

**Kontaktuppgifter;
andreas.woldegiorgis@wspgroup.se**

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



PFOS-kontaminerad mark och vatten

Nuläge och möjliga åtgärder

RENARE MARK-seminarium 5/6 2012
Andreas Woldegiorgis, Tekn. Dr./Civ. Ing.

Agenda

- Bakgrund till frågeställningen PFOS, släckskum och flygfält
 1. Varifrån
 2. Vem
 3. Pågående eller historiskt
 4. Åtgärder

- Bakgrundsfakta PFOS och PFC-ämnena

- Effekter på Människa och Miljö

- Lagstiftning-Gränsvärden

- Aktuellt fall; Botkyka, f.d flyflottilejn f18

- Åtgärder

- Diskussion



Bakgrund till frågeställningen ”PFOS i Sverige”

- [2003](#); Kemikalieinspektionen publicerar en rapport med ”förslagna gränsvärden” för PFOS, ett ämne bland fler i klassen ”*emerging substances*”.
- [2004](#); Naturvårdsverket bereder en upphandling av en nationell screeningundersökning om/var i miljön PFOS kan spåras, och i hur höga halter.
- [2005-2006](#); IVL genomför Screeningundersökningen och konstaterar PFOS i alla insamlade prover -ytvatten, sediment, biota, avloppsvatten, slam, luft, snö mm. ([Woldegiorgis et al., 2006](#)).
- [2008](#); IVL genomför riktade undersökningar av ytvatten och fisk nedströms Landvetters flygplats – och rekommenderar stora inskränkningar i konsumtion av egenfångad fisk ([Woldegiorgis & Viktor, 2008](#)).
- [2009](#); Projektet RE-PATH startar i samarbete mellan NV, IVL och Swedavia – ett försök att kartlägga spridning och risker med PFOS-läckage ifrån större flygplatser ([Woldegiorgis et al., 2010](#))

Kunskapsläget (och forskningsfronten)

- PFOS började tillverkas för industriella tillämpningar av 3M 1949. Deras största applikation blev Scotchguard (en s k *Stain-repellent* för kläder och textilier).
- Under sena 1980-talet associerades PFOS och PFOA med höga ohälsotal hos yrkesexponerade arbetare på 3Ms fabriker (St Paul, Decatur, Antwerpen, mfl).
- 1997 detekterades rel. höga halter PFOS i blodprover ifrån blodbanker (blodgivare).
- 2000 hade trycket på 3M och DuPont blivit så stort att man gick med på en "frivillig" utfasning av dessa ämnen. (..vilket inte utesluter utbyggd produktion i länder som Kina, Indien, Indonesien, Brasilien)
- 1995 startade arbetet med den s k Stockholmskonventionen för POPs, 2001 ratificerades konventionen, och 2009 lades PFOS till (Annex B), nästan alla användningsområden av PFOS i produkter skall nu fasas ut.

Basfakta PFAS-ämnen

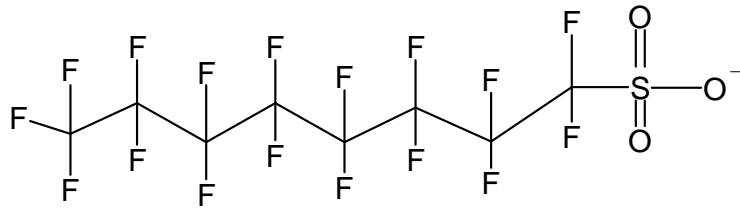
PFAS = Perfluorinerade alkylsulfonater ('i största allmänhet')

PFOS = Perfluorinerad Oktylsulfonat (C8-kedja), den vanligaste varianten av PFAS

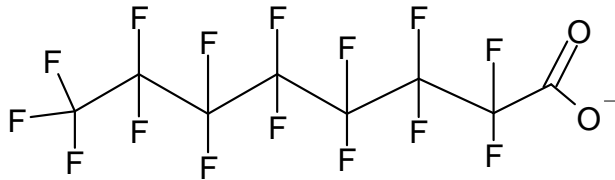
PFOA = Som PFOS med en karboxylsyra i "änden" istället för en sulfonsyra

Dessutom finns s k **telomera fluorosurfaktanter**

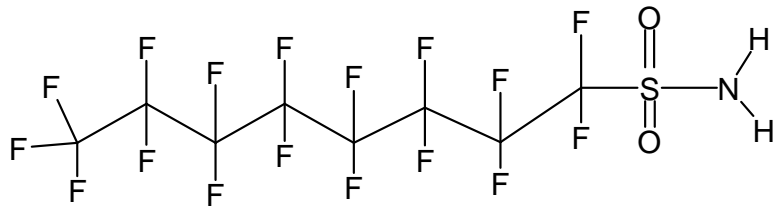
= PFAS-varianter där inte alla väten byts ut mot fluor



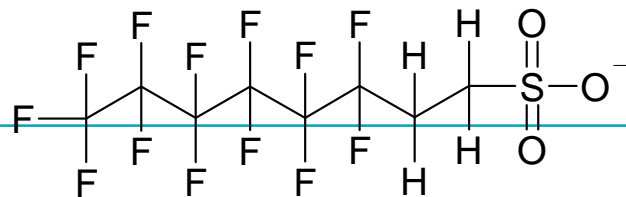
PFOS



PFOA



PFOSA



6:2 FTS (telomer)

PFAS
el.
PFC-ämnen

PFAS, Basfakta (forts.)

PFOS tillverkas inte längre i Europa eller USA men är ett jordens mest spridda ämnen. Har förekommit i en rad olika produkter; impregneringsmedel för läder och textilier, hydrauliska system, i brandskyddsprodukter, i gore-texliknande material (*polymeriserat*), i teflonlikande material (*polymeriserat*) osv.

PFOS har detekterats i;

- luftprover insamlade av i Pallas (Finska Lappland)
- isbjörnsmuskel och isbjörnsblod ifrån Arktis.
- fisk ifrån Canada och New Foundland.
- prover ifrån humana blodbanker i Holland, Tyskland och USA.
- blod ifrån navelsträngen hos nyfödda barn.
(Boston, USA, i princip alla testade barn innehöll PFOS).

När ägg ifrån sillgrissla (St. Karlsö, provbank 1968-2003) analyserades kunde man konstatera halterna av PFOS i äggen ökat från 25 ng/g ww till 614 ng/g ww, således en ökning med en faktor 30 under tidsperioden (Holmström K. et al., 2005).

PFAS, Basfakta (forts.)

Den egenskap som gör PFOS och PFOA så attraktiva som byggstenar i kemikalieindustrin är samma egenskap som ger oss såna problem;

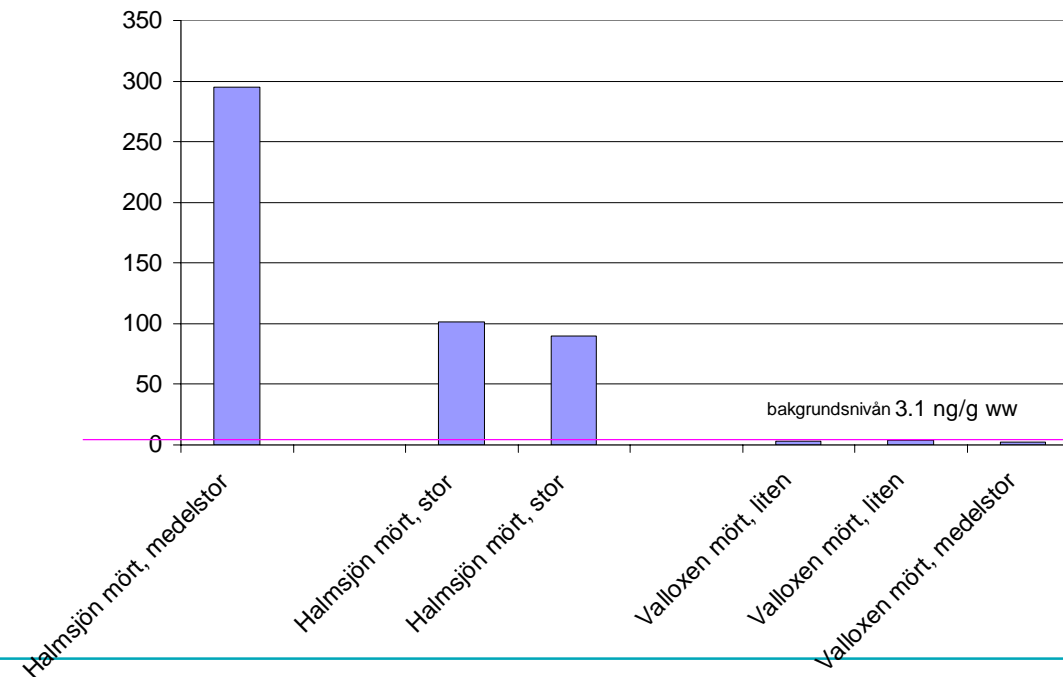
PFOS och PFOA är i princip oförstörbara för alla kända abiotiska och biotiska processer (hydrolyt vid extrema pH och temperaturer, fotolys (UV-Vis), biologisk nedbrytning).

Provmatrix/typ av test	Halveringstid, $t_{1/2}$, [år]	referens
Humanserum	8,67	ENV/JM/RD(2002)17
Fiskvävnad (Blugill sunfish och Karp)	>0,3	ENV/JM/RD(2002)17
Ytvatten (hydrolyt, pH 1.5, OECD 111)	0% hydrolyt efter 30 dagar, $t_{1/2}$ beräknat till > 41 år	3M, 2003
Ytvatten (hydrolyt, pH 11)	0% hydrolyt efter 30 dagar, $t_{1/2}$ beräknat till > 41 år	3M, 2003
Ytvatten (fotolys, ingen OECD standardmetod tillgänglig)	0 % fotolys, testtid ej angivet	3M, 1979a,b Hatfield, 2001
Aerob "Biodegradation" (aktivt slam, OECD 302 MITI-I)	0% efter 28 dagar	3M, 1978 Kurume Labs, 2002
Anaerob "Biodegradation" (aktivt slam)	0 % efter 28 dagar	3M, 2000

Dessutom...

PFAS i allmänhet och **PFOS** i synnerhet är mycket starkt **bioackumulerande**, dvs de anrikas i 'vävnad' hos djur. Till skillnad ifrån 'vanliga' miljögifter (PCB, bromerade flamskyddsmedel), anlagras inte PFOS i fettvävnad utan binder till proteiner i blodet. Det gör att däggdjur och människor har extremt svårt att bioeliminera PFOS när vi väl fått det i oss (halveringstider på upp till 10 år)

[ng/g ww] PFOS i mört (*Rutilus rutilus*) ifrån Arlandaområdet 2009



Bioconcentrations-
faktorn, BCF
=halt i fiskvävnad/halt i vattnet
= 1700-2800 (för mört)

Från Woldegiorgis et al.,
IVL B1899, Nov 2010

Biomagnifiering i näringskedjan



Gädda

för få gäddor analyserade varför BMF mellan Gädda och Abborre ej beräknats
BMF enligt EUs TGD = 2

Jmf. medelhalterna i mört och abborre → graden av biomagnifiering mellan trofinivåer

BMF (PFOS) = 4.0 i Halmsjön

(baserat på ett mycket stort antal fiskanalyser)



Abborre



Mört

Från Woldegiorgis et al.,
IVL B1899, Nov 2010

Halveringstider för perfluoroföreningar i olika arter

Elimination $t_{1/2}$ (Days)	PFBA	PFBS	PFHxA	PFHxS	PFOA	PFOS
Rat	0.3	0.2	0.2 – 0.05	7	5	25
Monkey	2	4	1	100	21	45
Human	3 - 4	26	no data	3000	1000	1500

Dessa 4 föreningar analyseras vanligen i föroreningsinventeringar av WSP Environmental

Kända källor för PFOS och PFOA

- Platser där brandskum av typen AFFF
- (Aqueous Film Forming Foam) använts och hanterats.
- Industrier och verksamheter som hanterat stora volymer hydrauliska oljor och smörjmedel.
- Elektronikindustrier där tillverkning (fotolitografisk mastering) av integrerade kretsar görs.
- Metalplätteringsindustrier, framförallt hårdförkromning.

Avloppsreningsverk (tänk "Scotchguard", "Teflon", "Gore-Tex")

(PFOS i ingående vatten ca 40-140 ng/l, PFOS i slam ca 30-50 ng/g TS, PFOS i utgående vatten 5-30 ng/l) , Svenska data

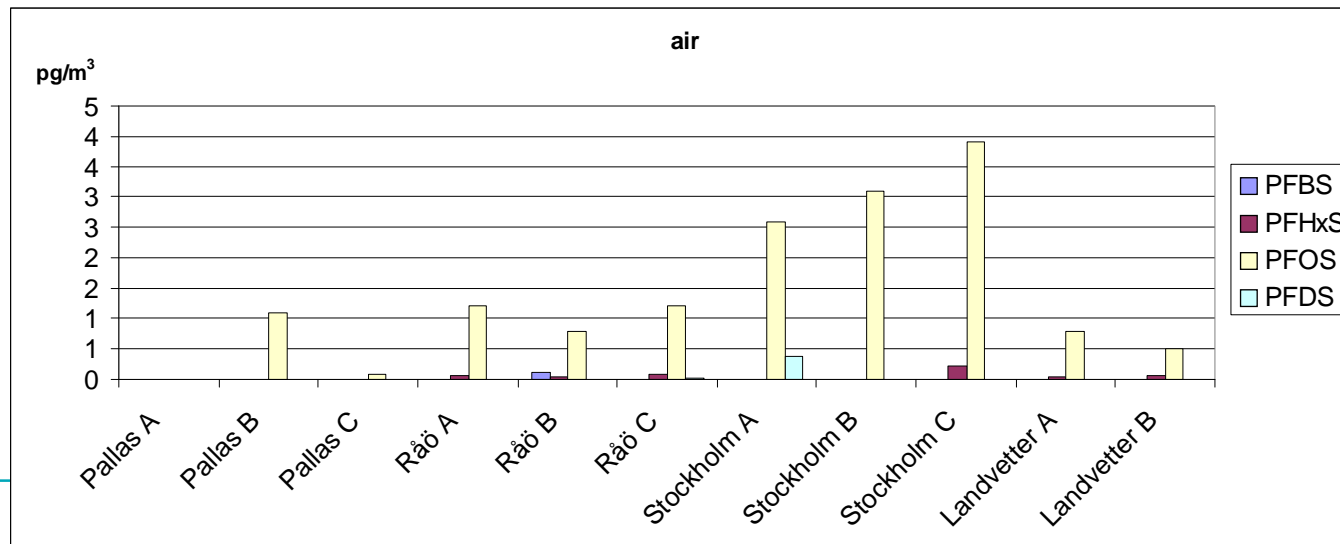
Spridning av PFOS och PFOA

PFOS sprids främst via vatten (**avloppsvatten, ytvatten, grundvatten**).

Ämnet fastläggs inte beständigt till vare sig sediment eller slam.

Väl i vattenfasen rör sig ämnet mycket snabbt upp i näringskedjan varför de högsta halterna som uppmätts föreligger för topp-predatorer (haj, isbjörn, säl, delfin, utter, tiger, människa).

PFOS sprids också till luft trots att ämnet ej har någon flyktighet. Det sker genom avnötning av partiklar ifrån produkter direkt till luften. Denna mängd återförs sedan successivt till mark och vatten via torr- och våtdeposition ('regn och snö').



Från Woldegiorgis et al.,
IVL B1698, 2006

Effekter på människa och miljö

PFAS i allmänhet och PFOS i synnerhet är;

- Toxiska för framförallt däggdjur (inkl. människa).
Både prenatala och postnatala effekter har konstateras hos råtta och mus, t ex låg födslovikt, vävnadsförändring av levern, störd tillväxt och försenad utveckling av vissa organ.
- PFOS har även konstaterats vara reproduktionsstörande för däggdjur (och starka indicier pekar på att detta även gäller människor).
- PFOA är genotoxiskt i försök med däggdjusceller och både PFOS och PFOA inducerar s k peroxisomprofilation (vilket kan utvecklas till cancer)
- Både PFOS och PFOA passerar placentabarriären hos däggdjur och människa varför vi exponeras för ämnesklassen redan på Fosterstadiet (*känsligaste utvecklingsperioden*).
- PFOS och PFOA passerar ut i bröstmjolk varför ammande barn exponeras via modern.

Viktiga nya studier ifrån 2008-2009

Peden-Adams et al, 2008

- PFOS förändrar immunsystemets responsiva funktioner hos möss. Detta sker vid i sammanhanget mycket låga exponeringsnivåer. De halter av PFOS som den amerikanska befolkningen exponeras för idag (via diffusa källor såsom matförpackningar,, hushållsdamm, textilier och andra konsumentnära produkter), är tillräckliga för att inducera kraftiga störningar hos mössens immunsystem. Exempelvis försvagas mössens s k *Plaque-forming cell response* (ett försvarssystem som skall aktiveras när antikroppar attackerar antigener, tex virus) vid exponeringsnivåer så låga som 0,05-0,5 mg PFOS/kg TAD.

Fei et al., 2009

- Perfluorerade ämnen kopplas här mycket tydligt samman med ofrivillig barnlöshet. Hos 1 240 danska kvinnor (ifrån Danish National Birth Cohort). Plasmakoncentrationerna av PFOS och PFOA mättes hos de gravida kvinnorna under vecka 4-14. Under vecka 12 fick samtliga kvinnor besvara en omfattande enkät kring omständigheterna kring graviditeten (tid och ansträngning för att lyckas bli gravida mm) Plasmakoncentrationen av PFOS hos kvinnorna varierade mellan 6,4-106,7 ng/ml (PFOA 1-41,5 ng/ml). Forskarna delade in de gravida kvinnorna i fyra grupper (m a p plasmahalten av PFOS/PFOA) och där den gruppen med lägst medelhalter av PFOS/PFOA var de som hade lättast att bli gravida (**'time-to-pregnancy'**, justerat för ålder, livsstil och socioekonomiska faktorer).
- ” ..For women with more than 3.9 parts per billion (ppb eller ng/ml) of PFOA in their bodies, the risk of infertility increased by 60 to 150 %”

Viktig studie ifrån 2012

Grandjean et al., har i den första större epidemiologiska undersökningen på barn (ca 550 barn deltog) visat på en tydlig korrelation mellan halten PFOS i blodplasma och bristen på antikroppssvar hos de vaccinerade barnen efter mässlingvaccinationer. Grandjeans studie indikerar således att den immunotoxiska effekt som observerats hos råttor som exponerat s för PFOS även föreligger hos människor. Barnen i åldern 5 år till pubertet var känsligare än äldre barn.

I epidemiologiska studier är generellt svårare att identifiera statistiskt signifikant säkerställda effekter, jmf med i vanliga toxtester.

Experter (toxikologer) på Keml överväger, på basis av studier som Grandjean et al., att föreslå en sänkning av TDI-värdet för PFOS.

Lagstiftning och gränsvärden

Baserat på Stockholmskonventionens ratificering finns EU-parlamentets direktiv 2006/122/EG som säger att; "halvfabrikat och varor som innehåller PFOS bör begränsas för att skydda miljön. Begränsningen omfattar alla produkter och varor till vilka PFOS avsiktligt har tillsatts". " ..befintliga lager får användas", (**total utfasning klar till december 2011**), "vissa undantagsområden finns" (t ex anti-reflective coatings för fotolitografi samt hydrauloljor för flygindustrin)

Utifrån Kemlis rapport "Riskbedömning för PFOS" (bil 3, 2004) har NV tagit fram ett antal föreslagna gränsvärden (baseras också på Dotterdirektivet 2008/105/EG till vattendirektivet 2000/60/EG) ;

- "Inlandsytvatten" ; 30 000 ng/l
- "andra ytvatten" ; 3 000 ng/l
- "biota" ; 6 ng/g ww
- "TDI" ; 250 ng/kg kroppsvikt och dag
- "provisoriskt drickvattengränsvärde" ; 300-1000 ng/l (baserat på TDI)

(från NV rapport 5799 • April 2008)

Nya ekotoxdata

Chronic ^a		Acute ^a	
Taxonomic group	NOEC/EC10 (mg/L)	Taxonomic group	L(E)C50 (mg/L)
Algae		Algae	
<i>Chlorella vulgaris</i>	820	<i>Chlorella vulgaris</i>	82
<i>Naviculla pelliculosa</i>	191	<i>Naviculla pelliculosa</i>	283
<i>Pseudokirchmeriella subcapitata</i>	53	<i>Pseudokirchmeriella subcapitata</i>	120
Cyanobacteria		Cyanobacteria	
<i>Anabaena flos-aqua</i>	94	<i>Anabaena flos-aqua</i>	176
Marcophytes		Marcophyta	
<i>Lemma gibba</i>	6,6	<i>Lemma gibba</i>	31
<i>Myriophyllum sibiricum</i>	0,56		
<i>Myriophyllum spicatum</i>	3,2		
Crustaceans		Crustaceans	
<i>Daphnia magna</i>	7,0	<i>Daphnia magna</i>	48
<i>Moina macrocopa</i>	0,40	<i>Daphnia pulex</i>	124
		<i>Moina macrocopa</i>	18
		<i>Neocaridina denticulata</i>	9,3
Insects		Platyhelminthes	
<i>Chironomus tentans</i>	$<2,3 \cdot 10^{-3} \text{m}$	<i>Dugesia japonica</i>	18
<i>Enallagma cyathigerum</i>	$<1,0 \cdot 10^{-2} \text{m}$		
Fish		Molluca	
<i>Oryzias latipes</i>	$<1,0 \cdot 10^{-2} \text{m}$	<i>Physa acuta</i>	165
<i>Pimephales promelas</i>	$2,8 \cdot 10^{-2} \text{m}$	<i>Unio complanatus</i>	59
Amphibians		Fish	
<i>Xenopus laevis</i>	5,0	<i>Lepomis macrochirus</i>	6,4
		<i>Pimephales promelas</i>	6,6
		<i>Oncorhynchus mykiss</i>	13

Enligt WSP Environmental;
PNEC ~ 10-200 ng/l i ytvatten
 (lägsta NOEC med en säkerhetsfaktor om 10-100)

Dyktligt PNEC kommer dock inte att skydda människor ifrån sekundärförgiftning ifrån fisk.

Nytt sedan 2012-01-31



EUROPEAN COMMISSION

Brussels, 31.1.2012
COM(2011) 876 final
2011/0429 (COD)

Proposal for a

DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy

(Text with EEA relevance)

{SEC(2011) 1546 final}
{SEC(2011) 1547 final}

Av EU-kommissionen föreslaget **ytvattengränsvärde för PFOS**, för implementeringen av EUs Vattendirektiv (god kemisk och ekologisk status av EUs alla ytvatten till 2021);

0,65 ng/l
(samt 0,13 ng/l i kustnära havsvatten)

Hur många kommersiella lab har så pass låga rapporteringsgränser?

Bakgrund till EU-kommissionens förslag till gränsvärde

Studie av Moermond et al., 2010, i syfte att beräkna säkra halter i ytvatten med beaktande av sekundärförgiftning av människor som äter fisk.

Viktigt att komma ihåg; PFC-ämnen är extremt bioackumulerande i fisk, fisk är således en utmärkt tidsintegrator för exponering.

Vetenskapliga provfisken således mycket värdefulla i samband med föroreningsinventering av PFOS.

Undersökningsstrategi PFOS-förorenat område

”Strategin får utformas efter platsspecifika förutsättningar!”

Vad betyder det?

Strategi och arbetsmetodik i ett aktuellt uppdrag kommer att kortfattat presenteras;

PFOS i Botkyrka ifrån den f.d. flygflottiljen F18

Platsspecifika förutsättningar Tullinge-Riksten

- Eventuellt skedde huvudläckeget för att kvartsekel sedan.
- Ett spatialt mycket stort påverkansområde (stor del av Söderstörn).
- Människor eventuellt direkt hotade via kontaminerat dricksvatten.
- PFOS spritt inte bara via övningar utan även via skarpa släckinsatser.

PFOS på f.d. F18s flottiljområde?

- Upptäcktes under sensommaren 2011 av en slump att dricksvattnet ifrån Tullinge Vattenverk innehöll kraftigt förhöjda halter av PFOS och en rad andra perfluorerade ämnen (*Marko Filipovic och Urs Berger, forskare på ITM*).
- Vattenverket stängdes av i oktober 2011 efter konsultation med WSP Environmental.
- En undersökning av nuläget startades av WSP Environmental på uppdrag av Botkyrka Kommun med syfte att utreda;
 - 1) *Varifrån kommer ämnet PFOS som nu finns i dricksvattentäkten?*
 - 2) *Vem har spridit det?*
 - 3) *Är utsläppet pågående eller historiskt?*
 - 4) *Vad kan man göra åt det?*
 - 5) *Vilka risker medför detta lokalt?*

Undersökningen av PFOS på f.d flottiljen F18.

- *tidig inriktning på användandet av släckskum av typen AFFF.*

Omfattar ett antal olika delar;

1. Retrospektiv genomgång av släckövningar, hantering av skum, lagring, avfall, skarpa incidenter (bl a omfattande intervjuer med f.d. anställda).
2. Genomgång av tidigare källmaterial m a p områdets hydrogeologi (grundvattenbildning mm).
3. Inledande undersökningar av nedströms liggande recipienter m a p ytvatten och fisk (*“sker ett pågående utsläpp eller är de halter som detekteras i dricksvattnet ett historiskt arv?”*).

Beroende på resultaten i 1-3; att även ta fram ett förslag på mer omfattande provtagning av jord och grundvatten.

Villkor för att åtaga sig uppdraget med PFOS och Tullinge ;

Att full transparens visavi allmänheten föreligger i undersökningens alla delar.
(*“allt material som arbetas fram skall alla kunna få ta del av!”*)

Botkyrka Kommun har kontinuerligt lagt ut analysresultat med förklarande kommentarer samt de bedömningar som WSP Environmental gjort på sin webbplats. Alla som vill har möjlighet att inkomma med frågor, funderingar eller be om platsspecifika bedömningar.

“Retrospektiv genomgång av släckövningar, hantering av skum, lagring, avfall, skarpa incidenter”

3 mer omfattande intervjuer per telefon med f.d. flottiljanställda (anställda under längre perioder ~20 år), 1 besök på plats, kompletterande intervjuer med brandbefäl och f.d anställda på Södertörns Brandförsvarsförbund.

Begränsad genomgång av historiskt material och dokumentation.

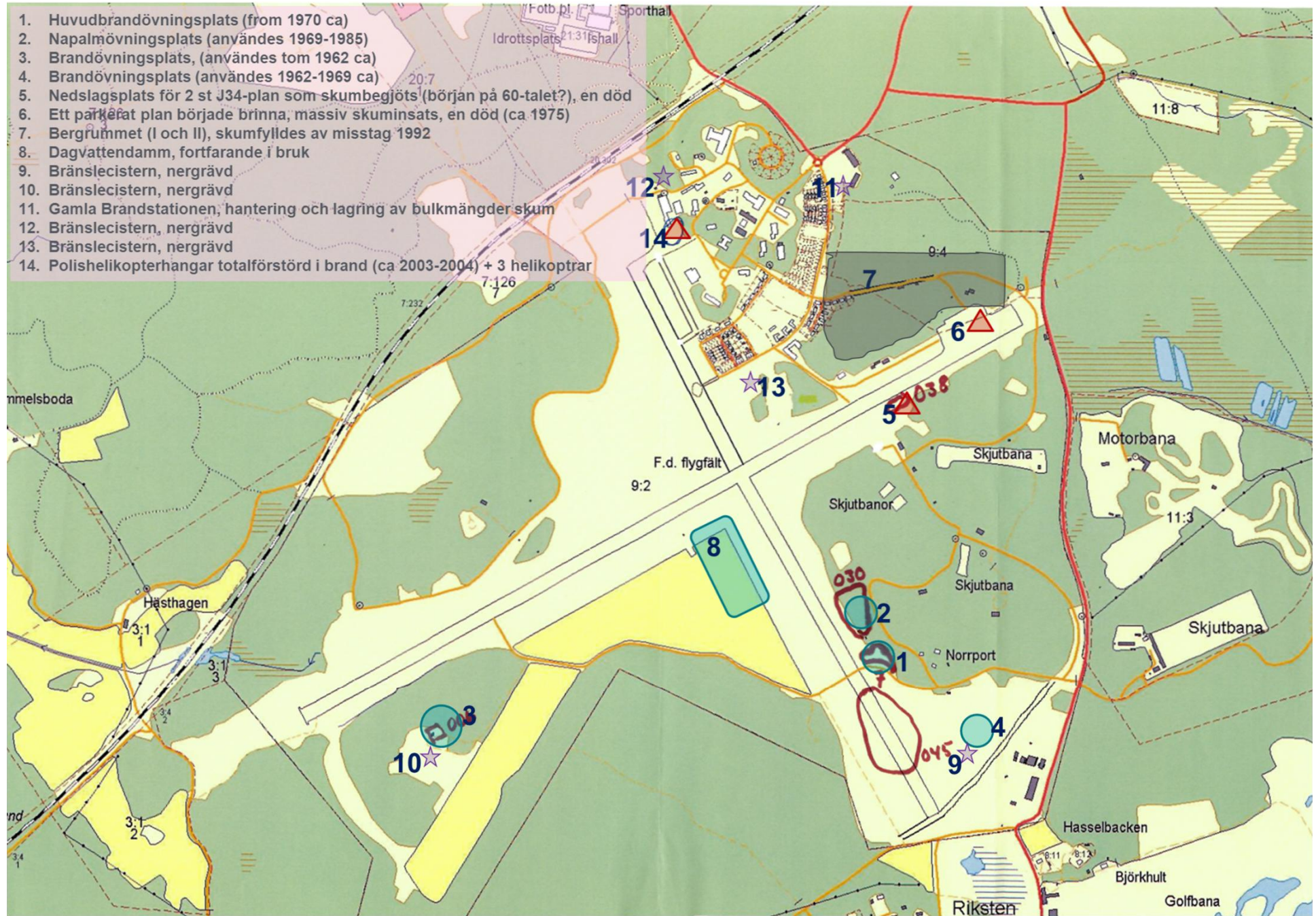


All användning av AFFF i övning och skarpa lägen härrör ifrån den militära verksamheten under F18-epoken 1946-1986, samt under perioden 1986-1994 som F13 Detachment Tullinge. Ingen civil övningsverksamhet överhuvudtaget med AFFF på flottiljområdet.

3-4 ‘HotSpots’ , platser identifierade där AFFF använts i övning, lagring eller vid skarpa incidenter och krascher.

Bergrummet har av misstag skumfyllts åtminstone vid ett tillfälle (ca 1992).

1. Huvudbrandövningsplats (from 1970 ca)
2. Napalmövningsplats (användes 1969-1985)
3. Brandövningsplats, (användes tom 1962 ca)
4. Brandövningsplats (användes 1962-1969 ca)
5. Nedslagsplats för 2 st J34-plan som skumbegjöts (början på 60-talet?), en död
6. Ett parkerat plan började brinna, massiv skuminsats, en död (ca 1975)
7. Berggrummet (I och II), skumfylldes av misstag 1992
8. Dagvattendamm, fortfarande i bruk
9. Bränslecistern, nergrävd
10. Bränslecistern, nergrävd
11. Gamla Brändstationen, hantering och lagring av bulkmängder skum
12. Bränslecistern, nergrävd
13. Bränslecistern, nergrävd
14. Polishelikopterhangar totalförstörd i brand (ca 2003-2004) + 3 helikoptrar



Genomgång av tidigare källmaterial m a p områdets hydrogeologi

Omfattande genomgång av tidigare marklager- och grundvattenundersökningar.

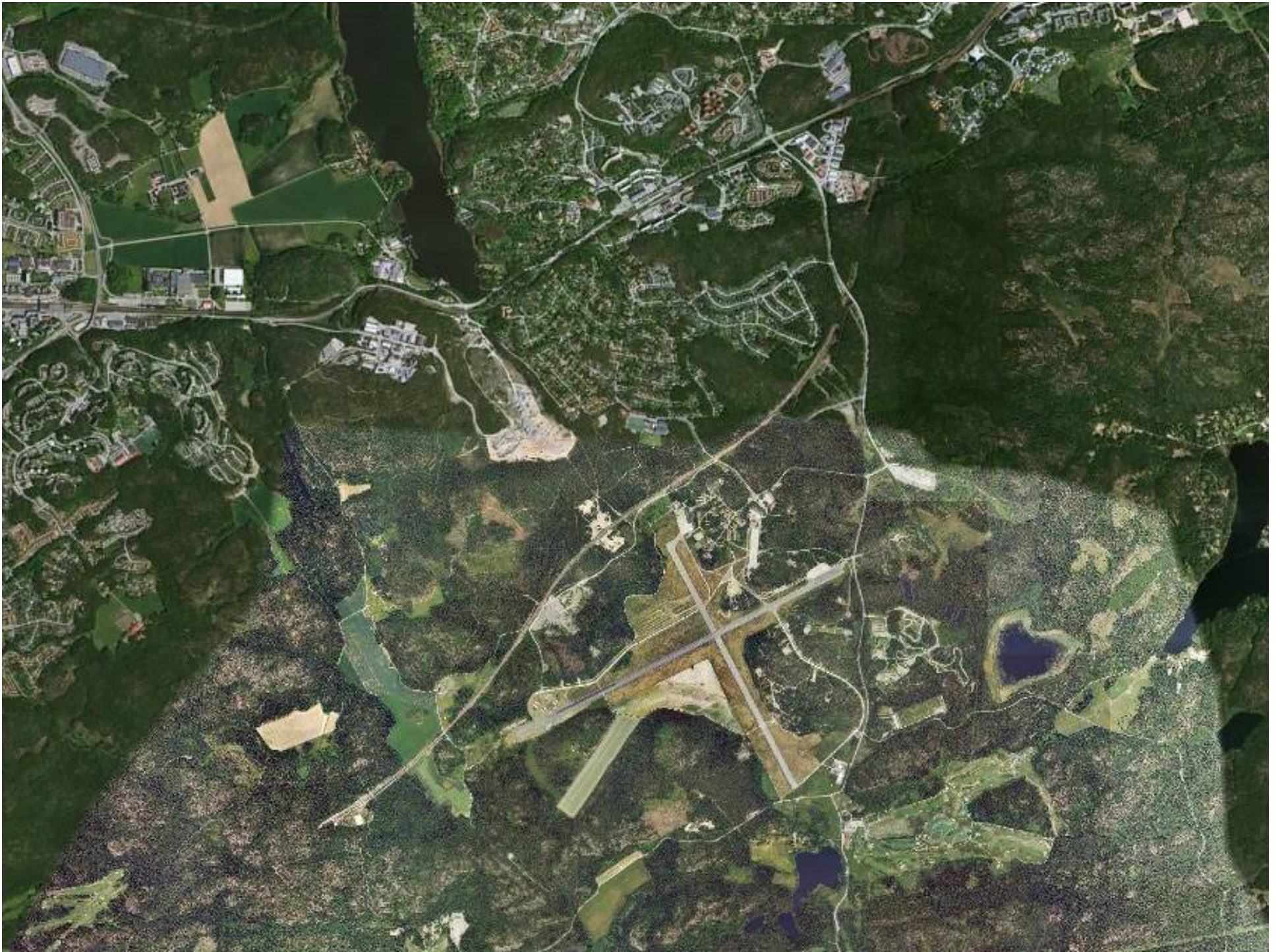
Genomgång och statusundersökning av befintliga grundvattenrör.



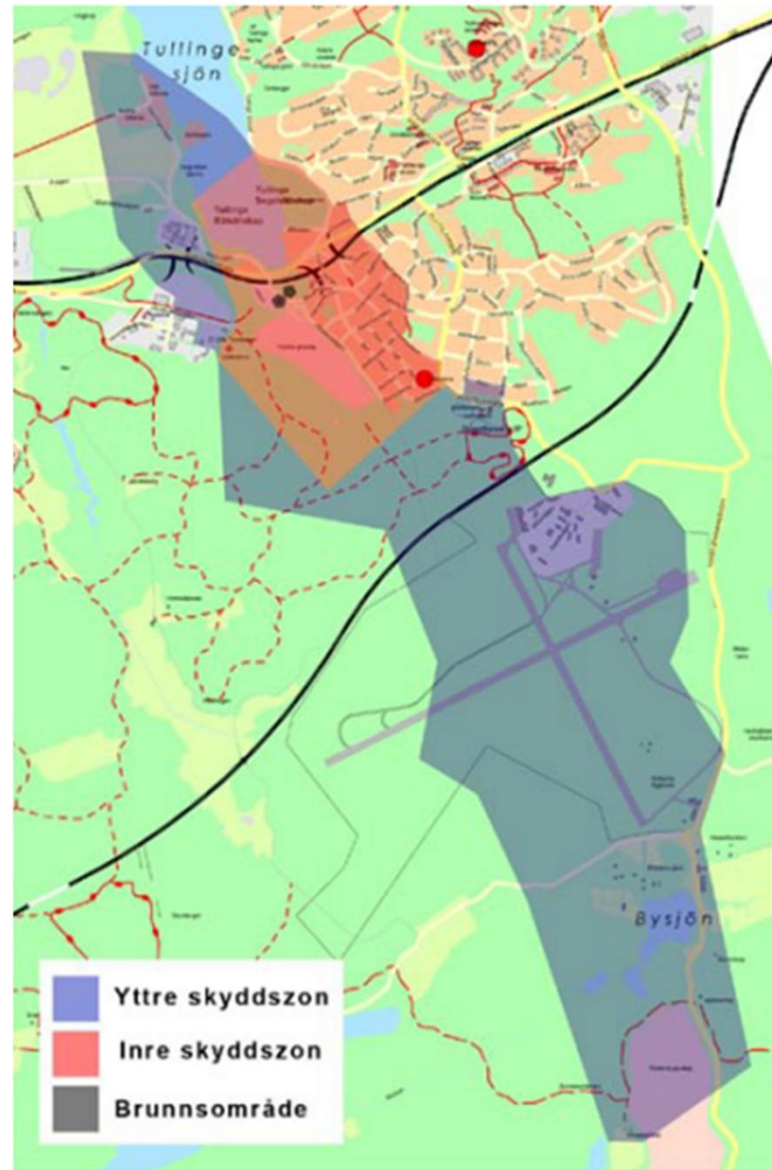
Förslag till ett mer omfattande provtagningsprogram har utvecklats.

Genomförd rördrivning av ett antal grundvattenrör och provtagning av jordprover ifrån olika djup.

Ett antal plausibla spridningsvägar för PFOS-kontaminerat vatten ifrån berghangaren till grundvattentäkten kan skönjas.



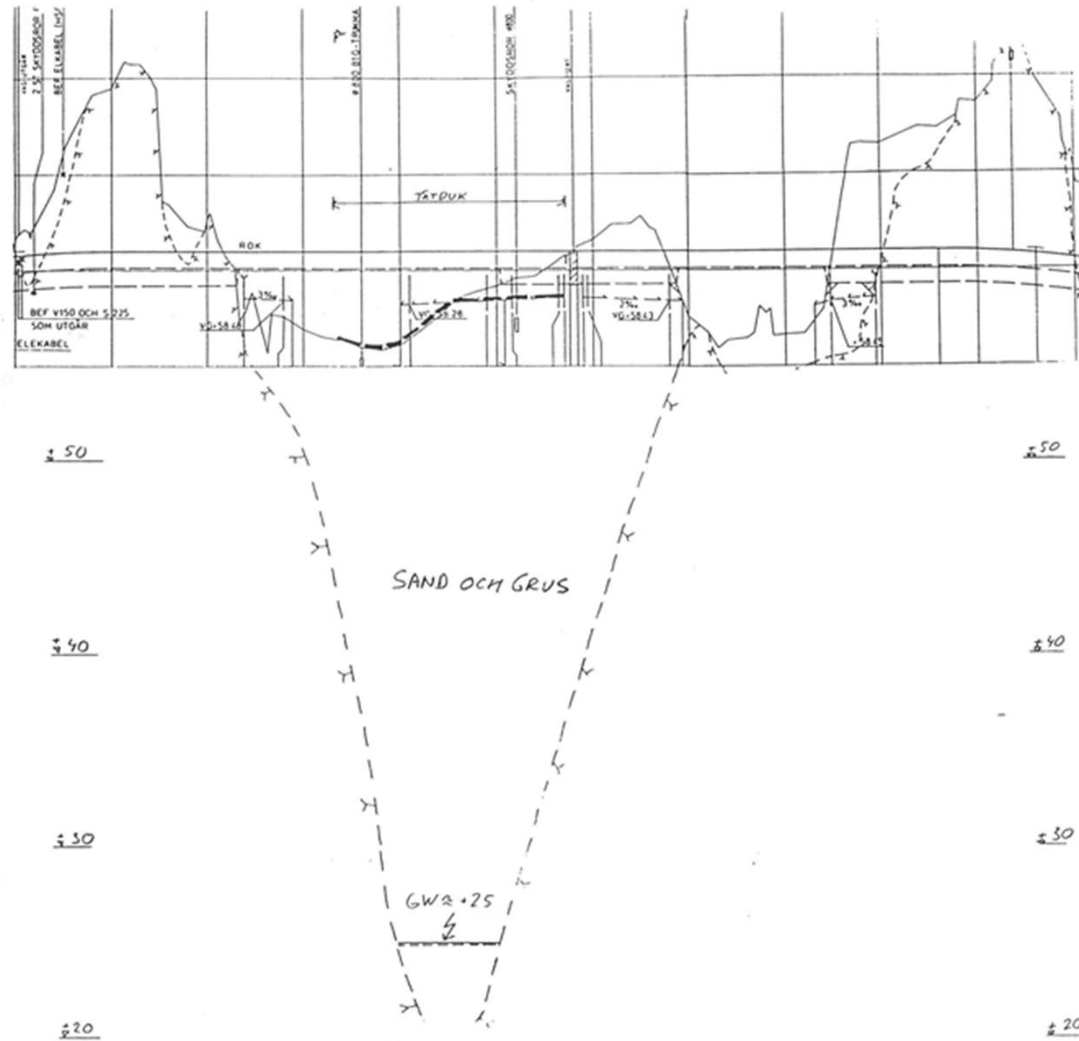
Vattenskyddsområde Tullingevatentäkten

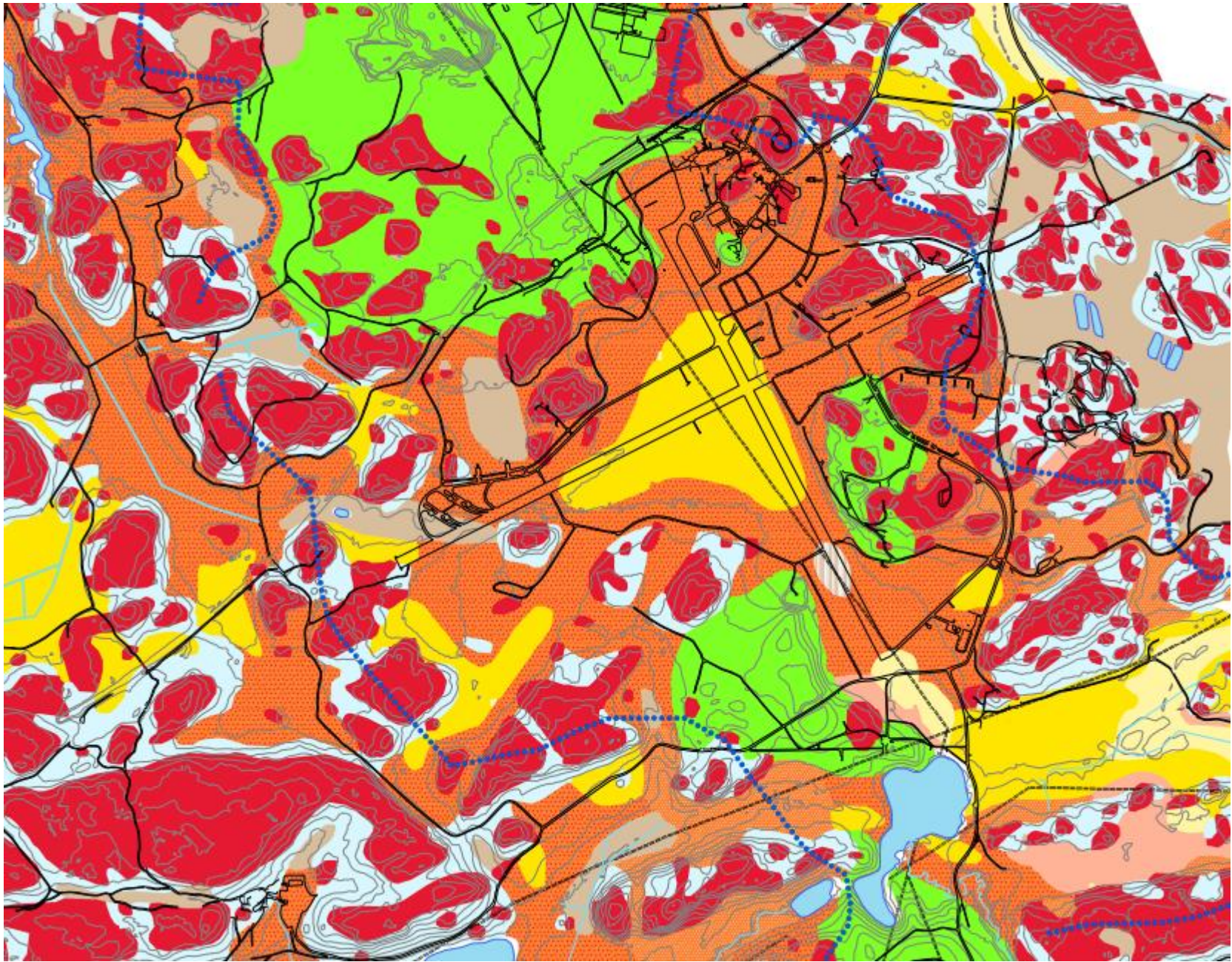


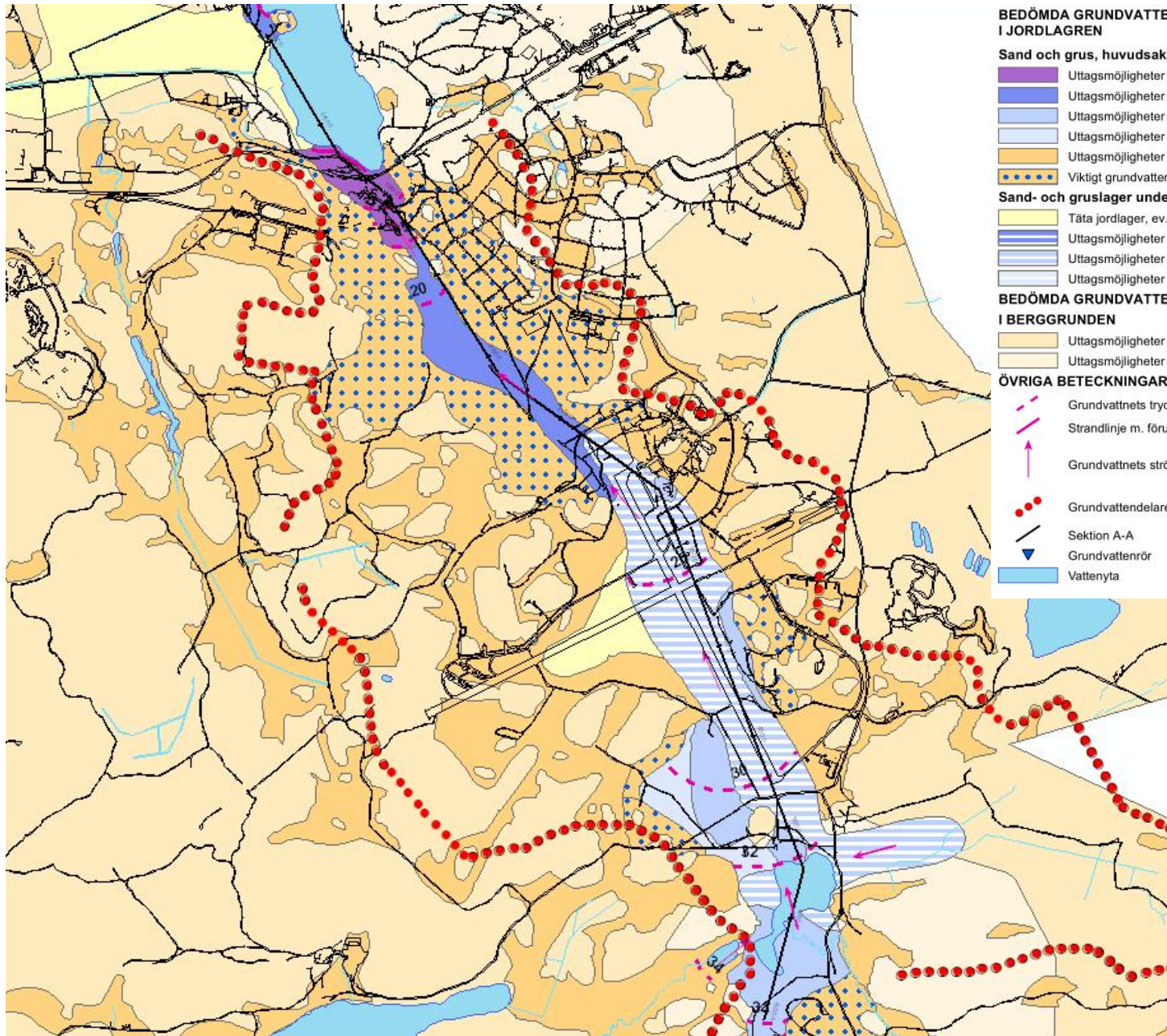
Jordartskarta



Tvärsektion Tullingestråket

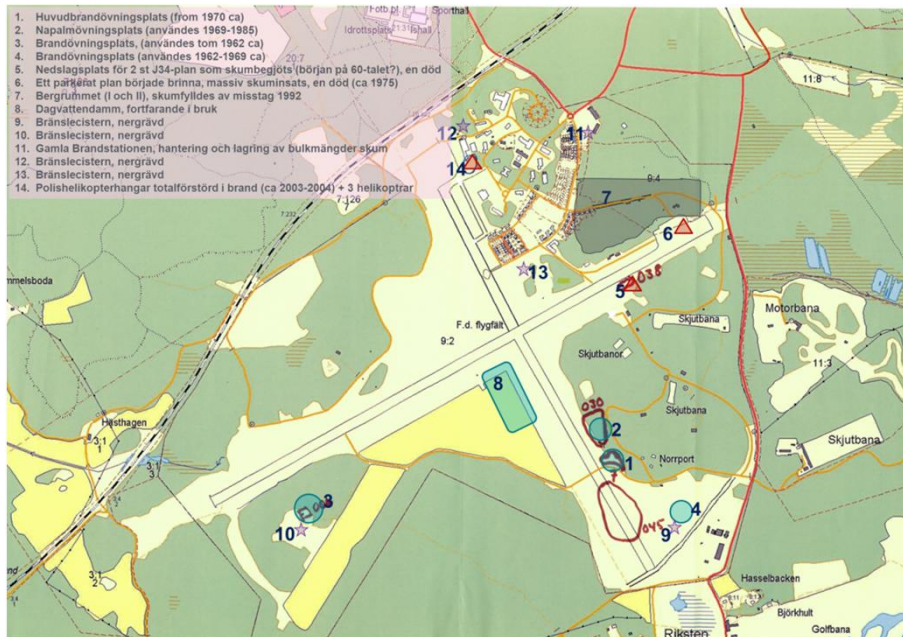






Platsspecifik metodik

Genom att den intervjubaserade *retrospektiva händelsekartan* lagts ovanpå den hydrogeologiska kartan, har en provtagningsplan för mark- och grundvattenprover arbetats fram och exekverats.

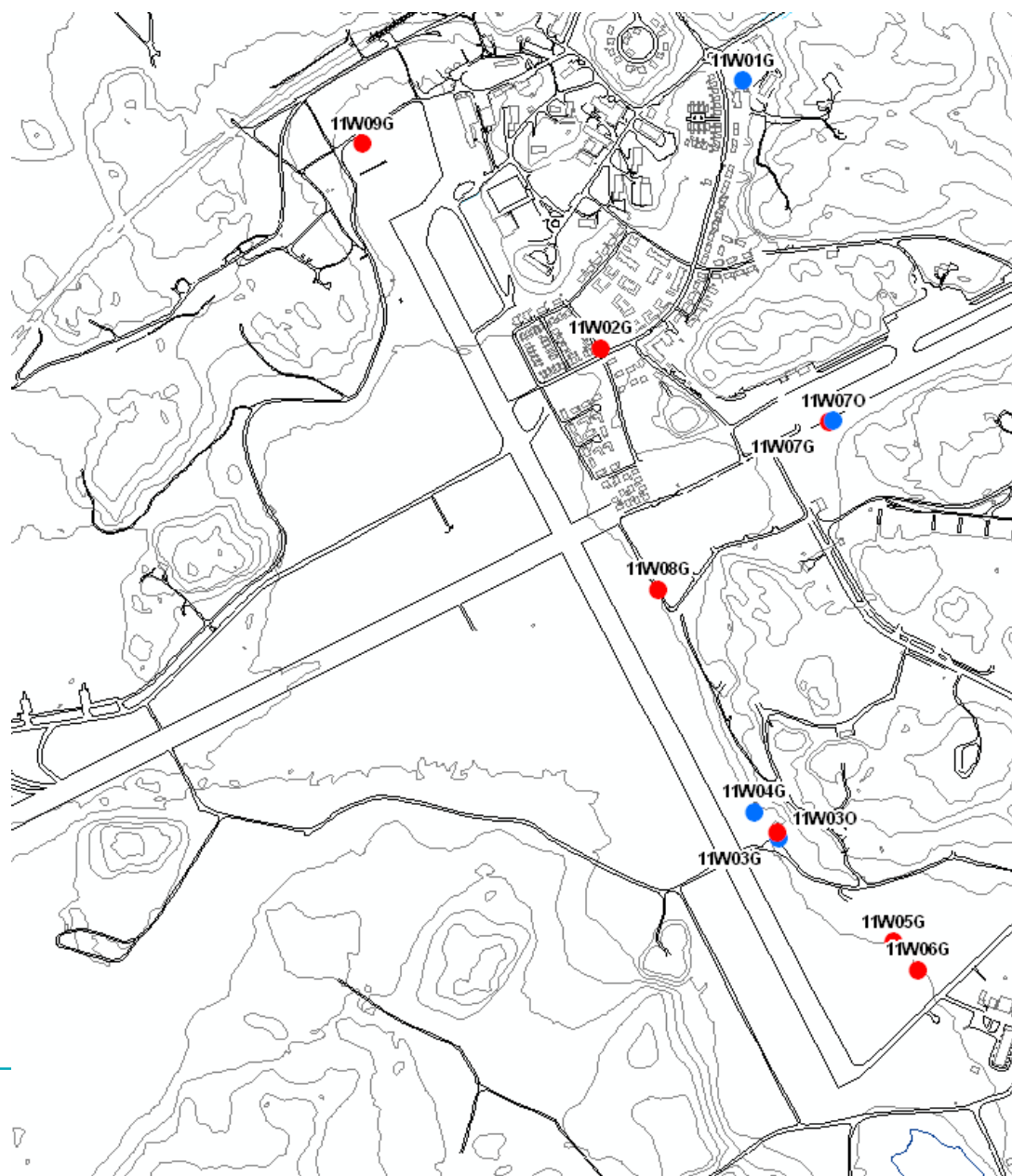


+



=

= "Provtagningsplan för Tullinge-Riksten"



Inledande undersökningar av nedströms liggande recipienter m a p ytvatten och fisk (“sker ett pågående utsläpp?”)

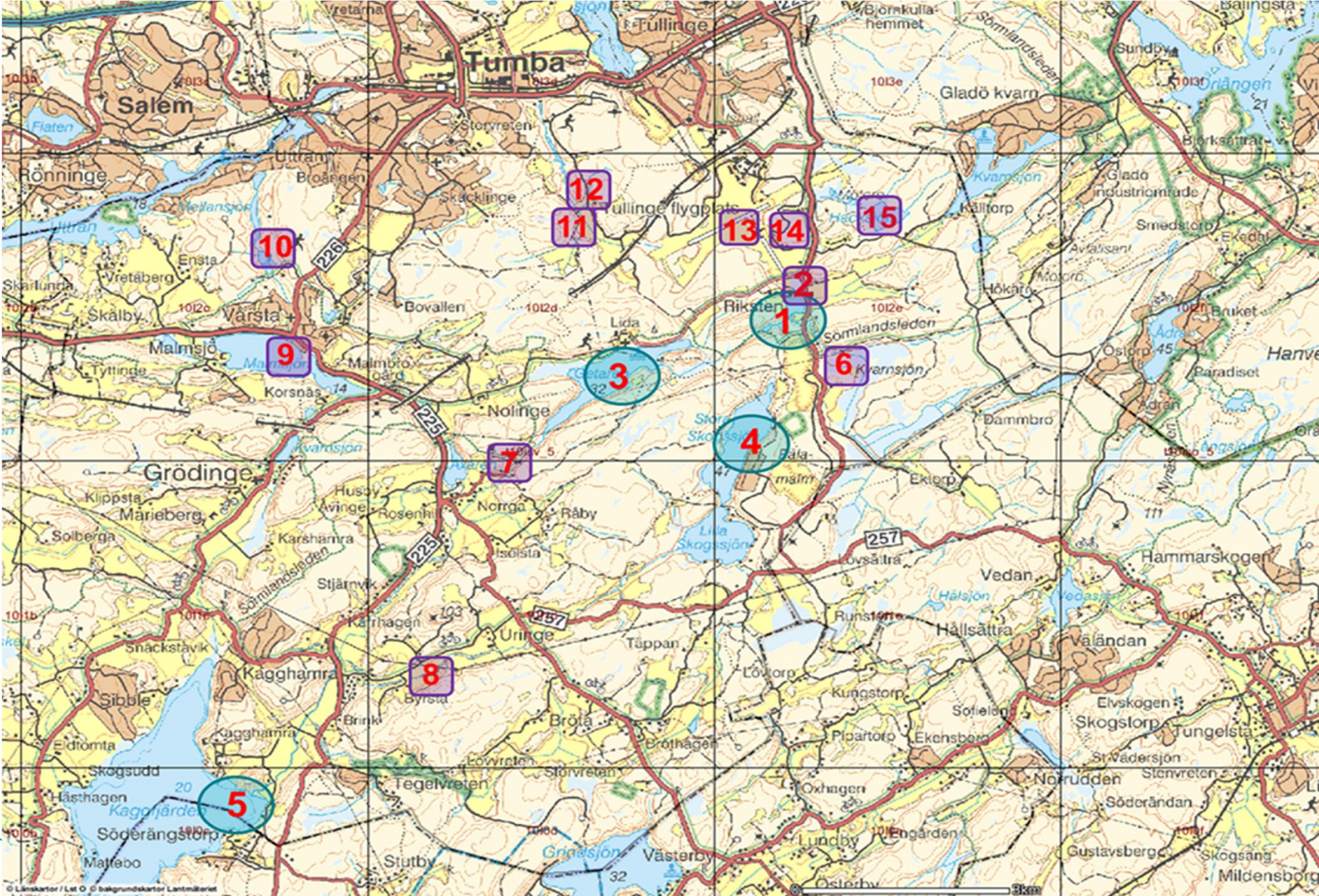
Provtagning av ytvatten i alla nedströms liggande vattenrecipienter.

Provtagning av fisk i enlighet med f.d. Fiskeriverkets metodik.

Provtagning av ett antal borrhållningar sydöst om flottiljområdet och nordväst om flottiljområdet (*redovisas inte vid detta tillfälle*).

Provtagning av dagvatten i det f.d. berggrummet, i dagvattendammarna på vid f.d landningsbanan och i den s k Bysjöpölen.

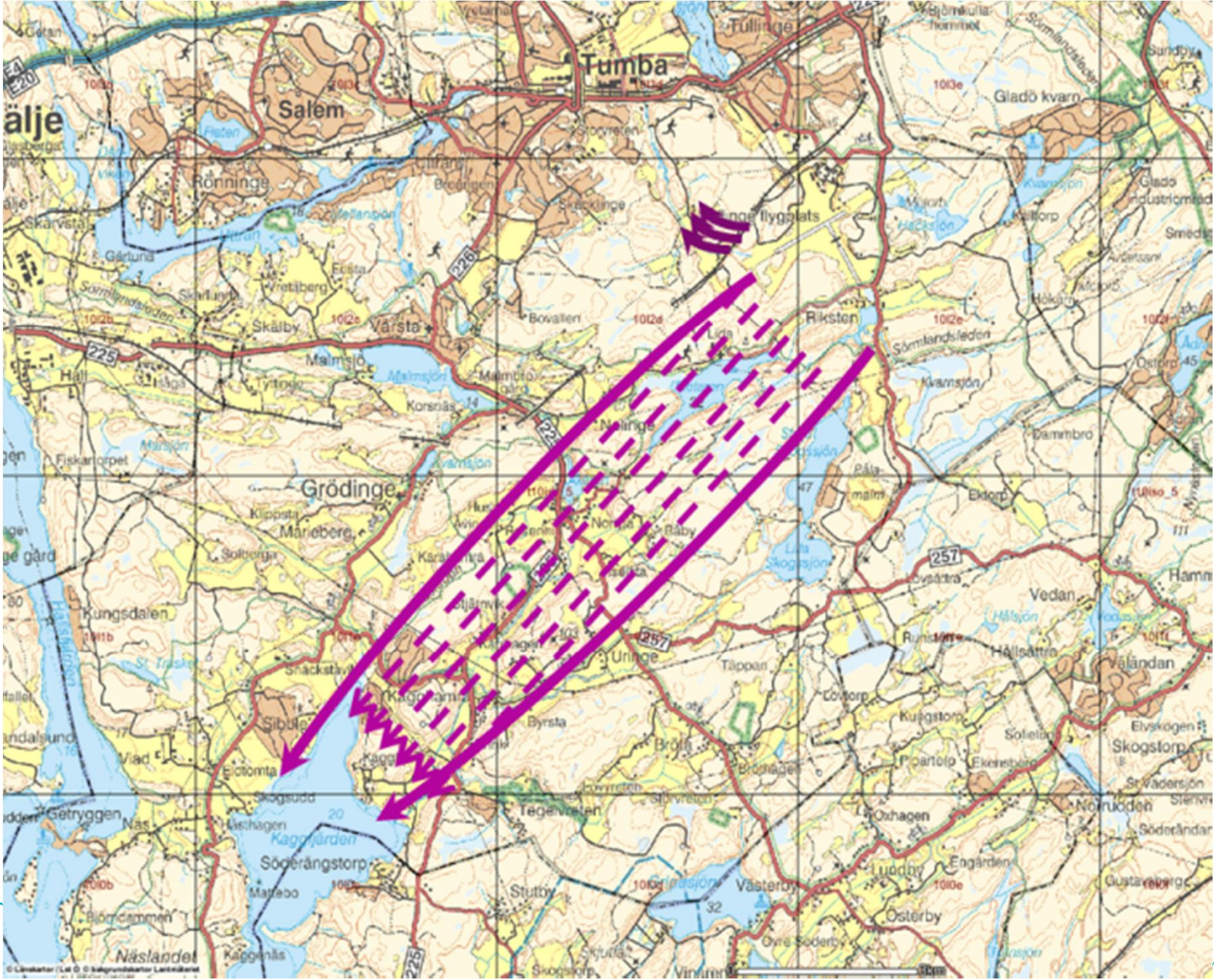
Provlokalernas placering



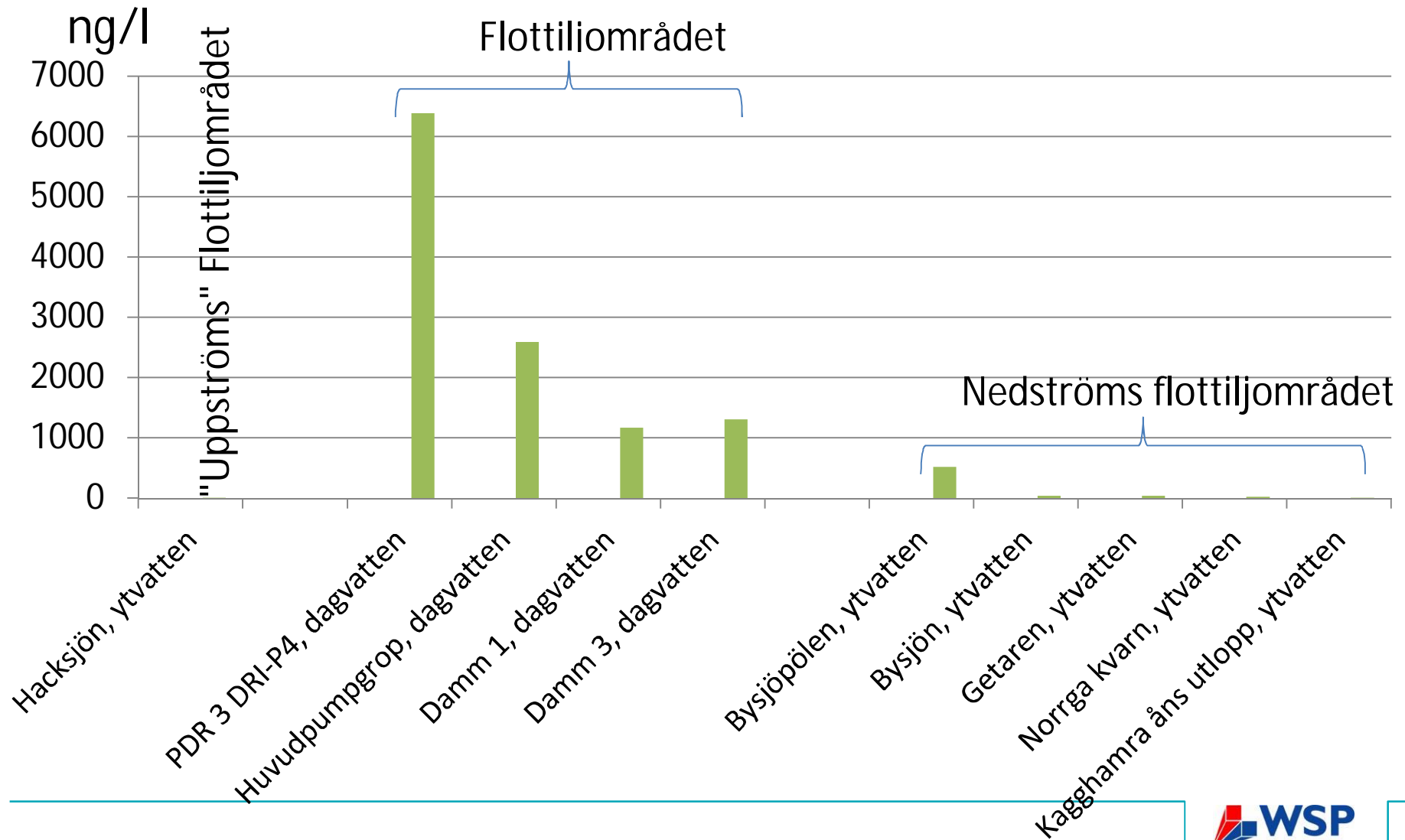
Resultat

Provtagningspunkt		PFOS (ng/l)	PFOA (ng/l)	PFHxS (ng/l)	PFHxA (ng/l)	ΣPFC (ng/l)
Flottiljområdet						
PDR 3 DRI-P4, dagvatten		6390.0	119	1570	154	8233.0
Huvudpumpgrop, dagvatten		2590.0	407	1590	97.8	4684.8
Damm 1, dagvatten		1170.00	182	772.00	44.1	2168.1
Damm 3, dagvatten		1310.00	190	758.00	50.7	2308.7
Nedströms Flottiljområdet						
Bysjöpölen, ytvatten		518	84.8	266	31.52	900.3
Bysjön, ytvatten		45.1	8.79	22.9	2.17	79.0
Kvarnsjön, bäcken i Norr om Bysjön, ytvatten		< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	N/A
Getaren, ytvatten		30.5	5.53	16.0	< LOD	52.0
St Uringe, Uringeån, ytvatten		< LOD	0.936	0.655	< LOD	1.6
Norråga kvarn, ytvatten		25.9	4.71	14.8	2.87	48.3
Malmsjön, ytvatten		2.18	0.774	< LOD	< LOD	3.0
Brosjön, ytvatten		1.11	< LOD	< LOD	< LOD	1.1
Kagghamra åns utlopp, ytvatten		10.8	2.57	5.92	< LOD	19.3
Lilla skogssjön, ytvatten		< LOD	1.33	< LOD	< LOD	1.3
Dike som leder vatten till Stora Dammen vid Jakobsberg, ytvatten		< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	N/A
Korsdiket vid Himmelsboda, ytvatten		13.9	1.67	10.4	< LOD	26.0

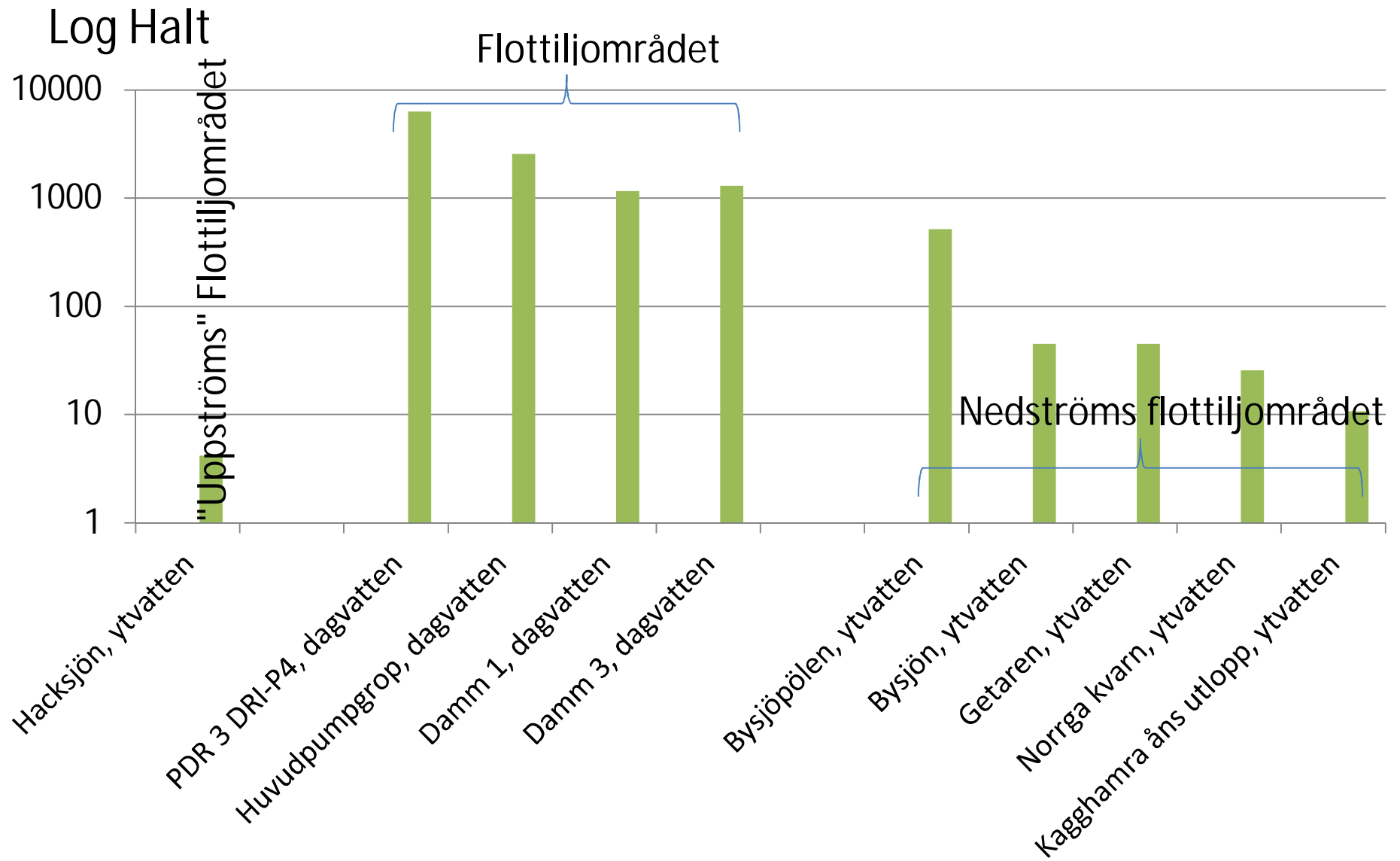
PFOS i ytvatten; spridningsbild



PFOS-halt i ytvatten som f k n av avståndet till bergrummet



Forts.



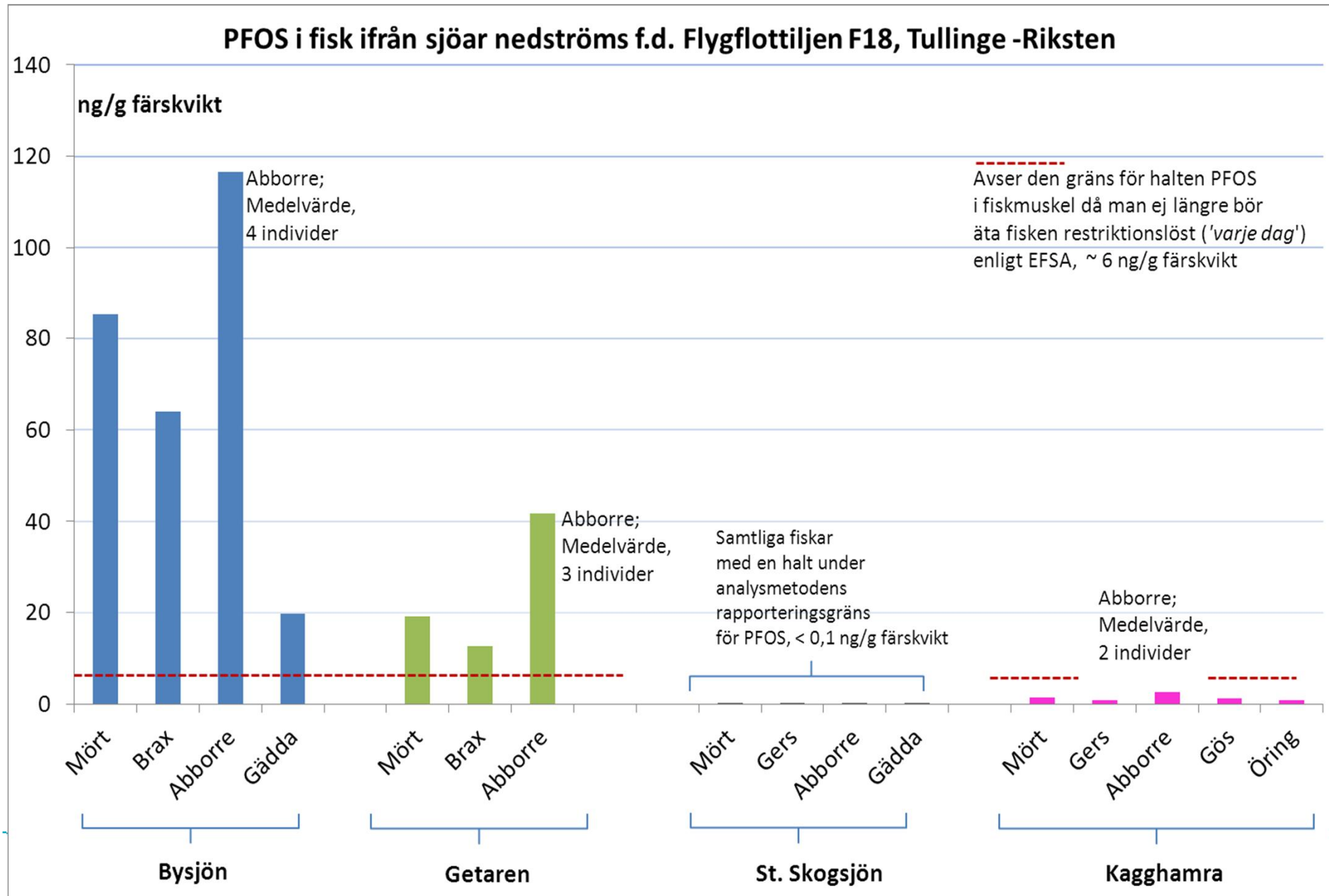
Vattenflöde ut ur Bergrummet

Enligt uppgift ca 60 m³/dygn (ev toppbelastningar > 100 m³/dygn)

→ 26 år efter att flottiljen lades ner (18 år efter detachement F13 Tullinge) läcker det fortfarande ut “stora mängder” PFOS och andra PFC-ämnen (ca 200 gram per år).

PFOS bryts aldrig ner och bioackumuleras i mycket starkt i fisk.

Fiskdata :PFOS i matfisk ifrån nedströms liggande recipienter



Överskridande av gränsvärden för tolerabelt dagligt intag enligt EFSA

I Bysjön och Getaren kan fisken inte ätas restriktionslöst av hela befolkningen

(kvinnor i fertil ålder och barn bör iaktta särskild försiktighet)

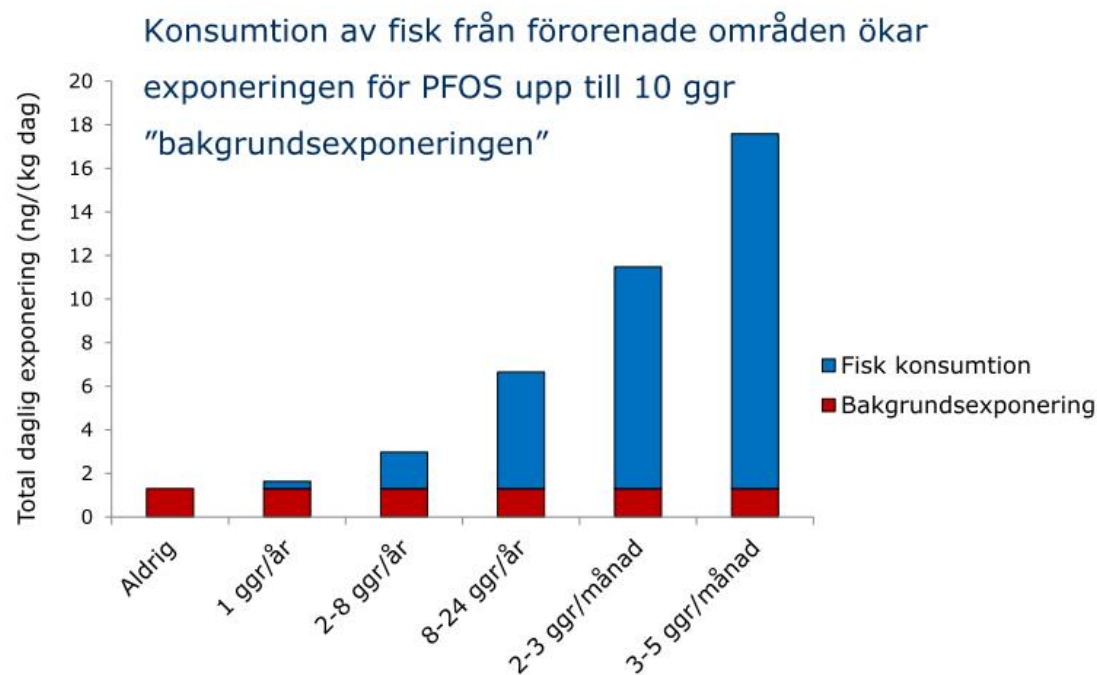
Tänkbara exponeringsscenarion för PFOS i Tullinge

(baserat på Dr. Vestergrens exponeringsberäkningar)

Scenario; "Tullingebon som på fritiden bedriver ett aktivt sportfiske i Getaren, som förser sin familj med matfisk 1-2 ggr/vecka, och som dricker vattnet ifrån Tullinge Vattenverk"

Resultat;

→ ca 30-35 ng kg bw och dag, således en ca 60 ggr högre exponering för PFOS än den som en "vanlig bakgrundsexponerad" Stockholmare riskerar att erfara (utifrån Vestergrens grundexponeringsantagande).



Möjliga åtgärder

Mycket goda möjligheter att installera reningsanläggningar på plats med hög reningsgrad m a p perfluorerade ämnen.

WSP Environmental har tagit fram ett koncept baserat på en nanogranulär aktiv kolfas som är skalbar och mycket kostnadseffektiv;

Reningsanläggning för perfluorerade ämnen i vatten.

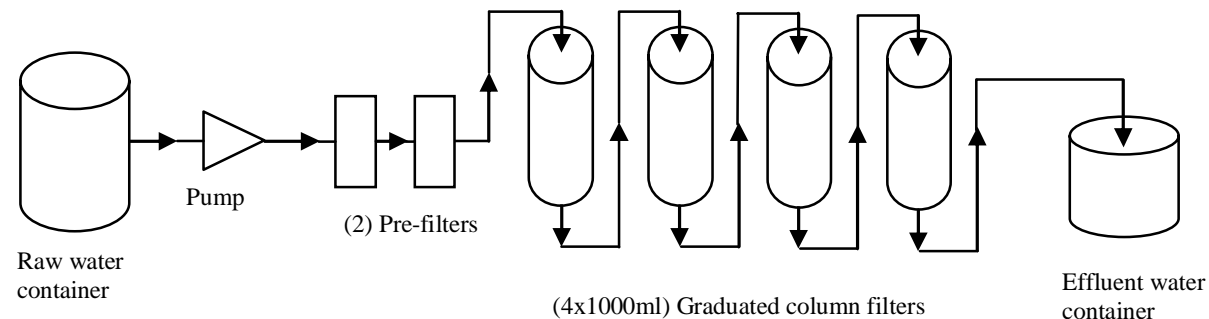
Baseras på rening med nanoporöst aktivt kol.

Mobil anläggning i containerformat.

99,98 % reningsgrad av starkt PFOS-kontaminerat vatten. Liknande reningsgrad för PFOA (PFOA går ej att detektera i det utgående vattnet).

Optimerad för minimal drifttillsyn genom förfiltrering av vattnet i flera steg.

Föreligger nu på Arlanda Flygplats, på Landvetters Flygplats och sen 3 månader även på Malmö Flygplats



Ad Notum

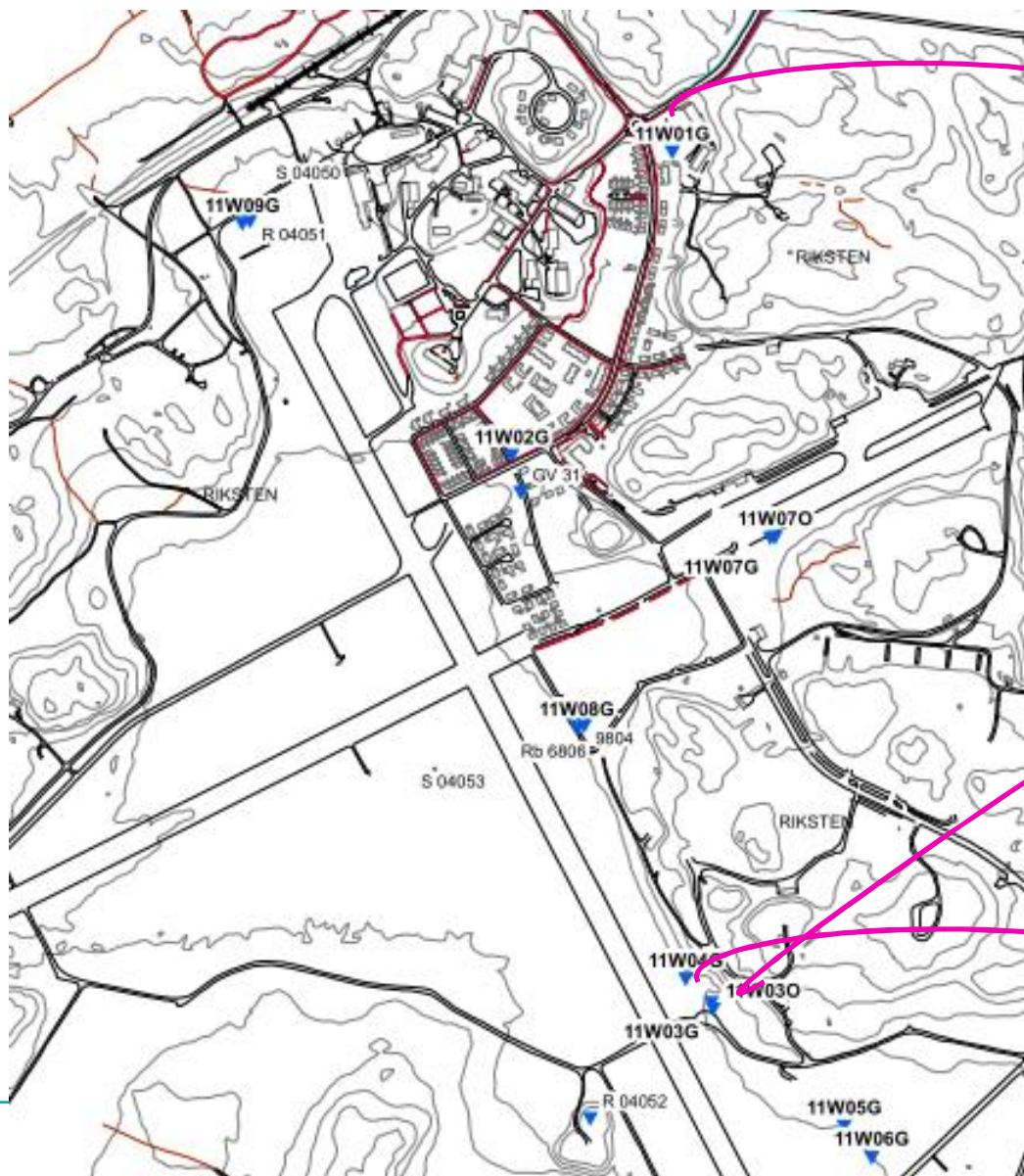
Befintlig *state-of-the-art* teknologi m a p reningsanläggningar för PFOS/PFOA kommer ej att klara att rena vatten ner till den mycket låga halt, 0,65 ng/l, som EU-kommissionen föreslagit som gränsvärde för ytvatten.

I ljuset av våra tidigare erfarenheter (Landvetter, Arlanda, Malmö) är en möjlig målsättning att utgående vatten ifrån reningsanläggningen skall kunna ha tolerabla halter av perfluorerade ämnen;

PFOS: 10-15 ng/l (jmf. Norra Mälaren idag)

PFOA: ca 1-2 ng/l (jmf. Detektionsgränsen för PFOA på ett speciallab).

Preliminära analysresultat PFOS i den övre jordprofilen

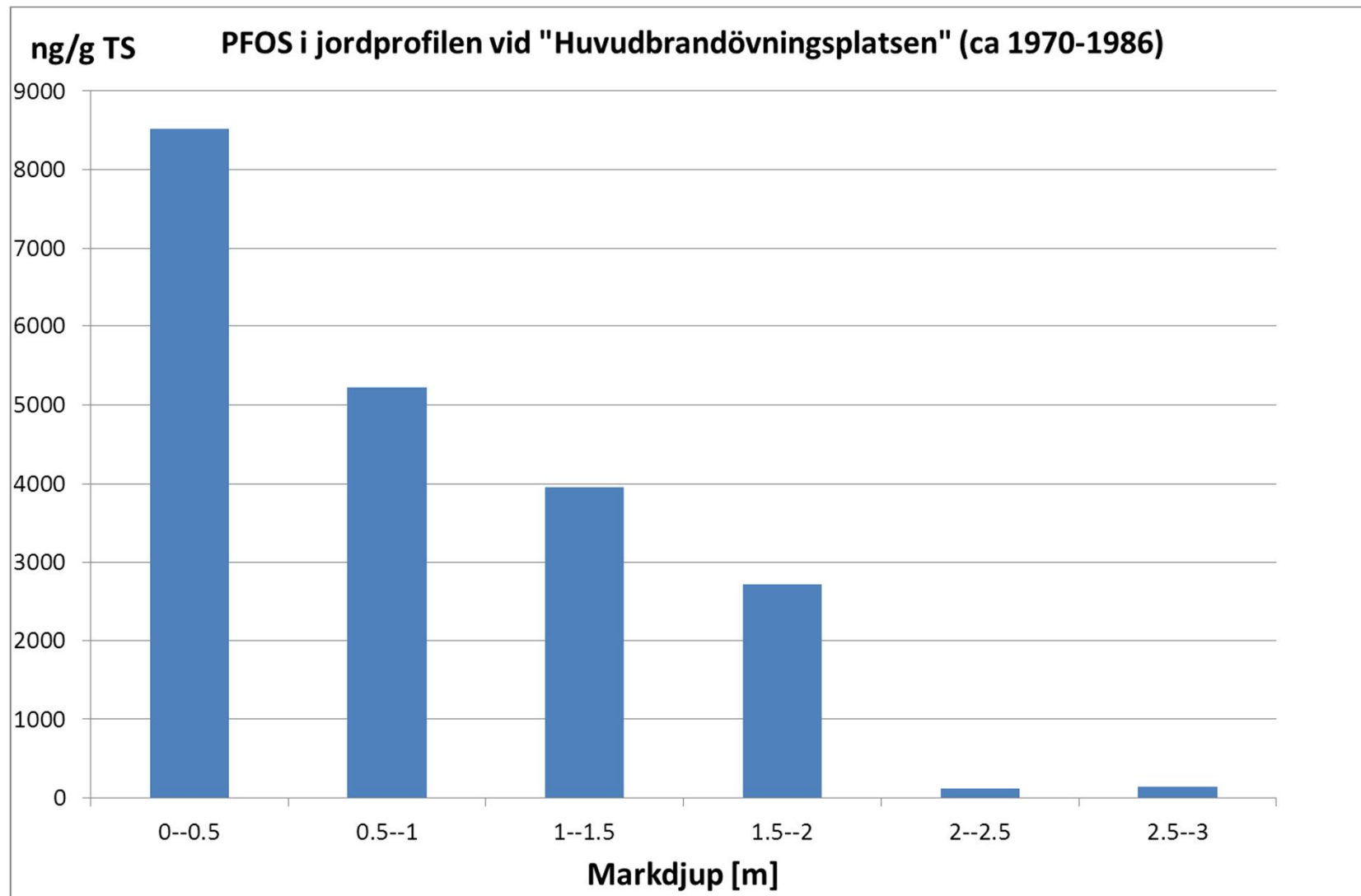


“Brandstationen”
8 jordprover ner till 4
meters djup

“Övningsplats 1970-86”
6 jordprover ner till 3
meters djup

“Napalmbanan”
8 jordprover ner till 4
meters djup

“Huvudbrandövningsplatsen 1970-86”



Tolkning och tankar

Högst halter vid “Huvudbrandövningsplatsen” (*nyttjades under den period då vi vet att AFFF-skummen vara baserade på perfluorokemikalier*).

Fortfarande förhöjda halter i rel. ytliga marklager - är detta en koncentrationsplym?

Möjligheter att schakta bort övre marklager vid “Huvudbrandövningsplatsen”?



$\phi \sim 40 \text{ m}$, djup 4 m $\rightarrow 1600 \text{ m}^3$ kontam. jord
 $\rightarrow 5000 \text{ ton TS} \rightarrow 17 \text{ kg PFOS}$ och $0,64 \text{ kg PFOA}$.

Preliminära resultat: PFOS i grundvatten

