltrationsmöjligheter.

På samma vis som tidigare har vi även genomfört beräkningar där vi utgått från det lägre grundvattenflödet som har rapporterats för Uppsalaåsen: 400 l/s (Uppsala Vatten AB 2013 och 2014). Detta grundvattenflöde i Uppsalaåsen resulterar i ett utspädningsförhållande av minst 1:40 mellan det beräknade maximala dagvattenflödet via det östra dagvattendiket (10 l/s) och grundvattenströmmen i Uppsalaåsen.

I det östra dagvattendiket (provtagningsspunkt Dagvatten 4) har en  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt på 1 799 ng/l konstaterats. Efter utspädning med en faktor 40, borde föroreningshalterna relativt omgäende reduceras till storleksordningen 45 ng/l i Uppsalaåsen.

I grundvattenrören UV GV:1 resp. NIRAS Fyrishov som båda är installerade centralt i Uppsalaåsens grundvattenakvifer uppmäts  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt på 976–1 631 ng/l resp. 872 ng/l.

Observera att utspädningsberäkningen är baserad på de uppmätta föroreningshalterna av  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> vid oljeavskiljaren i början av det östra dagvattendiket och att dagvattenflödet sannolikt är överskattat, eftersom hela dräneringsområdet betraktas som hårdgjord yta med små eller inga infiltrationsmöjligheter.

### *Spillvatten*

Slutligen föreligger möjligheten av att det PFAS-förorenade spillvattnet som pumpas från Uppsala flygplats till det kommunala avloppsreningsverket någonstans skulle infiltrera ned till grundvattenförande lager i Uppsalaåsen. Höga PFAS-halter har uppmäts i Pumpstation 208a (byggnad 101), även benämnd ”Ärna pumphus” i föreliggande rapport. Pumpstation 208a utgör en av sammanlagt tre pumpstationer för spillvatten inom garnisonsområdet. PFAS-halterna i det spillvatten som pumpas vid Pumpstation 208a är mycket höga, främst avseende PFHxA (19 000 ng/l), PFBS (50 000 ng/l) och PFOS (19 000 ng/l). Det föreligger inga uppgifter om att PFAS-förorening skulle föreligga i det spillvatten som pumpas från de övriga två pumpstationerna inom Uppsala flygplats.

Det är oklart vad orsaken är till de mycket höga PFAS-halterna påträffas i spillvattnet vid Pumpstation 208a. Enligt uppgift pumpas denna station spillvatten från berganläggningen vid Uppsala flygplats. Enligt uppgifter har det hanterats brandsläckningskum i berganläggning historiskt. Det finns även uppgifter som talar för att brandsläckningsmedel fyllt delar av berganläggningen vid ett tillfälle (muntligt Folke Borgh, Försvarmakten/Miljö-

prövningsenheten). Det har inte framkommit vid vilken tidpunkt berganläggningen delvis fylldes med brandsläckningsskum eller vilken typ av brandsläckningsskum det rör sig om.

Enligt uppgifter från Fortifikationsverket vid Uppsala flygplats skall det finnas 2 st. pumpar vid Pumpstation 208a. Kapaciteten har inte verifierats av Fortifikationsverket, men de bedömer att kapaciteten för vardera pump uppgår till mellan 300–375 l/min. Enligt drift-journalen har pump 1 varit i drift under 83 h under en period av 102 dagar. Under motsvarande tid har pump 2 varit i drift 85 h. Detta skulle innebära ett genomsnittligt spillvattenflöde från pumpstation 208a av cirka 25,7 l/min eller ca. 0,4 l/s. Flödet i Uppsalaåsen överstiger beräkningsmässigt >1000 l/s. Utspädningen skulle således överstiga en faktor 2 500. En  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt på 94 610 ng/l skulle därvid spädas till ca. 38 ng/l i Uppsalaåsen, om man gör det osannolika antagandet att allt det PFAS-förorenade spillvattnet från pumpstation 208a vid byggnad 101 skulle läcka ned i Uppsalaåsen.

Om man istället för använda ett grundvattenflöde av 1 000 l/s som ovan, använder ett grundvattenflöde i Uppsalaåsen på 400 l/s (Uppsala Vatten AB, 2013 och 2014), skulle en utspädning av spillvattnet överstiga en faktor 1 000. En  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt på 94 610 ng/l skulle därvid spädas till ca. 95 ng/l i Uppsalaåsen. För att uppnå denna PFAS-halt i Uppsalaåsen måste det osannolika antagandet göras att allt det PFAS-förorenade spillvattnet från pumpstation 208a vid byggnad 101 skulle läcka ned i Uppsalaåsen, utan föregående spädning med spillvatten som inte kontaminerats av PFAS.

### *Sammanfattning*

Ovan redovisade utspädningsberäkningar kan sammanfattas enligt följande:

- Den beräknade PFAS-belastningen på grundvattnet i Uppsalaåsen via Jumkilsåsens grundvattenflöde svarar maximalt för storleksordningen cirka 1/10-del av de PFAS-halter som under senare år konstateras centralt i Uppsalaåsen (NIRAS Fyrishov, UV GV:1, Stadsträdgården, m.fl.). Utgångspunkten har därvid varit en utspädningsfaktor av 1:16 mellan Jumkilsåsens grundvattenflöde och Uppsalaåsens grundvattenflöde – vilket stämmer överens med uppgifter i gällande vattendom (Uppsala Vatten AB, 2013 och 2014) - samt den i Jumkilsåsen högsta uppmätta PFAS-halten (rör nr UV GV:3). Utgående från ”genomsnittliga” PFAS-halter i Jumkilsåsens grundvattenrör skulle haltbidraget vara väsentligt lägre än 10 %. Belastningsberäkningen måste därför betraktas som konservativ, d.v.s. ”varande på den säkra sidan”.
- Vi har även beräknat en teoretisk/fiktiv PFAS-belastning på Uppsalaåsens grundvattenakvifer från läckande spill- och dagvattenledningar med ursprung i Uppsala flygplats. PFAS-läckaget skulle i ett s.k. ”worst-case-scenario” svara för maximalt 15%

av de PFAS-halter som under 2013 och 2014 uppmätts i Uppsalaåsens grundvattenakvifer (ca 10% från läckande spillvatten och 5% från läckande dagvatten). Observera att inget dylikt läckage konstaterats eller ens misstänks föreligga.

- En fiktiv sprickzon i berggrunden mellan Uppsala flygplats (brandövningsområdet) och Uppsalaåsen skulle utifrån ett ”worst-case-scenario” – med genomgående konservativa antaganden avseende flöde och dräneringsområdets storlek - högst kunna bidra med en PFAS<sub>7</sub>-halt av storleksordningen 10 ng/l, vilket ungefär motsvarar 1% av uppmätta  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halter vid Fyrishov centralt i Uppsalaåsen.

Summeras ovanstående skulle PFAS-spridningen från Uppsala flygplats maximalt kunna svara för storleksordningen 25% av haltbidraget avseende  $\Sigma$ PFAS till Uppsalaåsen. Men den enda bekräftade spridningsvägen för PFAS-förening från Uppsala flygplats/brandövnings-området till Uppsalaåsen är via Junkilsåsens grundvattenakvifer, vilken utifrån genomförda beräkningar uppskattas svara för ett haltbidrag på maximalt 10%.

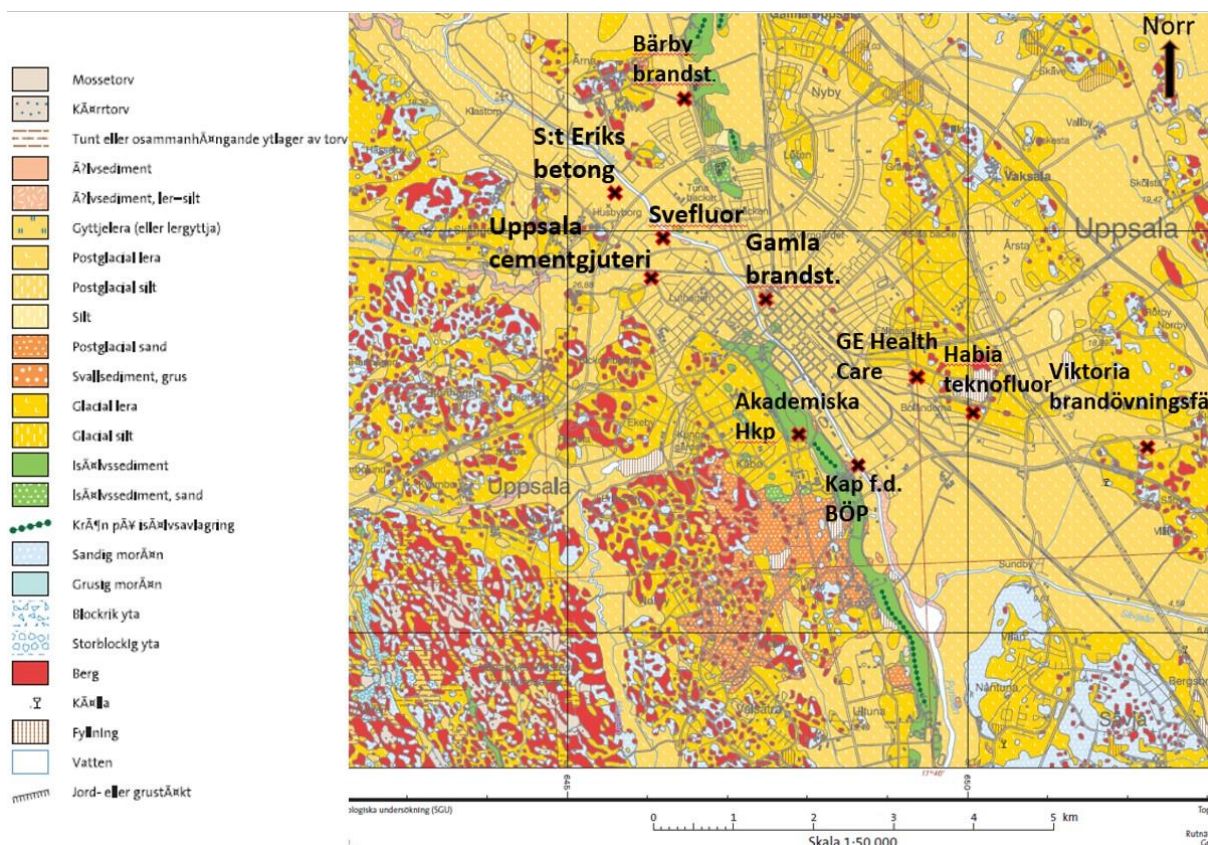
Om inte den PFAS-förening som tillförs från brandövningsområdet på Uppsala flygplats kan förklara de haltnivåer av PFAS som konstaterats i Uppsalaåsens grundvattensystem måste det rimligen föreligga en eller flera andra PFAS-källor som påverkar föreningsnivåerna i Uppsalaåsen. En översiktlig genomgång av alternativa utsläppskällor till PFAS-föreningen i Uppsalaåsen redovisas i avsnitt 7.2 nedan.

## 7.2 Andra tänkbara PFAS-källor i Uppsala

Eftersom det finns ett antal verksamheter i anslutning till Uppsalaåsen utöver Uppsala flygplats, som antingen använt eller kan misstänkas ha använt - alternativt fortfarande använder PFAS i sin verksamhet - bör dessa vägas in i den samlade bedömningen av den PFAS-förening som påträffas i Uppsalaåsens grundvatten. I detta avsnitt redovisas därför ett antal objekt, lokaliserade på eller i omedelbar anslutning till Uppsalaåsen, som – utifrån en preliminär bedömning – inte kan uteslutas som möjliga utsläppskällor avseende PFAS till Uppsalaåsens grundvattenakvifer. Objektens lokalisering framgår av figur 19 och figur 20.

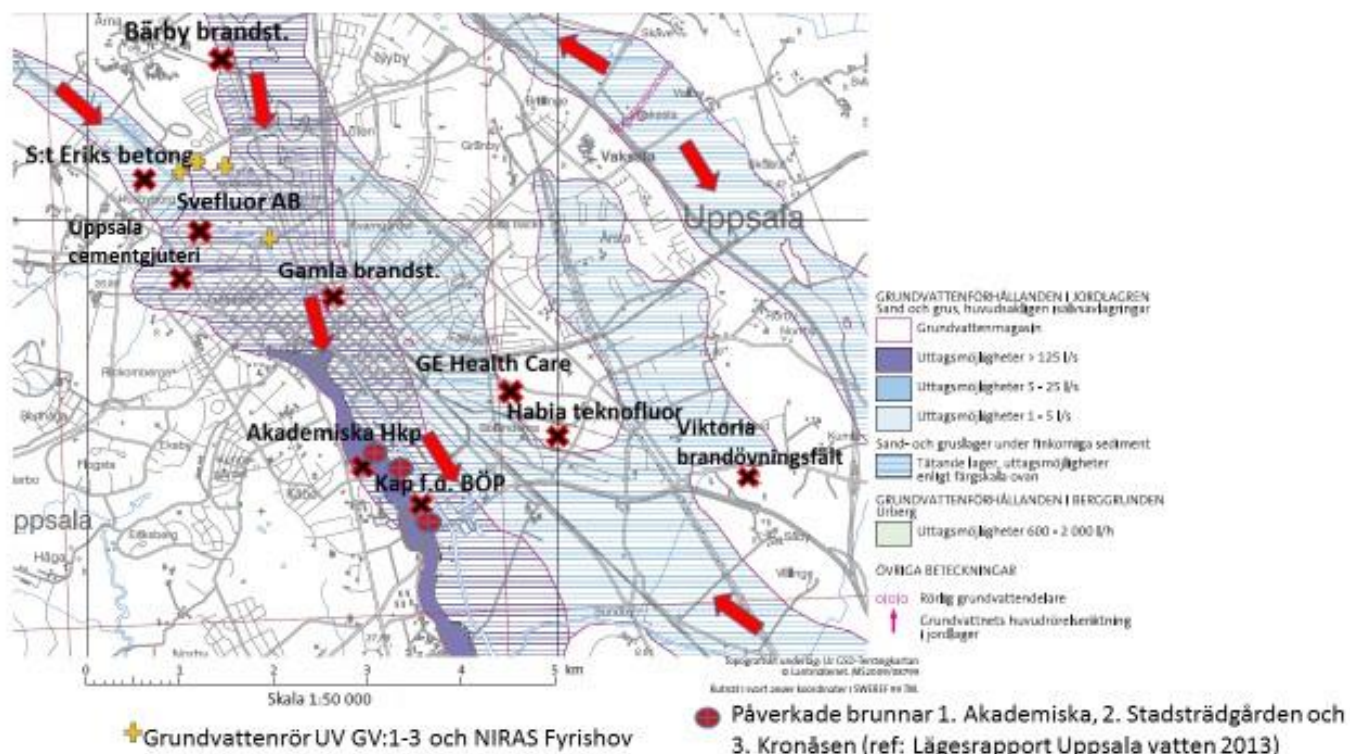
Eftersom några av de alternativa utsläppskällorna, bl.a. Svefluor AB och f.d. Uppsala cementgjuteri, i tidigare inventeringar (Uppsala Vatten AB, 2013 och 2014 och Uppsala kommun, 2013) har avfärdats med motiveringen att PFAS ej kunnat detekteras i övervakningsröret/måthålet vid Q-med (måthål 3) finns det anledning att inledningsvis redovisa borrhprotokollet för detta grundvattenrör. Av borrhprotokollet (figur 21) framgår att övervakningsröret vid Q-med är borrarat ned till 150 meters djup i underliggande berggrund.

Vidare framgår att vattenintaget sker på två olika nivåer: en djupare nivå där berggrundvatten tas in och en ytligare nivå där grundvatten från bergöverytan respektive åsakviferen tas in. Intaget vid bergöverytan möjliggörs genom 8 st. 4 mm:s hål lokaliserade strax ovanför berggrundsytan. Grundvatten från den ytligare nivån, som med stor sannolikhet härrör från åsakviferen i gränssnittet mellan Junkilsåsen och Uppsalaåsen, späds alltså ut med berggrundvatten från den djupare intagsnivån. Det går således inte att utifrån genomförda provtagningar/analyser i det aktuella övervakningsröret helt utesluta att det förekommer PFAS i åsakviferen vid den plats där övervakningsröret är installerat. Det bör också understrykas att observationsröret vid Q-med inte är installerat med syfte att genomföra kvalitetssäkrad grundvattenprovtagning. Ett vattenprov som tas ut i detta grundvattenrör är alltså kvalitetsmässigt inte jämförbart med ett grundvattenprov som tagits i ett s.k. miljöprovtagningsrör av termiskt härdad PE-plast, vilket installerats med syfte att provta grundvatten i samband med t.ex. en miljöteknisk markundersökning.

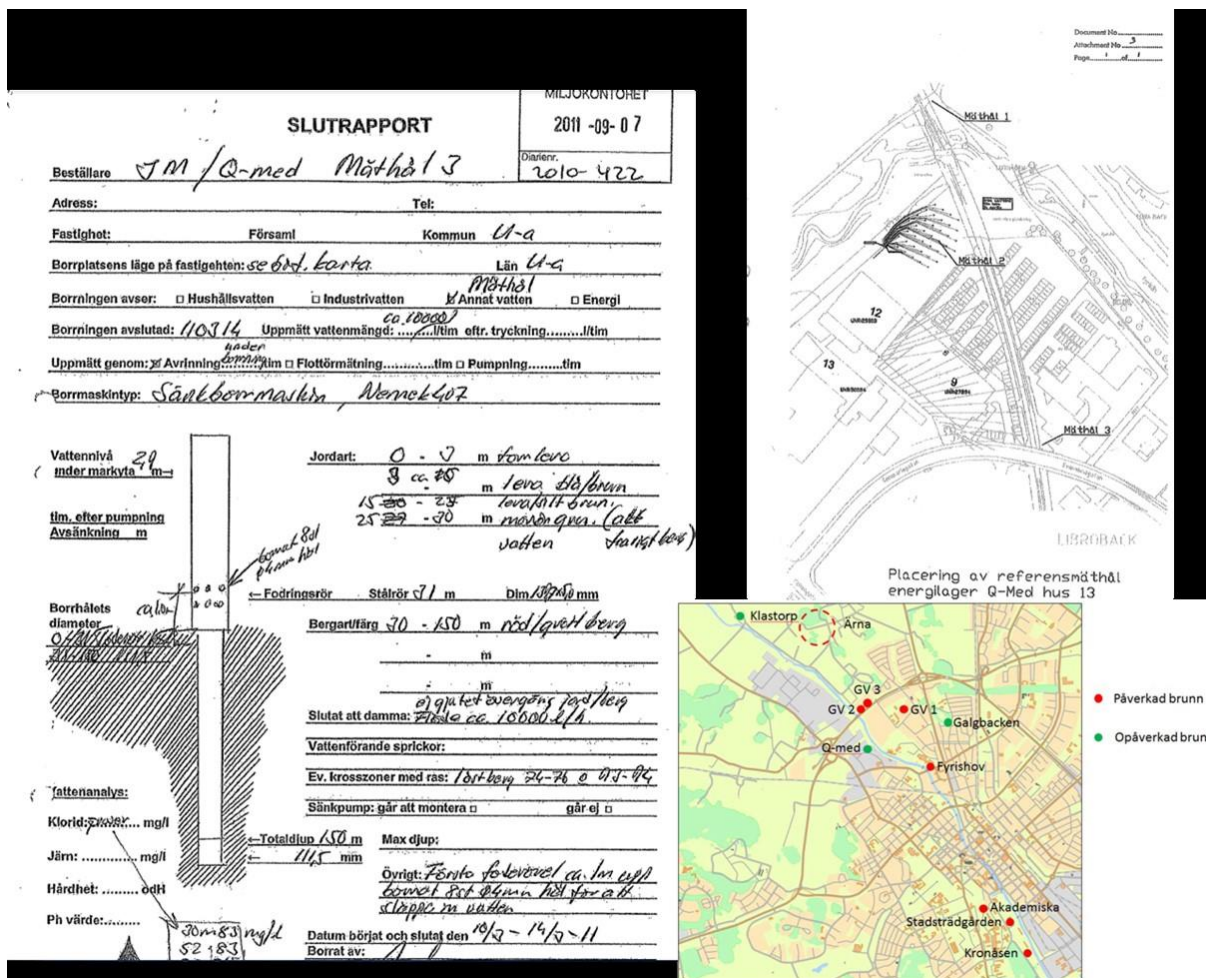


**Figur 19.** SGU:s jordartkarta (SGU ser Ae 113) med markeringar där tänkbara alternativa källor är lokaliserade. Det framgår att flera av dessa platser är belägna i områden som ligger på Junkilsåsen/Uppsalaåsen samt att avståndet till uppstickande berg inte är speciellt långt.





**Figur 20.** SGU:s hydrogeologiska karta (ser Ah nr 5) där de möjliga alternativa källorna är lokaliserade. Dessutom är platserna markerade där grundvattenrören UV GV:1-UV GV:3, NIRAS Fyrishov är installerade. För att få en bild över det korta avstånd som föreligger mellan de uttagsbrunnar (Akademiska, Stadsträdgården och Kronåsen), som är påverkade av PFAS och verksamheter som använts brandsläckningsskum har även dessa markerats på kartan.



**Figur 21.** Borrprotokoll för övervakningsröret vid Q-med samt karta som visar dess placering. Kartan som visar platser där grundvatten provtagits är hämtad från referensen Uppsala Vatten, 2013. Övervakningsröret vid Q-med är borrat ned till 150 meters djup i underliggande berggrund. Vattenintag sker på två djup, ett djup där berggrundvatten tas in och ett djup där grundvatten från bergöveryta/åskvifer tas in.

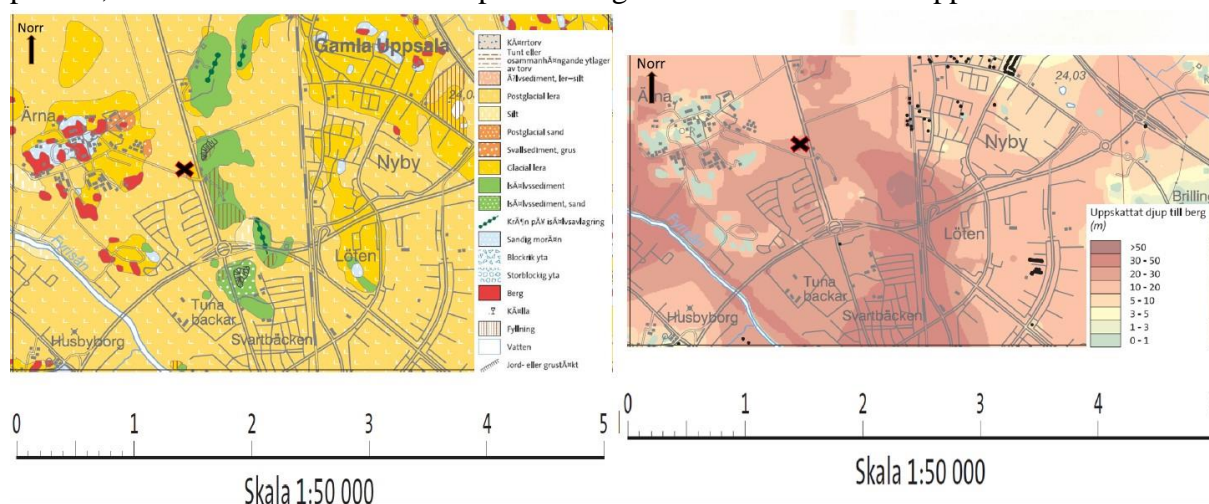
### Bärby brandstation

Bärby brandstation, är belägen mellan Uppsala flygplats och Uppsalaåsen, se figur 22, och fungerar sedan 2003 som brandstation för den kommunala räddningstjänsten i Uppsala. På brandstationen finns räddningsfordon inklusive brandbilar avsedda för brandbekämpning med vatten och brandsläckningsskum. Det är inte utrett huruvida man hanterat PFAS-innehållande brandsläckningsskum av "äldre typ" i eller i anslutning till lokalerna. Det är känt att brandsläckningsskum innehållande PFOS som fanns på marknaden före den 27:e december 2006 fick användas till och med den 27:e juni 2011. Det kan därför inte helt uteslutas att släckmedel med innehåll av PFOS hanterats på platsen.

I Uppsala Vattens lägesrapport från april 2014, ”Förekomst av perfluorerade ämnen i Uppsalaåsens grundvatten” görs bedömningen att brandstationen inte utgör någon möjlig föroreningskälla för PFAS till Uppsalaåsen, främst på grund av att platsen underlagras av tätande lerlager (Uppsala Vatten, 2014). Stationen togs i drift efter det att saluförbud införts för PFOS-innehållande släckmedel. Enligt räddningstjänsten har ingen övningsverksamhet eller annan hantering av perfluorerade ämnen skett vid stationen. I Uppsala kommuns rapport ”Spårning av verksamheter som hanterar perfluorerade alkylsyror PFAA” framkommer följande: Enligt korrespondens med Torbjörn Mattsson, chef på Räddningsavdelningen på Uppsala brandförsvaret började brandstationen sin verksamhet 2003. PFOS slutade tillverkas 2002. De har inte haft brandsläckningsövningar med brandskum. Inget skum har hanterats på annat sätt än påfyllning av detergent och alkoholresistent skum i räddningsfordon. Denna påfyllning har skett inomhus i vagnhall där eventuellt spill tas omhand i avskiljare och transporteras vidare i avloppssystemet” (Uppsala kommun, 2013). Det framkommer inte utifrån kommunens inventering om det funnits ett lager med PFOS-innehållande brandsläckningsskum av AFFF-typ från räddningstjänstens sida. Att gammalt skum funnits kvar kan inte uteslutas, inte heller att det vid något tillfälle har hanterats på stationen.

Enligt jorddjupskartan uppgår djupet till berg vid Bärby brandstation till mellan 10–20 m. Enligt F16:s tillståndsprövning från 1993 har grundvattnet en östlig riktning i område, d.v.s. grundvattenströmningen sker mot Uppsalaåsen (Fortifikationsförvaltningen, 1993). I samband med att brandstationen anlades kan schaktarbeten ha förekommit samt pålning och spontning ha genomförts. Ugrävningen kan ha medfört att den naturliga jordlagerföljden i området har störts och att ytliga tätande lerlager till viss del avlägsnats från området. Eventuella friktionspålar kan fungera som ledande strukturer mellan förorenat markvatten i övre jordlager och grundvatten i åsakviferen och därigenom bidra till infiltration av föroreningar i djupled. Vidare är Bärby brandstation belägen i direkt anslutning till Uppsalaåsen. Sannolikt föreligger grundvattenförande glacifluvium under ler- och siltlagret omedelbart under brandstationen. I främst Uppsala Vattens rapport åberopas att tätande lerlager omöjliggör en förorenings-spridning i djupled vid objektet. Men av bl.a. SGU:s kartbladsbeskrivning för Uppsalaområdet, och av stratigrafiska data från borrhningar utförda i glaciala och postglaciala leror runt omkring Uppsalaåsen, framgår att lerlagret i djupled ofta övergår i lerig-siltig facies, ibland med inslag av finsand. Lerig silt uppvisar utifrån litteraturdata en hydraulisk konduktivitet kring  $1 \times 10^{-8}$  m/s, vilket innebär att lerig silt i regel inte uppfyller täthetskriterier för en spridningsbarriär. I allmänhet erfordras en hydraulisk konduktivitet understigande  $5 \times 10^{-9}$  m/s för att erforderlig barriäreffekt ska uppnås i såväl naturliga som i anlagda geologiska barriärer (Helldén et al., 2006). Som jämförelse kan nämnas att leror utan siltinslag uppvisar en hydraulisk konduktivitet inom intervallet  $1 \times 10^{-9}$  m/s och  $1 \times 10^{-12}$  m/s.

Sammantaget görs således bedömningen att om en PFAS-källa finns vid objektet så kan det, utifrån tillgänglig information om jordlagerföljd och genomförda anläggningsarbeten på platsen, inte uteslutas att PFAS har spridits till grundvattenakviferen i Uppsalaåsen.



**Figur 22.** Kartor från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) vilka visar jordart och jorddjup i området där objektet Bärby brandstation är beläget.

### **S:t Eriks betong**

S:t Eriks betong är lokaliserat strax söder om Fyrisån, se figur 19, 20 och 23. Vid anläggningen bedrivs tillverkning av betongvaror vilka mellanlagras på fabriksområdet. Troligen har verksamhet bedrivits på platsen sedan 1963 (Uppsala Industriminnesförening). Det är känt att det historiskt sett har använts perfluorerade ämnen vid tillverkning av betong- och cementprodukter (Kemikalieinspektionen, 2006). Det kan utifrån tillgänglig information inte uteslutas att PFAS har hanterats vid anläggningen.

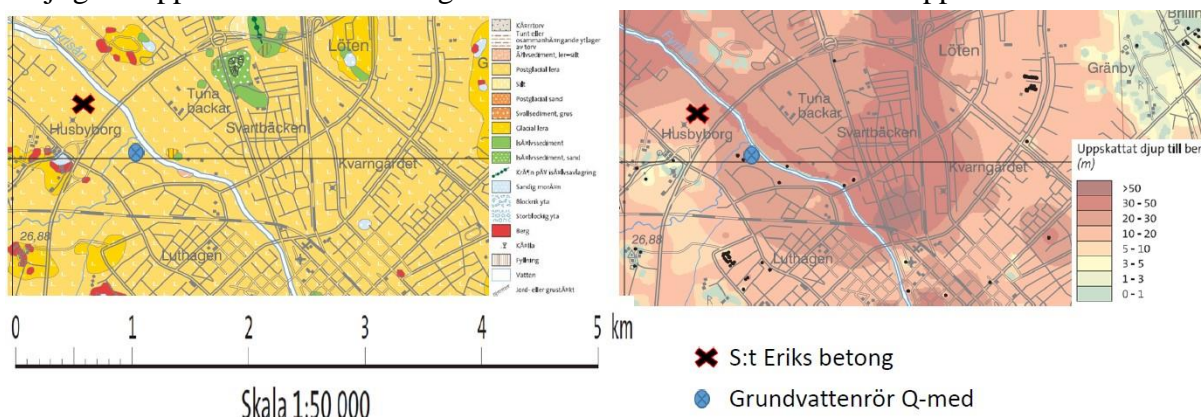
Uppsala Vatten skriver i de två lägesrapporterna att ”Företaget uppger att så vitt man känner till har man inte använt perfluorerade ämnen i sin tillverkning. Verksamheten är placerad i ett område med låg sårbarhet. Lerans mäktighet bedöms överstiga 10 meter. En eventuell spridning borde upptäckts i kontrollbrunnen vid Q-Med. Bedöms inte utgöra någon föroreningskälla” (Uppsala Vatten AB, 2013 och 2014).

I Uppsala kommuns rapport ”Spårning av verksamheter som hanterar perfluorerade alkylsyror PFAA” daterad 2013-10-02 framkommer följande: ”S:t Eriks AB – Ligger på Börjegatan 77 och tillverkar betongplattor. Enligt intervju med Mats Tunfalk vid S:t Eriks har ingen som arbetar i fabriken varit där längre än 6 år. Tidigare kemikalieanvändning har man ingen kunskap om. Nu har man en kemikalielista där endast kemikalier som godkänts av företagets miljöansvarige finns med. Inga andra kemikalier får användas. Generell kunskap om betong och kvalitetskrav på betong kan dock användas för att utesluta att man haft dessa kemikalier.

Teflon skulle vara hämmande på processen i betongen, så det kan inte ingå i tillsatsämnen. Skumdämpare har man inget behov av. Omvänt så finns det tillsatser som ger luftbubblor i betongen, men dessa används ej i denna fabrik. Man har silikonformar, men dessa torrborstas, d.v.s. det blir inget sköljvatten. Man har vad han vet aldrig själv tillverkat plastade formar. Någon större brand på området känner Mats inte till. Brandsläckningsskum har de inte” (Uppsala kommun 2013).

Objektet är lokaliserat till ett område där postglacial lera utgör ytjordart. Jorddjupet på platsen uppgår till mellan 30–50 m, se figur 23. Jordlagerföljden vid objektet är emellertid inte närmare undersökt. Det kan utifrån befintligt underlag inte uteslutas att ler- och siltlager omedelbart under fabriksområdet underlagras av glacifluvium tillhörande Jumkilsåsen. Av bl.a. SGU:s kartbladsbeskrivning för Uppsalaområdet, och av stratigrafiska data från borrhningar utförda i glaciala och postglaciala leror runt i kring Uppsalaåsen, framgår att lerlagret i djupled ofta övergår i lerig-siltig facies, ibland med inslag av finsand (SGU:s jordartkarta). Lerig silt, uppvisar enligt litteraturdata en hydraulisk konduktivitet kring  $1 \times 10^{-8}$  m/s, vilket innebär att lerig silt i regel inte uppfyller täthetskriterier för en spridningsbarriär. I allmänhet erfordras en hydraulisk konduktivitet understigande  $5 \times 10^{-9}$  m/s för att erforderlig barriäreffekt ska uppnås i såväl naturligt förekommande som i konstgjorda geologiska barriärer (Helldén et al., 2006). Som jämförelse kan nämnas att leror utan siltinslag uppvisar en hydraulisk konduktivitet inom intervallet  $1 \times 10^{-9}$  m/s och  $1 \times 10^{-12}$  m/s.

Det kan sammanfattningsvis inte uteslutas att en PFAS-förorening i jord eller grundvatten kan föreligga vid S:t Eriks betong och att en dylik förorening till följd av infiltration via måttligt genomsläppliga jordlager skulle kunna ha spridits till Jumkilsåsens och/eller Uppsalaåsens grundvattensystem. Det faktum att PFAS inte påvisats i observationsröret vid Q-med innebär, av de skäl som redovisas i början av avsnitt 7.2., inte att S:t Eriks betong kan uteslutas som möjlig utsläppskälla av PFAS till grundvatten i Jumkilsåsen och/eller Uppsalaåsen.



**Figur 23.** Kartor från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) vilka visar jordart och jorddjup i området där objektet S:t Eriks betong är beläget.

### **Svefluor AB**

Svefluor AB är lokaliserat strax söder om Fyrisån. Verksamheten bedrivs i en relativt liten byggnad av trä strax söder om grundvattenröret Q-med, d.v.s. nedströms det område där Jumkilsåsen löper samman med Uppsalaåsen, se figur 24. I lokalerna utförs bl.a. beläggning och bearbetning av fluorplast genom svarvning och fräsning. Hur länge verksamheten bedrivits är inte känt. Det har emellertid i genomförda inventeringar framkommit att PFAS, huvudsakligen i form av PFOA, har hanterats på fastigheten (Uppsala Vatten AB, 2013 och 2014 samt Uppsala kommun 2013 och 2015). Miljökontoret i Uppsala kommun skriver att ”Svefluor – Ett företag på Seminariegatan 25, bredvid Q-Med, som teflonbelägger olika artiklar genom att spruta dispergerad teflon på metalldelar” (Uppsala kommun, 2013).

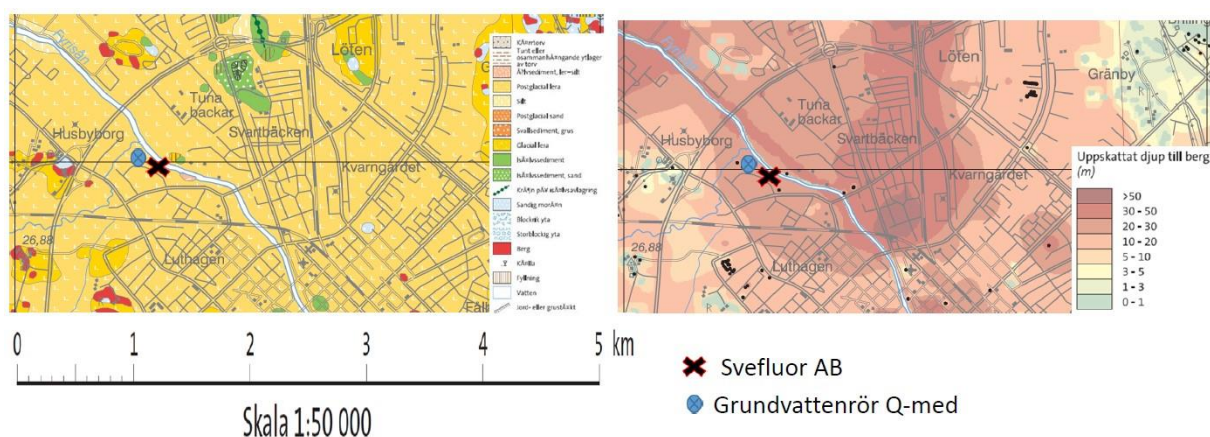
Teflon (polytetrafluoretylen, PFTE) och PFAS är två olika perfluorerade ämnesgrupper med olika tillverkningsvägar. Det är känt att PFOA används vid tillverkning av PFTE, varför det inte kan uteslutas att detta ämne finns kvar i liten mängd i produkterna. Uppsala kommun/Miljökontoret har inte gått vidare med att undersöka verksamheten eftersom varken PFOA eller PFOS påträffades i den brunn som provtogs på det närliggande Q-Meds område. Det faktum att PFAS inte påvisats i observationsröret vid Q-med innebär emellertid, av de skäl som redovisas i början av avsnitt 7.2, inte att objektet kan uteslutas som möjlig utsläppskälla av PFAS till grundvatten i Jumkilsåsen och/eller Uppsalaåsen. Observationsröret vid Q-med är dessutom lokaliserat nordväst om Svefluor, d.v.s. hydrogeologisk sett strax uppströms objektet. Den generella strömningsriktningen i Jumkilsåsen sker från nordväst mot sydost. Eftersom ingen pumpning sker i observationsröret vid Q-med föreligger ingen avsänkningstratt i grundvattenzonen kring röret och det är därför högst osannolikt att en eventuell PFAS-förorening från Svefluors verksamhetsområde skulle kunna detekteras vid Q-med.

Det har genomförts en mindre miljöteknisk markundersökning under 2014 på fastigheten där Svefluor AB bedriver sin verksamhet. Ett markvattenprov som togs visade på förekomst av PFOA, om än i låga haltnivåer: 11 ng/l (Uppsala kommun, 2015). Uppsala Vatten AB har avfärdat objektet med avseende på risken för PFAS-spridning till Jumkilsåsen/Uppsalaåsen med följande motivering (Uppsala Vatten AB, 2013 och 2014): ”Företaget hanterar perfluorerade ämnen. Ämnena är av annan typ än de som detekterats i störst mängd i grundvattnet. Verksamheten är placerad i ett område med låg sårbarhet. Lerans mäktighet bedöms överstiga 10 m. En eventuell spridning borde upptäckts i kontrollbrunnen vid Q-Med. Bedöms inte utgöra någon föroreningskälla.”

Det är riktigt som Uppsala Vatten skriver i sitt yttrande att det ytliga jordlagret på platsen utgörs av postglacial lera. Men eftersom ingen kvalitetssäkrad undersökningsborrning utförts vid

objektet går det inte att med säkerhet uttala sig om lerlagrets utbredning i djupled. Av bl.a. SGUs kartbladsbeskrivning för Uppsalaområdet, och av stratigrafiska data från borrhningar utförda i glaciala och postglaciala leror runt i kring Uppsalaåsen, framkommer att lerlagret i djupled ofta övergår i lerig-siltig facies, ibland med inslag av finsand. Lerig silt uppvisar enligt litteraturdata en hydraulisk konduktivitet kring  $1 \times 10^{-8}$  m/s, vilket innebär att lerig silt i regel inte uppfyller täthetskriterier för en spridningsbarriär. I allmänhet erfordras en hydraulisk konduktivitet understigande  $5 \times 10^{-9}$  m/s för att erforderlig barriäreffekt ska uppnås i såväl naturliga som i anlagda/konstgjorda geologiska barriärer (Helldén et al. 2006). Som jämförelse kan nämnas att leror utan siltinslag uppvisar en hydraulisk konduktivitet inom intervallet  $1 \times 10^{-9}$  m/s och  $1 \times 10^{-12}$  m/s.

Osäkerheten beträffande utbredningen av lerig facies i djupled i kombination med att det åberopade grundvattenröret vid Q-med är lokaliserat i bergkviferen strax uppströms objektet gör att en eventuell PFAS-spridning från Svefluor till Jumkilsåsen, - alternativt direkt till Uppsalaåsen - inte helt kan uteslutas baserat på det dataunderlag för objektet som i dagsläget föreligger.



**Figur 24.** Utsnitt ur SGU:s kartunderlag (SGU ser Ae113) som visar jordart och jorddjup där objektet Svefluor AB är beläget.

### Gamla brandstationen

Gamla brandstationens lokalisering framgår av figur 19, 20 och 25. Brandstationen - som uteslutande användes av den kommunala räddningstjänsten - är sedan några år avvecklad och ersatt med lägenheter. Det har framkommit att brandsläckningsskum i begränsad omfattning kan ha hanterats på brandstationen. Det ska dock inte ha genomförts någon övnings-verksamhet med brandsläckningsmedel i anslutning till stationen (Uppsala kommun 2013). Det finns ingen dokumentation avseende vilka mängder släckmedel som hanterats vid stationen eller vilka

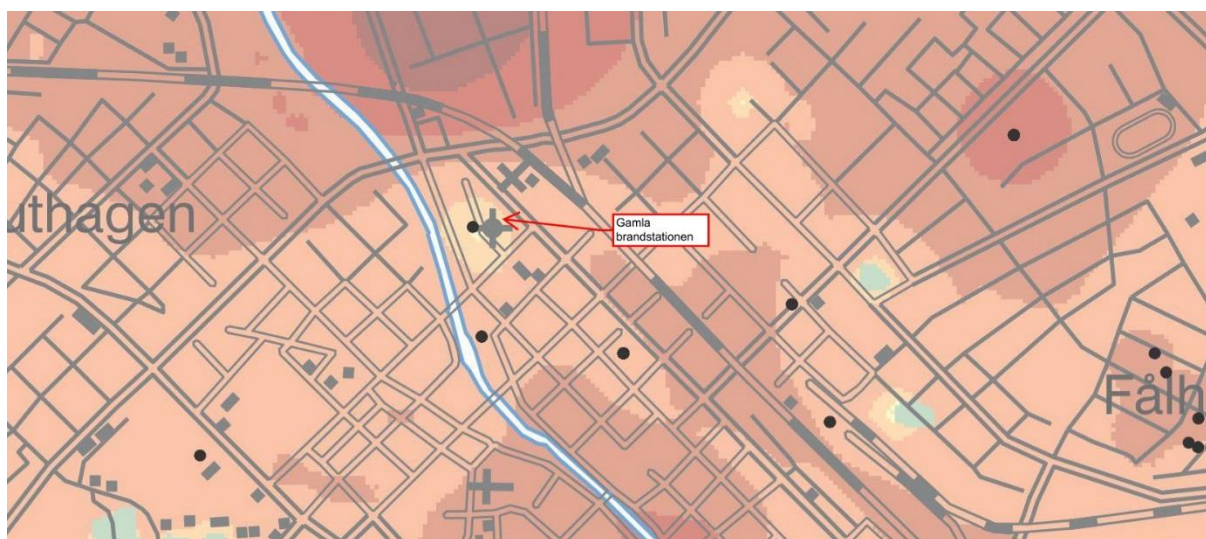
rutiner som tillämpats vid påfyllnad respektive tömning av släck-vätska/släckmedel av/från räddningsfordonen. Man bör ha i åtanke att det inte nödvändigtvis måste ha bedrivits övningsverksamhet på ett område för att brandsläckningsskum ska ha förorenat jord och grundvatten med PFAS. De släckmedel som hanterats på Gamla brandstationen bör ha varit av den gamla generationen med tanke på att den var i drift innan förbudet mot PFOS infördes.

I Uppsala Vatten AB:s lägesrapporter från 2013 och 2014 (Uppsala Vatten AB, 2013 och 2014) avfärdas objektet som möjlig PFAS-källa till Uppsalaåsen med följande motivering: ”Viss övningsverksamhet har förekommit. Verksamheten ligger inom ett område med låg sårbarhet. Lerans mäktighet bedöms överstiga 10 m. Området har sanerats genom att de ytliga marklagren schaktats bort. En eventuell spridning i grundvattnets strömningsriktning kan inte förklara förekomsten av perfluorerade ämnen vid Fyrishov och Bärbyleden. Mindre sannolik föroreningskälla.”

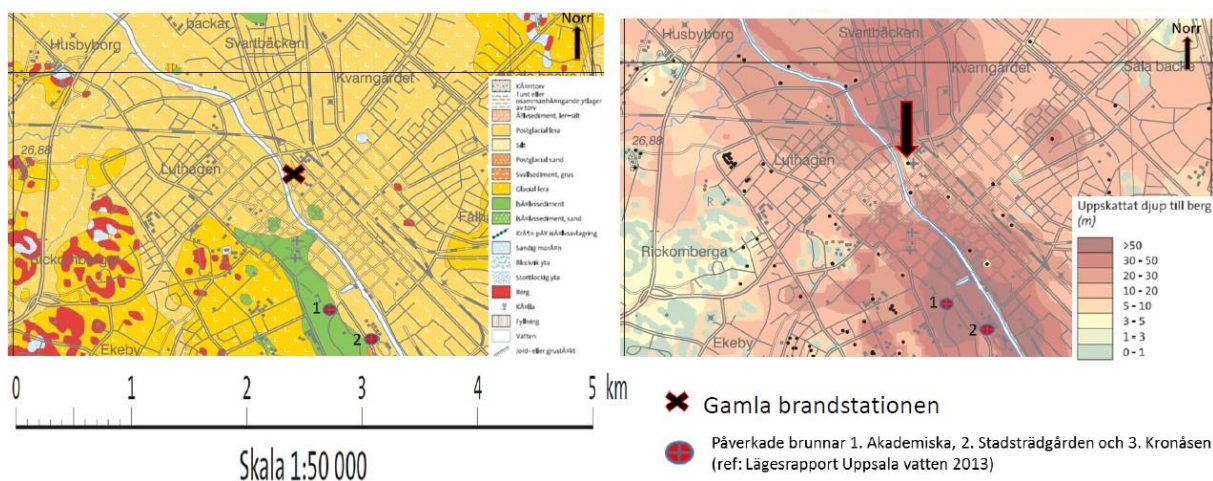
Uppsala kommun/Miljökontoret skriver att området är ombyggt innebärande att all fyllnadsjord liksom eventuella förorenade massor transporterats bort från området och att PFAS-spridning till Uppsalaåsen är osannolik eftersom objektet underlagras av mäktiga lerlager (Uppsala kommun, 2013).

Det är som Uppsala Vatten och Uppsala kommun skriver i sina respektive yttranden korrekt att objektet Gamla brandstationen underlagras av lera. Enligt SGU:s jorrdjupskarta över området, se figur 25 och 26, kan lermäktigheten dock vara så pass liten som 3 m, varav de översta 1–2 metrarna mycket väl kan utgöras av torrskorpelera med relativt hög sprickfrekvens och därmed förhållandevis hög hydraulisk konduktivitet. Borrdata från närliggande platser runt i kring Uppsalaåsen visar att glacialleran i djupled ofta övergår i siltig facies med inslag av sand. Objektet är lokaliserat ovanpå glacifluvium tillhörande Uppsalaåsen. En förorening som trängt igenom den ytliga torrskorpelera hamnar därför omedelbart i åsakviferen. I samband med att området bebyggs med lägenheter har omfattande urgrävningsarbeten utförts på platsen. Med stor sannolikhet har även påslagning och spontning utförts i området. Detta kan ha medfört att lerlagret ställvis har penetrerats och att det uppstått en eller flera möjliga spridningsförbindelser från markytan ned till den vattenförande formationen i Uppsalaåsen. Det är riktigt som Uppsala Vatten skriver i sitt yttrande att ett eventuellt haltpåslag av PFAS från objektet inte skulle kunna bidra till den PFAS-förorening som påvisas i grundvattenrören NIRAS Fyrishov och UV GV:1. Det kan samtidigt inte uteslutas att en PFAS-förorening med ursprung i den Gamla brandstationen kan svara för viss föroreningspåverkan på de nedströms lokaliserade grundvattenrören/ uttagsbrunnarna vid Stadsträdgården och Kronåsen. Det är utifrån det knapphändiga underlag som föreligger inte rimligt att helt utesluta objektet från fortsatta undersökningsinsatser.





**Figur 25.** Utsnitt ur SGU:s kartunderlag (SGU ser Ae113) som visar jorddjup vid objektet gamla brandstationen.



**Figur 26.** Kartor från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) vilka visar jordart och jorddjup i området där objektet Gamla brandstationen är beläget.

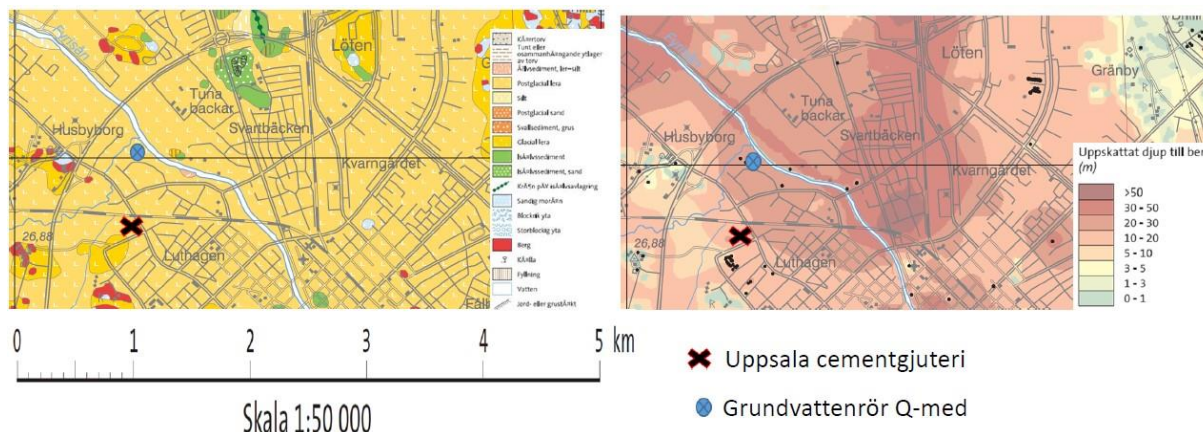
### **F.d. Uppsala cementgjuteri**

F.d. Uppsala cementgjuteri är lokaliserat nordväst om Uppsala centrum, söder om Fyrisån, se figur 19, 20 och 27. Verksamheten har utgjorts av betongindustri. Området har tidigare även fungerat som parkeringsplats. Under de senaste åren har kvarteret omvandlats till ett nytt bostadsområde med butiker och restauranger. Utbyggnaden planeras fortsätta med fler bostäder (Uppsala nya tidning). Det föreligger ingen objektspecifik information rörande eventuell PFAS-hantering på platsen. Det är dock allmänt vedertaget att perfluorerade ämnen har använts vid tillverkning av cement- och betongprodukter (Kemikalieinspektionen, 2006), varför hantering av PFAS inte helt kan uteslutas. Objektet finns inte omnämnt i något av de dokument

rörande PFAS-förekomsten i Uppsalaåsen som tagits fram av Uppsala Vatten AB respektive Uppsala kommun.

Objektet är lokaliserat nedströms både S:t Eriks betong och Svefluor AB, söder om den plats där Jumkilsåsen och Uppsalaåsen löper samman. Jordlagrets mäktighet på platsen bedöms uppgå till mellan 10–20 m, se även figur 27. Lera utgör ytjordart, men under ytliga tätande lager föreligger - enligt det hydrogeologiska basmaterialet för området (SGU:s hydrogeologiska karta) - jordlager med goda uttagsmöjligheter för grundvatten, sannolikt glacifluvium tillhörande Uppsalaåsens grundvattensystem.

I samband med byggnationen av bostäder på området har det genomförts schaktning av jordmassor, samt med stor sannolikhet även spontning och pålning. Det kan inte uteslutas att genomförda mark- och anläggningsarbeten har påverkat spridningsförutsättningarna vid objektet, t.ex. med ökad spridning av eventuellt PFAS-förorenat markvatten i djupled som följd. En eventuell PFAS-förorening i jord och grundvatten vid objektet skulle teoretiskt sett kunna transporteras till centrala delar av Uppsalaåsen via en grundvattenström riktad mot öster eller söderut, och därmed påverka de nedströms liggande uttagsbrunnarna i Stads-trädgården respektive Kronåsen. Föroreningspåverkan på grundvattenröret NIRAS Fyrishov öster om objektet kan heller inte uteslutas utifrån det underlag som föreligger. Objektet bör, liksom flertalet av de övriga tänkbara PFAS-källorna som finns lokaliserade ovanpå eller i omedelbar anslutning till Uppsalaåsen, närmare utredas med avseende på förorenings- och spridningsförhållanden, innan det helt kan avfärdas.



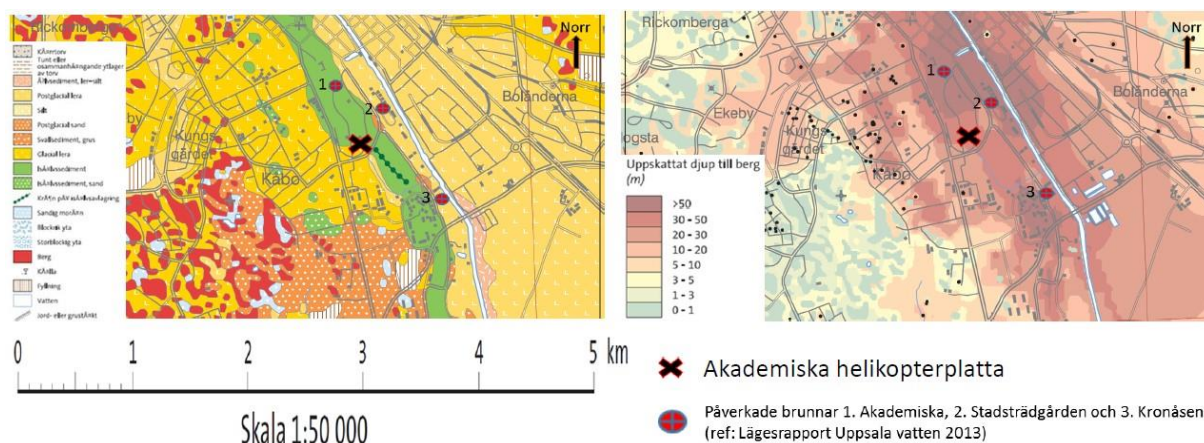
**Figur 27.** Kartor från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) vilka visar jordart och jorddjup i området där objektet Uppsala cementgjuteri är beläget.

### Akademiska sjukhusets helikopterplatta

Platsen är lokaliserad strax söder om Uppsala centrum och direkt ovanpå glacifluvium tillhörande Uppsalaåsen, se figur 19, 20 och 28, på taket av en av sjukhusbyggnaderna finns en

helikopterplatta. Enligt tidigare tillhandahållna uppgifter har några övningar med brandsläckningsskum inte utförts vid Akademiska sjukhusets helikopterplatta. Senare uppgifter motsäger emellertid detta och förnärvarande pågår en inventering avseende i vilken omfattning och med vilka släckmedel som övningar historiskt sett bedrivits vid helikopterplattan (Uppsala kommun, 2015). Uppsala Vatten AB avfärdar i sina yttranden helikopterplattan som PFAS-källa till Uppsalaåsen med följande motivering: ”Enligt uppgift från sjukhuset har ingen övningsverksamhet med brandsläckningsskum förekommit. Sjukhuset är beläget inom ett område med hög sårbarhet. En eventuell spridning med grundvattnets strömning kan inte förklara förekomsten av perfluorerade ämnen vid de nordligast belägna brunnarna vid Stadsträdgården eller vid Akademiska sjukhusets vattentäkt. Provtagningsbrunnarna vid Fyrishov och Bärbyleden kan inte påverkas från Akademiska sjukhuset. Mindre sannolik föroreningskälla” (Uppsala Vatten AB, 2013 och 2014).

Det är riktigt som Uppsala Vatten skriver att grundvattenflödet i Uppsalaåsen vid objektet i huvudsak är riktat söderut (Uppsala Vatten AB, 2013 och 2014). Det är dock inte i detalj klarlagt på vilket sätt eller i vilken riktning helikopterplattan dräneras och det kan således inte uteslutas att eventuellt PFAS-förorenat spillvatten från helikopterplattan infiltrerats till Uppsalaåsens grundvattensystem på annan plats än vid själva helikopterplattan. Troligen utgörs det övre jordlagret på platsen av sandiga svallsediment vilka antingen underlagras direkt av glacifluvium tillhörande Uppsalaåsen, eller av ett tunt lager postglacial lera. I det senare fallet kan eventuellt PFAS-förorenat ytgrundvatten vid objektet dräneras en relativt lång sträcka innan det infiltrerar till åsakviferen. Lerlagrets lutning är i ett dylikt fall styrande för ytgrundvattnets strömningsriktning, vilken inte behöver vara i överensstämmelse med grundvattenflödet i den underliggande primära åsakviferen. Att en PFAS-förorening vid Akademiska sjukhusets helikopterplatta skulle medföra förhöjda PFAS-halter vid grundvattenröret Niras Fyrishov beläget 2,5 km uppströms området är mindre troligt, men det kan inte uteslutas att uttagsbrunnarna/grundvattenrören i Stadsträdgården respektive Kronåsen påverkats av en eventuell PFAS-spridning från objektet.



**Figur 28.** Kartor från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) vilka visar jordart och jorddjup i området där objektet Akademiskas helikopterplatsa är belägen. Vidare visas de brunnar som är påverkade av PFAS (Akademiska, Stadsträdgården och Kronåsen).

### Kap f.d. brandövningsplats

Platsen där den f.d. brandövningsplatsen är belägen visas i figur 19, 20 och 29-32. På platsen har det bedrivits brandövningsverksamhet i kommunal regi under 1990-talet, enligt uppgift fram till ungefär 1996. Det har tidigare funnit ett par byggnader på platsen. Dessa byggnader är nu rivna. Försvarsmakten har haft verkstäder på platsen tidigare. Nu fungerar den grusade planen som bl.a. parkeringsplats. Det har inte påträffats någon dokumentation kring vilken typ av brandsläckningsskum eller vilka mängder som hanterats på platsen historiskt.

Det har genomförts en MIFO fas 2-undersökningen på den f.d. brandövningsplatsen (Tyréns, 2013). I undersökningen ingick provtagning av ytligt grundvatten/markvatten och PFAS-analyser avseende PFOS och PFOA. Grundvattnets innehåll av andra PFAS har inte analyserats. Att enbart fokusera på PFOS och PFOA för att klarlägga grundvattnets föroreningsgrad med avseende på PFAS riskerar att ge en ofullständig bild av förorenings-situationen vid objektet. Uppmätta halter av PFOA i de sammanlagt två installerade grundvattenrören är så pass låga att de skulle kunna betraktas som ”bakgrundsnivåer”, eventuellt orsakade av kontaminering i samband med provtagnings- och/eller analystillfället. Däremot är PFOS-halten i punkten T1 förhöjd (51 ng/l) och kan anses indikera förekomst av PFAS-förorening i det provtagna grundvattnet.

Ytterligare ett prov på det ytligt liggande markgrundvattnet vid den f.d. brandövningsplatsen har tagits vid ett senare tillfälle. Återigen påvisades relativt låga halter, vid analys av ett stort antal PFAS. En beräknad  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt ligger på cirka 55 ng/l. I ett ytligt jordprov har 2,54  $\mu$ g

PFOS/kg TS kunnat påvisas (Bergström, 2014). Inga prover på djupare lokaliserat grundvatten har tagits vid objektet.

Den f.d. brandövningsplatsen vid Kap är lokaliserad ca 150 m uppströms uttagsbrunnen vid Kronåsen. Jorddjupet vid objektet uppgår till mellan 20-30 m, (se figur 31 och 32). Jordlagerföljden på platsen utgörs sannolikt av sandiga svallsediment, vilka underlagras av lera eller siltig lera/lerig silt. Under ler- och siltlagret, vars mäktighet eller utbredning inte är närmare kartlagd, följer (sannolikt) primärt glacifluvium tillhörande Uppsalaåsen. De grundvattenrör som finns på platsen är installerade på 1–2 m djup under markytanivån, vilket innebär att grundvattenrören är lokaliserade till ett övre grundvattenmagasin i svallsediment ovanför ler/siltlagret. Svallsedimenten kan helt eller delvis vara separerade från den primära grundvattenakviferen i Uppsalaåsen via tätande lager av lera. Detta är dock inte bekräftat utifrån här genomförda undersökningsinsatser. Snarare indikerar borrhdata från den genomförda MIFO fas 2-utredningen att lerlagret redan vid ett par meters djup övergår i siltig-sandig facies, vilket innebär att ett spridningssamband med den primära åsakviferen inte kan utslutas (Tyréns, 2013). Skulle lerlagret under objektet fungera som spridningsbarriär så innebär detta bara att lerlagret skyddar mot infiltration i vertikalled. Det PFAS-förorenade grundvattnet i den sekundära grundvattenakviferen lokaliserad i svallsedimenten kan, om det underliggande lerlagret lutar svagt in mot Uppsalaåsens centrala delar, fortfarande ”rinna över kant” där lerlagret upphör och därefter dräneras i djupled via permeabelt glacifluvium, ned i den primära åsakviferen. Ytterligare provtagnings- och undersökningsinsatser erfordras, enligt vår mening, för att med någorlunda säkerhet kunna utesluta en eventuell spridningsförbindelse mellan grundvattnet i svallsedimenten och Uppsalaåsens grundvattensystem.



Byggnad troligen kopplad till uttagsbrunn vid Kronåsen.



Ytvattenrecipienten Fvrisån

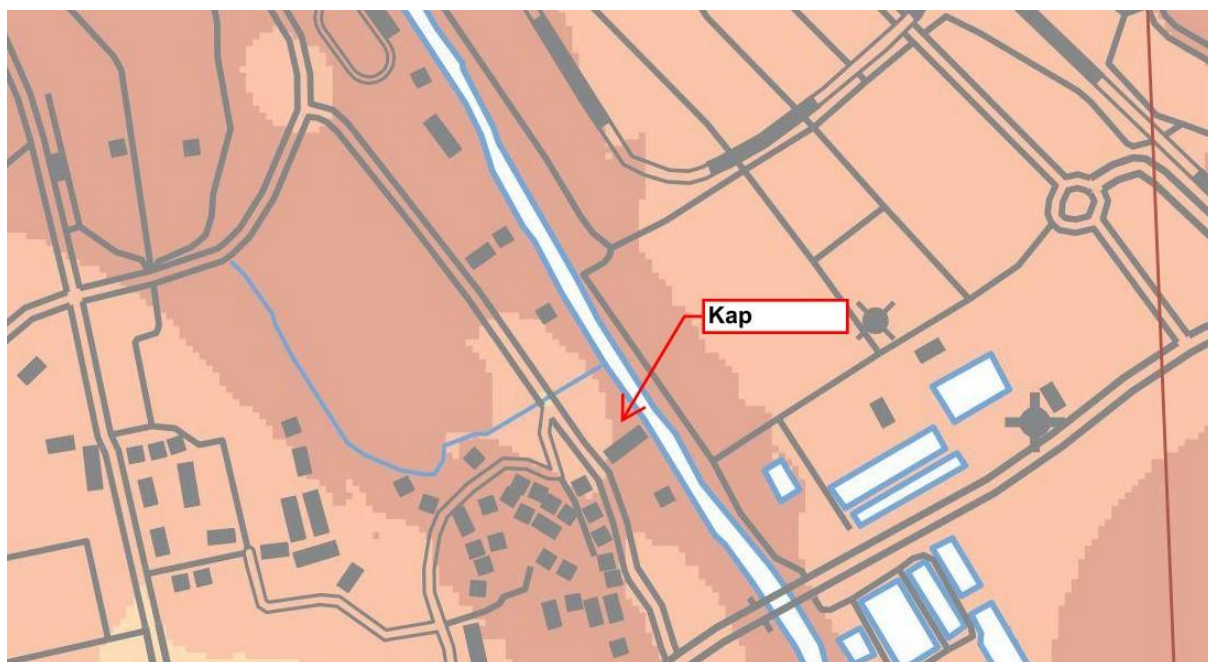


Grusplanen vid Kap

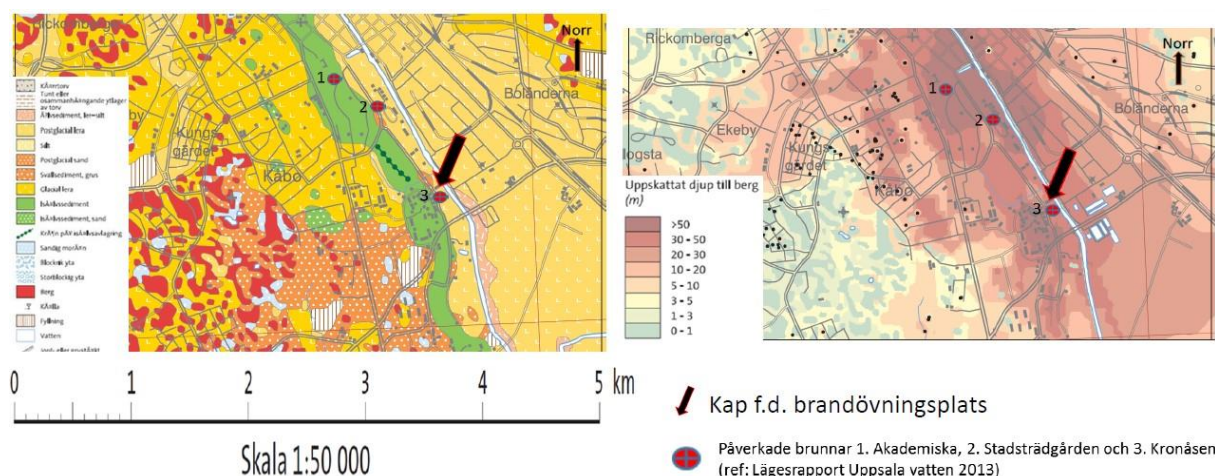
**Figur 29.** Foton tagna vid Kap där det tidigare varit en brandövningsplats.



**Figur 30.** Utsnitt ur SGU:s kartunderlag (SGU ser Ae 113) som visar ytjordart vid objektet Kap f.d. brandövningsplats.



**Figur 31.** Utsnitt ur SGU:s kartunderlag (SGU ser Ae113) som visar jorddjup vid objektet Kap f.d. brandövningsplats.



**Figur 32.** Kartor från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) vilka visar jordart och jorddjup i området där objektet Kap f.d. brandövningsplats är beläget. Vidare visas de närliggande brunnar som är påverkade av PFAS (Akademiska, Stadsträdgården och Kronåsen).

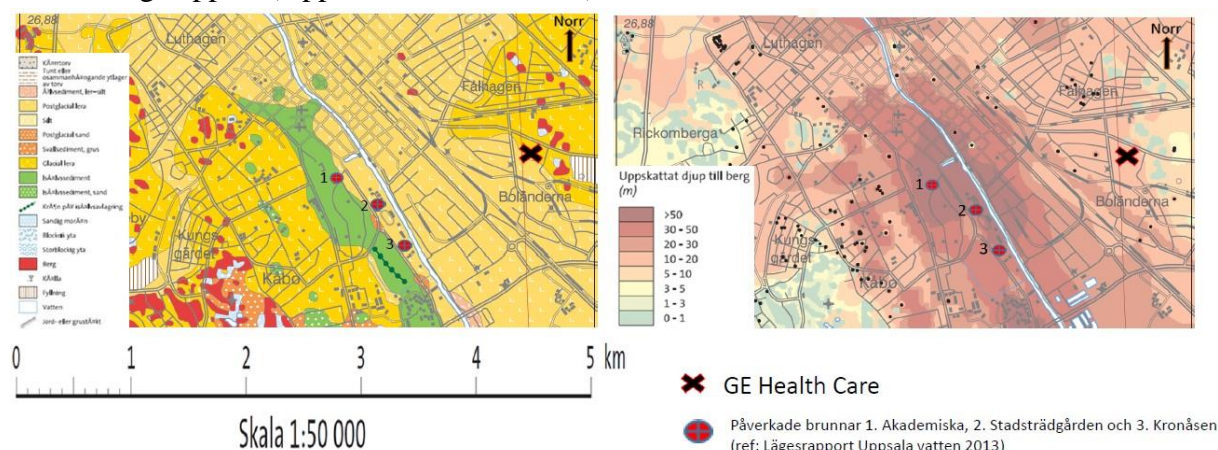
### GE Health Care

GE Health Care är lokaliserat cirka 2 kilometer öster om Uppsala centrum och öster om den ”synliga delen” av Uppsalaåsen, se figur 19, 20 och 33. Vid företaget bedrivs forskning och utveckling avseende läkemedel m.m. Lokalerna är enligt uppgift utrustade med sprinklersystem anslutna till cistern med innehåll av brandsläckningsskum. År 2010 skedde ett läckage av släckmedel till följd av en s.k. vådautlösning (ref: Uppsala Vatten, 2013). Det är oklart om släckmedlet innehöll PFOS och PFHxS eftersom saluförbud för PFOS-haltigt brandskum infördes 2006. Uppsala kommun uppger att brandsläckningsskum ska ha läckt ut vid sammanlagt två tillfällen vid objektet och spridits på asfalterad yta och därefter omedelbart tagits omhand (Uppsala kommun, 2015). Några uppgifter om asfaltens status vad avser sprickor, håligheter m.m. föreligger inte, men kommunens miljökontor hävdar att läckaget inte kan ha bidragit till PFAS-föreningen i Uppsalaåsen (Uppsala kommun, 2015). Det har inte framkommit några uppgifter om eventuella miljötekniska markundersökningar utförda vid GE Health Care med syfte att kartlägga förorenings- och spridningsförhållandena på platsen i samband med de redovisade läckagen av släckmedel.

Enligt SGU:s hydrogeologiska karta över Uppsalaområdet (SGU ser Ah nr 5) är GE Health Care lokaliserat i omedelbar anslutning till ett område med vattenförande jordlager under ytliga tätande jordlager. De vattenförande lagren i området utgörs sannolikt av glacifluvium tillhörande Uppsalaåsens grundvattensystem. Av SGU:s hydrogeologiska karta framgår även att det i området kan föreligga ett grundvattenflöde i den underliggande grenen av Uppsalaåsen riktad mot nord/nordväst. Jorddjupet på platsen uppgår till mellan 10–20 m. Det övre jordlagret utgörs av lera. Uppstickande berg/moränpartier finns omedelbart öster om GE Health Cares anläggning. Även om lerlagret utgör en spridningsbarriär avseende föroreningsinfiltration i

djupled kan en spridning av eventuellt PFAS-förorenat ytligt grundvatten ske i horisontalled, t.ex. i riktning mot något av de uppstickande moränpartier som finns i anslutning till objektet, se figur 33. Via moränakviferen skulle en eventuell PFAS-plym – på motsvarande sätt som vid brandövningsområdet på Uppsala flygplats – kunna spridas vidare till Uppsalalåsens grundvattenakvifer. Det finns således en teoretisk möjlighet att en PFAS-förening i marken vid GE Health Care skulle kunna transporteras via grundvattnet så långt norrut som till Bärbyleden strax söder om Uppsala flygplats.

Något föreläggande om att närmare utreda spridnings- och föroreningsförhållandena vid objektet har såvitt känt inte riktats mot GE Health Care, vilket är anmärkningsvärt mot bakgrund av att två läckage av släckmedel finns dokumenterade vid anläggningen. Uppsala kommuns motivering att asfalten skulle ha ”stoppat” ett eventuellt läckage av PFAS-förorenat släckmedel i djupled förutsätter att asfalten på det aktuella området utgörs av tät asfalt-emulsion i form av ett s.k. SAMI-tätskikt eller motsvarande, vilket inte finns dokumenterat i kommunens inventeringsrapport (Uppsala kommun, 2015).



**Figur 33.** Kartor från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) vilka visar jordart och jorddjup i området där objektet GE Health Care är beläget. Vidare visas de brunnar som är påverkade av PFAS (Akademiska, Stadsträdgården och Kronåsen).

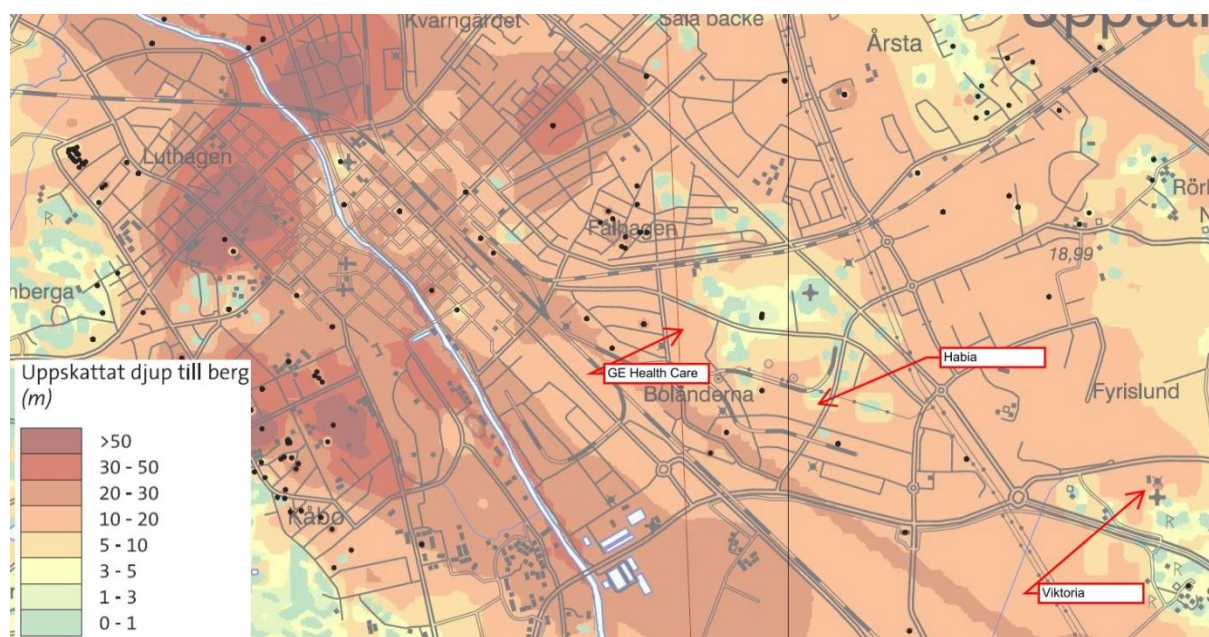
### **Habia teknofluor AB**

Habia teknofluor AB är lokaliserat cirka 2 km öster om Uppsala centrum och öster om den ”synliga delen” av Uppsalalåsen, se figur 20. Företaget har bedrivit verksamheten i nuvarande lokaler i cirka 10 år. Företaget tillverkar produkter i teflon av polytetrafluoreten (PTFE-pulver). Förbrukningen uppgår till cirka 100 ton pulver per år (Uppsala kommun, 2015). PTFE är en fluorplast med fysiska egenskaper som gör den mycket hal (låg friktion). Materialet är känt från bl.a. varumärken som teflon och Gore-Tex. PFOA används som hjälpkemikalie vid tillverkningen av PTFE. Enligt tillverkaren av PTFE finns PFOA inte kvar i den färdiga produkten men tillverkningen har historiskt varit en källa till stora PFOA-utsläpp, främst i USA

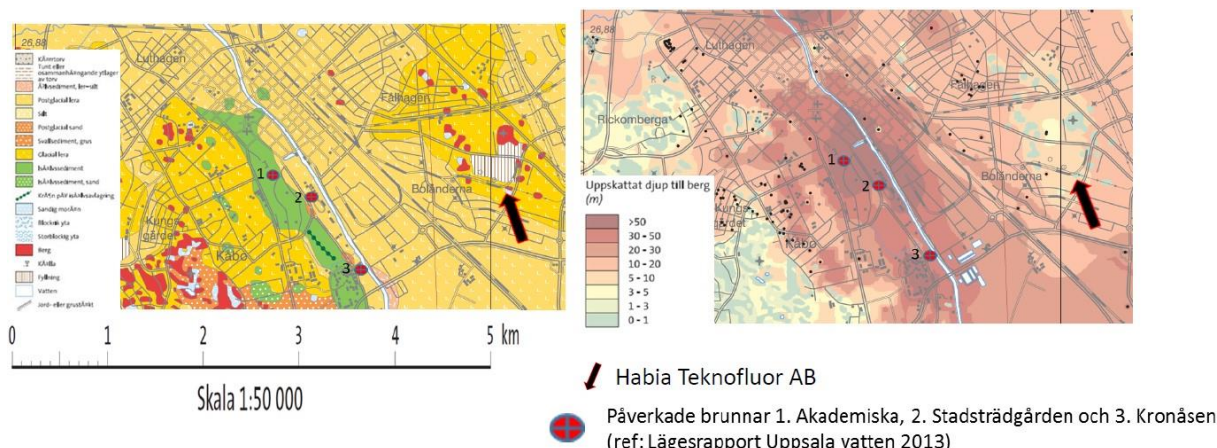


där merparten av PTFE-tillverkningen sker. Troligen sker ingen tillverkning av PTFE på plats vid Habia Teknofluor AB utan företaget köper sannolikt in de aktuella kemikalierna. PTFE och PFAS är två olika substansgrupper och eventuella utsläpp av PTFE torde således inte ”ge avtryck” i form av PFAS-förorening i jord eller grundvatten. Vi delar således kommunens bedömning att objektet ifråga är mindre sannolikt som utsläppskälla av PFAS till Uppsalaåsens grundvattensystem.

Bedömningen ovan förutsätter dock att den information om anläggningen som kommunen erhållit är korrekt och att någon PFAS-hantering vid objektet inte förekommit längre tillbaka i tiden. Enligt SGUs jorddjupskarta, se figur 34, är djupet till berg ställvis mycket litet i anslutning till objektet. Jordlagrets mäktighet kan på sina håll underskrida en meter. Av SGU:s hydrogeologiska karta, se figur 20 framgår att vattenförande lager, sannolikt i form av glacifluvium tillhörande Uppsalaåsens grundvattensystem, förekommer omedelbart under eller invid objektet. Ett spridnings samband med Uppsalaåsens centrala delar, liknande det som beskrivits för GE Health Care ovan, skulle således kunna föreligga.



**Figur 34.** Kartor från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) vilka visar jordart och jorddjup i området där objekten GE Health Care, Habia Teknofluor AB och Viktoria brandövningsfält är belägna.



**Figur 35.** Kartor från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) vilka visar jordart och jorddjup i området där objektet Habia Teknofluor AB är beläget. Vidare visas de brunnar som är påverkade av PFAS (Akademiska, Stadsträdgården och Kronåsen).

### Viktoria brandövningsfält

Viktoria brandövningsfält är lokaliserat till den östra delen av Uppsala. Avståndet till Uppsala centrum liksom till de synliga delarna av Uppsalaåsen är ca. 4,5 km, se figur 19, 20 och 36. På platsen bedrivs sedan 1990 brandövningsverksamhet med bl.a. brandsläckningsskum. Utöver brand- och räddningsövningsverksamhet bedrivs även konferens- och hotell-verksamhet på området.

Användningen av brandsläckningsskum vid Viktoria brandövningsfält kan i sammandrag beskrivas enligt följande (Bjerking AB, 2014 och Bergström, 2014): Brandövningsverksamheten startade 1990 med AFFF-skum från företaget 3M innehållande 3 % respektive 6 % fluorämnen. Stora volymer skumsläckmedel användes vid objektet under perioden 1990–1996. Efter år 1996 ska släckmedel från 3M ha ersatts med AFFF-medel med varunamnen MB5 och ARC-miljö. Det föreligger motstridiga uppgifter avseende PFAS-innehållet i de två omnämnda typerna av släckmedel (Kemikalieinspektionen 2014 och Bergström, 2014). Troligen består MB5 av PFAS medan ARC-miljö inte innehåller PFAS. Övningarna utfördes under 1990-talet i huvudsak vid två övningstillfällen varje år, varvid eldar tändes i plåtkar på området. När elden släcktes spolades plåtkaren ur på en betongplatta söder om övningsfältet och brandskummet hamnade därmed i dagvattnet. På betongplattan samt i övningshuset, som ligger väster om betongplattan, har också brandsläckning övats. Släckvattnet från övningshuset går ut i en trekammarbrunn och därefter till en sedimentationsdamm. Vattnet från dammen går genom en oljeavskiljare innan det via en nyanlagd dagvattenledning leds till Sävjaån (Bjerking AB, 2014). Enligt uppgift från en inspektionsrapport har brandsläckningsskum av AFFF-typ innehållande PFAS använts inom det tidigare icke-hårdgjorda övningsfältet. Denna inspektionsrapport omnämns i Bjerking AB:s PM/undersökningsrapport (Bjerking AB, 2014).

Två miljötekniska mark- och vattenundersökningar har utförts vid objektet. Båda visar att det finns kraftigt PFAS-förorenat grundvatten på och i anslutning till brandövningsfältet. I ett kortare PM sammanställt av Bjerking AB redovisas 4 st. grundvattenanalyser (Bjerking AB, 2014). I ett examensarbete från Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) redovisas analysdata avseende PFAS-innehållet i 8 st. grundvattenprov och 4 st. ytliga jordprov (Bergström, 2014).

I samband med byggnation av handelsplatsen väster om Viktoria brandövningsfält, installerade konsultföretaget Structor ett antal grundvattenrör för bl.a. nivåkontroll av grundvatten i anslutning till området. Enligt Structors rapport (Structor, 2013) är den huvudsakliga strömningsriktningen för ytligt markvatten inom området nord-nordvästlig, medan Bjerking ABs undersökningsarbeten indikerar en strömningsriktning för grundvatten mot nordväst som därefter ”bryter av” mot sydväst (Bjerking AB, 2014), se även figur 36.



**Figur 36.** Bedömd strömningsriktning för markvatten (röda pilar) och grundvatten (blå pilar), Bilden hämtad från Bjerking ABs rapport ”PM vattenprovtagning perfluorerade ämnen” (Bjerking AB, 2014).

I Bjerking ABs rapport redovisas de PFAS-halter som detekterats i 4 st. grundvattenrör lokaliserade centralt inom brandövningsområdet. PFAS-innehållet varierar kraftigt mellan de olika grundvattenrören, men en mycket hög  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt påvisades i grundvattenrör SM10 ( $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>= 20 811 ng/l). PFAS-halten är här i nivå med de högsta uppmätta PFAS-halterna vid brandövningsområdet på Uppsala flygplats.

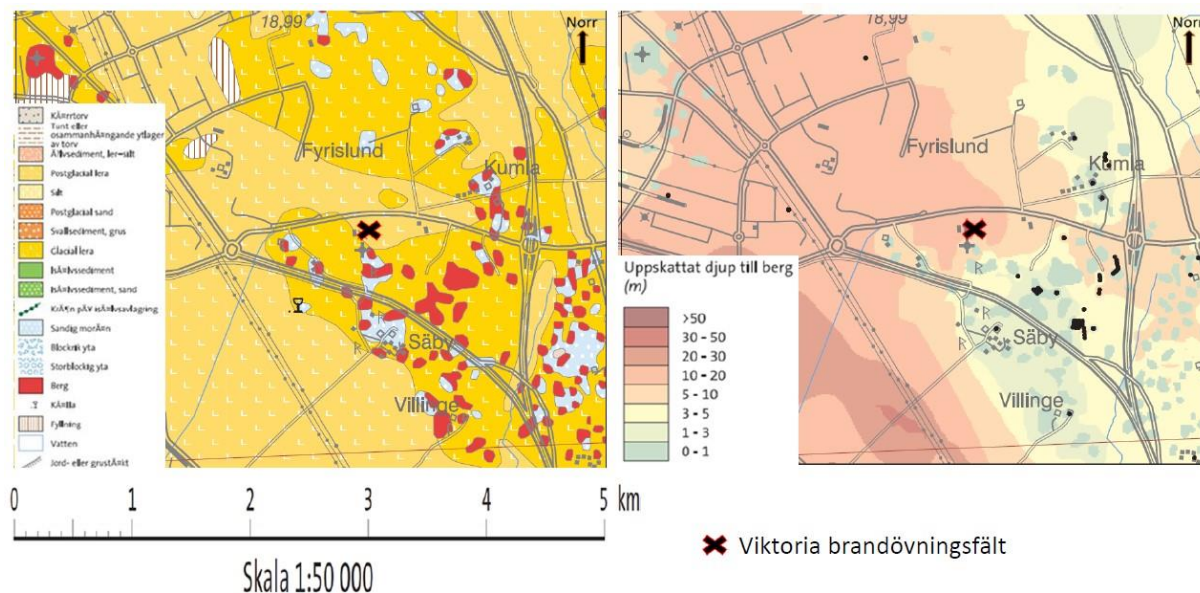
**Tabell 28:** Sammanfattning över de PFAS-halter som uppmätts i grundvatten vid Viktoria brandövningsfält.  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> har beräknats utifrån analysdata för specifika PFAS. Samtliga analysdata hämtade från Bjerking AB, 2014.

Ämne/Prov	SM 7 (ng/l)	SM 8 (ng/l)	SM 9 (ng/l)	SM 10 (ng/l)
PFPeA	120	5	26	1 600
PFHxA	120	5	36	1 500
PFHpA	34	5	13	31
PFOA	42	5	5	450
PFBS	77	5	5	230
PFHxS	310	14	24	2 000
PFOS	220	5	5	15 000
$\Sigma$ PFAS <sub>7</sub>	<b>923</b>	<b>44</b>	<b>114</b>	<b>20 811</b>

Provtagningar som genomförts i befintliga grundvattenrör på Viktoria brandövningsfält vid ett senare provtagningstillfälle visar på något lägre, men fortfarande påtagligt höga, PFAS-halter (Bergström, 2014). Den högsta halten som påvisades vid det senare provtagningstillfället var 5 351 ng/l av PFAS-ämnet 6:2 FTS. Detta ämne hittas vanligtvis närmast källan då det inte är lika persistent som PFOS. 6:2 FTS som ingått i både den gamla och nya generationens brandsläckningsskum av AFFF-typ kan brytas ned till PFPeA och PFHxA (Kemikalieinspektionen, 2013).

Det har inte i någon av de ovan nämnda undersökningsarbetena redovisats någon bedömning av spridningsrisken avseende den inom området konstaterade PFAS-föroreningen till grundvatten i Uppsalaåsen. Jorddjupet på området uppgår till mellan 20–30 m enligt SGU:s jorddjupskarta, se figur 37. I området strax söder om övningsområdet har jordlagret mycket liten mäktighet. Partier med sandig morän återfinns omedelbart söder om övningsområdet. Enligt SGUs hydrogeologiska karta över Uppsalaområdet är objektet lokaliserat i omedelbar anslutning till ett område där vattenförande jordlager, sannolikt glacifluvium tillhörande en ”utlöpare” av Uppsalaåsen, överlagras av ytliga tätande jordlager, se figur 19. Grundvattnets strömningsriktning, som presenteras i Bjerking PM från 2014, tyder på att grundvattnet rör sig i sydvästlig riktning från området. Enligt SGU:s hydrogeologiska kartblad utbreder sig en gren av Uppsalaåsen 400–500 m väster/sydväst om brandövningsområdet. Grundvattenströmningen i denna åsgren sker, utifrån tillgängligt kartunderlag från SGU, i riktning norrut, d.v.s. mot Uppsalaåsens centrala delar (SGU ser Ah nr 5). Ett spridningsmönster liknande det som konstaterats vid Uppsala flygplats, där PFAS-föroreningen inledningsvis infiltrerar i en lokal moränakvifer med bedömd spridningsförbindelse med nedströms liggande glacifluviala avlagringar, kan heller inte uteslutas beträffande PFAS-föroreningen vid Viktoria brandövningsfält. Sammanfattningsvis kan en spridningsförbindelse med Uppsalaåsen inte

uteslutas med mindre än att både de hydrogeologiska förhållandena och föroreningsituationen avseende PFAS vid objektet närmare utreds.



**Figur 37.** Kartor från SGU:s underlag (SGU ser Ae 113) vilka visar jordart och jorddjup i området där objektet Viktoria brandövningsfält är beläget.

### Sammanfattande slutsatser

Slutsatsen av genomgången i detta avsnitt är att det föreligger minst ett tiotal möjliga utsläppskällor för PFAS i och runt i kring de centrala delarna av Uppsalaåsen, utöver brandövningsområdet på Uppsala flygplats. Samtliga dessa alternativa utsläppskällor är ofullständigt utredda. Beträffande merparten av objekten har någon jord- eller grundvattenprovtagning med avseende på perfluorerade ämnen överhuvudtaget inte genomförts. Det saknas i genomförda inventeringar utförda av Uppsala kommun och Uppsala Vatten en bedömning av spridningsförutsättningarna vid respektive objekt baserad på en analys av såväl lokala som regionalgeologiska stratigrafiska och hydrogeologiska förhållanden. Möjliga spridningssamband med Uppsalaåsen är inte närmare klarlagda, inte heller har någon kritisk granskning skett av tillhandahållna uppgifter rörande PFAS-hanteringen vid de aktuella objekten.

Det bör avslutningsvis framhållas att den kommersiella användningen av perfluorerade ämnen varit relativt bred, och att ämnen som PFOS och PFOA kan ha tillförts omgivningsmiljön från helt andra verksamheter än brandövningsverksamhet. Några exempel på vanligt förekommande användningsområden för perfluorerade ämnen är som tillsatser i textilier, impregneringsmedel, rengöringsmedel, ytbeläggning av papper, ytbeläggning av kokkärn, vaxer, emballage, elektronikkomponenter och bilvårdsprodukter (FOI, 2013).

### 7.3 Statistiska analyser på haltdata i vatten

En metod som ibland tillämpas för att spåra källtermer och kartlägga spridningssambandet mellan olika utsläppskällor och spridningsplymer är s.k. principalkomponentanalys (PCA). Termen principalkomponentanalys kommer från engelskans principal component analysis och är en metod för att beskriva och visualisera den dominerande strukturen i ett multivariat dataset. Man kan söka mönster bland observationerna och variablerna, samt visualisera hur observationer och variabler förhåller sig till varandra. Med mönster menas korrelationsstruktur, grupperingar och avvikare (s.k.outliers). Genom att reducera ett komplext dataset till ett hanterbart antal fördelningsaxlar (komponenter), kan variationen i ett dataset enkelt illustreras i ett två- eller tredimensionellt diagram. Den komponent som visar störst variation eller spridning sätts som x-axel (PC1). I ett ordinationsdiagram kommer observationer som liknar varandra att ligga i närheten av varandra, medan sinsemellan olikartade observationer hamnar längre ifrån varandra. PCA ger även en grafisk illustration av hur de olika beskrivningsvariablerna förhåller sig till varandra.

Det har i ett examensarbete utfört vid Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU i Uppsala, under sommaren/hösten 2014 genomförts en PCA-analys avseende PFAS-förekomsterna i grundvatten, både i och i anslutning till Uppsalaåsen. Grundvattenproven är tagna i befintliga grundvattenrör uppströms Uppsala flygplats, i Jumkilsåsen, centralt i Uppsalaåsen, samt vid Kap f.d. brandövningsplats och Viktoria brandövningsfält. En svaghet i den utförda PCA-analysen är att den inte omfattar något grundvattenprov taget i direkt anslutning till de f.d. brandövningsplatserna vid Uppsala flygplats, d.v.s. den primära utsläppskällan är inte inkluderad i analysen. Vidare ingår inte något grundvattenprov från spridningsplymen nedströms Viktoria brandövningsfält. Eftersom det inte finns någon egentlig bedömning av hur PFAS-spridningen via grundvattnet ser ut, och hur PFAS-sammansättningen eventuellt förändras då mark- eller grundvattnet passerar genom olika stratigrafiska enheter i anslutning till Uppsalaåsens grundvattensystem, är det svårt att utifrån den genomförda PCA-analysen dra några säkra slutsatser avseende ursprunget för den PFAS-förorening som påvisas på olika platser i Uppsalaåsen. PFAS-sammansättningen kan troligen skilja sig mycket mellan olika grundvattenakviferer, samt på olika avstånd från en källzon. PCA-analysen i examensarbetet visar t.ex. att grundvattenprov tagna vid Viktoria brandövningsfält skiljer ut sig från flera andra prov vad avser PFAS-föroreningens kemiska sammansättning. Grundvattenproverna från Viktoria brandövningsfält är emellertid tagna på en plats där brandövningsverksamhet fortfarande pågår, vilket bedöms kunna påverka PFAS-sammansättningen högst väsentligt. Proverna kan därför inte, utan vissa reservationer, jämföras med de grundvattenprov som är tagna i Uppsalaåsen eller i Jumkilsåsen. Vid Kap f.d. brandövningsplats togs grundvattenprov från ett ytligt markvatten lokaliserat till ett övre grundvattenmagasin i svallsediment underlagrat av 5–10 m siltjord direkt ovanpå Uppsalaåsen. Om grundvattenprovet hade tagits på större djup i siltavlagringen hade troligen PFAS-sammansättningen sett ut på ett annat vis och en överensstämmelse med PFAS-föroreningen i Uppsalaåsen kunde eventuellt ha förelegat.

För att närmare kontrollera resultaten i det ovan återopade examensarbetet - och för att utifrån grundvattnets, spillvattnets och dagvattnets PFAS-sammansättning vid Uppsala flygplats verifiera ett eventuellt spridningssamband mellan Uppsala flygplats och PFAS-föreningen i de centrala delarna av Uppsalaåsen - har Försvarsmakten låtit Niclas Johansson (Helldén Environmental Engineering AB) utföra en PCA-analys med programvaran MiniTab 17, Minitab Ltd. De provpunkter från vilka data användes återfinns nedan i tabell 29.

**Tabell 29.** I tabellen visas de halter som påvisats vid den senaste provtagningen av grundvatten, dagvatten, spillvatten och vatten som tränger in i berganläggningen och det som pumpas ut till dagvattennätet. G1-G28 är hämtade från S. Bergström, 2014.

Benämning/Ämne	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	PFOSA	6:2 FTS
NIRAS Fryshov	13	18	84	20	60	0	0	0	0	70	250	370	0	0	0
Ärna GV:1	0	0	23	0	0	0	0	0	0	88	520	0	0	0	0
Ärna GV:2	260	250	1 400	240	3 400	0	0	0	0	670	11 000	12 000	0	17	13
NIRAS GV1:A	65	64	360	50	280	0	0	0	0	190	2 000	1 500	0	0	0
NIRAS GV1:B	200	230	1 100	200	1 000	0	0	0	0	700	5 200	3 000	0	0	100
NIRAS GV:4	0	0	32	0	16	0	0	0	0	49	760	300	0	0	0
NIRAS GV:5	0	0	19	0	12	0	0	0	0	17	160	34	0	0	0
NIRAS GV:6	0	0	32	0	13	0	0	0	0	41	330	55	0	0	0
UV GV:1	16	0	100	21	44	0	0	0	0	96	510	200	0	0	0
UV GV:2	0	0	44	0	30	0	0	0	0	28	220	56	0	0	0
UV GV:3	17	0	110	23	66	0	0	0	0	65	540	210	0	0	0
Ärna pumphus	140	460	19 000	260	690	0	0	0	0	50 000	5 200	19 000	0	0	50
Inkommande 900	580	750	3 600	610	1 800	11	0	0	0	5 200	33 000	84 000	41	480	0
Utgående 900	210	270	1 200	220	640	0	0	0	0	1 300	8 600	32 000	47	320	0
Dagvatten 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	17	0	0	0
Dagvatten 2	0	0	33	0	21	0	0	0	0	58	410	3 600	0	34	0
Dagvatten 3	11	13	53	11	27	0	0	0	0	90	490	2 800	0	19	0
Dagvatten 4	16	56	95	27	61	0	0	0	0	140	850	570	0	0	26
G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G8	0	0	33,9	0	22,3	0	0	0	0	25,7	162	42,7	0	0	0
G9	18,3	19,2	80,2	15,1	33,8	0	0	0	0	76,1	617	155	0	0	0
G10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G12	11,9	0	10,2	0	0	0	0	0	0	26,6	71,5	16,1	0	0	0
G13	14,3	0	14,3	0	0	0	0	0	0	63,5	91,4	23,6	0	0	0
G14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	14,5	0	0	0
G15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20,5	0	0	0
G16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,8	0	0	0
G17	38,7	32,2	57,1	23,7	48,7	10,8	22	0	0	61,7	123	1679	0	0	0
G18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,8	0	0	0
G19	20,7	39,2	27,2	17,6	17,4	0	0	0	0	0	31,3	146	0	0	30,4
G20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G21	109	490	728	314	191	0	10,4	0	0	70,4	412	323	0	0	5351
G22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
G24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35,8	0	0	0	0
G25	10,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,3	0	0	0	0
G26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,4	0	0	0	0
G27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Närmare information om var prov G1-G28 är tagna återfinns i det återopade examensarbetet genomfört av Sofia Bergström vid SLU under 2014 (Bergström, 2014). Eftersom inte samma

PFAS analyserats i samtliga prov, samt mot bakgrund av att rapporteringsgränsen skiljer sig åt mellan de prov som analyserats på ackrediterat laboratorium (ALS Scandinavia AB) och vid SLU, har endast de PFAS-parametrar som analyserats på samtliga vattenprov inkluderats i PCA-analysen. Dessa är PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFBS, PFHxS, PFOS, PFDS, PFOSA och 6:2 FTS. Eftersom två av dessa PFAS satts till noll tas dessa inte med i PCA-analyserna.

Samtliga halter som understiger laboratoriets rapporteringsgräns har satts till noll. Detta gäller även PFAS-halter hämtade från Bergström, 2014. Vidare överstiger detektionsgränsen för PFDoDA 10 ng/l (14,4 ng/l). Detta innebär att halten sätts till noll även här.

För att kunna inkludera resultat från två olika undersökningar där respektive laboratorium inte analyserat samma uppsättning av PFAS och att de använt sig av olika detektions/rapporteringsgräns är det nödvändigt att bortse från vissa parametrar som finns och inte inkludera dem PCA-analyserna. Högra kvalitet på denna studie hade erhållits om man provtagit vatten vid samma tillfälle, analyserat samma uppsättning av PFAS och använt sig av samma detektionsgräns/rapporteringsgräns rakt igenom. Då hade funnits ett större dataunderlag att behandla och det hade troligen medfört att gruppering av vattenprov hade kunnat visas tydligare. En co-variancematris användes då samtliga parametrar har samma enhet.

- PCA-analys #1. Haltdata för samtliga grundvattenprov.
- PCA-analys #2. Haltdata för samtliga grundvattenprov (ej dagvattenprov, spillvatten och inkommande och utgående vatten i berganläggningen).
- PCA-analys #3. Haltdata från grundvattenprov på Uppsala flygplats samt UV GV1-3 och NIRAS Fyrishov.

En s.k. loading-plot, en score-plot samt en outlier-plot visas för vardera PCA-analys i detta avsnitt.

### **Analys #1. Samtliga data**

Prov som ingår:

- Ärna GV:1-2
- NIRAS GV1:A-B
- NIRAS GV:4-6
- NIRAS Fyrishov
- UV GV:1-3
- G1-28 (hämtat från S. Bergström 2014)  
Samt
- Ärna pumphus (spillvatten)
- Inkommande och utgående 900 (vatten från berganläggningen)
- Dagvatten 1-4 (4 st. dagvattenprov på Uppsala flygplats)



**Tabell 30.** Resultat från PCA-analys nr 1.

Eigenvalue	211728205	55811619	1627061	635177	60403	4966	131	47	16	9
Proportion	0,785	0,207	0,006	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cumulative	0,785	0,991	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Eigenvalue	5	0	0							
Proportion	0,000	0,000	0,000							
Cumulative	1,000	1,000	1,000							

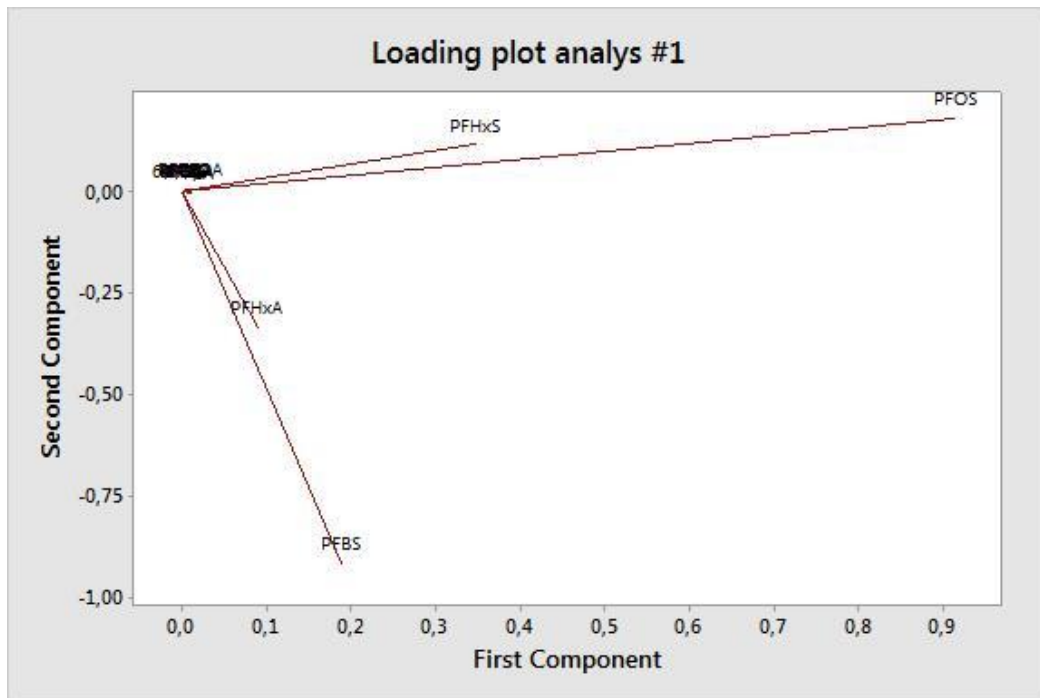
Den första principalkomponenten har en varians, eller eigenvalue, av 211728205 och står för 78,5 % av den totala variabiliteten i data (tabell 30 ovan). PC1 har beräknats på följande vis:  $PC1=0,006(PFBA) + 0,009(PFPeA) + 0,089(PFHxA) + 0,007(PFHpA)$ ... och slutligen  $-0,002(6:2\ FTS)$ , dvs. man adderar positiva tal och subtraherar negativa tal, där respektive term består av en konstant för populationens varians och provets koncentration, för samtliga ingående parametrar (där respektive ämnes varians listats i tabellen 31, nedan). Man kan säga att den första komponenten representerar alla ingående parametrar, men eftersom PFDA och 6:2 FTS är negativa tal saknar dessa i detta fall betydelse. Detta gäller även PFNA som är noll.

PC2 beräknas på samma vis som förklarats för PC1. PC2 har variansen 55811619 och står för 20,7 % av variabiliteten i data. Tillsammans representerar de tre första komponenterna 99,7% av den totala variabiliteten. Övriga principalkomponenter står för en mindre del av variabiliteten och kan sägas vara betydelselösa i sammanhanget. Nedan visas resultaten för de första två principalkomponenterna.

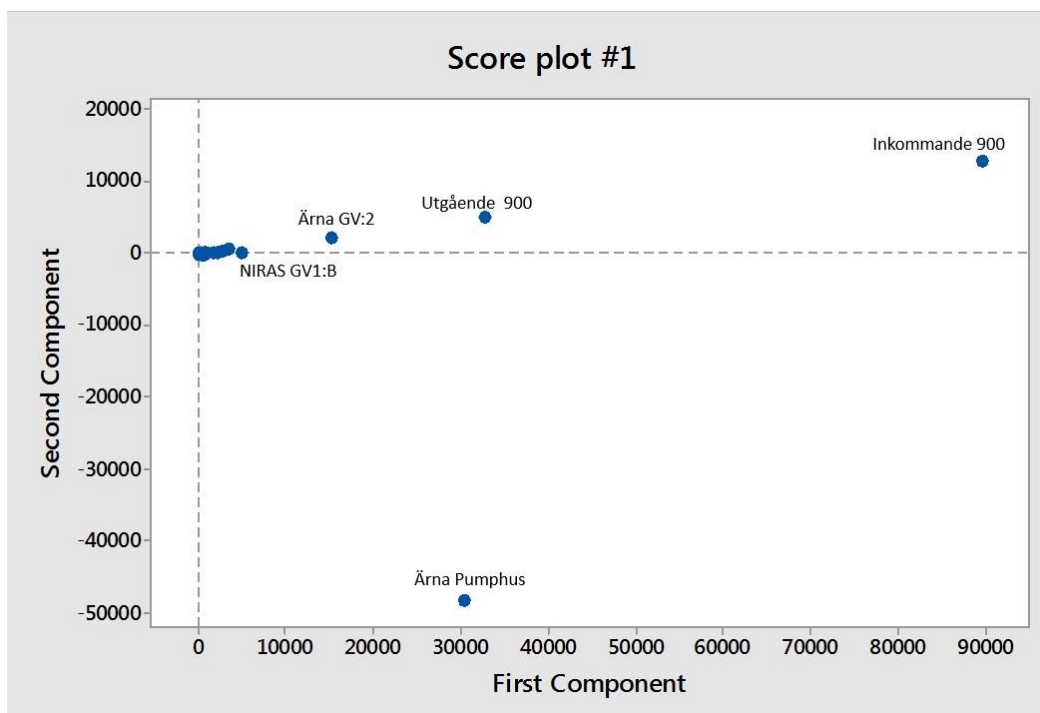
**Tabell 31.** Variabel samt PC1 och PC2 i PCA-analys #1.

Variable	PC1	PC2
PFBA	0,006	0,001
PFPeA	0,009	-0,004
PFHxA	0,089	-0,336
PFHpA	0,007	-0,001
PFOA	0,024	0,002
PFNA	0,000	0,000
PFDA	-0,000	0,000
PFBS	0,189	-0,917
PFHxS	0,347	0,113
PFOS	0,914	0,179
PFDS	0,001	0,000
PFOSA	0,005	0,003
6:2 FTS	-0,002	-0,000

Den första komponenten representerar i detta fall till största del av PFHxA, PFOA, PFBS, PFHxS och PFOS. Den andra komponenten består istället till största del av PFHxS och PFOS.



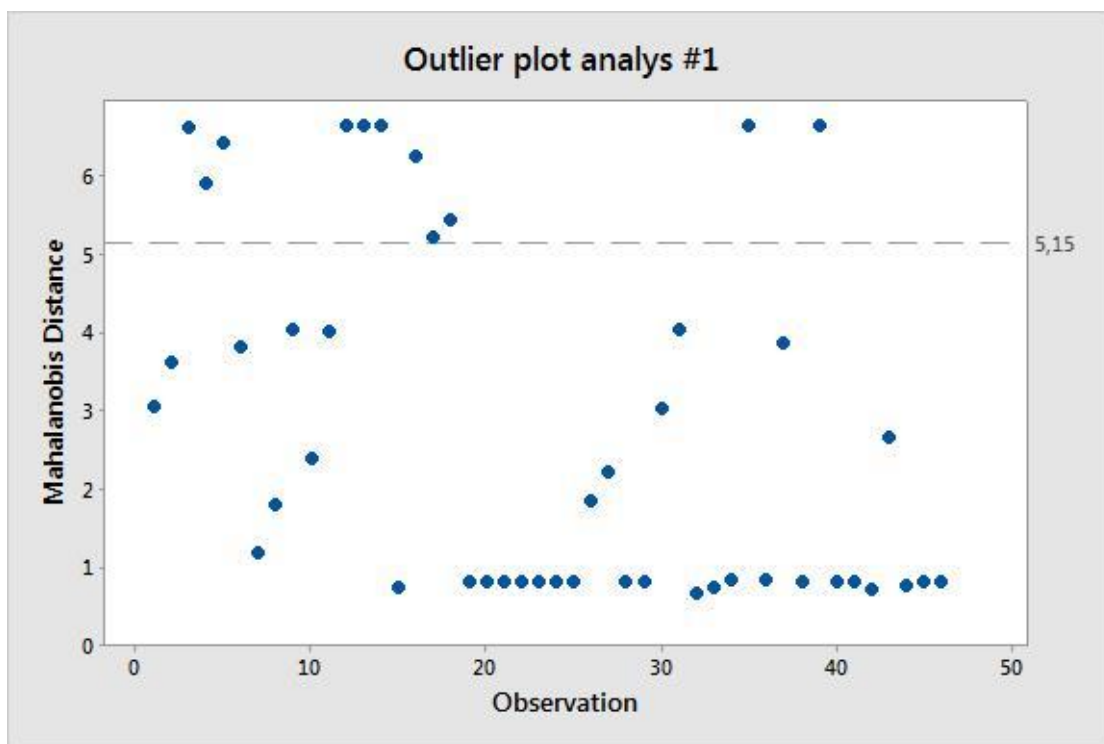
**Figur 38.** Loading plot för PCA-analys #1. Från figuren framkommer att variabiliteten för PFHxS, PFOS, PFxA och PFBS är de PFAS som har störst påverkan för separeringen av vattenproven.



**Figur 39.** Score-plot över PC1 och PC2 för PCA-analys #1. Inga tydliga grupperingar kan ses. Man ser dock att proven NIRAS GV1:B, Ärna GV:2, Inkommande 900, utgående 900 och Ärna Pumphus skiljer ut sig från övriga prov i PCA-analysen.

I ett diagram där PC1 sätts på x-axeln och PC2 på y-axeln, en så kallad scoreplot som visas i figur 39, syns inte någon tydlig gruppering av vattenprov från de olika provtagningspunkterna. Några provpunkter skiljer dock ut sig från resterande provpunkter utan att bilda någon gemensam grupp (NIRAS GV1:B, Inkommande 900, Utgående 900, Ärna GV:2 och Ärna pumphus). Provet med benämning Ärna pumphus är ett vattenprov på spillvatten. I övrigt är punkterna fördelade kring de två axlarna i en gruppering.

En avvikare, även kallat outlier, har ett värde som skiljer sig kraftigt från övriga värden. I detta fall är en outlier en provpunkt. Bedömning av outliers för de olika mätserierna gjordes i mjukvaran MiniTab. Outliers visas i figur 40. Punkter som placerats ovan referenslinjen (5,15) i figur 40 bedöms som outliers. Placeringen av referenslinjen är beroende av resultatet från PCA-analysen och fördelningen av provpunkternas placering i ordinationsdiagrammet.



Figur 40. Outlier-plot för data ingående i analys #1.

#### Outliers:

- Ärna GV:2
- NIRAS GV1:A
- NIRAS GV1:B
- Ärna pumphus
- Inkommande 900
- Utgående 900
- Dagvatten 2
- Dagvatten 3
- Dagvatten 4

- G17 (grundvatten på Viktoria brandövningsfält)
- G21 (grundvatten på Viktoria brandövningsfält)

I övrigt avslöjar PCA inga tydliga grupperingar med provpunkter som liknar/har liknande PFAS-sammansättning. Proven Ärna GV:2 inkommande 900, utgående 900 och pumphus skiljer ut sig från övriga provpunkter i figur 39, samt bedöms som outliers i figur 40. Detta tyder på att grundvattnet i dessa provpunkter skiljer ut sig på ett markant vis jämfört med vattenprov från övriga provpunkter, även från grundvattenprov tagna central i Uppsalåsen.

**PCA-analys #2. Haltdata för samtliga grundvattenprov (ej dagvattenprov, spillvatten och inkommande och utgående vatten i berganläggningen).**

Prov som ingår:

- Ärna GV:1-2
- NIRAS GV1:A-B
- NIRAS GV:4-6
- NIRAS Fyrishov
- UV GV:1-3
- G1-28 (hämtat från S. Bergström 2014)

Eftersom en ytterligare PFAS understiger detektionsgränsen i grundvattenproven (PFDS) exkluderas denna i PCA-analys #2.

**Tabell 32.** Resultat från PCA-analys nr 2.

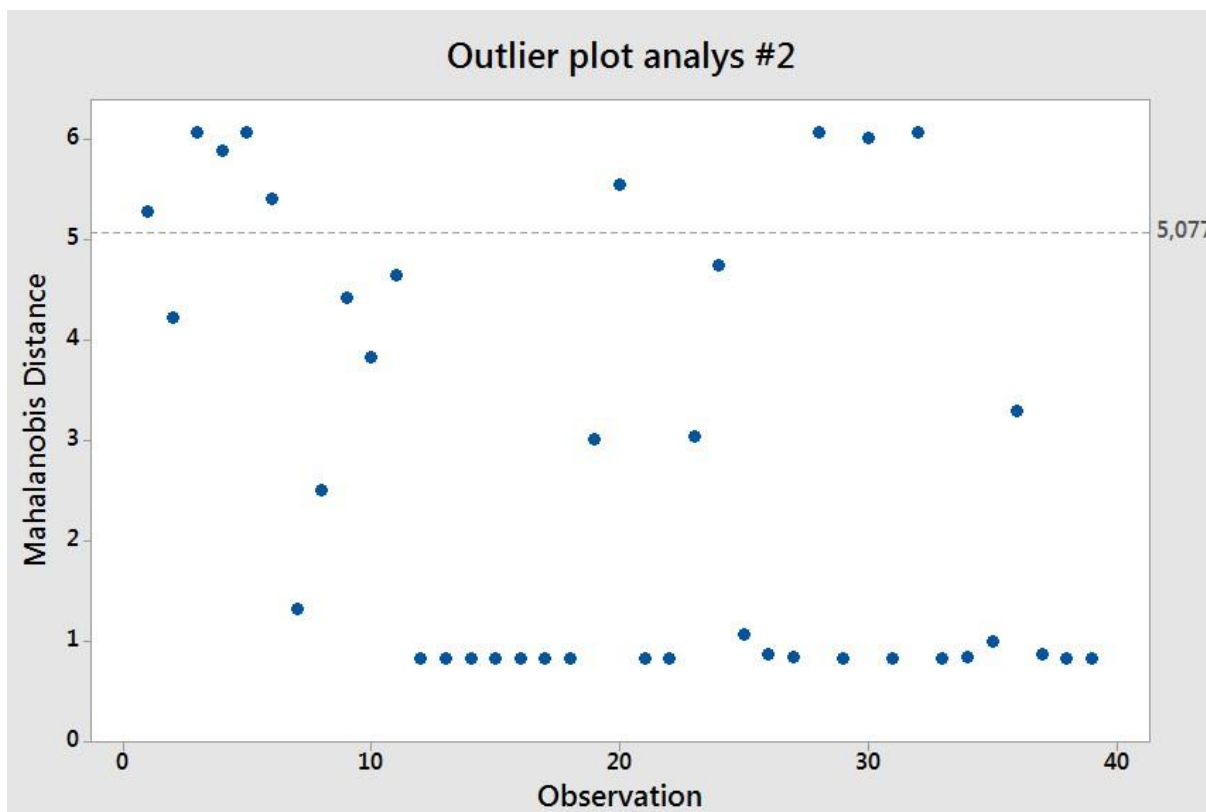
Eigenvalue	7880680	753908	132742	5540	1641	207	54	11	7	1	0
Proportion	0,898	0,086	0,015	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cumulative	0,898	0,984	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Eigenvalue	0										
Proportion	0,000										
Cumulative	1,000										

**Tabell 33.** Variabel samt PC1 och PC2 i PCA-analys #2.

Variable	PC1	PC2
PFBA	0,017	0,018
PFPeA	0,017	0,089
PFHxA	0,094	0,124
PFHpA	0,016	0,056
PFOA	0,199	0,016
PFNA	0,000	-0,000
PFDA	0,000	0,002
PFBS	0,048	0,007
PFHxS	0,680	-0,002
PFOS	0,698	-0,022
PFOSA	0,001	-0,000
6:2 FTS	-0,001	0,986



Bedömning av outliers för de olika mätserierna gjordes i mjukvaran MiniTab. Outliers visas i figur 43. Punkter som placerats ovan referenslinjen (5,077) i figur 43 bedöms som outliers. Placeringen av referenslinjen är beroende av resultatet från PCA-analysen och fördelningen av provpunkternas placering i ordinationsdiagrammet.



Figur 43. Outlier-plot för data ingående i analys #2.

#### Outliers:

- G21 (Vid Viktoria brandövningsfält)
- G19 (Vid Vikoria brandövningsfält)
- G17 (Vid Vikoria brandövningsfält)
- G9 (Vid Vikoria brandövningsfält)
- NIRAS GV1:A
- NIRAS GV1:B
- NIRAS GV:4
- NIRAS Fyrishov
- Ärna GV:2

Sammantaget visar PCA-analys #2 att 5 st. prov skiljer ut sig mot övriga, G21 G17, NIRAS GV1:A, NIRAS GV1:B och Ärna GV:2. Dessa grupperar sig dock ej tillsammans då sammansättning och PFAS-halterna skiljer sig relativt mycket även i dessa 5 st. prov.

### Analys #3. Grundvattendata från Uppsala flygplats och UV GV:1-3 samt NIRAS Fyrishov.

Prov som ingår:

- Ärna GV:1-2
- NIRAS GV1:A-B
- NIRAS GV:4-6
- NIRAS Fyrishov
- UV GV:1-3

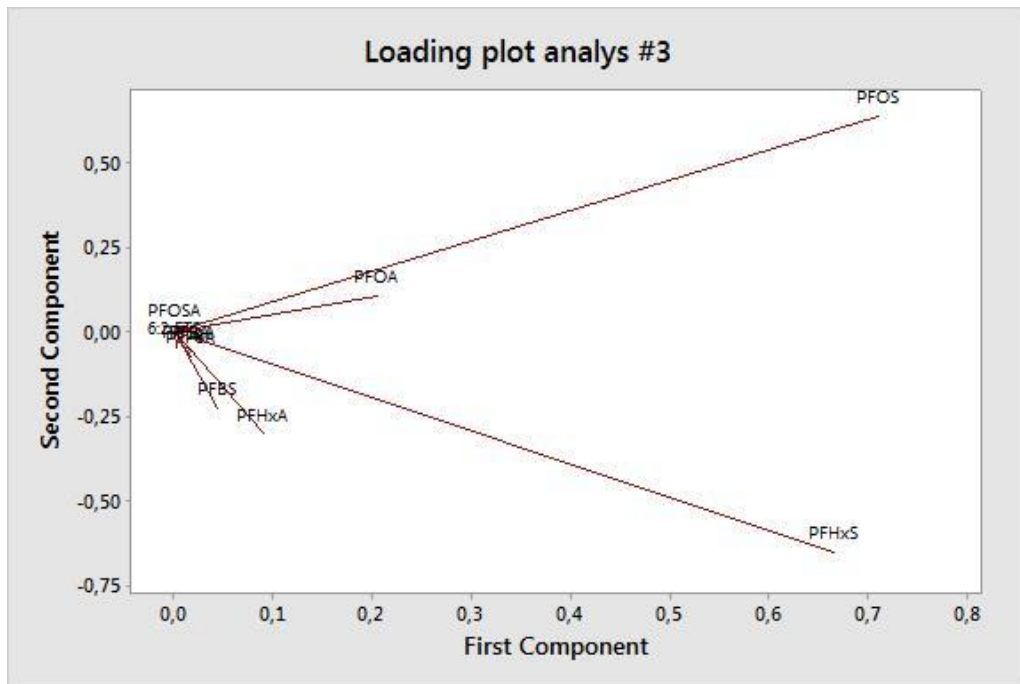
**Tabell 34.** Resultat från PCA-analys nr 3

Eigenvalue	24924539	307086	4592	2665	264	59	14	2	0	0
Proportion	0,988	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cumulative	0,988	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

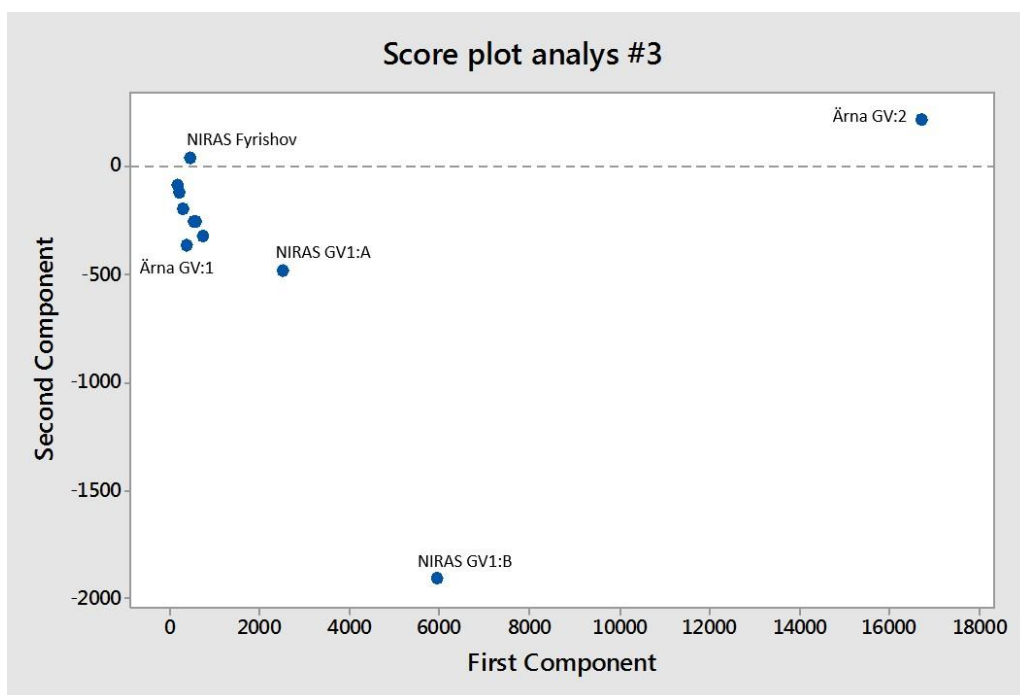
**Tabell 35.** Variabel samt PC1 och PC2 i PCA-analys #3

Variable	PC1	PC2
PFBA	0,017	-0,056
PFPeA	0,017	-0,073
PFHxA	0,090	-0,302
PFHpA	0,016	-0,057
PFOA	0,204	0,106
PFBS	0,043	-0,227
PFHxS	0,666	-0,652
PFOS	0,710	0,638
PFOSA	0,001	0,003
6:2 FTS	0,002	-0,049

Eftersom halten understiger detektionsnivån för vissa PFAS användes enbart PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFBS, PFHxS, PFOS, PFOSA och 6:2 FTS i denna PCA-analys.



**Figur 44.** Loading-plot för PCA-analys #3. Från figuren framkommer att variabiliteten för PFHxS och PFOS är de PFAS som har störst påverkan vid separeringen av vattenproven.



**Figur 45.** Score-plot över PC1 och PC2 för PCA-analys #3. Punkterna NIRAS GV1:A, NIRAS GV1:B och Ärna GV:2 skiljer ut sig mot de övriga proven. Dock grupper de sig inte tillsammans. Proven Ärna GV:1 och NIRAS Fyrishov grupperar sig bland de andra fast ligger i ”ytterkant” av gruppen.



Programmet kan inte beräkna en linje för outliers i detta fall och därav kan ingen figur visas här för PCA-analys #3.

PCA-analys #3 visar att PFOS och PFHxS är de variabler som kan förklara separeringen av proven i denna analys. Vidare kan man se att de flesta grundvattenprov som ingår i PCA-analys #3 grupperar sig tillsammans. Dock sticker NIRAS GV1:A, NIRAS GV1:B och Ärna GV:2 ut från övriga. Dessa 3 st. prov är tagna i moränakviferen strax nedströms det f.d. brandövningsområdet på Uppsala flygplats. Från denna PCA-analys går det emellertid knappast att dra slutsatsen att PFAS-plymen vid Ärna GV:2, NIRAS GV1:A och NIRAS GV1:B är påverkade av en annan PFAS-källa än samtliga övriga undersökta vattenprov i denna PCA-analys. Istället kan det med stor sannolikt bl.a. kan förklaras med att halterna av 6:2 FTS och PFOSA understiger rapporteringsgränsen i övriga prov p.g.a. av spädningseffekter från punktkällan.

### **SAMMANFATTANDE SLUTSATSER**

Av de tre ovan redovisade PCA-analyserna framgår att några få prov skiljer ut sig från de övriga. Dessa är:

- spillvatten (Ärna pumphus)
- vatten i berganläggningen (inkommande och utgående 900)
- Ärna GV:2 (grundvatten i anslutning till f.d. brandövningsplats vid Uppsala flygplats)
- G17 och G21 (grundvatten vid Viktoria brandövningsfält)

Dessa prover skiljer alltså ut sig från samtliga övriga vattenprov som ingått i PCA-analysen, dock utan att det föreligger något inbördes samband mellan proverna. Vidare finns ett antal så kallade outliers, vilka skiljer ut sig på ett onormalt vis. Till dessa hör bl.a. NIRAS Fyrishov. Vad detta beror på är inte helt klarlagt, men det går inte utifrån den här genomförda studien att med säkerhet knyta PFAS-föreningen vid NIRAS Fyrishov (centralt lokaliserad i Uppsalaåsen) varken till PFAS-föreningen det f.d. brandövningsområdet vid Uppsala flygplats eller till PFAS-föreningen vid Viktoria övningsfält.

Vidare indikerar PCA-analysen att PFAS-förening dräneringsvatten i berganläggningen och spillvattnet inne på Uppsala flygplats inte har något tydligt spridningssamband med den PFAS-förening som detekteras i grundvatten nedströms Uppsala flygplats, varken den som påvisas i moränakviferen omedelbart nedströms brandövningsområdet eller den PFAS-förening som påvisas i Junkilsåsen respektive Uppsalaåsen på större avstånd från brandövningsområdet. Resultatet är av intresse eftersom det i så fall ger stöd för slutsatsen att varken spill- eller dagvatten från Uppsala flygplats svarar för något signifikant PFAS-bidrag till grundvattenakviferen i Uppsalaåsen.

I examensarbetet (Bergström, 2014) nämns att det är viktigt att notera att PFAS-sammansättningen i jord och grundvatten kan förändras över tiden då PFAS läcker till grundvattnet. PFAS adsorberas till partiklar och viss degradation av PFAS till prekursorer kan förekomma, vilket påverkar PFAS-sammansättningen.

Slutligen kan tilläggas att för att kunna dra några mer definitiva slutsatser avseende föroreningens ursprung från en PCA-analys, bör samtliga vattenprov tas vid ett och samma provtagningstillfälle, vilket varken har skett inom ramen för det ovan återopade examensarbetet vid SLU (Bergström, 2014) eller i samband med Försvarens utredningsarbete. Resultaten från en PCA-analys bör också alltid vägas samman med resultaten från konventionella hydrogeologiska bedömningar avseende spridningssamband och utspädningsförhållanden, vilket till viss del skett i föreliggande slutrapport men inte i det ovan återopade examensarbetet där resonemang om möjliga spridningssamband mellan t.ex. olika grundvattensystem i anslutning till Uppsalaåsen helt saknas.

## 8 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Föreliggande utredning har fokuserat på spridningssambandet mellan den PFAS-förorening i grundvatten och ytvatten som konstaterats inom och i anslutning till Uppsala flygplats och de förekomster av PFAS som vid ett flertal provtagningstillfällen påvisats i grundvattenakviferen i Uppsalaåsen. Grundvattenprovtagningar och grundvattennivåobservationer utförda inom ramen för föreliggande undersökning indikerar att en spridningsförbindelse avseende PFAS sannolikt föreligger mellan moränakviferen vid Uppsala flygplats och grundvattenmagasinet i Uppsalaåsen. Spridningen av PFAS från Uppsala flygplats till Uppsalaåsen bedöms i huvudsak ske via grundvattenflödet i Jumkilsåsen (under Fyrishov). Gradientförhållandena är inte entydiga och nivådata från Jumkilsåsen och Uppsalaåsen från perioden 2013–2014 kan lika gärna tolkas som att ett grundvattenflöde *från* Uppsalaåsen mot moränakviferen vid Uppsala flygplats periodvis föreligger.

Det har diskuterats huruvida haltbidraget av PFAS från Uppsala flygplats ensamt kan förklara de PFAS-halter som under 2012–2014 uppmätts i grundvattenrören inne i Uppsalaåsen (Fyrishov, Kronåsen, Stadsträdgården m.fl.). För att bedöma rimligheten i att föroreningstillskottet från brandövningsverksamheten inne på flygplatsområdet skulle kunna svara för hela eller merparten av de föroreningshalter som konstaterats i några av de centrala brunnarna i Uppsalaåsen måste flödes- och utspädningsförhållandet mellan Jumkilsåsen och Uppsalaåsen klarläggas, vilket i föreliggande utredning skett med hjälp av en vattenbalansberäkning.

Beräkningen visar att haltbidraget av PFAS via Jumkilsåsens grundvattenflöde maximalt kan svara för 1/10-del av de PFAS-halter som konstaterats i grundvattenrör/brunnar installerade centralt i Uppsalaåsen (i första hand NIRAS Fyrishov, men även UV GV:1, Kronåsen och Stadsträdgården). Resterande haltbidrag (>90 %) måste antingen tillföras via andra spridningsvägar relaterade till brandövningsverksamheten och hanteringen av PFAS-

innehållande släckmedel vid Uppsala flygplats, och/eller ha sin orsak i helt andra verksamheter utan något samband med den tidigare militära brandövningsverksamheten.

I föreliggande utredning har även möjlig PFAS-kontaminering av grundvattnet i Uppsalaåsen till följd av inläckage av PFAS-förorenat dag- eller spillvatten från Uppsala flygplats utvärderats. Slutsatsen är att inte ens en vid maximalt ogynnsamma omständigheter kan påverkan från PFAS-förorenat spill- och dagvatten från Uppsala flygplats förklara mer än motsvarande 15 % av de PFAS-halter som uppmäts i Uppsalaåsens grundvattenakvifer under 2013 och 2014. T.ex. har det osannolika scenariot att allt det PFAS-förorenade spillvattnet som pumpas upp vid pumpstation 208a ("Pumphus Ärna") avleds i en rörledning direkt till dricksvattenakvifern i Uppsalaåsen utvärderats. För spillvatten har vi här använt oss av ett grundvattenflöde på 400 l/s i Uppsalaåsen och ett genomsnittligt flöde av spillvatten på 0,4 l/s. En  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt på 94 610 ng/l skulle därvid spädas till ca 95 ng/l i Uppsalaåsen. Som jämförelse kan nämnas att  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halten vid Fyrishov, centralt i Uppsalaåsen uppgår till 872 ng/l. För dagvattnet skulle det med samma grundvattenflöde i Uppsalaåsen (400 l/s) innebära att en spädning av dagvatten på den östra sidan av Uppsala flygplats skulle hamna på 1:40 med ett maximalt dagvattenflöde på 10 l/s. En maximalt uppmätt föroreningshalt i dagvattnet på 1 799 ng/l för  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> skulle relativt omgående reduceras till 45 ng/l om man gör det osannolika antagandet att dagvattnet leds direkt in i Uppsalaåsens grundvattenakvifer. Det bör i sammanhanget understrykas att här utförda fältundersökningsinsatser inte tyder på att PFAS-förorenat spill- eller dagvatten från Uppsala Garnison någonstans skulle kunna infiltrera till Uppsalaåsens grundvattensystem.

Ytterligare en spridningsmöjlighet är spridning av PFAS-förorenat berggrundvatten direkt från brandövningsområdet till Uppsalaåsens centrala delar. Enligt det geologiska basmaterialet finns dock ingen vattenförande sprick- eller krosszon indikerad i anslutning till landningsbanorna eller själva garnisonsområdet. Dessutom medför pumpningen av berggrundvatten i berganläggningen att en sänktratt sannolikt föreligger i bergmatrisen, innebärande att grundvattengradienten i bergakvifern i huvudsak är riktad in mot centrum av garnisonsområdet. En fiktiv sprickzon i berggrunden mellan Uppsala flygplats (brandövningsområdet) och Uppsalaåsen skulle utifrån ett "worst-case-scenario" - innebärande konservativa antaganden avseende flöde och dräneringsområdets storlek - beräkningsmässigt högst kunna bidra med en  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt av storleksordningen 10 ng/l, vilket ungefär motsvarar 1% av uppmätta  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halter vid Fyrishov centralt i Uppsalaåsen.

Den slutsats som kan dras mot bakgrund av ovanstående är att minst en och sannolikt flera ytterligare utsläppskällor för PFAS föreligger inom eller i anslutning till Uppsalaåsens grundvattensystem. Av det totala tänkbara utsläppskällor som nämns i bl.a. Uppsala kommuns

och Uppsala Vattens inventeringsrapporter är i dagsläget merparten antingen ofullständigt eller bristfälligt undersökta, alternativt avfärdade utan närmare analys av aktuella förorenings- och spridningsförhållanden.

Huvudförfattare:

Niclas Johansson, uppdragsledare



Fil. Dr. Ekotoxikologi

Medförfattare och granskning:

Johan Helldén



Geolog/VD

## **9 BILAGOR**

Bilaga 1. Borrjournaler

Bilaga 2. Fältprotokoll grundvattenprovtagning

Bilaga 3. Fullständiga laboratoriesvar

Bilaga 4. Karta med provtagningspunkter

Bilaga 5. SGU:s jordarkarta med provtagningspunkter

Bilaga 6. SGU:s hydrogeologiska karta med provtagningspunkter

Bilaga 7. Grundvattennivåer F16, Fortifikationsverket

Bilaga 8. Fotodokumentation

## 10 REFERENSER

Bergström, S. (2014). Transport of per- and polyfluoroalkyl substances in soil and groundwater in Uppsala, Sweden. Examensarbete vid Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Borka Medjed-Hedlund, miljöhandläggare vid LSS, Uppsala flygplats.

Bundesinstitut für Risikobewertung (2006). Stellungnahme Nr. 035/2006 des BfR vom 27.

Bjerking AB (2014). PM Vattenprovtagning perfluorerade ämnen. Danmarks-Säby 6:5 Viktoria övningsfält, daterad 2014-04-03.

EPA Region 4 (2009). Soil Screening Levels for Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctyl Sulfonate (PFOS). Memorandum.

EPA (2012). Emerging Contaminants – Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Perfluorooctanoic Acid (PFOA), United States Environmental Protection Agency, May 2012.

FOI (2013). Perfluorerade ämnen i jord, grundvatten och ytvatten. Riskbild och åtgärdsstrategier. FOI-R-3705-SE, ISSN 1650-1942, december 2013.

Fortifikationsförvaltningen (1993). SGU, Sveriges Geologiska Undersökning. Komplettering av geologiska och hydrogeologisk beskrivning samt konsekvensbedömning av F16, Uppsala.

Golder Geosystem AB. (1990). Uppsala vattenförsörjning, grundvattenmodell för Uppsalaåsen. Uppdrag åt Gatukontoret, Uppsala Kommun.

Helldén, J. et al. (2006). Åtgärdslösningar– Erfarenheter och tillgängliga metoder. Hållbar sanering. Naturvårdsverket rapport 5637.

Jan-Olov Jansson, f.d. miljöhandläggare vid LSS, Uppsala flygplats

Kemikalieinspektionen (2006). Perfluorerade ämnen–användningen i Sverige. Rapport nr. 6/06.

Kemikalieinspektionen (2013). PM 5/13. Brandskum som möjlig förorenare av dricksvattentäkter.

Kemikalieinspektionen (2014). PM 3/14. Kartläggning av brandsläckningsskum.

Livsmedelsverket (2012). Perfluorerade alkylsyror (PFAA) i Uppsalas dricksvatten dnr 1192/2012. 2012-08-22.

Livsmedelsverket (2014). [http://www.slv.se/sv/grupp1/ Dricksvatten/ Dricksvattenkvalitet/Perfluorerade-alkylsyror/Riskhanteringsatgard-PFAA/](http://www.slv.se/sv/grupp1/Dricksvatten/Dricksvattenkvalitet/Perfluorerade-alkylsyror/Riskhanteringsatgard-PFAA/)), uppdaterad: 2014-03-07.

Moermond, C. Verbruggen, E. and Smit, C. (2010). Environmental risk limitation for PFOS. A proposal for water quality standards in accordance with the Water Frame Directive. RIVM report 601714013/2010.

Naturvårdsverket (2008). Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen. Stöd till vattenmyndigheterna vid statusklassificering och fastställande av MKN. Rapport 5799.

NIRAS (2013a). Miljöteknisk markundersökning rörande perfluorerade ämnen vid f.d. F16 Ärna flygbas. Uppdragsgivare Försvarsmakten/Miljöprovningseenheten, daterad 2013-02-11. NIRAS Sweden AB.

NIRAS (2013b). Utökad miljöteknisk markundersökning Ärna flygbas, Uppsala. Uppdragsgivare Försvarsmakten/Miljöprovningseenheten, reviderad version daterad 2013-11-07. NIRAS Sweden AB.

NIRAS (2013c). Mätning av grundvattennivåer i Uppsala sommaren 2013. Spridning av PFC:er via grundvattnet. Uppdragsgivare Försvarsmakten/Miljöprovningseenheten daterad 2013-03-29, korrigerad 2013-11-12. NIRAS Sweden AB.

NIRAS (2013d). Desktop-utredning om tänkbara källor till PFC-föroreningar i grundvatten i Uppsala, Industriella produkter och verksamheter som använder/ använt PFC:er i sin verksamhet. Uppdragsgivare Försvarsmakten/Miljöprovningseenheten, daterad 2013-09-24. NIRAS Sweden AB.

NIRAS (2013e). Granskning – second opinion på dokumenten med benämning ”Förekomst av perfluorerade ämnen i Uppsalaåsens grundvatten-Lägesrapport november 2013” och ”Tyréns: MIFO Fas 2, f.d. brandövningsplats vid KAP, Uppsala”. Uppdragsgivare Försvarsmakten/Miljöprovningseenheten, daterad 2013-12-05. NIRAS Sweden AB.

NIRAS (2014a). Perfluorerade ämnen i vatten från en grundvattenbrunn vid Uppsala Garnison samt dagvattennätet. Uppdragsgivare Försvarmakten/Miljöprovningseenheten, arbetsmaterial daterat 2014-03-26. NIRAS Sweden AB.

NIRAS (2014b). Synpunkter på inkomna yttranden rörande perfluorerade ämnen vid Uppsala flygplats. Uppdragsgivare Försvarmakten/Miljöprovningseenheten, daterad 2014-05-19. NIRAS Sweden AB.

SGF (2013). Rapport 2:2013. Fälthandbok Undersökningar av förorenade områden.

SGU kartgenerator. [http://maps2.sgu.se/kartgenerator/maporder\\_sv.html](http://maps2.sgu.se/kartgenerator/maporder_sv.html)

SGU:s geologiska kartblad Enköping NO (SGU ser Ae 110).

SGU:s jordartskarta Uppsala NV (SGU ser Ae 113). Karta och beskrivning 1993.

SGU:s hydrogeologiska karta (SGU ser Ah nr 5). Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Uppsala län. 1983.

SLR Consulting Ltd, (2009). Remediation of perfluorinated alkyl chemicals at a former fire-fighting training area. Lindsay Paterson, Tara Siemens Kennedy & Douglas Sweeney, 2009.

STF (2008). Screening of polyfluorinated organic compounds at four fire training facilities in Norway. Statens Forurensningstilsyn. TA- 2444/2008.

Structor (2013). Rapport med uppdragsnummer 6146-002, daterad 2013-08-19.

Uppsala industriminnesförening (<http://www.uppsalaindustriminnesforening.se/st-eriks-cementvarufabrik/>)

Uppsala kommun (2013). Miljökontoret. Spårning av verksamheter som hanterat perfluorerade alkylsyror (PFAA). Datum 2013-10-02 diarienummer 2012-004626-MI.

Uppsala kommun (2014). Miljö och hälsoskyddsnämnden. Yttrande över remiss avseende underlag till ärende om perfluorerade ämnen Ärna flygplats Uppsala kommun, datum 2014-04-14, diarienummer 2012-004626-MI.



Uppsala kommun (2015). Miljökontoret. Miljöförvaltningens synpunkter på ”Slutrapport-Riskbedömning perfluorerade alkylsubstanser vid Uppsala flygplats”, datum 2015-01-20.

Uppsala nya tidning. (<http://www.unt.se/uppland/uppsala/mimmi-ekholms-plats-invigs-2662081.aspx>)

Uppsala Vatten AB (2013). Förekomst av perfluorerade ämnen i Uppsalaåsens grundvatten Lägerapport november 2013, daterad 2013-11-18.

Uppsala Vatten AB (2014). Förekomst av perfluorerade ämnen i Uppsalaåsens grundvatten Lägerapport april 2014, daterad 2013-04-14. Datumet torde vara 2014-04-14 istället.

Uppsala Vatten AB (e-post Karin Wertsberg, 2014-08-15).

UBA (2009). Umweltbundesamt, UBA Pressmeddelande 046/2009.

<http://www.eniro.se>

<http://www.google.se>

<http://www.kemi.se/sv/Innehall/Fragor-i-fokus/Perfluorerade-amnen-PFOS-PFOA-med-flera/>

<http://www.smhi.se> (SMHI, Sveriges vattenbalans 1961-1990).

<http://www.uppsalavatten.se>

<http://www.viss.lansstyrelsen.se>

<http://www.xyleminc.ca/flygt/canada/dewatering/online/c3152181/c3152181.pdf>

<http://www.minitab.com/en-SE/default.aspx>



## Bilaga 1



**BORRJOURNAL**

Projektnamn:	MTU PFOS f.d. F16 Ärna	Sida:	1 av 1
Projekt nr.:	8122149	Datum:	2012-11-26
Borrpunkt:	<b>BP:1</b>	Provtagare:	NJ
Projektledare:	N. Johansson	Kontoll/init.:	NJ

Anmärkningar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mummy)	Provnr.	Jordartsbeskrivning	PID
				1		Torrskorpelera	
				2		Varvig si,Le	
				3		Varvig finsa,si,Le	
Stopp vid 3,5 m.u.my.				4		sandskikt på 2-3 cm i slutet	
				5		Berg	
				6			
				7			
				8			

Borrmingsnr.:	Höjdsystem:	Relativt	Ja/nej	Topp (mummy)	Botten (mummy)	ø (mm)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:	Pejlerör 1				
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:	Pejlerör 2				
PID instrument:	UTM-X: UTM-Y:	Pejlerör 3				
Lampa:	LOK-X: LOK-Y:	Fogningsrör 1				
Borrmotod: Skrubborr		Fogningsrör 2				
Borrentreprenör: Miljögeo i Västervik AB		Fogningsrör 3				



**BORRJOURNAL**

Projektnamn:	MTU PFOS f.d. F16 Ärna	Sida:	1 av 1
Projekt nr.:	8122149	Datum:	2012-11-26
Borrpunkt:	<b>BP:1</b>	Provtagare:	NJ
Projektledare:	N. Johansson	Kontoll/init.:	NJ

Anmärkningar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mummy)	Provnr.	Jordartsbeskrivning	PID
				1		Torrskorpelera	
				2		Varvig si,Le	
				3		Varvig finsa,si,Le	
Stopp vid 3,5 m.u.my.				4		sandskikt på 2-3 cm i slutet	
				5		Berg	
				6			
				7			
				8			

Borrmingsnr.:	Höjdsystem:	Relativt	Ja/nej	Topp (mummy)	Botten (mummy)	ø (mm)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:	Pejlerör 1				
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:	Pejlerör 2				
PID instrument:	UTM-X: UTM-Y:	Pejlerör 3				
Lampa:	LOK-X: LOK-Y:	Fogningsrör 1				
Borrmotod: Skrubborr		Fogningsrör 2				
Borrentreprenör: Miljögeo i Västervik AB		Fogningsrör 3				



**BORRJOURNAL**

Projektname: MTU PFOS f.d. F16 Ärna		Sida: 1 av 1	
Projekt nr.: 8122149		Datum: 2012-11-26	
Borrpunkt: <b>BP:2</b>		Provtagare: NJ	
Projektledare: N. Johansson		Kontroll/init.: NJ	

Anmärkingar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mummy)	Provrnr.	Jordartsbeskrivning	PID		
Omgrävt				0-0,5		Le			
				0,5					
Fuktigt vid 1,6 m.u.my.				0,5-1,0		si,Le			
				1					
				1,0-1,2		isa, varig si,Le finsa, Le			
				1,2-1,6		finsa, Le			
				1,5					
				1,6-1,8		Sa			
				1,8-2,0		varvig saLe			
				2					
				2,0-2,7		Mr			
Stopp vid 2,7 m.u.my.				2,5					
						Ärna GV:0			
				3					
				3,5					
				4					
Borrmingsnr.:	Höjdsys					Ja/nej	Topp (mummy)	Botten (mummy)	ø (mm)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:						1,68	2,68	50
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:								
PID instrument:	UTM-X:	UTM-Y:				Totalängd	3,00		
Lampa:	LOK-X:	LOK-Y:				Filterspets 2	2,68		
Borrmotod:	Skruvborr								
Borrentreprenör:	Miljögeo i Västervik AB					Rörtopp 0,32 mömy			



**BORRJOURNAL**

Projektamn: MTU PFOS f.d. F16 Ärna		Sida: 1 av 1	
Projekt nr.: 8122149		Datum: 2012-11-26	
Borrpunkt: <b>BP:3</b>		Provtagare: NJ	
Projektledare: N. Johansson		Kontoll/init.: NJ	

Anmärkningar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mummy)	Provrnr.	Jordartsbeskrivning	PID
Fyllning				Djup (m) 0-1,3		le,st,Gr	
				0,5			
				1	X	Ärna jord:1 (0-1m)	
Stopp vid 1,3 m.u.my.				1,5			
				2			
				2,5			
				3			

Borningsnr.:	Höjdsystem:	Ja/nej	Topp (mummy)	Botten (mummy)	ø (mm)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:				Filtorrör1
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:				Filtorrör2
PID instrument:	UTM-X:	UTM-Y:			Filtorrör 3
Lampa:	LOK-X:	LOK-Y:			Filterspets 2
Borrmotod: Skruvborr					Filterspets 2
Borrentreprenör: K. Hidsjö, Miljögeo i Väste					Filterspets 2



**BORRJOURNAL**

Projektamn:	MTU PFOS f.d. F16 Ärna	Sida:	1 av 1
Projekt nr.:	8122149	Datum:	2012-11-26
Borrpunkt:	<b>BP:4</b>	Provtagare:	NJ
Projektledare:	N. Johansson	Kontoll/init.:	NJ

Anmärkningar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mummy)	Provrnr.	Jordartsbeskrivning	PID		
						0-1,0 le,st,Gr			
Fyllning									
				0,5					
				1					
Stopp vid 1,0 m.u.my.				1,5					
				2					
				2,5					
				3					
				3,5					
Borrmingsnr.:		Höjdsys	4			Ja/nej	Topp (mummy)	Botten (mummy)	ø (mm)
Tillsyn/init.:		Nivå rel. ref.pkt:							
Datum:		Abs. nivå ref.pkt:							
PID instrument:		UTM-X:		UTM-Y:					
Lampa:		LOK-X:		LOK-Y:					
Borrmotod:	Skrubborr								
Borrentreprenör:	K. Hidsjö, Miljögeo i Väste								



**BORRJOURNAL**

Projektamn:	MTU PFOS f.d. F16 Ärna	Sida:	1 av 1
Projekt nr.:	8122149	Datum:	2012-11-26
Borrpunkt:	<b>BP:5</b>	Provtagare:	NJ
Projektledare:	N. Johansson	Kontoll/init.:	NJ

Anmärkningar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mummy)	Provnr.	Jordartsbeskrivning			PID		
						0-0,3	saGr				
Fyllning											
						0,3-0,8	Le				
				0,5							
						0,8-1,0	finsaLe				
				1							
Stopp vid 1,0 m.u.my.											
						Ärna jord:2 (0-1m)					
				1,5							
				2							
				2,5							
				3							
				3,5							
				4							
Borningsnr.:			Höjdsys	4				Ja/nej	Topp (mummy)	Botten (mummy)	ø (mm)
Tillsyn/init.:			Nivå rel. ref.pkt:				Filtorrör1				
Datum:			Abs. nivå ref.pkt:				Filtorrör2				
PID instrument:			UTM-X:		UTM-Y:		Filtorrör 3				
Lampa:			LOK-X:		LOK-Y:		Filterspets 2				
Borremetod:	Skrubborr						Filterspets 2				
Borrentreprenör:	K. Hidsjö, Miljögeo i Väste						Filterspets 2				





**BORRJOURNAL**

Projektnamn: MTU PFOS f.d. F16 Ärna	Sida: 1 av 1
Projekt nr.: 8122149	Datum: 2012-11-26
Borrpunkt: <b>BP:6</b>	Provtagare: NJ
Projektledare: N. Johansson	Kontoll/init.: NJ

Anmärkningar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Jordartsbeskrivning	
						0-0,6 saGr	
				0,5			
					Ärna Jord:3 (0-1m)		
				1			
				1,5		0,6-1,9 Le	
				2			
Stopp vid 2,45 m.u.my.				2,5		1,9-2,45 Si, finMr	
				3			
				3,5			
Borrmingsnr.:	Höjdsystem:					Ja/nej	Topp (mumy)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:					Filterrör1	
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:					Filterrör2	
PID instrument:	UTM-X:		UTM-Y:			Filterrör 3	
Lampa:	LOK-X:		LOK-Y:			Filterspets 2	
Borrmotod: Skruvborr						Filterspets 2	
Borrentreprenör: K. Hidsjö, Miljögeo i Väste						Filterspets 2	



**BORRJOURNAL**

Projektname: MTU PFOS f.d. F16 Ärna		Sida: 1 av 1	
Projekt nr.: 8122149		Datum: 2012-11-27	
Borrpunkt: <b>BP:7</b>		Provtagare: NJ	
Projektledare: N. Johansson		Kontroll/init.: NJ	

Anmärkningar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mumy)	Provrnr.	Jordartsbeskrivning	PID
				0-0,2		Humus	
				0,5		Torrskorpelera	
GV-yta 27 nov				1			
3,05 mumy							
GV-yta 13 dec				1,5			
0,55 mumy							
				2		2,20-5,30 Le	
Ej skalenligt						5,30-5,60 SiLe	
				2,5		5,60-5,70 siskikt/finSa	
						5,70-7,0 SiLe	
Stoppar vid 7,00 m.u.my.				3			
					X	Grundvattenprov Ärna GV:1	
				3,5			

Borrmingsnr.:	Höjdsystem:		Ja/nej	Topp (mumy)	Botten (mumy)	ø (mm)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:					50
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:					
PID instrument:	UTM-X:	UTM-Y:				
Lampa:	LOK-X:	LOK-Y:				
Borrmotod: Skruvborr						
Borrentreprenör: K. Hidsjö, Miljögeo i Väste						



Projektamn: Utökad undersökning Uppsala (PFOS)						Provpunkt: NIRAS GV 1:A			
Projekt nr.: 8112149						Datum: 2010-04-02			
Plats: Ärna på ången						Provtagare: NJN			
Projektledare: Niclas Johansson						Installation av rör			
Anmärkingar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mummy)	Provnr.	Intervall mummy	Jordartsbeskrivning vid sondering		
				2		0-1,0	Torrskorpelera		
				4		1,0-23	Le som är grå med insla gav gul Le		
GV-yta 3/4				6					
4,41				8					
				10					
				12		23-25,5	Löst berg. Kan vara överlagrad av stenig morän.		
GV-yta 26/4				14					
2,25				16					
				18					
				20					
GV-yta 15/5				22					
3,68				24		25,50	Berg Stoppar här		
				26					
				28					
				30					
				32					
Borningsnr.:		Höjdsystem: Relativt				Ja/nej	Topp	Botten ø (mm)	
Tillsyn/init.:		Nivå rel. ref.pkt:			Filterlängd ink filter	2,00		25,30	50,00
Datum:		Abs. nivå ref.pkt:			Betonit	2,00			50,00
PID instrument:		UTM-X:	UTM-Y:		Totallängd	26,00			63,00
Lampa:		LOK-X:	LOK-Y:						
Borrmotod: NOEX med vattenspolning									
Borrentrepren MijöGeo i Västervik AB									

Projektamn: Utökad undersökning Uppsala (PFOS)						Provpunkt:	NIRAS GV 1:B		
Projekt nr.: 8112149						Datum:	2010-04-03		
Plats: Ärna på ängen						Provtagare:	NJN		
Projektledare: Niclas Johansson						Installation av rör			
Anmärkingar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Intervall mumy	Jordartsbeskrivning vid sondering		
				2		0-1	Torrskorpelera		
				4		1-19	Lös Le		
GV-yta 5/4				6					
4,1				8					
				10					
				12					
GV-yta 26/4				14					
2,0				16					
				18		19-27	Le klumpar		
				20					
GV-yta 15/5				22					
3,41				24					
				26					
				28		27-30,5	Lös Le		
				30		30,5-	Berg med sprickor. Mycket vatten vid 31,80		
				32					
						32,60	Stoppar borrhningen		
Borringsnr.:	Höjdsystem:		Relativt			Ja/nej	Topp	Botten	Ø (mm)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:				Filterlängd ink filter	3,00		32,50	50,00
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:				Betonit	1,00			50,00
PID instrument:	UTM-X:	UTM-Y:			Totallängd	33,00			63,00
Lampa:	LOK-X:	LOK-Y:							
Borrmotod: NOEX med vattenspolning									
Borrentrepren MijöGeo i Västervik AB									

Projektamn: Utökad undersökning Uppsala (PFOS)					Provpunkt: NIRAS GV 2					
Projekt nr.: 8112149					Datum: 2010-04-03					
Plats: Ärna på ängen					Provtagare: NJN					
Projektledare: Niclas Johansson					Ingen Installation av rör					
Anmärkingar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mummy)	Provnr.	Intervall mummy	Jordartsbeskrivning vid sondering			
				2		0-1,80	Fyllning			
				4						
				6		1,80-19,50	lös Le			
				8						
				10		19,5-28	Klumig Le			
				12						
				14		28-31	Lös Le			
				16						
				18		31-36	Fisa,Le Troligen spår från åbotten, snäckskal			
				20						
				22		36-40	Le			
				24						
				26						
				28						
				30						
				32						
				34						
				36						
				38		40-42	fiSa inslag i Le			
				40						
				42		42-42,7	Fastare material sten, alt åsmaterial el morän			
Borringsnr.:		Höjdsystem:		Relativt			Ja/nej	Topp	Botten	Ø (mm)
Tillsyn/init.:		Nivå rel. ref.pkt:				Filterlängd ink filter	3,00		32,50	50,00
Datum:		Abs. nivå ref.pkt:				Betonit	1,00			50,00
PID instrument:		UTM-X:		UTM-Y:		Totallängd	33,00			63,00
Lampa:		LOK-X:		LOK-Y:						
Borrmotod: NOEX med vattenspolning										
Borrentrepren MijöGeo i Västervik AB										

Projektamn: Utökad undersökning Uppsala (PFOS)					Provpunkt: NIRAS GV 3				
Projekt nr.: 8112149					Datum: 2010-04-08				
Plats: Ärna mot Fyrisån					Provtagare: NJN				
Projektledare: Niclas Johansson					Ingen installation av rör				
Anmärkingar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Jordartsbeskrivning vid sondering			
				2		0--0,3 Fyllning			
				4					
				6		0,3-1,6 Torrskorpelera			
				8					
				10					
				12					
				14					
				16					
				18					
				20					
				22					
				24		1,6-42,5 Le			
				26					
				28					
				30					
				42,5					
Borringsnr.:	Höjdsystem:		Relativt			Ja/nej	Topp	Botten	ø (mm)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:				Filterlängd	ink filter			
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:				Betont				
PID instrument:	UTM-X:		UTM-Y:		Totallängd				
Lampa:	LOK-X:		LOK-Y:						
Borremetod: NOEX med vattenspolning									
Borrentrepren MijöGeo i Västervik AB									

Projektamn: Utökad undersökning Uppsala (PFOS)					Provpunkt: NIRAS GV 4				
Projekt nr.: 8112149					Datum: 2010-04-08				
Plats: Ärna på ängen					Provtagare: NJN				
Projektledare: Niclas Johansson					Installation av rör				
Anmärkingar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Intervall mumy	Jordartsbeskrivning vid sondering		
				2		0--22,8	Ren Le		
GV-yta 8/4				4					
2,8 mumy				6		22,8-23,9	Ej ren Le, inslag av snäckskal, Sa eller Si.		
				8					
				10		23,9-26,9	Le		
GV-yta 26/4				12					
0,8 mumy				14		26,9-29,2	Le med inslag av troligen Si. Vattnet som kommer upp sen är ljusfärgat		
				16					
				18					
				20		NOEX-info			
GV-yta 15/5				22					
2,2 mumy				24					
				26		29,2-29,4	Överskit berg		
				28		29,4-30,4	Krosszon berg		
				30		30,4-31,35	Friskt berg		
				32					
Borringsnr.:	Höjdsystem:		Relativt			Ja/nej	Topp	Botten	ø (mm)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:				Filterlängd ink filter	3,00		31,35	50,00
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:				Betonit	1,00			50,00
PID instrument:	UTM-X:		UTM-Y:		Totallängd	32,00			63,00
Lampa:	LOK-X:		LOK-Y:						
Borremetod: NOEX med vattenspolning									
Borrentrepen MijöGeo i Västervik AB									



Projekt namn Utökad undersökning Uppsala (PFOS)					Provpunkt: UV GV 1			
Projekt nr.: 8113030					Datum: 2010-04-10			
Plats: Tunabergsparken					Provtagare: NJN			
Projektledare Niclas Johansson					Dexel			
Anmärkning	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Jordartsbeskrivning		
				2		0-1,5	Fyllning, Humus, Trädrot	
GV-yta 10/4				4		1,5-3,0	Torrskorp e Le	
8,44 mumy				6				
				8		3,0-8,5	Le alt. si,Le	
GV-yta 26/4				10		8,5-11,4	fiSa	
7,90 mumy				12		11,4-13,0	sa,Gr	
				14		13,0-15,9	Gr	
				16		Stoppar vid 15,9		
Filterrör, 2 m								
Borringsnr.:	Höjdsystem:	Relativt			Ja/nej	Topp (mumy)	Botten (mumy)	ø (mm)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:	Filterlängd		2m			15,83	50,00
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:	Betont		1,00				50,00
PID instrument:	UTM-X:	UTM-Y:	Totallängd	16,00				63,00
Lampa:	LOK-X:	LOK-Y:						
Borremetod: NOEX med vattenspolning								
Borrentrepre: MijöGeo i Västervik AB								

Projektamn: Utökad undersökning Uppsala (PFOS)					Provpunkt: UV GV 2						
Projekt nr.: 8113030					Datum: 2010-04-09						
Plats: Cyelbana					Provtagare: NJN						
Projektledare: Niclas Johansson					Dexel						
Anmärkingar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Intervall mumy	Jordartsbeskrivning vid sondering				
				2		0-2,5	Fyllning				
				4		2,5-8,7	Le, dock ej ren eller lös Le				
GV-yta 10/4				6							
2,28 mumy				8							
				10		8,70-9,40	Störande skikt, snäckskal el Si				
				12		9,40-18,40	Le				
GV-yta 26/4				14							
1,38 mumy				16							
				18							
				20		18,40-19,0	Störande lager				
GV-yta 15/5				22		19,0-20,20	Le				
1,89				24		20,20-23,30	Le med Si alt. Le med fi,Sa				
				26		23,30-24,0	Le				
				28		24,0-27,5	fSa,Le				
				30		27,5-29,67	fSa				
						29,67-31,6	fSa Sa				
						31,6-31,67	Gr				
Filterrör, 3 m				32		31,67-32,67	Berg, utan sprickor				
Borningsnr.:	Höjdsystem:		Relativt			Ja/nej	Topp	Botten	ø (m)		
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:		Filterlängd ink filter			3m		32,67	50,00		
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:		Död			1,00					
PID instrument:	UTM-X:		UTM-Y:		Betonit	1,00			50,00		
Lampa:	LOK-X:		LOK-Y:		Totallängd	33,00			63,00		
Borremetod: NOEX med vattenspolning											
Borrentrepren MijöGeo i Västervik AB											

Projektamn: Utökad undersökning Uppsala (PFOS)					Provpunkt: UV GV 3					
Projekt nr.: 8113030					Datum: 2010-04-08					
Plats: Cykelbana					Provtagare: NJN					
Projektledare: Niclas Johansson					Dexel					
Anmärkning:	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Intervall mumy	Jordartsbeskrivning vid sondering			
				2		0-15,80	Le men troligen ej ren lera. Ev silt eller fiSa i Le.			
				4						
GV-yta 10/4				6						
2,86 mumy				8						
				10						
				12						
GV-yta 26/4				14		15,80-19,0	Skikt av fiSa Sa i Le			
1,97 mumy				16		stopp vid 19,25 vid sondering.				
				18						
				20		NOEX				
GV-yta 15/5				22		18,0-20,0	fiSa			
2,47				24		20,0-22,0	saGr			
				26						
				28						
				30						
Filterrör, 3 m										
				32						
Borringsnr.:	Höjdsystem:		Relativt			Ja/nej	Topp	Botten	ø (mm)	
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:				Filterlängd ink filter	3m		21,96	50,00	
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:				Betonit	3m			50,00	
PID instrument:	UTM-X:		UTM-Y:		Totallängd	22,00			0,63	
Lampa:	LOK-X:		LOK-Y:							
Borremetod: NOEX med vattenspolning										
Borrentrepren MijöGeo i Västervik AB										

Projektamn: Utökad undersökning Uppsala (PFOS)					Provpunkt: NIRAS BÖP 1				
Projekt nr.: 8112149					Datum: 2010-04-05				
Plats: Brandövningsplatsen					Provtagare: NJN				
Projektledare: Niclas Johansson					Ingen istallation av rör				
Anmärkingar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Intervall mumy	Jordartsbeskrivning vid sondering		
						0-0,4	Fyllning, torrt bärlager		
				1		0,4-0,8	le,gr,Sa		
				1,5		0,8-1,30	Le som är fuktig		
				2		1,30	Stopp		
				2,5					
				3					
				3,5					
				4					
Borringsnr.:	Höjdsystem:		Relativt			Ja/nej	Topp	Botten	ø (m)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:				Filterlängd ink filter				
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:				Betonit				
PID instrument:	UTM-X:		UTM-Y:		Totallängd				
Lampa:	LOK-X:		LOK-Y:						
Borremetod: Skruv									
Borrentrepren MijöGeo i Västervik AB									

Projektamn: Utökad undersökning Uppsala (PFOS)				Provpunkt: NIRAS BÖP 2					
Projekt nr.: 8112149				Datum: 2010-04-05					
Plats: Brandövningsplatsen				Provtagare: NJN					
Projektledare: Niclas Johansson				Ingen istallation av rör					
Anmärkingar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Intervall mumy	Jordartsbeskrivning vid sondering		
				0,5		0-1,0	grSa med tegel		
				1					
				1,5		1,0-1,3	gr,sa,Le med tegelinslag		
				2		1,3 stopp			
				2,5					
				3					
				3,5					
				4					
Borringsnr.:	Höjdsystem:		Relativt			Ja/nej	Topp	Botten	ø (m)
Tillsyn/init.:	Nivå rel. ref.pkt:				Filterlängd ink filter				
Datum:	Abs. nivå ref.pkt:				Betonit				
PID instrument:	UTM-X:		UTM-Y:		Totallängd				
Lampa:	LOK-X:		LOK-Y:						
Borremetod: Skruv									
Borrentrepren MijöGeo i Västervik AB									

Projektamn: Utökad undersökning Uppsala (PFOS)					Provpunkt: NIRAS BÖP 3						
Projekt nr.: 8112149					Datum: 2010-04-05						
Plats: Brandövningsplatsen					Provtagare: NJN						
Projektledare: Niclas Johansson					Ingen installation av rör						
Anmärkingar	Filtersättning	Pejlerör	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Intervall mumy	Jordartsbeskrivning vid sondering				
				0,5		0--0,7	Fyllning grSa				
				1		0,7-2,0	Torrskorpelera				
				1,5							
				2							
				2,5		2,0-3,3	Le				
				3							
						3,3-3,35	Sa				
				3,5		3,35-3,40	fiSa				
						3,40-3,45	FiSa, Le				
				4		3,45-3,50	fiSa				
						3,50-3,55	(gr) Sa vattenförande				
						3,55-4,0	Sa fiSa				
						4,00	Stoppar				
Borringsnr.:			Höjdsystem:		Relativt			Ja/nej	Topp	Botten	ø (m)
Tillsyn/init.:			Nivå rel. ref.pkt:		Filterlängd ink filter						
Datum:			Abs. nivå ref.pkt:		Betont						
PID instrument:			UTM-X:		UTM-Y:		Totallängd				
Lampa:			LOK-X:		LOK-Y:						
Borrmotod: Skruv											
Borrentrepren MijöGeo i Västervik AB											

Miljöteknisk markundersökning				Provpunkt: SB N:1					
8114011,1& 8114011,2				Datum: 2014-06-04					
Uppsala flygplats				Provtagare: NJ/CB					
Niclas Johansson									
Filtersättning	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Intervall mumy	Jordartsbeskrivning vid sondering				
		0,50		0-0,3	Jvx				
		1,00		0,3-1,0	siLet	Torr			
		1,50		1,0-2,0	Let	En fast lera i sin helhet. Finns lösa partier			
		2,00		2,0-3,0	vLet	Fina inslag av Saf och si. Ej tät då siltskikten finns			
		2,50		3,0-3,1	vsisaLe	Genomsläpplig			
		3,00		3,1-3,2	vsisaLe	Med snäckskal			
		3,50		3,3-3,6	vsisaLe	1cm mellan skikten. Sulfidfläckar			
		4,00		3,6-4,6	SuLe	Rullbar mörk. Mycket fuktig			
		4,50		4,6-5,0	Le	Fast lera, nästan ren. Något sulfid			
		5,00		4,7	sa	3mm sandskikt			
		5,50							
		6,00							
		6,50							
		7,00							
		7,50							
		8,00							
		8,50							
		9,00							
		9,50							
		10,00							
	Höjdsystem:	Relativt				Ja/nej	Längd	Botten	ø (mm)
	Nivå rel. ref.pkt:				Filterlängd ink filter				
	Abs. nivå ref.pkt:				Rörspets (mumy)				
	UTM-X:	UTM-Y:			Rörtopp (mömy)				
	LOK-X:	LOK-Y:			Betorit				
sondering Skruvborr					Totallängd				
MiljöGeo i Västervik AB									

Miljöteknisk markundersökning					Provpunkt: SB N:2				
8114011,1& 8114011,2					Datum: 2014-06-04				
Uppsala flygplats					Provtagare: NJ/CB				
Niclas Johansson									
Filtersättning	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Intervall mumy	Jordartsbeskrivning vid sondering				
		0,50		0-0,5	F	saGr			
		1,00		0,5-0,7	F	Humus			
		1,50		0,7-2,6	Let	Ej rullbar, typisk torrsorpelera			
		2,00		2,6-3,1	Le	Rullbar. Liknar "grönmögelost" i strukturen			
		2,50		3,1-4,3	Le	Rullbar. Färgskikt, dock ej varvig. En fast lera			
		3,00		4,3-4,6	vLe	Inslag av snäckskal. Arstidsvarvig lera			
		3,50		4,6-5,0	vLe	Arstidsvarvig lera. Ingen sand el silt.			
		4,00							
		4,50			Från 2,60 rullbar lera. Men spröd. Går rakt av om man bryter leran				
		5,00							
		5,50			Grundvattenytan uppskattas till 1,5 mumy				
		6,00							
		6,50							
		7,00							
		7,50							
		8,00							
		8,50							
		9,00							
		9,50							
		10,00							
	Höjdsystem:			Relativt		Ja/nej	Längd	Botten	ø (mm)
	Nivå rel. ref.pkt:				Filterlängd ink filter				
	Abs. nivå ref.pkt:				Rörspets (mumy)				
	UTM-X:		UTM-Y:		Rörtopp (mömy)				
	LOK-X:		LOK-Y:		Betonit				
sondering Skruvborr					Totallängd				
MiljöGeo i Västervik AB									





Miljöteknisk markundersökning  
 8114011,1& 8114011,2  
 Uppsala flygplats  
 Niclas Johansson

Provpunkt: SB N:4  
 Datum: 2014-06-04  
 Provtagare: NJ/CB

Filtersättning	Profil	Djup (mumy)	Provnr.	Intervall mumy	Jordartsbeskrivning vid sondering				
		0,50		0-0,3	J	Humus			
		1,00		0,3-1,6	Let	Innehåller silt. Rullbar men bryter rakt av			
		1,50		1,6-2,3	Let	Stående vattenkanaler, lösare lera i kanalerna.			
		2,00		2,3-3,8	siLe	Årstidsvarvig. Inga kanaler. Rullbar till 3mm.			
		2,50				bryter rakt av. Fuktigt.			
		3,00		3,8-4,0	siLe	Innehåller snäckskal			
		3,50		4,0-4,6	si_Le	Årstidsvarvig. Inga kanaler. Rullbar till 3mm.			
		4,00				bryter rakt av. Fuktigt.			
		4,50		4,6-4,8	siLe	Inslag av skal			
		5,00		4,8-5,0	Le	Årstidsvarvig. Rullbar men spröd. Ej fet el oljig.			
		5,50				Innehåller silt känner man med tänderna.			
		6,00				Trots silt är den rullbar. Troligen ej tät då den			
		6,50				spricker och innehåller silt.			
		7,00							
		7,50							
		8,00			1,1 mumy trolig grundvattenyta				
		8,50							
		9,00							
		9,50							
		10,00							
	Höjdsystem:	Relativt				Ja/nej	Längd	Botten	ø (mm)
	Nivå rel. ref.pkt:				Filterlängd ink filter				
	Abs. nivå ref.pkt:				Rörspets (mumy)				
	UTM-X:	UTM-Y:			Rörtopp (mömy)				
	LOK-X:	LOK-Y:			Betont				
sondering Skruvborr					Totallängd				
MiljöGeo i Västervik AB									



Miljöteknisk markundersökning				Provpunkt: Sticksöndering 2					
8114011,1& 8114011,2				Datum: 2014-06-02					
Uppsala flygplats				Provtagare: NJ/CB					
Niclas Johansson									
Filtersättning	Profil	Djup (mumy)	Provrnr.	Intervall mumy	Jordartsbeskrivning vid söndering				
		0,50		0-14,9	siLe				
		1,00		14,9-16	Sa alt Mn	Oklart vad det är			
		1,50		16-19,7	Mn	Inte så kraftig Mn. Kan var mindre St.			
		2,00				Mycket vatten i detta material			
		2,50							
		3,00							
		3,50		19,7	St Bl alt B	Stopp			
		4,00							
		4,50							
		5,00			Vid 2,5-3 mumy börjar det bli fuktigt				
		5,50							
		6,00							
		6,50							
		7,00							
		7,50							
		8,00							
		8,50							
		9,00							
		9,50							
		10,00							
	Höjdsystem:		Relativt			Ja/nej	Längd	Botten	ø (mm)
	Nivå rel. ref.pkt:				Filterlängd ink filter				
	Abs. nivå ref.pkt:				Rörspets (mumy)				
	UTM-X:		UTM-Y:		Rörtopp (mömy)				
	LOK-X:		LOK-Y:		Betonit				
Sticksöndering					Totallängd				
MiljöGeo i Västervik AB									





## Bilaga 2

<i>Provpunkt:</i> Ärna GV:1		<i>GPS-kord. O:</i> RT90 SG N:		<i>Uppdragsnr:</i> 8114011,2		<i>Provtagningsdatum:</i> 2014-06-03	
<i>Projekt:</i> Installation gy-rör och sondering				<i>Rörinnerdiameter:</i> 40 mm		<i>Väder:</i> Sol	
<i>Totallängd(m)</i>			<i>Filter (m)</i>		<i>Rörspets (mumy)</i>		<i>Rörtopp (mömy)</i>
<i>Omsättningsteknik</i> Peristaltisk pump		<i>Omsättningsdatum</i> 2014-06-02		<i>Grundvattennivå innan omsättning (murt):</i> 1,85			
<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Omsättning av 30 L							
<i>Provtagningsteknik</i> Peristaltisk pump		<i>Provtagningsdatum</i> 2014-06-03		<i>Grundvattennivå vid provtagning (murt):</i> 1,85		<i>Bottendjup vid provtagning (murt):</i> 8,02	
<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> 30 L							
<p><i>Beskrivning av punktens läge:</i>          Röret är beläget vid stoppskylten och informationstavlan för airside. Det mest nordliga grundvattenröret. Beläget nedanför den större brandövningsplatsen.</p> <p><i>Kommentar:</i>          Vattnet ser klart och rent ut vid provtagningen.</p>							
<i>Syre</i>	<i>Cond</i> 407 µS/cm	<i>Temp</i> 9,8°C	<i>pH</i> 7,2	<i>Redox</i>	<i>Stabilt vid provtagningen</i>		

<i>Provpunkt:</i> Ärna GV:2		<i>GPS-kord. O:</i> RT90 SG		<i>Uppdragsnr:</i> 8114011,2		<i>Provtagningsdatum:</i> 2014-06-03	
<i>Projekt:</i> Installation gv-rör och sondering		<i>Rörinnerdiameter:</i> 40 mm		<i>Väder:</i> Sol			
<i>Totallängd(m)</i>		<i>Filter (m)</i>		<i>Rörspets (mumy)</i>		<i>Rörtopp (mömy)</i>	
<i>Omsättningsteknik</i> Peristaltisk pump		<i>Omsättningsdatum</i> 2014-06-03		<i>Grundvattennivå innan omsättning (murt):</i> 2,30			
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Omsättning av 30 L					
<i>Provtagningsteknik</i> Peristaltisk pump		<i>Provtagningsdatum</i> 2014-06-03		<i>Grundvattennivå vid provtagning (murt):</i> 2,30		<i>Bottendjup vid provtagning (murt):</i> 6,93	
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Ca 30 L					
<i>Beskrivning av punktens läge:</i> Grundvattenröret är beläget nedanför den kullen där brandövning tidvis genomförts.							
<i>Kommentar:</i> Vattnet är lite grumligt vid provtagningen. Känner av det finns slam i rörbotten i samband med rensugning.							
<i>Syre</i>	<i>Cond</i> 516 µS/cm	<i>Temp</i> 8,9°C	<i>pH</i> 7,3	<i>Redox</i>	<i>Stabilt vid provtagningen</i>		



<i>Provpunkt:</i> NIRAS GV1:A		<i>GPS-kord. O:</i> RT90 SG		<i>Uppdragsnr:</i> 8114011,2		<i>Provtagningsdatum:</i> 2014-06-03	
<i>Projekt:</i> Installation gv-rör och sondering				<i>Rörinnerdiameter:</i> 63 mm		<i>Väder:</i> Sol	
<i>Totallängd(m)</i>			<i>Filter (m)</i>		<i>Rörspets (mumy)</i>		<i>Rörtopp (mömy)</i>
<i>Omsättningsteknik</i> Peristaltisk pump		<i>Omsättningsdatum</i> 2014-06-03			<i>Grundvattennivå innan omsättning (murt):</i> 4,75		
<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Omsättning av 300 L							
<i>Provtagningsteknik</i> Peristaltisk pump		<i>Provtagningsdatum</i> 2014-06-03		<i>Grundvattennivå vid provtagning (murt):</i> 4,75		<i>Bottendjup vid provtagning (murt):</i> 21,12	
<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Ca 300 L							
<i>Beskrivning av punktens läge:</i> Grundvattenröret är beläget på åkermarken. Grundvattenröret närmast grusvägen							
<i>Kommentar:</i> Mycket god tillrinning av grundvatten.  Det dammar en hel del över området i samband med provtagningen på grund av att dumpers kör skytteltrafik på intilliggande grusväg.							
<i>Syre</i>	<i>Cond</i> 516 µS/cm	<i>Temp</i> 8,9°C	<i>pH</i> 7,3	<i>Redox</i>	<i>Stabilt vid provtagningen</i>		

<i>Provpunkt:</i> NIRAS GV1:B		<i>GPS-kord. O:</i> RT90 SG		<i>Uppdragsnr:</i> 8114011,2		<i>Provtagningsdatum:</i> 2014-06-03	
<i>Projekt:</i> Installation gv-rör och sondering		<i>Rörinnerdiameter:</i> 63 mm		<i>Väder:</i> Sol			
<i>Totallängd(m)</i>		<i>Filter (m)</i>		<i>Rörspets (mumy)</i>		<i>Rörtopp (mömy)</i>	
<i>Omsättningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Omsättningsdatum</i> 2014-06-03		<i>Grundvattennivå innan omsättning (murt):</i> 4,30			
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Omsättning av 600 L					
<i>Provtagningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Provtagningsdatum</i> 2014-06-03		<i>Grundvattennivå vid provtagning (murt):</i> 4,30		<i>Bottendjup vid provtagning (murt):</i> 20,5	
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Ca 600 L					
<i>Beskrivning av punktens läge:</i> Grundvattenröret är beläget på åkermarken.							
<i>Kommentar:</i> Mycket god tillrinning av grundvatten. Något grumlig. Den dränkbara pumpen fastnar på något vid ca 10m djup. Möjligen har en sten tryckt in röret en aning.							
<i>Syre</i>	<i>Cond</i> 905 µS/cm	<i>Temp</i> 8,7°C	<i>pH</i> 7,2	<i>Redox</i>	<i>Stabilt vid provtagningen</i>		

<i>Provpunkt:</i> NIRAS GV:4		<i>GPS-kord. O:</i> RT90 SG		<i>Uppdragsnr:</i> 8114011,2		<i>Provtagningsdatum:</i> 2014-06-03	
<i>Projekt:</i> Installation gv-rör och sondering				<i>Rörinnerdiameter:</i> 63 mm		<i>Väder:</i> Sol	
Totallängd(m)			Filter (m)		Rörspets (mumy)		Rörtopp (mömy)
<i>Omsättningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Omsättningsdatum</i> 2014-06-03			<i>Grundvattennivå innan omsättning (murt):</i>		
Volym vatten alt flöde och tid: Omsättning av 600 L							
<i>Provtagningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Provtagningsdatum</i> 2014-06-03		<i>Grundvattennivå vid provtagning (murt):</i> 3,25		<i>Bottendjup vid provtagning (murt):</i> 27,3	
Volym vatten alt flöde och tid: Ca 600 L							
<i>Beskrivning av punktens läge:</i> Grundvattenröret är beläget på ängsmarken vid T-korsningen.							
<i>Kommentar:</i> Mycket god tillrinning av grundvatten. Vattnet är klart men en unken doft noteras. Denna lukt noteras även vid lodning 2014-08-04.							
Syre	Cond -818 µS/cm	Temp 8,7°C	pH 7,2	Redox	Stabilt vid provtagningen		

<i>Provpunkt:</i> NIRAS GV:5		<i>GPS-kord. O:</i> RT90 SG N:		<i>Uppdragsnr:</i> 8114011,2	<i>Provtagningsdatum:</i> 2014-06-04
<i>Projekt:</i> Installation gy-rör och sondering				<i>Rörinnerdiameter:</i> 63 mm	<i>Väder:</i> Sol
Totallängd(m) 15,20		Filter (m) 1		<i>Rörspets (mumy)</i> 14,5	<i>Rörtopp (mömy)</i> 0,81
<i>Omsättningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Omsättningsdatum</i> 2014-06-03		<i>Grundvattennivå innan omsättning (murt):</i> 3,33	
<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Omsättning av 300 L					
<i>Provtagningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Provtagningsdatum</i> 2014-06-04	<i>Grundvattennivå vid provtagning (murt):</i> 3,33		<i>Bottendjup vid provtagning (murt):</i> 15,20
<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Ca 600 L					
<i>Beskrivning av punktens läge:</i> Grundvattenröret är beläget vid sidan av vägen, T-korsning. Ca 8 m till korsningen.					
<i>Kommentar:</i> God tillrinning av grundvatten. Dock sjunker grundvattenytan då den dränkbara pumpen körs. Vattnet förblir grumligt. Efter en 1h har med avslagen pump återställs grundvattenytan till 3,33 murt.  Röret består av 1m sandfilter i botten + 2 m med bentonitstrumpa ovanför sandfiltret.  De fysikaliska parametrarna mät vid dels omsättningspumpning och senare i samband med provtagningen.					
Syre	Cond 1663 µS/cm	Temp 9,5°C	pH 7,7	Redox	
Syre	Cond 1573 µS/cm	Temp 10,1°C	pH 7,9	Redox	Stabilt vid provtagningen

<i>Provpunkt:</i> NIRAS GV:6		<i>GPS-kord. O:</i> RT90 SG		<i>Uppdragsnr:</i> 8114011,2		<i>Provtagningsdatum:</i> 2014-06-04	
<i>Projekt:</i> Installation gv-rör och sondering		<i>Rörinnerdiameter:</i> 63 mm		<i>Väder:</i> Sol			
<i>Totallängd(m)</i>		<i>Filter (m)</i>		<i>Rörspets (mumy)</i> 33,0		<i>Rörtopp (mömy)</i> 1,06	
<i>Omsättningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Omsättningsdatum</i> 2014-06-04		<i>Grundvattennivå innan omsättning (murt):</i> 4,92			
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Omsättning av 600 L					
<i>Provtagningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Provtagningsdatum</i> 2014-06-04		<i>Grundvattennivå vid provtagning (murt):</i> 4,92		<i>Bottendjup vid provtagning (murt):</i> 34,0	
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Ca 600 L					
<p><i>Beskrivning av punktens läge:</i>          Grundvattenröret är beläget på en liten höjd intill grusvägen som svänger av vid stängslet mot koloniområdet.</p> <p>Röret består av 1m sandfilter i botten + 2 m med bentonitstrumpa ovanför sandfiltret.</p> <p><i>Kommentar:</i>          Mycket god tillrinning av grundvatten. Grundvattenytan förblir oförändrad då den dränkbara pumpen körs.</p> <p>De fysikaliska parametrarna mäts vid två tillfällen med ca 3h mellanrum.</p>							
Syre	Cond 847 µS/cm	Temp 9,5°C	pH 7,2	Redox			
Syre	Cond 845 µS/cm	Temp 10,0°C	pH 7,2	Redox	Stabilt vid provtagningen		

<i>Provpunkt:</i> UV GV:2		<i>GPS-kord. O:</i> RT90 SG		<i>Uppdragsnr:</i> 8114011,2		<i>Provtagningsdatum:</i> 2014-06-04	
<i>Projekt:</i> Installation gv-rör och sondering		<i>Rörinnerdiameter:</i> 63 mm		<i>Väder:</i> Sol			
<i>Totallängd(m)</i>		<i>Filter (m)</i>		<i>Rörspets (mumy)</i>		<i>Rörtopp (mömy)</i> 0,00	
<i>Omsättningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Omsättningsdatum</i> 2014-06-04		<i>Grundvattennivå innan omsättning (murt):</i> 2,00			
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Omsättning av 500 L					
<i>Provtagningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Provtagningsdatum</i> 2014-06-04		<i>Grundvattennivå vid provtagning (murt):</i> 2,02		<i>Bottendjup vid provtagning (murt):</i> 25,92	
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Ca 500 L					
<i>Beskrivning av punktens läge:</i> Grundvattenröret är beläget på stråket av gräs mellan cykelbanan och stängslet till koloniområdet. Några meter från entrégrinden. Grundvattenröret är försedd med dexel. Det grundvattenrör som är installerat närmast Fyrisån.							
<i>Kommentar:</i> Mycket god tillrinning av grundvatten. Grundvattenytan sjunker ytterst lite då den dränkbara pumpen körs.							
<i>Syre</i>	<i>Cond</i> 810 µS/cm	<i>Temp</i> 9,4°C	<i>pH</i> 7,8	<i>Redox</i>	<i>Stabilt vid provtagningen</i>		

<i>Provpunkt:</i> UV GV:3		<i>GPS-kord. O:</i> RT90 SG		<i>Uppdragsnr:</i> 8114011,2		<i>Provtagningsdatum:</i> 2014-06-04	
<i>Projekt:</i> Installation gv-rör och sondering		<i>Rörinnerdiameter:</i> 63 mm		<i>Väder:</i> Sol			
<i>Totallängd(m)</i>		<i>Filter (m)</i>		<i>Rörspets (mumy)</i>		<i>Rörtopp (mömy)</i> -0,05	
<i>Omsättningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Omsättningsdatum</i> 2014-06-04		<i>Grundvattennivå innan omsättning (murt):</i> 2,58			
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Omsättning av 600 L					
<i>Provtagningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Provtagningsdatum</i> 2014-06-04		<i>Grundvattennivå vid provtagning (murt):</i> 2,56		<i>Bottendjup vid provtagning (murt):</i> 15,93	
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Ca 600 L					
<p><i>Beskrivning av punktens läge:</i>                  Grundvattenröret är beläget på stråket av gräs mellan cykelbanan och stängslet till koloniområdet.                  Grundvattenröret är försedd med dexel.</p> <p><i>Kommentar:</i>                  Mycket god tillrinning av grundvatten. Grundvattenytan sjunker ytterst lite då den dränkbara pumpen körs.</p>							
<i>Syre</i>	<i>Cond</i> 726 µS/cm	<i>Temp</i> 8,9°C	<i>pH</i> 7,5	<i>Redox</i>	<i>Stabilt vid provtagningen</i>		

<i>Provpunkt:</i> UV GV:1		<i>GPS-kord. O:</i> RT90 SG		<i>Uppdragsnr:</i> 8114011,2		<i>Provtagningsdatum:</i> 2014-06-04	
<i>Projekt:</i> Installation gv-rör och sondering		<i>Rörinnerdiameter:</i> 63 mm		<i>Väder:</i> Sol			
<i>Totallängd(m)</i>		<i>Filter (m)</i>		<i>Rörspets (mumy)</i>		<i>Rörtopp (mömy)</i> -0,07	
<i>Omsättningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Omsättningsdatum</i> 2014-06-04		<i>Grundvattennivå innan omsättning (murt):</i> 8,17			
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Omsättning av 500 L					
<i>Provtagningsteknik</i> Dränkbar pump		<i>Provtagningsdatum</i> 2014-06-04		<i>Grundvattennivå vid provtagning (murt):</i> 8,17		<i>Bottendjup vid provtagning (murt):</i> 11,67	
		<i>Volym vatten alt flöde och tid:</i> Ca 500 L					
<p><i>Beskrivning av punktens läge:</i> Grundvattenröret är beläget på gräsmattan i Tunabergsparken. I närheten av lövträd och busken vid passagen in till Tunabergsskolan. Grundvattenröret är försedd med dexel.</p>							
<p><i>Kommentar:</i> Mycket god tillrinning av grundvatten. Grundvattenytan sjunker ytterst lite då den dränkbara pumpen körs.</p>							
<i>Syre</i>	<i>Cond</i> 552 µS/cm	<i>Temp</i> 10,0°C	<i>pH</i> 8,2	<i>Redox</i>	<i>Stabilt vid provtagningen</i>		





## Bilaga 3



Projekt  
Bestnr **8112149**  
Registrerad **2012-11-28**  
Utfärdad **2012-12-11**

**NIRAS Johan Helldén AB**  
**Niclas Johansson**

**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av fast prov

Er beteckning	<b>Ärna Jord:1 (0-1m)</b>				
Labnummer	O10487783				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
TS_105°C	83.2	%	1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL

Er beteckning	<b>Ärna Jord:2 (0-1m)</b>				
Labnummer	O10487784				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
TS_105°C	83.2	%	1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.046	mg/kg TS	1	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL



Er beteckning	Ärna Jord:3 (0-1m)				
Labnummer	O10487785				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
TS_105°C	81.1	%	1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.030	mg/kg TS	1	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	CL



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	OJ-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 0,01 mg/kg TS men kan variera med provets sammansättning.

Godkännare	
CL	Camilla Lundeborg

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



Projekt  
Bestnr **8112149**  
Registrerad **2012-11-28**  
Utfärdad **2012-12-12**

**NIRAS Johan Helldén AB**  
**Niclas Johansson**

**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av vatten

Er beteckning	<b>Ärna GV:1</b>				
Labnummer	O10487780				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFHxA perfluorhexansyra	0.026	µg/l	1	1	MB
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFBS perfluorbutansulfonat	0.17	µg/l	1	1	MB
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.36	µg/l	1	1	MB
PFOS perfluoroktansulfonat	0.013	µg/l	1	1	MB
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	1	1	MB
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	1	1	MB

Er beteckning	<b>Ärna GV:2</b>				
Labnummer	O10487781				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
PFBA perfluorbutansyra	0.21	µg/l	1	1	MB
PFPeA perfluorpentansyra	0.42	µg/l	1	1	MB
PFHxA perfluorhexansyra	1.3	µg/l	1	1	MB
PFHpA perfluorheptansyra	0.25	µg/l	1	1	MB
PFOA perfluoroktansyra	2.2	µg/l	1	1	MB
PFNA perfluornonansyra	0.016	µg/l	1	1	MB
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFBS perfluorbutansulfonat	0.52	µg/l	1	1	MB
PFHxS perfluorhexansulfonat	11	µg/l	1	1	MB
PFOS perfluoroktansulfonat	28	µg/l	1	1	MB
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFOSA perfluoroktansulfonamid	0.091	µg/l	1	1	MB
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	1	1	MB



Er beteckning	Ärna Ytvatten:1				
Labnummer	O10487782				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
PFBA perfluorbutansyra	0.15	µg/l	1	1	MB
PFPeA perfluorpentansyra	0.50	µg/l	1	1	MB
PFHxA perfluorhexansyra	0.30	µg/l	1	1	MB
PFHpA perfluorheptansyra	0.14	µg/l	1	1	MB
PFOA perfluoroktansyra	0.22	µg/l	1	1	MB
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFBS perfluorbutansulfonat	0.074	µg/l	1	1	MB
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.50	µg/l	1	1	MB
PFOS perfluoroktansulfonat	2.9	µg/l	1	1	MB
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFOSA perfluoroktansulfonamid	0.021	µg/l	1	1	MB
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	0.094	µg/l	1	1	MB



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.

Godkännare	
MB	Maria Bigner

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



Projekt **Ärna PFOS**  
Bestnr **8112149**  
Registrerad **2012-12-04**  
Utfärdad **2012-12-13**

**NIRAS Johan Helldén AB**  
**Niclas Johansson**

**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av vatten

Er beteckning	<b>Ärna ytvatten:2</b> <b>2012-11-30</b>				
Labnummer	O10488714				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja		1	1	AKR
PFBA perfluorbutansyra	0.019	µg/l	2	1	AKR
PFPeA perfluorpentansyra	0.052	µg/l	2	1	AKR
PFHxA perfluorhexansyra	0.064	µg/l	2	1	AKR
PFHpA perfluorheptansyra	0.030	µg/l	2	1	AKR
PFOA perfluoroktansyra	0.079	µg/l	2	1	AKR
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	AKR
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	AKR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	AKR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	AKR
PFBS perfluorbutansulfonat	0.046	µg/l	2	1	AKR
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.36	µg/l	2	1	AKR
PFOS perfluoroktansulfonat	0.29	µg/l	2	1	AKR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	AKR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	0.016	µg/l	2	1	AKR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	0.11	µg/l	2	1	AKR

Er beteckning	<b>Ärna Pumpus</b> <b>2012-11-30</b>				
Labnummer	O10488715				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja		1	1	AKR
PFBA perfluorbutansyra	0.14	µg/l	2	1	AKR
PFPeA perfluorpentansyra	0.46	µg/l	2	1	AKR
PFHxA perfluorhexansyra	19	µg/l	2	1	AKR
PFHpA perfluorheptansyra	0.26	µg/l	2	1	AKR
PFOA perfluoroktansyra	0.69	µg/l	2	1	AKR
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	AKR
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	AKR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	AKR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	AKR
PFBS perfluorbutansulfonat	50	µg/l	2	1	AKR
PFHxS perfluorhexansulfonat	5.2	µg/l	2	1	AKR
PFOS perfluoroktansulfonat	19	µg/l	2	1	AKR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	AKR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	AKR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	0.050	µg/l	2	1	AKR





\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	Provberedning: dekantering.
2	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.

Godkännare	
AKR	Anna-Karin Revell

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAKKS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAKKS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



Projekt  
Bestnr **8112149**  
Registrerad **2013-04-08**  
Utfärdad **2013-04-19**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**  
**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av grundvatten

Er beteckning	<b>Niras GV1:A</b> <b>2013-04-04</b>				
Labnummer	O10506448				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja		1	1	JAPR
PFBA perfluorbutansyra	0.23	µg/l	2	1	JAPR
PFPeA perfluorpentansyra	0.43	µg/l	2	1	JAPR
PFHxA perfluorhexansyra	1.8	µg/l	2	1	JAPR
PFHpA perfluorheptansyra	0.28	µg/l	2	1	JAPR
PFOA perfluoroktansyra	1.4	µg/l	2	1	JAPR
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFBS perfluorbutansulfonat	1.2	µg/l	2	1	JAPR
PFHxS perfluorhexansulfonat	5.2	µg/l	2	1	JAPR
PFOS perfluoroktansulfonat	11	µg/l	2	1	JAPR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR

Er beteckning	<b>Kontrolltank:1</b> <b>2013-04-04</b>				
Labnummer	O10506449				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja		1	1	JAPR
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOS perfluoroktansulfonat	0.012	µg/l	2	1	JAPR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR



Projekt  
Bestnr **8112149**  
Registrerad **2013-04-09**  
Utfärdad **2013-04-19**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**  
**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av fast prov

Er beteckning	<b>Niras BÖP 1 (0-1,3 mummy)</b>				
Labnummer	O10506633				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
TS_105°C	<b>81.0</b>	%	1	1	MB
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFNA perfluornonansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFDA perfluordekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOS perfluoroktansulfonat	<b>0.034</b>	mg/kg TS	1	1	MB
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB

Er beteckning	<b>Niras BÖP 2 (0-1,3 mummy)</b>				
Labnummer	O10506634				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
TS_105°C	<b>83.0</b>	%	1	1	MB
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFNA perfluornonansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFDA perfluordekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOS perfluoroktansulfonat	<b>0.094</b>	mg/kg TS	1	1	MB
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB

# Rapport

## T1304744

Sida 2 (3)

1TCT3XF99K9



Er beteckning	<b>Niras BÖP 3 (0-0,7 mummy)</b>				
Labnummer	O10506635				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
TS_105°C	91.2	%	1	1	MB
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFNA perfluornonansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFDA perfluordekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOS perfluoroktansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB

Er beteckning	<b>Niras BÖP 3 (3,3-4,0 mummy)</b>				
Labnummer	O10506636				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
TS_105°C	88.2	%	1	1	MB
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFNA perfluornonansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFDA perfluordekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOS perfluoroktansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	mg/kg TS	1	1	MB



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	OJ-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 0,01 mg/kg TS men kan variera med provets sammansättning.

Godkännare	
MB	Maria Bigner

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



Projekt  
Bestnr **8112149**  
Registrerad **2013-04-08**  
Utfärdad **2013-04-19**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**  
**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av vatten

Er beteckning	<b>Ytvatten 1</b> <b>2013-04-05</b>				
Labnummer	O10506451				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja		1	1	JAPR
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOS perfluoroktansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR

Er beteckning	<b>Ytvatten 2</b> <b>2013-04-05</b>				
Labnummer	O10506452				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja		1	1	JAPR
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOS perfluoroktansulfonat	0.015	µg/l	2	1	JAPR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR



Er beteckning	Ytvatten 3 2013-04-05				
Labnummer	O10506453				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja		1	1	JAPR
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOS perfluoroktansulfonat	0.018	µg/l	2	1	JAPR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	Provberedning: dekantering.
2	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.  <small>Rev 2013-03-06</small>

Godkännare	
JAPR	Jane Prochazka

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrift från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



# Rapport

T1304955

Sida 1 (2)

1TV8LD6AKIH



Projekt  
 Bestnr **8113030**  
 Registrerad **2013-04-11**  
 Utfärdad **2013-04-25**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**

**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av vatten

Er beteckning	<b>UV GV 3</b> <b>2013-04-10</b>				
Labnummer	O10507161				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	nej		1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	0.017	µg/l	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	0.025	µg/l	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.11	µg/l	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	0.030	µg/l	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.085	µg/l	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.10	µg/l	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.32	µg/l	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.50	µg/l	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	Provberedning: dekantering.
2	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.  <small>Rev 2013-03-06</small>

Godkännare	
CL	Camilla Lundeborg

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

# Rapport

T1305020

Sida 1 (2)

1TV8NPIP9P4



Projekt  
 Bestnr **8113030**  
 Registrerad **2013-04-11**  
 Utfärdad **2013-04-25**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**  
  
**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av vatten

Er beteckning	<b>UV GV 2</b> <b>2013-04-11</b>				
Labnummer	O10507399				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	nej		1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	0.011	µg/l	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.058	µg/l	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	0.012	µg/l	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.045	µg/l	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.057	µg/l	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.15	µg/l	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.19	µg/l	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	Provberedning: dekantering.
2	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.  <small>Rev 2013-03-06</small>

Godkännare	
CL	Camilla Lundeborg

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



Projekt  
Bestnr **8113030**  
Registrerad **2013-04-29**  
Utfärdad **2013-05-13**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**  
**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av grundvatten

Er beteckning	UV GV 1 (prov 2)				
Labnummer	O10510743				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja		1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	0.028	µg/l	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	0.036	µg/l	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.17	µg/l	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	0.049	µg/l	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.096	µg/l	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.25	µg/l	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.51	µg/l	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.52	µg/l	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	Provberedning: dekantering.
2	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.  <small>Rev 2013-03-06</small>

Godkännare	
CL	Camilla Lundeborg

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrift från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



Projekt **8113030**  
Bestnr **Grundv Uppsala-PFC**  
Registrerad **2013-04-12**  
Utfärdad **2013-04-23**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**  
**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av vatten

Er beteckning	<b>UV GV 1</b>				
Labnummer	O10507692				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
PFBA perfluorbutansyra	<b>0.020</b>	µg/l	1	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<b>0.032</b>	µg/l	1	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	<b>0.13</b>	µg/l	1	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	<b>0.027</b>	µg/l	1	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	<b>0.067</b>	µg/l	1	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<b>&lt;0.010</b>	µg/l	1	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<b>&lt;0.010</b>	µg/l	1	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<b>&lt;0.010</b>	µg/l	1	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<b>&lt;0.010</b>	µg/l	1	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	<b>0.16</b>	µg/l	1	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	<b>0.48</b>	µg/l	1	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	<b>0.45</b>	µg/l	1	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<b>&lt;0.010</b>	µg/l	1	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<b>&lt;0.010</b>	µg/l	1	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<b>&lt;0.010</b>	µg/l	1	1	CL



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.  <small>Rev 2013-03-06</small>

Godkännare	
CL	Camilla Lundeborg

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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.

Beräknande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



# Rapport

**T1305021**

Sida 1 (2)

1TV80T7LLJN



Projekt  
Bestnr **8112149**  
Registrerad **2013-04-11**  
Utfärdad **2013-04-25**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**

**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av vatten

Er beteckning	<b>NIRAS Klastorp</b> <b>2013-04-11</b>				
Labnummer	O10507400				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	nej		1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.017	µg/l	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.012	µg/l	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	Provberedning: dekantering.
2	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.  <small>Rev 2013-03-06</small>

Godkännare	
CL	Camilla Lundeborg

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrift från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

# Rapport

T1304954

Sida 1 (2)

1TV8K9HE8NO



Projekt  
 Bestnr **8112149**  
 Registrerad **2013-04-11**  
 Utfärdad **2013-04-25**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**

**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av vatten

Er beteckning	<b>NIRAS Fyrishov</b>				
	<b>2013-04-10</b>				
Labnummer	O10507160				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	nej		1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	0.013	µg/l	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	0.018	µg/l	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.084	µg/l	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	0.020	µg/l	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.060	µg/l	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.070	µg/l	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.25	µg/l	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.37	µg/l	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	Provberedning: dekantering.
2	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.  <small>Rev 2013-03-06</small>

Godkännare	
CL	Camilla Lundeborg

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



Projekt **8112149**  
Bestnr **MTU fd F16 (PFOS)**  
Registrerad **2013-04-12**  
Utfärdad **2013-04-23**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**  
**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av vatten

Er beteckning	<b>NIRAS Kontroll pump/slang</b>				
Labnummer	O10507693				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	1	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	1	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	1	1	CL



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.  <small>Rev 2013-03-06</small>

Godkännare	
CL	Camilla Lundeborg

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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.

Beräknande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



Projekt  
Bestnr **8112149**  
Registrerad **2013-04-09**  
Utfärdad **2013-04-19**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**  
**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av vatten

Er beteckning	<b>NIRAS Kontroll Tank 2</b>				
Labnummer	O10506822				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFOS perfluoroktansulfonat	0.010	µg/l	1	1	MB
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	1	1	MB
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	1	1	MB

Er beteckning	<b>NIRAS GV4</b>				
Labnummer	O10506823				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFPeA perfluorpentansyra	0.013	µg/l	1	1	MB
PFHxA perfluorhexansyra	0.039	µg/l	1	1	MB
PFHpA perfluorheptansyra	0.012	µg/l	1	1	MB
PFOA perfluoroktansyra	0.024	µg/l	1	1	MB
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFBS perfluorbutansulfonat	0.061	µg/l	1	1	MB
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.39	µg/l	1	1	MB
PFOS perfluoroktansulfonat	0.52	µg/l	1	1	MB
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	1	1	MB
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	1	1	MB
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	1	1	MB



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.  <small>Rev 2013-03-06</small>

Godkännare	
MB	Maria Bigner

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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.

Behovande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).





Er beteckning	<b>Niras GV1:B</b>				
	<b>2013-04-05</b>				
Labnummer	O10506450				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja		1	1	JAPR
PFBA perfluorbutansyra	0.16	µg/l	2	1	JAPR
PFPeA perfluorpentansyra	0.32	µg/l	2	1	JAPR
PFHxA perfluorhexansyra	1.1	µg/l	2	1	JAPR
PFHpA perfluorheptansyra	0.26	µg/l	2	1	JAPR
PFOA perfluoroktansyra	1.1	µg/l	2	1	JAPR
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFBS perfluorbutansulfonat	0.99	µg/l	2	1	JAPR
PFHxS perfluorhexansulfonat	2.8	µg/l	2	1	JAPR
PFOS perfluoroktansulfonat	5.3	µg/l	2	1	JAPR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	JAPR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	0.016	µg/l	2	1	JAPR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	0.019	µg/l	2	1	JAPR



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	Provberedning: dekantering.
2	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.  <small>Rev 2013-03-06</small>

Godkännare	
JAPR	Jane Prochazka

Utf <sup>1</sup>	
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrift från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



Projekt  
Bestnr **8112149**  
Registrerad **2013-11-28**  
Utfärdad **2013-12-13**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**  
**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av grundvatten

Er beteckning	<b>Inkommande 900</b> <b>2013-11-26</b>					
Labnummer	O10556360					
Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
PFBA perfluorbutansyra	0.58		µg/l	1	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	0.75		µg/l	1	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	3.6		µg/l	1	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	0.61		µg/l	1	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	1.8	0.36	µg/l	1	1	CL
PFNA perfluornonansyra	0.011		µg/l	1	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010		µg/l	1	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		µg/l	1	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		µg/l	1	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	5.2		µg/l	1	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	33		µg/l	1	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	84	17	µg/l	1	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	0.041		µg/l	1	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	0.48		µg/l	1	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		µg/l	1	1	CL

Er beteckning	<b>Utgående 900</b> <b>2013-11-26</b>					
Labnummer	O10556361					
Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
PFBA perfluorbutansyra	0.21		µg/l	1	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	0.27		µg/l	1	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	1.2		µg/l	1	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	0.22		µg/l	1	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.64	0.13	µg/l	1	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010		µg/l	1	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010		µg/l	1	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		µg/l	1	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		µg/l	1	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	1.3		µg/l	1	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	8.6		µg/l	1	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	32	6.4	µg/l	1	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	0.047		µg/l	1	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	0.32		µg/l	1	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		µg/l	1	1	CL



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

Metod	
1	<p>OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.</p> <p><small>Rev 2013-03-06</small></p>

Godkännare	
CL	Camilla Lundeborg

Utf <sup>1</sup>	
1	<p>För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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.</p> <p>Kontakta ALS Täby för ytterligare information.</p>

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.

Beräffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webbplats [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



Projekt  
 Bestnr **8114011 Dagvattenbrunnar Ärna**  
 Registrerad **2014-02-18 15:35**  
 Utfärdad **2014-03-04**

**Niras Sweden AB**  
**Niclas Johansson**

**Box 70375**  
**107 24 Stockholm**

## Analys av vatten

Er beteckning	<b>Dagvatten 1</b>					
Provtagare	<b>Niclas Johansson</b>					
Provtagningsdatum	<b>2014-02-17</b>					
Labnummer	O10570827					
Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	AKR
PFBA perfluorbutansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFOA perfluoroktansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFNA perfluornonansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFDA perfluordekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.026		µg/l	2	1	AKR
PFOS perfluoroktansulfonat	0.017	0.0034	µg/l	2	1	AKR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010		µg/l	2	1	AKR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		µg/l	2	1	AKR

Er beteckning	<b>Dagvatten 2</b>					
Provtagare	<b>Niclas Johansson</b>					
Provtagningsdatum	<b>2014-02-17</b>					
Labnummer	O10570828					
Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	AKR
PFBA perfluorbutansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFHxA perfluorhexansyra	0.033		µg/l	2	1	AKR
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFOA perfluoroktansyra	0.021	0.0042	µg/l	2	1	AKR
PFNA perfluornonansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFDA perfluordekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFBS perfluorbutansulfonat	0.058		µg/l	2	1	AKR
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.41		µg/l	2	1	AKR
PFOS perfluoroktansulfonat	3.6	0.72	µg/l	2	1	AKR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	0.034		µg/l	2	1	AKR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		µg/l	2	1	AKR



Er beteckning	<b>Dagvatten 3</b>					
Provtagare	<b>Niclas Johansson</b>					
Provtagningsdatum	<b>2014-02-17</b>					
Labnummer	O10570829					
Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	AKR
PFBA perfluorbutansyra	0.011		µg/l	2	1	AKR
PFPeA perfluorpentansyra	0.013		µg/l	2	1	AKR
PFHxA perfluorhexansyra	0.053		µg/l	2	1	AKR
PFHpA perfluorheptansyra	0.011		µg/l	2	1	AKR
PFOA perfluoroktansyra	0.027	0.0054	µg/l	2	1	AKR
PFNA perfluornonansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFDA perfluordekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFBS perfluorbutansulfonat	0.090		µg/l	2	1	AKR
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.49		µg/l	2	1	AKR
PFOS perfluoroktansulfonat	2.8	0.56	µg/l	2	1	AKR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	0.019		µg/l	2	1	AKR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		µg/l	2	1	AKR

Er beteckning	<b>Dagvatten 4</b>					
Provtagare	<b>Niclas Johansson</b>					
Provtagningsdatum	<b>2014-02-17</b>					
Labnummer	O10570830					
Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	AKR
PFBA perfluorbutansyra	0.016		µg/l	2	1	AKR
PFPeA perfluorpentansyra	0.056		µg/l	2	1	AKR
PFHxA perfluorhexansyra	0.095		µg/l	2	1	AKR
PFHpA perfluorheptansyra	0.027		µg/l	2	1	AKR
PFOA perfluoroktansyra	0.061	0.012	µg/l	2	1	AKR
PFNA perfluornonansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFDA perfluordekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFBS perfluorbutansulfonat	0.14		µg/l	2	1	AKR
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.85		µg/l	2	1	AKR
PFOS perfluoroktansulfonat	0.57	0.11	µg/l	2	1	AKR
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		µg/l	2	1	AKR
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010		µg/l	2	1	AKR
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	0.026		µg/l	2	1	AKR



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Provberedning: dekantering.
2	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade ämnen enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Rapporteringsgränsen är normalt 10 ng/l men kan variera med provets sammansättning.  <small>Rev 2013-09-30</small>

	Godkännare
AKR	Anna-Karin Revell

	Utf <sup>1</sup>
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).

# Rapport

T1410299



Sida 1 (7)

48E04FIS7W

Registrerad 2014-06-09 14:25  
Utfärdad 2014-07-02

Niras Sweden AB  
Niclas Johansson

Box 70375  
107 24 Stockholm

Projekt Inst gv-rör och sticksond Ärna  
Bestnr 8114011,1

## Analys av vatten

Er beteckning	Ärna GV:1 (2014-06-03) grundvatten				
Provtagare	Niclas Johansson				
Labnummer	O10596789				
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja		1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.023	µg/l	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.088	µg/l	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.52	µg/l	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL

Er beteckning	Ärna GV:2 (2014-06-03) grundvatten					
Provtagare	Niclas Johansson					
Labnummer	O10596790					
Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	0.26		µg/l	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	0.25		µg/l	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	1.4		µg/l	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	0.24		µg/l	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	3.4	0.68	µg/l	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.67		µg/l	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	11		µg/l	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	12	2.4	µg/l	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	0.017		µg/l	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	0.013		µg/l	2	1	CL



# Rapport

T1410299

Sida 2 (7)

48E04FIS7W



Er beteckning	<b>NIRAS GV1:A (2014-06-03)</b>					
Provtagare	<b>grundvatten</b>					
	<b>Niclas Johansson</b>					
Labnummer	O10596791					
Parameter	Resultat	Osäkerhet ( $\pm$ )	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	0.065		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	0.064		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.36		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	0.050		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.28	0.056	$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.19		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	2.0		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	1.5	0.30	$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL

Er beteckning	<b>NIRAS GV1:B (2014-06-03)</b>					
Provtagare	<b>grundvatten</b>					
	<b>Niclas Johansson</b>					
Labnummer	O10596792					
Parameter	Resultat	Osäkerhet ( $\pm$ )	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	0.20		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	0.23		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	1.1		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	0.20		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	1.0	0.20	$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.70		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	5.2		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	3.0	0.60	$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	0.10		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL

# Rapport

T1410299



Sida 3 (7)

48E04FIS7W

Er beteckning	NIRAS GV:4 (2014-06-03)					
Provtagare	grundvatten Niclas Johansson					
Labnummer	O10596793					
Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.032		µg/l	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.016	0.0032	µg/l	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.049		µg/l	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.76		µg/l	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.30	0.060	µg/l	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010		µg/l	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		µg/l	2	1	CL

Er beteckning	NIRAS GV:5 (2014-06-04)					
Provtagare	grundvatten Niclas Johansson					
Labnummer	O10596794					
Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.019		µg/l	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.012	0.0024	µg/l	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.017		µg/l	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.16		µg/l	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.034	0.0068	µg/l	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010		µg/l	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		µg/l	2	1	CL

# Rapport

T1410299

Sida 4 (7)

48E04FIS7W



Er beteckning	<b>NIRAS GV:6 (2014-06-04)</b>					
Provtagare	<b>grundvatten</b>					
	<b>Niclas Johansson</b>					
Labnummer	O10596795					
Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.032		µg/l	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.013	0.0026	µg/l	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.041		µg/l	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.33		µg/l	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.055	0.011	µg/l	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010		µg/l	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		µg/l	2	1	CL

Er beteckning	<b>Kontroll spolvatten</b>					
	<b>grundvatten</b>					
Provtagare	<b>Niclas Johansson</b>					
Labnummer	O10596796					
Parameter	Resultat	Enhet	Metod	Utf	Sign	
dekantering*	ja			1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFHxA perfluorhexansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFOA perfluoroktansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFNA perfluornonansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFDA perfluordekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFBS perfluorbutansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFHxS perfluorhexansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFOS perfluoroktansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL	
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010	µg/l	2	1	CL	
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010	µg/l	2	1	CL	

# Rapport

T1410299

Sida 5 (7)

48E04FIS7W



Er beteckning	UV GV:1 (2014-06-04) grundvatten					
Provtagare	Niclas Johansson					
Labnummer	O10596798					
Parameter	Resultat	Osäkerhet ( $\pm$ )	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	0.016		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.10		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	0.021		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.044	0.0088	$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.096		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.51		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.20	0.040	$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL

Er beteckning	UV GV:2 (2014-06-04) grundvatten					
Provtagare	Niclas Johansson					
Labnummer	O10596799					
Parameter	Resultat	Osäkerhet ( $\pm$ )	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.044		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.030	0.0060	$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.028		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.22		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.056	0.011	$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		$\mu\text{g/l}$	2	1	CL

# Rapport

T1410299



Sida 6 (7)

48EO4FIS7W

Er beteckning	<b>UV GV:3 (2014-06-04)</b>					
Provtagare	<b>grundvatten</b>					
	<b>Niclas Johansson</b>					
Labnummer	O10596800					
Parameter	Resultat	Osäkerhet (±)	Enhet	Metod	Utf	Sign
dekantering*	ja			1	1	CL
PFBA perfluorbutansyra	0.017		µg/l	2	1	FREN
PFPeA perfluorpentansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFHxA perfluorhexansyra	0.11		µg/l	2	1	CL
PFHpA perfluorheptansyra	0.023		µg/l	2	1	CL
PFOA perfluoroktansyra	0.066	0.013	µg/l	2	1	CL
PFNA perfluornonansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFDA perfluordekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFUnDA perfluorundekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFDoDA perfluordodekansyra	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFBS perfluorbutansulfonat	0.065		µg/l	2	1	CL
PFHxS perfluorhexansulfonat	0.54		µg/l	2	1	CL
PFOS perfluoroktansulfonat	0.21	0.042	µg/l	2	1	CL
PFDS perfluordekansulfonat	<0.010		µg/l	2	1	CL
PFOSA perfluoroktansulfonamid	<0.010		µg/l	2	1	CL
6:2 FTS Fluortelomersulfonat	<0.010		µg/l	2	1	CL

# Rapport

T1410299

Sida 7 (7)

48EO4FIS7W



\* efter parameternamn indikerar icke ackrediterad analys.

	Metod
1	Provberedning: dekantering.
2	OV-34A, PFT-paket. Bestämning av perfluorerade ämnen enligt metod DIN 38407-42. Mätning utförs med LC-MS-MS. Filtrering ingår i metoden.  Rev 2014-05-22

	Godkännare
CL	Camilla Lundeborg
FREN	Fredrik Enzell

	Utf <sup>1</sup>
1	För mätningen svarar GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland, som är av det tyska ackrediteringsorganet DAkkS ackrediterat laboratorium (Reg.nr. D-PL-14170-01-00). DAkkS 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, Brekelbaumstraße1, 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](http://www.alsglobal.se)

Den digitalt signerade PDF filen representerar originalrapporten. Alla utskrifter från denna är att betrakta som kopior.

<sup>1</sup> Utförande teknisk enhet (inom ALS Scandinavia) eller anlitat laboratorium (underleverantör).



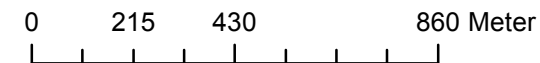
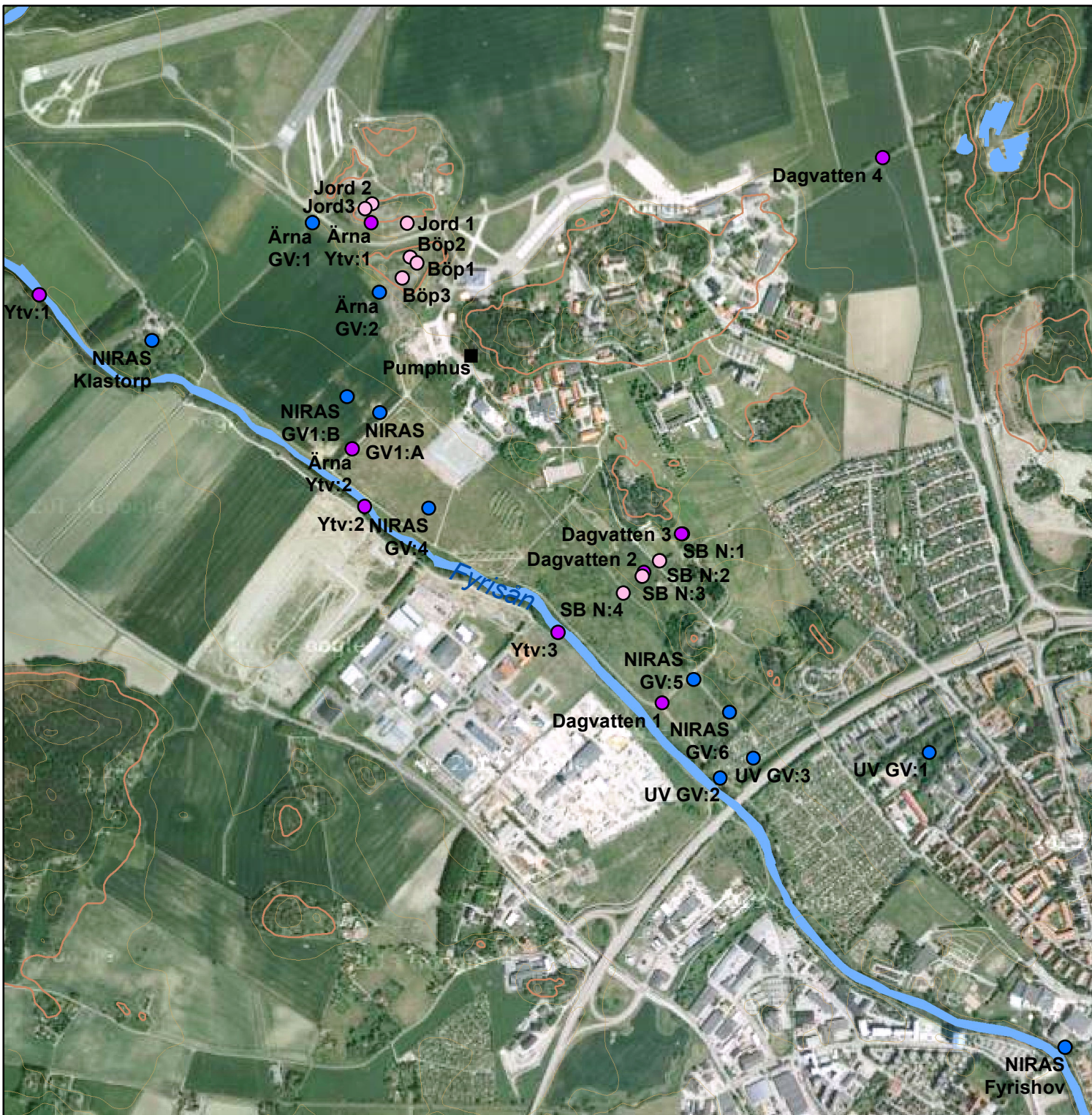
## Bilaga 4



### Legend

#### Prov punkter

- Jord
- Dagvatten
- Grundvatten
- Pumphus



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
-----	-----	-----------------	-------	------

--	--	--	--	--

## Uppsala flygplats Provtagningspunkter

**NIRAS**

Fleminggatan 14, 9tr  
 112 26 Stockholm

Tel: 08-545 533 00  
 Fax: 08-545 533 33

UPPDRAG NR 8114011,2	RITAD/KONSTR AV Sofie Ekström	HANDLÄGGARE
DATUM 140818	ANSVARIG Niclas Johansson	

Underlaget är hämtat från Lantmäteriet/Metria samt SGU

SKALA 1:16,000 (A3)	NUMMER	BET
------------------------	--------	-----



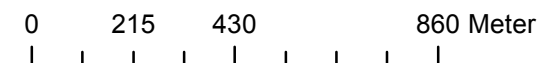


## Bilaga 5



### Legend

- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Fyllning              | <b>Prov punkter</b> |
| Isälvs sediment       | Jord                |
| Isälvs sediment, sand | Dagvatten           |
| Postglacial sand      | Grundvatten         |
| Postglacial silt      | Pumphus             |
| Silt                  |                     |
| Glacial lera          |                     |
| Postglacial lera      |                     |
| Morän                 |                     |
| Sandig morän          |                     |
| Urberg                |                     |
| Vatten                |                     |



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
-----	-----	-----------------	-------	------

## Uppsala flygplats Jordartskarta

**NIRAS**

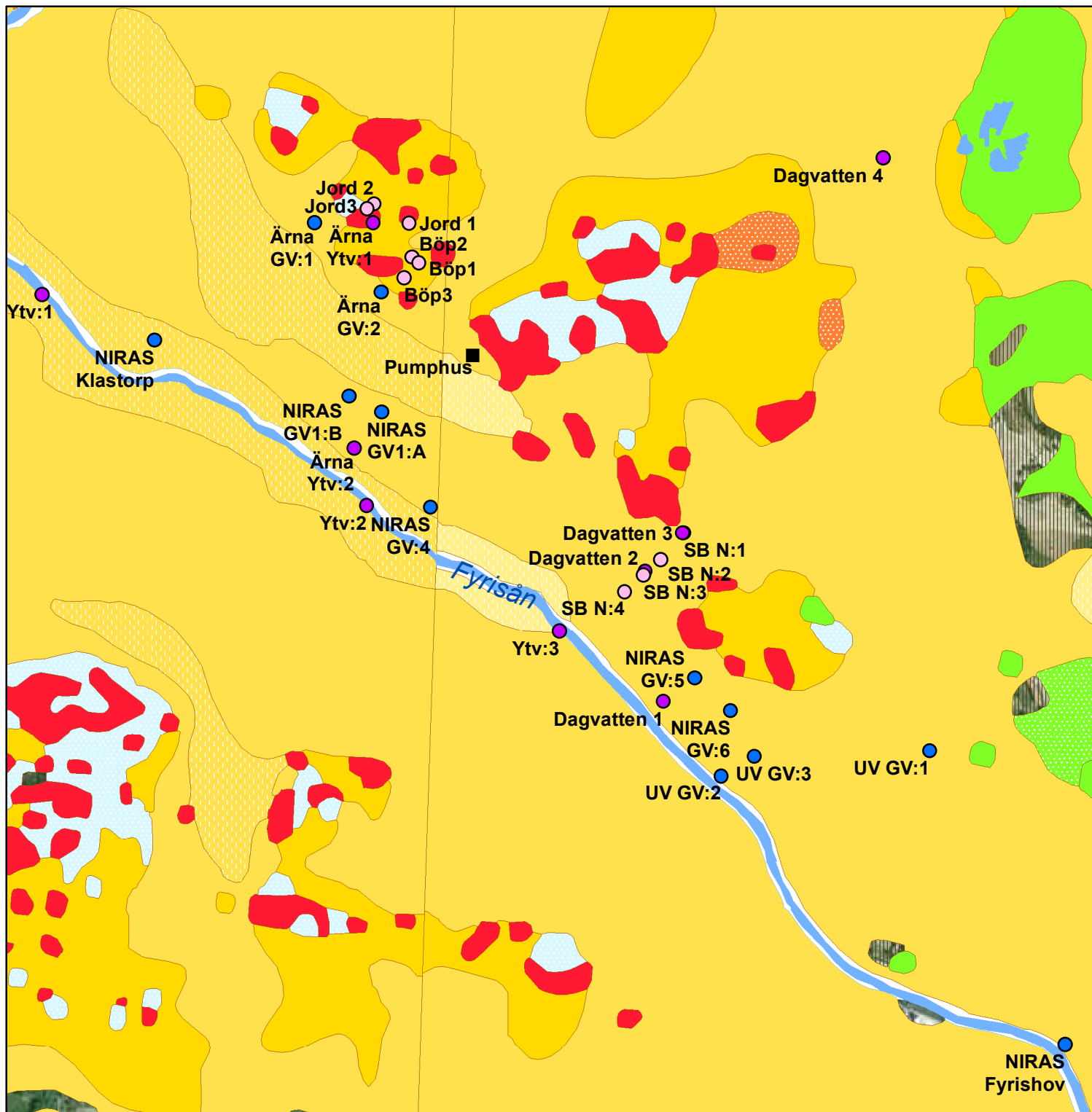
Fleminggatan 14, 9tr  
 112 26 Stockholm

Tel: 08-545 533 00  
 Fax: 08-545 533 33

UPPDRAG NR 8114011,2	RITAD/KONSTR AV Sofie Ekström	HANDLÄGGARE
DATUM 140818	ANSVARIG Niclas Johansson	

Underlaget är hämtat från Lantmäteriet/Metria  
 samt SGU

SKALA 1:16,000 (A3)	NUMMER	BET
------------------------	--------	-----





## Bilaga 6



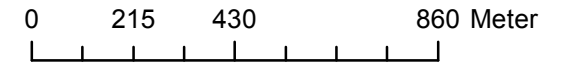
## Legend

### Prov punkter

- Jord
- Dagvatten
- Grundvatten
- Pumphus

### Bedömda grundvattenförhållanden i jordlagren Sand och grus, främst isälvsavlagringar

- Uttagsmöjligheter i storleksordningen <1 l/s
- Uttagsmöjligheter i storleksordningen 1-5 l/s
- Uttagsmöjligheter i storleksordningen 5-25 l/s
- Uttagsmöjligheter i storleksordningen 25-125 l/s
- Uttagsmöjligheter i storleksordningen >125 l/s
- Okända uttagsmöjligheter



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
-----	-----	-----------------	-------	------

## Uppsala flygplats Hydrogeologisk karta

**NIRAS**

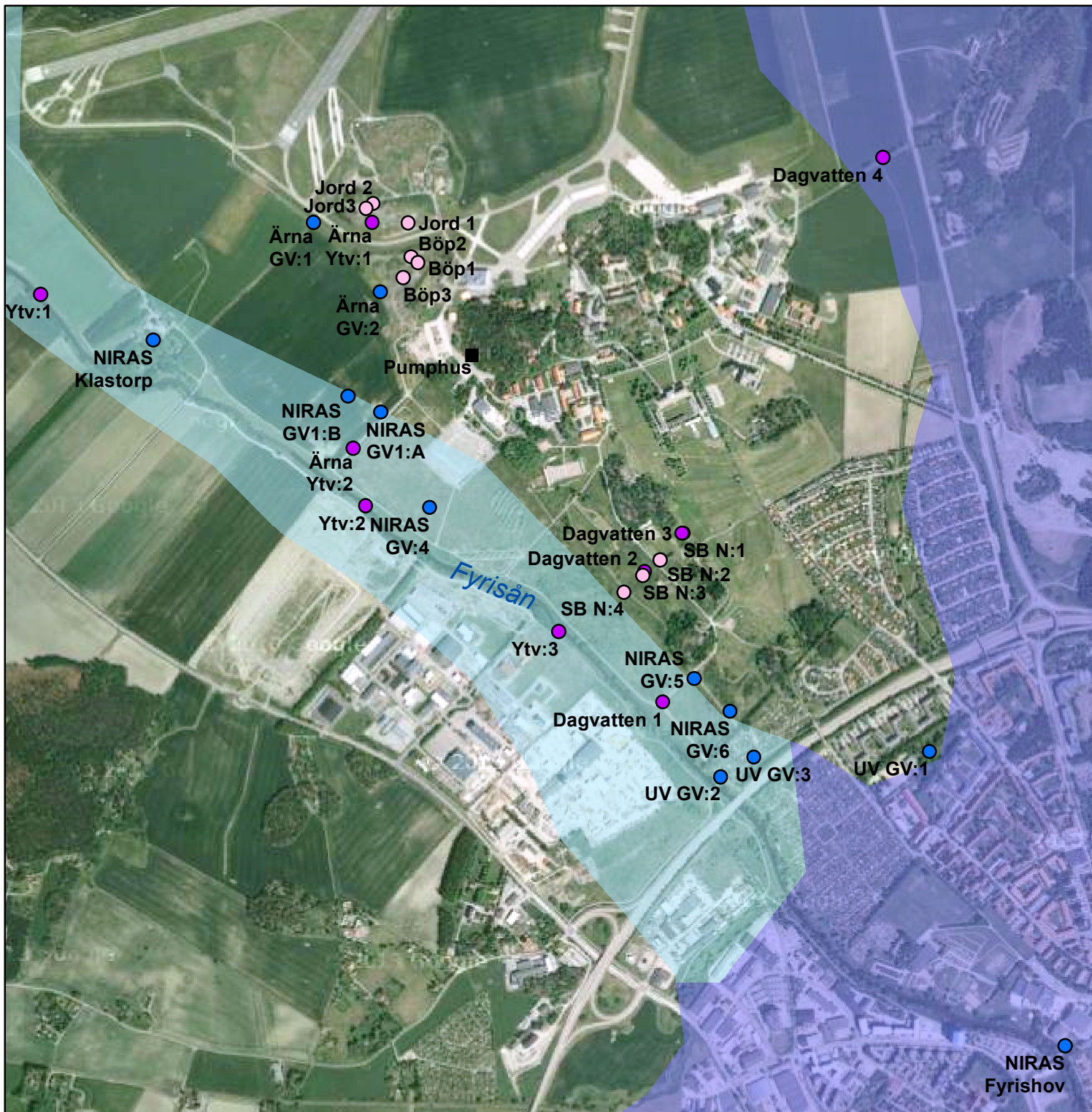
Fleminggatan 14, 9tr  
112 26 Stockholm

Tel: 08-545 533 00  
Fax: 08-545 533 33

UPPDRAG NR	RITAD/KONSTR AV	HANDLÄGGARE
8114011,2	Sofie Ekström	
DATUM	ANSVARIG	
140818	Niclas Johansson	

Underlaget är hämtat från Lantmäteriet/Metria samt SGU

SKALA	NUMMER	BET
1:16,000 (A3)		



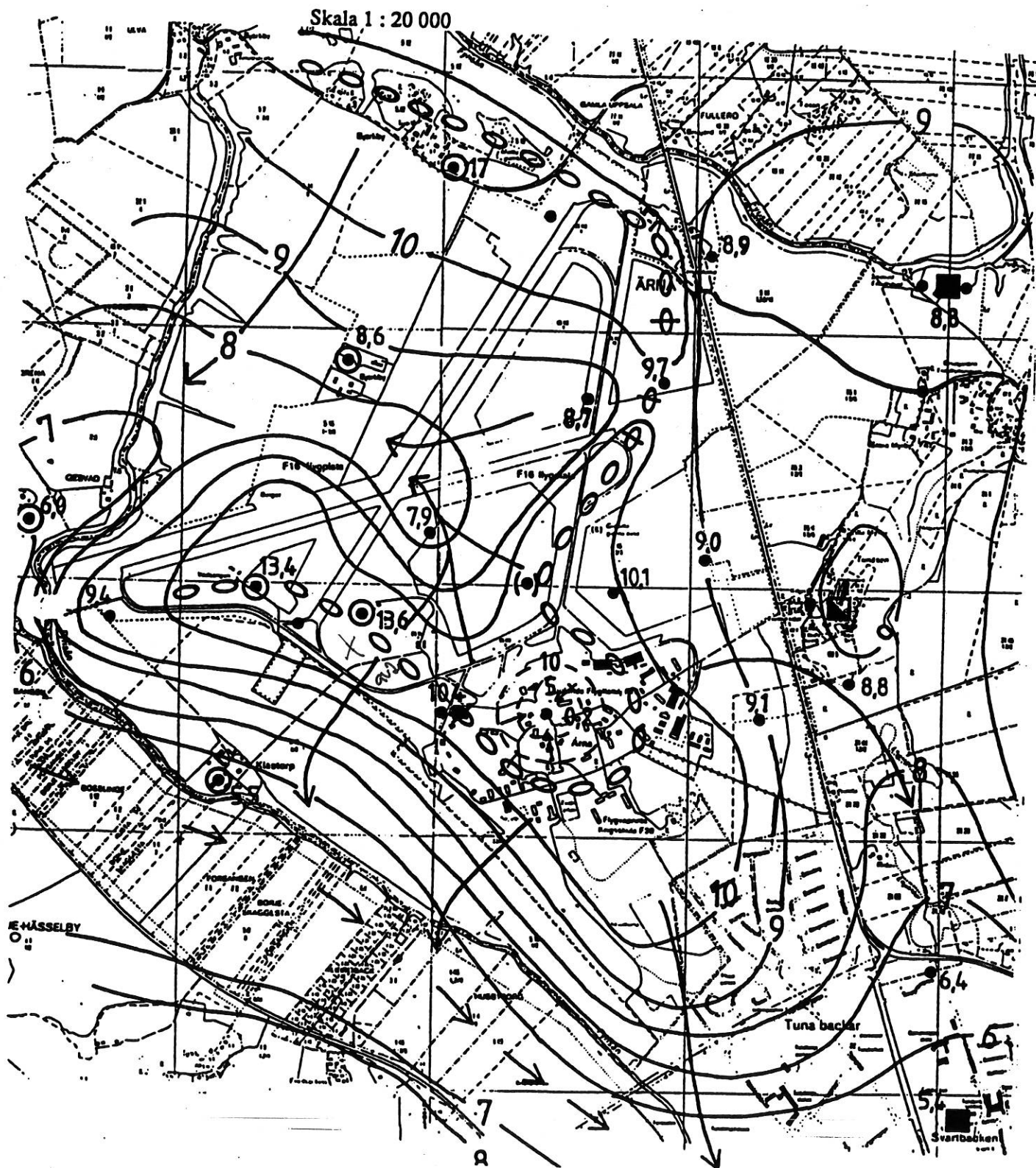


## Bilaga 7

Grundvattennivder uppmätta 1993-10-05. m ö.h.

Bil. 3

- 8 — Grundvattennivdkurva
- Grundvattnets strömningsriktning
- ○ Grundvattendelare, bergbetingad, fast
- ⊕ ⊕ Grundvattendelare, i jordlagren, begränsat rörlig
- Grundvattenobservationsrör
- (●) Jord - bergsondering
- ⊙ Brunn
- Kommunal grundvattentäkt
- ▣ Kommunal infiltrationsanläggning





## Bilaga 8

**Fotodokumentation från fältarbete vid Uppsala flygplats**



Foto 1. Provpunkt ytvatten 1



Foton 2. Provpunkt ytvatten 2



Foto 3. Provpunkt ytvatten 3



Foto 4. Kommunalt dricksvatten



Foto 5. Borrkrona & foderrör



Foto 6. Lera & NOEX-borning



Foto 7. Berg i form av borkkax



Foto 8. Grundvattenrör



Foto 9. Dränkbar vattenpump



Foto 10. Uppskutande grundvatten



Foto 11. Dricksvattenbrunn Klastorp



Foto 12. Brunnen vid Klastorp



Foto 13. Prov på spolvatten



Foto 14. Pumphus



Foto 15. Provpunkt spillvatten





Foto 16. UV GV1



Foto 17. UV GV2



Foto 18. Omsättningspumpning  
UV GV3



Foto19. Klart grundvatten



Foto 20. Ärna GV:1



Foto 21. Odlingsmark Ärna GV:1



Foto 22. Ärna GV:2



Foto 23. NIRAS GV1:A



Foto 24. NIRAS GV1:B



Foto 25. NIRAS GV:4



Foto 26. NIRAS GV:5



Foto 27. NIRAS GV:6



Foto 28. Provpunkt BÖP 1



Foto 29. Provpunkt BÖP 2



Foto 30. Provpunkt BÖP 3



Foto 31. Ärna ytvatten:1



Foto 32. Ärna ytvatten:2



Foto 33. Dagvatten 1



Foto 34. Dagvatten 2



Foto 35. Dagvatten 3

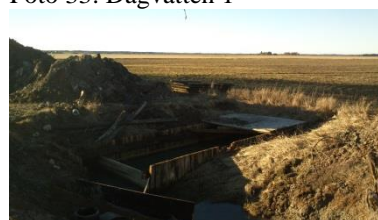


Foto 36. Dagvatten 4



Foto 37. SB N:1



Foto 38. SB N:3



Foto 39. SB N:4



Foto 40. Dagvattenbrunn vid SB  
N:4



Foto 41. Inmätning av provpunkt  
dagvatten 2



Foto 42. Vattenkanal i lera



Foto 43. Rullprov lera



Foto 44. Mätning av fysikaliska  
/kemiska parametrar



Foto 45. Lodning vid UV GV3

*Försvarmakten/Miljöprövningsenheten*

*PFAS-föreningen vid Uppsala flygplats*

**PM–Beräkning av källstyrka och kvarvarande PFAS-  
mängder**

*Upprättad av: Niclas Johansson*

*2015-04-10*

## Helldén Environmental Engineering AB

**Helldén Environmental Engineering AB**  
(Org.nr: 556895-5842)

Telefon 0706-21 02 93

E-post: [niclas@hellden-environmental.se](mailto:niclas@hellden-environmental.se)

Web: [www.hellden-environmental.se](http://www.hellden-environmental.se)

**Datum:** 2015-04-10

**Upprättad av:** Niclas Johansson

**Granskad av:** Johan Helldén

## Helldén Environmental Engineering AB

1.	SYFTE.....	2
2.	BERÄKNING AV MÄNGD PFAS SOM ANVÄNTS VID UPPSALA GARNISON 2	
3.	INFORMATION KRING PFAS.....	3
4.	BERÄKNING AV VATTENBALANS FÖR UPPSALA FLYGPLATS .....	5
5.	SCENARIOBERÄKNING BASERAT PÅ VATTENLÖSLIGHET .....	6
6.	UPPMÄTTA PFAS-HALTER I GRUNDVATTEN.....	9
7.	BERÄKNING AV MASSFLÖDEN AV PFAS .....	10
8.	BERÄKNAD BORTTRANSPORTERAT AV PFAS .....	11
9.	SLUTSATSER .....	14
10.	REFERENSER .....	15

## **1. SYFTE**

Syftet med föreliggande PM har varit att klarlägga vilka PFAS-mängder som föreligger i grundvattenakviferna i moränlagret och Junkilsåsen, nedströms det f.d. brandövningsområdet vid Uppsala flygplats, samt undersöka hur lång tid det kan förväntas ta innan källområdet ”självrenats” och var merparten av PFAS-föreningen befinner sig i dagsläget. Som ett steg i detta har vi inhämtat uppgifter om hur ofta det genomförts brandövningar vid Uppsala flygplats samt vilka mängder brandsläckningsskum som kan ha använts enligt de uppgifter som är tillgängliga.

## **2. BERÄKNING AV MÄNGD PFAS SOM ANVÄNTS VID UPPSALA GARNISON**

Upplands flygflottilj F16 togs i drift 1943, d.v.s. innan PFOS-innehållande brandsläckningsskum av AFFF-typ började användas inom Försvarmakten.

Det har inte med säkerhet varit möjligt att säkerställa när brandövningsverksamheten med AFFF-skum startade vid f.d. F16 i Uppsala. Det råder osäkerhet om när AFFF-skum började användas vid brandövningsplatsen i Uppsala. Centrala inköp av FMV påbörjades 1985, dessförinnan gjordes inköp av flottiljerna. Verksamheten kan ha påbörjats redan 1970, och i vart fall från 1985.

Två alternativ beskrivs nedan, verksamhet mellan 1970 och 1992, d.v.s. 22 år, samt verksamhet mellan 1985 och 1992, d.v.s. 8 år.

Generellt användes 480 liter skumvätska per övningstillfälle. Denna skumvätska innehöll 3% eller 6% aktiv substans (PFAS + andra ämnen, inklusive vatten). En medelhalt aktiv substans i skumvätskan som använts bedöms ha varit 5%. Av denna mängd aktiv substans finns det uppgifter som tyder på att PFAS-innehållet varit ca 5% (Kemikalieinspektionen, 2004 och Produktdatablad 3M). Detta motsvarar ca 1,2 liter PFAS eller 1,2 kg PFAS av de 480 liter som användes per övningstillfälle. Dessa beräkningar bygger på antagandet att densitet för PFAS:s är den samma som vatten. Det skulle således ha använts ca 1,2 kg PFAS per övningstillfälle. Gör man antagandet att det genomförts brandsläckningsövningar med skum fyra ggr/år blir det ca 4,8 kg PFAS/år ( $4 \times 1,2 \text{ kg/år} = 4,8 \text{ kg/år}$ ). De beräknade mängderna bygger på att densiteten är den samma för samtliga ingående PFAS i brandsläckningsskummet och att densiteten är 1 g/cm<sup>3</sup>.

De två scenariona som beskrivits ovan för under hur lång tid brandövningar bedrivits vid f.d. F16 - 8 år respektive 22 år - skulle innebära att 38,4 kg respektive 105,6 kg PFAS hamnat på de f.d. brandövningsplatserna, *scenario 1 och 3*.

Utöver dessa två scenarion finns det scenarion som baserar sig på den mängd brandsläckningsskum med produktbeteckningen Light water som använts årligen vid f.d. F16,

## Helldén Environmental Engineering AB

ca 300 l/år. Vid ett antagande att skumvätskan som levererats innehöll 3% eller 6% aktiv substans (medel 5%) och att 5% av den aktiva substansen utgjordes av PFAS, blir den totala årliga mängden PFAS som använts på brandövningsplatserna ( $300 \times 0,05 \times 0,05 = 0,75 \text{ kg}$ ), *scenario 2 och 4*. Vid 8 år användning och 22 års användning skulle den totala mängden PFAS som använts vara 6 respektive 16,5 kg.

I tabell 1 visas mängderna PFAS som använts per år samt den totala mängden under 8 år respektive 22 år baserat på olika uppgifter kring de mängder brandsläckningsskum som använts.

**Tabell 1.** Beräknade mängder PFAS som använts på de f.d. brandövningsplatserna på Uppsala flygplats. Användning av brandsläckningsskum mellan åren 1970–1992 och 1985–1992. Scenario 1 och 3 1920 l skumvätska som blandas med vatten ( $480 \text{ liter/övningstillfälle} \times 4 \text{ ggr/år} = 1920 \text{ liter}$ ). Scenario 2 och 4, total användning per år = 300 liter skumvätska enligt tillståndsansökan. Dessa 1920 och 300 liter har blandats med vatten för att användas vid övningarna.

Övningsverksamhet (1970–1992)	Övningsverksamhet (1985–1992)
<b>Scenario 1:</b> 4,8 kg PFAS/år	<b>Scenario 3:</b> 4,8 kg PFAS/år
Total använt: 105,6 kg PFAS	Totalt använt: 38,4 kg PFAS
<b>Scenario 2:</b> 0,75 kg PFAS/år	<b>Scenario 4:</b> 0,75 kg PFAS/år
Totalt använt: 16,5 kg PFAS	Totalt använt: 6 kg PFAS

IVL har genomfört beräkningar för hur mycket PFOS som tillförts marken vid Arlanda flygplats i samband med brandövningsverksamheten med AFFF-skum innehållande PFOS. Totalt bedöms ca 38 kg PFOS ha tillförts mellan 1980 och 2002. Beräkningarna baserar sig på att AFFF-skummet innehåller en PFOS-halt på 570 mg/l (ospädd lösning). Det har använts ca 300 liter per övningstillfälle av denna lösning som sedan blandat med vatten till en 3%-ig skumvätska. 300 liter lösning har blandats med 10 000 liter vatten (3%-ig skumvätska). Detta medför att det använts 171 g PFOS per övningstillfälle ( $300 \times 0,570 \text{ g/l}$ ), eller 0,171 kg PFOS/övningstillfälle. Då det övat 12 gånger per år skulle således 2,052 kg PFOS tillförts marken per år (IVL, 2013).

### 3. INFORMATION KRING PFAS

Perfluorerade ämnens löslighet i olika lösningsmedel beror på bindningen mellan kol och fluor samt andra funktionella grupper i strukturen, t.ex. sulfonat- eller karboxylsyragrupp. Ämnena har en hydrofil och en hydrofob del och det gör att de gärna lägger sig i gränsskikt, t.ex. mellan vatten och ett organiskt lösningsmedel eller mellan vätska och en fast yta. Detta medför att fördelningen mellan oktanol och vatten,  $K_{ow}$ , är svår att bestämma för den här



## Helldén Environmental Engineering AB

gruppen av ämnen (Kissa 2001) (Kemikalieinspektionen, 2006). Ett sätt att bedöma i vilken utsträckning en PFAS-förorening löses ut och transporters bort från en källterm i jord/omättad zon skulle kunna vara att undersöka PFAS-föroreningens löslighet i vatten. Av denna anledning genomfördes en litteratursökning för respektive PFAS löslighet i vatten.

I tabell 2 visas information rörande 7 st PFAS som bl.a. ingått i den äldre generationens brandsläckningsskum av AFFF-typ.

**Tabell 2.** Namn och CAS-nummer för de 7 st PFAS Livsmedelsverket rekommenderas dricksvattenproducenter i Sverige att analysera (Naturvårdsverket (2012). Samtliga av dessa har ingått i den äldre generationens brandsläckningsskum.

Förkortning	Namn	CAS-nummer
<b>PFPeA</b>	Perfluorpentansyra	45167-47-3
		2706-90-3 (syra)
		68259-11-0 (ammoniumsalt)
<b>PFHxA</b>	Perfluorhexansyra	92612-52-7
		307-24-4 (syra)
		2923-26-4 (natriumsalt)
		21615-47-4 (ammoniumsalt)
<b>PFHpA</b>	Perfluorheptansyra	120885-29-2
		375-85-9 (syra)
		20109-59-5 (natriumsalt)
		6130-43-4 (ammoniumsalt)
<b>PFOA</b>	Perfluoroktansyra	45285-51-6
		335-67-1 (syra)
		2395-00-8 (kaliumsalt)
		335-95-5 (natriumsalt)
		3825-26-1 (ammoniumsalt)
<b>PFBS</b>	Perfluorbutansulfonsyra	75-22-4
<b>PFHxS</b>	Perfluorhexansulfonsyra	355-46-4
<b>PFOS</b>	Perfluoroktansulfonsyra	1763-23-1

USA:s nationella folkhälsomyndighet Centers for Disease Control and Prevention (CDC), har sammanställt kemiska och fysikaliska parametrar för flera PFAS. Av sammanställningen framkommer det att det inte finns löslighetsdata framtagna rörande flera PFAS (ATSDR/CDC, 2015). Detta verifieras vid sökningar i tillgängliga databaser hos bl.a. Kemikalieinspektionen, OECD och EFSA. Följande uppgifter rörande vattenlösligheten hos PFOS och PFOA har dock noterats:

- PFOS, löslighet i vatten ca 550 mg/l d.v.s. 0,55 g/l (EPA, 2014).
- PFOA, löslighet i vatten 9 500 mg/l d.v.s. 9,5 g/l (EPA, 2014).

## Helldén Environmental Engineering AB

Lösligheten för PFOS och PFOA varierar kraftigt och det är svårt att veta var en genomsnittlig vattenlöslighet för PFAS<sub>7</sub> generellt skulle ligga. Två tänkbara scenarion används fortsättningsvis för en genomsnittlig vattenlöslighet i föreliggande PM. I ett första scenario bedöms lösligheten för samtliga 7 st PFAS vara 0,55 g/l. I det andra bedöms lösligheten för samtliga 7 st PFAS vara 9,5 g/l.

PFAS:s beteende i miljön är beroende av ämnenas fysikaliska-kemiska egenskaper och då framförallt deras tendens att adsorberas i mark, d.v.s. bindas till partiklar. PFAS-molekylen består av en fluorerad kolkedja (svansen) och en hydrofil funktionell grupp (huvudet). Svansen på molekylen är hydrofob, d.v.s. den "ogillar" vatten och löser sig lättare i fettsyror/oljor. Ju längre denna kolkedja, desto mer tenderar den att binda till partiklar för att undvika vatten. PFAS med kortare kolkedjor är mindre hydrofoba och löser sig lättare i vatten. Undersökningsarbetena vid Uppsala flygplats visade att PFAS med långa kolkedjor utgjorde en relativt hög fraktion i jordprover, medan PFAS med korta kolkedjor hade en högre fraktion i vatten.

### 4. BERÄKNING AV VATTENBALANS FÖR UPPSALA FLYGPLATS



**Figur 1.** Karta med markeringar av den de två f.d. brandövningsplatserna vid Uppsala flygplats (huvudbrandövningsplats och södra brandövningsplatsen). Det finns ingen dokumentation kring de exakta

## Helldén Environmental Engineering AB

positionerna där övningsverksamhet bedrivits med brandsläckningsskum. Det markerade områdena bedöms ha använts vid övningsverksamheten. Arean på ytan vid huvudbrandövningsplatsen har mätt upp till ca 3 200 m<sup>2</sup> och arean på den södra brandövningsplatsen till ca 3 140 m<sup>2</sup>. (Skalstreckket visar 50 m).

I Sverige anges nederbörds mängden vanligen i millimeter. Om det exempelvis regnar 1 mm innebär det att regnvattnet bildar ett 1 mm tjockt skikt på en horisontell yta om inget vatten avdunstar eller rinner undan. 1 mm regn motsvarar 1 liter per kvadratmeter. I flera länder föredrar man också att ange nederbörden i liter per kvadratmeter.

Nederbörd: Nederbörden för Uppsalaområdet uppgår för den senaste statistikperioden (1961–1990) till mellan 500–600 mm (SMHI, Sveriges vattenbalans 1961–1990. [www.smhi.se](http://www.smhi.se)). Den genomsnittliga årsnederbörden blir således 550 l/m<sup>2</sup>.

Avdunstning: Avdunstningen för Uppsalaområdet uppgår för den senaste statistikperioden (1961–1990) till mellan 400–500 mm (SMHI, Sveriges vattenbalans 1961–1990. [www.smhi.se](http://www.smhi.se)). Den genomsnittliga årsavdunstningen blir således 450 l/m<sup>2</sup>.

Den sammanlagda arean på de två områden där det bedrivits övningsverksamhet med brandsläckningsskum är cirka 6 340 m<sup>2</sup>, se figur 1 ovan.

En vattenbalansberäkning visar att grundvattenbildningen i Uppsalaområdet uppgår till ca 100 l/m<sup>2</sup> och år. Inom det f.d. brandövningsområdet skulle grundvattenbildningen således uppgå till cirka 634 000 l/år. Mängden vatten som tillförs brandövningsområdet i samband med övningar med brandsläckningsskum är av ringa betydelse i detta sammanhang och har därför inte tagits i vidare beaktan.

Mängden vatten som bedöms kunna infiltrera i jorden på de två f.d. brandövningsplatserna tar inte i beaktande det vatten som skulle kunna transporteras från mer höglänt terräng i anslutning till de f.d. brandövningsplatserna. Det skulle kunna föreligga en ytlig transport av markvatten från omgivande höjdparter till de f.d. brandövningsplatserna, vilket skulle medföra att en större mängd vatten perkolerar ned i jorden inom brandövningsområdet än vad enbart vattenbalansen visar.

## 5. SCENARIOBERÄKNING BASERAT PÅ VATTENLÖSLIGHET

För att bedöma hur lång tid det uppskattningsvis skulle ta innan hela PFAS-mängden inom brandövningsområdet perkolerat ner i jorden genom att PFAS-föreningen löst sig i vatten använder vi oss av 8 st scenarier. I beräkningarna ingår den sedan tidigare beräknade totala PFAS-mängden som kan ha använts på de f.d. brandövningsplatserna, samt beräknad

## Helldén Environmental Engineering AB

vattenlöslighet för PFAS. Grundvattenbildningen inom området har ovan beräknats till cirka 634 000 l/år. Hur mycket PFAS som kan lösa sig i det perkolerande vattnet per år beror på PFASs löslighet. Vid antagandet att samtliga PFAS har en löslighet av 0,55 g/l erhåller man:  $0,55 \text{ g} \times 634\,000 \text{ l} = 348\,700 \text{ g/år}$ , d.v.s, 348,7 kg PFAS skulle teoretiskt sett kunna lösas ut per år. Antar man istället en löslighet av 9,5 g/l för PFAS, erhåller man att 6 023 kg PFAS/år skulle kunna lösas ut. Slutsatsen är att vid källtermen är självreningstiden teoretiskt sett noll år eftersom man tillfört förhållandevis små mängder PFAS jämfört med hur vattenlösliga PFAS verkar vara.

**Tabell 3.** Beräknade mängder PFAS som använts på de f.d. brandövningsplatserna på Uppsala flygplats. Användning av brandläckningsskum mellan åren 1970–1992 och 1985–1992 samt 1920 liter och 300 liter skumvätska som blandats på plats med vatten. Vid antagandet att samtliga PFAS har en löslighet av 0,55 g/l erhåller man:  $0,55 \text{ g} \times 634\,000 \text{ l}$  d.v.s, 348,7 kg PFAS skulle teoretiskt sett kunna lösas ut per år. Antar man en löslighet av 9,5 g/l för PFAS, erhåller man att 6 023 kg PFAS/år skulle kunna lösas ut. Beräkningarna bygger på antagandet att 634 000 liter nederbörd årligen perkolerar genom jorden.

Övningsverksamhet (1970–1992)	Övningsverksamhet (1985–1992)
<b>Scenario 1:</b> 4,8 kg PFAS använt/år	<b>Scenario 3:</b> 4,8 kg PFAS använt/år
Totalt använt: 105,6 kg PFAS	Totalt använt: 38,4 kg PFAS
<i>Scenario 1.1</i> , Vattenlöslighet: 0,55 g/l	<i>Scenario 3.1</i> , Vattenlöslighet: 0,55 g/l
<i>Scenario 1.2</i> , Vattenlöslighet: 9,5 g/l	<i>Scenario 3.2</i> , Vattenlöslighet: 9,5 g/l
<b>Scenario 2:</b> 0,75 kg PFAS använt/år	<b>Scenario 4:</b> 0,75 kg PFAS använt/år
Totalt använt: 16,5 kg PFAS	Totalt använt: 6 kg PFAS
<i>Scenario 2.1</i> , Vattenlöslighet: 0,55 g/l	<i>Scenario 4.1</i> , Vattenlöslighet: 0,55 g/l
<i>Scenario 2.2</i> , Vattenlöslighet: 9,5 g/l	<i>Scenario 4.2</i> , Vattenlöslighet: 9,5 g/l

Den totala PFAS-mängden som skulle kunna använts på de två f.d. brandövningsplatserna, skulle i samtliga scenarier (1.1–4.2 i tabell 3) följaktligen på mindre än ett år ha gått i lösning. Antar man att lösligheten för samtliga PFAS är 0,55 g/l skulle ca 350 kg PFAS kunna lösas ut per år med mängden 634 000 l vatten som perkolerar på det f.d. brandövningsområdet. Motsvarande siffra om lösligheten är 9,5 g/l används blir ca 6 000 kg/år. Löslighetsberäkningarna ovan, visar att den årligen tillförda mängden PFAS, oavsett vilket scenario 1–4 som tillämpas, kommer att lösas ut och transporteras vidare med grundvattenflödet. Detta antagande bekräftas åtminstone delvis av att uppmätta PFAS-halter i jord inom brandövningsområdet är låga, trots att relativt stora mängder PFAS tillförts varje år i samband med brandövningsverksamheten.

## Helldén Environmental Engineering AB

En jämförelse med erfarenheter från andra utredningar kan ge en viss vägledning. Det har tidigare genomförts ett lakttest på jord förorenad med PFAS från huvudbrandövningsplatsen i f.d. F18 Tullinge (WSP, 2012a).

WSP lät genomföra lakttestet i huvudsak enl. metodik ISO/TS21268-1, med modifieringen att testet genomfördes i en 5 µM CaCl<sub>2</sub>-lösning. I första omgången skakades jordprovet (ca 0,5–1 kg färsk jord) under minst 6 h vid L/S-förhållandet 2 l/kg. Efter minst 6 h, avbröts skakförsöket, provet centrifugerades och supernatanten fördes bort efter filtrering (cellulosanitratfilter med porstorlek på 0,45µm) (sparades för analys m a p PFAS). En mindre delmängd av jordprovet fördes därefter bort, vägdes in och analyseras m a p PFAS-innehåll. Därefter tillfördes nytt, fräscht lakmedium så att L/S-förhållandet 10 l/kg erhålls, en ny skakomgång om 96 h genomfördes, varpå både lakgods och lakvätskan sparades för att analyseras m a p PFAS. Lakttestet visade att 98% av allt PFOS laktat ut efter den första lakningsomgången.

Faktarutan nedan sammanfattar resultaten från lakttestet av ett jordprov som tagit på den f.d. huvudbrandövningsplatsen vid f.d. F18 Tullinge (WSP, 2012a). Lakttesterna visar att den maximala PFOS-halten vid tvåstegslakning uppgår till 40 000 ng/l eller 40 µg/l. Lakning har då utförts på blandprov med en PFOS-halt av 555 µg/kg TS representerande 15 samlingsprover tagna i provgröpar från området på mellan 0–1 m djup under markytan.

- Halt i jorden; 555 ng/g TS.
- Halt i lakgodset efter första lakomgången; 10,6 ng/g TS (98 % av allt PFOS har lakats ut efter 6 timmars skaklakning).
- Halt i 1:a lakvätskan; ca 40 000 ng/l.
- Halt i lakgodset efter andra lakomgången; 0,7 ng/g TS.
- Halt i 2:a lakvätskan 1 496 ng/l.
- PFOS således mycket lätttrörligt i denna jordtyp, lakas ut ur marken relativt snabbt (WSP, 2012a).

Hur lakningsegenskaperna för övriga PFAS ser ut framkommer inte av WSP:s redovisning (WSP, 2012b). Resultaten indikerar dock att såväl PFOS som övriga PFAS-föreningar på en brandövningsplats relativt snabbt lakas ut ur en jord som i huvudsak utgörs av sand.

Vid den f.d. huvudbrandövningsplatsen vid Tullinge består jorden till stor del av sand med lite inslag av lera. Bevisligen har det påvisats relativt höga halter i jorden på den f.d. brandövningsplatsen samt i grundvattenprov tagna i anslutning till övningsplatsen i Tullinge (WSP 2012a, b) (Johansson, mfl. 2014).

## Helldén Environmental Engineering AB

Jordprov tagna på de f.d. brandövningsplatserna vid f.d. F16 Ärna, visar på mycket låga PFAS-halter i jorden, endast PFOS har kunnat detekteras i halter överstigande det ackrediterade laboratoriets rapporteringsgräns. Dock påvisas mycket höga PFAS-halter i grundvattenprov tagna i direkt anslutning till de f.d. brandövningsplatserna.

Trots att lösligheten för PFAS:s är relativt hög i vatten kan man påvisa de högsta PFAS-halterna i grundvattenrör installerade i omedelbar anslutning till källtermen (brandövningsområdet). Detta tyder på att det troligen sker en betydande fastläggning i leran/moränen nedström källtermen vid Uppsala flygplats.

Vid de f.d. brandövningsplatserna på Uppsala flygplats skulle lakningsegenskaperna för PFAS-föreningen kunna skilja sig mot vad som visats för Tullinge (WSP, 2012a). Jorden på den f.d. huvudbrandövningsplatsen vid F18 Tullinge skiljer sig relativt mycket mot hur det förhåller sig på motsvarande område vid Uppsala flygplats. Borrjournalerna som presenteras i slutrapporten (bilaga 1) för Uppsala flygplats visar att inslaget av lera är betydande i jorden på den plats som använts som huvudbrandövningsplats, medan brandövningsplatsen vid Tullinge utgörs av homogena sandlager (Johansson och Helldén, 2015). Fastläggningen för PFOS och övriga PFAS-föreningar skulle kunna skilja sig mot vad som rapporterats beträffande fastläggningen av PFAS i sandjordar, som t.ex. vid brandövningsplatsen vid f.d. F18 Tullinge. Lerlager/lerinslag i jorden vid de f.d. brandövningsplatserna vid Uppsala flygplats skulle eventuellt kunna medföra att lakningen av PFAS inte är så betydande som utförda laktester på jordprover från brandövningsplatsen vid Tullinge antyder, eller som kan förväntas utifrån en bedömning av vattenlösligheten hos PFAS-föreningar generellt. Fastläggningen och adsorptionen av PFAS till de ler- och siltpartiklar som föreligger i moränakviferen nedströms brandövningsområdet på Uppsala flygplats skulle kunna vara betydande i jämförelse med vad som är fallet i homogena sandjordar.

## 6. UPPMÄTTA PFAS-HALTER I GRUNDVATTEN

I tabell 4 redovisas erhållna haltdata avseende 7 stycken PFAS, i 8 st grundvattenprov. Halterna som redovisas kommer från den senaste grundvattenprovtagningen, nämligen under sommaren 2014 (Johansson och Helldén, 2015). Provet Ärna GV:2 är tagit i grundvattenröret med samma namn. Sannolikt utgörs provet Ärna GV:2 av ett ytligt liggande grundvatten i en grundvattenakvifer skild från grundvattenförande lager i underliggande moränlager. Vi har tidigare framhållit att den huvudsakliga spridningen från brandövningsområdet sker via berg/moränlager och inte genom perkolation genom leran till morän.

NIRAS GV1:A, NIRAS GV1:B och NIRAS GV:4 är installerade i det grundvattenförande moränlagret sydväst om de f.d. brandövningsplatserna. NIRAS GV:5, NIRAS GV:6, UV GV:2 och UV GV:3 är installerade i grundvattenakviferen tillhörande Junkilsåsen. Högst

## Helldén Environmental Engineering AB

$\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>-halt påvisas i anslutning till de f.d. brandövningsplatserna. De lägsta PFAS-halterna har påvisats i grundvattenprov tagna i Jumkilsåsen (se tabell 4).

**Tabell 4.** Halter av PFAS i grundvattenprov som tagits på uppdrag av Försvarmakten/Miljöprovningseenheten för att kartlägga föroreningsituationen vid Uppsala flygplats under sommaren 2014 (Johansson och Helldén, 2015). Medelhalt för  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> har beräknat för prov tagna i den primära akviferen, moränakviferen och Jumkilsåsen.

Ämne/rör	Ärna GV:2	NIRAS GV1:A	NIRAS GV1:B	NIRAS GV:4	NIRAS GV:5	NIRAS GV:6	UV GV:2	UV GV:3
PFPeA	250	64	230	5	5	5	5	5
PFHxA	1 400	360	1 100	32	19	32	44	110
PFHpA	240	50	200	5	5	5	5	23
PFOA	3 400	280	1 000	16	12	13	30	66
PFBS	670	190	700	49	17	41	28	65
PFHxS	11 000	2 000	5 200	760	160	330	220	540
PFOS	12 000	1 500	3 000	300	34	55	56	210
<b>Summa (ng/l)</b>	28 960	4 444	11 430	1 167	252	481	388	1 019
<b>Medel (ng/l)</b>	<b>28 960</b>			<b>5 680</b>				<b>535</b>

## 7. BERÄKNING AV MASSFLÖDEN AV PFAS

Ett sätt att beräkna massflödet av PFAS i moränakviferen och akviferen tillhörande Jumkilsåsen är att använda sig av bedömt grundvattenflöde och uppmätt halt i grundvattenprov. Då halterna av PFAS skiljer sig relativt mycket åt i de olika proven har vi valt att utgå från en medelhalt i prov tagna i samma grundvattenakvifer, se tabell 4. Då det råder vissa oklarheter om de uppmätta halterna i Ärna GV:2 är representativt för moränakviferen har vi valt att behandla detta prov enskilt. Vi har i slutrapporten beräknat grundvattenflödet i moränakviferen till 0,1 l/s (Johansson och Helldén, 2015). Nedan sammanfattas beräkningar för massflöden av PFAS i moränakviferen och Jumkilsåsen.

### Primära akviferen (källområdet)

- Medelhalt för  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> i den primära akviferen (källområdet):  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub>: 28 960 ng/l.
- Flöde: 0,1 l/s (osäkert om flödet på denna plats)

Detta innebär att 2 896 ng  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> transporteras i moränakviferen per sekund. Under ett år skulle följaktligen 91,4 g transporteras via moränakviferen. Detta motsvarar 0,091 kg/år. Den totala mängden  $\Sigma$ PFAS<sub>7</sub> som transporteras i moränakviferen skulle således vara 0,091 kg/år. Då det råder osäkerheter ibland annat flödet i källområdet, används istället den mängd nederbörd som infiltrerar på de f.d. brandövningsplatserna (se avsnitt 5).

## Helldén Environmental Engineering AB

### Den egentliga moränakviferen

- Grundvattenflödet i moränakviferen har beräknats till storleksordningen 0,1 l/s (Johansson och Helldén, 2015).
- Medelhalt för  $\sum$ PFAS<sub>7</sub> i den egentliga moränakviferen:  $\sum$ PFAS<sub>7</sub>: 5 680 ng/l.

Detta innebär att 568 ng  $\sum$ PFAS<sub>7</sub> transporteras i moränakviferen per sekund. Under ett år skulle följaktligen 17,9 g transporteras via moränakviferen. Detta motsvarar 0,018 kg/år. Enligt den hypotes som vi presenterat i slutrapporten sker spridningen av PFAS från det f.d. brandövningsområdet via vattenförande lager i moränakviferen till grundvattenakviferen i Jumkilsåsen, lokaliserad väster om det f.d. brandövningsområdet. Den totala mängden  $\sum$ PFAS<sub>7</sub> som transporteras i moränakviferen skulle således vara 0,018 kg/år.

### Jumkilsåsen

Massflöde av PFAS i Jumkilsåsen beräknas på samma vis som för moränakviferen och med det flöde som bedömts föreligga i det grundvattenförande lagret i Jumkilsåsen, nämligen 25 l/s. En medelhalt av  $\sum$ PFAS<sub>7</sub> har beräknats från haltdata erhållna i samband med den senaste grundvattenprovtagningen under 2014, i grundvattenrören UV GV:2, UV GV:3, NIRAS GV:5 och NIRAS GV:6, samtliga installerade i vattenförande lager som bedöms tillhöra Jumkilsåsen.

- Grundvattenflödet i Jumkilsåsen har bedömts till storleksordningen 25 l/s.
- Medelhalt för  $\sum$ PFAS<sub>7</sub> i Jumkilsåsen:  $\sum$ PFAS<sub>7</sub>: 535 ng/l.

Detta innebär att 13 375 ng  $\sum$ PFAS<sub>7</sub> transporteras i Jumkilsåsen per sekund. Under ett år skulle följaktligen 422 g transporteras via moränakviferen. Detta motsvarar 0,422 kg/år.

## **8. BERÄKNAD BORTTRANSPORTERAT AV PFAS**

I tabell 5 visas 4 olika scenarier baserade på de uppgifter vi tagit fram kring omfattningen av brandövningsverksamheten vid f.d. F16/Uppsala flygplats. Syftet med de beräkningar som redovisas i tabell 5 är att kunna göra en bedömning av hur länge man kan förvänta sig att det tar innan hela PFAS-mängden transporterats bort via grundvattnet. Beräkningarna bygger på att massflödet av PFAS är detsamma tills källan är ”tom” på PFAS-föreningen. Troligen varierar PFAS-halterna över tiden i grundvattnet beroende på fastläggning, mängd grundvatten osv.

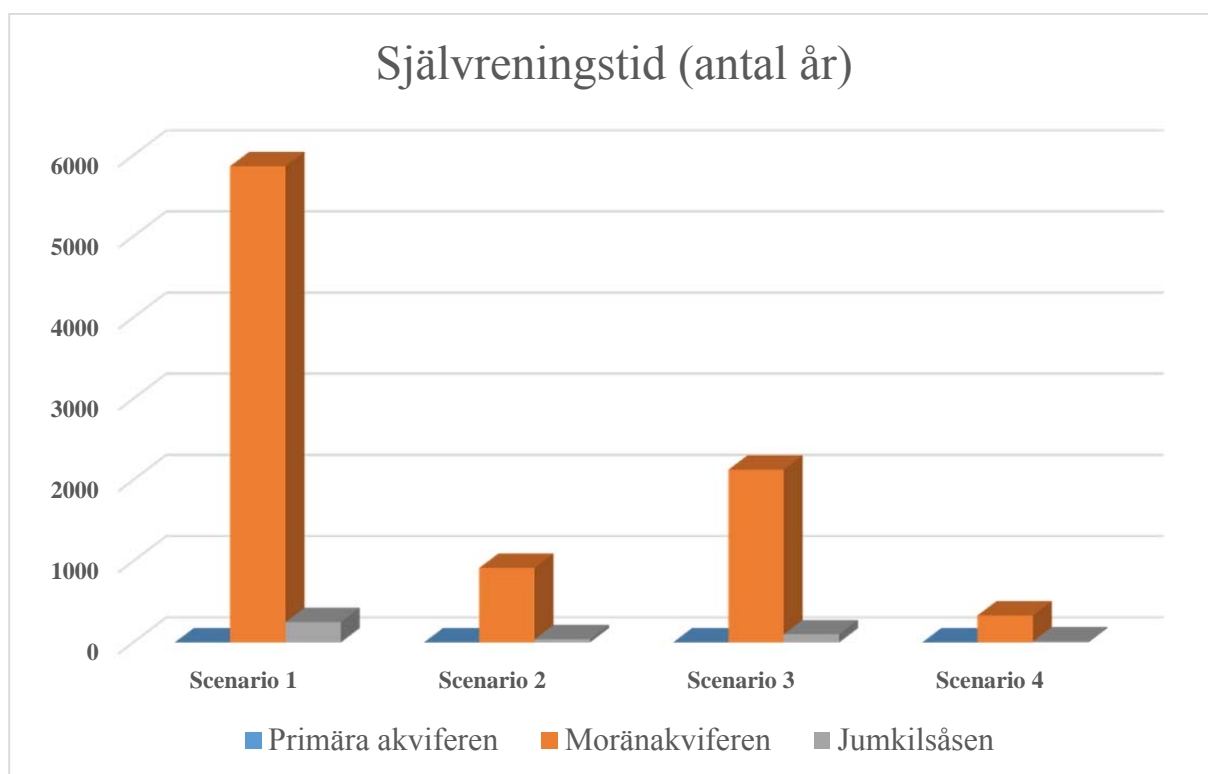


## Helldén Environmental Engineering AB

**Tabell 5.** I tabellen visas beräknade halter av PFAS som transporterats bort via den primära akviferen, den egentliga moränakviferen, samt Junkilsåsen. Vidare visas antal år tills hela den använda mängden PFAS från brandsläckningsskum ”självrenats” med hänsyn till de 4 st scenario vi tagit fram. Scenario 1–4 bygger på olika uppgifter kring antalet användningsår, mängder skum som använts, vattenlöslighet och flödes hastighet för grundvatten i moränakviferen och Junkilsåsen.

	<b>Scenario 1</b>	<b>Scenario 2</b>	<b>Scenario 3</b>	<b>Scenario 4</b>
Användningsperiod	1970-1992	1970-1992	1985-1992	1985-1992
Antal år använt	22	22	8	8
Tillförsel/år	4,8 kg/år	0,75 kg/år	4,8 kg/år	0,75 kg/år
Total användning	105,6 kg	16,5 kg	38,4 kg	6 kg
<b>Akvifer</b>				
<i><b>Primära akviferen</b></i>				
∑PFAS <sub>7</sub> -halt	28 960 ng/l	28 960 ng/l	28 960 ng/l	28 960 ng/l
Massa/år som kan borttransporteras (baserat på löslighet)	350–6 000 kg/år	350–6 000 kg/år	350–6 000 kg/år	350–6 000 kg/år
Borttransport under användningsperioden	105,6 kg	16,5 kg	38,4 kg	6 kg
Mängd kvar efter användningsstopp	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg
Tidsåtgång ”självrening”	<1 år	<1 år	<1 år	<1 år
<b>Akvifer</b>				
<i><b>Egentliga moränakviferen</b></i>				
Grundvattenflöde	<b>0,1 l/s</b>	<b>0,1 l/s</b>	<b>0,1 l/s</b>	<b>0,1 l/s</b>
∑PFAS <sub>7</sub> -halt	5 680 ng/l	5 680 ng/l	5 680 ng/l	5 680 ng/l
Massa/år som borttransporteras	0,018 kg/år	0,018 kg/år	0,018 kg/år	0,018 kg/år
Borttransport under användningsperioden	0,396 kg	0,396 kg	0,144 kg	0,144 kg
Mängd kvar efter användningsstopp (kg)	105,2	7,79	38,26 kg	4,85
Tidsåtgång ”självrening”	5867 år	917 år	2126 år	333 år
<b>Akvifer</b>				
<i><b>Junkilsåsens akvifer</b></i>				
Grundvattenflöde	<b>25 l/s</b>	<b>25 l/s</b>	<b>25 l/s</b>	<b>25 l/s</b>
∑PFAS <sub>7</sub> -halt	535 ng/l	535 ng/l	535 ng/l	535 ng/l
Massa/år som borttransporteras	0,422 kg/år	0,422 kg/år	0,422 kg/år	0,422 kg/år
Borttransport under användningsperioden	9,28 kg	9,28 kg	3,38 kg	3,38 kg
Mängd kvar efter användningsstopp	96,3 kg	7,22 kg	35,02 kg	2,62 kg
Tidsåtgång ”självrening”	250 år	39 år	100 år	14 år

## Helldén Environmental Engineering AB



**Figur 2.** Självreningstid (antal år) av PFAS-föreningen i den primära akviferen, den egentliga moränakviferen och Jumkilsåsen, i scenario 1–4. Oberoende vilket scenario som tillämpas är självreningstiden mycket längre i den egentliga moränakviferen i förhållande till både källtermen (primära akviferen) och Jumkilsåsen. Detta indikerar att en stor del av PFAS-föreningen läggs fast eller fördröjs i moränakviferen, vilket för övrigt avspeglas i att väsentligt högre PFAS-halter föreligger i moränakviferen i jämförelse med Jumkilsåsen.

Av de beräkningar som presenteras i tabellen ovan framgår det från de olika scenarierna att beroende på hur länge brandövningsverksamheten bedrivits, vilka mängder skum och vilket flöde i moränakviferen som förs in i beräkningarna kommer utfallet att skilja sig kraftigt i de olika scenarierna.

Vilket scenario som är det mest korrekta är svårbedömt, då det råder stor osäkerhet kring hur länge brandövningsverksamheten bedrivits vid f.d. F16 och vilka mängder brandsläckningsskum som hanterats genom åren. Ser man till hur lång tid det skulle ta för hela mängden PFAS (6 kg till 106 kg) att självrena från den egentliga moränakviferen och Jumkilsåsen är tiden för moränakviferen märkbart längre. Detta tyder på att huvuddelen av PFAS-föreningen sannolikt föreligger i moränakviferen strax nedströms källtermen. Däremot har källtermen mer eller mindre ”sköljts ur” med avseende på PFAS och eventuella åtgärder riktade mot källtermen skulle således i praktiken vara verkningslösa. Mycket tyder också på att PFAS-halterna på sikt kommer att minska, såväl i Jumkilsåsen som i Uppsalaåsen, eftersom en betydligt större PFAS-mängd förs bort med Jumkilsåsen varje år än vad som tillförs via moränakviferen.

## 9. SLUTSATSER

I föreliggande PM har vi med hjälp av olika scenarion, baserat på bedömda mängder PFAS som använts i samband med historisk brandövningsverksamhet, visat att:

- Den initiala utlakningen av PFAS från brandövningsområdet går mycket snabbt. Troligen har merparten av den tillförda PFAS-mängden lösts ut av infiltrerande nederbörd redan inom ett år. Enstaka partier med resthalter av PFAS kan föreligga, men huvuddelen av PFAS-föreningen sprids relativt snabbt till den lokala moränakviferen omedelbart nedströms brandövningsområdet.
- I moränakviferen sker troligen en betydande fastläggning av PFAS. ”Självreningstiden” för moränakviferen kan utifrån haltdata i grundvatten och olika scenarion för användning av PFAS-innehållande brandsläckningskum beräknas till storleksordningen 300–6000 år, medan motsvarande siffra för Jumkilsåsen är mellan 14–250 år. PFAS-transporten via moränakviferen uppgår till ungefär 1/20-del av PFAS-transporten via Jumkilsåsen, vilket innebär att PFAS-halterna i Jumkilsåsen på sikt borde minska.

Helldén Environmental Engineering AB, 2015-04-10

Niclas Johansson

Fil. Dr. Ekotoxikologi

Johan Helldén

Geolog

## 10. REFERENSER

ATSDR/CDC (2015). Agency for Toxic Substances and Disease Registry.  
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200-c4.pdf>. Sidan besökt 2015-03-13.

EPA (2014). Emerging Contaminants – Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Perfluorooctanoic Acid (PFOA), United States Environmental Protection Agency, March 2014.

IVL (2013). Årsrapport 2012 för projektet RE-PATH. Mätningar av PFAS i närområdet till Göteborg Landvetter Airport och Stockholm Arlanda Airport.

Johansson, m.fl. (2014). Huvudstudie f.d. F18 Tullinge flygflottilj. Perfluorerade ämnen–jord, grund- och ytvatten. Upprättad av NIRAS Sweden AB på uppdrag av Försvarmakten/Miljöprovningseenheten, daterad 2014-04-16.

Johansson och Helldén (2015). Slutrapport – Riskbedömning perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) vid Uppsala flygplats, version 2.0, daterad 2015-03-04. Upprättad av N. Johansson och J. Helldén vid Helldén Environmental Engineering AB på uppdrag av Försvarmakten/Miljöprovningseenheten.

Kemikalieinspektionen (2004). Rapport bilaga 3/04. Riskbedömning för PFOS-bilaga 3.

Kemikalieinspektionen (2014). PM 3/14. Kartläggning av brandsläckningsskum.

Kissa (2001). Specific applications, section 8.3. In: Fluorinated surfactants and repellants. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Marcel Decker; 2001. p. 352–79.

Naturvårdsverket (2012). Rapport 6513. Environmental and Health Risk Assessment of Perfluoroalkylated and Polyfluoroalkylated Substances (PFASs) in Sweden. September 2012.

Produktdatablad, FC-203A LIGHT WATER, 3M. tillgängligt via:  
[http://www.monarorfs.org.au/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&download=12:aqueous-film-forming-foam-afff&id=7:msds-documents&Itemid=388](http://www.monarorfs.org.au/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=12:aqueous-film-forming-foam-afff&id=7:msds-documents&Itemid=388)

SMHI, Sveriges vattenbalans 1961–1990. [www.smhi.se](http://www.smhi.se).

WSP (2012a). Avrapportering. Avlämning Enköping 121003 PFOS i på f.d. F18 i Tullinge-Riksten- en lägesuppdatering.

WSP (2012b). PFOS Tullinge grundvattentäkt - Nulägesanalys, slutrapport 2012-05-31.

## Helldén Environmental Engineering AB

---

Rapport O 1992:1  
Brand 1990-11-16  
Uppsala Energi AB:s  
torvlager i Uppsala, C län  
Ärende O-11/90

## INNEHÅLL

### RAPPORT O 1992:1

		Sid
	SKRIVELSE TILL BOVERKET, STATENS RÄDDNINGSVÄRK OCH STATENS NATURVÅRDSVERK	
	SAMMANFATTNING	4
	INLEDNING	6
1	FAKTAREDOVISNING	7
1.1	Platsen och anläggningen	7
1.2	Processen	7
1.3	Lagerbyggnaden	7
1.4	Projektering av lagerbyggnaden	8
1.5	Bygglov	11
1.6	Vidtagna brandskyddsåtgärder. Insatsplan	12
1.7	Tillbud 1990-11-05	13
1.8	Branden 1990-11-16	14
1.9	Räddningstjänsten	14
1.10	Skador	16
1.11	Industriell användning av torv som energislag	16
1.11.1	Torvtillgångar globalt	17
1.11.2	Torvtillgångar i Sverige	17
1.11.3	Torvupptagning	17
1.11.4	Lagring och transport	18
1.11.5	Förbränningsanläggningar	18
1.11.6	Risk för brand och explosion vid torvhantering	19
1.11.7	Risk för antändning i torvlager	19
1.11.8	Förloppet vid en självuppvärmning	19
1.11.9	Brandförlopp efter självantändning	21
1.11.10	Faktorer som påverkar risken för självantändning i torvlager	22
2	ANALYS	23
2.1	Brandförloppet	23
2.2	Brandorsaker	24
2.3	Insatsplanen	24
2.4	Projekteringen	25
2.5	Enskilda brandtekniska installationer	27
2.6	Räddningsinsatsen	28
2.7	Miljöeffekter	29
3	UTLÅTANDE	29
4	VIDTAGNA ÅTGÄRDER	30
5	REKOMMENDATIONER	30
<u>Bilaga:</u>	Skiss av lagerbyggnaden	

1992-03-26

O-11/90

Boverket  
Statens naturvårdsverk  
Statens räddningsverk

Rapport O 1992:1

Statens haverikommission (SHK) har undersökt en brand som den 16 november 1990 utbröt i Uppsala Energi AB:s torvlager i Uppsala.

SHK överlämnar enligt 14 § förordningen (1990:717) om undersökning av olyckor en rapport över undersökningen.

SHK emotser tacksamt besked om hur de i rapporten intagna rekommendationerna följs upp.

Hans Gullberg

Jan Mansfeld

Kjell Wahlbeck



## SAMMANFATTNING AV RAPPORT O 1992:1

### Ärende O-11/1990

I mitten av november 1990 utbröt en omfattande brand i Uppsala Energi AB:s torvlager i Uppsala. Släckningsarbetet pågick sedan under lång tid.

Torvlagret uppfördes 1987/88 som en 16-kantig enplansbyggnad med en balkkonstruktion i stål med en diameter av 120 m och en höjd av 24 m. Tak och väggar var av korrugerad plåt. Balkarna var upplagda på stöd i markplan och vilade på en centrpelare i form av en stålrörskonstruktion. Byggnaden var inte sektionerad.

Den maximala lagringsvolymen uppgick till 160.000 m<sup>3</sup> vilket var 80% av byggnadens invändiga volym. Vid brandtillfället fanns 115.000 m<sup>3</sup> torvbriketter i lagret med en vikt av 76.000 ton och en toppyta av ca 12.000 m<sup>2</sup>. Högsta lagringshöjden var ca 17 m.

Inga personskador uppstod vid branden. Lagerbyggnaden totalförstördes.

Händelsen har utretts av Statens haverikommission (SHK) som har avgett följande utlåtande.

Branden inleddes sannolikt genom självantändning i ett parti torv som lämnats kvar från föregående år. Branden uppstod djupt ner i torvhögen 10-15 meter från ytterväggen. Självantändningsprocessen kan ha pågått under lång tid före branden, upp till ett par månader.

Lagrets höjd och utformning i övrigt medförde en risk för självantändning.

Brandens omfattning berodde till stor del på lagerbyggnadens geometriska utformning.

Vid lagerbyggnadens projektering togs inte tillräcklig hänsyn till erfarenheter av risker med hög lagring av organiska material.

Vidare saknades vid lagrets dimensionering och utformning i övrigt bedömningsunderlag i fråga om torvens självantändningsbenägenhet med hänsyn till torvqualität och torvens temperatur när den tillfördes lagret samt fuktighet och förekomst av föroreningar i torven.

Några betänkligheter inför lagrets utformning från brandsäkerhetssynpunkt framfördes inte i räddningstjänstens remissyttrande till byggnadsnämnden.

Bygglov kom därför att meddelas på ett otillräckligt bedömningsunderlag.

De brandtekniska installationerna som gjorts i torvlagret saknade praktisk betydelse från brandsläckningssynpunkt.

Det taktikscenario med lämpning och släckning som räddningstjänsten och UEAB skisserat fungerade ej vid den stora lagringsvolymen bl a beroende på avsaknad av sektionering.

Lagrets höjd och utformning i övrigt omöjliggjorde en verkningsfull räddningsinsats. Då räddningstjänsten anlände var lagret i praktiken redan förlorat. Släckinsatsen fick helt inriktas på att skydda kringliggande byggnader och utrustning.

Räddningsresurserna utnyttjades effektivt och samordningen var god på skadeplatsen. Räddningsuppgiften att begränsa brandens spridning utanför tovladan genomfördes väl.

Släckvattnet gav ett rikligt tillskott av organiskt material till Fyrisån under en relativt kort period. Branden medförde ett tillskott av gaser, främst PAH, i området kring brandplatsen. Det har inte varit möjligt att närmare fastställa miljöskadornas omfattning.

Vidtagna åtgärder: UEAB har efter branden undersökt olika lagringssystem som ersättning för den lagring som skedde i den totalförstörda tovladan. Ladalternativ har därvid lagts åt sidan av säkerhetsskäl. Tills vidare används ett containersystem.

SHK:s rekommendationer:

1. Boverket bör i samråd med Statens räddningsverk meddela råd och föreskrifter angående utformningen från brandsäkerhetssynpunkt av byggnader för omfattande biobränslelagring.
2. Boverket bör tillse att i bygglovärenden görs och finns dokumenterad den riskanalys som behövs för byggnadsnämndens prövning från brandsäkerhetssynpunkt.
3. Räddningsverket bör verka för att de kommunala räddningstjänsterna har tillgång till eller uppmärksammas på den kompetens som kan behövas vid avgivande av remissyttranden i komplicerade bygglovärenden.
4. Räddningsverket bör vid utbildning av brandtekniska handläggare understryka att en handläggares roll som rådgivare i en projekteringsgrupp inte får skymma hans myndighetsgranskande uppgifter.
5. Statens naturvårdsverk bör överväga och ge råd om hur effekten av miljöskador skall utredas i nära anslutning till en omfattande brand.

## INLEDNING

I mitten av november 1990 utbröt en omfattande brand i Uppsala Energi AB:s torvlager i Uppsala. Släckningsarbetet pågick sedan under lång tid.

Händelsen har utretts av Statens haverikommission (SHK) som företräts av Hans Gullberg, ordförande, samt Kjell Wahlbeck, utredningschef t o m den 31 december 1991, och Jan Mansfeld, utredningschef fr o m den 1 februari 1992.

SHK har biträtts av Swen Hultqvist (fram till den 10 mars 1991) och Göran Holmstedt som tekniska experter.

SHK har sammanträtt

<u>Dag</u>	<u>Plats</u>	<u>Närvarande</u>
1990-12-11	SHKs kansli	Hans Gullberg, Kjell Wahlbeck, Rune Lundin, Swen Hultqvist, SHK, Göran Schnell, Mats Sundelius, Uppsala brandförsvaret, Anders Johansson, Bertil Olsson, polisen i Uppsala, Leif Beisland, Folksam, Gunilla Munters, Lars Åstrand, UEAB, John-Erik Thun, Uppsala kommun
1991-02-14	Uppsala Energi AB	Gullberg, Hultqvist, Wahlbeck, Göran Holmstedt, SHK, Skoglöf, Beisland, Folksam, Anna Norberg, Uppsala universitet, Malte Bokström, Eddie Nord, Per Olsson, SBK (Statsbyggnadskontoret i Uppsala), Schnell, Sundelius, Brandförsvaret, Lars Tegnér, Statens energiverk, Sven-Erik Lund, Munters, Åstrand, Kent Nyström, UEAB

## 1 FAKTAREDOVISNING

### 1.1 Platsen och anläggningen

Uppsala Energi AB (UEAB) ligger centralt i sydöstra Uppsala utmed Bolandsgatan. Anläggningen omfattar huvudkontor, kraftvärmeverk, lager för bränslen och sopförbränning. Den omedelbara omgivningen har karaktären av område för lätt industri med verksamheter dessutom för bl a lager, distribution och försäljning.

Kraftvärmeverket producerar fjärrvärme och elektricitet. Eldningen sker med olja och fasta bränslen, företrädesvis torv, som levereras från en produktionsanläggning i Sveg i Härjedalen.

UEAB:s anläggning togs i drift 1985/86. Anläggningen färdigställdes 1988 för torvbränslehantering. En anordning för inlastning från järnväg, en lagerbyggnad och en inmatningsanordning till pannorna togs samtidigt i bruk.

### 1.2 Processen

Torven till UEAB:s kraftvärmeverk skördas från torvmossar intill produktionsanläggningen i Sveg och finsönderdelas innan den torkas, kompakteras till briketter och kyls. Behandlingen görs för att minska riskerna för antändning och dammexplosion i den senare hanteringen samt för att minska vatteninnehållet och torvsubstansens volym. En torvbrikett har måtten (LxBxH) 240 mm x 90 mm x ca 50 mm och väger ca 1,0 kg.

Transporten sker därefter på järnväg i specialutrustade vagnar till Uppsala där briketterna lagrades i en särskild lagerbyggnad. Briketterna transporterades in och ut från lagret med bandtransportörer.

Före eldningen mals briketterna i kvarnar till pulver som blåses in i pannorna. Förbrukningen av torvpulver vid UEAB uppskattas till ett energiinnehåll av 1200 gigawattimmar per år vid full drift.

### 1.3 Lagerbyggnaden

Torvlagret uppfördes 1987/88 som en 16-kantig enplansbyggnad med en balkkonstruktion i stål med en diameter av 120 m och en höjd av 24 m. Tak och väggar var av korrugerad plåt. Balkarna var upplagda på stöd i markplan och vilade på en centrumpelare i form av en stålörskonstruktions. Golvet av asfalt var något sänkt i förhållande till marknivån och hade en sockel vid yttervägg. Runt hela lagret fanns en väg. De nedersta plåtarna på byggnaden var demonterbara för att göra lagret tillgängligt från alla håll.

En skiss av lagerbyggnaden biläggs rapporten.

Den maximala lagringsvolymen uppgick till 160.000 m<sup>3</sup> vilket var 80% av byggnadens invändiga volym. Vid brandtillfället fanns 115.000 m<sup>3</sup> torvbriketter i lagret

med en vikt av 76.000 ton och en toppyta av ca 12.000 m<sup>2</sup>. Högsta lagringshöjden var ca 17 m.

Förbränningen av torven sker företrädesvis under perioden oktober till och med april vilket innebär att lagermängden är maximerad på hösten inför eldningssäsongen och minimierad eller helt slut i maj.

Inlastningen gjordes automatiskt via bandtransportörer från topp. För att åstadkomma en jämn fördelning i lagret skedde den avslutande inmatningen med en rörlig transportör som lät materialet falla ner från höjd. Den invändiga lagerprofilen har därigenom inte varit jämn utan bestått av dalar och åsar. 1990 byggdes bandtransportörerna om så att de blev höj- och sänkbara. Briketterna kom därigenom att inte slås sönder vid fallet på samma sätt som tidigare och andelen torvdamm minskades. För att kunna inspektera lagret fanns under taket en gångbrygga som invändigt löpte runt hela byggnaden.

Utlastningen skedde med en skraptransportör från en utlastningsficka på lagerbotten. För hanteringen användes en specialutrustad traktorlastare som tippade briketterna i utlastningsfickan. Hanteringen inne i lagret krävde således manuella insatser.

En målsättning fanns att torv med längst lagringstid skulle lastas ut först, så att lageromsättningen blev så snabb som möjligt. Därmed skulle risken för självtändning minskas. Denna utlastningsrutin kom i praktiken inte att tillämpas utan äldre material blev liggande.

Lagret saknade helt sektioneringar och var inte heller i övrigt anordnat så att en invändig uppdelning av torvmassorna erhöles.

#### 1.4 Projektering av lagerbyggnaden

UEAB hade i valet av lagringsprincip intresse av att lägga lagret i nära anslutning till värmekraftverket för att reducera hanteringen och begränsa kostnaderna för transporterna. Den för en lagerbyggnad tillgängliga tomtytan intill värmeverket var samtidigt begränsad. I ett tidigt projekteringsskede inhämtade UEAB mot denna bakgrund från en rad institutioner synpunkter på olika sätt att lagra torv.

Från Tekniska högskolans i Stockholm institution för kemisk teknologi lämnade Olle Lindström i en rapport 1985-03-26 synpunkter och rekommendationer avseende lagring av torvbränsle. I fråga om lagringshöjden sägs i rapporten följande.

"Pellets lagret bör vara 15 m högt enligt UEAB. Det är betydligt högre än tidigare. (Pellets är en benämning på torvstycken som är mindre än briketter - SHKs kommentar.)

En sak är hur risken för självtändning påverkas av bygghöjden. De heta zonerna vandrar från botten och uppåt och kan därmed nå en

högre temperatur vid ett högre lager. Det minskade yt/volymförhållandet jämfört med ett lager med lägre höjd är också ogynnsamt.

En grundförutsättning för hela konceptet med pelletslagring är dock ett system för effektiv detektering av övertemperaturer med insats av åtgärder på ett tidigt stadium (37°C har föreslagits som "alerttemperatur"). Om detta system är tillförlitligt bör den höga bygghöjden inte ha någon negativ effekt på säkerheten. En annan sak är problem med materialhanteringen vid alertsituationer.

Mina sagesmän ute på fältet har ställt sig tveksamma till 15 meters lagerhöjd som rapporterats i KTR 85-02. Jag anser nu att de skillnader som kan föreligga ifråga om säkerhetsegenskaper mellan olika lagerhöjder kan försummas under förutsättning att torvpellets klarar trycket.

Det måste vara till stor fördel om lagret kunde sektioneras med mellanväggar med rätt smala spalter mellan mellanväggarna, säg 5 m spaltbredd. Detta underlättar urlastning av material i riskzonen för transport till pannan. Mellanväggarna förhindrar också spridning av eldhärdar. Man kan tömma lagret, resp fylla lagret, på ett sådant sätt att lagret delas upp i mindre delar, skilda av tomma spalter eller fickor när lagret inte är helt fullt."

På UEAB:s uppdrag gjordes vid samma institution även en experimentell studie angående självantändning av fasta bränslen och en litteraturstudie av självantändningsrisken i samband med lagring av torvbränsle. Studierna avrapporterades 1985-04-09.

Vidare genomförde Statens provningsanstalt på uppdrag av UEAB brandförsök med torv i balar och briketter för att bedöma olika tekniker att lagra torv på säkert sätt. I en rapport 1985-06-25 sammanfattades på följande sätt resultatet beträffande balad torv lagrad i stora volymer och med stor lagerhöjd:

"Som framgår av rapporten är det några punkter som man ur brandsynpunkt bör beakta vid planeringen av denna typ av torvlager.

Torven är lätt att tända även med en liten tändkälla så att en glödbrand uppstår. För att på ett tidigt stadium upptäcka detta, krävs att detekteringsutrustning väljs och placeras med omtanke.

Risken för sekundärantändning bedömer vi som relativt stor, på grund av kringflygande gnistor. Här är det förmodligen inte tillräckligt att sektionera med enbart truckgator, utan förmodligen måste även sektionering ske med någon form av avskärmade konstruktion, t ex flexibla dukar som kan sänkas ner från taket.

Torven är mycket svår att släcka och speciella förberedelser bör vidtas för att underlätta släckningsarbetet. T ex kan det vara en fördel att tillsätta någon form av våtmedel till släckningsvattnet. Vidare bör man ta fram speciella strålrör eller motsvarande, så att man kommer åt att släcka även långt in i spalterna mellan torvstaplarna."

I en rapport 1985-12-17 uttalade Provningsanstalten sammanfattningsvis följande i fråga om försök med briketter (lagringen förutsattes ske utomhus i stora högar täckta med presenningar):

"Brandspridningen är beroende av vindhastigheten men går totalt sett relativt långsamt. Spridningsförloppet rör sig troligen mer om timmar än minuter.

Risken för sekundärantändning på grund av gnistregn tycks ej vara överhängande. Presenningsmaterialet som ska användas för att täcka briketthögarna bör dock vara av svårantändlig kvalitet.

Branden i briketterna var förhållandevis lätt att släcka, avsevärt lättare än balar.

Ur brandsynpunkt bör lagringen av torv i brikettform vara betydligt säkrare än i form av balar."

I Provningsanstaltens båda nämnda rapporter har endast brandpåverkan från yttre tändkällor bedömts. I den första rapporten har cigaretter och glödlampor använts och i den andra ett provbål med 0,8 l brinnande heptan. Försökens syfte var att undersöka brandutvecklingen.

Provningsanstalten har vidare i en rapport 1987-02-13 redogjort för tre släckförsök med lättskum där avsikten med den genomförda försöksserien varit att studera möjligheten att begränsa eller släcka en brand i ett torvlager av den storlek och utformning som sedermera kom att byggas. I rapporten rekommenderas en lättskumanläggning som ändamålsenlig. Provningsanstalten framhåller i rapporten att lättskum leder till släckning av briketterna även om branden pågår inne i högen samt att ett snabbt ingripande leder till ett minimum av brandskadade briketter. Vidare påpekas att genom totalfyllning med lättskum skyddas byggnadskonstruktionen effektivt från värmepåverkan och dessutom minskar rökspridningen inne i lagret. Provningsanstalten säger också att skaleffekterna vid försöken bör undersökas vidare för att bedöma tillförlitligheten i rapporten. Någon sådan uppföljning gjordes emellertid aldrig.

I fråga om de synpunkter, som UEAB i övrigt inhämtat, har företaget framhållit: UEAB har hämtat mycket erfarenhet hos Bord na Mona, Irlands statliga torvföretag som har lång erfarenhet av storskalig brikettlagring med en årsproduktion av ca 500 000 ton torvbriketter. Den första fabriken byggdes redan 1935 och den senaste 1982. Briketterna lagras i långa lador utan sektionering, inlagring sker med varma briketter och delar av lagren ligger i flera år. Bord na Mona anser att

sannolikheten för en självantändning är liten och fullt hanterbar om briketterna lagras kylda och ingen fukt tillförs. Skulle självantändning inträffa så har det angetts vara ett långsamt förlopp och den bästa släckmetoden är lämpning varför ytor och maskinpark för detta är viktigt. Bränder med antändning över hela lagerytan har aldrig inträffat eller ens förutsetts.

Från räddningstjänstens sida har uppgetts: Räddningstjänsten medverkade tidigt i diskussionerna kring lagrets utformning. UEAB drev under projekterings gång allt hårdare frågan om en stor sammanhållen lagerenhet nära värmeverket. Bristen på erfarenheter av mycket stora torvlager i Sverige och utomlands gjorde att praktiska riskjämförelser inte kunde göras. Räddningstjänsten förordade lagring i form av åsar som lätt kunde skäras av vid brand. En sådan lagerutformning ansågs dock av UEAB ta för stor plats. En kompromisslösning blev att vrida åsen till en ring och att inte lagra i centrum. Till slut godtogs lagring även i mitten men endast under korta perioder. Någon sektionering (uppdelning med exempelvis väggar av lagret) gjordes inte heller då det försvårade en rationell lagerhantering.

## 1.5 Bygglov

Byggnadsnämnden i Uppsala kommun lämnade den 11 juni 1987 bygglov till nybyggnad av torvlagret. Till bygglovärendet hör ett yttrande 1987-06-10 från räddningstjänsten i kommunen. I yttrandet angavs följande villkor för tillstyrkande av bygglov.

- \* Hela lagerbyggnaden förses med lättskumanläggning.
- \* Utvändiga brandposter kompletteras.
- \* Lämpningsytor om ca 10 000 m<sup>2</sup> finnes tillgängliga och iordningställda.
- \* Bandgångar och transportörer förses med vattensprinkler.
- \* Utgångar och nödutgångar utmärkes med lysande eller belysta skyltar enligt svenskstandard, försedda med reservström.

Den 28 september 1989 beviljades bygglov för tillbyggnad av åtta fläktrum i lagret. I bygglovet hänvisades till ett yttrande av räddningstjänsten som angav följande villkor:

- \* Körbarheten runt torvlagret får inte påverkas.
- \* Körbarheten inne i lagret skall möjliggöras genom att ventilationskanalerna görs löstagbara i sektioner.
- \* Fläktmotorerna skall kunna brytas med arbetsströmbrytare och kanalerna skall kunna tillslutas mot självdrag.
- \* Ventilationskanalerna skall vara försedda med kanalrökdetektorer anslutna till det automatiska brandlarmet samt med en funktion så att fläktmotorerna omedelbart stoppas vid larm.

Bedömningen var därvid enligt vad från räddningstjänstens sida uppgetts till SHK:



- Det fanns ingen personrisk.
- En brand kunde inte spridas till närliggande byggnader.
- Miljöstörningar p g a rök och brand skulle begränsas genom lättskum och lämpning.
- Det var i sista hand UEAB:s sak att lösa frågan om brandskyddet för torven som endast representerade ett ekonomiskt värde.

### 1.6 Vidtagna brandskyddsåtgärder. Insatsplan

Lagret var försett med brandventilation jämnt fördelat över lagertaket. Sammanlagt fanns 72 luckor med en yta av 207 m<sup>2</sup>. Luckorna manövrerades manuellt elektriskt från en manöverplats i ställverksbyggnaden och saknade automatisk öppningsfunktion. Projekteringen var gjord i samråd med räddningstjänsten.

Byggnaden var försedd med ett automatiskt brandlarm utfört enligt Försäkringsbranschens Service AB:s (FSAB:s) regler, RUS 110 (1983). Joniserande och optiska rökdetektorer fanns fördelade i taket. Inlastningens bandgång hade en slinga med värmedetektorer. Båda anordningarna hade projekterats i samråd med räddningstjänsten.

Bandgångar och transportörer var försedda med vattensprinkler. Installationen var utförd som punktskydd och var totalt uppdelad i fem sektioner där även centrumpelaren skyddades. Funktionen var manuell och saknade automatik. Åtgärden var vidtagen i samråd med försäkringsgivaren och räddningstjänsten. Syftet var att undvika onödig sprinklerutlösning och vattenbegjutning av torven vilket kunde leda till självantändning. Sprinklerna kunde utlösas från sprinklercentralen i ställverksbyggnaden. Vid brandtillfället var en sprinklersektion på ett rörligt fördelarband tillfälligt avstängd på grund av ombyggnadsarbeten.

Utlastningsfickan och den underliggande skraptransportören var försedda med en separat ång- och vattendimmanläggning för att reducera dammalstring när torv tippades i fickan. Anläggningen hade inget samband med vattensprinklerinstallationen.

Lagret var utrustat med en lättskumanläggning bestående av åtta vattenturbin-drivna aggregat med en gemensam kapacitet av 4000 m<sup>3</sup>/min. För ändamålet fanns 15 m<sup>3</sup> skumvätska i lager på platsen vilket beräknades räcka för skumgivning i 8-10 timmar. Meningen var sedan att rekvirera eventuellt ytterligare behov av skumvätska. Anläggningen var i funktionsdugligt skick vid brandtillfället. Syftet med anläggningen var enligt uppgift av UEAB och räddningstjänsten att förhindra en utbredd ytbrand i lagret under den tid då lämpning och släckning skedde.

För att försörja lättskumanläggningen och sprinklerinstallationen med vatten fanns en separat ledning med en kapacitet av ca 6500 l/min. Vattentillgången totalt runt torvladan var ca 10 000 l/min.

Efter det att lagret tillkommit hade ytterligare förebyggande åtgärder vidtagits. 1989 installerades ett ventilationssystem i botten av lagret för att kyla och förbättra luftomsättningen i torvmassan. Kanaler från åtta stycken fläkthus förlagda utmed ytterväggen ledde i förgreningar in mot centrum där luften sedan återfördes till fläkthusen ovanför torvhögen. Avsikten var att sänka temperaturen och halten brännbara gaser genom ventilering och därmed bidra till en termisk utjämning och att hålla nere lokala partialtryckhöjningar för vattenånga. Kanalerna var försedda med ett automatiskt brandlarm. Installationen var dock inte helt färdigställd vid brandtillfället.

För detektering av kolmonoxid (CO) och onormala temperaturhöjningar i torven fanns tre oberoende system, nämligen en kontinuerlig temperaturövervakning invid centrupelaren, en rörborr för indikering av CO och förhöjd temperatur i torvhögen samt en slanginstallation för CO-mätning i lagrets bottenventilation. Av dessa var endast centrupelarens temperaturindikator i aktiv funktion. Den visade inga onormala höjningar före branden. Rörborren var i funktion men avsedd att användas för att lokalisera en dold brandhärd i torvmassan. Utrustningen användes inte för kontinuerlig mätning. Systemet för CO-mätning i bottenventilationen var under installation.

Elutrustningen i lagret var utförd damm- och strilsäker vilket överensstämmer med föreskrifternas (STEV-FS 1988:1 § 61) krav i rum med brännbart damm.

Regelbundet dygnet runt gjorde inspektionspersonal från UEAB ronder i lagret.

Räddningstjänsten och UEAB hade tillsammans utarbetat en insatsplan i händelse av brand i lagret. Planen upptog bl a åtgärder vid lämpning av torven, genomgång av risker för brandpersonalen vid brand i lagret, släckåtgärder och organisations-samordning.

## 1.7 Tillbud 1990-11-05

Den 5 november 1990 larmades räddningstjänsten tidigt på morgonen till torvlagret. Larmet avsåg brand i en torvficka i kvarnhuset, alltså i ett processled efter torvlagret, och i bandtransportören från lagrets utlastning till kvarnhuset. Branden i torvfickan bekämpades med vatten. Initialbranden lokaliserades till skraptransportören under utlastningsfickan i torvlagret. Även denna brand bekämpades med vatten. Under flera dagar undersöktes sedan den lagrade torven runt utlastningsfickan mycket grundligt men inga ytterligare spår av brand kunde upptäckas. Den torv som utlastats omedelbart före branden kom från en tillfällig lagring utomhus och var således inte att hänföra till inomhuslagret.

Efter en intern undersökning blev man inom UEAB övertygad om att branden initierats nere i utlastningsfickan i fuktigt torvdamm som fastnat och som uppvärmts av rören till ånggeneratorn och därefter antänts. Konstruktionen i fickan modifierades omedelbart efter händelsen så att torvdamm inte längre skulle kunna fastna.

## 1.8 Branden 1990-11-16

På eftermiddagen den 15 november 1990 rapporterade en montör som arbetade med ventilationsinstallationen i lagerbotten till driftledningen att han kände röklukt i fläkthus nr 5. Ingen lukt kunde dock förnimmas inne i lagret varför man trodde att den härrörde från pågående skärarbeten i lagrets utlastningsficka. Ingen ytterligare undersökning genomfördes.

På natten till den 16 november gjordes ronder i lagret kl 01.00 och kl 03.00 av inspektionspersonal. Kl 03.15 gick en drifttekniker in genom en port till lagret och såg "dimma uppe vid taket". Vid kontroll från balkongen såg han en rökpelare stiga upp ur torvhögen mitt för pelare nr 7. Röken spred sig upp mot taket. Efter det att han rapporterat iakttagelsen till driftledningen anlände två av hans kollegor. Röken tilltog under tiden. Den steg upp ur ett 10 x 10 cm stort hål i torvhögen beläget på 13 m höjd och rakt under balkongen. Röken var ljus till färgen. De meddelade omedelbart (kl 03.45) driftledningscentralen som i sin tur larmade SOS-centralen och räddningstjänsten.

Driftteknikerna gick ut ur byggnaden och stängde enligt instruktionerna av fläktarna 2 och 3 till ventilationen i lagerbotten. Båda fläktarna låg närmast området där röken iakttagits. Strax efter att fläkt 3 stannat hörde de ett kraftfullt morrande ljud inifrån lagret mellan pelare 7 och 9 följt av ett dovt dån. Ljudet fortplantade sig inifrån och ut mot fasaden och bredde sedan ut sig inne i lagret. Området lystes upp av ett kraftigt eldsken. Samtliga tre drifttekniker befann sig under den våldsamma antändningen på utsidan av lagrets västra sida och upplevde hela förloppet mycket nära. Ingen skadades men samtliga blev omskakade av händelsen. I samband med antändningen flyttades fläkthusen 3 och 4 ur sina lägen. Ett antal fasadplåtar slets loss och återfanns efteråt på marken utanför lagret.

I området mellan pelarna nr 7 och 9, där rökutvecklingen först iaktogs och där initialtändningen skedde, fanns ett gammalt parti av torv från eldningssäsong 1989/90. UEAB har bedömt att partiet uppgick till omkring 20.000 m<sup>3</sup>. Det hade inte omsatts som planerat utan legat kvar över sommaren och således kommit att ligga under den nylevererade torven.

## 1.9 Räddningstjänsten

Larm inkom till SOS-centralen i Uppsala den 16 november kl 03.49 genom ett telefonsamtal från driftcentralen vid UEAB. Under uttryckningen fick räddningsstyrkan besked över radio om att även det automatiska brandlarmet utlöst. Den styrka som ryckte ut till platsen utgjordes av en brandingenjör som räddningsledare samt en brandmästare, två brandförmän och nio brandmän. Styrkans sammansättning överensstämmer med kommunens räddningstjänstplan.

Vid räddningsskårens framkomst iaktogs att några fasadplåtar skjutits loss till höger om västra porten och låg spridda på marken intill. Räddningsledaren har uppgett att han från en position stående i lagrets västra port iakttog rök i hallen och öppen brand inom en begränsad del uppe på torvhögen på motsatta sidan av lagret. Då

räddningspersonalen tagit sig runt lagret för att kontrollera detta hade branden tilltagit i omfattning och utbredningen ökade successivt.

Enligt räddningsledaren var taktiken inledningsvis att släcka ytbranden för att kunna begränsa skadan till den djupbrand som antogs ligga inom avsnittet mellan pelarna 7 och 9. Avsikten var därefter att branden skulle släckas samtidigt som en lämpning av lagerinnehållet genomfördes.

Till en början skedde släckningen manuellt av räddningspersonalen med vatten från strålrör. Försök gjordes även att använda den rörliga bandgångens sprinkler ovanför torvhögen. Sektionen var som tidigare beskrivits avstängd på en ombyggnadsarbeten vilket innebar att tid gick till spillo innan räddningspersonalen uppmärksammade detta.

Lagret rökfylldes snabbt trots att all brandventilation öppnats. Rökdykarna hade därför svårigheter att orientera sig och att lokalisera brandhärden uppe på torvhögen. Effekten av släckningsarbetet blev därigenom begränsad. Efter hand konstaterades att det brann kraftigt kring centumpelaren trots att sprinklern till denna sektion hade öppnats. Brandpersonalen förberedde också manuell vattengivning från taket genom ventilationsluckorna.

Branden ökade trots åtgärderna i omfattning. Efter hand bedömdes personriskerna vara för stora att vistas i byggnaden varför räddningspersonalen beordrades ut ur byggnaden och ner från taket. Begränsningsarbetet skedde därefter från utsidan med vatten- och tungskumgivning.

Lättskumanläggningen, som var avsedd för släckning av ytbränder, användes i ett mycket sent skede i samband med att lagret utrymdes av räddningspersonalen. Räddningsledaren har motiverat detta med att ytbranden tidigt var så omfattande och att han bedömde att lättskummet på grund av flamutbredningen inte skulle ge släckeffekt. Hålet i lagersidan efter rökgasexplosionen skulle även göra att skummet rann ut ur byggnaden. Han dröjde således medvetet med att använda utrustningen. När lättskumanläggningen väl startades gav den ingen släckeffekt eftersom branden då var alltför omfattande.

Räddningsarbetet inriktades därefter på att begränsa brandspridning och skydda omgivningen, innebärande bandgångarna till och från lagret, ett pumphus och en cistern innehållande torv.

Omfattande resurser för släckning med vatten och skum byggdes upp. Allteftersom arbetet fortgick lämpades torvresterna från lagret till en intilliggande plan som insatsplanen föreskrev. Lagrets stålstomme monterades samtidigt ner.

Stora maskinella entreprenadresurser inkallades för transport av sand för skyddstäckning av torvhögen, för torvtransport och för nedmonteringen av stålkonstruktionen. Under det mest intensiva skedet arbetade samtidigt ca 150 personer varav 60 brandmän på platsen. Ett 70-tal fordon användes. Behovet av mobila skum- och vattenkanoner säkerställdes av räddningskårerna från Arlanda och F16. Samverkan

skedde med räddningskårerna kring Uppsala som skickade personal- och materielresurser. Räddningsskolan i Rosersberg bidrog med motorsprutor och slang. 40 ton skumvätska användes. Under första veckans släckningsarbete åtgick 10.000 m<sup>3</sup> vatten/dygn och därefter ca 2000 m<sup>2</sup>/dygn.

Arbetet med bortforsling och släckning av torvresterna pågick till månadsskiftet februari/mars 1991, tre och en halv månad efter det att branden brutit ut.

### **1.10 Skador**

Inga personskador inträffade på grund av branden.

Lagerbyggnaden totalförstördes. En del av det inneliggande torvlagret brandskadades. Av totalt 76 000 ton torvbriketter brann 5 000 ton upp, 20 000 blev jordförbättringsmedel, 6 000 ton kördes till Sveg för återbehandling, 34 000 ton användes som bränsle och resten (11 000 ton) deponerades på tipp.

Skadekostnaden beräknas av UEAB uppgå till ca 160 miljoner kronor. I denna summa ingår förlorade värden av lagerinnehåll, uppröjningsarbetet och uppbyggnad av en ny lageranläggning.

Kostnaden för räddningsinsatsen uppgår enligt räddningstjänsten i Uppsala till ca 10 miljoner kronor.

Uppsala kommuns miljökontor och Länsstyrelsen i Uppsala län har uppskattat att den ökande tillförseln av organiskt material till Fyrisån på grund av branden uppgick till totalt ca 300 ton COD, vilket kan jämföras med den totala COD-transporten i Fyrisån under 1990 som uppgick till ca 8000 ton COD. Skadorna av de organiska ämnena är begränsade enligt miljökontoret och Länsstyrelsen, delvis beroende på ett rikligt flöde i ån. Efter den första veckan kopplades dagvattnet om till spillvattensystemet vilket innebar att vattnet leddes via reningsverket.

UEAB har gjort en undersökning av miljöskador som orsakats av brandgaser. Enligt en rapport 1991-03-18 har förbränningen vid mättillfället, ca en månad efter branden, skett med begränsad tillgång till luft och med låg temperatur. Vinden var under perioden från brandens inledning fram till den 28 november sydvästlig. Inga förekomster av dioxiner eller PCB har kunnat påvisas. Halterna av klorbensener och klorfenoler var mycket låga. Halten PAH (polyaromatiska kolväten) var hög. I övrigt har enligt UEAB:s undersökning halterna av stoft, svavel, NO<sub>x</sub> (kväveoxider) och metaller varit låga. Värdena jämförs härvid med utsläpp från andra värmeverk i och omkring Uppsala.

### **1.11 Industriell användning av torv som energislag**

SHK:s expert docent Göran Holmstedt vid Lunds Universitets brandtekniska institution har lämnat följande uppgifter angående den industriella användningen av torv som bränsle och därvid även berört riskerna med lagrad torv. Beskrivningen nedan berör flera olika metoder för produktion och förädling av torv.

### 1.11.1 Torvtillgångar globalt

Större delen av världens ca 500 miljoner ha torvmarker finns i ett bälte från Sibirien över Skandinavien och de Brittiska öarna till Kanada. Kanada och Sovjetunionen har vardera ca 150 miljoner ha och har därmed 65 % av världens torvareal. Sverige kommer på sjunde plats bland nationerna med sina 5.4 miljoner ha.

Totala torvtillgången i världen uppskattas till 250 miljarder ton lufttorkad torv (dvs 50 % fuktighet) vilket motsvarar ca 72 miljarder ton oljeekvivalenter.

Länder som tidigare ingick i Sovjetunionen står för den dominerande delen av världsproduktionen. Andra stora torvproducenter är Finland och Irland.

### 1.11.2 Torvtillgångar i Sverige

Utförda torvmarksinventeringar bedömer Sveriges torvmarksareal till ca 5,4 miljoner ha (torv djupare än 30 cm). En areal om 30 000 ha härav skulle åtgå för att producera 10 TWh/år (terrawattimmar) i 20 år vilket angetts som en rimlig nivå i fråga om torvanvändning för 1990 i regeringens energiproposition år 1981. År 1990 bidrog torv till den svenska energiförsörjningen med ca 1,5 TWh/år vilket motsvarade 0,3 % av landets totala energianvändning.

Totalt beräknas nettotillväxten i landets torvmossor uppgå till 12 Twh/år att jämföra med det årliga uttaget på 1,5 Twh.

### 1.11.3 Torvupptagning

När en torvmosse skall brytas sker inledningsvis dikningsarbete, varigenom vattenhalten minskas från ca 90 till 80 viktprocent. Därefter vidtar arbeten med markplanering och ytterligare dikning. Efter ett till tre år kan produktionen av bränsletorv i allmänhet inledas. Frästorteknik är den vanligaste men även slurryteknik förekommer.

#### *Frästorteknik*

Torven skördas med en skördemaskin som fräser upp ett tunt skikt av torven till ett löst pulver som vänds en gång före insamlingen för att påskynda torkningen. Man kan skörda en mosse 10-15 gånger om året.

#### *Slurryteknik*

Pumpning av torv i form av t ex 3 % slurry förekommer även. Störst omfattning har metoden i tidigare Sovjetunionen där slurry pumpas ut på marken för salttorkning. Nära Vancouver har torvslurry pumpats i mer än 55 år och i Sösdala i Skåne gjorde Svensk torvförädling på 1950-talet försök med slurrypumpning i samband med utveckling av våtkolningsmetoden. Pumpningsmomentet kan ske

till låg kostnad men större kostnader uppstår vid slurryberedningen för momenten malning, silning och vattentillförsel samt för vattenrening.

Frästorvtekniken är den billigaste kända metoden men den är mycket väderkänslig och variationer mellan 50 och 150 % av beräknad produktion under skördesäsongen är inte ovanliga.

Pressas i stället den uppfrästa torven ut genom munstycken produceras stycketorv, 1-2 dm långa. Stycketorv, som vanligen skördas årligen 2-4 gånger, är mer regntålig än frästorv.

Soltorkning av torven på produktionsfältet reducerar tukthalten på frästorv till ca 50% och på stycketorv till ca 35%.

#### 1.11.4 Lagring och transport

Torven buffertlagras vanligen i stora stackar i närheten av mossen. Stacktorven utgör en form av årslager varifrån den transporteras vidare med lastbil till värmeverk eller bränslefabrik. Såväl frästorv som stycketorv kan omvandlas till pelletter eller briketter. Den torv som används och lagras vid UEAB bryts, torkas, briketteras och kyls i torvförädlingsfabriken i Sveg för att man skall uppnå följande: låg och jämn fukthalt, ca 10 %, minskad transport av vatten samt minskad dammning och explosionsrisk m m. Bränslefabrikerna levererar i sin tur pelletter och briketter till förbränningsanläggningar. Leveransen sker med lastbil eller med järnväg i den mån förbränningsanläggningen är placerad på avstånd från mossen. Vid förbränningsanläggningarna lagras större mängder torv då produktionen av torv sker under den varma årstiden och behovet av energi är störst under vinterhalvåret. När lagren är som störst kan de innehålla avsevärda torvmängder. Det största lagret i Sverige var det i Uppsala innehållande 76 000 ton torvbriketter och med ett maximalt lagringsinnehåll av drygt 100 000 ton. Andra lager i Sverige har innehållit upp till 20 000 ton briketter.

Anläggningar för torvbränslehantering finns på flera håll i världen, bl a i Finland, Ryssland och Irland. Till skillnad mot anläggningen i Uppsala är dessa anläggningar belägna nära torvtillgångar varför det här inte finns behov av långa transporter och mellanlagring.

#### 1.11.5 Förbränningsanläggningar

Energitorv används i huvudsak för produktion av fjärrvärme. En mindre produktion av elkraft förekommer dock även i kommunala kraftvärmeverk. 1986 utgjorde den totala installerade elkapaciteten i Sverige, producerad av inhemska bränslen varav en del är torv, ca 184 MW, att jämföra med en total installerad elkapacitet på ca 33 000 MW.

#### 1.11.6 Risk för brand och explosion vid torvhantering

Då fukthalten i torv understiger ca 40 % börjar torven ge upphov till torvdamm och blir därmed mycket brandfarlig och lättantändlig. Brandspridningen kan i lager vid blåst bli mycket snabb. Utomlands har det inträffat att maskiner som befunnit sig i vindriktningen inte hunnit undan och maskinförare innebränts. Finfördelad torv, i form av damm med medeldiametrar under ca 100  $\mu\text{m}$ , har vid ett flertal tillfällen gett upphov till dammexplosioner i den fortsatta hanteringen t ex vid torkning, vid transport och i torvsilos. Med hänsyn till risken för dammexplosion har omfattande studier gjorts i fråga om övre och undre brännbarhetskoncentration, maximal tryckstegringshastighet, maximal tryckkokning och minimiantändningsenergi för torvdamm med olika storleksfördelning, fuktinnehåll och humifieringsgrad. Dimensioneringsunderlag för skydd av processer och byggnader för dammexplosion med hjälp av tryckavlastning föreligger även.

Torv är ett relativt effektivt bränsle och det är naturligt att brytning, transport, bearbetning och lagring av torv medför stora brandrisker.

#### 1.11.7 Risk för antändning i torvlager

Torven antänds förutom av yttre tändkällor som maskiner, redskap, rökning m m även genom självantändning. Självantändningsrisken måste särskilt beaktas vid långvarig lagring av torv. Självantändning i större lager kännetecknas av att den pågår under en lång tid, vanligen veckor till månader. När lagret antänts är det få material som är så svåra att släcka som torv.

#### 1.11.8 Förloppet vid en självuppvärmning

En första svag uppvärmning i ett torvlager framkallas av olika fuktighet inom lagret. Genom fuktighetsutjämning friställs fuktande värme. Om denna till följd av torvens dåliga värmeledande förmåga ej tillräckligt snabbt leds bort inträder en temperaturförhöjning, särskilt på de ställen i lagret där upplagrat finmaterial bildar en värmeuppdämning. I begynnelsestadiet av en självuppvärmning förmår även fysikalisk-kemiska processer såsom sammankrympning av torvkolloider och upptagning av syre att medverka till obetydliga värmeförhöjningar.

Vid förhöjning av temperaturen börjar mikroorganismer att utveckla sin verksamhet i det fuktiga materialet med hög halt av nedbrytbara och lätt hydrolyserbara (ombildningsbara till vatten) organiska kol- och kväveföreningar. Den mikrobiella aktiviteten främjas ytterligare om det finns större andelar av ännu ej nedbrutet växtmaterial i torv. Temperaturen stiger härvid ytterligare och först vid 75°C avtar de biologiska nedbrytningsprocesserna.

De första kemiska förändringarna inställer sig redan vid 60°C och är i hög grad beroende av torvarten och ursprunget. Den vedertagna förklaringen är att pentoser oxideras till lågmolekylära karboxylsyror eller till vatten och koldioxid under värmeutveckling. Om den totala halten lätt hydrolyserbara pentoser är för



stor uppkommer allvarlig självupphettning. Hastigheten hos reaktionerna stiger vid närvaro av vissa metallföreningar, särskilt tvåvärt järn.

Starkt självupphettningsskänsliga är:

- starr- och vitmosstorv från aapa-myrrar
- låghumifierad vittmosstorv från högmossar.

Det följer en ökning av självupphettningstendensen med:

- aapatorvslag med hög halt av monosackarider
- torv med hög halt av pentoser
- torv med hög mineralhalt.

Självupphettningstendensen minskar med ökande humifiering (ej starrtorv och vasstorvslag).

I samband med oxidationsprocesserna kan det bli våldsamma temperaturstegringar upp till 160°C och mer. Vid högre temperaturer sker en stor flyktavgång varvid stora mängder brännbara gaser produceras och torvlagret blir en "förgasningsanläggning", figur 1.

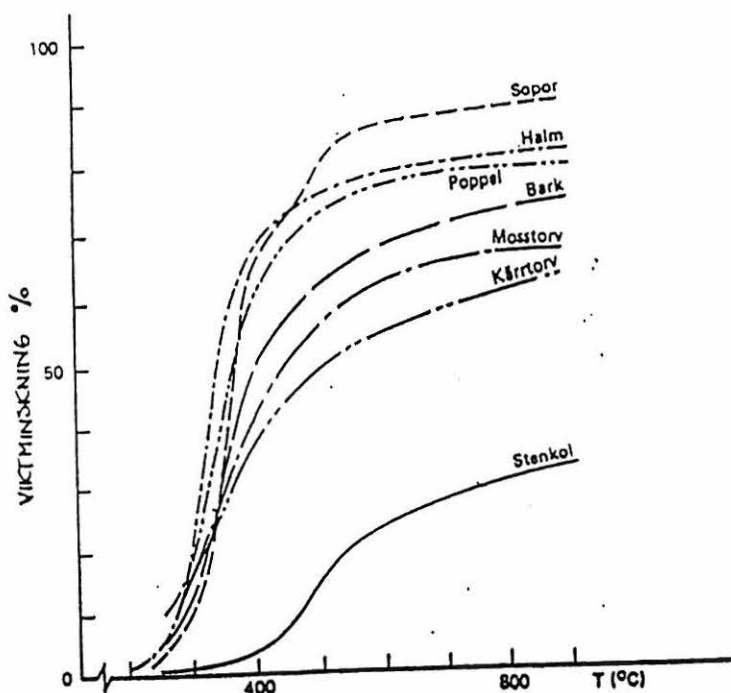


Fig 1 Flyktavgång vid upphettning av olika bränslen

I samband med självuppvärmningsprocessen bildas det kemiska föreningar, som utöver en temperaturmätning kan ge indikation på att en icke önskvärd självupp-

värminingsprocess pågår. Innan självuppvärmning inträder är stapelluftens sammansättning nästan densamma som atmosfärluftens (21 % O<sub>2</sub>, 78 % N<sub>2</sub>, 0,2-0,5 % CO<sub>2</sub>), vattenånga ej inräknat. I samband med självuppvärmningsprocessen börjar innehållet av vissa kemiska föreningar öka samtidigt som syrgashalten börjar minska. Följande ändringar är belagda:

- koldioxid ökar
- syrahalten ökar (ph minskar)
- lösliga mineralbeståndsdelar ökar (salter)
- askhalten ökar
- lukten från torven förändras.

Man kan observera att det under denna första självuppvärmningsfas inte påvisats någon bildning av kolmonoxid, väte eller metan i spaltgasen.

#### 1.11.9 Brandförlopp efter självantändning

I detta stadium har temperaturen i en del av den lagrade torven blivit så hög att stora mängder pyrolysoxidprodukter (oförbrända brandgaser alstrade efter uppvärmning av materialet) producerats. Antändningsförloppet har då passerat en kritisk nivå då åtgärder för att släcka branden ofta blir otillräckliga. "Förgasningsanläggningen" som uppstått ligger vanligen flera meter ner i lagret, dess volym ökar stadigt och dess läge är svårt att lokalisera. Vid utomhuslagring leds pyrolysgaserna bort med vinden tills dess att koncentrationen av brännbara gaser som lämnar stacken blir så stor och temperaturen så hög att de antänder. Vid inomhuslagring kan brännbara gaser ansamlas och i samband med fördröjd antändning förorsaka en tryckökning (gasexplosion) inne i byggnaden som medför att delar av inneslutningen kan rämna.

En släckinsats med vatten när man nått detta stadium är ofta verkningslös. Gasflammar som släckts med en vattenspray återantänder nästan omedelbart då vattenpåföringen tas bort. Glödhärden är ofta svår att lokalisera och beroende på lagerytans storlek kan det inträffa att vattentillgången inte räcker för en total täckning (behov uppskattningsvis 10-20 l/m<sup>2</sup> . min). Vatten kan emellertid med framgång användas för att skydda känslig utrustning som transportörer och kranar. Vattentillförsel förorsakar även att fukthalten i lagret blir ojämn vilket ökar risken för att en ny självantändning på sikt kan uppstå i de av brand opåverkade delarna av lagret.

Den effektivaste åtgärden tycks vara att försöka lokalisera glödhärden och mekaniskt schakta bort torvmassor så att glödhärden isoleras. Detta underlättas om lagret är relativt långt i förhållande till bredd och höjd. Möjligheten till effektiv schaktning är starkt begränsad i cylindriska och halvsfäriska lager och påverkas även av lagerbyggnadens konstruktion vid inomhuslagring.

#### 1.11.10 Faktorer som påverkar risken för självantändning i torvlager

Flera faktorer påverkar risken för självantändning, faktorer som bör beaktas vid dimensionering av torvlager. Följande betingelser kan leda till självantändning i torv:

- Lagring av material i stora kvantiteter

Värmeförluster från ytan till omgivningen minskar relativt värmeproduktionen då volymen i ett lager ökar. Ju större lagret är desto lägre blir den omgivningstemperatur vid vilket lagret självantänder. Med hjälp av småskaleförsök och s k självantändningsteorier kan man beräkna geometrins inverkan på självantändningsprocessen. Teorierna tar emellertid inte hänsyn till transporten av syre i lagret vilket medför att ett sådant bedömningssätt blir osäkert. Mycket stora torvlager är alltid termiskt kritiska, dvs på sikt inträffar en självantändning om inte omsättningen i lagret är tillräckligt stor. Tidsförloppet för en självantändningsprocess i ett stort lager kan variera från veckor till flera år.

- Lagring av uppvärmt material

Material, som lagras uppvärmt, kommer eventuellt inte att kylas till omgivningens temperatur. Detta kan resultera i att en självuppvärmningsprocess startar kring det uppvärmda materialet. Torv värms upp vid mekanisk sönderdelning eller kompaktering, t ex vid brikettering.

- Lagring av torv med olika egenskaper

Olika torvsorter har mycket varierande självuppvärmningsbenägenhet. Närvaron av föroreningar, t ex järnföreningar, kan öka risken för självuppvärmning.

- Lagring i miljöer med varierande fukthalt

Vattnets inverkan på materials självuppvärmning är mycket komplex. Små vattenmängder ökar oxidationshastigheten i många material och därmed risken för självantändning. Vatten ökar emellertid även värmeledningsförmågan och minskar därmed risken för självantändning. Högt vatteninnehåll kan öka tillväxten av levande organismer och medföra biologisk självuppvärmning. Många organiska material är hygroskopiska (fuktupptagande) och innehåller ca 15% vatten. Om dessa material torkas kan värme frigöras när vatten återabsorberas från atmosfären och därmed bidra till självantändning.

- Lagring vid olika ventilation

Ventilationens inverkan på torvens självuppvärmning är komplex. Ventilationen leder bort värme vilket minskar risken för självuppvärmning samtidigt som den bidrar med syret till oxidationsprocesserna och därmed ökar risken för självuppvärmning. Ventilationen är dessutom beroende av ett flertal faktorer, som lagrets

porositet (speciellt ojämnheter inom lagret), inneslutning, mekanisk ventilation m m.

## 2 ANALYS

### 2.1 Brandförloppet

Lagret innehöll vid brandtillfället 115.000 m<sup>3</sup> torv. Torvhögen var ca 17 m hög med en diameter av 120 m och var innesluten i en byggnad av i huvudsak oskyddat stål i sina bärande delar.

Av driftpersonalens beskrivning framgår att en brandgasexplosion inträffat ovanför torvpartiet. Explosionen har varit relativt långsam och har gett ett måttligt övertryck. Blandningsförhållandet bränsle/luft har troligtvis varit magert. Övertrycket har slitit bort fasadplåtar med en yta av ca 10 m<sup>2</sup>. Fläktarna har sannolikt förflyttats av snabba gasrörelser i anslutna kanaler.

Det förhållandet att fasadplåtar trycktes ut har fungerat som tryckavlastning. Drifttekniker som från lagrets utsida har iakttagit det hela har uppgett att lagret "jämrade" sig och att eld och gnistor slog ut från varenda skarv, även från taket. De säger sig inte ha känt några övertryck trots att en av dem befann sig mycket nära. Däremot beskrivs förloppet som våldsamt. Förbränningsförloppet har med all sannolikhet förlängts av förekomsten av torvdamm i lagret så att rökgasantändningen övergått i en dammexplosion utan egentlig gränsskillnad i övergången. Det går inte i efterhand att exakt fastställa initialbrandens uppkomst eller platsen för denna men iakttagelserna tyder på att en självantändning inträffat 10-15 m från ytterväggen mellan pelarna 7 och 9 och att branden inleddes där. Branden uppstod sannolikt i ett bottenlagrat, äldre parti torv med särskilda förutsättningar för självantändning.

Uppgifterna från driftpersonalen att man upptäckt en rökpelare som steg upp ur torvhögen visar att pyrolysgaser producerats. Vid denna tidpunkt hade redan en varm kärna bildats någonstans nere i lagret. I denna varma kärna hade temperaturen nått över 160°C och torven troligtvis börjat glöda. Vid dessa temperaturer förgasas en stor del av den uppvärmda torven. De producerade gaserna är dock, trots att de vid dessa högre temperaturer innehåller både vätgas (H<sub>2</sub>) och kolmonoxid (CO) samt ytterligare några lätta gaser, tyngre än den omgivande luften p g a att de innehåller tyngre organiska föreningar. Av termiska skäl stiger luften i omedelbar närhet av själva härden men kyls mycket snabbt av täckande bulkmaterial varefter den driver åt sidan och avgår nedåt. Därvid kan den komma att delvis återsugas till härden varvid dess syretillförsel begränsas och brandutvecklingen försenas. Brandtillväxten begränsas till dess en "termisk korridor" till bulkmateriallets yta etablerats. Detta förlopp är mycket långsamt. Sedan väl "skorstenen" organiserat gasavgången ökar syretillförseln och därmed brandeffekten snabbt och det dröjer inte länge innan övertändning sker. Den mängd brännbar gas, som av termiska skäl funnits ovanför bulkmateriallet, har troligen varit måttligt jämfört med den på lägre nivåer ackumulerade. Den nu beskrivna

processen har föregåtts av en självuppvärmning som troligtvis pågått i veckor eller månader utan att upptäckas.

## 2.2 Brandorsaker

En orsak till att en självantändningsprocess startat och accelererat kan vara lagrets höjd och kompakta form. Andra bidragande orsaker kan vara:

- \* Lagret hade vid brandens utbrott maximal volym och därmed mycket låg självantändningstemperatur.
- \* Torvbriketter från ett äldre parti har legat kvar under lång tid och gett betingelser för självantändning.
- \* Torvbriketter som tillförts lagret kan ha varit särskilt självantändningsbenägna, t ex genom att briketterna ej kylts tillräckligt innan de tillfördes lagret eller genom att torv kvaliteten varierat eller förorenats.
- \* Fukt kan ha tillförts lagret.
- \* Ventilationen eller porositeten i lagret kan ha ändrats.

Av utredningsmaterialet kan man ej dra några bestämda slutsatser om vilken av eller vilken kombination av ovanstående orsaker som mest bidragit till att en självuppvärmningsprocess accelererat men sannolikt har den kvarliggande äldre lagerdelen medverkat till tändningen i ett första skede.

## 2.3 Insatsplanen

Räddningstjänsten och UEAB hade i insatsplanen bedömt att en brand i torvhögen skulle kunna hanteras genom kylning med vatten, täckning med lättskum, sandfyllning och lämpning. Lämpningen innebar i det här fallet att oskadad torv skulle transporteras bort från högen så att branden under hand kunde isoleras och brandpåverkad torv kunde friläggas. Branden skulle därefter släckas med vatten. För att möjliggöra arbetet med bortforsling och släckning var det tänkt att lättskumanläggningen under tiden skulle användas för att förhindra eller dämpa en ytbrand uppe på högen.

Den brand som till en början bedömdes vara en ytbrand var en kombination av en pyrolysgasbrand längre ner i lagret och en brand i ytskiktet. Mot en sådan typ av brand där man ej kan nå pyrolysgasgeneratorn, är påföring av vatten eller vatten med vätmedel verkningslös om den inte kan upprätthållas över större delen av ytan under en längre tid. En total täckning av torvlagret med 10 till 20 l/m<sup>2</sup> . min, vilket varit nödvändigt, ger helt realistiska påföringsmängder. Bara 3 l/m<sup>2</sup> min. fanns tillgängligt.

Trots att man tidigt vid den aktuella branden visste ungefär var branden uppstått skulle en lämpning av den aktuella lagerdelen inneburi att man behövt trans-

portera bort minst 20.000 m<sup>3</sup> (13.000 ton) torv innan en isolering av det från början aktuella avsnittet kunnat ske. Arbetet skulle ha behövt göras med pågående brand på platsen och förmodligen krävt många dygns kontinuerlig transport. Under tiden hade branden spridit sig i lagret och långt tidigare inneburet att arbetet fått avbrytas på grund av värme, brandgaser och risk för kollaps och ras av stålkonstruktionen. Dessutom saknades helt sektioneringar i lagret som kunnat bidra till att begränsa brandspridningen. Den höga temperatur som under hand genererats skulle redan efter uppskattningsvis några timmar brutit ner det täcke av lättskum som var tänkt att läggas uppe på högen för att hålla nere ytbranden.

Det taktikscenario med lämpning och släckning som räddningstjänsten och UEAB skisserat passade för ett annat brandförlopp. Det fanns inga rimliga möjligheter att genomföra ett räddningsingripande enligt denna plan i den uppkomna situationen med en djupt liggande glödbrand. I huvudsak berodde detta på att lagrets enorma storlek, dess geometriska form och bristen på sektionering gjorde ett lämningsförfarande alltför komplicerat.

## 2.4 Projekteringen

Kunskaperna i Sverige och i utlandet om riskerna med storskalig lagring av torv har varit begränsade. Betydande likheter finns emellertid med riskerna vid lagring av andra organiska material som kol där erfarenheterna går tillbaka lång tid. Kol är samtidigt mindre benäget för självantändning än vad torv är. I slutet av 1980-talet ökade kunskaperna om de biologiska och biokemiska processer som orsakar förhöjda temperaturer i torv och man har idag betydligt bättre kunskap än tidigare om riskerna med storskalig lagring.

När torvlagret i Uppsala projekterades sökte man inledningsvis samla den kunskap och erfarenhet som fanns i Sverige och utomlands men de uppfattningar som redovisades var inte entydiga. Inom UEAB fanns ett önskemål att lägga lagret nära värmeverket vilket innebar att man hade en begränsad tomtyta till sitt förfogande. Det framgår att UEAB bl a sökt argument för att kunna lagra högre än vad som hittills varit praxis för att kunna rymma en stor volym på en begränsad area. Vanliga lagringshöjder var och är fortfarande sex till tolv meter för lagring av organiska material såsom kol, flis eller torv medan Uppsalalagret kom att bli 17 meter högt. Lagringen sker normalt i åsar. UEAB övervägde möjligheten att förlägga torvlagret söder om Uppsala för att kunna lägga torven i åsar med lägre höjd men valde bort detta alternativ av praktiska och ekonomiska skäl.

I rapporter som inhämtades vid projekteringen kan utläsas en skepsis mot hög lagring eftersom risken för kritiska processer ökar med högre lagringshöjd. Vidare angavs vikten av att sektionera lagret för att kunna begränsa en eventuell brand. Behovet av tidig detektering av förhöjd temperatur betonades särskilt. Synpunkterna framfördes dock försiktigt beroende på att kunskapsläget var begränsat och formulerades snarare som råd än som bestämda uppfattningar. Underhand som denna undersökande del i förprojekteringen pågick verkar det

som att man från UEAB:s sida alltmer drog slutsatsen att det förhållandet att riskerna med torvlagring inte var klarlagda innebar att man inte behövde ta hänsyn till dem. De lagringsekonomiska övervägandena verkar därför ha tagit över efter hand och i slutskedet kommit att styra projektutformningen.

Räddningstjänsten i Uppsala kommun medverkade från ett tidigt stadium i förprojekteringsarbetet och gavs tillfälle att kontinuerligt delta i de undersökningar som föregick den slutliga lagerutformningen. Trots de betänkligheter som måste antas ha rått inför projektet framförde räddningstjänsten i sitt remissyttrande till byggnadsnämnden inte några principiella uppfattningar om lagrets placering och utformning.

SHK vill i sammanhanget betona vikten av att en handläggares roll som rådgivare i en projekteringsgrupp hålls isär från hans myndighetsgranskande uppgifter. Det finns annars en risk att, allteftersom samarbetet fortskrider, det kritiska granskandet träder i bakgrunden. Risken är särskilt påtaglig om projektet är långvarigt, komplicerat och kräver okonventionella brandtekniska lösningar.

Bristen på referensmaterial avseende torvlagring har försvårat för UEAB och de lokala myndigheterna att åstadkomma en säker anläggning. Men enligt SHK:s mening fanns för dem liksom för de experter som konsulterats möjlighet att bättre analysera och tillgodogöra sig de erfarenheter som ändå fanns tillgängliga när projekteringen skedde. Erfarenheterna från lagring av andra organiska material talade entydigt för lagerhöjder om maximalt tio till tolv meter. Lager av stenkol har sedan lång tid som princip inte gjorts högre än tolv meter på grund av risken för självantändning. Stenkol är dessutom betydligt säkrare än torv ur självantändningssynpunkt. Samma erfarenheter säger även att lagringen helst bör göras i form av åsar så att man enkelt kan skära av lagret vid en brand och förhindra vidare spridning. Dessa erfarenheter borde ha lett till att man åtminstone sektionerat torvhögen i delar så att en brand kunnat begränsas. I stället har man, av ekonomiska eller andra skäl, i beslutsskedet bortsett från de säkerhetssynpunkter som starkt talade mot lagrets slutliga utformning.

SHK vill i anslutning till detta framhålla att räddningstjänsten, vid en granskning av det komplicerade slag som det här var fråga om, borde ha utnyttjat organisationens hela brandtekniska kompetens. Räddningstjänstlagens 8 § ger möjlighet att i förbyggande verksamhet utnyttja även andra kommuners resurser. Det innebär att man vid brandtekniskt komplicerade bedömningar kan ta tillfällig hjälp av kompetens i andra kommuner. Räddningsverket bör kunna ge anvisning om var sådan specifik kompetens finns tillgänglig från fall till fall och även kunna bistå med eget kunnande.

Vad sedan gäller den samlade brandtekniska lösningen vid projekteringen har de enskilda åtgärderna var för sig varit mer eller mindre motiverade men tillsammans inte gett tillräcklig effekt. Detta får tillskrivas lagerutformningen där det med lagrets enorma storlek och brist på sektionering egentligen saknats möjligheter att skapa en god brandteknisk lösning.

## 2.5 Enskilda brandtekniska installationer

Enligt uppgifter till SHK från räddningstjänsten och UEAB har detektionssystemen tillkommit för att tidigt upptäcka:

- \* förhöjd temperatur i torven
- \* förekomst av kolmonoxid (CO)
- \* rök i lagerhallen och
- \* brand i bandgångarna.

Sprinklerinstallationerna har tillkommit för att stabilisera centrumpelaren och för att släcka en brand i bandgångar och transportörer. Lättskumanläggningen har installerats för att dämpa eller släcka en ytbrand och för att underlätta ett lämpningsarbete vid släckning av en ytbrand och dämpning av en brand i torvhögen.

Det saknas en samlad dokumentation över installationerna med redovisning av förutsättningarna för de brandtekniska åtgärderna och den avsedda brandtekniska effekten. En sådan samlad brandteknisk dokumentation borde efterhand ha fogats till bygglovhandlingarna så att man exempelvis vid ombyggnader kunnat utläsa utgångspunkterna vid projekteringen.

De sprinklerinstallationer som fanns i lagret var utformade som punktskydd i huvudsak för bandgångar. Dessa installationer har inte utgjort ett tillräckligt skydd för lagerinnehållet eller byggnaden och har inte heller underlättat släckningsarbetet. Syftet med installationerna av bandgångarna har inte heller varit detta utan i första hand att släcka en brand som uppstått på transportbanden. Den avstängda sprinklersektionen, som inledningsvis upptog tid för räddningspersonalen, har inte kunnat påverka brandens utveckling mer än att den om den fungerat förmodligen fördröjt ytspridningen något. Däremot upptog arbetet med att få i gång sprinklerna onödig tid för räddningspersonalen.

Lagret var i taket försett med brandventilation som under de första timmarna ventilerat värme och brandgaser på sätt som åsytats. Efter hand som branden utvecklats har dock ventilationen blivit otillräcklig.

Lagret var vidare försett med ett CO-larm för att tidigt detektera förbränningsprodukter. Under den första självuppvärmningsfasen bildas enligt vad som är känt ingen kolmonoxid. I ett senare stadium före antändning bildas så små mängder att detektering ej är möjlig i ett ventilerat lager. Efter antändning blir däremot CO omedelbart en utmärkt spårgas.

Temperaturindikatorn placerad invid centrumpelaren visade vid tiden före branden inga förhöjda temperaturer. En sådan indikator har ett mycket begränsat detektionsområde och känner inte temperaturförhöjningar utanför sin "lokala



zon". Branden som inleddes ett trettio-tal meter från indikatorn har följaktligen inte indikerats. Därtill hade krävts betydligt fler mätställen. Hade en indikator funnits i området mellan pelaren 7 och 9 hade en förhöjd temperatur förmodligen kunnat noteras långt innan branden inträffade.

Det automatiska brandlarmet var utformat med rökdetektorer i lagerhallen och med värmedetektorer lokalt utefter en bandgång. Rökdetektorerna bestod av joniserande och optiska rökdetektorer. Torvdamm kan ha påverkat detektorerna, särskilt de optiska, och minskat känsligheten. Anläggningen kände inte av den inledande pyrolysisbranden trots att det enligt driftpersonalen syntes rök i hallen vid upptäckten av branden. Detta har förmodligen berott på att detektorerna inte var placerade i olika nivåer för att kompensera temperaturskillnader i luftmassorna uppe vid taket. Exakt tid för larm i förhållande till övertändningen har inte gått att fastställa. Först i samband med den kraftiga övertändningen torde installationen ha gett larm. Med hänsyn till torvmassornas omfattning och brandens art och läge långt ner i torvhögen hade emellertid ett tidigare brandlarm knappast påverkat möjligheterna till släckning.

Lättskumanläggningen kunde inte ha begränsat skadan eftersom brandförloppet blev väsentligt olikt det som anläggningen dimensionerats för. En brand i en torvhög ger upphov till mycket höga temperaturer och får en relativt snabb spridning även om man på toppen avskiljer torven från luften. Att fördröja en ytbrands utveckling på det avsedda sättet är säkert möjligt men bara om den ursprungliga brandhärden är begränsad. Statens provningsanstalt har i sin rapport framhållit fördelar med lättskum som släckmedel. Rapporten var dock framtagen för att täcka andra brandscenarier och lagringsförutsättningar än dem som rådde vid brandtillfället. Det går inte att använda nämnda släckmetod vid brand i torv med stor volym eftersom porylysgaser ständigt bildas och eftersom genereringen inte kan stoppas även om en mycket omfattande påföring av skum sker. Vid små modellförsök uppnås förmodligen släckeffekt men detta är inte överförbart på det verkliga förhållandet med 115.000 m<sup>3</sup> torv i ett högt lager.

## 2.6 Räddningsinsatsen

SHK:s bedömning är att en djup brand i torv med 17 meters lagerhöjd inte kan släckas på det sätt som taktikscenariot förutsatte. Räddningstjänsten hade enligt SHK:s mening därför inte någon praktisk möjlighet att släcka branden eller begränsa skadan. De försök som inledningsvis gjordes hade inte lyckats även om man använt andra metoder eller förfogat över en större räddningstyrka från början.

Bedömningen kl 07.00 att torvladan betraktades som förlorad var helt riktig och kunde ha gjorts omedelbart efter pyrolysgasexplosionen om man insett att det var fråga om ett självantändningsförlopp med en djupt liggande oåtkomlig brandhård som snabbt växte i storlek.

Räddningstjänstens uppgift därefter, nämligen att förhindra ytterligare spridning och att organisera det mycket omfattande arbete som släckningen sedan inne-

bar, har man löst på ett mycket bra sätt tillsammans med UEAB, kommunala och statliga resurser samt enskilda företag.

Utnyttjandet av resurserna sammantaget har varit effektivt och samordningen mycket god. Särskilt kan framhållas den väl organiserade ledningen av arbetet, uthålligheten och ett tidigt utnyttjande av regionala resurser.

## 2.7 Miljöeffekter

De miljöskador som uppkommit som en följd av branden i torvlagret i Uppsala härrör från släckvatten och brandgaser.

Av föreliggande utredning framgår att släckvattnet medförde ett rikligt tillskott av organiskt material till ån under en relativt kort period. Konsekvenserna för vattenkvaliteten i Ekoln har inte kunnat fastställas men är troligen begränsade.

Enligt UEAB:s rapport rörande uppkomna brandgaser medförde dessa ett tillskott av gaser, främst PAH, i området kring brandplatsen. I rapporten jämförs erhållna värden med utsläpp under helt andra förbränningsförhållanden. Mängden och varaktigheten av de luftföroreningar och därigenom de miljöeffekter som uppstått kan därför enligt SHK:s mening inte fastställas med någon grad av sannolikhet.

## 3 UTLÅTANDE

- a) Branden inleddes sannolikt genom självantändning i ett parti torv som lämnats kvar från föregående år. Branden uppstod djupt ner i torvhögen 10-15 meter från ytterväggen. Självantändningsprocessen kan ha pågått under lång tid före branden, upp till ett par månader.
- b) Lagrets höjd och utformning i övrigt medförde en påtaglig risk för självantändning.
- c) Brandens omfattning berodde till stor del på lagerbyggnadens geometriska utformning.
- d) Vid lagerbyggnadens projektering togs inte tillräcklig hänsyn till erfarenheter av risker med hög lagring av andra organiska material än torv.
- e) Vidare saknades vid lagrets dimensionering och utformning i övrigt bedömningsunderlag i fråga om torvens självantändningsbenägenhet med hänsyn till torvqualität och torvens temperatur när den tillfördes lagret samt fuktighet och förekomst av föroreningar i torven.
- f) Några betänkligheter inför lagrets utformning från brandsäkerhetssynpunkt framfördes inte i räddningstjänstens remissyttrande till byggnadsnämnden.

- g) Bygglov kom därför att meddelas på ett otillräckligt bedömningsunderlag.
- h) De brandtekniska installationerna i torvldan saknade praktisk betydelse från brandsläckningssynpunkt.
- i) Det taktikscenario med lämpning och släckning som räddningstjänsten och UEAB skisserat fungerade ej vid den stora lagringsvolymen bl a beroende på avsaknad av sektionering.
- j) Lagrets höjd och utformning i övrigt omöjliggjorde en verkningsfull räddningsinsats. Då räddningstjänsten anlände var lagret i praktiken redan förlorat. Släckinsatsen fick helt inriktas på att skydda kringliggande byggnader och utrustning.
- k) Räddningsresurserna utnyttjades effektivt och samordningen var god på skadeplatsen. Räddningsuppgiften att begränsa brandens spridning utanför torvldan genomfördes väl.
- l) Släckvattnet gav ett rikligt tillskott av organiskt material till Fyrisån under en period. Branden medförde ett tillskott av gaser, främst PAH, i området kring brandplatsen. Det har inte varit möjligt att närmare fastställa miljöskadornas omfattning.

#### **4 VIDTAGNA ÅTGÄRDER**

UEAB har efter branden undersökt olika lagringssystem som ersättning för den lagring som skedde i den totalförstörda torvldan. Ladalternativ har därvid lagts åt sidan av säkerhetsskäl. Tills vidare används ett containersystem.

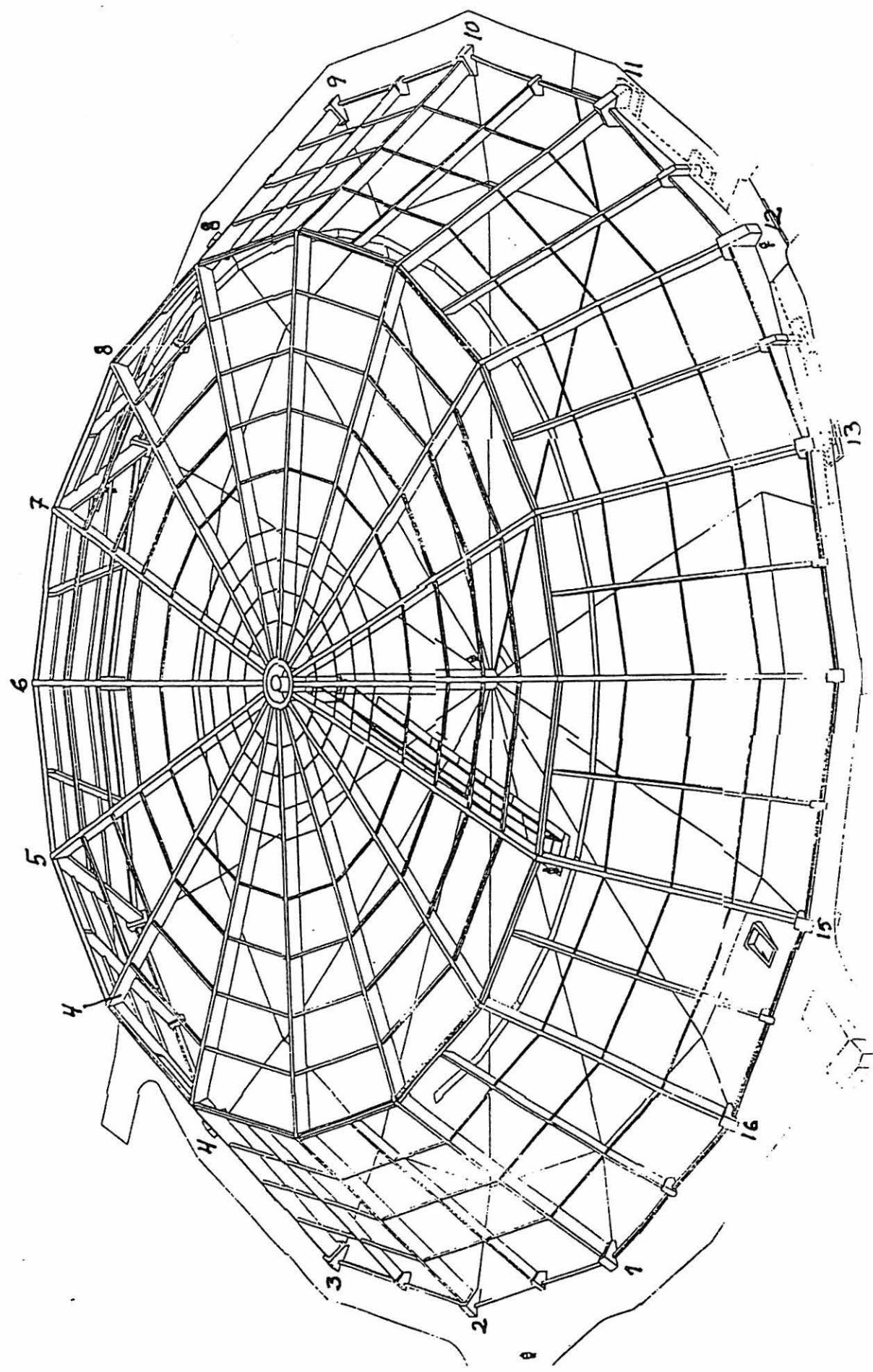
#### **5 REKOMMENDATIONER**

1. Boverket bör i samråd med Statens räddningsverk meddela råd och föreskrifter angående utformningen från brandsäkerhetssynpunkt av byggnader för omfattande biobränslelagring.
2. Boverket bör tillse att i bygglovärenden görs och finns dokumenterad den riskanalys som behövs för byggnadsnämndens prövning från brandsäkerhetssynpunkt.
3. Räddningsverket bör verka för att de kommunala räddningstjänsterna har tillgång till eller uppmärksammas på den kompetens som kan behövas vid avgivande av remissyttranden i komplicerade bygglovärenden.

4. Räddningsverket bör vid utbildning av brandtekniska handläggare understryka att en handläggares roll som rådgivare i en projekteringsgrupp inte får skymma hans myndighetsgranskande uppgifter.
5. Statens naturvårdsverk bör överväga och ge råd om hur effekten av miljöskador skall utredas i nära anslutning till en omfattande brand.

Bilaga

Skiss av lag rbyggnaden



Datum  
2015-05-25

Handläggare  
Sven Ahlgren

Diarienummer  
2015-0196

Generalläkaren  
107 85 Stockholm

## Svar på remiss angående slutrapport om PFAS, Uppsala flygplats, Uppsala kommun

Uppsala Vatten har tagit del av Försvarsmaktens, miljöprövningsenheten, slutrapport med bilagor angående Perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) vid Uppsala flygplats vid Ärna. I slutrapporten redovisas att PFAS från Ärna har spridits till Uppsalaåsens grundvatten och vidare till brunnarna i Stadsträdgården. Det hävdas dock att det bara är en mindre del av mängden PFAS i brunnarna vid Stadsträdgården som har sitt ursprung från Ärna. Uppsala Vatten anser att rapporten i detta avseende har så stora brister att den inte kan ligga till grund för hur stor påverkan är på bolagets brunnar vid Stadsträdgården. När alternativa källor för PFAS redovisas tas ingen hänsyn till om marken är genomsläpplig eller hur grundvattnet strömmar. De viktigaste bristerna i slutrapporten redovisas nedan.

### Grundvattengradienter

I bilaga 1 (huvudutredningen) till rapporten redovisas grundvattennivåer och tryckgradienter för grundvattnet vid tre olika tillfällen för grundvattenrör inne på garnisonsområdet och tre grundvattenrör som ingår i Uppsala Vattens kontrollprogram. Grundvattennivåerna har mätts under perioden juni t.o.m. augusti 2014. Eftersom det saknas mätningar under en hel årscykel ger dessa mätningar inte svar på om de gradienter som redovisas är representativa över en längre period.

Uppsala Vatten mäter grundvattennivån varje månad i de rör som i rapporten kallas UV GV: 1,2,3. Grundvattennivåerna i dessa rör redovisas i **figur 1**. Som framgår av diagrammet varierar grundvattengradientens (grundvattenytans lutning) vid olika årstider. Under vinterhalvåret då den naturliga grundvattenbildningen är som störst är grundvattengradienten från grundvattenrören UV GV:2 och UV GV: 3 mot UV GV: 1 mycket större än de som redovisas i rapporten. Den tydliga grundvattengradienten under vinterhalvåret förklarar varför även rör UV GV:1 innehåller PFAS. Grundvatten från Jumkilsåsen strömmar således tidvis in mot Uppsalaåsen så långt norrut som vid Tunabergsparken. Det är således rimligt att anta att utströmningen av PFAS-kontaminerat grundvatten från Ärna via Jumkilsåsen till Uppsalaåsen är större vid dessa tillfällen än vad som redovisas i rapporten.

#### Uppsala Vatten och Avfall AB

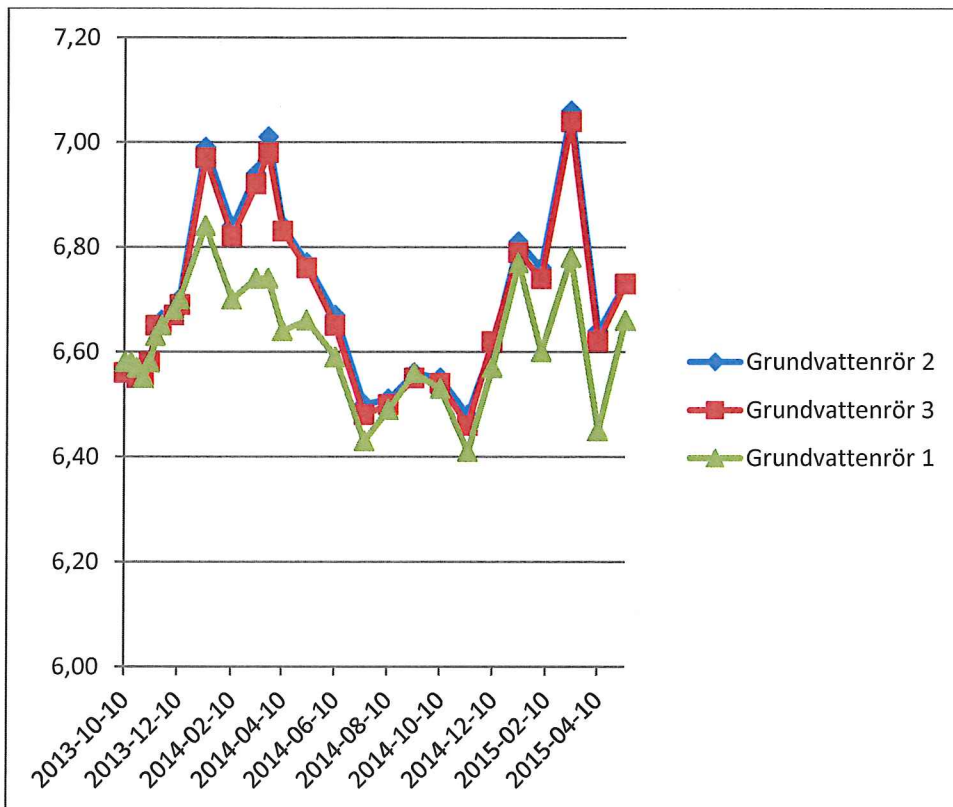
Besöksadress  
Uppsala Business Park  
Rapskatan 7

Postadress  
Box 1444  
751 44 Uppsala

Växel  
018-727 93 00  
Fax  
018-727 93 10  
uppsalavatten@uppsalavatten.se

Kundtjänst  
018-727 94 00  
Fax  
018-727 94 10  
kundtjanst@uppsalavatten.se

Orgnr  
556025-0051  
Hemsida  
www.uppsalavatten.se



**Figur 1**

### Vattenbalans och utspädningsförhållanden

I bilaga 1 till rapporten har grundvattenstömmarna i Uppsalaåsen respektive Jumkilsåsen beräknats. Grundat på dessa beräkningar konstaterar miljöprövningsenheten att högst 10 % av de uppmätta mängderna PFAS i Uppsala Vattens produktionsbrunnar vid Stadsträdgården kan komma från Ärna.

Det antagna flödet i Uppsalaåsen på 1890 l/s är i storleksordningen fem gånger större än det verkliga flödet. Den förstärkning av grundvattenbildningen som sker vid Tunåsens infiltrationsanläggning skulle, vid ett grundvattenflöde i Uppsalaåsen i den storleksordning som anges i rapporten, helt sakna betydelse. Erfarenhet av 60 års drift visar att infiltrationen vid Tunåsen är helt nödvändig för att klara vattenbalansen. Med de erfarenheter Uppsala Vatten har av uttag av grundvatten och infiltration av ytvatten är ett grundvattenflöde på 400 l/s en realistisk storleksordning. Flödet i Uppsalaåsen är förhållandevis konstant eftersom summan av naturlig och konstgjord grundvattenbildning (infiltration) är konstant. När den naturliga grundvattenbildningen minskar ökas den konstgjorda infiltrationen och när den naturliga grundvattenbildningen ökar minskas den konstgjorda infiltrationen.



Hur realistiskt det beräknade grundvattenflödet i Jumkilsåsen är kan inte bedömas med samma säkerhet som för Uppsalaåsen eftersom det saknas motsvarande information. Ett flöde på 100 l/s tycks dock vara i överkant. 25 – 50 l/s är en mer rimlig uppskattning av grundvattenflödet. Flödet varierar mellan perioder med stor grundvattenbildning och perioder med liten grundvattenbildning.

I rapporten görs antagandet att det sker en fullständig inblandning av PFAS-påverkat grundvatten från Jumkilsåsen när detta når Uppsalaåsen. All erfarenhet av hur föroreningar sprids i grundvatten som strömmar är att föroreningarna transporteras med det strömmande grundvattnet i avgränsade stråk. Det innebär att någon fullständig inblandning inte förekommer. Uppskattningsvis blandas det PFAS- påverkade vattnet med 25 – 50 procent av grundvattenströmmen i Uppsalaåsen.

I rapporten har utspädningsförhållandet beräknats till 1:20. Om beräkningen görs utgående från mer rimliga antaganden för grundvattenflöden och inblandningsförhållanden mellan den kontaminerade grundvattenströmmen i Jumkilsåsen och den inblandade delen av Uppsalaåsens grundvattenström, som redovisats ovan, blir inblandningsförhållandet mellan 1:2 och 1:8.

Med de inblandningsförhållanden som faktiskt kan antas gälla kan de halter av PFAS som uppmätts vid Fyrishov och Stadsträdgården helt förklaras med det bidrag av PFAS som uppmätts i Jumkilsåsen och i grundvattnet inom Ärna garnisonsområde. Det kategoriska påståendet att högst 10 % av mängden PFAS vid Stadsträdgården har sitt ursprung från Ärna kan således inte grundas på de beräkningar av rådande utspädningsförhållanden som redovisas i rapporten.

### **PFAS-halternas variation över tid**

I rapporten finns ingen bedömning av hur halterna av PFAS i grundvattnet som strömmar ut från Ärna kan ha varierat från tidpunkten när brandskum innehållande PFAS började användas fram till i dag. Den typen av beräkningar görs t.ex. på uppdrag av Swedavia för Arlanda och Landvetters flygplatser. Eftersom PFOS-haltigt brandskum inte använts i övningssyfte de senaste 20 åren är det sannorlikt att halterna är lägre i dag än tidigare. PFAS transporteras långsammare än det grundvatten det är löst i. De halter av PFAS som i dag pumpas upp i Stadsträdgårdens brunnar kan vara en effekt av högre halter av PFAS i grundvattnet från Ärna än vad dagens provtagningar visar. Utredningen beskriver bara till en viss del en ögonblicksbild av förhållandena inom garnisonsområdet. Detta begränsade tidsperspektivet är en stor brist i utredningen.

### **Alternativa källor till PFAS-innehållet i Uppsalaåsen**

När bedömningen av andra källor till PFAS- innehållet i grundvattnet vid Stadsträdgården och den del av Uppsalaåsen som är påverkad bör mängden av olika PFAS som eventuellt har hanterats vägas in. De mängder ren PFOS och PFHxS som pumpats upp ur brunnarna vid Stadsträdgården de senaste 10 åren och som kan antas finnas ackumulerat i Uppsalaåsens grundvatten uppgår till 5 - 8 kg rena substanser vardera. Dessa mängder





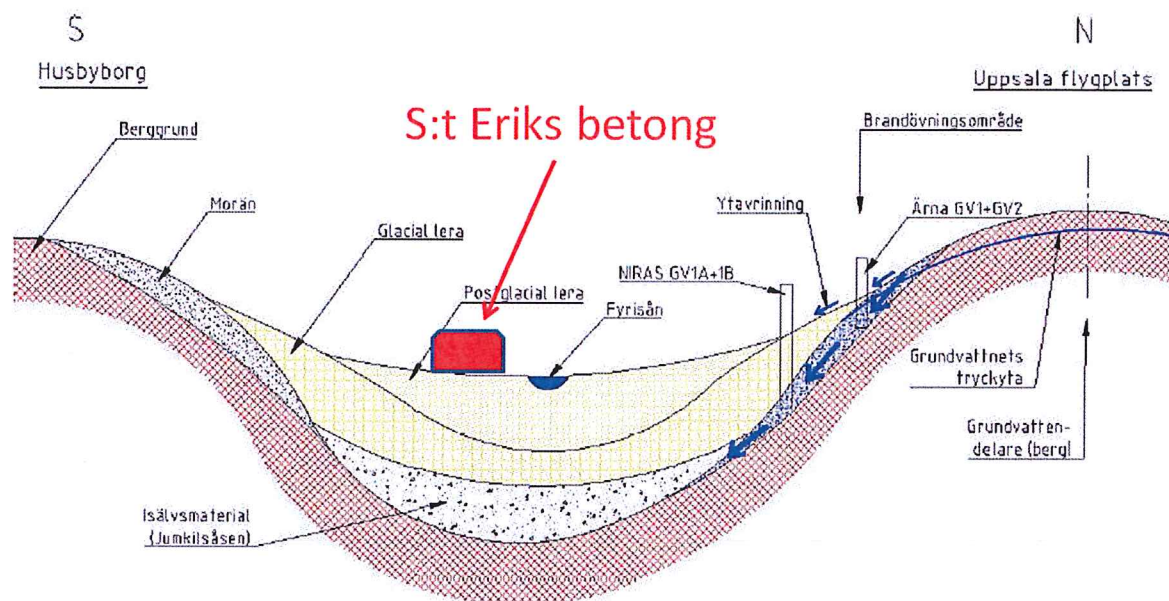
indikerar att det måste vara en verksamhet, motsvarande övningsverksamheten med skummanvändning vid Arlanda, som är källan till spridningen av PFAS. Det kan således inte vara frågan om att brandskum har använts vid något enstaka tillfälle eller annan typ av PFAS-användning under kontrollerade former i byggnader. Enligt bilaga 2 till rapporten råder en stor osäkerhet om hur mycket PFAS som använts inom garnisonsområdet vid Ärna. Uppskattade mängder varierar mellan 16,5 och 105,6 kg PFAS mellan 1970 och 1992. Det står dock klart att det är en tillräcklig mängd för att förklara uppmätta mängder i Uppsalaåsens grundvatten. Det står också klart att halter av PFAS som överstiger 10 000 ng/l har kunnat uppmätas i ett flertal prov på grundvatten inom området. I ett prov på spillvatten som antas vara påverkat att berggrundvatten pumpats till spillvattenledningen innehåller nästan 100 000 ng/l PFAS.

Det är endast vid brandövningsplatsen vid Viktoria som motsvarande halter kunnat uppmätas. Med hänsyn till grundvattnets strömningsriktning från Viktoria är dock en påverkan av brunnarna vid Stadsträdgården därifrån inte möjlig.

I rapporten diskuteras inte, på ett seriöst sätt, hur PFAS kan spridas från de uppräknade alternativa föroreningskällorna till brunnarna vid Stadsträdgården och de delar av Uppsalaåsen som är påverkade. Varken eventuellt hanterade mängder, möjliga strömningsvägar med hänsyn till grundvattnets strömningsriktning eller markens genomsläpplighet har beaktats. Nedan redovisas några exempel.

Skumhantering vid GE Health Care redovisas som en fullt möjlig källa till de halter PFAS som uppmätts vid Bärbyleden trots att grundvattennivåerna är flera meter lägre vid GE jämfört med Bärbyleden. Eftersom vatten strömmar från högre mot lägre nivåer är en påverkan vid Bärbyleden från GE Health Care inte möjlig.

Vid S:t Eriks betong anges att det är osäkert om det finns ett skyddande lerlager. I bilaga 1 till rapporten redovisas på sidan 59 en principiell tvärprofil över Fyrisåns dalgång mellan Uppsala flygplats och Husbyborg. Där ser man att jordlagren i de centrala delarna av dalgången består av från markytan postglacial lera som överlagrar glaciallera. Enligt jordartskartan ligger S:t Eriks betong i sin helhet på postglacial lera, vilket innebär att ett skyddande lerlager på minst 5 m inom hela området. Det är dock sannolikt att lermäktigheterna är betydligt större, vilket också stöds av SGU:s jorddjupskarta som anger lerdjup på mer än 40 m. I **figur 2** har S:t Eriks betong placerats in i den principprofil som finns i rapporten.



**Figur 2**

Det förs också en principiell diskussion om man kan utgå ifrån att leran är tät eller om den trots allt kan släppa igenom till exempel PFAS. Det spekuleras i att linser av silt skulle kunna innebära att föroreningar kan nå grundvattnet. Den typen av inlagring i postglacial lera lär inte förekomma. Att postglacial lera som överlagrar glaciallera kan anses vara ett mycket effektivt skydd är all expertis helt enig om. I bilaga 1 till rapporten hävdas på sidan 55 och sidan 69 att lera inom Ärna-området, motsvarande de förhållanden som gäller vid S:t Eriks betong, utgör ett effektivt skydd för grundvattnet. Bedömningen av lerans täthet behandlas således inte konsekvent utan anpassas efter vad som är mest fördelaktigt för Försvarsmakten.

I bilaga 1 ifrågasätts också om de analysresultat som provtagningen vid Q-med visar är representativa, nämligen att grundvattnet är helt fritt från PFAS. Skälet till att resultaten ifrågasätts är att provtagningsröret inte är lämpligt för provtagning. Provtagningsröret utfördes som ett villkor i samband med tillstånd för en anläggning för utvinning av värme ur berg och grundvatten. Röret är därför avsett att användas för provtagning av grundvatten med avseende på olika typer störningar som energiutvinningen kan förorsaka, till exempel spridning av kemikalier i vattnet. Vid provtagning i detta rör begränsades provtagningen till vatten från Junkilsåsen genom att så kallade manschetter placerades i röret. Det är därmed inte något annat grundvatten än det som skulle vara påverkat om en spridning från vid S:t Eriks betong förekommer.

#### **Effekter av torvbranden 1990**

I Försvarsmaktens rapport hänvisas till en rapport upprättad av Statens haverikommission avseende torvbranden vid Uppsala Energis anläggning 1990. I rapporten redovisas

användningen av skumvätska, som antas innehållit PFAS, i samband med branden. Försvarsmakten gör gällande att denna skumanvändning skulle kunna utgöra källa för de halter av PFAS som finns i grundvattnet vid Stadsträdgårdens vattentäkt.

Uppsala Vattens bedömning är att PFAS-användningen i samband med branden inte kan förklara PFAS-halterna vid Stadsträdgården och det kontaminerade stråket norrut mot Årna. Grundvattnets strömningsriktning gör att en eventuell infiltration av PFAS vid Uppsala Energi inte kan röra sig i en sådan riktning.

En annan omständighet som talar mot att släckningen av torvbranden på något avgörande sätt påverkat PFAS-halterna i Uppsalaåsens grundvatten är att den helt övervägande delen av skum och släckvatten avleddes via dag- och spillvattenledningar. Torvladan och de omgivande ytorna var asfalterade varför någon infiltration av betydelse inte förekom. Det är en väsentlig skillnad jämfört med förhållandena vid Årna, där övningarna med släckskum skedde på ytor som är avjämnad med grova fyllnadsmassor som har mycket stor genomsläpplighet.

#### **Uppsala Vattens fortsatta arbete**

Uppsala Vatten genomför för närvarande ett arbete med att upprätta en ny matematisk modell över Uppsalaåsen med tillrinningsområde. En första del av arbetet har genomförts i samarbete med Sveriges Geologiska Undersökning. En tredimensionell jordlagermodell Uppsalaåsen har utarbetats. Med jordlagermodellen som underlag kommer en grundvattenmodell att upprättas. I grundvattenmodellen kommer grundvattnets strömning och spridning av olika föroreningar att kunna studeras på ett detaljerat sätt. Uppsala Vatten kommer med hjälp av modellen att försöka få en så bra bild som möjligt av spridningen av PFAS i Uppsalaåsen. Analyser med hjälp av modellen beräknas kunna ske under senare delen av 2015.

#### **Sammanfattande kommentarer**

Uppsala Vatten anser inte att den slutrapport som Försvarsmakten lämnat ändrar den bild av hur delar av Uppsalaåsens grundvatten förorenats av PFAS som Uppsala Vatten har. Med hänsyn till rådande strömningsriktningar av grundvattnet inom det påverkade området och den nödvändiga omfattningen av hanteringen av de aktuella PFAS-ämnena talar allt för att källan till föroreningarna finns inom Garnisonsområdet vid Uppsala flygplats.

De beräkningar av utspädningen av PFAS-halterna som utgör grunden för påståendet att endast 10 procent av den mängd PFAS som uppmätts i Uppsala Vattens brunnar vid Stadsträdgården härrör från Årna är grundat på helt felaktiga antaganden om vilket grundvattenflöde som rinner i Uppsalaåsen och inblandningsförhållanden. Med rimliga grundvattenflöden och rimliga antaganden om inblandning av det förorenade grundvattnet från Jumkilsåsen visar beräkningsmodellen att hela mängden med PFAS kan ha sitt ursprung från Årna.

Det faktum att grundvattengradienterna inte har mätts under en hel årscykel utan enbart under sommaren när ingen grundvattenbildning sker har gett en helt missvisande bild av strömningsförhållandena vid Ärna. Utströmningen är betydligt större på årsbasis än vad som redovisas i rapporten.

Någon egentlig analys av hur stora mängder av PFAS som spridits från Ärna har inte redovisats i Försvarmaktens rapport. Mycket talar för att halterna av PFAS var högre i samband att PFAS-haltigt brandskum användes och tiden närmast där efter. Halterna av PFAS i brunnarna kan vara effekten av spridningen för mer än 10 år sedan.

De alternativa källor som redovisas i rapporten är i många fall orimliga i förhållande till grundvattnets strömningsriktning och eller aktuella markförhållanden och att PFAS verkligen har använts. Något stöd för de alternativa källorna till spridningen av PFAS från Ärna redovisas inte i rapporten. Antagandena att de redovisade alternativa källorna skulle kunna förklara halterna av PFAS vid Stadsträdgården är endast mycket löst grundade spekulationer.

Uppsala Vatten och Avfall AB

Datum	Diarienummer
2014-04-14	2012-004626- MI

Generalläkaren  
Annette Gidlöw  
107 85 STOCKHOLM

## Yttrande över remiss avseende underlag till ärende om perfluorerade ämnen Ärna flygplats Uppsala kommun

Ert dnr: GL2012-0716-32

Miljö- och hälsoskyddsnämnden konstaterar att det är höga halter perfluorerade ämnen (PFC) som påträffats inom Uppsala Garnisons område och söderut i äsmaterial.

Nämnden bedömer att PFC-föroreningen vid Ärna är den huvudsakliga orsaken till halterna i Uppsala kommuns dricksvattentäkt. Bedömningen grundas på att: 1) perfluorerade ämnen följer grundvattnets strömningsriktning, 2) marken är permeabel och kan transportera ämnena, 3) perfluorerade ämnen har använts på Ärna, 4) perfluorerade ämnen har använts i stor mängd och spridits direkt till marken, 5) den kemiska sammansättningen av föroreningen stämmer med innehållet av perfluorerade ämnen i brandskum.

De frågor som nämnden anser viktigast att arbeta vidare med är:

- Att öka kunskapen avseende hydrogeologin från Ärna och söderut ner till Tunabergsparken omfattande både Junkilsåsen och Uppsala-Vattholmaåsen och omkringliggande områden;
- Att ta fram en konceptuell modell för spridningsvägar i olika media från Ärna och exponeringsvägar för alla tänkbara skyddsobjekt även utanför Ärna. Spridningen till Fyrisån är ett lika stort problem som spridning till grundvattentäkter;
- Att utreda hur stora mängder brandskum som har använts inom Ärnas militärområde. Det bör göras en massbalans med vissa antaganden och därifrån beräkna hur mycket som går ut via olika spridningsvägar;
- Spridning inom Ärna; var finns källan/källorna till föroreningen; kartläggning av vilka vatten som är förorenade, varifrån kommer de; kartläggning av ledningsstråk och ledningsgravar där spridning kan ske;
- Riskbedömningar bör göras mot bakgrund av nya jämförvärden som Livsmedelsverket har tagit fram under 2013-2014 och EU:s miljökvalitetsnormer för PFOS som gäller från september 2013. Det gäller både intag av dricksvatten och fisk från Fyrisån;
- Föroreningen inom Ärna bör utredas enligt Naturvårdsverkets vägledning för arbete med förorenade områden;

- Rening av spill- och grundvatten med höga halter PFC bör sättas in skyndsamt inom garnisonens område eftersom det är tekniskt och ekonomiskt effektivare att rena högre koncentrationer än när halterna späts ut i spillvattennätet, dricksvattentäkten eller Fyrisån.

Nämnden föreslår följande omedelbara åtgärder:

- Behandling av det mest PFC-förorenade spill- och grundvattnet som sprids vidare till Uppsala kommuns område.
- Provtagning och analys av Fyrisåns vatten vid utloppet från det kommunala reningsverket, Kungsängsverket.
- Provfiske och analys av fisk i Fyrisån.

## Bakgrund

Nämnden fick 19 mars 2014 en remiss från Generalläkaren angående undersökningarna av PFC-föroreningen som påträffats på Uppsala Garnison (Ärna). De rapporter vi har yttrat oss över i denna skrivelse är:

1. Niras Miljö: Miljöteknisk markundersökning rörande perfluorerade ämnen vid f.d. F16 Ärna flygplats. Försvarmakten/Miljöprovningseenheten 2013-02-11.
2. Helldén Environmental Engineering AB: PM Placering av kompletterande grundvattenrör för PFC-provtagning Ärna flygbas-Uppsalaåsen, Stockholm 2013-02-25, reviderat 2013-03-04.
3. Niras Miljö: Utökad miljöteknisk markundersökning Ärna flygbas, Uppsala. Undersökning rörande spridning av PFC:er i grundvattnet. Försvarmakten/Miljöprovningseenheten 2013-06-17.
4. Niras Miljö: Desktop-utredning om tänkbara källor till PFC-föroreningar i grundvatten i Uppsala. Industriella produkter och verksamheter som använder/använt PFC:er i sin verksamhet. Försvarmakten/Miljöprovningseenheten 2013-09-24.
5. Niras Miljö: Mätning av grundvattennivåer i Uppsala sommaren 2013. Spridning av PFC:er via grundvattnet. Försvarmakten/Miljöprovningseenheten 2013-09-29.

## Bedömning

Rapporterna visar att höga halter PFC:er har påträffats på Uppsala Garnisons (Ärnas) område, i grundvatten, dagvatten och spillvatten. Föroreningen sprids till områden utanför garnisonen där nämnden har tillsyn. Det oroar nämnden och spridningsvägarna och exponering måste undersökas noggrannare.

Hydrogeologin mellan Ärna och ner till huvudåsen Uppsala-Vattholmaåsen måste utredas så att spridningsvägen till Uppsalaåsen kan verifieras eller avskrivas. Olika åsikter råder om grundvattengradienter och undersökningarna visar inte helt entydiga resultat. Det beror förmodligen på att geologin i området är svårbedömd, speciellt där Junkilsåsen sammanträffar med huvudåsen. Undersökningarna tyder på att det sker längre norrut än man tidigare trott. Grundvattennivåer måste mätas under en hel säsong innan man kan dra några slutsatser om den förhärskande grundvattengradienten. En annan fråga gäller om pumpning av grundvatten, via bergrum eller på annat ställe på Ärna, kan påverka den naturliga gradienten.

Det anges inte i rapporterna under vilka tider som pumpning har skett jämfört med när grundvattennivåer har mätts. Att man finner olika halter i de olika grundvattenrören kan bero på att föroreningarna transporteras på olika djup, kanske finns det till och med olika akviferer i området. Ett exempel är att UGV1 i Tunbergsparken innehöll högre halter PFC än de rör som ligger norr därom (UGV2 och UGV3). Dock är det förstnämnda röret provtaget på 16 m djup, UGV3 på 22 m djup (näst högst halter) och UGV2 på 33 m djup (lägst halter av de 3 rören). På historiska jordartskartor visas ett stråk av finsand/silt mellan Ärna och Fyrisån (se t.ex. SGU jordartskarta Aa No 199, 1956). Det visar att geologin kan ha olika inslag som vi inte känner till. Om det råder olika uppfattningar om hydrogeologin i området rekommenderar nämnden att Generalläkaren tar in en oberoende part, t.ex. SGU.

Spridning till Fyrisån oroar miljö- och hälsoskyddsnämnden, dels för att PFC:erna sprids vidare till Mälaren som utgör dricksvattentäkt för många kommuner, dels för att folk fiskar i Fyrisån. EU har antagit kvalitetsnormen 0,65 ng PFOS/l ytvatten (sötwater) samt 9,1 µg PFOS/kg färskvikt för biota (fisk i detta fall) i direktiv 2013/39/EU i september 2013. Spridningsvägarna till Fyrisån måste utredas vidare. Så som nämnden förstår det går förorenat vatten från Ärna idag till kommunens spillvattennät och via det kommunala reningsverket till Fyrisån, eftersom dessa substanser inte renas i någon större utsträckning i reningsverket. Dessutom sprids det via dagvatten på åkrarna inom Ärna till diken som mynnar i Fyrisån. En annan spridningsväg kan vara via det ytliga grundvattnet. I Stadsträdgårdens vattentäkt, som inte kan användas pga. föroreningarna, pumpas grundvatten upp för att hålla grundvattennivån i åsen enligt vattendom. Det förorenade vattnet släpps ut i Fyrisån.

Nämnden saknar en massbalans i rapporterna, dvs en beräkning under vissa antagande av hur mycket brandskum som kan ha använts på olika platser på Ärna eller totalt. Massbalansen kommer att vara en del i svaret om föroreningarna på Ärna har transporterats till Uppsala kommuns vattentäkt. Massbalansen torde kunna grundas på en genomgång över den historiska användningen av olika typer av brandskum på Ärna. Jämför WSP:s utredning om föroreningen i Tullinge vattentäkt där man redovisar en omfattande historik (Rapport PFOS Tullinge grundvattentäkt – Nulägesanalys. Slutrapport WSP 2012-05-31).

Nämnden rekommenderar att Försvarsmaken (FM) fortsätter att utreda frågan enligt NV:s kvalitetsmanual för arbete med förorenade områden. Viktiga steg i arbetet är att tidigt etablera en s.k. konceptuell modell över spridningsvägar och exponeringsvägar i olika media. Modellen ska enligt NV:s vägledningsmaterial hela tiden förfinas när ny information kommer fram. I Niras första miljötekniska undersökning finns en skriftlig konceptuell modell. Den bör utökas till en figur så att man bättre förstår flödena och skall kompletteras med alla upptänkliga spridningsvägar och exponeringsscenarioer, även utanför Ärna. Övriga element i arbetet är identifiering av källzonen, översiktliga och fördjupade riskbedömningar, detaljerade miljötekniska undersökningar, åtgärdsutredningar, mm. En viktig del är att identifiera källområdet och spridningen därifrån inom Ärna. Det är inte helt klart i rapporterna vilka olika vatten man talar om. Vart pumpas vattnet från bergrummen, har man tagit prover på det? I de grundvattenrör där man funnit högsta halter PFC finns i princip inga halter i jorden. Kan föroreningarna ha spridits dit via grundvattnet istället för vertikalt genom jorden? De högsta halterna har uppmätts i spillvattennätet. Kan det vara hål i spillvattenledningarna? Man pumpar från norra och östra delen av området enligt rapporterna. Kan källan ligga längre norrut? Här

kan man också ha hjälp av en historisk kartläggning. Riskbedömningarna ska inte bara omfatta riskerna inom Ärna utan även riskerna för exponering utanför det militära området. En fråga gäller också de relativt låga halter som man påträffat i en brunn i Klastorps gård, som kan tydas ligga något uppströms Ärna. Beror halterna på kontaminering under provtagning och analys eller återspeglar de pumpning i brunnen som görs då stora mängder vatten kan behövas till djuren på gården?

FM redovisar i ett PM förslag till olika källor till föroreningen utanför sin egen verksamhet. nämndens bedömning är dock att föroreningarna i Uppsala kommuns vattentäkt kommer från PFC-föroreningarna på Ärna. Orsaken till bedömningen är att:

1. Perfluorerade ämnen följer grundvattnets strömningsriktning. Ärna ligger uppströms den kommunala vattentäkten i Stadsträdgården. Halterna som mätts upp i grundvattenrör längs vägen visar i stort en gradient från Ärna till Stadsträdgården.
2. För att spridning av perfluorerade ämnen från en verksamhet ska ske måste marklagren vara genomsläppliga.
3. För att en verksamhet ska utgöra en källa förutsätts att den måste ha hanterat/ använt perfluorerade ämnen.
4. För att en verksamhet ska utgöra en källa förutsätts att perfluorerade ämnen har hanterats i stora mängder. Ärna har använt stora volymer brandskum som har spritts utomhus direkt till marken jämfört med de industriverksamheter som PM:en går igenom där man använt PFC:er inomhus.
5. För att en verksamhet ska utgöra en källa förutsätts att perfluorerade ämnen av den typ som finns i föroreningen har använts. Den kemiska sammansättningen av föroreningen visar att den härstammar från brandskum (Livsmedelsverket, Kemi PM 5/13, Brandskum som möjlig förorenare av dricksvattentäkter).

I FM:s desktopstudie saknar vi en bedömning av vilka mängder PFOS som använts och om verksamheterna ligger så att de har hydraulisk kontakt med Stadsträdgårdens brunnar. Vad gäller Kap har miljökontoret vid de möten vi haft med FM påpekat att området har använts som brandövningsplats och att Uppsala kommun vid en markteknisk undersökning påvisat PFC:er i det ytliga grundvattnet men att området ligger hydrauliskt nedströms Stadsträdgården och inte kan vara källa till de PFC-föroreningar som finns där. Det bör kompletteras i PM-an. Nämnden bifogar den källspårning som miljökontoret har gjort och som sändes till Försvarsmakten i november 2013 för Generalläkarens kännedom (Bilaga 1). St. Eriks Betong finns med i denna källspårning eftersom FM bedömer att PFC:er har använts där och har diskuterats på de möten vi har haft. Vi vill återigen påpeka att St Eriks Betong informerat om att de enligt vad de vet inte har använt PFC:er i produktionen och att användning av PFC i princip skulle förstöra deras produkter. Vi rapporterar härmed också att brandövningsplatsen på Viktoria är förorenad med PFC. Den miljötekniska rapporten som Brandförsvaret skickade oss 2014-04-03 bifogas i Bilaga 2. Viktoria ligger sydöst om Uppsala utanför vattenskyddsområdet och bedöms inte ha hydraulisk kontakt med brunnarna i Stadsträdgården. Hittills har endast prover av det övre grundvattnet analyserats.


Observationer som gjorts i detta föroreningsfall stämmer till viss del överrens med de som gjorts i andra liknande fall i Sverige. Nämnden föreslår därför att Generalläkaren kontrollerar



om erfarenheter från de fallen kan användas gällande Ärna. Det gäller t.ex. Tullinge, Kallinge, Arlanda, Landvetter och Malmö flygplatser.

Nämnden anser att Försvarsmakten med hänvisning till försiktighetsprincipen i Miljöbalkens 2 kap måste sätta in åtgärder redan nu för att minska spridningen av PFC-föreningen från sitt område medan de ovan nämnda utredningarna pågår. Uppsalaåsen försörjer idag ca 150 000 hushåll med dricksvatten och kommer som nästa steg att byggas ut för distribution till Almunge-Funbo med ytterligare 3000 hushåll. Uppsala kommun har som mål att växa från 200 000 innevånare till 250 000 innevånare, vilket ställer ännu större krav på dricksvattenkapacitet. Uppsala Vatten och Avfall AB som ansvarar för distributionen har idag satt in reservkapacitet eftersom vissa brunnar är kontaminerade men i längden kommer man att bli tvungen att rena vattnet. Uppsala kommun har ingen reservvattentäkt.

För miljö- och hälsoskyddsnämnden



Urban Wästljung  
ordförande

#### **Bilagor**

1. Miljökontoret 2013-11-27. Spårning av verksamheter som hanterar perfluorerade alkylsysror (PFAA)
2. Bjerking 2014-04-03. Vattenprovtagning perfluorerade ämnen. Danmarks-Säby 6:5, Viktoria övningsfält

#### **Kopia till:**

Uppsala Vatten och Avfall AB  
Länsstyrelsen i Uppsala Län  
Kommunstyrelsen i Uppsala kommun