

# **Slutredovisning Rening Ravinbäcken**

Ett pilotprojekt inom fastigheten Getabrohult 1:2, Bollebygds kommun

*Länsstyrelsens diarienummer 18995-2024 och 38372-2023*

## **1. Inledning**

Länsstyrelsen har, med anledning av ett förslag och en anmälan från Flügger Sweden AB, nedan även Flügger eller bolaget, 2024-06-05 förelagt bolaget om försiktighetsmått och kontroll m.m. vid genomförandet av ett pilotprojekt för rening av ytvatten med avseende på PFAS i den s.k. Ravinbäcken, Länsstyrelsens dnr. 18995-2024 och 38372-2023.

## **2. Bakgrund för slutredovisningen**

Pilotprojektet har drivits av Flügger med start 2024-08-28/29 och fram till 2025-06-11/12, då utrustningen för rening helt avlägsnades från platsen.

Enligt Länsstyrelsens föreläggande ska en slutrapport från driften av pilotprojektet inges senast 3 månader efter det att åtgärderna slutförts, d.v.s. till senast 2025-09-11. En underhandsrapport har tidigare ingivits till Länsstyrelsen 2025-02-19, efter en särskild begäran från myndigheten i e-post 2024-12-04.

Länsstyrelsen har förelagt om följande minsta innehåll i slutrapporten:

- Beskrivning av utförda åtgärder, arbeten och moment
- Redovisning av eventuella avvikelser från anmälan
- Mottagningskvitton från mottagande avfallsanläggning
- Resultat från kontrollprovtagningar
- Bedömning av åtgärdens reningseffekt
- Utvärdering av mängden PFAS som har renats
- Rekommendationer för fortsatta åtgärder

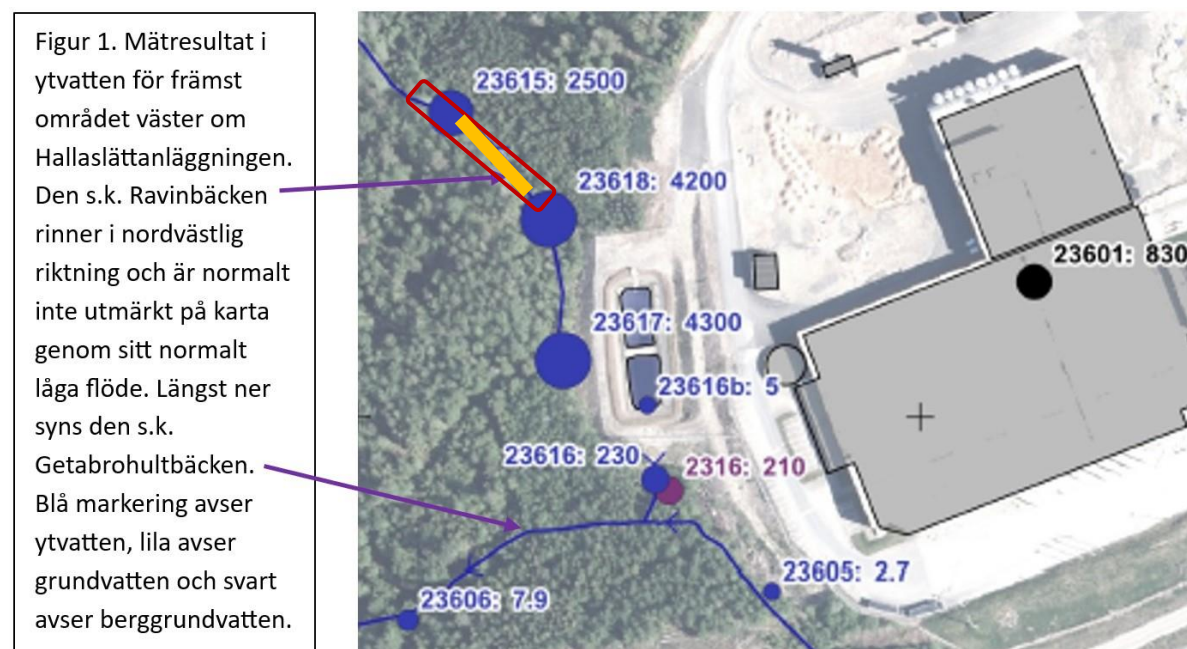
## **3. Beskrivning av utförda åtgärder, arbeten och moment**

Reningsanläggningen installerades på plats i slutet av augusti månad 2024 och delades inledningsvis upp på fem sektioner. Anläggningen konstruerades av Swedish Hydro AB utifrån att enbart handgrävning skulle behöva nyttjas, så att därigenom alla uppkomna ingrepp i naturmiljön i huvudsak skulle kunna vara reversibla.

Anläggningen revs under 2 dagar, 2025-06-11 - 2025-06-12, varefter kvarstående reningsmassor bortskaffades som farligt avfall, se transportdokument m.m. nedan i avsnitt 5.

### 3.1 Reningsanläggningens placering och utformning

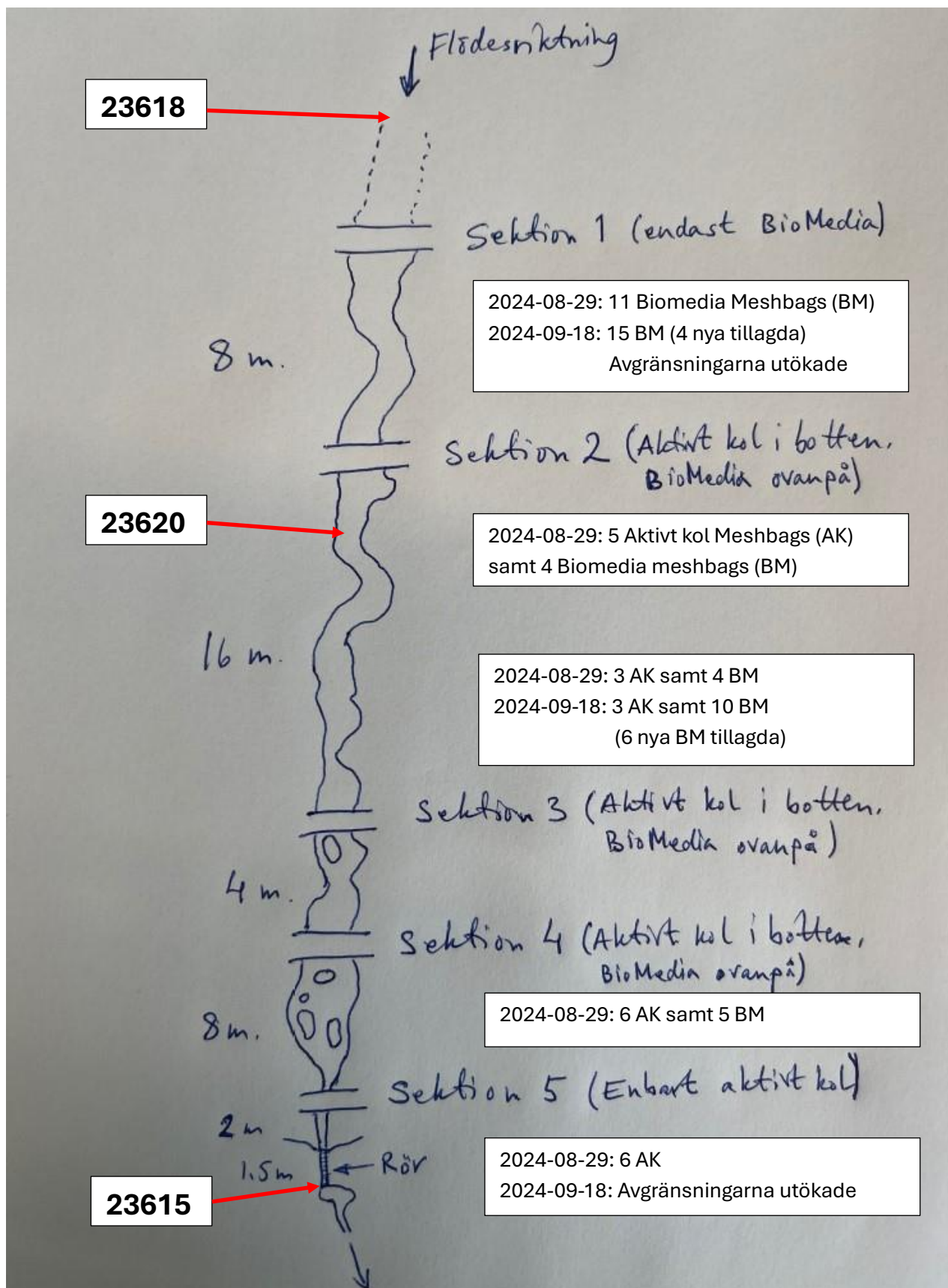
Reningsanläggningen placerades i den övre delen i det mindre vattendrag som i pågående utredningar betecknats Ravinbäcken på fastigheten Getabrohult 1:2, se karta nedan. Av kartan framgår att placeringen var mitt i det i anmälan utpekade området.



Figur 1. Karta tagen ur bolagets skrivelse till Länsstyrelsen 2024-04-08, här med en markering (orange linje) av var reningsutrustning och flödesmätning slutligen placerades.

Installationen utfördes så att den i så stor utsträckning som möjligt skulle kunna täcka in och rena Ravinbäckens ytvattenflöde m.a.p. PFAS. Alla anläggningens sektioner placerades därför mer eller mindre vinkelrätt över bäcken. Mindre ändringar av konstruktionen har, vid särskilt två tillfällen, utförts i syfte att främst bibehålla reningsanläggningens funktion, se närmare nedan. Två typer av reningsmedia nyttjades, förvarade i säckar, aktivt kol respektive s.k. biomedia.

Den principiella layouten för reningsanläggningen var initialt enligt nedan, med en sammantagen utsträckning i längd på cirka 40 m utmed Ravinbäckens bäckfåra. I Skissen nedan framgår också datum för de mindre förändringar som utfördes efter ca 3 veckors drift av anläggningen.



Figur 2. Rening Ravinbäcken med provtagningspunkter och initialt installerad reningsutrustning

Biomediasäckar placerades framförallt ut i den övre delen av reningsanläggningen, eftersom de är mer genomsläppliga än aktivtkol-säckar. De senare har samtidigt längre livslängd, men är mer känsliga för partiklar. Leverantören Swehydro har efterhand angivit reviderade uppgifter på torrvikten på aktivtkol-säckarna till 11,3 kg och för biomediasäckarna till 5,2 kg, vilket som mest innebar totalt ca 403 kg installerad reningsmedia för den samlade reningsanläggningen.

Utöver utrustningen för rening enligt ovan placerades även hydrobarriärer ut, dvs säckar med innehåll som kan användas för att dämna vatten, för att därigenom så långt praktiskt möjligt också gränsa av och förhindra bäckens vatten att passera förbi reningssektionerna utan att i dessa genomgå avsedd rening.

Provtagningspunkterna i bäcken har under hela testperioden varit tre stycken, en uppströms reningsanläggningen (23618), en placerad två reningsstegssektioner nedströms den första provpunkten (23620), samt en efter den sista reningssektionen (23615), se skissen i figur 2 ovan. I den senare punkten har även flödet vid provtagningstillfällena bestämts. Vid tre tillfällen, i början på driften av reningen, har flödet i 23615 mätts under längre tidsperioder med s.k. ISCO-pumpar, medan mätningarna i övrigt har skett stickprovsvis för hand genom att mekaniskt bestämma passerande mängd vatten per tidsenhet.

### 3.2 Mindre förändringsåtgärder under pilotprojektets gång

Förändringar har utförts av reningsanläggningen vid framförallt två tillfällen efter dess initiala installation, 2024-09-18 resp. 2024-12-05, se en beskrivning nedan.

#### 2024-09-18

För att förhindra att ytvatten leddes förbi reningssektionerna utan att genomgå rening, kompletterades de ursprungligen uppbyggda sektionerna med ytterligare biomediasäckar, se antal och placering i skissen (figur 2) ovan. Totalt innebar det ett tillägg enligt följande:

- Biomediasäckarnas antal ökades från 24 till 34.
- Ingen förändring gjordes av antalet säckar med aktivt kol utan de initiala 20 bibehölls.

#### 2024-12-05

Sektion 5 i Ravinbäcken avetablerades, eftersom metallkonstruktionen för sektionen var skadad - med risk för åverkan på vilt m.m. i området - och eftersom ytvatten till stor del passerade förbi den sektionen. Vid tillfället för åtgärden var det uppenbart att samtliga sektioner hade en kraftigt dämmande effekt på vattnet i bäcken, och det blev extra tydligt när säckarna i sektion 5 plockades bort. Det vatten som fram tills dess hade varit i det

närmaste helt stillastående uppströms sektion 5, forsade då snabbt igenom den "nya" öppningen och vattennivån i vattenspegeln mellan sektion 4 och 5 sänktes omgående med cirka 15-20 cm.

Även de hydrobarriärer som tidigare legat invid sektion 5 lyftes bort och lades istället till de befintliga vid provtagningspunkt 23615. Detta för att fortsatt kunna bibehålla ett samlat ytvattenflöde genom den punkten, och därigenom möjliggöra adekvata flödesmätningar.

### 3.3 Återkommande kontroller

Utöver de återkommande okulära kontroller som utförts på platsen i samband med provtagning och flödesmätning, har Flüggers QEHS-ansvarige normalt en gång varje vecka granskat anläggningens kondition. Vid ett stort antal tillfällen har också foton tagits. Vid de flesta av dessa kontrolltillfällen har förhållandena bedömts som normala - och inte föranlett någon åtgärd - men i samband med att den dämmande effekten hos de olika sektorerna efterhand syntes öka, har bland annat vid ett antal tillfällen - och särskilt under slutet av driftstiden - en täckande yttlig hinna på de olika säckarna avlägsnats. Detta för att därigenom om möjligt öka genomsläppligheten. Ingen effekt av större betydelse har dock kunnat noteras på platsen genom denna åtgärd.

### 3.4 Avveckling av anläggningen

Utrustningen för rening togs helt bort under två dagar 2025-06-11/12, med Swedish Hydro och Flüggers QEHS-ansvarige på plats. Av foton framgår att det efter borttagandet endast i mycket begränsad utsträckning kan urskiljas att det funnits några installationer för rening på platsen, se **bilaga 1**.

## **4. Redovisning av eventuella avvikelser från anmälan**

Inga medvetna avvikelser från anmälan har uppkommit eller utförts.

## **5. Mottagningskvitton m.m. från mottagande avfallsanläggning**

Uttjanta reningsmassor har, till följd av PFAS-innehållet, bortskaffats som farligt avfall. Reningsmassorna från sektion 5 bortskaffades i december 2024, se **bilaga 2a- b**, medan övriga reningsmassor bortskaffades i samband med avvecklingen av den samlade anläggningen, se **bilaga 3a-b**.

## 6. Resultat från kontrollprovtagningar

Mätning upp- och nedströms samt över reningsanläggningen har utförts såväl före dess installation, medan den var i drift samt - vid ett tillfälle - efter dess avveckling.

Följande mätresultat för ytvattenflödet i provtagningspunkten 23615 nedströms reningsanläggningen, resp. PFAS35-halter i de olika provtagningspunkterna, har erhållits från det att de första analyserna togs ett knappt år innan reningsanläggningen installerades, till ca 1,5 månader efter att den avvecklats. För kompletta analysresultat, se ***bilaga 4***.

Datum	Flöde			PFAS35-innehåll			
		Uppströms		Efter sektion 2		Nedströms	
		23618		23620		23615	
	L/s	ng/l	ng/s	ng/l	ng/s	ng/l	ng/s
2023-10-30						2500	
2023-11-27		4200					
2023-12-01						2400	
2024-01-22	högt	2000					
2024-05-21		5100				3200	
2024-07-03						2700	
2024-08-05						3200	
2024-08-30	0,1	6100	436	630	48	490	49
2024-09-12	0,5	3500	1250	2500	962	1500	750
2024-09-27*	0,3	3800	814	2800	646	1800	540
2024-10-22**	0,3	4900	1050	3100	715	2300	690
2024-11-12	0,16	4800	549	3000	369	2200	352
2024-12-10	0,22	4700	739	2600	440	1900	418
2025-01-27	0,59	3200	1349	2300	1044	1800	1062
2025-02-27	0,22	3700	581	2400	406	2000	440
2025-03-28	0,08	4900	280	2900	178	2000	160
2025-04-24	0,055	5300	208	3300	140	2300	127
2025-05-19	0,015	5900	63	3100	36	2100	32
2025-07-24u	0,034	6600	160	6100	160	4300	146
*Flödet varierade över dagen från ca 0,1 - 0,5 liter/s							
**Flödet approximativt bestämt							
u Utan reningsanläggning							

Tabell 1. Flöde i punkt 23615 samt uppmätt PFAS35-innehåll som halt resp. transporterad mängd i de olika provpunkterna. Analyserna 2025-07-24 är tagna efter att reningen (åter) avvecklats.

## 7. Åtgärdens reningseffekt samt en bedömning av mängden PFAS som har renats

Nedan görs en närmare bedömning av de erhållna analysresultaten.

### 7.1 Ytvattenflöden och PFAS-halter

Av tabell 1 ovan kan konstateras att ytvattenflödet i bäcken i punkt 23615, vid mättillfällena med en installation av en reningsanläggning, har uppmätts till mellan ca 0,01 - 0,6 L/s, med

ett medelflöde på ca 0,23 L/s. Undantaget de två tillfällena i april och maj 2025, med extremt låga flöden till följd av torka, var medelflödet enbart något litet högre, ca 0,27 L/s.

Med ISCO-pump har samtidigt, för några litet längre tidsintervall, flöden mellan ca 0,1 - 10 L/s uppmätts, där visserligen de högre flödena främst har avsett vissa kortare episoder under mätperioden, men där den stora variationen i flöde samtidigt visar på den potentiella osäkerheten i flödesdata. Rent allmänt kan erfarenhetsmässigt konstateras att flöden på kring 0,5 L/s motsvarar relativt blöta förhållanden. Uppmätta flöden under april, maj och juli 2025 hänger samtidigt ihop med längre torrperioder.

2024-01-22, dvs. vid en tidpunkt långt innan reningsanläggningens installation, kunde okulärt ett mycket högt flöde konstateras, och detta var då till följd av bl.a. en omfattande snösmältning med samtidigt stor nederbörd. Vatten svämmade då också direkt över till Ravinbäcken från högre liggande asfalterade ytor på Flüggers Hallaslättanläggning. Detta provtagningstillfälle bedöms dock enbart avse en kortare episod på i storleksordningen något dygn och, eftersom haltmätning av PFAS då enbart gjordes i en punkt, används därför inte det då erhållna analysresultatet vid de olika beräkningar som görs i denna redovisning, utan värdet är enbart medtaget som en påminnelse om den potentiella inverkan av höga flöden.

## 7.2 Masstransport av PFAS samt borttagna mängder PFAS över reningsanläggningen

Vid ett tillfälle innan reningsanläggningen installerades, 2024-05-21, uttogs prov i både provpunkten uppströms den senare installerade reningsanläggningen (23618) och nedströms denna (23615). Av då uppmätta PFAS-halter kan konstateras att koncentrationen i punkten nedströms var cirka 40 % lägre än i den uppströms. Även vid en jämförelse av uppmätta genomsnittliga halter för alla analyser upp- resp. nedströms under perioden innan rening installerades, 2023-10-30 – 2024-08-05 (dvs exkl. 2024-01-22), kan konstateras att halten även då - som medeltal - uppmättes vara cirka 40 % lägre i den nedströms belägna provtagningspunkten. En orsak till skillnaden har bedömts vara att det utmed Ravinbäckens sidor tillförs ytvatten med betydligt lägre halter av PFAS än i Ravinbäcken själv, d.v.s. utgör vad som i sammanhanget skulle kunna betecknas som ett rent vatten m.a.p. PFAS. En annan orsak till skillnaden kan antas vara att en viss fastläggning av PFAS sker i jord och sediment längs den aktuella sträckan.

Med anledning av det ovanstående gjordes därför initialt ett antagande av att ytvattenflödet i provpunkt 23618 i medeltal kunde antas vara ca  $1/1,4 = \text{ca } 71\%$  av flödet i provpunkt 23615. För ytvattenflödet i den mellanliggande provtagningspunkten 23620, belägen på ca  $1/4$  av sträckan mellan punkterna 23618 och 23615, gjordes samtidigt ett motsvarande antagande av att flödet i denna punkt var ca  $1/1,3 = \text{ca } 77\%$  av flödet i punkt 23615. Dessa antaganden visade sig godtagbart tillämpliga för hela driftstiden för pilotprojektet, samtidigt som det innebär vissa osäkerheter eftersom det inte avser direkt uppmätta data.



Nedan har i tabell 2, utifrån tabell 1 ovan, uppskattningar gjorts av hur mycket av den PFAS som avlägsnats ("renats") ur ytvattenflödet över hela respektive delar av reningsanläggningen. Beräkningarna av den borttagna andelen har normerats utgående från antagandena ovan om att halten av PFAS i provpunkten 23615, vid en drift utan rening, blir ca 40% lägre än den i provpunkt 23618. Vid en sådan haltskillnad dessa provtagningspunkter emellan föreligger därför en antagen "reningsgrad" på 0%.

Datum	Flöde		PFAS35-innehåll						Borttagen mängd PFAS35			Borttagen andel PFAS35		
			Uppströms		Efter sektion 2		Nedströms							
			23618		23620		23615		tom sekt 2	sekt 3 - 5	hela anl	tom sekt 2	sekt 3 - 5	hela anl
	L/s	ng/l	ng/s	ng/l	ng/s	ng/l	ng/s		ng/s	ng/s	ng/s	%	%	%
2024-08-30	0,1	6100	436	630	48	490	49		387	-1	387	89	0	89
2024-09-12	0,5	3500	1250	2500	962	1500	750		288	212	500	23	17	40
2024-09-27*	0,3	3800	814	2800	646	1800	540		168	106	274	21	13	34
2024-10-22**	0,3	4900	1050	3100	715	2300	690		335	25	360	32	2	34
2024-11-12	0,16	4800	549	3000	369	2200	352		179	17	197	33	3	36
2024-12-10	0,22	4700	739	2600	440	1900	418		299	22	321	40	3	43
2025-01-27	0,59	3200	1349	2300	1044	1800	1062		305	-18	287	23	-1	21
2025-02-27	0,22	3700	581	2400	406	2000	440		175	-34	141	30	-6	24
2025-03-28	0,08	4900	280	2900	178	2000	160		102	18	120	36	7	43
2025-04-24	0,055	5300	208	3300	140	2300	127		69	13	82	33	6	39
2025-05-19	0,015	5900	63	3100	36	2100	32		27	4	32	43	7	50
2025-07-24u	0,034	6600	160	6100	160	4300	146		1	13	14	0	8	9
*Flödet varierade över dagen från ca 0,1 - 0,5 liter/s														
**Flödet approximativt bestämt														
u Utan reningsanläggning														

Tabell 2. Beräknade transporterade och borttagna mängder PFAS35 samt andel borttagen PFAS35 över reningsanläggningen från det inkommande flödet i 23618. Reningssektion 5 togs bort 2024-12-05, se ovan. Analyserna 2025-07-24 är tagna ca 1,5 månad efter att reningen helt avvecklats.

Av tabell 2 framgår bl.a. att beräknad mängd borttagen PFAS35 under en lång tid, fram till ca månadsskiftet januari/februari återkommande varierade mellan ca 200 - 500 ng PFAS/s med ett medelvärde på ca 330 ng/s, och att de borttagna mängderna per tidsenhet därefter kraftigt reducerades. Det kan samtidigt noteras att det senare också sammanfaller med kraftigt reducerade flödesmängder.

Vidare framgår av tabell 2 att den andel PFAS som, över reningsanläggningen ned till mätpunkt 23615, kan beräknas ha tagits bort av PFAS från i ytvattnet i mätpunkt 23618, inledningsvis var mycket hög, ca 90%. Andelen var dock redan efter ca 2 veckor betydligt lägre, och har från den tidpunkten varierat inom ett uppskattat intervall på ca 20 - 50%. Därtill framgår att det, logiskt nog, uppmätts en tydligt lägre andel borttagen mängd efter att reningsanläggningen avvecklats. Vid provtagning 2025-07-24 uppmättes t.ex. åter halten i 23615 till enbart ca 35% lägre än den i 23618, d.v.s. en förväntad återgång till den situation som kunde konstateras innan reningsanläggningen introducerades, då en skillnad på ca 40% i halten de olika mätpunkterna emellan uppmättes. Med tanke på föreliggande mätosäkerheter, bör detta då kunna anses vara i stort sett samma siffror.



### 7.3 Beräknat borttagande av PFAS ur ytvattnet i relation till drifttid m.m.

Flügger har, för den initialt längst nedströms liggande reningssektion 5, låtit Stena Recycling utföra analyser av PFAS-halten i de borttagna aktivtkol-säckarna i form av ett samlingsprov när denna sektion togs bort, se **bilaga 5**.

Därtill var det meningen att Stena, vid avvecklingen av anläggningen, skulle se till att analyser genomfördes på 7 olika delprover motsvarande de respektive olika typerna av reningsmedia, och uppdelat på de fyra återstående sektionerna (ett prov för sektion 1 och två respektive prover för övriga sektioner). Flüggers QEHS-ansvarige tog ut dessa sju prover och lämnade till Stena för vidare förmedling till laboratoriet. Dock kom laboratoriet enbart att genomföra analys av ett samlingsprov för alla de 7 uttagna proven, se **bilaga 6a**. Genom detta misstag förlorades möjligheten till flera olika potentiellt unika utvärderingar.

Bl.a. försvann härigenom möjligheten att på ett bättre sätt studera eventuella skillnader olika typer av reningsmedia emellan, så även om det förelegat olika nivå på upptagningen olika sektioner emellan och inte. Av en tillfällighet lät dock Stena inte bortskaffa de förbrukade reningsmassorna från den avvecklade anläggningen förrän efter sommaren 2025, varför ett kompletterande prov på alla då samlade massor kunde tas innan det slutliga avlägsnandet skedde, se **bilaga 6b**. Detta för att därigenom om möjligt få en reducerad osäkerhet i erhållna analysresultat.

Följande jämförelser kan bl.a. göras av härigenom erhållna analysresultat:

	Sektion 5		Sektion 1-4, 2025-06-11/12			
Parameter	2024-12-05 (2024-12-10)		(prov 1; datum 2025-06-27)		(prov 2; datum 2025-08-19)	
Antal driftsdygn*	98		287		287	
PFAS4-halt (µg/kgTS)	2500		3600		5200	
PFAS35-halt (µg/kgTS)	5200		7500		7600	
varav	µg/kg TS resp. %		µg/kg TS resp. %		µg/kg TS resp. %	
PFBA	160	3,1	280	3,7	61	0,8
PFPeA	1000	19,2	1600	21,3	540	7,1
PFHxA	1100	21,2	1100	14,7	540	7,1
PFHpA	210	4,0	220	2,9	170	2,2
PFOA	96	1,8	160	2,1	160	2,1
PFNA	7	0,1	22	0,3	22	0,3
PFBS	53	1,0	110	1,5	45	0,6
PFHxS	1400	26,9	1900	25,3	1900	25,0
PFHpS	13	0,3	72	1,0	77	1,0
PFOS	990	19,0	1500	20,0	3100	40,8
6:2 FTS	78	1,5	410	5,5	910	12,0
Övriga	93	1,8	126	1,7	75	1,0

Tabell 3. Analyser av PFAS-innehåll i bortskaffade använda reningsmassor.

\* Här bortses för enkelhets skull från att 10 av totalt 34 biomediasäckar lades till först efter ca 20 dygns drift

Av analysresultaten ovan framgår bland annat följande, vid ett antagande av att ingen skillnad av betydelse föreligger mellan olika typer av reningsmassor resp. sektioner:

- Halten för totalt upptagen PFAS, som PFAS35, är i princip identisk för de båda prover som är tagna efter avvecklingen av reningen. Upptaget av PFAS kan därför per dygn beräknas till i snitt ca 53 µg PFAS35/kg TS för de första 98 dygna, medan det under de efterföljande 189 dygna, dygn 99 - 287, avtog till beräkningsmässigt ca 12,4 µg PFAS35/kg TS per dygn.

Det innebär att upptagningshastigheten var drygt 4 gånger högre under den första ca 1/3 av den samlade drifttiden jämfört med de efterföljande ca 2/3 av drifttiden. Det behöver samtidigt observeras att det ovanstående inte beaktar de betydligt lägre flödeshastigheter av ytvatten som förelåg under april och maj månader 2025, d.v.s. under slutfasen av pilotförsöket. Det är därför svår att bedöma precisionen i ovanstående data, samtidigt som det av olika skäl bedöms som rimligt att anta att en minskad upptagningshastighet med ökad drifttid föreligger, eftersom mättnaden avseende PFAS i reningsmassorna ökar med tiden, och rimligen även t.ex. igensättningen med partiklar.

- Av de mer specificerade analysresultaten för olika typer av PFAS kan vidare, vid en jämförelse mellan provet i sektion 5, och det första prov som togs efter att reningen avvecklats, noteras att PFAS-sammansättningen i flera avseenden är likartad de båda provtillfällena emellan, och det särskilt vid ett beaktande av föreliggande mätosäkerheter. Detta motsvarar vad som kan förväntas om källan för PFAS är densamma hela tiden, och det särskilt också om upptagningen olika typer av säckar emellan kan antas ha varit tämligen likartad.

Vid en jämförelse mellan provet från sektion 5, och det andra provet efter avslutandet av reningen, är dock skillnaden större. T.ex. minskar såväl andelen som halten av PFBA, PFPeA och PFHxA tydligt, medan halterna och andelarna av framförallt PFOS, men även 6:2 FTS, ökar mycket kraftigt. Eftersom båda prover efter avslutandet av reningen först togs efter en längre förvaringstid, bedöms det inte som rimligt att skillnaderna mellan de båda proverna i reningsmassorna efter rening är en följd av någon omvandling av PFAS, men det kan samtidigt inte helt uteslutas. Att de två proverna är tagna med olika fördelning av reningsmassor är visserligen mycket troligt, men det är då samtidigt - med den stora skillnaden i fördelningen av PFAS - anmärkningsvärt att den totala koncentrationen som PFAS35 i princip är identisk för de två proverna. Sammantaget betyder det därför, med det antal prover som tagits, att det saknas en möjlighet att dra säkra slutsatser om upptaget av olika typer av PFAS vid reningen.

De 6 säckar som togs bort när sektion 5 avlägsnades var alla aktivtkol-säckar. Dessa har av leverantören angetts ha haft en ursprunglig torrsvikt på ca 11,3 kg per säck, varför det uppsamlade PFAS35-innehållet i dem kan beräknas till ca 350 mg, eller ca 0,35 g PFAS.

De använda biomediasäckarna hade enligt Swedish Hydro en ursprunglig torrsvikt på 5,2 kg. Med en total torrsvikt för samtliga säckar i reningskonstruktionen, vid tidpunkten för avlägsnandet av sektion 5, på ca 403 kg (20 aktivtkol-säckar och 34 biomediasäckar), och ett antagande av att halten 5,2 mg PFAS35/kg TS skulle kunna gälla för alla säckar i reningsanläggningen vid borttagandet av sektion 5 den 2024-12-05, så skulle det sammantaget vid detta tillfälle ge en dittills totalt upptagen mängd om ca 2,1 g PFAS i alla säckar.

Säckarna hade, vid borttagandet av sektion 5, varit installerade för rening under ca 3 månader, eller mer exakt 98 dygn, vilket då i medeltal skulle motsvara en beräknad total upptagningshastighet för samtliga 54 säckar på ca 250 ng PFAS35/s.

De resterande 48 säckarna, vilka avlägsnades först när hela den kvarstående reningsanläggningen slutligen togs bort, vägde enligt ovan 335 kg som torrsvikt. Medelhalten som PFAS35 var vid borttagandet ca 7,55 mg/kg TS, d.v.s. motsvarande ett innehåll om totalt ca 2,5 g PFAS. Den reellt upptagna mängden i dessa säckar, från dag 99 till 287, var därigenom ca  $2,5 - 2,1 \cdot (335/403) = \text{ca } 0,76 \text{ g PFAS}$ . Vid ett antagande om att samma upptagningshastighet även hade gällt för säckarna i en kvarvarande sektion 5, så hade det inneburit ett upptag på ca  $(403/335) \cdot 0,76 = \text{ca } 0,91 \text{ g PFAS35}$  för driftsdagarna 98 - 298, d.v.s. i medeltal ca 56 ng/s, och därigenom endast drygt 1/5 av upptagningshastigheten under de första 98 dagarna.

Ovanstående siffror bygger på ett antal antaganden, bl.a. att upptaget i biomediasäcksäckar har varit i huvudsak likartat, och att den uppmätta PFAS35-halten i massorna från sektion 5 var representativ för alla sektioner. Det faktum att andelen aktivtkol-säckar (i vikt) i sektion 5 var 100%, medan andelen aktivtkol-säckar (i vikt) enbart var ca 47% för de kvarvarande säckarna vid avvecklingen av reningen, indikerar dock att skillnaden avseende olika typer av reningsmedium förefaller begränsade, i vart fall sett som total PFAS-mängd, PFAS35. Det faktum att inte några analyser för olika typer av säckar från en och samma sektion genomförts, och att olikheterna i haltfördelningen mellan de två proverna efter avslutad rening uppmättes vara stora i flera avseenden, innebär dock en tydlig osäkerhet.

Ifråga om upptagningen av PFAS i sektion 5, intill att den togs bort och i relation till de övriga sektionerna, borde den teoretiskt kunna antas ha varit lägre än för de uppströms liggande sektionerna. Detta eftersom PFAS-halten i ytvattnet uppströms generellt får antas ha varit högre. Till följd av fåtalet analyser, och på det sätt på vilket prov slutligt kom att tas, saknas dock underlag för att dra några slutsatser om detta.

Det saknas också tillräckligt underlag för att bedöma om Swedish Hydros val av fördelning av säckar var det bästa möjliga. Med fler analyser, så som ursprungligen var planerat, hade det eventuellt gått att dra vissa indikativa slutsatser, t.ex. om det hade uppmätts skillnader i PFAS-halter olika typer av säckar och olika sektioner emellan.

#### 7.4 Orsaker till minskningen av PFAS i ytvattnet över sträckan för den installerade reningsanläggningen

Vid en jämförelse med medelvärdet på upptagningshastigheten i säckarna om ca 250 ng PFAS35/s för de första 98 dagars drift, med den totalt borttagna mängden över reningsanläggningen på ca 330 ng PFAS35/s, se tabell 2, erhålls indikativt att i vart fall ca 75% av de minskade PFAS-mängderna utgörs av faktisk rening, och att det samtidigt finns ett visst teoretiskt underlag för att kunna anta att andelen eventuellt var högre än så - dvs. om upptaget i säckarna i sektion 5 var lägre än för övriga sektioner.

För de följande 189 dagarna blev, enligt tabell 2, den minskade mängden i ytvattnet ca 160 ng/s räknat som medeltal för de 6 mättillfällena under denna tid. Det skulle motsvara en borttagen mängd PFAS på totalt ca 2,7 g. Med det enligt ovan beräknade faktiska upptaget i säckarna på ca 0,76 g PFAS för denna period, betyder det beräkningsmässigt att under denna tid enbart knappt 30% av ur ytvattnet borttaget PFAS, utgörs av PFAS som tagits upp i säckarna.

Det finns en potentiell logik i ett lägre upptag med ökad driftstid, vid ett antagande av att säckarna efterhand bl.a. blir mättade med PFAS, men det faktum att flödeshastigheten för ytvattnet under den avslutande delen av driften var betydligt lägre under i vart fall april och maj månader kan också ha påverkat möjligheten att ta upp PFAS i säckarna så att PFAS t.ex. istället - eventuellt temporärt - i större utsträckning fastlades på marken. Sammantaget betyder det också att det bedöms finnas en större osäkerhet i det framräknade värdet på andelen upptaget PFAS för den senare 2/3 av driftstiden på anläggningen, än för den första 1/3.

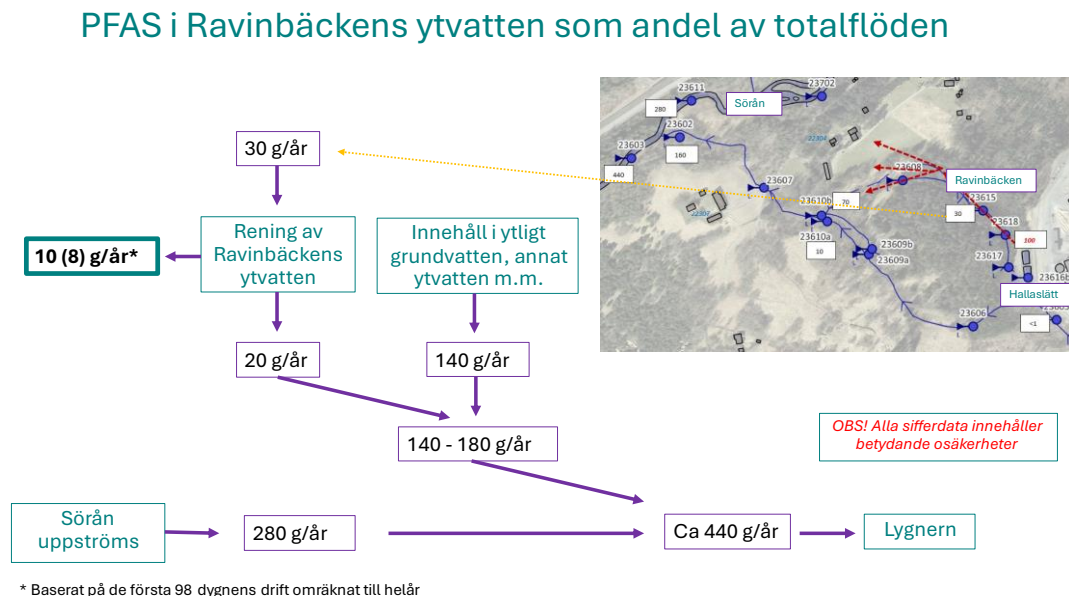
### **8. Totala PFAS-mängder**

Av tabell 1 framgår att medelhalten av PFAS i provpunkt 23615, innan reningen togs i drift, var ca 2 800 ng/liter. Med ett grovt antaget årligt medelflöde på ca 0,3 liter/s skulle det - utan rening - motsvara en årligen transporterad mängd i punkt 23615 på knappt 30 gram PFAS/år.

De 330 ng PFAS35/s som i medeltal uppmätts ha tagits bort över reningsanläggningen under de första 98 dygnens drift, skulle i sin tur - vid en drift på motsvarande sätt under ett helt kalenderår - motsvara ca 10 gram PFAS/år, och det ovan uppskattade upptaget på ca 250 ng PFAS/s i reningsanläggningens säckar för denna period skulle motsvara ca 8 gram PFAS/år.

För de påföljande 189 dygnens drift, med en uppmätt minskning på ca 160 ng PFAS/s, motsvarar ett års drift på motsvarande sätt ca 5 g PFAS/år, och det ovan uppskattade upptaget i säckarna - ca 30% av detta - ca 1,5 g PFAS/år.

De ovan beräknade mängderna PFAS kan då också jämföras med de ca 150 - 200 gram PFAS som årligen, vid ett meteorologiskt normalår, uppskattningsvis beräknas tillföras Sörån genom Ravin- och Getabrohultsbäckarna, se fig. 3 nedan:



Figur 3. PFAS-massbalans över Hallaslättområdet, med ett antagande av en PFAS-rening av Ravinbäckens motsvarande de första 98 dygnens drift av pilotanläggningen.

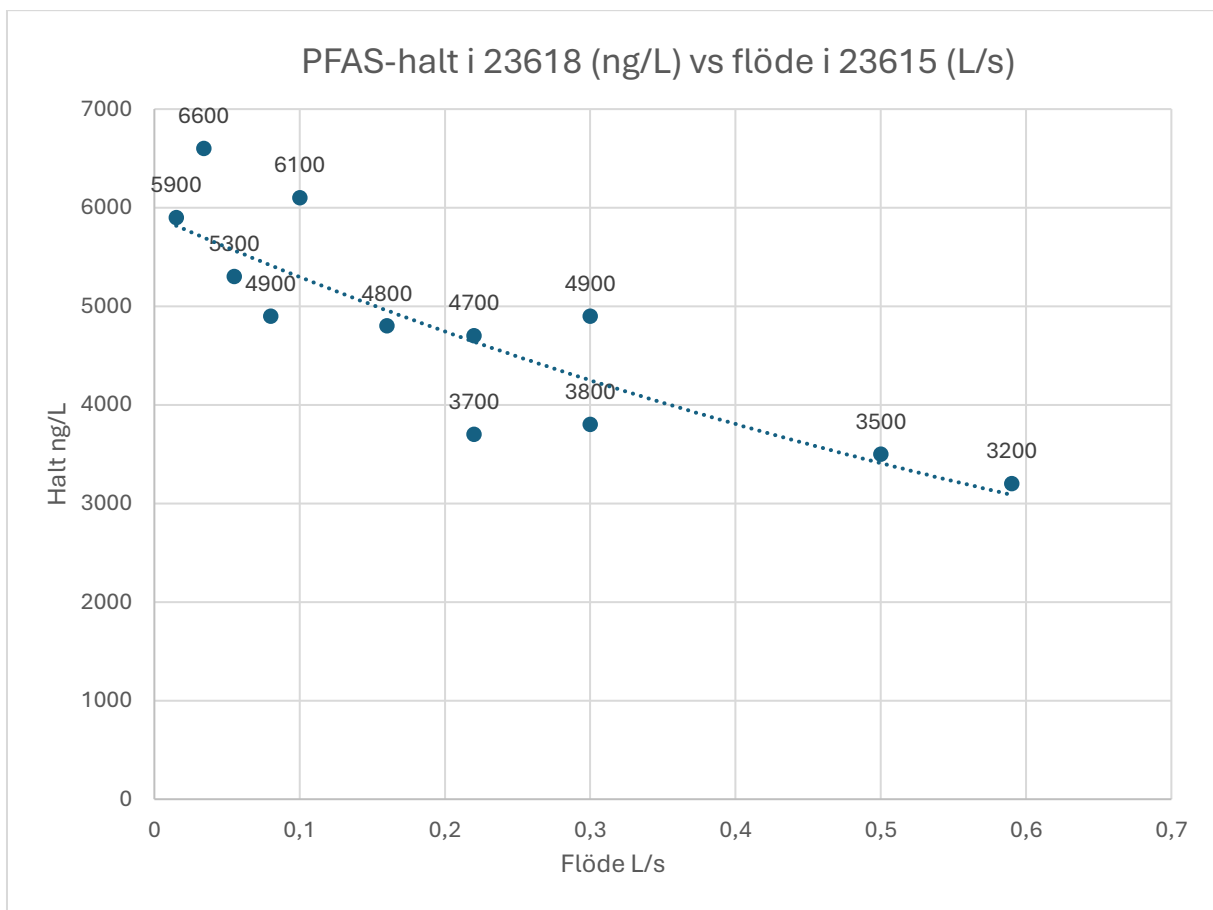
För att få en god upptagning av PFAS i använda reningsmedia betyder det ovanstående att det finns anledning att vid en framtida drift se över hur länge säckarna ska vara på plats innan utbyte sker. Indikationen är att tiden bör reduceras betydligt jämfört med de totalt närmare 300 dygn som pilotanläggningen drevs utan något utbyte av säckarnas innehåll. Valet av en mer optimal driftstid, med avseende på borttagen mängd, måste dock också bl.a. sättas i relation till kostnaden för ett sådant eventuellt mer frekvent utbyte.

## 9. Kompletterande statistik utifrån genomförda provtagningar m.m.

För att bedöma representativiteten av det genomförda pilotförsöket har, utöver uppgifterna ovan om reningsresultat och upptag av PFAS m.m., även ett flertal andra kringparametrar utvärderats och bedömts enligt nedan.

### 9.1 PFAS-halt i ingående flöde till reningsanläggningen

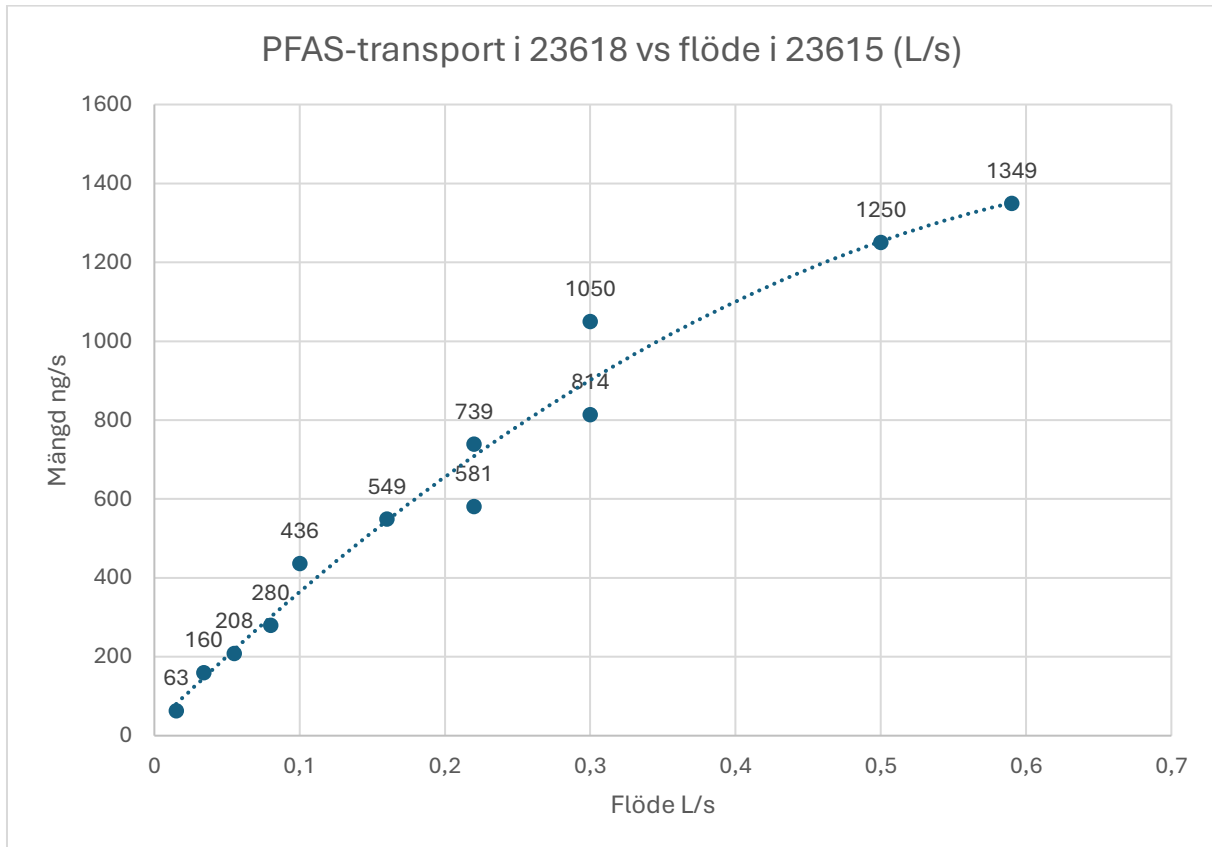
Av nedanstående graf framgår att det finns ett tydligt samband mellan förekomsten av PFAS i ytvattenflödet innan reningen i Ravinbäcken, och omfattningen på ytvattenflödet. Relationen är, för vad som kan betecknas som normala flöden, närmast linjär men med en tendens mot mer än linjärt ökande halter vid låga flöden. Det ovanstående stämmer väl överens med principerna för hur förhållandena rent teoretiskt skulle kunna förväntas vara.



Figur 4. PFAS-halt uppströms reningsanläggningen (23618) i förhållande till ytvattenflödet (angivet för punkt 23615).

## 9.2 PFAS-innehåll i ytvattnet innan rening

Av grafen i figur 5 nedan framgår att mängden PFAS som transporteras med ytvattenflödet är närmast linjärt föränderlig vid låga flöden, men att mängden vid ökade flöden ökar mindre än linjärt. Även denna kurva är därför, på motsvarande sätt som den i figur 4, mycket logisk i förhållande till bakomliggande teori.



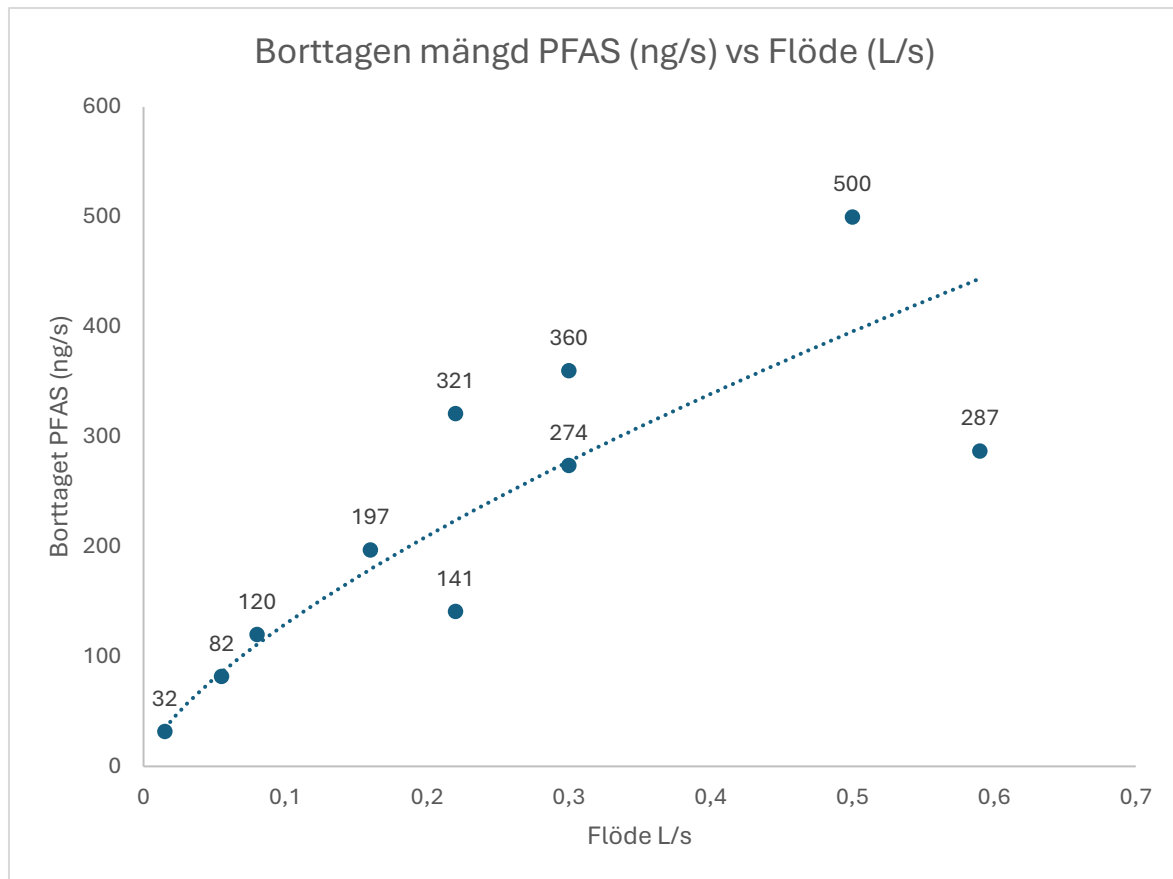
Figur 5. PFAS-transport uppströms reningsanläggningen i mängd per tidsenhet i förhållande till ytvattenflödet (angivet för punkt 23615).

## 9.3 Borttagen mängd PFAS i förhållande till ytvattenflödets storlek

Av nedanstående graf, figur 6, följer att det för reningsanläggningen vid låga flöden finns en nästan linjär korrelation mellan flöde och borttagen mängd, medan det för ökade flöden finns en indikation på större variation. Det senare förhållandet kan dock samtidigt också ha en koppling till den samlade driftstiden för anläggningen.

Bland annat kan det konstateras att de båda respektive mätdata i spannet med ett flöde på 0,5 - 0,6 L/s (500 resp. 287 ng PFAS35/s) härrör från mycket olika tidpunkter under anläggningens drift, där den högre borttagna mängden härrör från ett mycket tidigare skede i driften än det lägre värdet. Detta förhållande minskar tydligt användbarheten av figur 6 för t.ex. olika beräkningar och andra bedömningar kopplat till pilotanläggningens drift.





Figur 6. Borttagen mängd PFAS över reningsanläggningen i förhållande till ytvattenflödet (angivet för punkt 23615. Mätdata från den första mätningen direkt efter idriftsättandet av anläggningen är inte införd i grafen, då helt andra reningsförhållanden förelåg (borttagen mängd PFAS 387 ng/s vid ett flöde om 0,1 L/s).

#### 9.4 Kvarvarande mängd PFAS i ytvattnet efter rening, i förhållande till ytvattenflödets storlek

Av nedanstående graf, figur 7, framgår att det finns en tydlig relation mellan den mängd (orenad) PFAS som följer med efter reningsanläggningen och det föreliggande ytvattenflödet, och det även oberoende av förlupen driftstid. Dock var ytvattenflödet i slutet av pilotprojektet mycket lågt vid samtliga tillfällen för provtagning, varigenom det eventuellt är så att anläggningen inte blev fullt ut testad i slutet av driften, d.v.s. att mängden kvarstående PFAS efter reningsanläggningen då potentiellt hade kunnat vara tydligt högre än nedanstående graf anger om ett högt flöde hade förelagat.

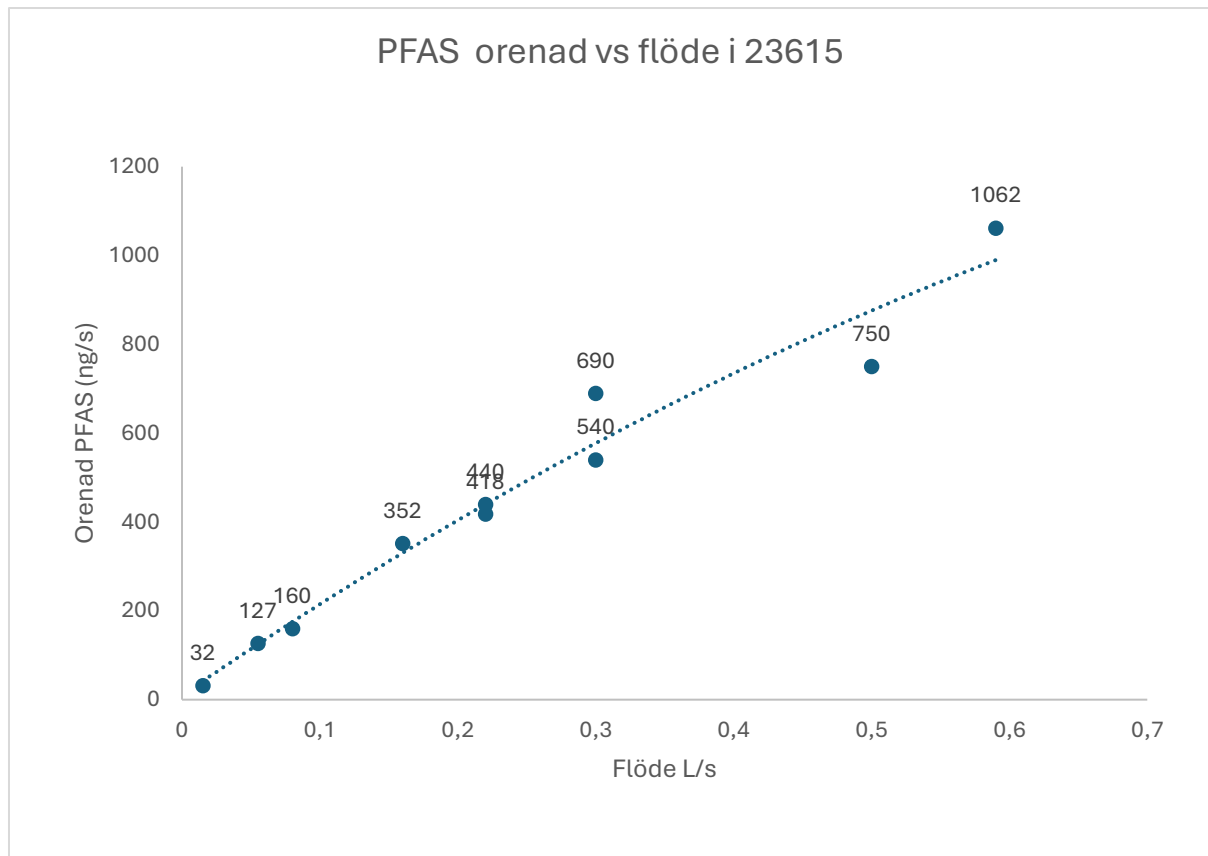
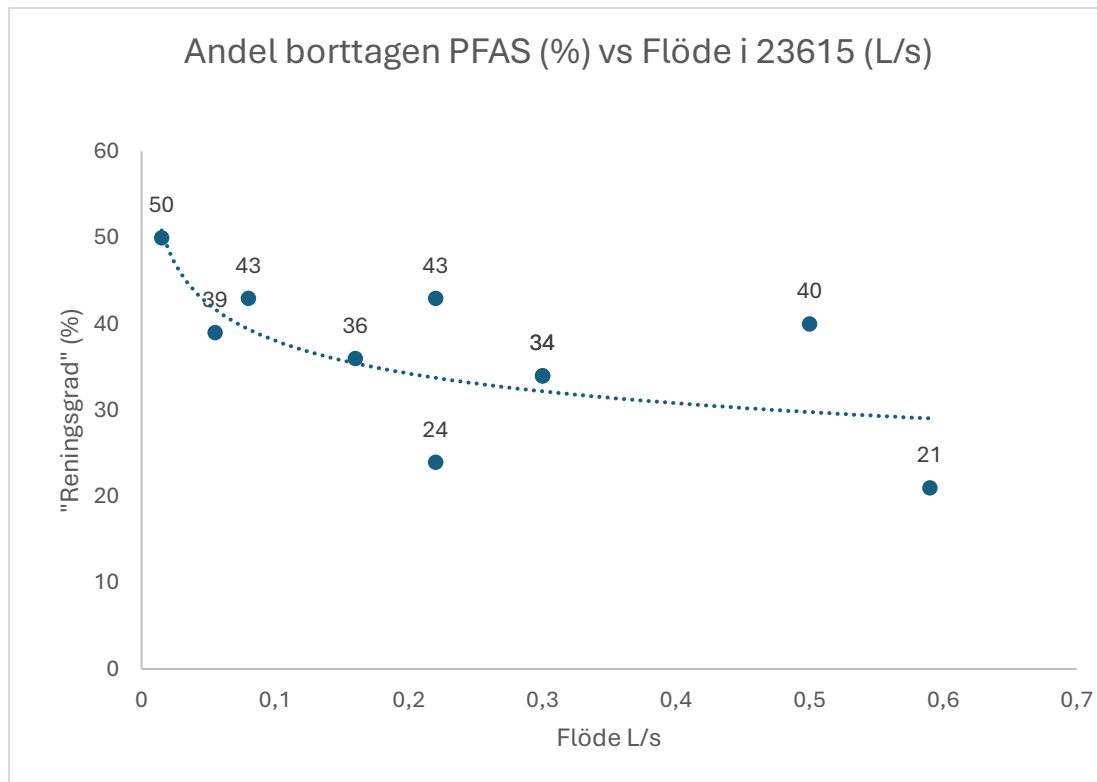


Fig. 7. Kvarvarande mängd PFAS i ytvattnet efter rening i förhållande till ytvattenflödet (angivet för punkt 23615). Mätdata från den första mätningen direkt efter idriftsättandet av anläggningen är inte infört i grafen, då helt andra reningsförhållanden förelåg (kvarvarande orenad PFAS 49 ng/s vid ett flöde om 0,1 L/s).

### 9.5 Andelen borttagen PFAS i förhållande till ytvattenflödets storlek

Av grafen nedan, figur 8, framgår att det saknas en tydlig koppling mellan "reningsgrad", dvs. minskningen av mängden PFAS i ytvattenflödet, med ytvattenflödets storlek, även om eventuellt en tendens finns till högre "reningsgrad" vid lägre flöden. Det ska dock poängteras att det som här anges som "reningsgrad" inte enbart anger andelen borttagen (sanerad) PFAS, utan sannolikt även inkluderar en varierande utspädning och eventuellt även fastläggning, se resonemanget ovan.



Figur 8. Borttagen mängd PFAS över reningsanläggningen i förhållande till ytvattenflödet (angivet för punkt 23615). Mätdata från den första mätningen direkt efter idriftsättandet av anläggningen är inte infört i grafen, då helt andra reningsförhållanden förelåg ("reningsgrad" 89% vid ett flöde om 0,1 L/s).

### 9.6 Andelen borttagen PFAS som funktion av driftstiden för reningsanläggningen

Av grafen nedan, figur 9, framgår att den borttagna andelen PFAS över reningsanläggningen var mycket hög just precis efter att den tagits i drift - och då också nästan uteslutande som förmodad rening - men att andelen borttagen PFAS därefter legat på en i det närmaste identisk nivå hela tiden ända fram till avvecklingen av reningsanläggningen.

Vid en jämförelse med grafen ovan, figur 8, framgår också att det kan förmodas finnas en bättre relation mellan andelen borttagen PFAS och ytvattenflödets storlek, än mellan andelen borttagen PFAS och driftstid, och det i vart fall så fort som driftstiden blir längre än några dagar till en vecka.

Det faktum att ytvattenflödena var onormalt låga under de sista månaderna av driften, medför samtidigt att det finns en risk för att anläggningen inte "testades tillräckligt" under slutdelen av driften. Nedanstående data för t.ex. de tre sista provtagningarna kan därför eventuellt ha varit icke representativa för anläggningens "verkliga funktion" vid mer normala ytvattenflöden, dvs. att andelen borttagen PFAS potentiellt kan förmodas skulle ha blivit betydligt lägre vid högre flöden än vid de nu föreliggande mycket låga flödena.

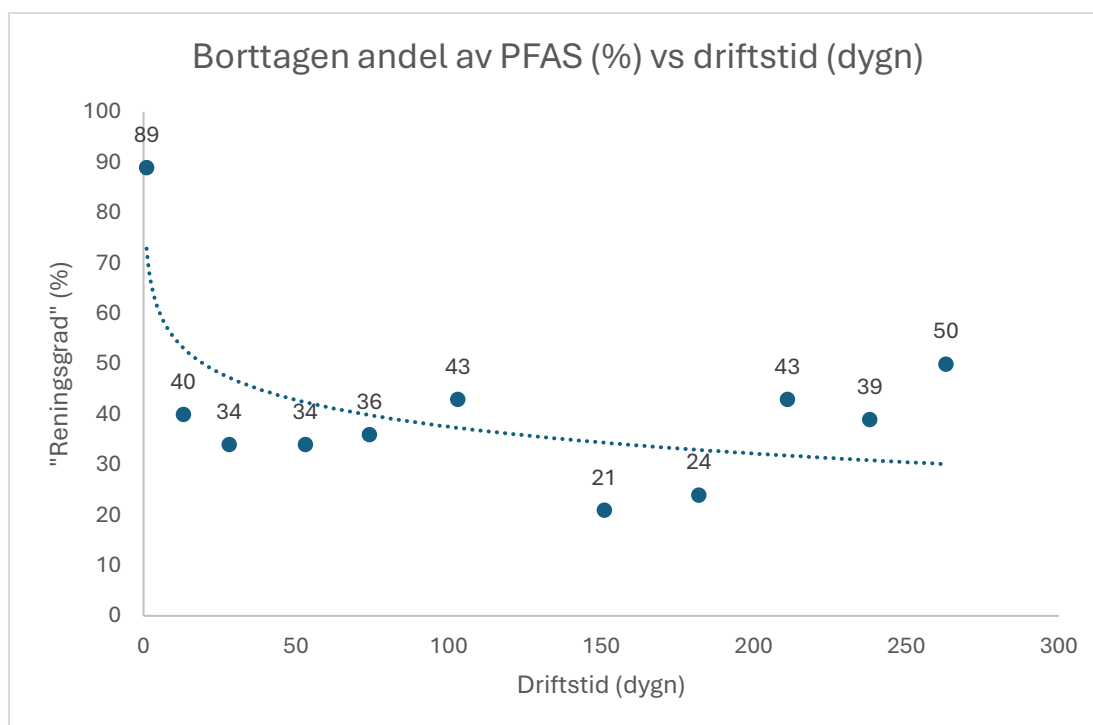


Fig. 9. Borttagen andel PFAS över reningsanläggningen i förhållande till drifttiden för anläggningen (utan byte av reningsmedia)

## 10. Slutsatser

Betydande osäkerheter föreligger ifråga om representativiteten av erhållna resultat avseende pilotanläggningens drift. Detta främst till följd av att ytvattenflödena var mycket låga under ca den sista tredjedelen av driften, samt att det uppmättes en mycket olika fördelning av PFAS i de avyttrade säckarna med reningsmedia efter att anläggningen togs ur drift.

Samtidigt finns andra data över anläggningens funktion, se främst avsnitt 9 ovan, som visar på att en stor andel av de data som uppmätts trots allt är mycket konsistenta. Med anledning härav bedöms, trots osäkerheterna ovan, ändå följande slutsatser kunna dras:

- Pilotförsöket visar att viss rening erhålls genom den metod som testats. Vid en drift motsvarande förhållandena under ca den första tredjedelen av driften, och omräkat till ett helt år, skulle i storleksordningen 8 gram PFAS ha tagits upp i reningsanläggningen. Den faktiska reningen med avseende på PFAS genom pilotförsöket var ca 3 gram (för ca 9,5 månader).
- Uptaget av PFAS i de säckar som använts för rening minskar på ett inte obetydligt sätt med säckarnas driftstid, och det särskilt i förhållande till de inledande driftsdygnen.
- För att reningsmetoden på ett bästa sätt ska kunna användas i praktiken, d.v.s. utöver som rent pilotförsök, behöver dess effektivitet bedömas såväl utifrån miljöprestanda i sig som

kostnaden för bl.a. ett återkommande utbyte av reningsmedia. Detta är nödvändigt för att kunna driva den med en optimal utbytesfrekvens för reningsmassorna.

- Eftersom mätdata indikerar att reningsanläggningen för de första 100 driftsdygnen i snitt tagit upp ca 75% av allt över reningsanläggningen borttaget PFAS, indikerar det även att en driftstid med en övre gräns på ca 100 dagar innan utbyte av säckarna eventuellt skulle kunna vara en rimlig utbytesfrekvens.

För en mer säker slutsats i detta avseende behöver dock ytterligare undersökningar genomföras. Detta eftersom en lämplig utbytestid även kan antas vara beroende av den mängd och typ av reningsmassa som nyttjas och på vilket sätt. Dessa parametrar har dock inte varit möjliga att fullt ut bedöma i nu aktuellt pilotprojekt, annat än att säckarnas genomsläpplighet och upptag av PFAS tydligt minskade med ökad driftstid.

## **11. Rekommendationer**

Det genomförda pilotförsöket bör nyttjas som ett exempel på ett möjligt tillvägagångssätt för att reducera spridningen av PFAS från Hallaslättanläggningen, och därför ingå som del i en kommande åtgärdsutredning.

För det fall att det är ett överordnat önskemål att omgående minska spridningen av PFAS, bör den aktuella typen av anläggning ses som möjlig att installera och ta i drift med tämligen kort varsel. Därtill i komplicerad terräng, och utan risk för större inverkan på naturmiljön. Den aktuella reningsmetoden bör därför beaktas som fullt tillämplig i sådana sammanhang, även om dess potential för rening med avseende på PFAS är begränsad, men alls inte försumbar.

För det fall att den aktuella reningsmetoden skulle beslutas tillämpas på platsen på annat sätt än i nu aktuellt pilotförsök, t.ex. ifråga om utbytesfrekvens av reningsmedia, bör i vart fall en kompletterande uppföljning med kontroll på motsvarande sätt som i nu aktuellt fall göras, och det särskilt i syfte att just bättre kunna bedöma en lämplig utbytesfrekvens för använt reningsmedia. En sådan uppföljning bör förslagsvis utföras under en period på maximalt ca 100 dagar och - i jämförelse med nu utfört pilotförsök - om möjligt med:

- mer frekvent provtagning under de första veckorna
- mer noggrann uppföljning av flödesmängder
- fler analyser på de säckar med reningsmedia som använts
- drift även under den kalla årstiden

Datum: 2025-09-11

**Text utarbetad av Lennart Frisch, Agenda Enviro**

**Granskning utförd av Viktoria Lundborg och Erik Sterud, Jordnära Miljökonsult**

## Bilagor

*Bilaga 1: Foton efter borttagning på platsen där rening varit installerad, 2025-06-12.*

*Bilaga 2a-b: Transportdokument m.m. för borttransporterade massor från den 2024-12-05 borttagna sektion 5*

*Bilaga 3a-b: Transportdokument m.m. för borttransporterade massor från alla kvarvarande säckar efter avslutande av rening 2025-06-12*

*Bilaga 4: Analysresultat provtagning Ravinbäcken*

*Bilaga 5: Analysresultat PFAS i aktivtkol-säckar i den 2024-12-05 borttagna sektion 5*

*Bilaga 6a-b: Analysresultat PFAS i alla kvarvarande säckar efter avslutande av rening 2025-06-12*