



Linköpings kommun

Resultat och Riskbedömning, Djurgården Linköping

Linköping 2019-03-28

Resultat och Riskbedömning, Djurgården Linköping

Resultatrapport

Datum 2019-03-28
Uppdragsnummer 1320040427

Sara Söderlund
Uppdragsledare

Sara Söderlund
Handläggare

Therese Hjälms
Granskare

Ramböll Sverige AB
Junkersgatan 1
582 35 Linköping

Telefon 010-615 60 00

Unr 1320040427 Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	Bakgrund	3
1.1	Syfte	4
1.2	Områdesbeskrivning	4
1.3	Verksamheter på platsen	4
1.4	Geologi och hydrologi.....	5
1.5	Skydds- och bevarandeintressen.....	5
2.	Bedömningsgrunder	6
2.1	Jord	6
2.2	Grundvatten	6
2.3	Sediment	7
2.4	Ytvatten.....	7
3.	Utförande.....	7
3.1	September-oktober 2017.....	7
3.2	November-december 2017.....	8
3.3	April, 2018.....	11
3.4	Februari 2019.....	12
3.5	Kulverten	14
4.	Resultat	15
4.1	Jord	15
4.2	September-oktober 2017.....	15
4.3	November-december 2017.....	16
4.4	April 2018.....	19
4.5	Februari 2019.....	20
4.6	Grundvatten	23
4.7	Sediment	25
4.8	Ytvatten.....	27
5.	Översiktlig riskbedömning	30
5.1	Mark	30
5.2	Grundvatten	35
5.3	Ytvatten.....	37
5.4	Sediment	38
5.5	Kulvert	38
5.6	PFAS vid översvämning/skyfall	38
6.	Behov av åtgärder	40

6.1	Diket och väg 708	40
6.2	Brandövningsplatsen.....	41
6.3	Översiktlig kostnadsuppskattning	41
7.	Rekommendationer	42
8.	Upplysning	43
9.	Referenser	44

Bilagor

- Bilaga 1a – Fältanteckningar september – oktober 2017
- Bilaga 1b – Fältanteckningar november – december 2017
- Bilaga 1c – Fältanteckningar april 2018
- Bilaga 1d – Fältanteckningar vallarna
- Bilaga 1e – Fältanteckningar avgränsning väg 708
- Bilaga 2 – Dokumentation filmning
- Bilaga 3 – Samtliga analysprotokoll

Resultat och Riskbedömning, Djurgården Linköping Resultatrapport

1. Bakgrund

På området Djurgården i Linköping pågår arbetet med ny detaljplan (Figur 1). Räddningstjänsten i Östergötland har övat brandsläckning i de östra delarna av området, och försvarsmakten har även haft delar av Djurgården som övningsområden i olika sammanhang.

Ramboll har i omgångar utfört miljötekniska undersökningar på området. Föroreningsförekomst har undersökts i mark, grundvatten, sediment och ytvatten. Närmast räddningstjänstens utbildningscentrum (öster om planområdet, se Figur 2) har undersökningarna fokuserat på PFAS, och översiktligt undersökts avseende metaller och petroleumrelaterade föroreningar. Sediment och ytvatten har undersökts avseende PFAS för att kartlägga spridningen av föroreningen. Längre öster ut, där bl.a. fordonsutbildning bedrivits har marken undersökts avseende metaller och petroleumprodukter, samt översiktligt avseende PFAS.



Figur 1. Röd markering visar området för pågående detaljplan (linkoping.se).

1.1

Syfte

Syftet med undersökningarna har varit att undersöka och avgränsa PFAS-föroreningen mot planområdet, samt undersöka eventuell förekomst av metaller och petroleumrelaterade föroreningar inom och i anslutning till planområdet. Området väster om Citygross, där försvarsmakten har bedrivit fordonsutbildning har undersökts med avseende på metaller och petroleumrelaterade föroreningar, samt översiktligt avseende PFAS. Det misstänktes även finnas rivningsmaterial/schaktmassor i vallarna.

1.2

Områdesbeskrivning

Djurgården är beläget i södra delen av Linköping. Aktuellt provtagningsområde sträcker sig från utbildningscenter i öst till vallarna i väst, samt längs Åsmestadsdiket till Slestadsrondellen. Ytvatten har undersökts även söder i Åsmestadsdiket (Figur 2).



Figur 2. Översiktsbild provtagningsområdet. För enklare lokalisering har övningsplatsen, utbildningscenter, väg 708, Citygross, Hertig Johans allé, Åsmestadsdiket och Slestadsrondellen pekats ut. Underlagskarta: kartan.linkoping.se.

1.3

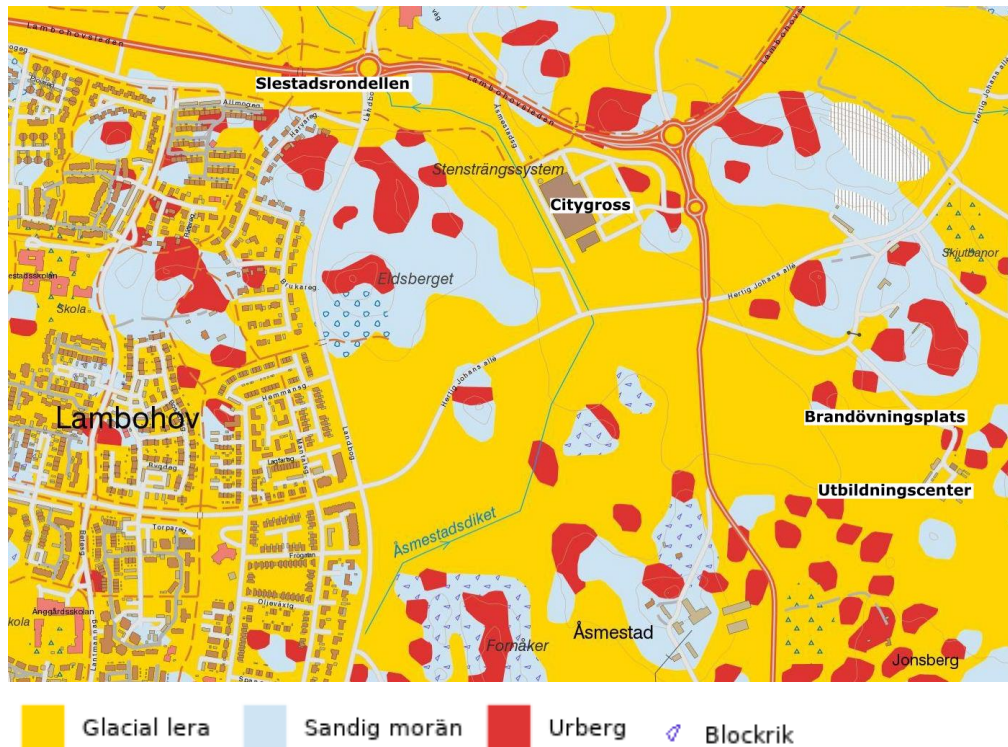
Verksamheter på platsen

I dagsläget har räddningstjänsten i Östergötland sitt utbildningscenter i östra delen av provtagningsområdet. Stora delar av provtagningsområdet består av åkermark. City Gross är beläget i centrala/norra delarna av provtagningsområdet, och väster om Åsmestadsdiket är ett bostadsområde.

1.4

Geologi och hydrologi

Stora delar av området består av glacial lera (Figur 3). Delvis finns inslag av sandig morän, urberg och blockrika ytor. Det finns inget grundvattenmagasin på området enligt SGU:s jordartskartor. Vid fältprovtagning har dock ytligt grundvatten påträffats.



Figur 3. Jordartskarta SGU (SGU, 2019).

1.5

Skydds- och bevarandebestånd

I området finns flertalet fornlämningar, dels vid Eidsberget väster om Citygross, samt i biotopområdena på åkrarna. Området ligger i anslutning till Tinnerö Ekländskap som är ett skyddat kommunalt naturreservat. Området väster om Citygross, Eidsberget ingår i Länsstyrelsens Naturvårdsprogram Östergötland: 05. Stora delar av undersökningsområdet ingår i Försvarsmaktens stoppområde för höga objekt samt MSA område luftrum (skyddsområde runt flygplatser) (WebbGIS, 2019).

\\ramse\pub\p1\gen\2019\1320040427\3_teknik\document\beskrivningar\samlad_bedomning_djurgården_th_2_sara.docx

2. Bedömningsgrunder

2.1 Jord

Till grund för riskbedömningen används Naturvårdsverkets (NV) rapport 5976, Riktvärden för förorenad mark (Naturvårdsverket, 2016). I NV:s rapport redovisas generella riktvärden för förorenade områden för olika markanvändningar:

Känslig markanvändning (KM)

Med denna markanvändning gäller att markkvaliteten inte begränsar val av markanvändning. De flesta markekosystem samt grundvatten och ytvatten skyddas. Alla grupper av människor (barn, vuxna, äldre) kan vistas permanent inom området under en livstid, till exempel genom boende på platsen.

Mindre känslig markanvändning (MKM)

Markanvändningen begränsas av markkvaliteten. Marken kan utnyttjas för kontor, industrier eller vägar. De exponerade grupperna antas vara personer som vistas i området under sin yrkesverksamma tid samt barn och äldre som vistas på området tillfälligt, dvs., utan boende på platsen.

För PFOS, ett av de vanligast förekommande PFAS-ämnena, finns preliminära riktvärden motsvarande KM och MKM framtagna av SGI (nuvarande Swedgeo) (SGI, 2015).

2.2 Grundvatten

För PFOS finns ett framtaget preliminärt riktvärde som används för bedömning i föreliggande undersökning (SGI, 2015). Här används även Livsmedelsverkets rekommenderade haltnivåer för åtgärdskrav (Livsmedelsverket, 2017). Livsmedelsverket har tagit fram rekommendationer för de åtgärder man bör vidta beroende på halt i dricksvattnet. Summahalter för PFAS 11 över 90 ng/l bör sänkas så långt som möjligt under 90 ng/l. Vattnet går fortfarande att dricka (i resultatdelen kallad: LV90). Om summahalterna av PFAS 11 är över 900 ng/l rekommenderar Livsmedelsverket att man undviker att dricka vattnet och inte använder vattnet i matlagning. Enligt Livsmedelsverket kan man fortfarande duscha, bada och diska i vattnet utan risk (i resultatdelen kallad: LV900).

För bedömning av grundvatten används även SGU:s bedömningsgrunder för grundvatten, för de ämnen som finns framtagna där (SGU, 2013). SGU har tagit fram 5 tillståndsklasser, vilka utgår från bakgrundsvärden, livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten, socialstyrelsens riktvärden för dricksvatten, tidigare bedömningsgrunder och riktvärde för grundvatten & utgångspunkt för att vända trend (SGU, 2013). Livsmedelsverkets gränsvärde för dricksvatten sammanfaller generellt med SGU:s klass 4 (SLVFS, 2001:30). Därav kommer vikt läggas vid ämnen som motsvarar klass 4 och högre (1= mycket låg halt, 2= låg halt, 3= måttlig halt, 4= hög halt, 5= mycket hög halt).

2.3 **Sediment**

Det preliminära riktvärdet för PFOS i mark används som jämförelse för sediment eftersom det inte finns svenska riktvärden för PFOS i sediment (SGI, 2015). För metaller används de generella riktvärdena för förorenad mark (Naturvårdsverket, 2016).

2.4 **Ytvatten**

PFOS jämförs med EU:s ytvattendirektiv, där PFOS är ett av de prioriterade ämnena (EU Directive 2013/39/EU). EU:s gränsvärde är samma värde som i Sverige används som miljö kvalitetsnorm (MKN) för ytvatten (HVMFS 2015:4). För att få ytterligare ett värde att jämföra emot används även SGI:s indatavärde "skydd av ytvatten", ett värde som används för beräkningar av SGI:s preliminära riktvärde för grundvatten. Halterna jämförs även mot LV90 och LV900 för PFAS 11.

3. **Utförande**

3.1 **September-oktober 2017**

Jordprov uttogs i nio stycken provpunkter (Figur 4). Prov uttogs från jordskruv monterad på borrhandsvagn. Prover uttogs halvmetersvis ned till ett djup om 4 m. Där grundvattenrör installerades på djupare nivå än 4 m uttogs även jordprov där. Laboratorieanalys utfördes från början på ett prov per provpunkt (nio stycken prov) med avseende på organiska ämnen (alifatiska och aromatiska kolväten, PAH och BTEX), samt metaller (inklusive kvicksilver). Från sex stycken av provpunkterna analyserades jordprov för PFAS, från hälften av provpunkterna analyserades två prov per provpunkt, och från hälften analyserades ett prov per provpunkt, totalt genomfördes nio stycken PFAS-analyser på jord.

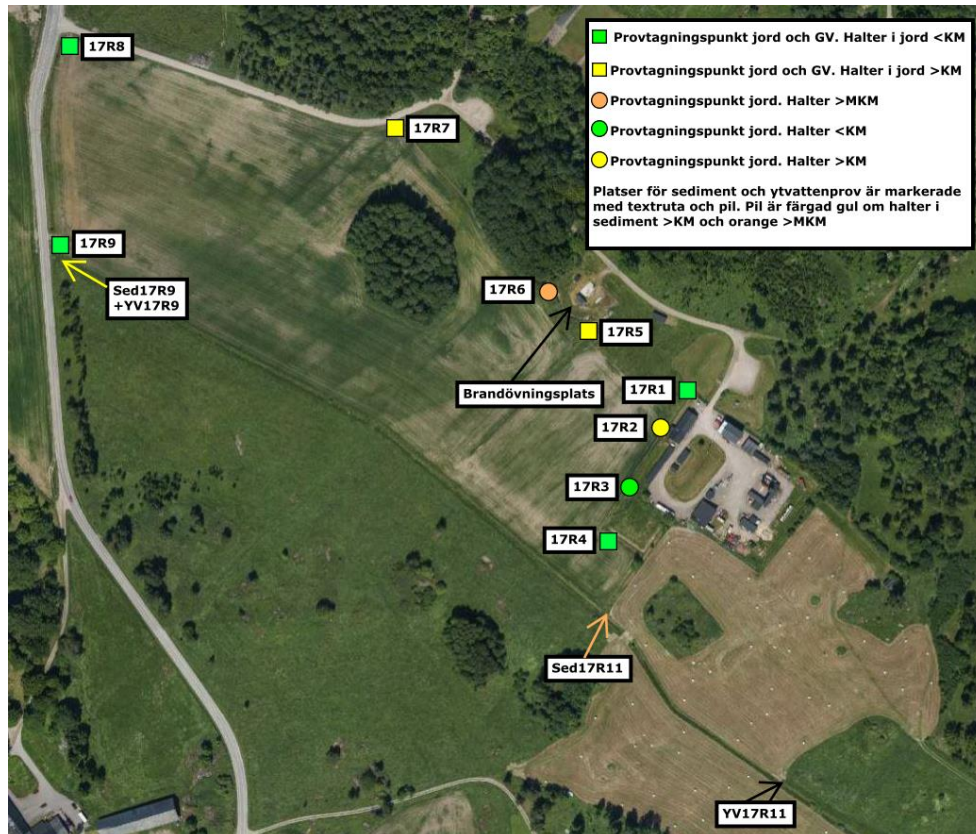
I samband med jordprovtagning installerades grundvattenrör i 6 stycken av borrhålen (Figur 4). Grundvattenrör av 50 mm PEH-plast användes. Grundvattenprov uttogs med hjälp av peristaltisk pump. Innan prov togs ut omsattes grundvattenrören med 2-3 rörvolym (Bilaga 1a). Prover för metallanalys filtrerades i fält, med undantag för GV17R1, som innehöll så mycket partiklar att filtren direkt sattes igen. För detta prov beställdes filtrering av labb. Laboratorieanalys utfördes på samtliga sex grundvattenprov för alifatiska och aromatiska kolväten, PAH, BTEX, metaller (inklusive kvicksilver) och PFAS.

Ytvattenprov uttogs från två platser i det dike som rinner genom undersökningsområdet (Figur 4). Det ena provet uttogs uppströms och det andra nedströms brandövningsplatsen. Laboratorieanalys utfördes för alifatiska och aromatiska kolväten, PAH, BTEX, metaller (inklusive kvicksilver) och PFAS.

Sedimentprov togs ut i det dike som rinner genom undersökningsområdet (samma dike som ytvattenprov togs ifrån) (Figur 4). Det ena provet uttogs nedströms, och det andra uppströms brandövningsplatsen. Laboratorieanalys utfördes för

alifatiska och aromatiska kolväten, PAH, BTEX, metaller (inklusive kvicksilver) och PFAS.

Analys utfördes av det ackrediterade laboratoriet SYNLAB (f.d. ALcontrol) i Linköping.

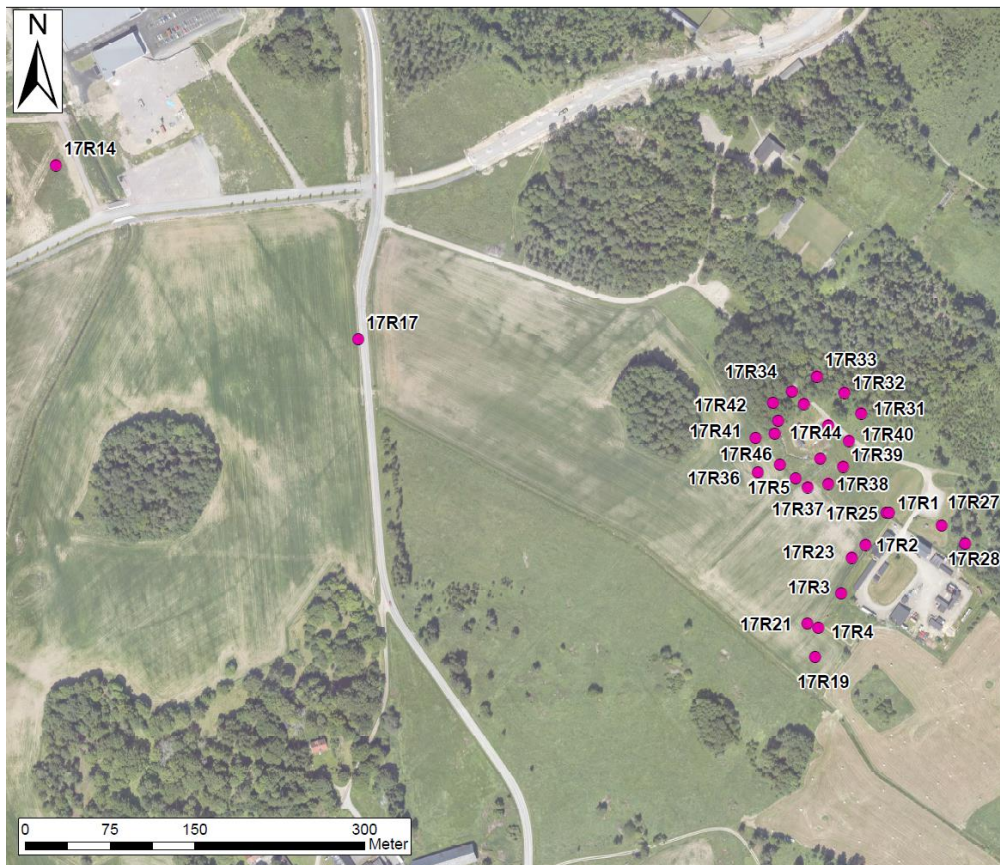


Figur 4. Provtagningspunkter jord, grundvatten, ytvatten och sediment (Ramböll, 2017).

3.2 November-december 2017

Jordprov uttogs med provtagningskäpp på 37 st platser runt brandövningsplatsen och utbildningscentrum, varav 22 st sändes för analys med avseende på PFAS (Figur 5). Provtagning med provtagningskäpp utfördes till ett maximalt djup om 20 cm. Ett prov består av provmaterial från flertalet stick (från en yta om ca 1 m i diameter). 3 st prov uttogs väster om väg 708 varav 1 sändes för analys med avseende på PFAS (17R17) (Figur 5).

Provet från platsen där arkeologiska undersökningar ska utföras uttogs som ett samlingsprov för att representera hela ytan (17R14) (Figur 5). Provet analyserades med avseende på PFAS samt även metaller och petroleumrelaterade föroreningar. Analyser utfördes av det ackrediterade laboratoriet SYNLAB i Linköping.



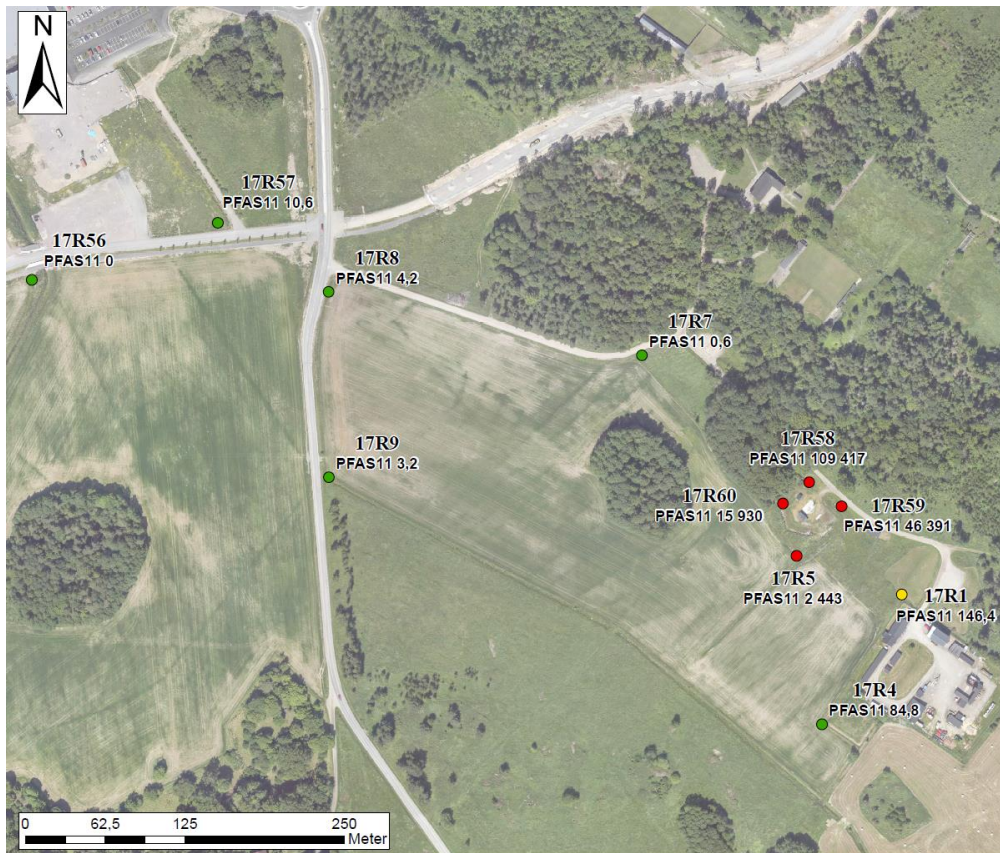
Figur 5. Samtliga analyserade jordprov (Ramböll, 2018a).

Installation av ytterligare 5 st grundvattenrör utfördes med hjälp av borrhandsvagn i november 2017. Grundvattenrör installerades i provpunkt 17R56-17R60 (Figur 6).

Grundvattenprov uttogs i totalt 11 st grundvattenrör den 6/12-2017. Prov togs ut i de 6 st grundvattenrör som installerades av Ramboll i september 2017, samt i de ytterligare 5 stycken grundvattenrör som installerades den 29/11-2017.

Grundvattenprov uttogs med hjälp av peristaltisk pump. Innan provuttag omsattes grundvattenrören med motsvarande 3 rörvolym, alternativt tills röret gick torrt (se Bilaga 1b). Därefter uttogs prov i provkärl tillhandahållna av laboratoriet, samtliga grundvattenprover inlämnades till laboratoriet för analys samma dag.

Analys utfördes av det ackrediterade laboratoriet SYNLAB i Linköping, med avseende på PFAS.



Figur 6. Lokalisering grundvattenrör (Ramböll, 2018a). Rött = halter över 900 ng/l, gul = halter över 90 ng/l, grön = halter under 90 ng/l (s:a 11).

Sedimentprov uttogs på 3 st platser i Åsmestadsdiket, se provpunkternas placering i Figur 7. Prov uttogs med provtagningskäpp på maximalt de översta 10 cm sediment. Prov uttogs uppströms (17R13) samt nedströms (17R12) kulvertens utlopp (Bilaga 1b). Detta med syfte att undersöka om PFAS tillförs sedimenten i diket via utflöde av förorenat vatten från kulverten. Prov uttogs även där utloppet från kulverten förmodades vara (17R15). Då det rådde osäkerheter kring kulvertens utlopp (i fält påträffades inget utlopp där det förmodades vara, och längs sträckan påträffades endast ett utlopp, vilket i efterhand konstaterats sannolikt vara dräneringsutlopp) kontrollerades kartor, varpå kulvertens utlopp verkar vara längre norrut. Sedimentprov analyserades av det ackrediterade laboratoriet SYNLAB i Linköping, med avseende på PFAS.

Ytvattenprov uttogs på 5 st platser, se provpunkternas placering i Figur 7. Två av platserna var detsamma som vid föregående provtagning (Ramböll, 2017); uppströms brandövningsplatsen (17R10) och nedströms brandövningsplatsen (17R9). Tre prov uttogs i Åsmestadsdiket, i samma provpunkter som sedimentprov tagits ut, (17R12, 17R13 och 17R15). Ytvattenprov analyserades av det ackrediterade laboratoriet SYNLAB i Linköping, med avseende på PFAS.



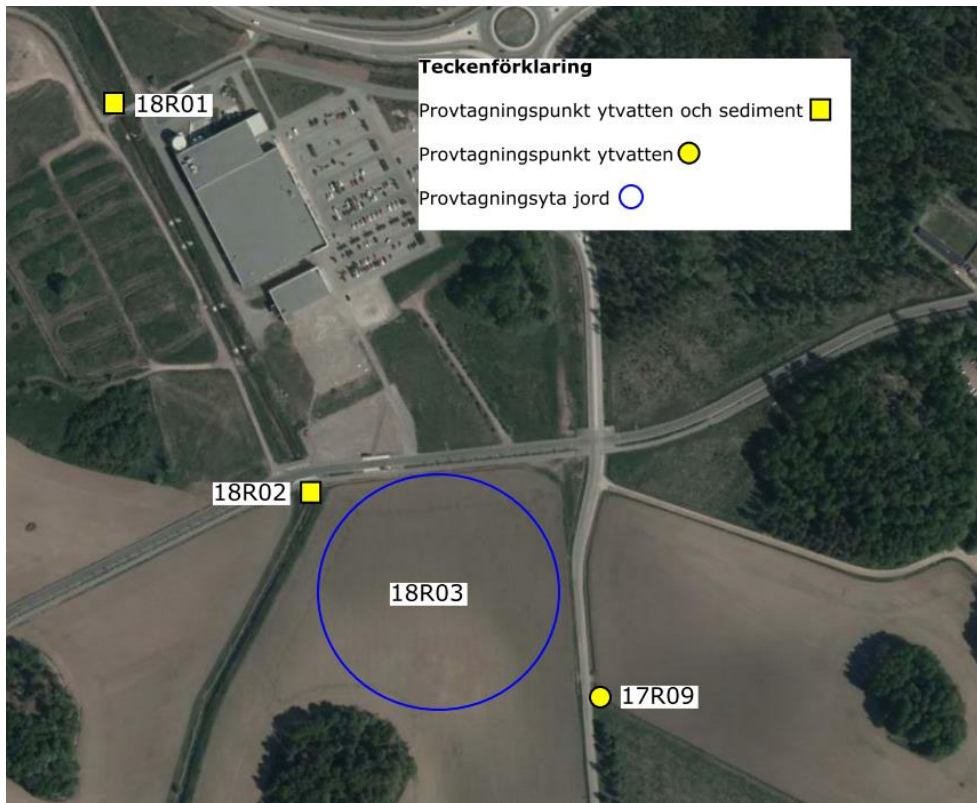
Figur 7. Lokalisering ytvattenprov. Vid 17R12, 17R13 och 17R15 uttogs i föreliggande provtagning sedimentprover (Ramböll, 2018a). Rött = halter över 900 ng/l, gul = halter över 90 ng/l, grön = halter under 90 ng/l.

3.3 April, 2018

Provtagning av jord utfördes med hjälp av provtagningskäpp. Provtagning utfördes inom det markerade området (Figur 8), genom att flertalet stickprov (ca 30 st) uttogs och blandades till ett samlingsprov. Provtagningsdjupet var ca 10–20 cm u my. Provet inlämnades samma dag till det ackrediterade laboratoriet SYNLAB i Linköping och analyserades med avseende på PFAS (20 st varianter).

Sedimentprovtagning utfördes med hjälp av provtagningskäpp. Provtagning utfördes på två platser (Figur 8). Provtagningsdjup för sediment var ca 10–20 cm. Prover inlämnades samma dag till det ackrediterade laboratoriet SYNLAB i Linköping och analyserades med avseende på PFAS (14 st varianter).

Ytvattenprovtagning utfördes på tre platser. Dels uttogs ytvattenprov på samma plats som sedimentprov uttogs. Ett prov uttogs även vid den tidigare provpunkten 17R09, för att få ett referensprov där halterna kan jämföras mot tidigare provtagning. Prover inlämnades samma dag till det ackrediterade laboratoriet SYNLAB i Linköping och analyserades med avseende på PFAS (21 st varianter).



Figur 8. Provtagningspunkter (Ramböll, 2018b). Källa kartbild: kartan.linkoping.se, hämtad: 2018-04-11.

3.4 Februari 2019

Vallarna väster om Citygross provtogs genom provgroppsgrävning (Figur 9). Gropar grävdes ned till ett djup om maximalt 2 m u my (se bilaga 1 – fältprotokoll). Prov uttogs halvmetersvis, alternativt med anpassning till jordlagerföljd. I de flesta groparna påträffades fyllnadsmassor ned till ca 1-1,5 m u my, därefter lera. I tre gropar installerades grundvattenrör (1, 9, 14). Rören installerades med hjälp av ett avloppsrör som användes som foderrör. Grundvattenrören hade förpreparerad sandfilterstrumpa. Strax under marknivån tätades rören med bentonitlera för att undvika inträngning av ytvatten.

Vid provtagning av grundvattnet var grundvattenrör 19RD14 torrt. De andra två grundvattenrören omsattes med minst 3 rörvolymmer innan provuttag. Omsättning och provtagning utfördes med hjälp av peristaltisk pump. Grundvattenprov för metallanalys filtrerades i fält. Analyser utfördes avseende metaller, petroleumrelaterade föroreningar och PFAS av det ackrediterade laboratoriet SYNLAB i Linköping.



Figur 9. Provtagningspunkter Vallarna.

Grundvattenrör installerades även med hjälp av borrhandsvagn längs väg 708, söder, öster, väster och norr om 17R9 (Figur 10). I samtliga borrhål noterades mull/lera i översta 0-0,5 m u my, sedan lera. Grundvattenrören installerades med ett spetsdjup om 7-9 m, utom ett rör som installerades med ett spetsdjup om 3 m u my. Samtliga grundvattenrör har en meter filterrör, med förpreparerad sandfilterstrumpa. Strax under markytan tätades rören med bentonitlera. I samband med installation av grundvattenrör uttogs även jordprov. Analys utfördes med avseende på metaller, petroleumrelaterade föroreningar och PFAS.

Provtagning av grundvatten utfördes i de fem nya grundvattenrören, samt i grundvattenrör 17R9 (Figur 4). Tillrinningen var låg, så grundvattenrören omsattes tills de gick torr (Se bilaga 1e). Omsättning och provtagning utfördes med hjälp av peristaltisk pump. Prov analyserades avseende PFAS av det ackrediterade laboratoriet SYNLAB i Linköping.

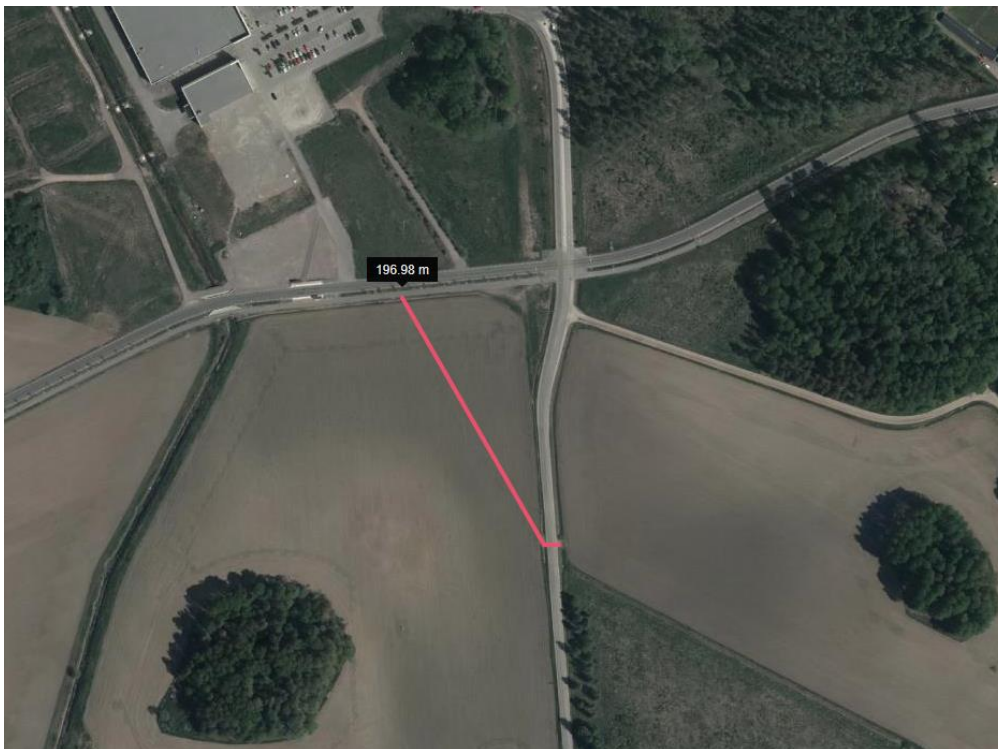


Figur 10. Provtagningspunkter avgränsning vid väg 708.

3.5

Kulverten

Kulverten som går in under vägen vid 17R9 undersöktes med hjälp av filmning för att kontrollera sträckning, om den innehöll mycket sediment samt om den var hel. Filmning har utförts i markerad sträcka (Figur 11). 196,9 m har filmats (Bilaga 3 – dokumentation filmning).



Figur 11. Rosa linje visar sträckning för kulvert (kartunderlag: kartan.linkoping.se).

4. Resultat

4.1 Jord

Nedan presenteras resultatet för provtagning jord, i kronologisk ordning.

4.2 September-oktober 2017

Barium och arsenik har uppmättes i halter över KM. Barium i nivå med KM påvisades i provpunkt 17R7 i översta halvmetern. Arsenik överskridande KM återfanns på djupet 3-3,5 m i provpunkt 17R2 (Tabell 1).

Inga alifatiska eller aromatiska kolväten, PAH eller BTEX uppmättes över laboratoriets rapporteringsgräns i provpunkt 17R1-17R9.

Vid den första provtagningsomgången uppmättes PFAS i jord runt brandövningsplatsen och vid utbildningscenter. I provpunkt 17R5 uppmättes halter över KM och i 17R6 uppmättes halter över MKM (Tabell 2).

Tabell 1. Sammanställning analysresultat metaller i jord. Resultatet jämförs mot Naturvårdsverkets generella riktvärden KM (gult) och MKM (orange) för jord. Enhet: mg/kg TS.

	KM	MKM	17R1 0-0.5 m	17R2 3-3.5 m	17R3 0-0.5 m	17R4 0-1 m	17R5 0.5-1 m	17R6 0-0.5 m	17R7 0-0.5 m	17R8 0-0.5 m	17R9 0-0.5 m
Torrsubstans			87,8	79,5	85	93	84,5	82,1	81,5	78,8	79,1
As	10	25	5,8	11	4,3	5,7	5,3	6,4	5,5	5,1	4,7
Ba	200	300	150	74	110	42	160	110	200	150	150
Cd	0,8	12	0,36	0,34	0,24	0,32	0,35	0,21	<0,2	0,26	0,25
Co	15	35	13	5,3	9,5	5,7	13	11	11	9,3	10
Cr	80	150	23	11	19	7,5	24	19	33	29	30
Cu	80	200	17	20	16	16	22	15	25	17	20
Hg	0,25	2,5	0,16	0,022	0,034	0,017	0,017	0,02	0,025	0,062	0,066
Mo	40	100	1,4	4,5	1,7	1,1	2,6	1,6	1,3	0,99	0,72
Ni	40	120	16	15	12	11	17	12	25	16	17
Pb	50	400	19	20	15	20	18	21	15	18	19
Sb	12	30	<1	<1	<1	<1	1,4	1,3	1,4	1,2	1,1
V	100	200	46	33	36	18	47	43	54	52	51
Zn	250	500	84	51	55	56	82	65	70	81	96

Tabell 2. PFAS i jord. Halter över SGI:s preliminära riktvärde för KM och MKM markeras med gult respektive orange. Enhet: µg/kg TS.

Provtagningsdjup	KM	MKM	17R1 0-0.5 m	17R2 0-0.5 m	17R2 3-4 m	17R3 0-0.5 m	17R4 1-2 m	17R4 2-2.9 m	17R5 0-1 m	17R5 4-4.9 m	17R6 0-0.5 m
Torrsubstans (%)			87,8	86,1	89,7	85	88	86	82,1	84,7	80,1
PFOS, grenad			0,1	0,16	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	3,6	<0,1	3,4
PFOS, linjär			0,17	1	<0,1	0,39	<0,1	<0,1	14	<0,1	20
PFOS, total	3	20	0,27	1,2	<0,1	0,39	<0,1	<0,1	18	<0,1	23
Perfluoroktansyra (PFOA)			<0,1	0,13	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	3,3	<0,1	2,9
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)			<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,1	<0,5	0,76
Perfluoroktansulfonami.PFOSA			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Perfluorbutansyra (PFBA)			<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,2	<0,5	2,4
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,16	<0,1	0,26
Perfluordekansyra (PFDA)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,27	<0,1	0,94
Perfluorheptansyra (PFHpA)			0,13	0,76	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	3,5	<0,1	3,7
Perfluorhexansyra (PFHxA)			0,16	0,89	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	4,9	<0,1	4,7
Perfluorhexansulfonat(PFHxS)			0,16	0,24	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,3	<0,1	2,1
Perfluornonansyra (PFNA)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,8	<0,1	3,9
Perfluorpentansyra (PFPeA)			0,42	1,8	<0,1	0,11	<0,1	<0,1	8,5	<0,1	8,2
Summa 12 PFAS			<2	5,5	<2	<2	<2	<2	46	<2	53

4.3

November-december 2017

Inga metaller, alifatiska- och aromatiska kolväten, PAH eller BTEX uppmättes i halter över KM på platsen där arkeologiska undersökningar skulle utföras (17R14).

Inga halter av PFAS över laboratoriets rapporteringsgräns uppmättes vid platsen där arkeologiska undersökningar ska utföras (17R14). I ytprovet väster om väg 708 (17R17), detekterades PFOS samt PFOA. Halterna PFOS underskred tillämpbara riktvärden (Tabell 3).

I den kompletterande ytprovtagningen runt brandövningsplatsen och utbildningscentrum uppmättes halter av PFOS över riktvärdet för KM och MKM. I samtliga provpunkter detekterades minst ett PFAS-ämne (Tabell 4).

Runt brandövningsplatsen togs prover för analys i totalt 16 st punkter. I 4 av dessa uppmättes halter av PFOS över riktvärdet för MKM, i ytterligare 8 av dessa prover har PFOS-halter uppmätts över KM (Tabell 4). I Figur 12 visas halterna PFAS i jord runt brandövningsplatsen och utbildningscentrum.

För samtliga prov på området runt övningsplatsen och utbildningscentrum har representativa halter i form av UCLM₉₅-halter beräknats. Framräknade UCLM₉₅-halter för PFOS motsvarar ca 2 x MKM för området runt brandövningsplatsen och utbildningscentrum (Tabell 4).

Tabell 3. Analysresultat ytprovtagning jord, samlingsprov vid platsen där arkeologisk undersökning ska utföras (17R14) samt stickprov väster om väg 708 (17R17). Enhet: µg/kg TS

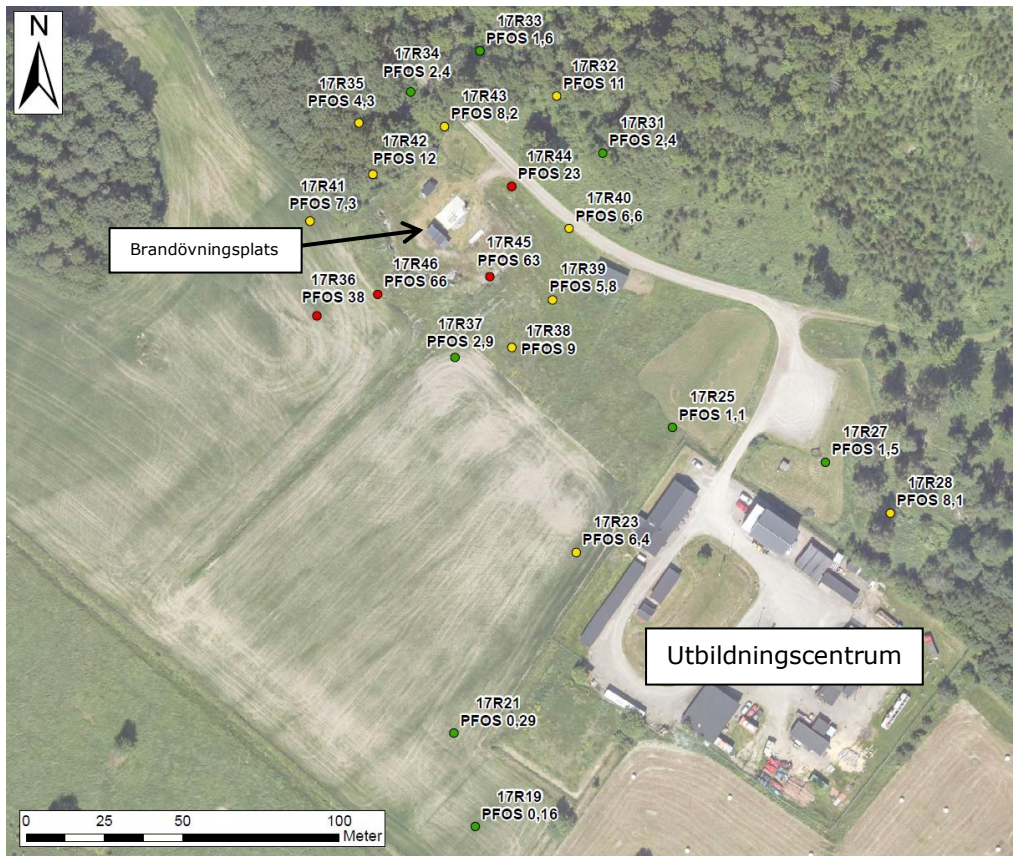
Provtagningsdjup	KM	MKM	17R14	17R17
			0-0.2m	0-0.2m
Torrsubstans (%)			74,1	74,5
PFOS, grenad			<0.1	<0.1
PFOS, linjär			<0.1	0,13
PFOS, total	3	20	<0.1	0,13
Perfluoroktansyra (PFOA)			<0.1	0,13
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)			<0.5	<0.5
Perfluoroktansulfonami.PFOSA			<0.1	<0.1
Perfluorbutansyra (PFBA)			<0.5	<0.5
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			<0.1	<0.1
Perfluordekansyra (PFDA)			<0.1	<0.1
Perfluorheptansyra (PFHpA)			<0.1	<0.1
Perfluorhexansyra (PFHxA)			<0.1	<0.1
Perfluorhexansulfonat(PFHxS)			<0.1	<0.1
Perfluornonansyra (PFNA)			<0.1	<0.1
Perfluorpentansyra (PFPeA)			<0.1	<0.1
Summa 12 PFAS			<2	<2

Tabell 4. Analysresultat jord, samt beräkning av medelhalter och UCLM₉₅-halter¹ runt brandövningsplatsen och åkern. Halter underskridande laboratoriets rapporteringsgräns har halverats för de statistiska beräkningarna, dessa är markerade med kursiv stil. Enhet µg/kg TS

Provets märkning	KM	MKM	Väster och norr om utbildningscenter					Runt brandövningsplats, omgång 1					Runt brandövningsplats, omgång 2									Medel	UCLM ₉₅			
			17R23	17R21	17R19	17R25	17R27	17R28	17R42	17R43	17R44	17R45	17R46	17R31	17R32	17R33	17R34	17R35	17R36	17R37	17R38			17R39	17R40	17R41
Provtagningsdjup			0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2	0-0.2		
Torrsubstans																										
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			0,16	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	68,5	73,4	75,4	72,3	76,8	77	75,8	73,7	77,9	63,5	71,8	73,6	74,5	75,8	71,7	73,5	73,45	76,93
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			2,8	0,05	0,05	0,3	0,5	1,5	0,2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,23	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,14
PFOS, linjär			4,5	0,29	0,16	0,86	1,2	7	9,5	7,6	20	62	54	1,6	8,2	1,1	1,8	3,5	29	2,1	5,5	4,7	5,9	6	10,75	34,53
PFOS, grenad			1,9	0,05	0,05	0,22	0,32	1,1	2,2	0,62	2,8	1,3	12	0,83	3	0,53	0,59	0,8	8,7	0,83	3,5	1,1	0,74	1,3	2,02	6,36
PFOS, total	3	20	6,4	0,29	0,16	1,1	1,5	8,1	12	8,2	23	63	66	2,4	11	1,6	2,4	4,3	38	2,9	9	5,8	6,6	7,3	12,78	38,79
Perfluorpentansyra (PFPeA)			0,81	0,12	0,05	2,7	2,9	6	21	13	9	18	7,5	2,1	12	2,5	3,2	3,2	12	5,5	8,3	3,6	18	2,6	7,00	12,36
Perfluorhexansyra (PFHxA)			0,94	0,11	0,05	0,84	1,4	3,6	7,4	3,6	2,5	5,5	2,7	1,1	5,6	2	1,9	1,8	5,9	2,6	3,7	1,3	7,8	1,6	2,91	4,84
Perfluorheptansyra (PFHpA)			0,49	0,05	0,05	0,77	1,3	2,8	7,4	3,9	2,3	4,8	2	1,3	4,2	1,2	1,1	1,2	3,9	1,7	2,1	1,1	6	1,3	2,32	4,35
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)			0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,57	0,25	0,25	1,7	0,05	0,17	0,05	0,05	0,05	0,67	0,05	0,05	0,18	0,05	0,05	0,27	0,85
Perfluorbutansyra (PFBA)			0,25	0,25	0,25	0,81	0,87	2	7,8	2,9	2,6	3,5	2,4	0,56	2,9	1,1	1,2	1,6	1,7	0,81	1,2	0,91	4	0,67	1,83	3,92
Perfluornonansyra (PFNA)			0,05	0,05	0,05	0,14	0,24	0,62	4,2	3,8	2	1,2	8,1	0,25	1,4	0,27	0,29	0,53	2,6	0,21	0,33	0,3	3,6	0,38	1,39	3,88
Perfluordekansyra (PFDA)			0,05	0,05	0,05	0,05	0,11	0,4	0,75	1,8	0,5	0,22	2,6	0,05	0,26	0,05	0,11	0,24	0,8	0,05	0,05	0,05	0,22	0,05	0,39	1,31
Perfluoroktansulfonami.PFOSA			0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,19	0,05	0,27	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,16
Perfluoroktansyra (PFOA)			0,41	0,05	0,05	0,21	0,42	1,1	3,6	4,2	2	2,3	3,1	0,52	2,1	0,68	0,7	0,88	2,6	0,54	0,66	0,54	3,2	0,51	1,38	2,22
Summa 12 PFAS			12	1	1	6,9	9,2	26	66	42	45	100	97	9,2	41	10	12	16	70	15	27	15	51	15	31,24	56,92

¹ För beräkning av UCLM₉₅-halt har följande formel använts:

$$UCLM_{95} = \text{Medelhalt} + (2/0,1-1)^{0,5} * \text{Std.av} / (\text{Antal prov})^{0,5}$$



Figur 12. Provtagningspunkter runt brandövningsplats och utbildningscentrum. Gröna cirklar visar halter av PFOS underskridande riktvärdet för KM, och gulmarkerade cirklar visar på halter av PFOS överskridande riktvärdet för KM. Röda cirklar visar på halter PFOS över MKM. Uppmätt halt PFOS är utskrivet efter "PFOS".

4.4 April 2018

I provpunkt 18R03, som var ett samlingsprov på åkern väster om väg 708, detekterades PFBA (perfluorbutansyra). Det finns inget riktvärde att jämföra halterna mot, men då de är strax över rapporteringsgräns bedöms halterna vara låga (Tabell 5).

Tabell 5. Analysresultat för jord, samlingsprov från åkern väster om väg 708. Gul markering = halter över KM, orange markering = halter över MKM. Enhet: µg/kg TS.

	KM	MKM	18R03
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			<0.1
Perfluorpentansulf. (PFPeS)			<0.1
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			<0.1
Perfluorheptansulf. (PFHpS)			<0.1
PFOS, linjär			<0.1
PFOS, grenad			<0.1
PFOS, total	3	20	<0.1
Perfluordekansulfonat (PFDS)			<0.1
Perfluorpentansyra (PFPeA)			<0.1
Perfluorhexansyra (PFHxA)			<0.1
Perfluorheptansyra (PFHpA)			<0.1
PFOA, linjär			<0.1
PFOA, grenad			<0.1
PFOA, total			<0.1
Fluortelomersulfo. (4:2 FTS)			<0.1
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)			<0.1
Fluortelomersulfo. (8:2 FTS)			<0.1
Perfluorbutansyra (PFBA)			0,11
Perfluoronansyra (PFNA)			<0.1
Perfluordekansyra (PFDA)			<0.1
Perfluorundekansyra (PFUnDA)			<0.1
Perfluordodekansyra (PFDoDA)			<0.1
Perfluoroktansulfonami.PFOSA			<0.1
7H-Dodekafyl.hept.syra HPFHpA			<0.1
Summa 12 PFAS			-

4.5

Februari 2019

Inga alifatiska eller aromatiska kolväten, PAH eller BTEX uppmättes i halter över laboratoriets rapporteringsgräns i analyserade jordprov längs väg 708 eller vid Vallarna. Vid de punkter som är placerade längs väg 708 uppmättes halter över KM avseende barium och kobolt (Tabell 6).

Vid vallarna uppmättes halter över KM avseende barium, kobolt och kvicksilver (Tabell 7) och PFAS överskred laboratoriets rapporteringsgräns, men underskred tillämpbara riktvärden (Tabell 8).

Tabell 6. Analysresultat avgränsning vid väg 708. Halter är i mg/kg TS.

PARAMETER	KM	MKM	PROVER									
			19R01 0-0,5	19R01 0,5-1	19R02 0-0,5	19R02 1-1,5	19R03 0-0,5	19R03 1,5-2	19R04 0-0,5	19R04 0,5-1	19R05 0-0,5	19R05 1-1,5
Torrsubstans			82,5	76,4	82,1	73,4	79	73,4	80,3	74,9	81,6	71,3
TOC			2,7			1,9		2,5		1,9		2,3
As			4,6	5,5	5,3	3,7	5,6	8,2	5,2	5,3	7,3	6
Ba	10	25	140	180	120	200	160	180	160	210	160	210
Cd	0,8	12	0,27	<0,2	0,23	<0,2	0,32	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	<0,2
Co	15	35	7,8	13	7,9	13	12	19	9,7	11	12	13
Cr	80	150	22	32	23	33	30	35	27	37	24	34
Cu	80	200	18	22	17	21	17	29	17	24	22	26
Hg	0,25	2,5	0,045	0,018	0,049	0,013	0,049	0,019	0,023	0,018	0,05	0,017
Ni	40	120	14	23	14	25	18	32	19	22	18	28
Pb	50	400	16	16	17	17	15	17	15	15	21	16
V	100	200	35	48	40	38	46	53	42	46	51	43
Zn	250	500	80	67	75	78	86	72	62	74	83	74

Tabell 8. Sammanställning analysresultat PFAS i vallarna. Halter över KM markeras i gult, halter över MKM markeras i orange. Enhet: µg/kg TS.

Provet märkning Provtagningsdjup			19RD05	19RD10	19RD15
	KM	MKM	0-0,5 m	0-0,5 m	0-0,5 m
Torrsubstans			80,2	81,7	83,8
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			<0,1	<0,1	<0,1
Perfluorpentansulf. (PFPeS)			<0,1	<0,1	<0,1
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			<0,1	<0,1	<0,1
Perfluorheptansulf. (PFHpS)			<0,1	<0,1	<0,1
PFOS, linjär			<0,1	<0,1	0,13
PFOS, grenad			<0,1	<0,1	<0,1
PFOS, total	3	20	<0,1	<0,1	0,13
Perfluordekansulfonat (PFDS)			<0,1	<0,1	<0,1
Perfluorpentansyra (PFPeA)			1,3	<0,1	<0,1
Perfluorhexansyra (PFHxA)			0,77	<0,1	<0,1
Perfluorheptansyra (PFHpA)			0,15	<0,1	<0,1
PFOA, linjär			<0,1	<0,1	<0,1
PFOA, grenad			<0,1	<0,1	<0,1
PFOA, total			<0,1	<0,1	<0,1
Fluortelomersulfo. (4:2 FTS)			<0,1	<0,1	<0,1
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)			<0,1	<0,1	<0,1
Fluortelomersulfo. (8:2 FTS)			<0,1	<0,1	<0,1
Perfluorbutansyra (PFBA)			0,36	0,12	0,15
Perfluornonansyra (PFNA)			<0,1	<0,1	<0,1
Perfluordekansyra (PFDA)			<0,1	<0,1	<0,1
Perfluorundekansyra (PFUnDA)			<0,1	<0,1	<0,1
Perfluordodekansyra (PFDoDA)			<0,1	<0,1	<0,1
Perfluoroktansulfonami.PFOSA			<0,1	<0,1	<0,1
7H-Dodekafl.hept.syra HPFHpA			<0,1	<0,1	<0,1

Längs väg 708 uppmättes halter av PFOS överskridande KM i en provpunkt (Tabell 9).

Tabell 9. Sammanställning analysresultat PFAS, längs väg 708. Enhet: µg/kg TS.

PARAMETER			19R01	19R02	19R03	19R04	19R05
	KM	MKM	0-0,5	0-0,5	0-0,5	0-0,5	0-0,5
Torrsubstans			82,5	82,1	79	80,3	81,6
TOC			2,7				
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Perfluorpentansulf. (PFPeS)			<0,1	<0,1	0,12	<0,1	<0,1
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			<0,1	<0,1	1,6	<0,1	<0,1
Perfluorheptansulf. (PFHpS)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PFOS, linjär			<0,1	<0,1	2,2	<0,1	<0,1
PFOS, grenad			<0,1	<0,1	1,9	<0,1	<0,1
PFOS	3	20	<0,1	<0,1	4,1	<0,1	<0,1
Perfluordekansulfonat (PFDS)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Perfluorpentansyra (PFPeA)			<0,1	<0,1	0,22	<0,1	<0,1
Perfluorhexansyra (PFHxA)			<0,1	<0,1	0,66	<0,1	<0,1
Perfluorheptansyra (PFHpA)			<0,1	<0,1	0,23	<0,1	<0,1
PFOA, linjär			<0,1	<0,1	0,21	<0,1	<0,1
PFOA, grenad			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PFOA, total			<0,1	<0,1	0,21	<0,1	<0,1
Fluortelomersulfo. (4:2 FTS)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Fluortelomersulfo. (8:2 FTS)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Perfluorbutansyra (PFBA)			<0,1	<0,1	0,13	<0,1	<0,1
Perfluornonansyra (PFNA)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Perfluordekansyra (PFDA)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Perfluorundekansyra (PFUnDA)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Perfluordodekansyra (PFDoDA)			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Perfluoroktansulfonami.PFOSA			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
7H-Dodekafl.hept.syra HPFHpA			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

4.6

Grundvatten September – oktober 2017

Provtagning utfördes i 6 st grundvattenrör. Arsenik (17R9) och nickel (17R1) uppmättes i halter motsvarande SGU:s bedömningsklass "måttlig halt" (klass 3). I övrigt uppmättes metaller i halter motsvarande "låg halt" eller lägre (Tabell 10). Inga petroleumrelaterade ämnen uppmättes i halter över laboratoriets rapporteringsgräns. Halter av PFAS uppmättes över laboratoriets rapporteringsgräns i 5 st grundvattenrör. Halterna PFOS underskred $C_{crit-gw}$, men PFAS s:a 11 överskred LV90 i ett av grundvattenrören (Tabell 11).

Tabell 10. Sammanställning analysresultat, metaller i grundvattnet. Blå = mkt låg halt, grön = låg halt, gul = måttlig halt, beige = hög halt, orange = mkt hög halt, fet markering = över $C_{crit-gw}$. Enhet: $\mu\text{g/l}$.

	$C_{crit-gw}$	SGU Bedömningsgrunder					GV17R1	GV17R4	GV17R5	GV17R7	GV17R8	GV17R9
		Mycket låg halt Klass 1	Låg halt Klass 2	Måttlig halt Klass 3	Hög halt Klass 4	Mycket hög halt Klass 5						
Antimon, Sb	10						0,19	0,17	0,3	<0,1	<0,1	0,34
Arsenik, As	5	<1	1-2	2-5	5-10	>10	0,63	0,67	1,3	0,31	0,75	4,2
Barium, Ba	350						67	38	130	130	72	110
Bly, Pb	5	<0,5	0,5-1	1-2	2-10	>10	0,092	0,25	0,12	<0,02	0,021	0,14
Kadmium, Cd	2,5	<0,1	0,1-0,5	0,5-1	1-5	>5	0,067	0,087	0,068	0,15	0,048	0,017
Kobolt, Co	5						0,64	0,25	0,94	0,43	0,64	0,25
Koppar, Cu	50	<20	20-200	200-1000	1000-2000	>2000	4,3	5	1,4	0,61	0,3	0,26
Krom, Cr	25	<0,5	0,5-5	5-10	10-50	>50	0,059	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Molybden, Mo	35						9,7	20	5,9	8,5	8,2	7,5
Nickel, Ni	10	<0,5	0,5-2	2-10	10-20	>20	2,5	1,7	1,7	1,5	0,83	1,1
Vanadin, V	30						0,84	0,88	0,31	0,16	0,72	0,72
Zink, Zn	100	<5	5-10	10-100	100-1000	>1000	<1	1,2	1,9	1,5	1,5	<1
Kvicksilver, Hg	0,5	<0,005	0,005-0,01	0,01-0,05	0,05-1	>1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabell 11. Analysresultat, PFAS i grundvatten. Fet markering = halter över $C_{crit-gw}$, Grå = halter över LV90, rosa = halter över LV900. Enhet: ng/l .

	SGI $C_{crit-gw}$	LV90	LV900	GV17R1	GV17R4	GV17R5	GV17R7	GV17R8	GV17R9
Perfluorbutansulfonat (PFBS)				1,1	16	1,6	0,35	<0,3	<0,3
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)				2,4	3,7	2	<0,3	<0,3	0,41
Perfluoroktansulfonat (PFOS)	45			1,1	2,7	6,1	<0,2	<0,2	0,5
Perfluoropentansyra (PFPeA)				62	60	28	0,65	<0,6	5,1
Perfluorhexansyra (PFHxA)				4,6	41	14	0,32	<0,5	3,6
Perfluorheptansyra (PFHpA)				0,53	8,3	5,1	<0,3	<0,3	1,6
Perfluoroktansyra (PFOA)				<0,3	2	2,2	<0,3	<0,3	0,47
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)				<0,3	0,33	1,8	<0,3	<0,3	<0,3
Perfluorbutansyra (PFBA)				16	23	27	1,3	<0,9	<3
Perfluoronansyra (PFNA)				<0,6	<0,6	0,79	<0,6	<0,6	<0,6
Perfluordekansyra (PFDA)				<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Perfluoroktansulfonami. (PFOSA)				0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Σ PFAS 11		90	900	87,7	157,0	88,6	2,6	-	11,7

November – december 2017

Provtagning utfördes i de 6 grundvattenrör som installerades september – oktober 2017, samt i de 5 grundvattenrör som installerades november – december 2017. I 10 av 11 grundvattenrör detekterades halter av PFAS. I grundvattenrör 17R58 och 17R60 uppmättes halter över SGI:s haltkriterium för PFOS i grundvatten. Observera även att halterna i grundvattenrör 17R5 var strax under, och med hänsyn till mätosäkerhet kan de faktiska halterna vara högre (eller lägre). I grundvattenrör 17R5, 17R58, 17R59 och 17R60 överskreds LV900 med minst ca 3 och som mest ca 122 gånger, och i grundvattenrör 17R1 överskreds LV90. Se Figur 6 för provpunkternas placering. Grundvattenrörens position mättes in med GPS i x, y och z-led. Inmätningarna visar att grundvattenytan var högst belägen

vid brandövningsplatsen, och sluttar mot samtliga andra grundvattenrör. Lägst belägen var grundvattenytan vid rör 17R56.

Tabell 12. Analysresultat PFAS i grundvatten (enhet: ng/l)

	SGI C _{crit-gw}	LV90	LV900	17R1	17R4	17R5	17R7	17R8	17R9	17R56	17R57	17R58	17R59	17R60
Perfluorbutansulfonat (PFBS)				<0.3	16	65	0,64	<0.3	<0.3	<0.3	0,77	34	50	200
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)				0,35	2,3	81	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0,35	240	53	1100
Perfluoroktansulfonat (PFOS)	45			<0.2	1,5	43	<0.2	<0.2	<0.4	<0.2	0,68	170	2,8	4800
Perfluorpentansyra (PFPeA)				110	27	1200	<0.6	<1	1	<0.6	2	47000	29000	2900
Perfluorhexansyra (PFHxA)				7,1	24	610	<0.3	0,55	0,91	<0.3	2,7	23000	12000	1800
Perfluorheptansyra (PFHpA)				<0.3	2,4	200	<0.3	0,48	0,3	<0.3	1,3	8300	1300	490
Perfluoroktansyra (PFOA)				<0.3	0,64	54	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	1,9	3500	82	480
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)				<0.3	<0.3	34	<0.3	<0.3	1	<0.3	0,89	20000	1300	3300
Perfluorbutansyra (PFBA)				29	11	150	<0.6	3,2	<0.6	<0.6	<5	6200	2600	570
Perfluornonansyra (PFNA)				<0.6	<0.6	6,1	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	930	3,6	170
Perfluordekansyra (PFDA)				<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	43	<0.6	120
Perfluoroktansulfonami. PFOSA				<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	48
Summa PFAS11		90	900	146,45	84,84	2443	0,64	4,23	3,21	-	10,59	109417	46391	15930

Februari 2019

Inga petroleumrelaterade föroreningar uppmättes i grundvattnet i vallarna. Bly uppmättes i halter motsvarande SGU:s klass "hög halt", nickel och zink uppmättes i halter motsvarande SGU:s klass "måttlig halt". I övrigt motsvarar halterna låg halt, eller lägre (Tabell 13). PFAS detekterades i båda grundvattenrören vid vallarna. Halterna underskred C_{crit-gw}. I 19RD09 överskred PFAS s:a 11 LV90 (Tabell 14). Vid avgränsningen vid väg 708 detekterades PFAS i 4 av 6 st rör, inga halter överskred tillämpbara riktvärden (Tabell 15).

Tabell 13. Analysresultat metaller i grundvattnet, vallarna. Blå = mkt låg halt, grön = låg halt, gul = måttlig halt, beige = hög halt, orange = mkt hög halt, fet markering = över C_{crit-gw}. Enhet: µg/l.

	C _{crit-gw}	Mycket låg halt	Låg halt	Måttlig halt	Hög halt	Mycket hög halt	19RD01	19RD09
Arsenik, As	5	<1	1-2	2-5	5-10	>10	0,92	1,7
Barium, Ba	350						38	170
Bly, Pb	5	<0,5	0,5-1	1-2	2-10	>10	0,44	3,5
Kadmium, Cd	2,5	<0,1	0,1-0,5	0,5-1	1-5	>5	0,099	0,14
Kobolt, Co	5				1000-		0,49	1,8
Koppar, Cu	50	<20	20-200	200-1000	2000	>2000	6,1	13
Krom, Cr	25	<0,5	0,5-5	5-10	10-50	>50	0,4	0,65
Nickel, Ni	10	<0,5	0,5-2	2-10	10-20	>20	1,7	2,5
Vanadin, V	30						1,3	2,6
Zink, Zn	100	<5	5-10	10-100	100-1000	>1000	2,4	17

Tabell 14. Analysresultat PFAS i grundvatten, vallarna. Enhet: ng/l.

Provets märkning	Ccrit-gw	LV90	LV900	19RD01	19RD09
Perfluorbutansulfonat (PFBS)				0,33	4,8
Perfluorpentansulf. (PFPeS)				<0,3	0,95
Perfluorhexansulfonat(PFHxS)				<0,3	4
Perfluorheptansulf. (PFHpS)				<0,3	<0,3
PFOS, linjär				<0,2	3
PFOS, grenad				0,34	4
PFOS, total	45			0,34	7
Perfluordekansulfonat (PFDS)				<2	<2
Perfluorpentansyra (PFPeA)				<0,6	29
Perfluorhexansyra (PFHxA)				1,1	18
Perfluorheptansyra (PFHpA)				0,97	11
PFOA, linjär				1,6	15
PFOA, grenad				0,43	3,9
PFOA, total				2	19
Fluortelomersulfo. (4:2 FTS)				<0,3	<0,3
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)				<0,3	<0,3
Fluortelomersulfo. (8:2 FTS)				<2	<2
Perfluorbutansyra (PFBA)				<5	100
Perfluornonansyra (PFNA)				<0,6	0,61
Perfluordekansyra (PFDA)				<0,6	0,61
Perfluorundekansyra (PFUnDA)				<2	<2
Perfluordodekansyra (PFDoDA)				<2	<2
Perfluoroktansulfonami.PFOSA				<0,3	<0,3
7H-Dodekaf. hept.syra HPFHpA				<0,3	<0,3
H4-PFUnDA				<2	<2
		90	900	4,74	176,02

Tabell 15. Sammanställning analysresultat PFAS i grundvattnet, avgränsning väg 708. Enhet: ng/l.

Provets märkning	Ccrit-gw	LV90	LV900	17R9	19R01	19R02	19R03	19R04	19R05
Perfluorbutansulfonat (PFBS)				<0,3	<0,3	<0,3	0,32	<0,3	<0,3
Perfluorpentansulf. (PFPeS)				<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Perfluorhexansulfonat(PFHxS)				<0,3	<0,3	<0,3	0,58	<0,3	<0,3
Perfluorheptansulf. (PFHpS)				<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
PFOS, linjär				<0,2	0,26	2,3	1,5	<0,2	<0,2
PFOS, grenad				<0,2	<0,2	0,89	0,7	<0,2	<0,2
PFOS, total	45			<0,2	0,26	3,2	2,2	<0,2	<0,2
Perfluordekansulfonat (PFDS)				<2	<2	<2	<2	<2	<2
Perfluorpentansyra (PFPeA)				<0,6	<0,6	<0,6	0,63	<0,6	<0,6
Perfluorhexansyra (PFHxA)				<0,3	0,32	1,1	1,3	0,34	<0,3
Perfluorheptansyra (PFHpA)				<0,3	<0,3	0,35	0,58	<0,3	<0,3
PFOA, linjär				<0,3	<0,3	0,74	0,55	<0,3	<0,3
PFOA, grenad				<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
PFOA, total				<0,3	<0,3	0,74	0,55	<0,3	<0,3
Fluortelomersulfo. (4:2 FTS)				<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)				<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Fluortelomersulfo. (8:2 FTS)				<2	<2	<2	<2	<2	<2
Perfluorbutansyra (PFBA)				<0,6	<0,6	1	0,65	<0,6	<0,6
Perfluornonansyra (PFNA)				<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Perfluordekansyra (PFDA)				<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Perfluorundekansyra (PFUnDA)				<2	<2	<2	<2	<2	<2
Perfluordodekansyra (PFDoDA)				<2	<2	<2	<2	<2	<2
Perfluoroktansulfonami.PFOSA				<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
7H-Dodekaf. hept.syra HPFHpA				<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
H4-PFUnDA				<2	<2	<2	<2	<2	<2
		90	900	-	0,58	6,39	6,81	0,34	-

4.7 Sediment September – oktober 2017

Sediment från diket analyserades på två prov uttagna i olika punkter (Figur 4). Inga petroleumrelaterade föroreningar uppmättes i sedimenten. Halter av barium

och kobolt uppmättes i halter över riktvärdet för KM i Sed17R9. Halterna överskred det kanadensiska ISQG avseende krom (Sed17R9) samt arsenik (Sed17R11).

I höjd med Räddningstjänstens utbildningscentrum (Sed17R11) uppmättes PFOS i halter mer än 3 gånger riktvärdet för MKM för jord. Halterna var lägre nedströms (Sed17R9) och underskred MKM, men var över 5 gånger högre än riktvärdet för KM. I sedimentprov Sed17R11 påvisades 11 av de 12 analyserade PFAS-ämnena över laboratoriets rapporteringsgräns, och längre nedströms påvisades 10 av 12 PFAS-ämnena

Tabell 16. Sammanställning analysresultat, metaller i sediment. Jämförelse mot kanadensiska jämförvärden ISQG och PEL, samt Naturvårdsverkets generella riktvärden för jord, KM och MKM. Enhet: mg/kg TS.

PARAMETER	ISQG	PEL	KM	MKM	Sed17R9	Sed17R11
Torrsubstans					63,4	70,8
As	5,9	17	10	25	5,7	9,3
Ba			200	300	200	150
Cd	0,6	3,5	0,8	12	<0,2	<0,2
Co			15	35	16	13
Cr	37,3	90	80	150	38	31
Cu	35,7	197	80	200	27	26
Hg	0,17	0,49	0,25	2,5	0,02	0,022
Mo			40	100	1,4	2,4
Ni*4			40	120	30	28
Pb	35	91,3	50	400	16	14
Sb			12	30	<1	1,3
V			100	200	56	57
Zn	123	315	250	500	78	59

Tabell 17. Sammanställning av analysresultat, PFAS i sediment. Resultatet jämförs mot SGI:s preliminära riktvärden för PFAS, KM (gult) och MKM (orange) Enhet: µg/kg TS.

PARAMETER	KM	MKM	Sed17R9	Sed17R11
PFOS	3	20	16	64
PFOS, grenad			4,3	20
PFOS, linjär			12	44
Perfluoroktansyra (PFOA)			0,53	2,1
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)			<0,5	1,7
Perfluoroktansulfonami.PFOSA			0,2	0,88
Perfluorbutansyra (PFBA)			<0,5	<0,5
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			0,11	0,34
Perfluordekansyra (PFDA)			0,26	1,4
Perfluorheptansyra (PFHpA)			0,5	1,2
Perfluorhexansyra (PFHxA)			0,89	2
Perfluorhexansulfonat(PFHxS)			1,8	7,3
Perfluornonansyra (PFNA)			0,15	0,54
Perfluorpentansyra (PFPeA)			1,3	3
Summa 12 PFAS			22	84

November – december 2017

Inga halter av PFAS uppmättes över laboratoriets rapporteringsgräns i sediment (Tabell 18). Laboratoriet kommenterade att rapporteringsgränserna var förhöjda på grund av störningar av andra ämnen i provet, dock angav man inte vilka

ämnen som störde analysen (se Figur 7, provtagning av sediment utfördes i samma provpunkter som ytvatten).

Tabell 18. Analysresultat PFAS i sediment (enhet: µg/kg TS)

Provets märkning	17R15	17R13	17R12
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)	<2	<2	<2
Perfluorbutansyra (PFBA)	<6.0	<6.0	<6.0
Perfluorpentansyra (PFPeA)	<6.0	<6.0	<6.0
Perfluorhexansyra (PFHxA)	<4.0	<4.0	<4.0
Perfluorheptansyra (PFHpA)	<2	<2	<2
Perfluoroktansyra (PFOA)	<2	<2	<2
Perfluorononansyra (PFNA)	<2	<2	<2
Perfluordekansyra (PFDA)	<2	<2	<2
Perfluorundekansyra (PFUnA)	<2	<2	<2
Perfluordodekansyra (PFDoA)	<2	<2	<2
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	<2	<2	<2
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	<2	<2	<2
Perfluorheptansulfon. (PFHpS)	<2	<2	<2
Perfluoroktansulfonat (PFOS)	<2	<2	<2

April 2018

PFOS detekterades i ett sedimentprov, men halterna underskred riktvärdet för KM (Tabell 19).

Tabell 19. Sammanställning av analysresultat för sedimentprover. Gul markering = halter över KM, orange markering = halter över MKM. Enhet: µg/kg TS.

Provets märkning	KM	MKM	18R01	18R02
Torrsubstans (%)			50	65
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)			<2	<2
Perfluorbutansyra (PFBA)			<6.0	<3
Perfluorpentansyra (PFPeA)			<6.0	<3
Perfluorhexansyra (PFHxA)			<4.0	<2
Perfluorheptansyra (PFHpA)			<2	<2
Perfluoroktansyra (PFOA)			<2	<2
Perfluorononansyra (PFNA)			<2	<2
Perfluordekansyra (PFDA)			<2	<2
Perfluorundekansyra (PFUnDA)			<2	<2
Perfluordodekansyra (PFDoDA)			<2	<2
Perfluorbutansulfonat (PFBS)			<2	<2
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)			<2	<2
Perfluorheptansulf. (PFHpS)			<2	<2
Perfluoroktansulfonat (PFOS)	3	20	2,4	<2

4.8

Ytvatten

September – oktober 2017

Halter över EU:s vattendirektiv uppmättes i båda ytvattenproverna. I provpunkt 17R9 överskred halterna PFAS s:a 11 LV900 (Tabell 20).

November – december 2017

I samtliga ytvattenprov uppmättes halter av PFAS över laboratoriets rapporteringsgräns. I två prov, 17R9 och 17R12 uppmättes halter över EU:s vattendirektiv, och i en av dessa, 17R9 uppmättes halter över SGI:s indatavärde

för skydd av ytvatten. I 17R9 överskred summan av PFAS 11 livsmedelsverkets åtgärdsgräns för PFAS i dricksvatten (Tabell 20).

April 2018

Halter av olika PFAS-föreningar uppmättes i samtliga ytvattenprov. Halterna i ytvattenprov 17R9 hade minskat sedan föregående provtagningsomgångar, men överskred SGI:s skydd av ytvatten. I samtliga prov överskred halterna EU:s gränsvärde för årsmedelhalt. LV90 överskreds i prov 17R9 (Tabell 20).

Tabell 20. Sammanställning av analysresultat för ytvattenprov från aktuell och tidigare genomförd undersökning. Analysresultat jämförs mot SGI:s indatavärde för skydd av ytvatten (kursiv stil), EU:s vattendirektiv (fetmarkerad stil) samt Livsmedelsverkets åtgärdsgränser för PFAS i dricksvatten (LV90 grå, LV900 rosa). *ingår i s:a PFAS11. Enhet: ng/l

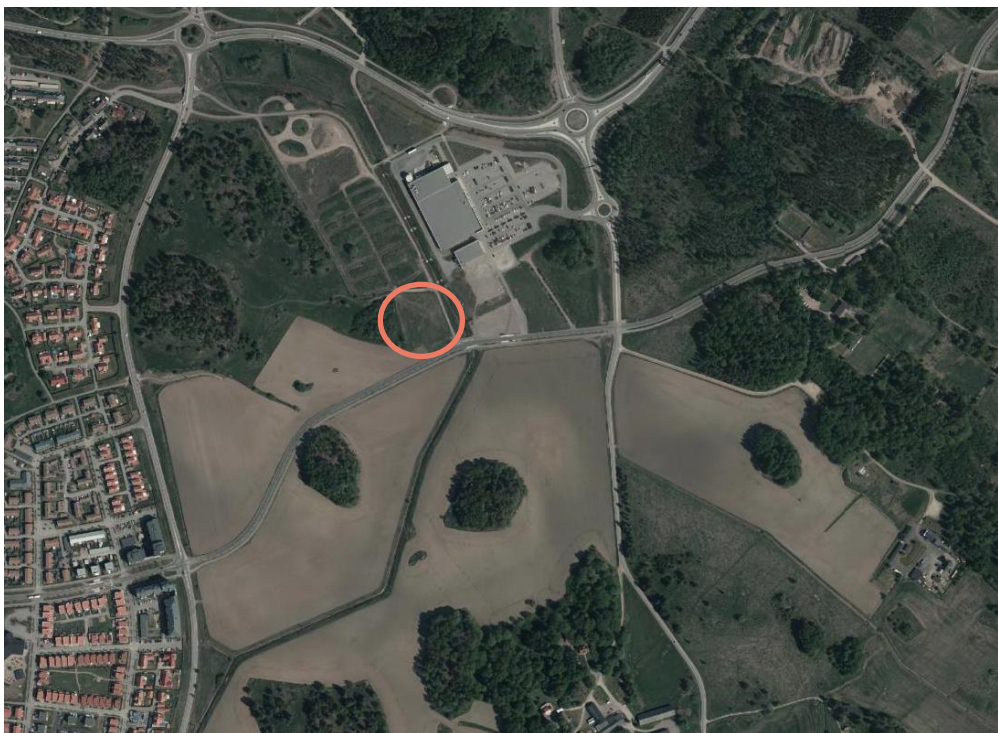
			Höst 2017		Vinter 2017					Vår 2018				
	SGI skydd av ytvatten	EU vattendirektiv	LV90	LV900	17R9	17R10	17R15	17R13	17R12	17R10	17R9	18R01	18R02	17R9
Perfluorbutansulfonat (PFBS)*					110	<0,3	<0.3	<0.3	1,2	<0.3	20	0,38	0,88	4,7
Perfluorpentansulf. (PFPeS)												0,32	0,78	5,7
Perfluorhexansulfonat(PFHxS)*					750	0,37	<0.3	<0.3	5,5	<0.3	130	1,7	6,5	49
Perfluorheptansulf. (PFHpS)												<0.3	0,37	3,1
PFOS, linjär												4,6	17	170
PFOS, grenad												2,6	9,1	81
Perfluoroktansulfonat (PFOS)*	230	0,65			2200	0,91	0,59	0,29	20	0,34	470	7,2	26	250
Perfluordekansulfonat (PFDS)												<2	<2	<2
Perfluorpentansyra (PFPeA)*					2300	<1	<1.0	<1.0	19	<1.0	300	4,9	15	93
Perfluorhexansyra (PFHxA)*					1100	0,33	0,37	0,39	11	0,45	200	3,1	8,5	58
Perfluorheptansyra (PFHpA)*					460	<0,3	<0.3	<0.3	4,5	<0.3	86	1,7	4,8	33
PFOA, linjär												1,3	3,4	22
PFOA, grenad												<0.3	0,35	2
Perfluoroktansyra (PFOA)*					250	<0,3	0,35	0,3	3,1	<0.3	51	1,3	3,8	24
Fluortelomersulfo. (4:2 FTS)												<0.3	<0.3	<0.3
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)*					1000	<0,3	<0.3	<0.3	10	<0.3	180	1,6	6,2	53
Fluortelomersulfo. (8:2 FTS)												<2	<2	13
Perfluorbutansyra (PFBA)*					290	<1	1,2	0,93	3,7	<0.6	39	3,1	4,4	15
Perfluornonansyra (PFNA)*					45	<0,6	<0.6	<0.6	0,75	<0.6	9,1	<0.6	0,89	5,8
Perfluordekansyra (PFDA)*					27	<0,6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	5,1	<0.6	<0.6	5,5
Perfluorundekansyra (PFUnDA)												<2	<2	<2
Perfluordodekansyra (PFDoDA)												<2	<2	<2
Perfluoroktansulfonami.PFOSA					17	<0,3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	4,1	<0.3	<0.3	2,6
7H-Dodekafl.hept.syra HPFHpa												<0.4	<0.4	<0.4
H4-PFUUnDA												<2	<2	<2
			90	900	8532	1,61	2,51	1,91	78,75	0,79	1490,2	24,98	76,97	591

5. Översiktlig riskbedömning

5.1 Mark

5.1.1 Område för arkeologiska undersökningar

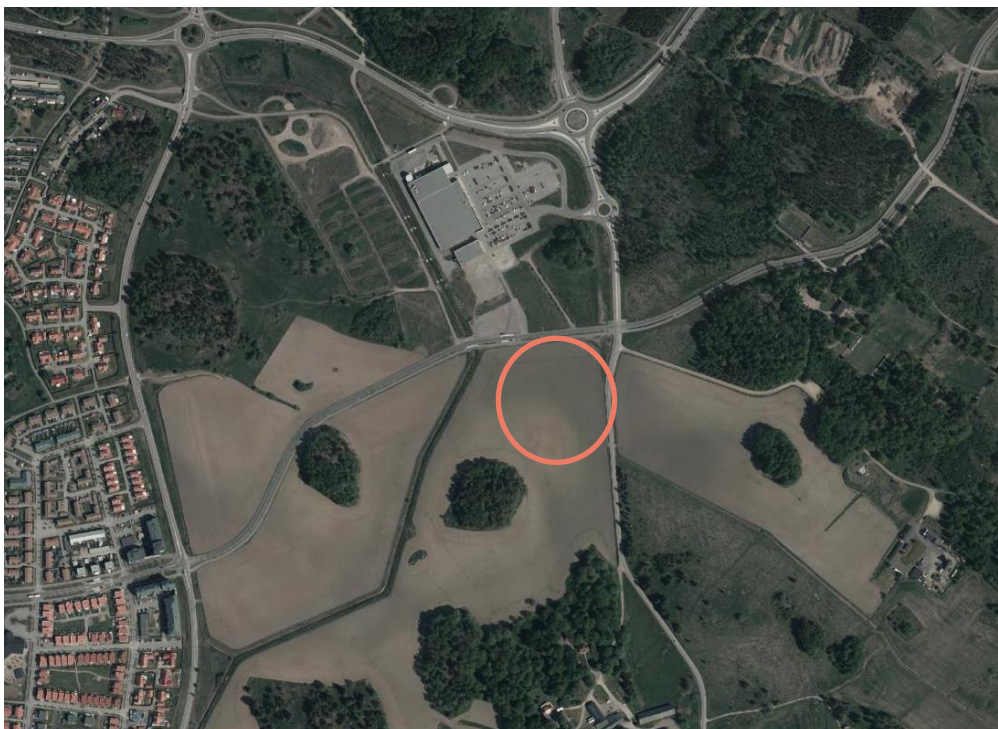
Vid platsen där det ska utföras arkeologiska undersökningar (Figur 13) påvisades inga halter av PFAS eller organiska föroreningar över laboratoriets rapporteringsgräns. Inga metaller uppmättes i halter över tillämpbara riktvärden. Därmed bedöms inga oacceptabla risker för människors hälsa eller miljön föreligga på platsen (17R14).



Figur 13. Översikt Djurgården. Rosa markering visar platsen för arkeologiska undersökningar (kartan.linkoping.se).

5.1.2 Väster om väg 708

Att PFAS-föroreningen sannolikt funnits under många år, samt att jord förflyttas i och med bearbetning av marken på åkern, kan förklara att halter av PFAS detekterats i jordprover på åkern väster om väg 708 (om än låga halter) (17R17, 18R03) (Figur 14). Eventuellt har samma maskin använts och flyttats mellan åkrarna, vilket kan sprida jorden däremellan. Föroreningshalterna som uppmätts väster om väg 708 bedöms inte innebära oacceptabla risker för människor eller miljön. Ramboll bedömer att det inte finns behov av åtgärder väster om väg 708 (17R17).



Figur 14. Översikt Djurgården. Rosa markering visar området väster om väg 708 (kartan.linkoping.se).

5.1.3 **Avgränsning väg 708 samt delar av åker mellan utbildningscentrum och väg 708**

Det har uppmätts halter av barium och kobolt över riktvärdet för KM (Figur 15). Uppmätta halter förekommer i bedömt naturliga lerlager. Det är inte ovanligt att barium och kobolt förekommer naturligt i något förhöjda halter, och eftersom dessa halter uppmättes i leran på ett djup om minst 0,5 m och djupare, bedöms halterna vara naturligt förekommande och ej tillförda via fyllnadsmassor eller spill. I provpunkt 19R03 som är belägen på åkern, öster om väg 708 förekommer PFOS i halter över KM. Halterna underskrider det hälsoriskbaserade riktvärdet och bedöms inte innebära oacceptabla risker för människors hälsa och miljön.

Ramboll bedömer att föroreningsförekomsten inte innebär oacceptabla risker för människors hälsa eller miljön. Vid eventuella grävarbeten behöver dock materialet omhändertas miljömässigt korrekt.



Figur 15. Översikt Djurgården. Rosa markering visar området för avgränsning läng väg 708 (kartan.linkoping.se).

5.1.4

Vallarna

Vid vallarna (Figur 16) har kobolt, barium och kvicksilver uppmätts i halter över KM i några provtagningspunkter. Områdets medelhalter och UCLM₉₅-halter underskrider KM för samtliga analyserade ämnen. Oacceptabla risker för människors hälsa eller miljön bedöms därför inte föreligga. Om massor ska flyttas behöver de omhändertas på ett miljömässigt korrekt sätt.



Figur 16. Översikt Djurgården. Rosa markering visar vallarna (kartan.linkoping.se).

5.1.5 **Brandövningsplats och utbildningscentrum**

I ett djupt jordprov (3-3,5 m) uppmättes arsenik i halter strax över MKM. Halterna förekommer i bedömt naturliga jordlager, på ett stort djup. Halterna är sannolikt naturligt förhöjda och inget som är tillfört platsen. Halterna bedöms därför inte innebära oacceptabla risker för människors hälsa eller miljön.

Det har påvisats halter av PFAS i samtliga analyserade jordprov runt brandövningsplatsen samt runt räddningstjänstens utbildningscentrum (Figur 13). Högsta halten PFOS i jord uppmättes i provpunkt 17R46 vid brandövningsplatsen, och överskrider MKM med 3,3 gånger. Halterna sjunker något på större avstånd från brandövningsplatsen, dock har halter om nästan 2 gånger MKM uppmätts i en av provpunkterna (17R36) på åkern. Halter över tillämpbara riktvärden återfinns i samtliga riktningar. Det har uppmätts höga halter PFAS i ytjorden runt brandövningsplatsen, och det har sannolikt under brandövningar hamnat brandsläckningsskum på åkern. Det är dessutom sannolikt att föroreningen har spridits, dels med maskiner (jord som fastnat på hjul) och vid harvning och plöjning där jord förflyttas. Föroreningen har sannolikt funnits på platsen i många år. I dagsläget är Räddningstjänsten på området, innan dess användes området av Forsvarsmakten som militär övningsplats. Om Räddningstjänsten och/eller Forsvarsmakten har använt PFAS-baserat brandskum och i så fall när har inte framgått i information till Ramboll.



Figur 17. Översikt Djurgården. Rosa markering visar området för brandövning samt utbildningscentrum (kartan.linkoping.se).

Det har även uppmätts halter av PFAS i samtliga analyserade jordprover uttagna på åkerkanten längs Räddningstjänstens utbildningscenter. Framräknade UCLM₉₅-halter för området runt brandövningsplatsen och utbildningscentret överskrider MKM ca 2 gånger. UCLM₉₅-halterna är ett konservativt mått på föroreningsituationen, och eftersom UCLM₉₅-halterna är betydligt högre än medelhalterna indikerar det en heterogen föroreningsutbredning, och en hög standardavvikelse. Framräknade UCLM₉₅-halter indikerar att oacceptabla risker kan föreligga för människors hälsa och miljön runt brandövningsplatsen (Tabell 21, Tabell 22 och Figur 12).

En riskbedömning har utförts med bakgrund i framräknade UCLM₉₅-halter. På grund av att det finns en åker där spannmål odlas för humankonsumtion jämförs UCLM₉₅-halten främst mot riktvärdet för KM vad gäller intag av växter. För övriga parametrar jämförs UCLM₉₅-halten mot riktvärdet för MKM, då området förutom åkern främst motsvarar markanvändning MKM. Vid förändrad markanvändning kan ny bedömning behövas.

UCLM₉₅-halten underskrider "intag av växter". Ingen enskild halt överskrider intag av växter. Därmed bedöms inga oacceptabla risker för människors hälsa föreligga vid intag av växter från åkern (Tabell 21).

UCLM₉₅-halten överskrider "skydd av grundvatten" och "skydd av ytvatten". Därmed bedöms halterna PFOS i jord kunna innebära att grundvatten och ytvatten inte skyddas tillfredställande, för människors hälsa innebär det särskilt en risk vid intag av grundvatten som dricksvatten (Tabell 22).

Tabell 21. Framräknad UCLM₉₅-halt jämfört med riktvärdet för KM (PFOS) samt indata för exponeringsvägar och skyddsobjekt. UCLM₉₅-halt (brandövningsplats och utbildningscentrum) överskrider fetmarkerade halter. Grön markering visar det styrande riktvärdet. Enhet: µg/kg TS

UCLM ₉₅ -halt	KM	Hälsoriskbaserat riktvärde	Intag av växter	Skydd av markmiljö	Skydd av grundvatten	Skydd av ytvatten
38,79	3	31	600	3	6,6	27

Tabell 22. Framräknad UCLM₉₅-halt jämfört med riktvärdet för MKM samt indata för exponeringsvägar och skyddsobjekt. UCLM₉₅-halt (brandövningsplats och utbildningscentrum) överskrider fetmarkerade halter. Grön markering visar det styrande riktvärdet. Enhet: µg/kg TS

UCLM ₉₅ -halt	MKM	Hälsoriskbaserat riktvärde	Intag av växter	Skydd av markmiljö	Skydd av grundvatten	Skydd av ytvatten
38,79	20	11000	Beaktas ej	300	21	27

5.2 Grundvatten

Med stor sannolikhet är brandövningsplatsen källan till de PFAS-föreningar som påträffas runt området.

Halterna i grundvattnet varierar mellan provtagningsomgångarna, vilket kan bero på årstidsvariationer. Det finns tydliga skillnader mellan halter i grundvattnet runt brandövningsplatsen/utbildningscentrum samt mot väg 708 och vallarna. Därför görs bedömning av grundvattnet utifrån de två områdena. För de rör som är provtagna vid flera tillfällen används medelhalten från provtagningsomgångarna (i resultatdelen finns samtliga resultat presenterade, och inte medelhalter).

Runt brandövningsplatsen/utbildningscentrum

Grundvattnet runt brandövningsplatsen/utbildningscentrum bedöms vara påverkat av PFAS. Totalt finns 6 st grundvattenrör, varav tre har provtagits vid flera tillfällen. I två av grundvattenrören överskreds C_{crit-gw} med avseende på PFOS. Nivån för LV90 överskreds i två rör, och nivån för LV900 överskreds i fyra rör. Områdets medelhalter i grundvattnet överskrider C_{crit-gw} samt LV900. Högsta halten PFOS i området uppmättes till 4800 ng/l, och s:a 11 uppmättes till som mest 109 417 ng/l. Med tillgänglig information bedöms detta vara källområdet för PFAS (det utesluter dock inte att det finns flera källor som bidrar till halterna i ytvattnet). Medelhalterna överskred det hälsoriskbaserade riktvärdet (styrts av intag av grundvatten som dricksvatten), samt skydd av våtmark, ytvatten och grundvatten. Uppmätt maxhalt överskred även riktvärdet för intag av fisk. Det innebär att halterna i grundvattnet vid brandövningsplatsen/utbildningscentrum kan innebära oacceptabla risker för människors hälsa och miljön (Tabell 23).

Ingen information om att grundvatten tas ut för dricksvattenanvändning har dock kommit till Rambolls kännedom. Då vattnet inte används för dricksvattenuttag är sannolikt oacceptabla risker för människors hälsa liten.

Det finns endast ett framtaget haltkriterium för PFOS, och inte för övriga PFAS, vilket försvårar bedömningen av övriga ämnen. Exempelvis uppmättes halterna PFOS i grundvattenrör 17R59 till 2,8 ng/l, medan PFPeA har uppmättes i halter om 29 000 ng/l i samma rör, men är inte möjlig att riskbedöma med dagens tillgängliga information. Dessutom, i grundvattenrör 17R59 är halterna PFAS s:a 11 mer än dubbelt så höga som de uppmätta i 17R60. Detta trots att det i rör 17R60 uppmätts halter av PFOS om 4800 ng/l, jämfört med 2,8 ng/l i 17R59.

Tabell 23. Medelhalter och maxhalt i grundvattnet vid brandövningsplats/utbildningscentrum. Fetmarkerade halter överskreds av medelhalt och/eller maxhalt. Grön markering visar det styrande riktvärdet. Halter är i ng/l.

Medelhalt	Maxhalt	C _{crit-gw}	Hälsoriskbaserat riktvärde	Intag av GV som dricksvatten	Bevattning	Intag fisk	Skydd av		
							våtmark	ytvatten	GV
833	4800	45	220	220	11000	1100	230	230	45

Väster om brandövningsplatsen

En spridning av PFAS-föreningen via grundvatten bedöms ske åt nordväst relativt brandövningsplatsen då det har uppmätts halter av PFAS i grundvattenrör 17R57 (halterna underskrider tillämpbara riktvärden), samt i vallarna. Grundvattnets flödesriktning bedöms vara nordvästlig relativt brandövningsplatsen. Inga halter i enskilda rör, eller medelhalterna överskred C_{crit-gw}. I de grundvattenrör som placerats i de södra delarna av väg 708 har inga (19R05), alternativt låga (19R01) halter uppmätts. Spridning åt söder bedöms därför vara begränsad. Vid vallarna överskred PFAS s:a 11 LV90. Det innebär att om grundvattnet ska användas för dricksvatten bör halterna sänkas under 90 ng/l. I dagsläget med tillgänglig information bedöms inte grundvattnet väster om brandövningsplatsen innebära oacceptabla risker för människors hälsa eller miljön.

Halterna PFAS i grundvattenrören vid utbildningscentrum bedöms härröra från brandövningsplatsen. Grundvattenytan bedöms vid brandövningsplatsen lokalt luta något åt söder, men större lutning bedöms vara åt nordväst. Norr och öster om brandövningsplatsen har inga grundvattennivåmätningar eller -provtagningar genomförts, vilket innebär att eventuell spridning i dessa riktningar inte kan bedömas. I och med att uppmätta PFAS-halter i grundvattenrör 17R9, 19R01 och 19R05 är låga/under rapporteringsgräns samt då grundvattenytans lutning bedöms vara större åt nordväst (Citygross) så bedöms spridningen mot Smedstad 1:4 (sydväst) vara begränsad. Grundvattnets flödesriktning kan även påverkas av dräneringar i åkermarken, och det förorenade grundvattnet kan därför ta riktningar som inte har kunnat förutses i undersökningarna.



Figur 18. Bedömd spridningsriktning grundvatten. Observera att andra lokala rinnvägar kan finnas.

5.3 Ytvatten

PFAS-halterna i ytvattnet har varierat mellan provtagningsomgångarna. Provtagning har utförts vid olika årstider och variationen kan därför bero på till exempel olika flöden. Vid högt vattenflöde kan koncentrationerna bli lägre, samtidigt som en större mängd förorening kan spolas ur. Detta kan förklara skillnaderna mellan höst-, vinter- och vårresultat.

I diket vid provpunkt 17R9 har halterna varierat från ca 1,6 gånger över LV900 till 9,5 gånger över LV900. Vid Slestadsrondellen uppmättes halter av PFAS s:a 11 strax under LV90 (s:a 11: 78,75 ng/l). Livsmedelsverkets åtgärdsgränser är framtagna för att gälla för dricksvatten. Enligt Livsmedelsverket kan man fortsätta att dricka vatten med halter över 90 ng/l (men under 900 ng/l), men man bör snarast se till att halterna sänks under 90 ng/l. Innehåller vattnet mer än 900 ng/l bör man inte dricka vattnet och man bör inte heller använda det vid matlagning. Att duscha, bada och diska i vattnet innebär enligt Livsmedelsverket ingen risk.

I ytvattnet riskerar PFAS att spridas långa sträckor, dock minskar generellt halterna med avståndet från brandövningsplatsen, troligtvis en effekt av utspädning. Halterna i ytvattnet bedöms generellt inte innebära oacceptabla risker för människors hälsa eller miljön. Dock överskrids halten för EU:s vattendirektiv i flertalet provpunkter. Åtgärder för att minska halter i ytvattnet bedöms behöva

sättas in vid källområdet. Sannolikt minskar halterna i ytvattnet med tiden, om åtgärder utförs i jord vid källområdet.

5.4 Sediment

I diket som löper från brandövningsplatsen till provpunkt Sed17R9 har halter av barium, kobolt och PFOS uppmätts över riktvärdena för KM och MKM. Längre nedströms har inga halter över laboratoriets rapporteringsgräns uppmätts. Provpunkterna behövde flyttas aningen jämfört planerade provtagningsplatser, då botten på Åsmestadsdiket vid flera platser endast bestod av stenar. Flödet på vattnet var relativt högt, vilket kan förklara att inte mycket sediment fanns att provta. Sannolikt innebär det höga vattenflödet vid tillfället för provtagningen att sediment eroderar från bäckens botten och transporteras vidare nedströms med vattnet. För att eventuella föroreningar ska påvisas i sediment krävs att sedimenterat material från den tid då förorening ska ha förekommit finns avlagrat. Så bedöms inte vara fallet i Åsmestadsdiket. Med bakgrund i att förhöjda halter PFAS funnits i ytvattnet, kan PFAS-förorenat sediment ha avlagrats och därmed förekomma på en plats med sedimentationsbotten längre nedströms. I tidigare provtagning (Ramböll, 2017), syns att halterna överskrider tillämpbara riktvärden i sedimenten i närheten av brandövningsplatsen. Därefter (Ramböll, 2018) uppmättes förhöjda halter av PFAS i sedimenten i provpunkt 17R9, där omdragning av diket planeras. Det finns inga svenska riktvärden för PFOS i sediment, och det går därför inte att avgöra om halterna (över KM och MKM) innebär oacceptabla risker för människors hälsa eller miljön. Vid en omdragning av diket kommer omhändertagande av sedimenten behövas. De behöver då omhändertas på ett miljömässigt korrekt sätt. Det kan vara något problematiskt med omhändertagande av blöta sediment, och de kan behöva avvattnas innan (alternativt på) mottagningsanläggning. Vattnet som avvattnas behöver också omhändertas.

5.5 Kulvert

Vid filmningen av kulverten syntes att kulverten var sprucken på flertalet platser, och att skarvar ej var täta. Det finns därför en risk att förorenat vatten har läckt från ledningen. Vid provtagning har jordlagren bestått av tät lera, dock kan det finnas något mer genomsläppliga massor runt kulverten (ledningsgraven). Det bedöms dock inte kunnat sprida sig långa sträckor utanför kulverten. Man behöver dock räkna med att omhänderta (och provta) massor vid uppgrävning av kulverten.

5.6 PFAS vid översvämning/skyfall

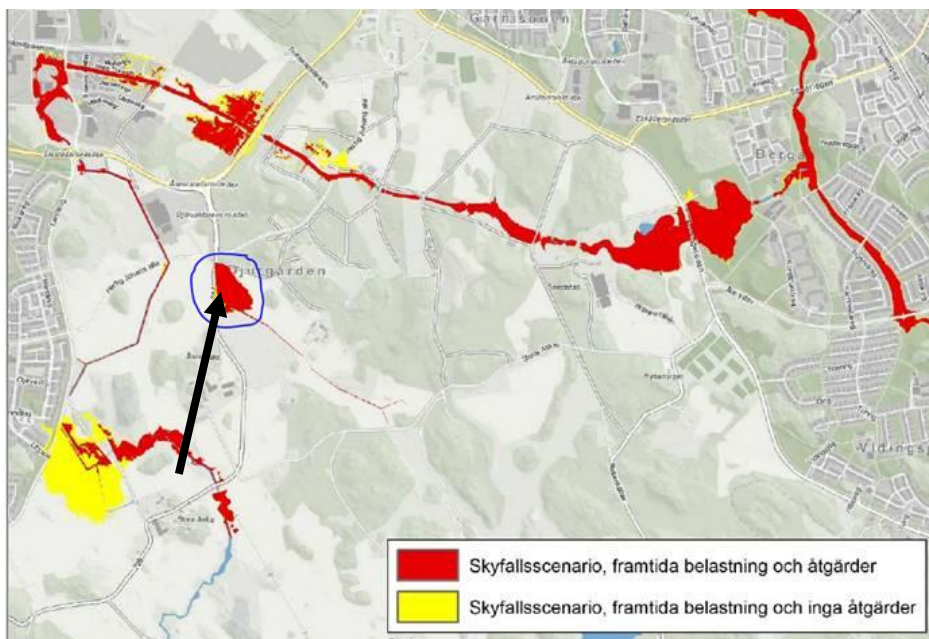
Området längs och direkt öster om väg 708 riskerar att översvämmas vid ett skyfall/100-årsregn (Figur 19). Enligt Länsstyrelsens WebbGIS visar modell över rinnvägar att området längs väg 708 är en lågpunkt. Till lågpunkten rinner bl.a. vatten från brandövningsplatsen. Det är även en lågpunkt vid området i anslutning till Citygross (Figur 20). Utifrån analysresultat uttagna i ytvattenprov (17R9) är halterna PFAS höga i södra delen av området för lågpunkt, och i området för risk för översvämning. Även vid Citygross har det uppmätts något förhöjda halter i både grundvatten och ytvatten.

PFAS-ämnen är vattenlösliga och persistenta (Naturvårdsverket, 2019). De förekommer i lösta i hela vattenfasen, vilket innebär att det vid en översvämning kommer att följa med vattnet och spridas över ytan.

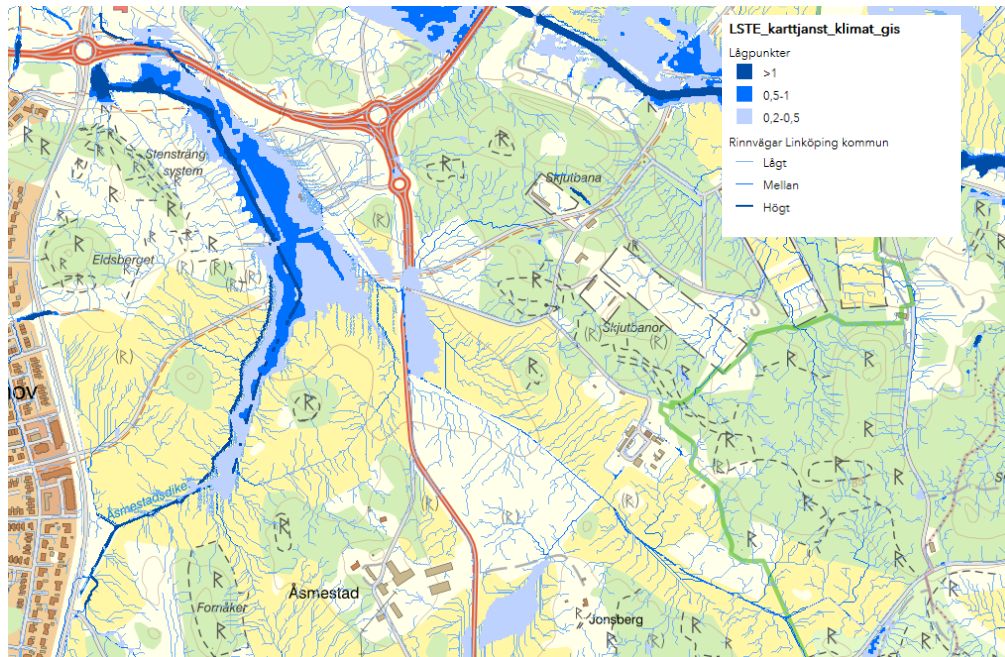
Viktigaste exponeringsvägen av PFAS för människor är intag via dricksvatten (Naturvårdsverket, 2019). PFAS är giftigt i små doser. Livsmedelsverkets åtgärdsgräns, 90 ng/l motsvarar (med en antagen densitet som vatten) 0,00009 kryddmått/liter. Vid brandövningsplatsen har halter mer än 100 000 ng/l uppmätts i det ytliga grundvattnet (Ramboll 2017). Vid ett kraftigt regn, även om själva brandövningsplatsen inte är markerad för risk för översvämning, finns en risk att PFAS mobiliseras och spolas ur källområdet. PFAS kan då spridas i löst fas (via grundvatten, ytvatten eller dagvatten/dräneringsledning), eller med sediment som spolas med vid ökade flöden, och ned i ytvattnet via ras/skred (SGU, 2019).

Vid en översvämning, när stora mängder vatten spolas över, finns en risk att PFAS infiltrerar i jorden och ned i grundvattnet. Enligt SGU leder högre vattenflöden vid förorenade områden till "föroreningsstötter" som kan påverka människor, djur och växter (SGU, 2019).

Eftersom PFAS är persistent i naturen och inte bryts ned kan spridning pågå under en mycket lång tid.



Figur 19. Översikt, skyfallsscenario Djurgården i Linköping. Inringat område visar området vid väg 708.



Figur 20. Rinnvägar, Djurgården Linköping (WebbGIS, 2019).

6. Behov av åtgärder

Linköpings kommun vill i samband med ny detaljplan lägga en ny sträckning för det dike som går från Räddningstjänstens utbildningscenter mot väg 708. Diket planeras att grävas om ungefär i höjd med provpunkt 17R9.

Ramboll rekommenderar åtgärder av källområdet samt de diken som finns i anslutning till brandövningsplatsen och mot provpunkt 17R9. Att endast åtgärda diket men inte källområdet kan leda till att ytterligare åtgärder krävs senare, då återkontaminering sannolikt kommer att ske.

6.1 Diket och väg 708

En ny sträckning planeras av diket samt väg 708. Då sedimenten är förorenade behöver dessa omhändertas. Ramboll rekommenderar att rensning av diket sker hela vägen från väg 708 till brandövningsplatsen (samt de diken som finns inom området). Vid väg 708 är diket kulverterat och det har därför inte kunnat avgöras om det är förorenat efter provpunkt 17R9. Vid uppgrävning av kulverten behöver sedimenten i kulverten kontrolleras och omhändertas korrekt, samt eventuellt massorna kring kulverten. Innan åtgärder av massorna måste arbetet anmälas till tillsynsmyndigheten (se 8. Upplysning).

Vid omläggning av vägen behöver sannolikt massor omhändertas. Marken består till stor del av lera, vilket vanligtvis inte är lämpligt att använda för

konstruktioner. För att på ett miljömässigt korrekt sätt omhänderta överskottsmassor rekommenderar Ramboll att det klassas i samband med åtgärder, alternativt att man när sträckning och schaktdjup är bestämt klassar massor innan åtgärder. Några enstaka halter har uppmätts över KM, vilket sannolikt är naturligt förekommande, men ändå behöver omhändertas korrekt. En klassning gör det enklare att planera arbetet, då det från början är bestämt var massor ska transporteras.

6.2 Brandövningsplatsen

Brandövningsplatsen bedöms vara källområdet för PFAS-föroreningen. Då Ramboll inte har full kännedom om områdets historia går det dock inte att utesluta att brandskum eller andra PFAS-produkter använts på flera platser.

Om brandövningsplatsen används, t.ex. genom övningar med vatten, riskerar föroreningen att mobiliseras och spridas vidare mot planområdet.

Ytan vid brandövningsplatsen består av hårt packat grus. Det finns betongplattor på platsen, och nedgrävda installationer i mark. Då placeringen av installationer inte har varit känd för Ramboll har inte borring utförts på det innersta området av brandövningsplatsen. Det går därför inte att säga hur djupt föroreningen kan ha tagit sig just på den platsen. Runt om bedöms föroreningen vara begränsad till översta halvmetern, maximalt översta metern. Marken runt om brandövningsplatsen består av en tät lera, och PFAS har inte påträffats på jordprov analyserade från djupare jordlager (Ramboll, 2017a). Vid eventuell åtgärd behöver även övrigt förorenat material omhändertas, så som eventuella betongkasuner och installationer i mark. Innan eventuell åtgärd rekommenderar Ramboll en ännu tydligare avgränsning av förorenad jord. Runt brandövningsplatsen (åker och skog) är föroreningen sannolikt begränsad till ytjorden/plöjdjup.

6.3 Översiktlig kostnadsuppskattning

Det grusade området vid brandövningsplatsen bedöms vara ca 690 m². Vid provtagning påträffades grundvatten ytligt på brandövningsområdet. Då Ramboll inte har kännedom om djupet på föroreningen antas föroreningen finnas ned till ett djup av 1 m (detta kan vara djupare, särskilt vid nedgrävda installationer). Volymen uppgår då till 690 m³, motsvarande ca 1035 ton jord (förutsatt en densitet om 1,5 ton/m³).

En prisuppgift från RGS Nordics i Norrköping för mottagande av förorenad jord av denna karaktär är 1315 kr per ton (prisuppgift mottagen via mail 2018-02-16). Det skulle innebära en kostnad om ca 1,4 miljoner kr för mottagande av de förorenade massorna. I en prisuppgift av Ragnsells Häradsudden (via mail 2019-02-20) kostar det 500 kr/ton vilket skulle innebära en kostnad om ca 518 000 kr. Det tillkommer en kostnad om 150 kr/ton om massorna är blöta och ej stapelbara.

Då det sannolikt uppkommer mycket länsvatten behöver detta omhändertas. Volymen vatten är svåruppskattad, och då det är förorenat behöver det

omhändertas. Antingen genom att det direkt transporteras för omhändertagande eller genom att reningsverk installeras på plats.

Diket som i första skedet behöver åtgärdas motsvarar ca 900 m (från Brandövningsplatsen till väg 708). Volymen beräknas vara ca 360 m³ (ca 540 ton), med antagandet att diket hela sträckan är 2 m bred, och 20 cm sediment behöver omhändertas. Med mottagningskostnaden 1315 kr per ton motsvarar det en kostnad om ca 710 000 kr, och med kostnaden 500 kr/ton + 150 kr/ton för blöta massor blir summan ca 351 000 kr. Med fördel avvattnas sedimenten innan transport till mottagningsanläggning, då blöta massor ofta tillför en extra kostnad. Vid avvattning ska vattnet omhändertas korrekt, då det med stor sannolikhet är förorenat. Vid flytt av vägen antas en sträcka om ca 200 m och en bredd om 4 m samt ett schaktdjup om 1 m (800 m³, ca 1200 ton). Enligt prisuppgift från Häradsudden kostar massor med föroreningsinnehåll av metaller mellan KM – MKM 100 kr/ton. Detta ger ett pris om ca 120 000 kr i mottagningskostnad (förutsatt att endast kobolt och barium är ett problem, och ej PFAS).

Observera att volym- och prisuppskattningen är ungefärlig. Om schaktdjup/längd/bredd ändras och om antagen densitet inte stämmer på området ändras priset. Mottagningsanläggningarnas prislistor kan uppdateras.

Entreprenörkostnader, transportkostnader och efterföljande miljökontroll är inte inräknat i kostnadsuppskattningen.

7. Rekommendationer

Enstaka halter över KM har påträffats inom planområdet för Djurgården – Smedsta 1:4 m fl, dessa halter bedöms inte innebära oacceptabla risker för människors hälsa eller miljön. Det finns dock risk för spridning av förorening till planområdet från brandövningsplatsen. De hittills påträffade halterna PFAS inom planområdet underskrider dock de generella riktvärdena för KM. För att kontrollera att halterna inte ökar vid exploatering (t.ex. pga mobilisering av föroreningarna, förflyttning av förorenad jord, eller av misstag skapande av nya spridningsvägar) bör ett kontrollprogram upprättas, vilket bör pågå till efterbehandlingsåtgärder på brandövningsplatsen utförs.

Representativa halter över MKM har uppmätts av PFOS runt brandövningsplatsen och utbildningscentrum. Inga akuta åtgärder bedöms nödvändiga, men kan komma att behöva utföras, särskilt vid förändrad markanvändning. Halterna bedöms innebära oacceptabla risker för människors hälsa vid intag av grundvatten som dricksvatten, samt om det förorenade vattnet tas upp i fisk som konsumeras. Oacceptabla risker bedöms föreligga för miljön, föroreningen är av en sådan karaktär att spridning sker särskilt via vatten. Om åtgärder kommer utföras rekommenderas ytterligare avgränsning i plan och djup.

Övrigt:

- Ramboll rekommenderar att det vid åtgärder av brandövningsplats och sediment utförs miljökontroll för att kontrollera att åtgärds mål uppnås (t.ex. i form av schaktväggs- och schaktbottenprov).
- Massor transporteras till godkänd mottagningsanläggning.
- Eventuellt länsvatten ska omhändertas på korrekt sätt.
- Ramboll rekommenderar att ett kontrollprogram tas fram efter utförda åtgärder i källområdet, för kontroll att saneringen var tillräcklig. Detta kan bestå av provtagning av grundvatten i de befintliga grundvattenrören, och eventuell komplettering med ytterligare grundvattenrör samt provtagning av ytvatten.
- Förorening har inte i dagsläget avgränsats norr och öster om brandövningsplatsen, då det området inte i dagsläget ingår i detaljplaneområdet. Eventuell avgränsning bör göras i de riktningarna, särskilt om åtgärder utförs. Dock bör först förekomst av fornlämningar och andra naturvärden kartläggas.
- I dagsläget är PFAS-förorenad jord något svårare/dyrare att omhänderta än vad jord förorenad med t.ex., metaller eller oljor är. Detta då PFAS är en relativt ny förorening, och dess egenskaper inte är helt utredda. Forskning pågår, och nya riktvärden är under framtagande. Bättre åtgärdsmetoder kan komma att finnas i framtiden. Det kan även finnas lämpligare åtgärdsmetoder att tillgå än deponering av förorenad jord.

8. Upplysning

Enligt Miljöbalken skall den som äger eller brukar en fastighet genast underrätta tillsynsmyndigheten om det upptäcks en förorening på fastigheten och denna kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljö, oavsett om området tidigare ansetts förorenat ("Underrättelse om upptäckt förorening enligt 10 kap 11 § MB"). Ramboll rekommenderar därför att detta PM delges tillsynsmyndigheten.

Innan arbeten inom förorenat område påbörjas ska en anmälan i god tid (minst sex veckor innan) inlämnas till tillsynsmyndigheten ("Anmälan om efterbehandling av förorenat område enligt 28 § förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd").

9. Referenser

Livsmedelsverket, 2017. PFAS- Poly- och perfluorerade alkylsubstanser. Senast uppdaterad: 2017-08-29. <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/pfas-poly-och-perfluorerade-alkylsubstanser>. Hämtad: 2017-09-07.

Naturvårdsverket, 2016. Riktvärden för förorenad mark. Modellbeskrivning och vägledning. Rapport 5976. Naturvårdsverket. September 2009.

Naturvårdsverket, 2019. Högfluorerade ämnen i miljön. Uppdaterad: 2019-01-09. Hämtad: 2019-01-21. <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/Perfluorerade-amnen/>

Ramboll, 2017. Resultatrapport. Miljöteknisk undersökning av Djurgården, Linköping. Linköping, 2017-10-12.

Ramboll, 2018a. Resultatrapport. Utökad provtagning Djurgården, Linköping. 2018-02-19.

Ramboll, 2018b. PM. Utökad provtagning Djurgården (komplettering), Linköping. 2018-04-24.

SGI, 2015. Statens geotekniska institut. Preliminära riktvärden för högfluorerade ämnen (PFAS) i mark och grundvatten. Rapport från ett regeringsuppdrag. SGI Publikation 21. Linköping 2015.

SGU, 2017. Kartvisaren. <https://apps.sgu.se/kartvisare>. Hämtad 2017-09-22.

SGU, 2019. Effekter på föroreningar i mark och vatten av ett förändrat klimat. Hämtad: 2019-01-21. <https://www.sgu.se/samhallsplanering/planering-och-markanvandning/grundvatten-i-planeringen/klimatforandringar/klimatforandringar-effekter/>