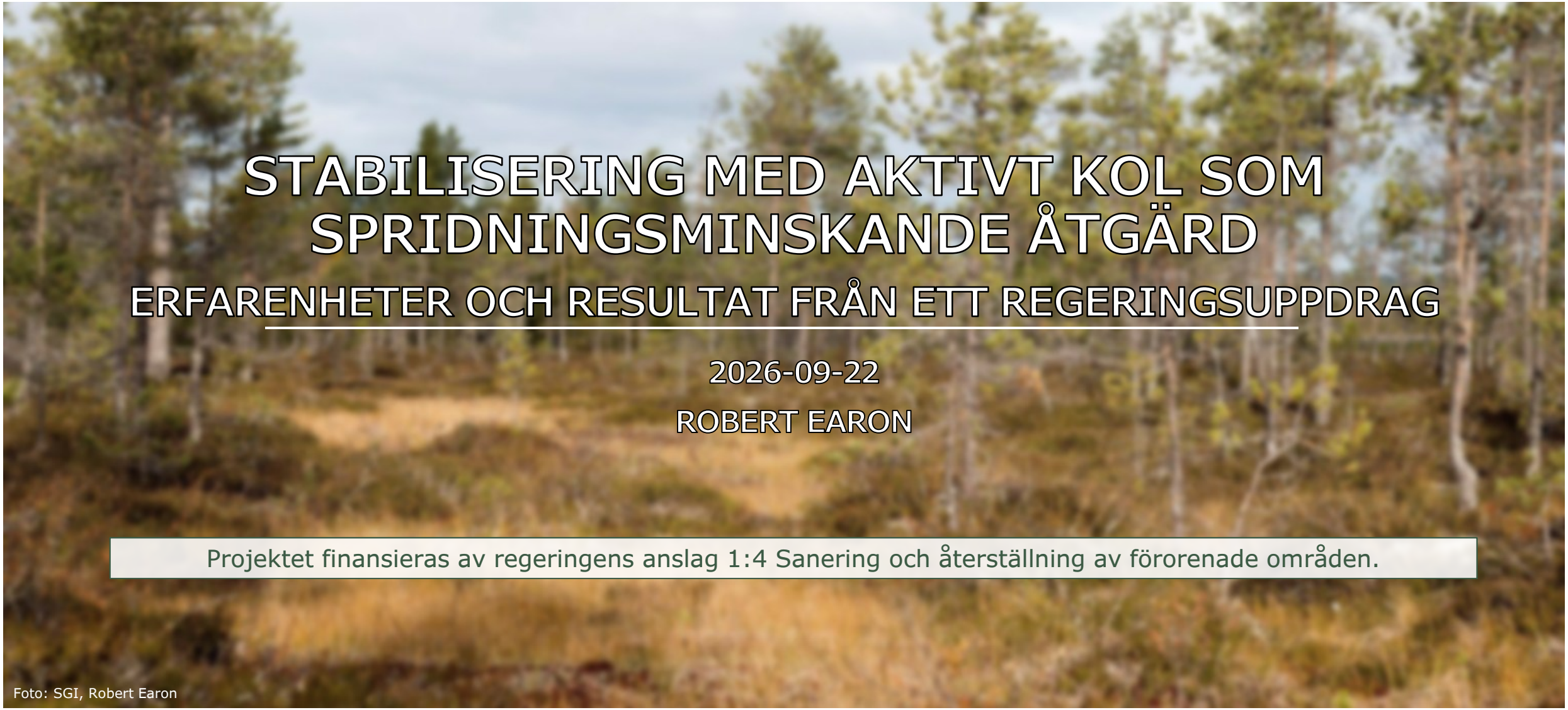
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT



STABILISERING MED AKTIVT KOL SOM SPRIDNINGSMINSKANDE ÅTGÄRD

ERFARENHETER OCH RESULTAT FRÅN ETT REGERINGSUPPDRAG

2026-09-22

ROBERT EARON

Projektet finansieras av regeringens anslag 1:4 Sanering och återställning av förorenade områden.

Foto: SGI, Robert Earon

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

INTRODUKTION

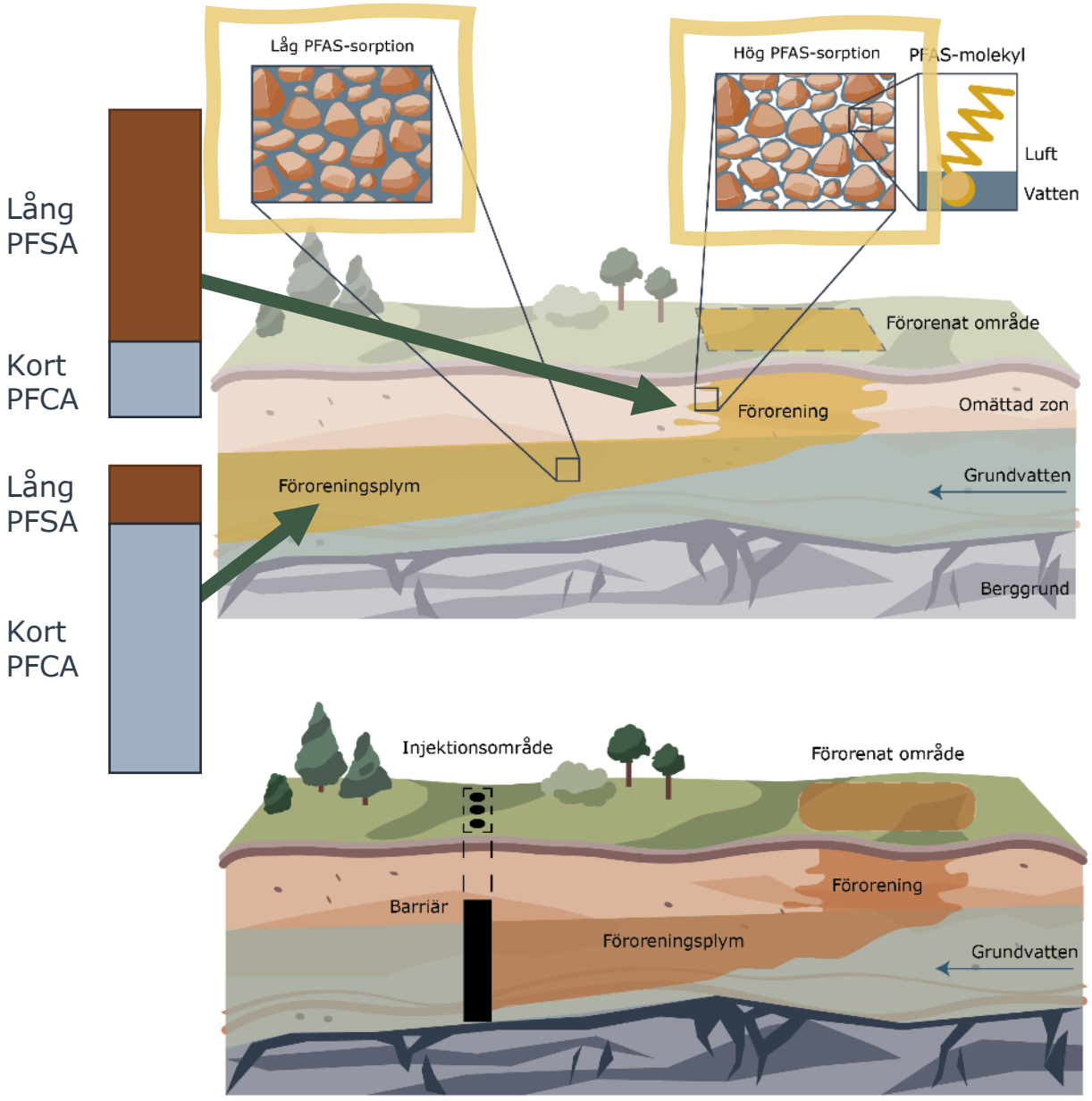
Många PFAS är mycket mobila i grundvatten, men avsevärt mindre mobila ovanför grundvattenytan.

Luft–vattengränssnittet är avgörande för transport och hur länge påverkan kvarstår.

Skillnader i fördelningen av PFAS mellan jord och grundvatten vanligt förekommande, då olika PFAS transporteras med olika hastighet.

SGI har ett pågående regeringsuppdrag att utveckla och testa åtgärdsmetoder för att öka takten i saneringen av PFAS-förorenade områden.

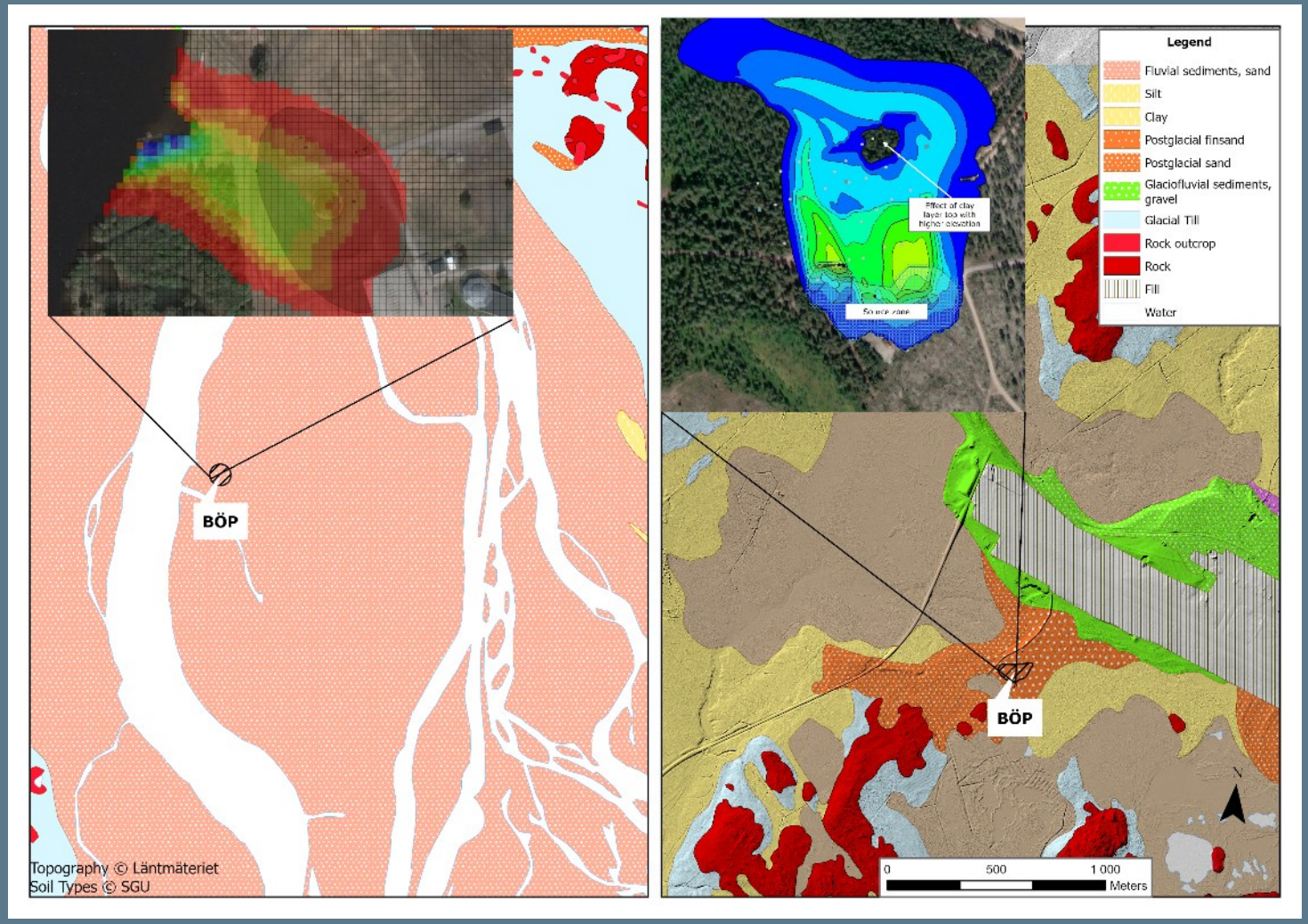
Inom uppdraget testas bland annat stabilisering med aktivt kol.



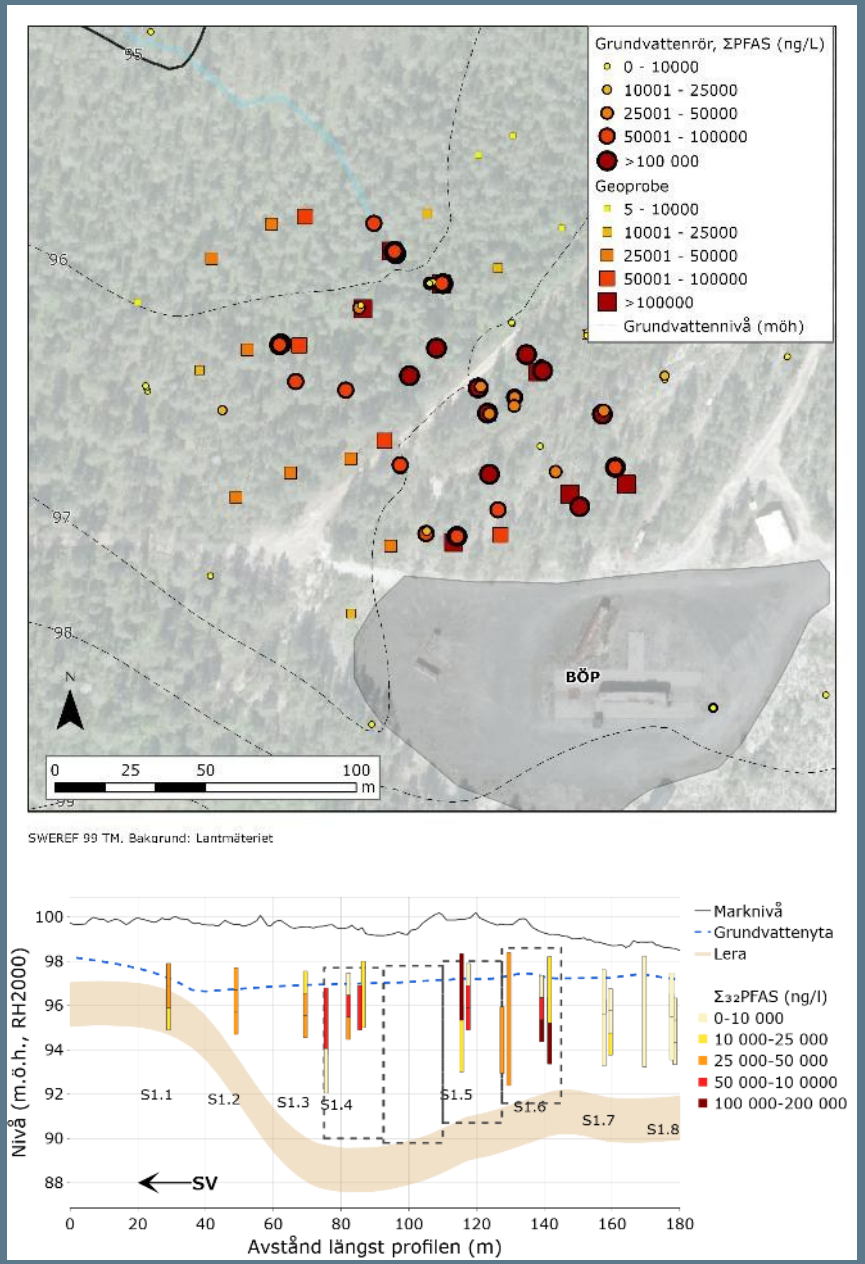
Illustrationer: Thereze Ladekrans, SGI

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

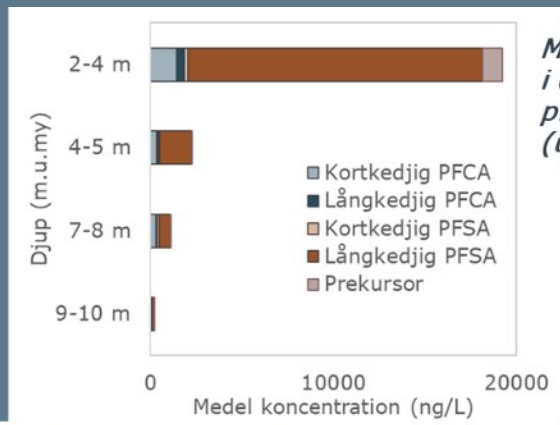
FÖRSÖKSSITEN



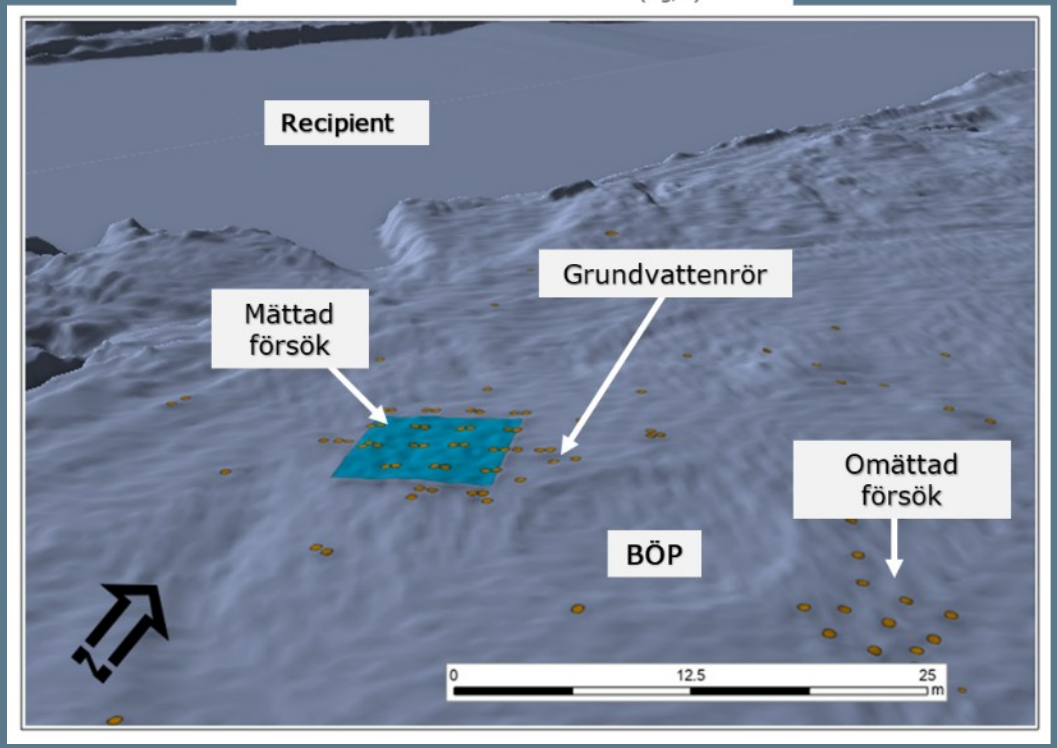
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT



Örnsköldsvik



Medel koncentration i dynamiska GV provtagning (utan 6:2 FTAB)



Sundsvall-Timrå

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SUNDSVALL





Brandövningsplatsen



Sörån



Plattan från nordväst



Vy mot ån

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

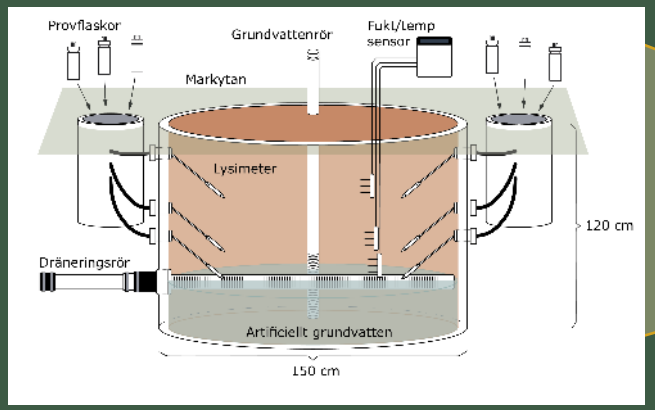
AKTIVT KOL SOM SPRIDNINGSMINSKANDE ÅTGÄRD



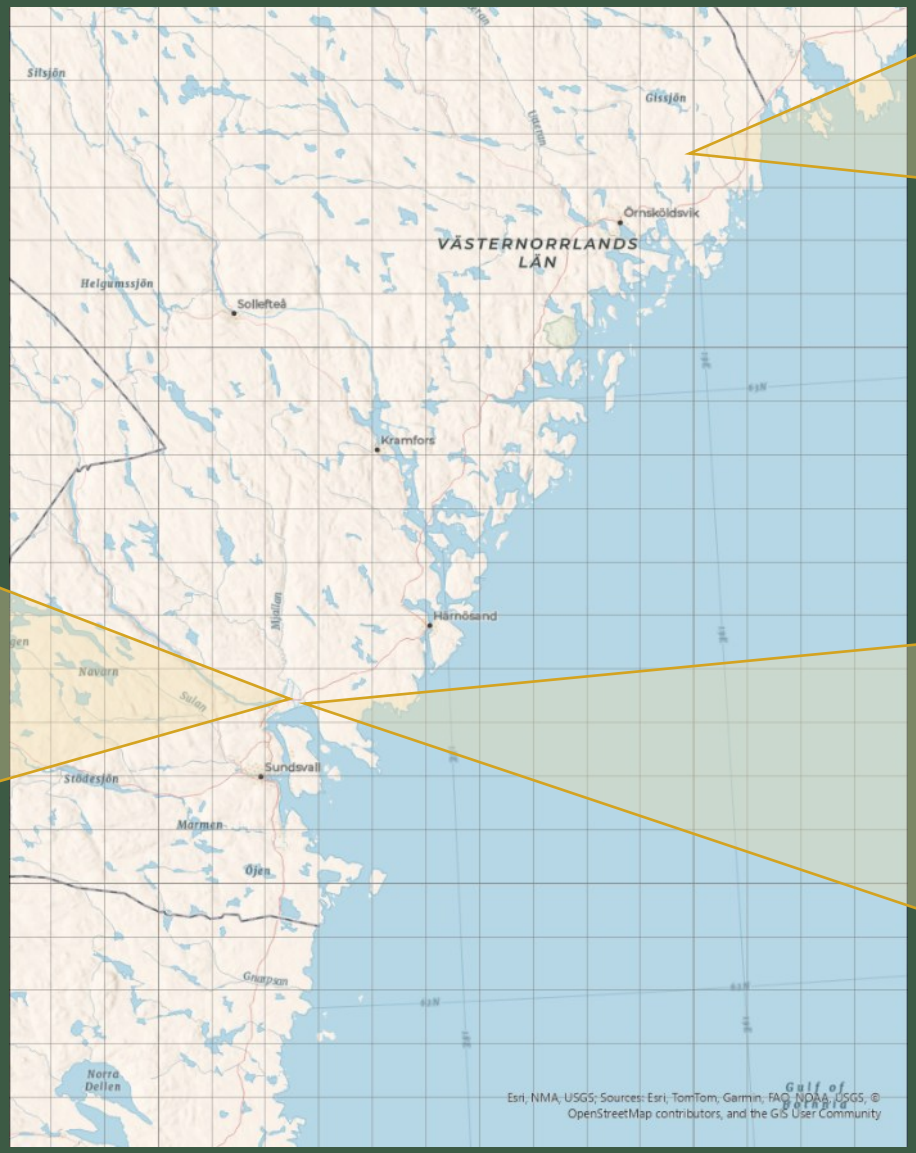
Foto: SGI, Robert Earon

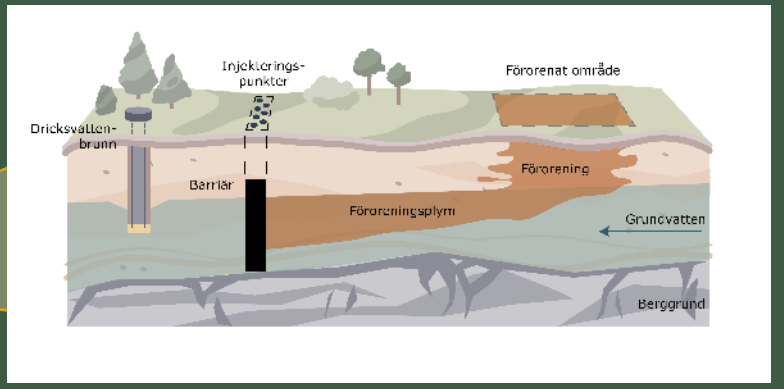
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

TRE OLIKA PILOTFÖRSÖK MED AKTIVT KOL

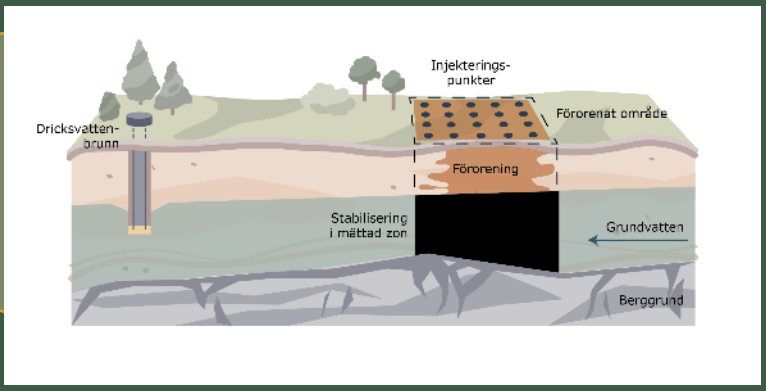


Stabilisering i omättad zon med PAC
6 behållare med PAC och 3 kontroll
2 viktprocent av 2 olika PAC-produkter (Organosorb och Rembind)





Stabilisering med CAC-barriär
70 m lång och 5-6 m hög
Tre rader med 47 punkter
77 ton PlumeStop (15 ton CAC)



Stabilisering med CAC i källzon
225 m^2, 2 – 7 m under markytan
24 ton SourceStop

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

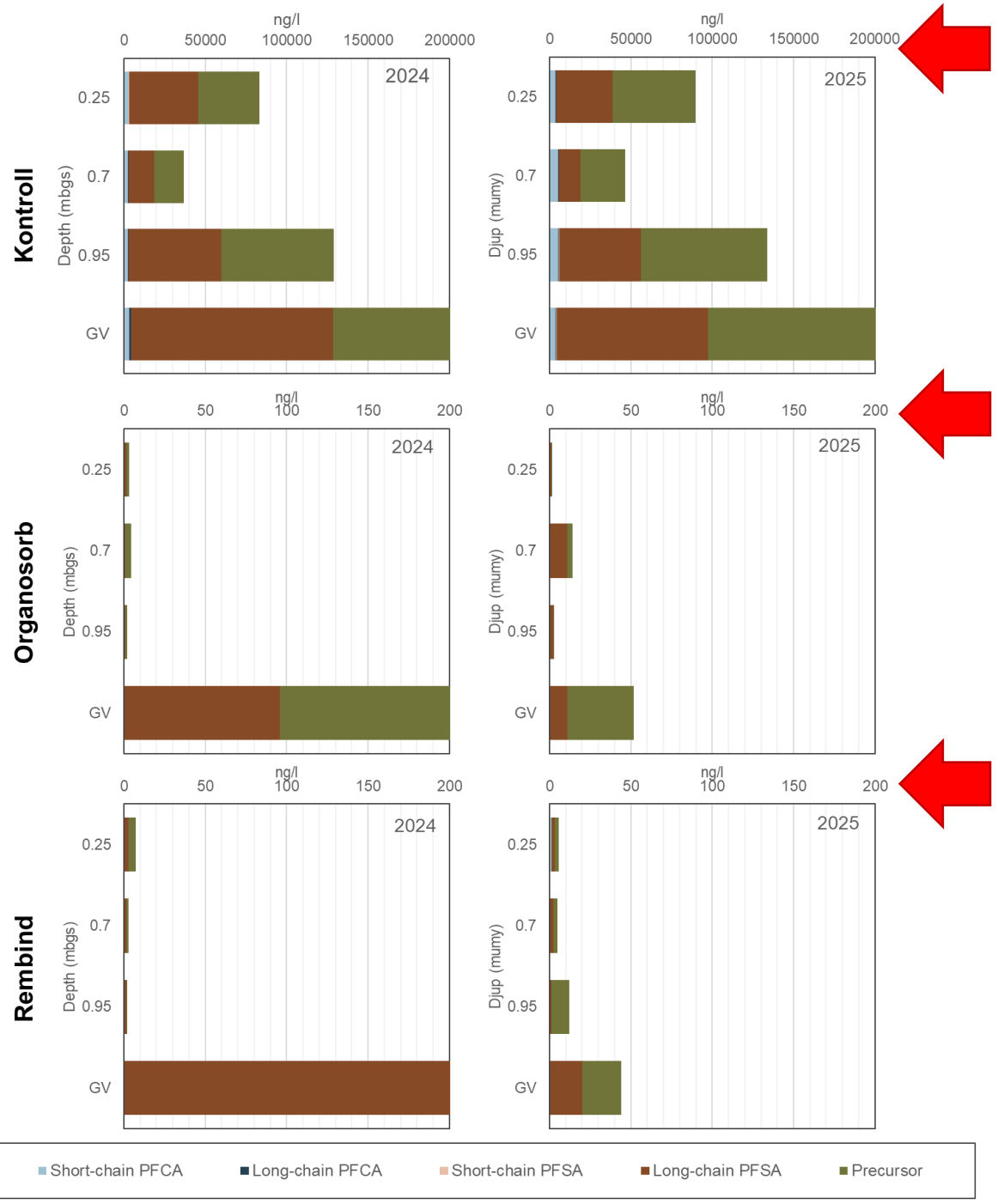
PILOTFÖRSÖK I OMÄTTAD ZON

PFAS-halterna var betydligt lägre i den omättade zonen än i den mättade zonen.

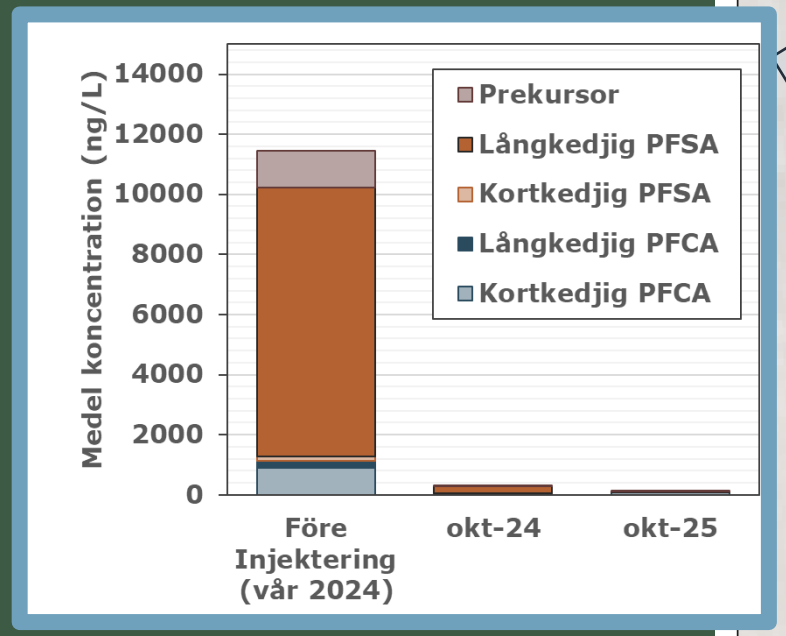
I den PAC-behandlade omättade zonen låg halterna under 20 ng/L på samtliga djup.

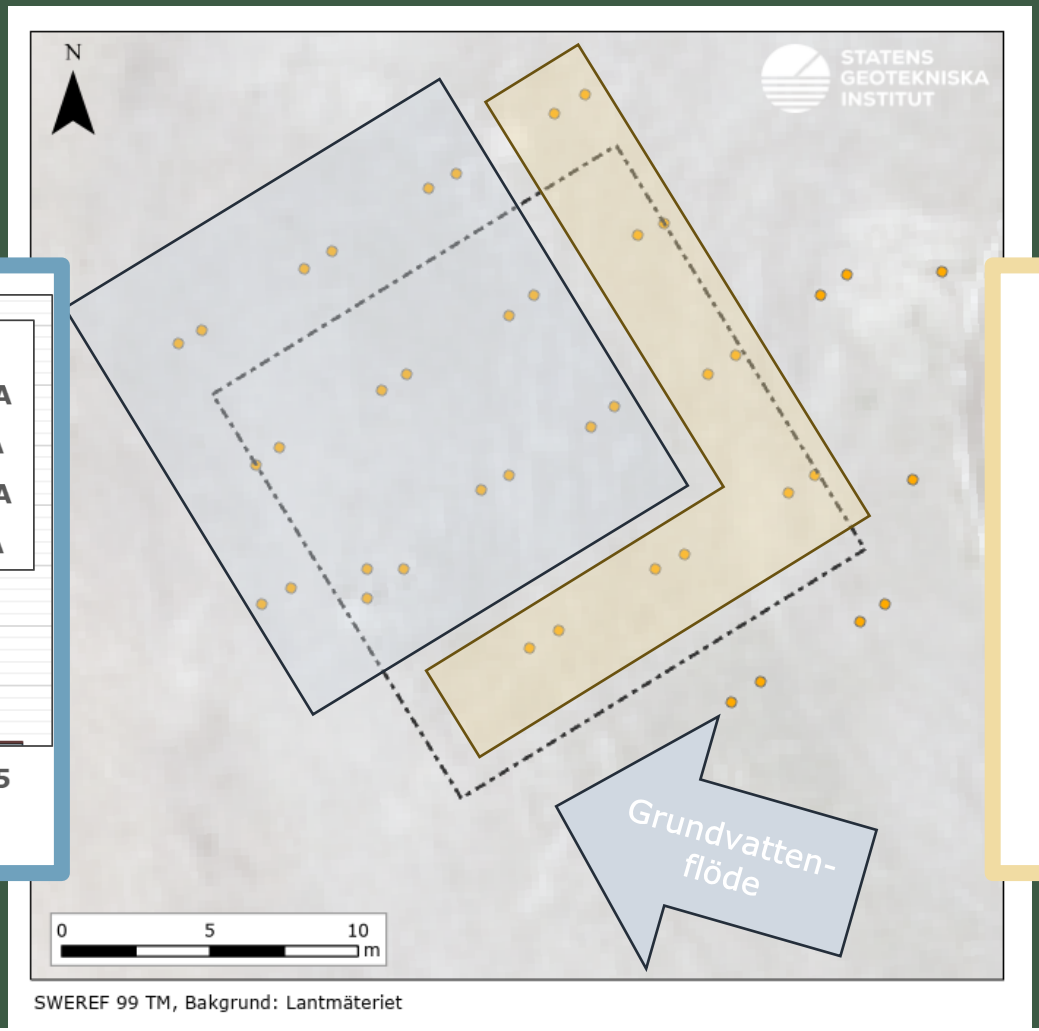
Under mättade förhållanden var PAC något mindre effektivt (320–380 ng/L), men stabiliseringsgraden var fortfarande över 99,9 %.

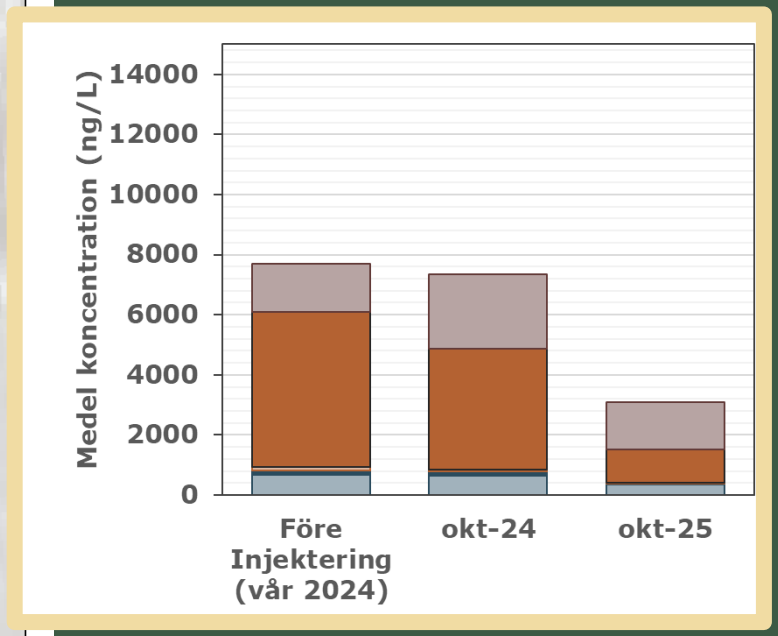
Till höger visas medelvärden för analyser utförda under 2024 och 2025.



STABILISERING I KÄLLZONEN MED CAC







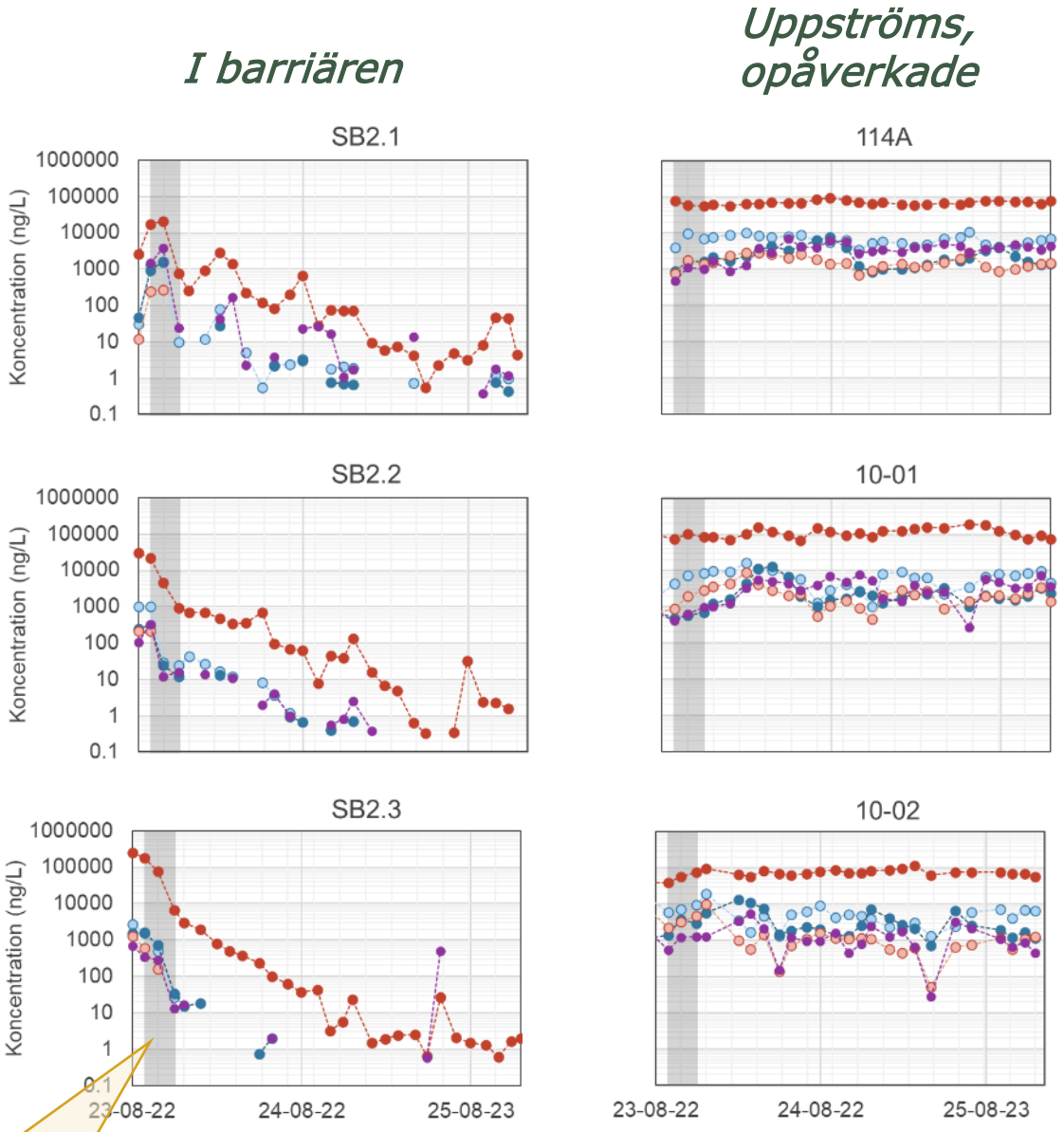
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

STABILISERING MED CAC-BARRIÄR

Koncentrationer av Σ_{32}PFAS på eller under 1 ng/l vid minst ett mättillfälle under mätperioden.

Ingen förändring utöver säsongsvariationer observerade i inkommande halter Σ_{32}PFAS.

Effekt i barriären tydligt redan vid första mätningen efter injektion, men effekten ökar med tiden.



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

BARRIÄRENS EFFEKT PÅ ULTRAKORTA PFAS

Ultrakorta PFCA

Summed TFA and PFPrA concentrations (ng/l)											
		2023	2024	2024	2024	2024	2025	2025	2025	2025	2025
Point	Description	okt	aug	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	aug
10-01	40 m upgradient	790	500	570	353	910	870	660	660	443	1090
10-02	27 m upgradient		630	550	620	424	338	381	423	235	
116A	14 m upgradient	172	288	380	460	370	332	387	332	326	550
116B	15 m upgradient	366	332	391	640	501	531	630	700	700	367
114A	15 m upgradient		530	470	590	600	560	610	660	610	491
114B	15 m upgradient		190	374	245	190	210	210	220	190	175
SB2.1	In-barrier*		78	N.D.	57	50	120	N.D.	N.D.	N.D.	63
SB2.1-1	In-barrier*			72	110	86	99	120	200	180	220
SB2.2	In-barrier		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	**N.D.**	55	N.D.
SB2.2-1	In-barrier		N.D.	89	150	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
SB2.3	In-barrier*		110	84	130	120	130	120	100	86	144
SB2.3-1	In-barrier*		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
102A	50 m down gradient	282	51	114	84	N.D.	100	57	150	100	79
102B	50 m down gradient	110	91	71	140	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	72
103A	45 m down gradient	176	63	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.	N.D.	N.D.
103B	45 m down gradient	201	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

Ultrakorta PFSA

Summed TFMS, PFEtS, PFPrS concentrations (ng/l)											
	Year	2023	2024	2024	2024	2024	2025	2025	2025	2025	2025
Point	Month	okt	aug	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	aug
10-01	40 m upgradient	201	64	36	17	171	107	91	101	44	188
10-02	27 m upgradient		76	28	31	27	25	17	17	N.D.	
116A	14 m upgradient	6	21	36	38	26	23	24	28	23	60
116B	15 m upgradient	23	17	36	64	38	42	59	74	110	13
114A	15 m upgradient		47	26	51	39	52	36	43	72	34
114B	15 m upgradient		3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
SB2.1	In-barrier*		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
SB2.1-1	In-barrier*			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
SB2.2	In-barrier		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
SB2.2-1	In-barrier		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.	N.D.
SB2.3	In-barrier*		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
SB2.3-1	In-barrier*		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
102A	50 m down gradient	36	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
102B	50 m down gradient	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
103A	45 m down gradient	10	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.	N.D.	N.D.
103B	45 m down gradient	6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

https://doi.org/10.1002/rem.70079

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

HETEROGENITET I FÖRDELNINGEN AV KOL OCH PFAS-KONCENTRATIONER



Foto: SGI, Robert Earon

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

INJEKTERING AV CAC





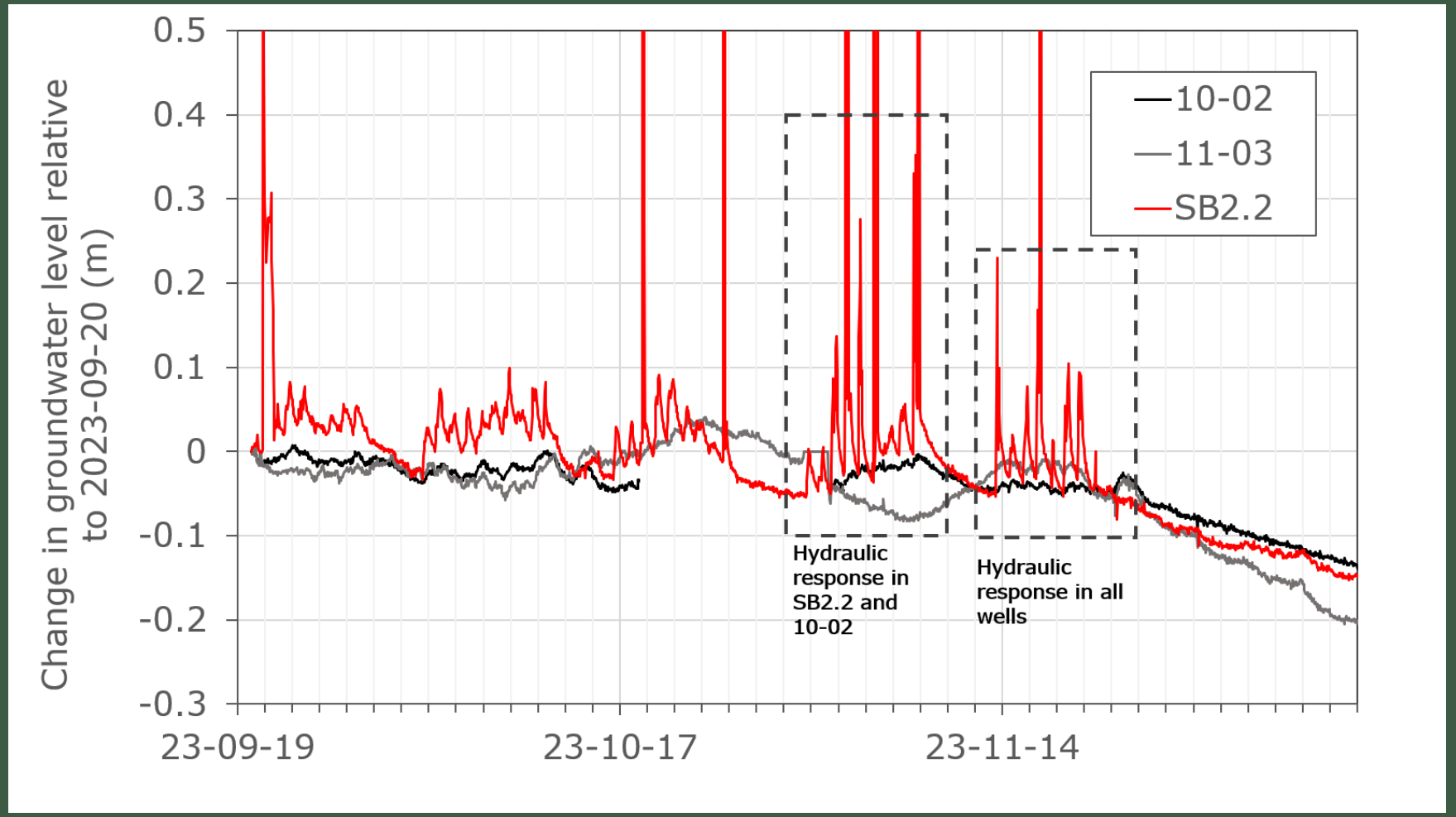






STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

PÅVERKAR INJEKTERINGEN GRUNDVATTENMAGASINET OCH PLYMEN?

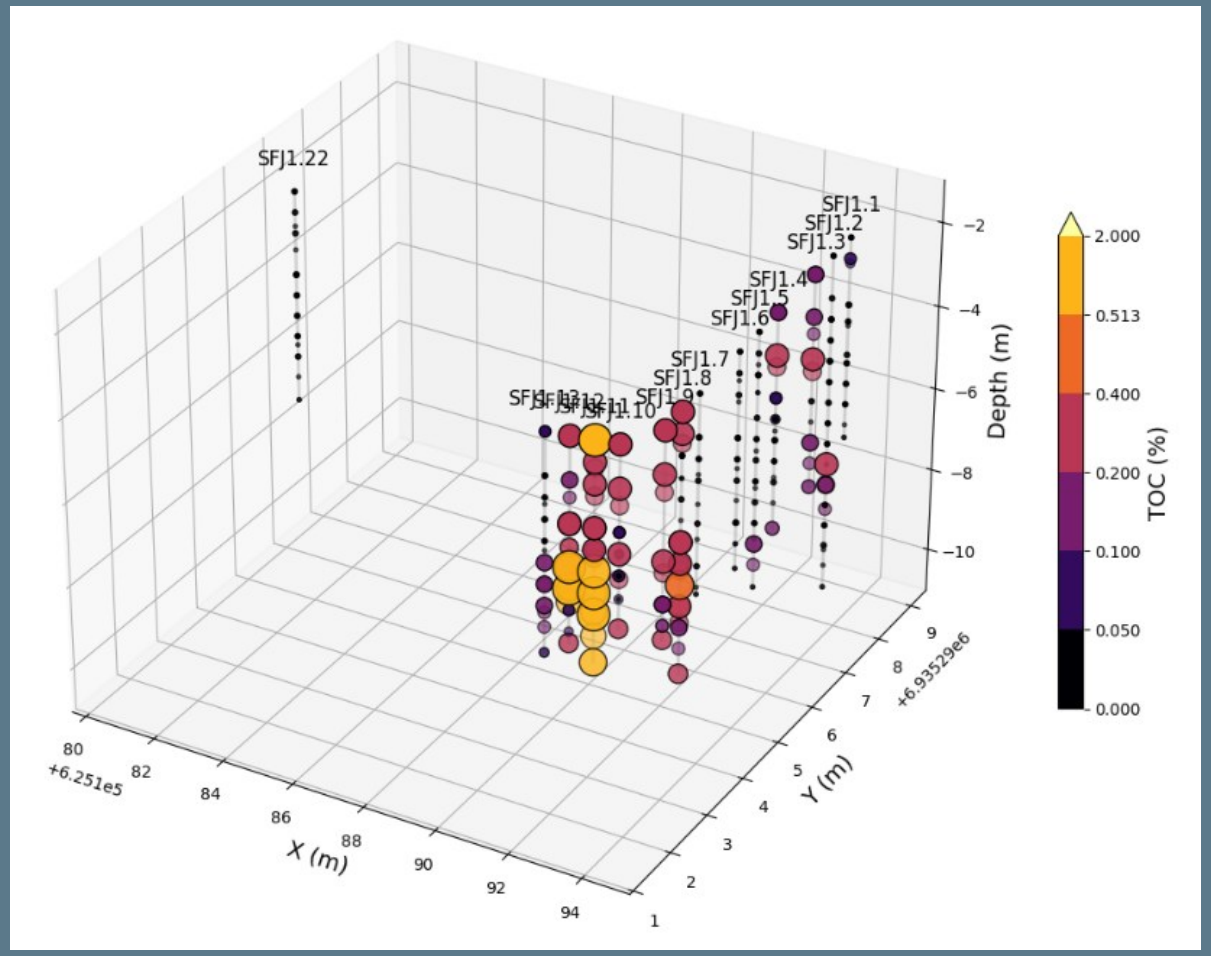


https://doi.org/10.1002/rem.70079

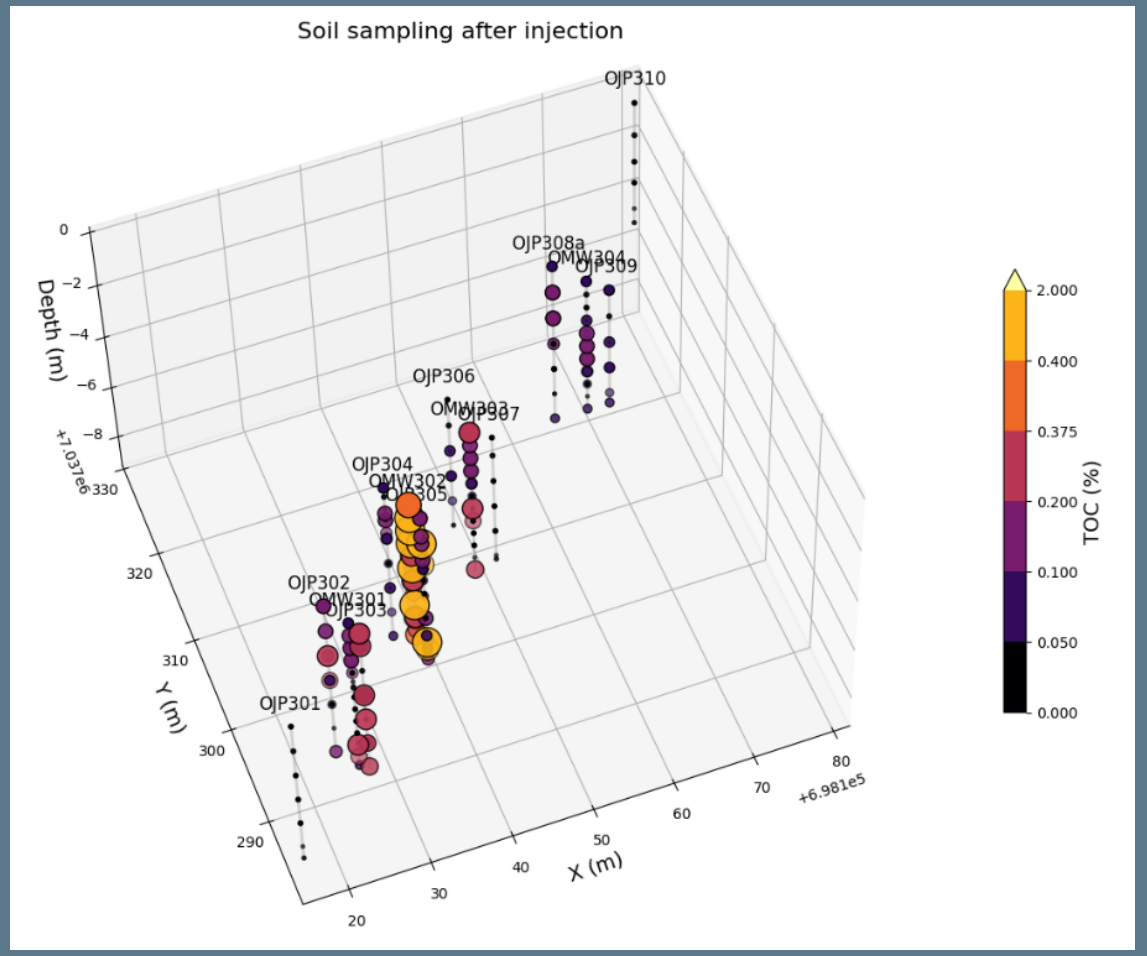
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

KOLFÖRDELNING EFTER INJEKTERING

Jordprovtagning TOC: Sundsvall



Jordprovtagning TOC: Örnsköldsvik



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

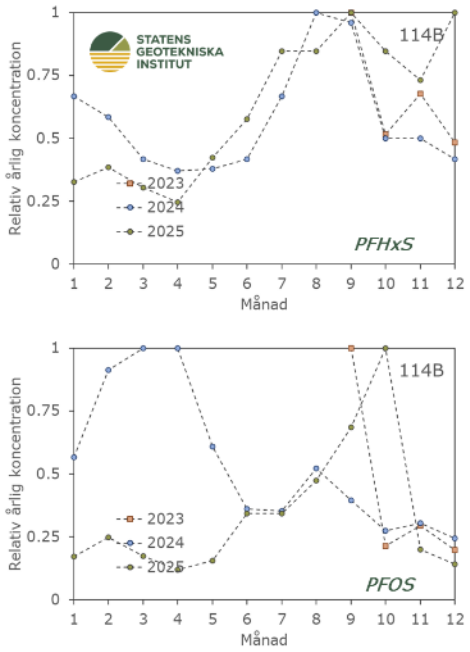
JORDKÄRNOR FRÅN ÖRNSKÖLDSVIK



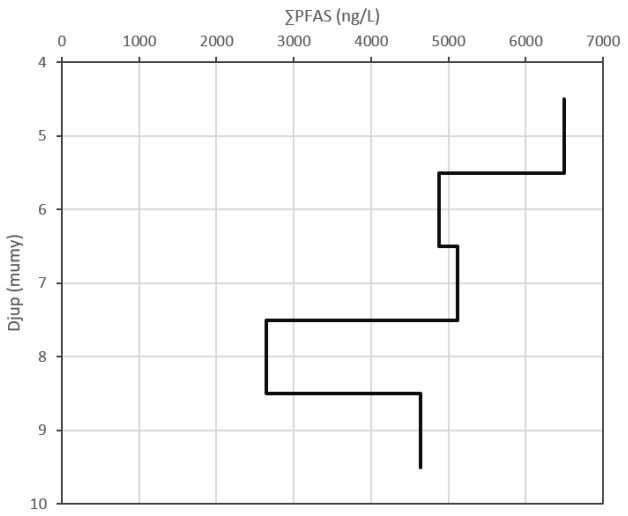




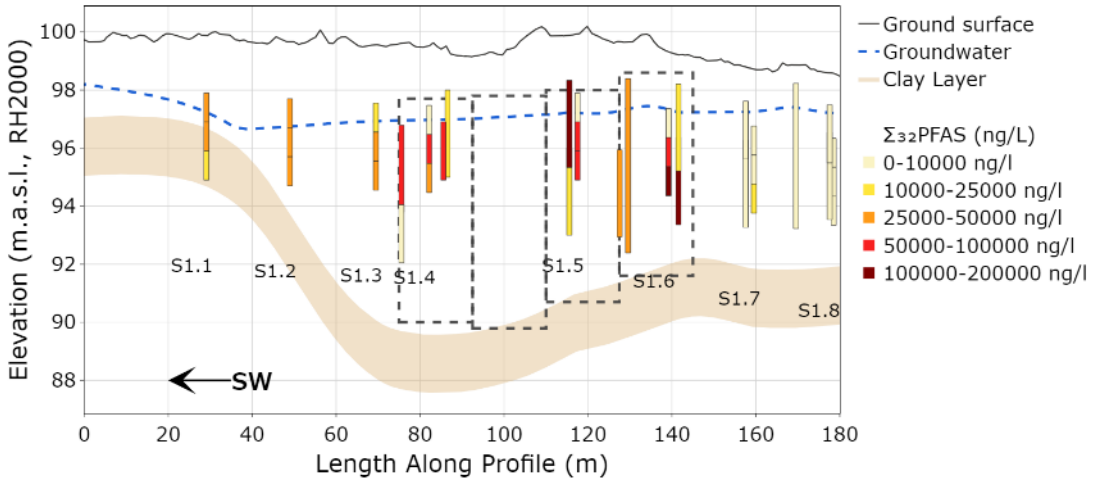




Säsongsvariation mellan ämnen i 114B



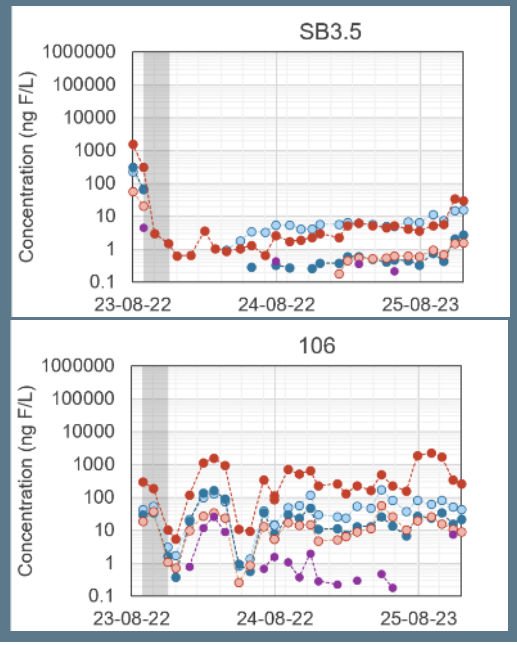
Variation i SB1.3N

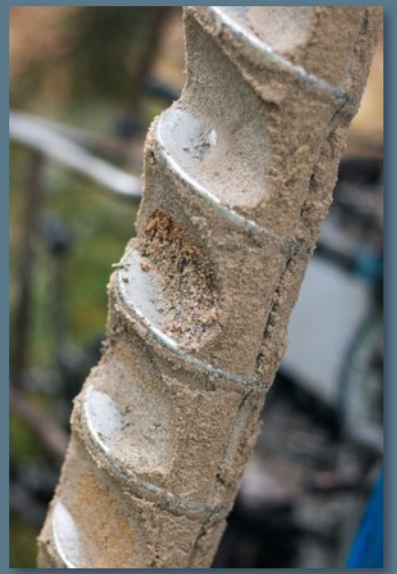


Rumslig Variation vid barriären

HETEROGENITET

Heterogenitet mellan provpunkter, ämnen, årstider och djup, trots en homogen geologi i grundvattenmagasinet.






STATENS
GEOTEKNISKA
INSTITUT
VILKA EFFEKTER SYNS NEDSTRÖMS?
Foto: SGI, Robert Earon

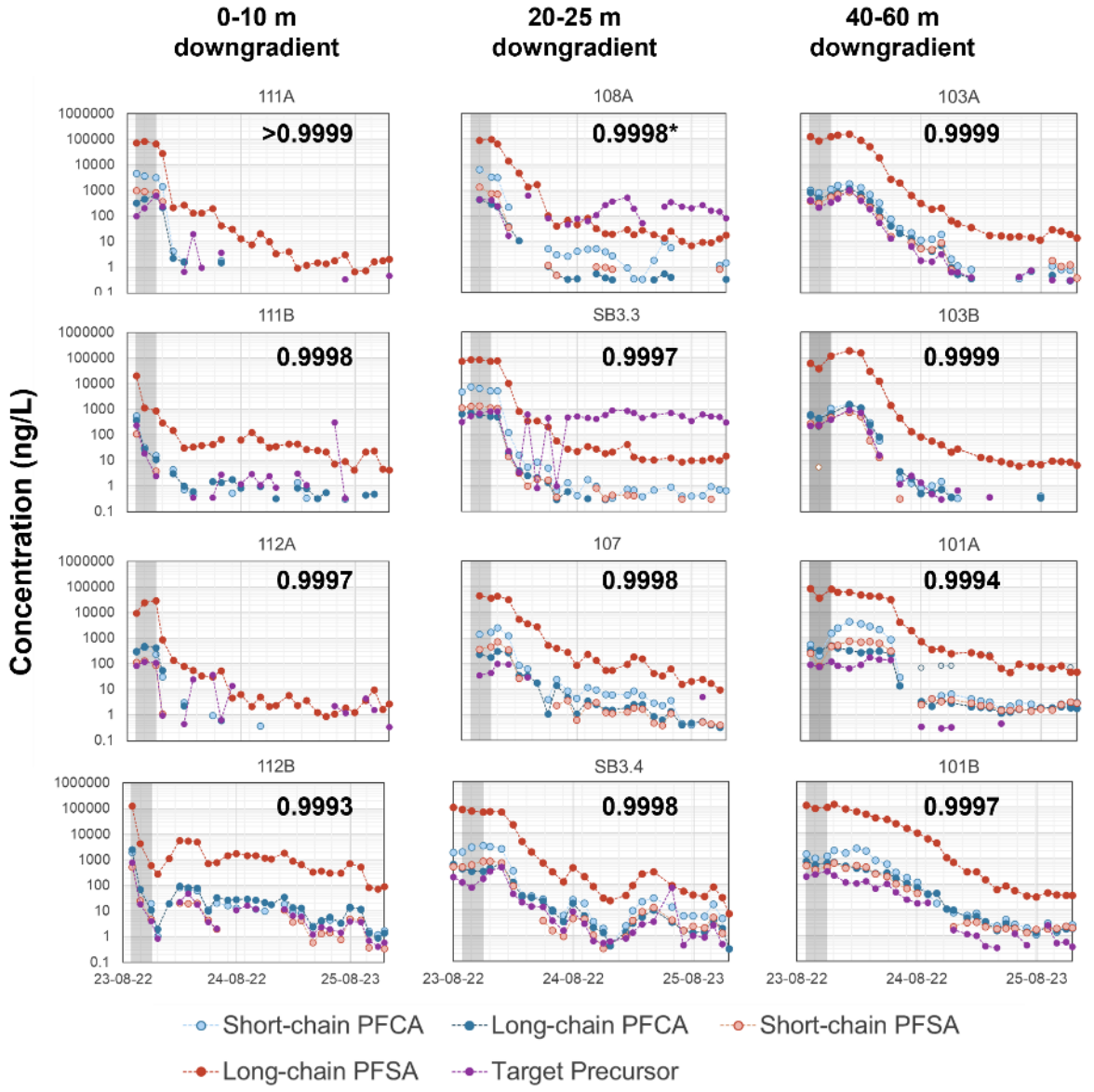
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

EFFEKT AV BARRIÄREN, NEDSTRÖMS

Fördröjning av effekten tydlig men beror på avstånd.

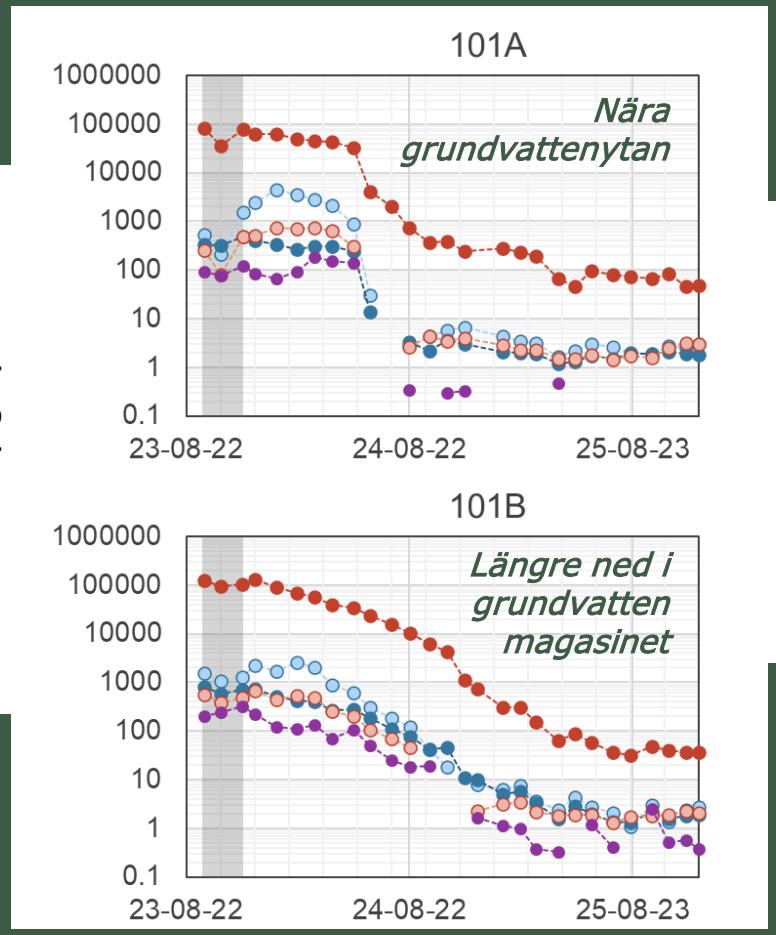
Samtliga grundvattenrör som bedöms vara påverkade av pilottestet visar **mer än 99 % minskning** av Σ_{32}PFAS relativ till koncentrationer före injektion av barriären.

Sekundära källor kan påverka effekten som syns nedströms barriären.



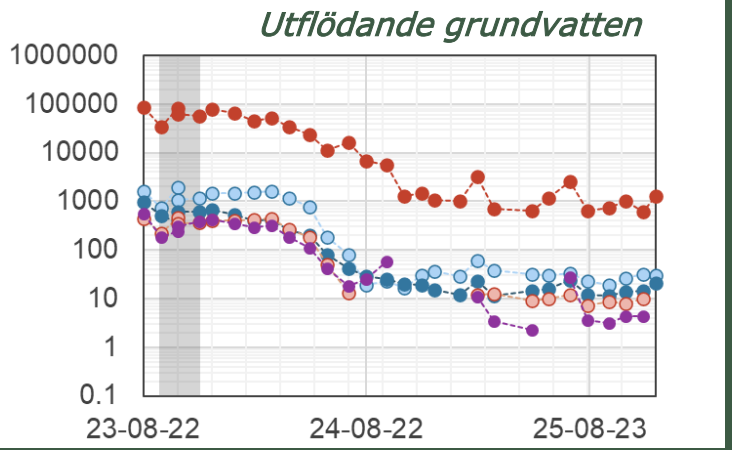
PLYMENS HISTORIK I EN BILD

Grundvatten

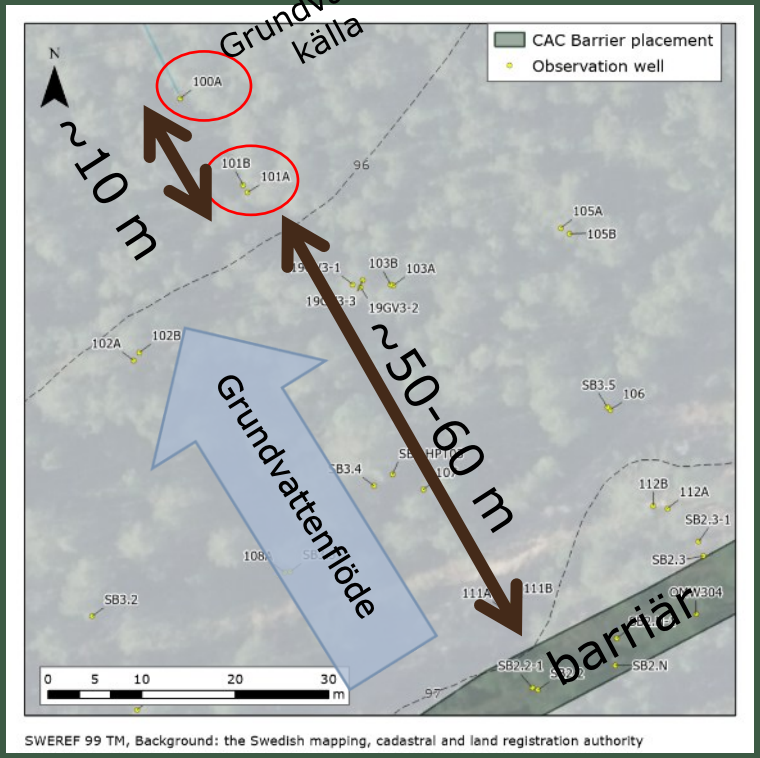


Grundvatten

Ytvatten

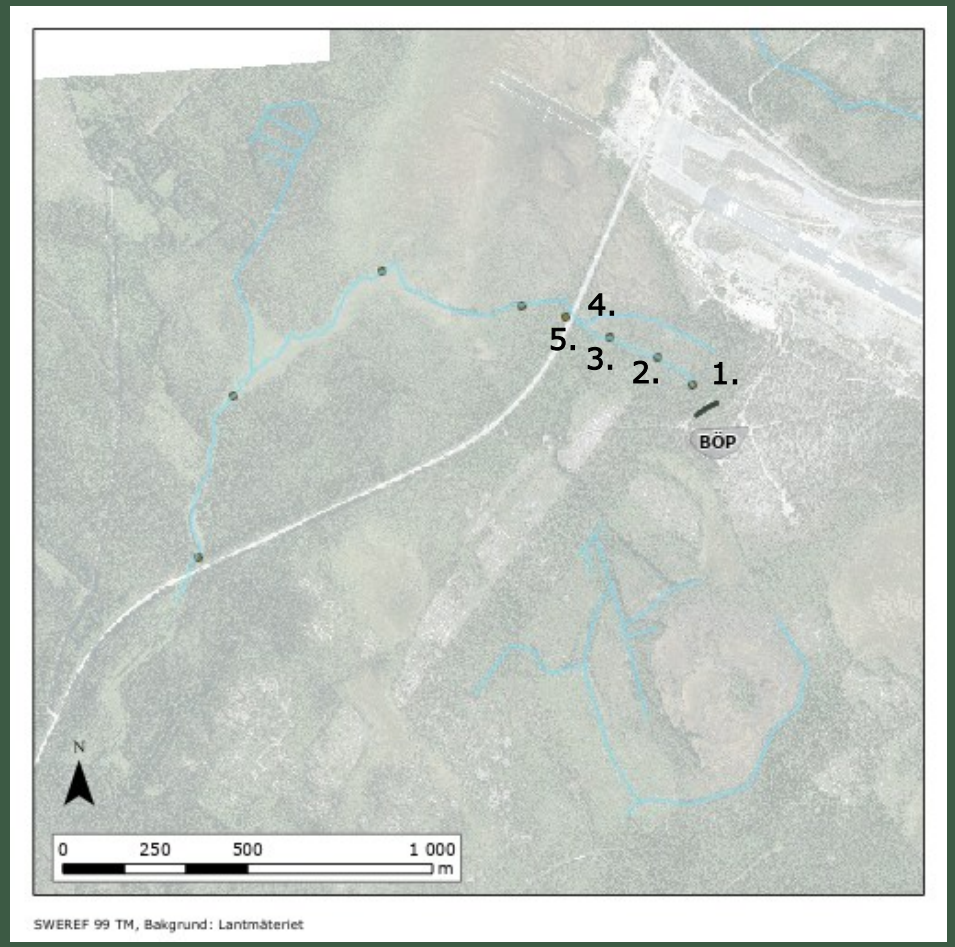


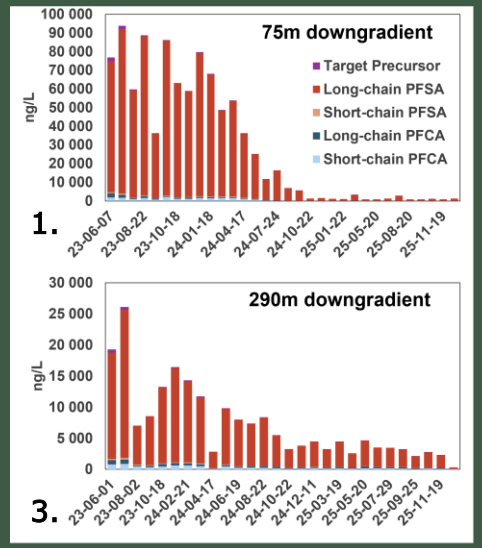
Ytvatten

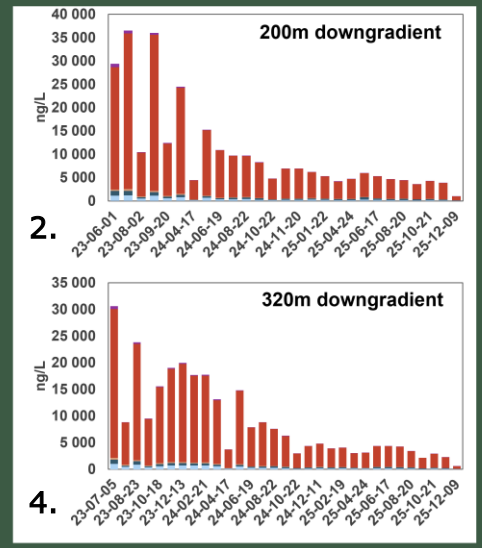


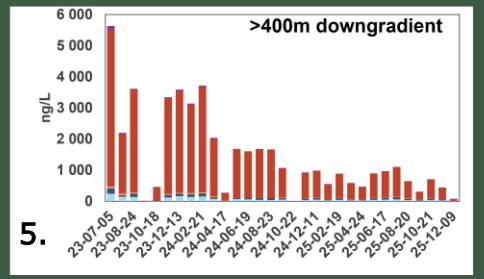
Kortkedjig PFCA
Långkedjig PFCA
Kortkedjig PFSA
Långkedjig PFSA
Prekursor

EFFEKT PÅ YTVATTEN









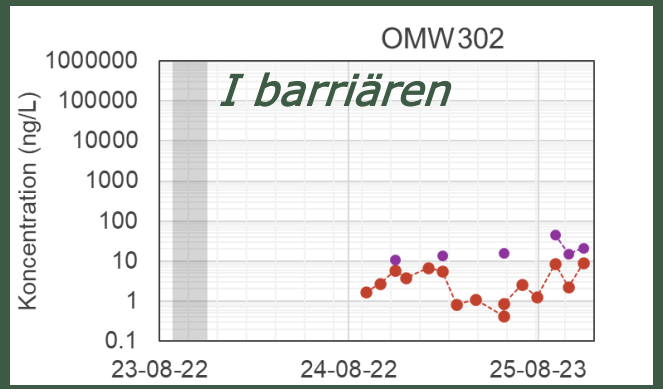
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

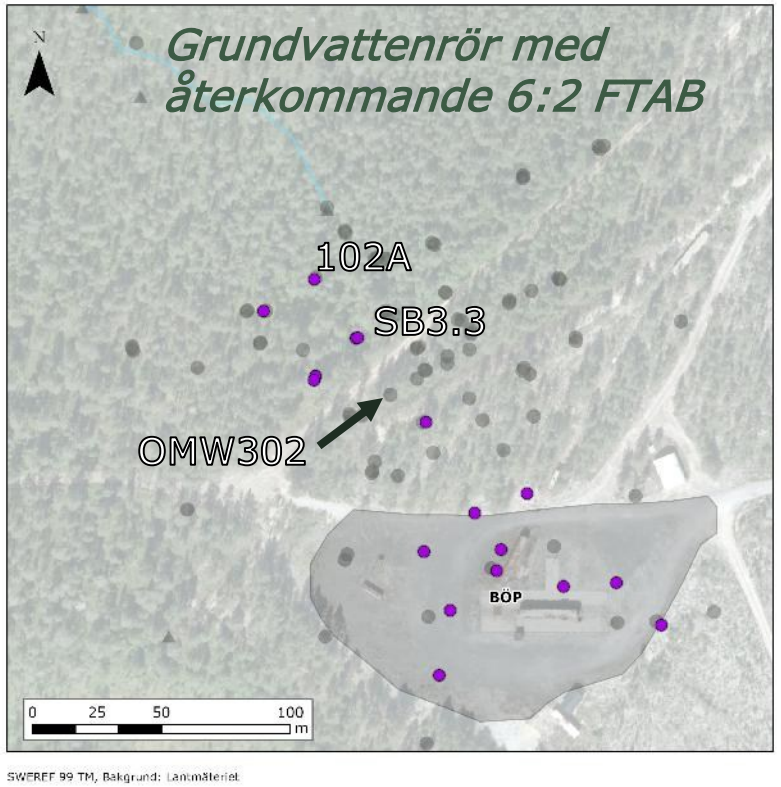
6:2 FTAB

Återkommande förhöjda koncentrationer av 6:2 FTAB i specifika flödesvägar.

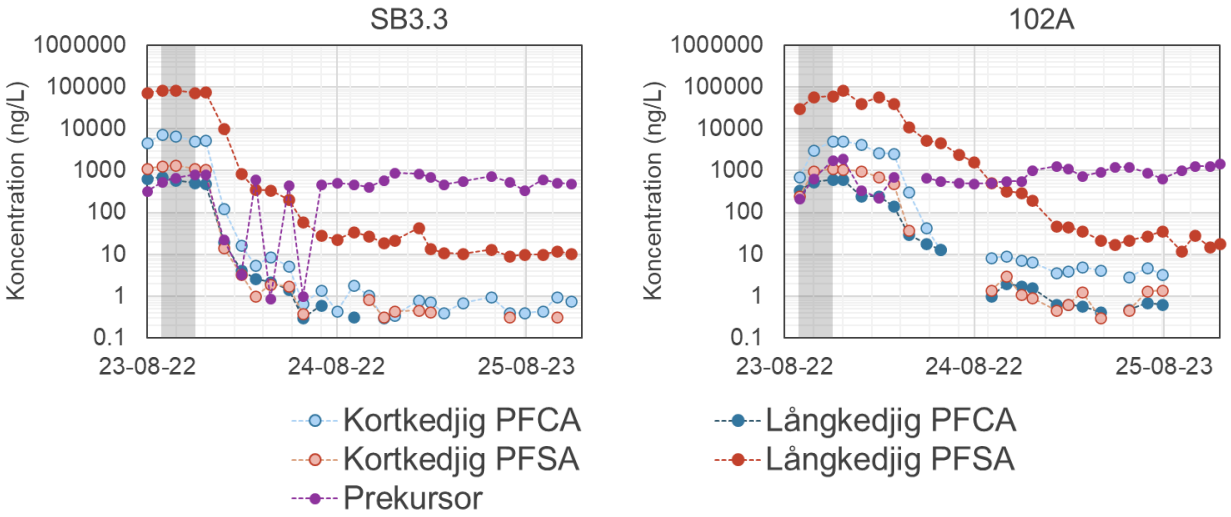
6:2 FTAB har troligen ett högt Kd-värde och modellering visar att 6:2 FTAB lämnar systemet mycket långsammare än andra PFAS.

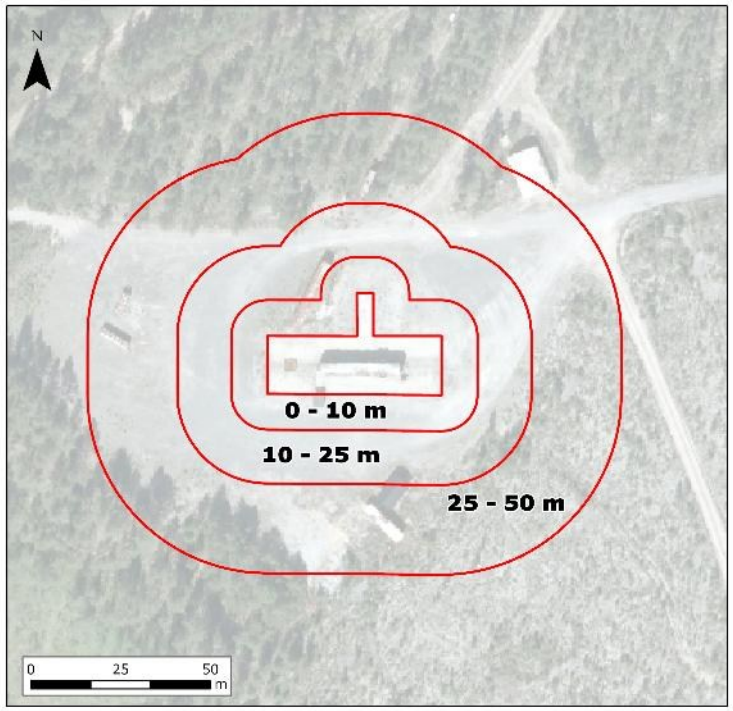
Mätningar i barriären visar mycket lägre koncentrationer.

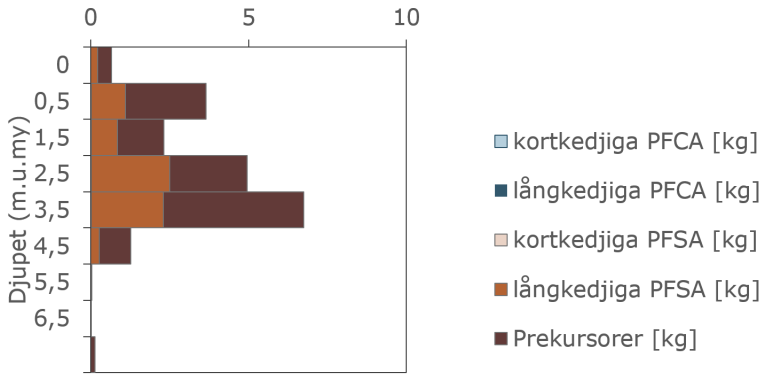




PFAS nedströms







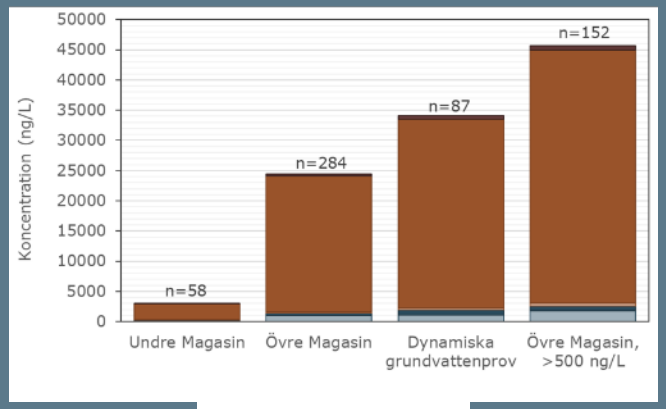
Jord, 0 till 10 m från plattan

PFAS I JORD RELATERAT TILL GRUNDVATTEN

~85% av *identifierad* PFAS-mängd i jord inom 25 m från platsen.

PFAS-mängden minskar snabbt vid grundvattenytan (ofta 4-6 m u my) då PFAS lätt mobiliseras och transporteras bort.

Ca 50% av mängden PFAS består av kända prekursorer.



Grundvatten


Foto: SGI, Robert Earon

ATT TA MED DIG IDAG

Stabilisering med aktivt kol kan effektivt minska spridningen av PFAS till och inom grundvattnet.

Kunskap om platsens hydrogeologi, nedströms recipienter samt PFAS-fördelningen i jord och vatten är viktig för att åtgärden ska kunna placeras där den ger störst effekt.

Områdets historik, förekomsten av prekursorer och sekundära källor samt geologisk heterogenitet påverkar vilka effekter som uppnås och när de blir synliga nedströms åtgärden.

Föregående webbinarier (www.sgi.se)

Insyn i pågående pilotförsök med barriär av aktivt kol för åtgärd av PFAS-förorening (Robert Earon, SGI)

In situ stabilisering av PFAS i jord och grundvatten med aktivt kol (Dan Berggren Kleja, SGI)

Tvätt av PFAS-förorenad jord – resultat från laboratoriestudier (Malin Montelius, SGI)

Spridning av PFAS från ett källområde till recipient före och efter stabilisering (Robert Earon, SGI)

Termisk behandling av PFAS-kontaminerad jord (Felicia Fredriksson, Örebro universitet)

In situ PFAS remediation using air bubbling/sparging technique (SLU)

Stabilisering av PFAS-förorenad jord över tid – en laboratoriestudie (Linda Johnsson, SGI)

Investigation of PFAS transport and retention in soil (Mamata Das, Uppsala Universitet)

Kommande webbinarier:

6 oktober 2026 kl. 9.00-9.45
Regeringsuppdrag PFAS: Vad har vi lärt oss och vart är vi på väg? (Michael Pettersson med kollegor)

TACK!

Projekten är finansierade av Regeringens anslag 1:4 Sanering och återställning av förorenade områden

Foto: SGI, Robert Earon

SGU Sveriges geologiska undersökning

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

NATURVÅRDSVERKET