



Evaluering af effekten af et "Pump and Treat" system med horisontale dræn på vand-kvaliteten i et vandløb i Hagfors, Sverige



Nicklas Larsson, NIRAS SE; Gro Lilbæk, Klaus Weber, **Anders G. Christensen** NIRAS DK
Ulf Winnberg, Kristin Forsberg, Sveriges Geologiska Undersökning (SGU)
SWECO, Karlstad Kontor

ATV VINTERMØDE, 8.-9. marts 2022

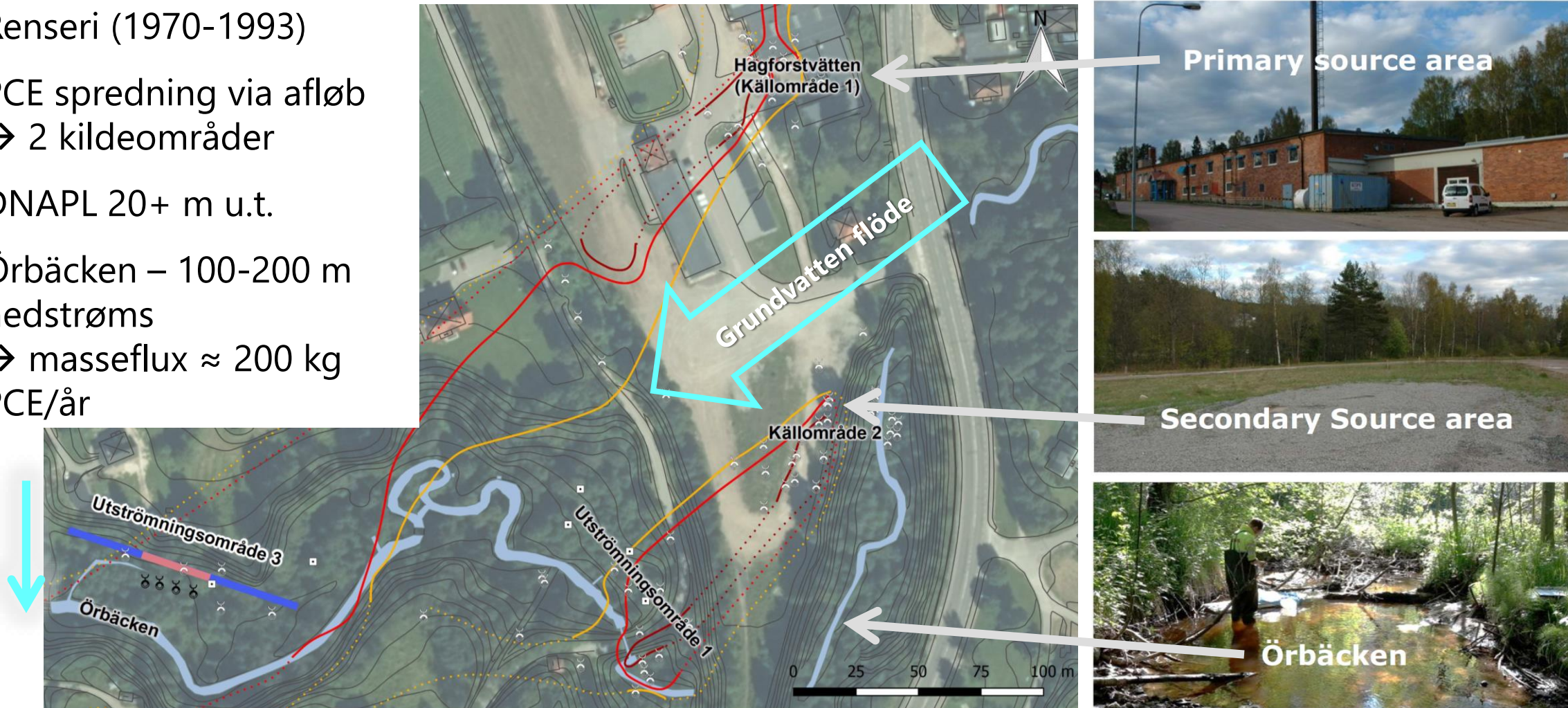
Indhold

- Installation af anlæg/dræn og monitorering
- Metoder og princip for vurdering af massebalancen og effekten
- Flowmålinger
- Koncentrationsmålinger
- Effekt af anlæg



Hagfors, Sweden

- Renseri (1970-1993)
- PCE spredning via afløb
→ 2 kildeområder
- DNAPL 20+ m u.t.
- Örbäcken – 100-200 m nedstrøms
→ masseflux ≈ 200 kg PCE/år



Formål

Problemstilling

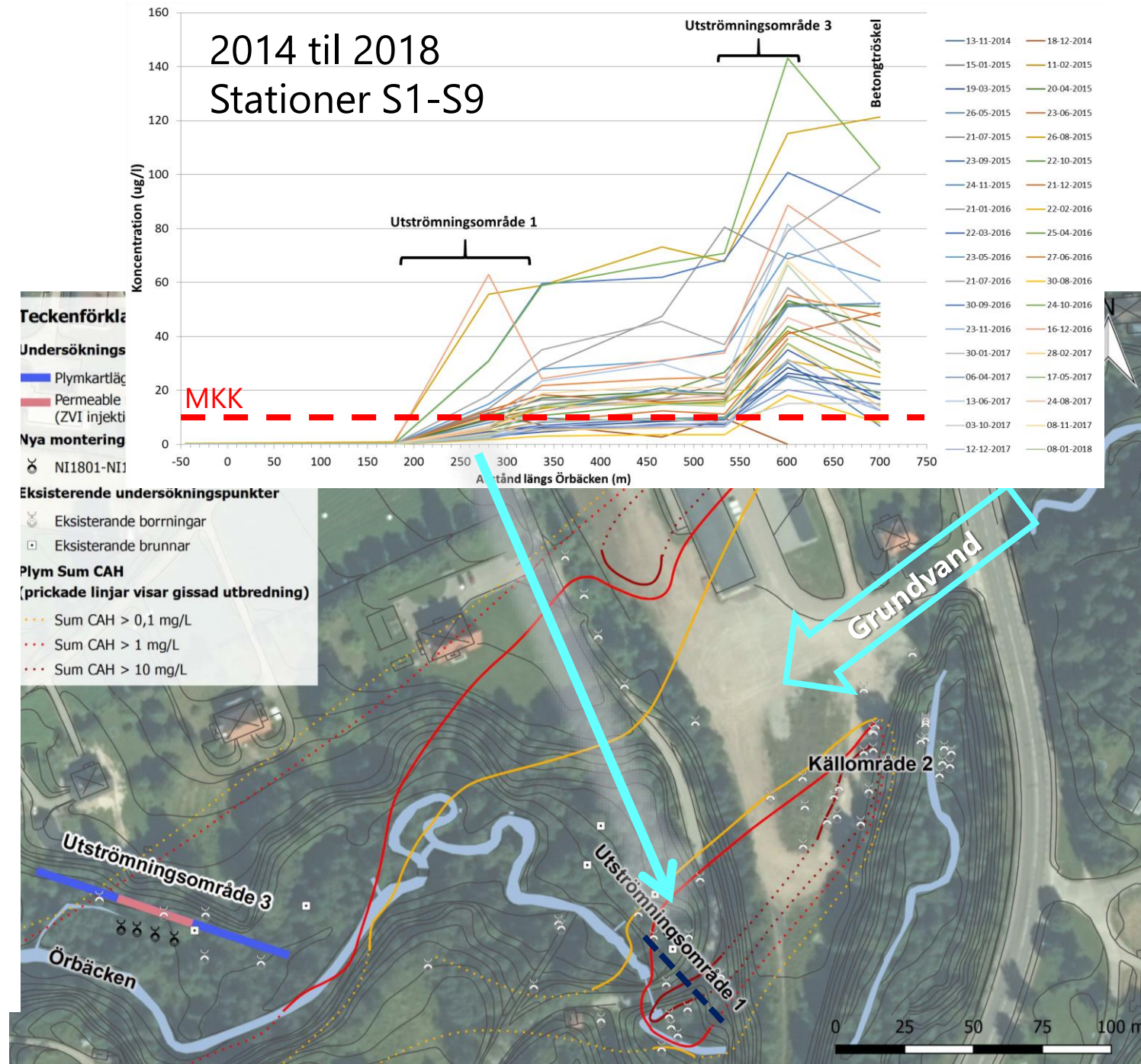
Koncentrationer i Örbäcken overskrider generelt kvalitetskriterier for PCE og TCE på 10 ug/l hver – maksimalt målt 140 ug/l

Ønske

Lokalt minimere udsivningen i U1 med 50-90%
– indtil en samlet afværgeløsning overfor kildeområderne er gennemført

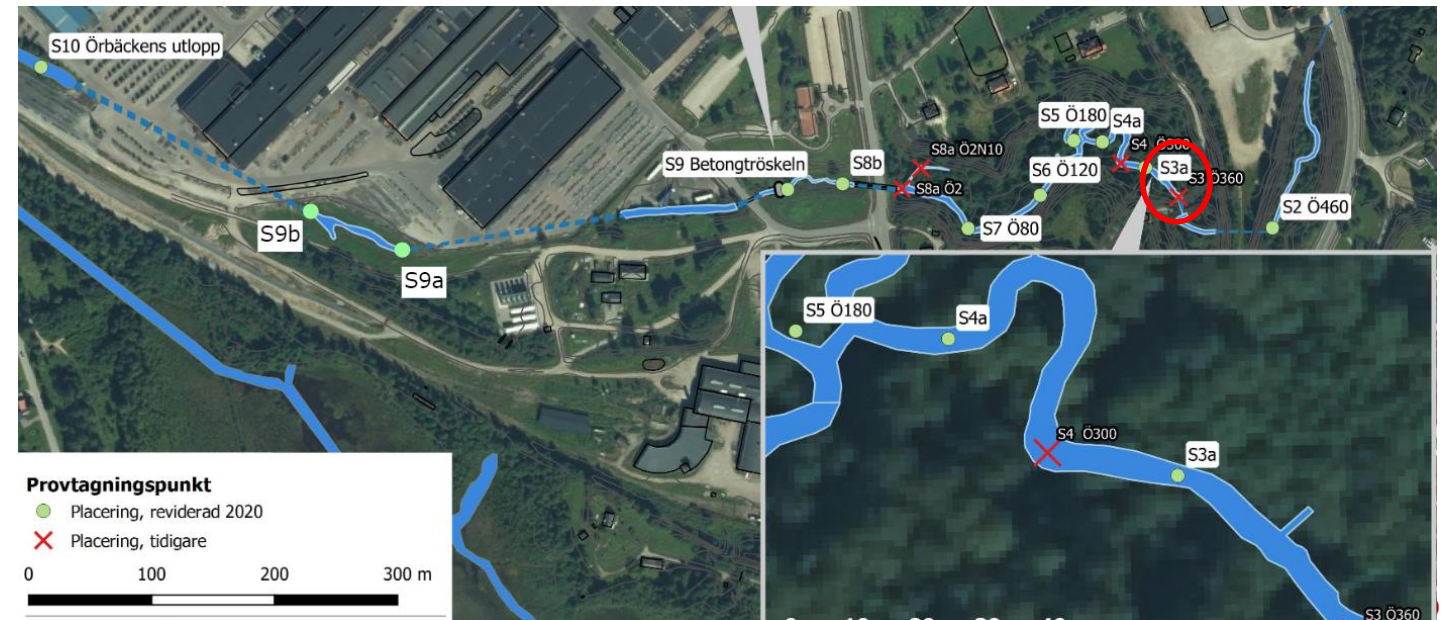
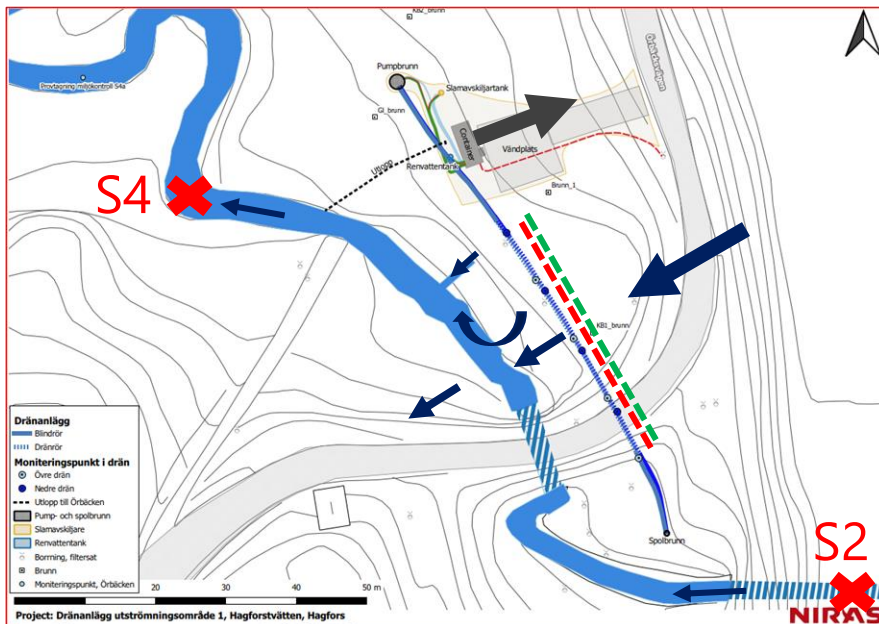
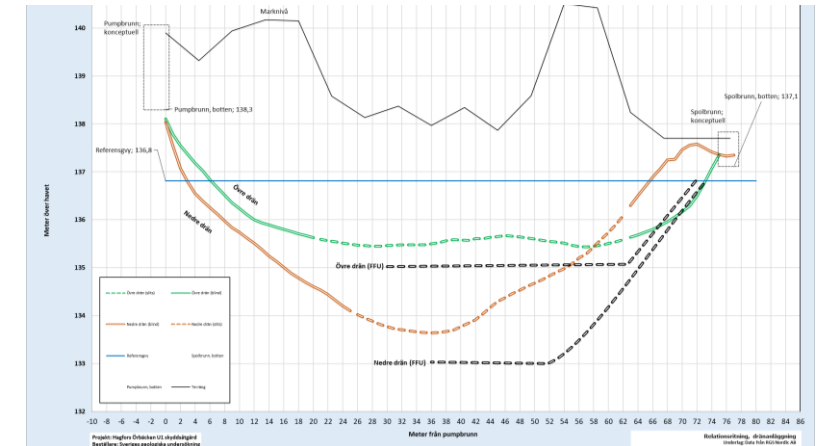
Løsning

Etablering af en afværge-pumpning fra horisontale dræn kombineret med et vandbehandlingsanlæg



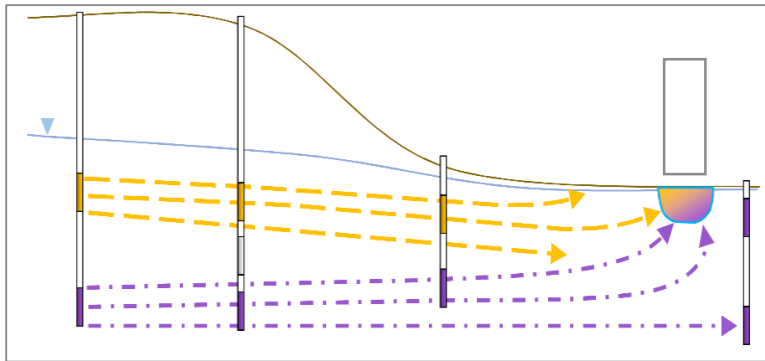
Installation og monitering

- To 80 m lange dræn er installeret ved retningsstyret underboring og koblet til anlæg, der er sat i drift i juni 2020 med ydelse på 5-10 m³/h
- Effekten overvåges dels ved løbende monitering (Q, C) på anlægget og prøvetagning/flowmålinger i Örbäcken (S1-S9).
- Massebalance for PCE i området kræver en forståelse af flere delstrømme, og de er derfor kortlagt

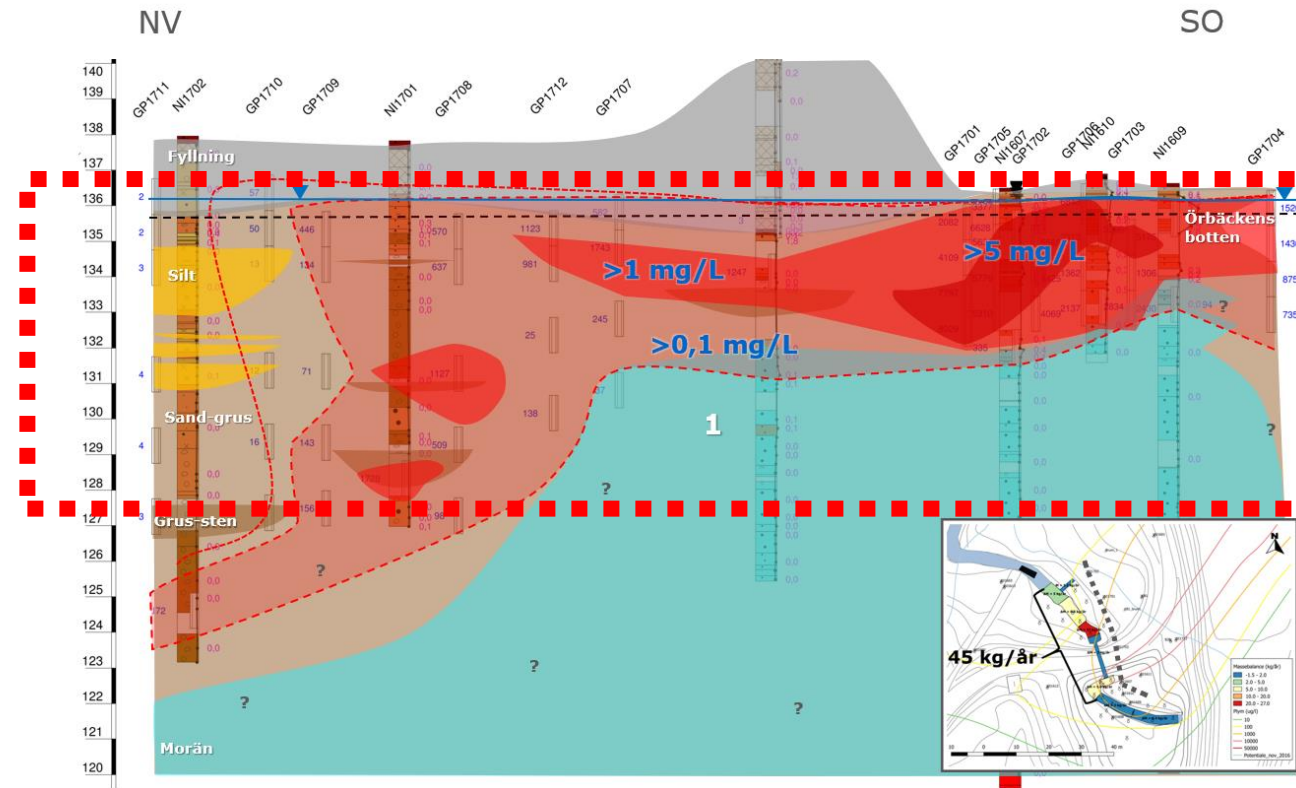


Masseflux i grundvandet i transekt lige opstrøms U1

- Sonic boringer, geofysik → Kendskab til geologi
- Sporstofforsøg → transporthastigheder



- Niveauspecifik vandprøvetagning med Geoprobe → Kendskab til forureningens fordeling → masseflux



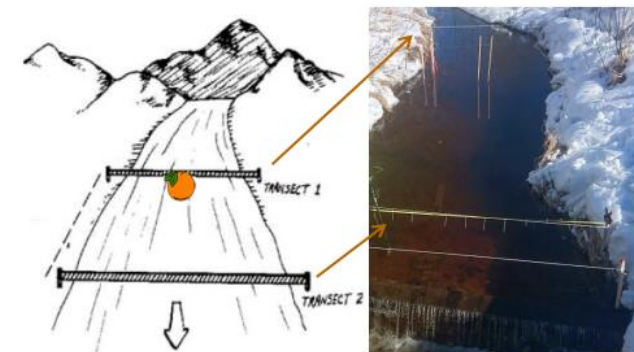
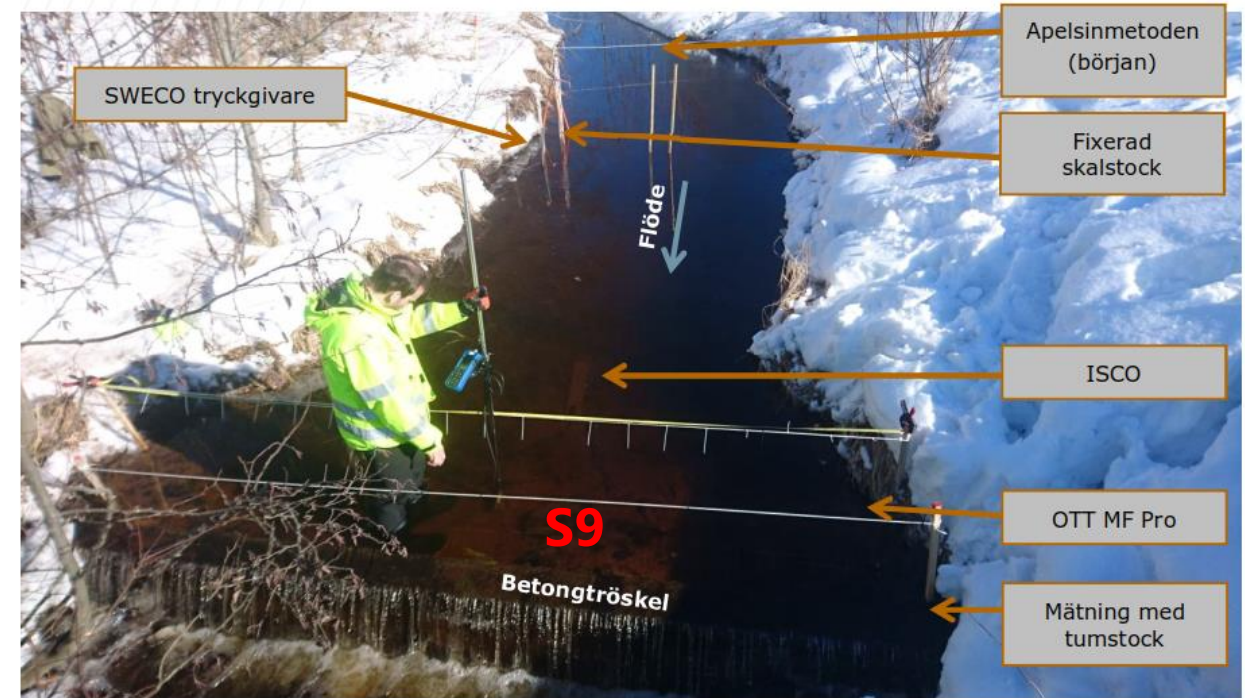
Tot. 45 kg/år ($Q \sim 6 \text{ m}^3/\text{h}$)

Flowmålinger

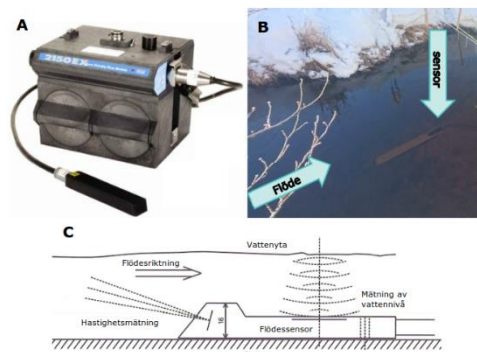
Flere metoder afprøvet ved S9

- SWECO - vandstandslogger (Diver) og målepind i vandløbet (Q/H)
- SWECO – Manuelle målinger af overløbshøjden på beton bygværket (Q/H)
- NIRAS - Appelsinmetoden (US-EPA Orange Method)
- NIRAS - ISCO (data logger system)
- NIRAS - OTT MF Pro (momentane sektionsmålinger)
- NIRAS – Danova Doppler/Radar (i rør lige nedstrøms)

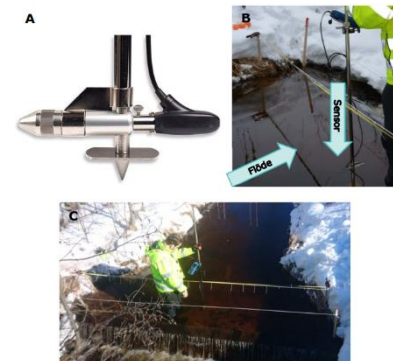
Figur 3.2: Översiktsfoto där lokaliseringen av de olika mätningarna illustreras. Vid fototillfället pågår mätning med OTT längs det gula måttbandet. ISCO-apparaturen är svagt synlig på bäckens botten.



Appelsinmetoden



ISCO



OTT



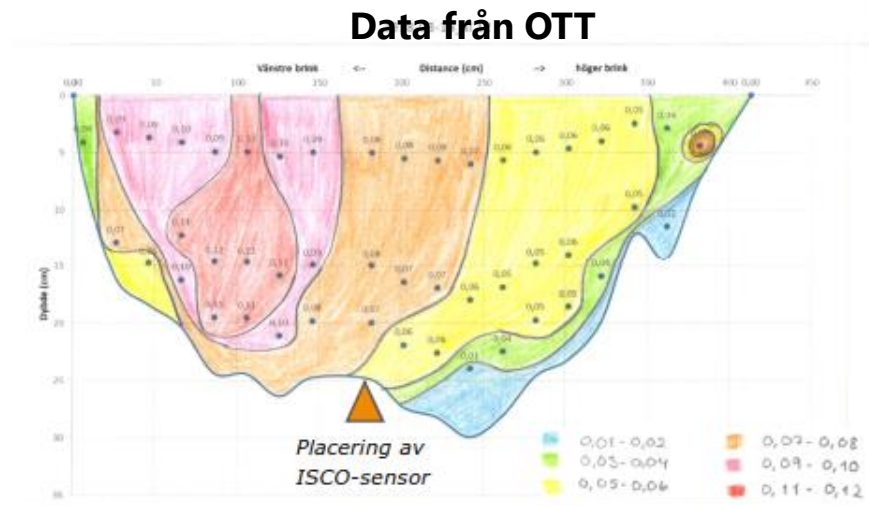
Overfaldshøjde



Dopler+Radar

Flowmålinger

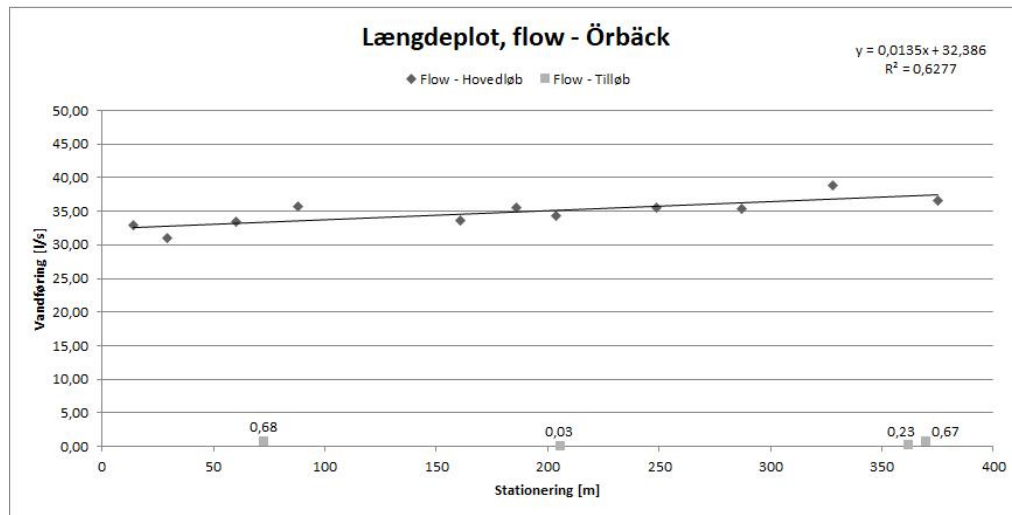
Vurdering af usikkerhed på flowmåling ved forskellige metoder ved station S9



- Stor variation i hastighedsprofilen (0,01-0,12 m/s) på tværs af åen ved station S9 lige opstrøms overfalds-bygværket (og andre stationer)
- Fx ISCO systemet giver et for lavt total flow ved den testede placering
- Andre metoder (Diver/Radar) temperaturpåvirket
- Valgt metode blev derfor Danovas system i røret lige nedstrøms S9

Vandføring fra station S1 til S9

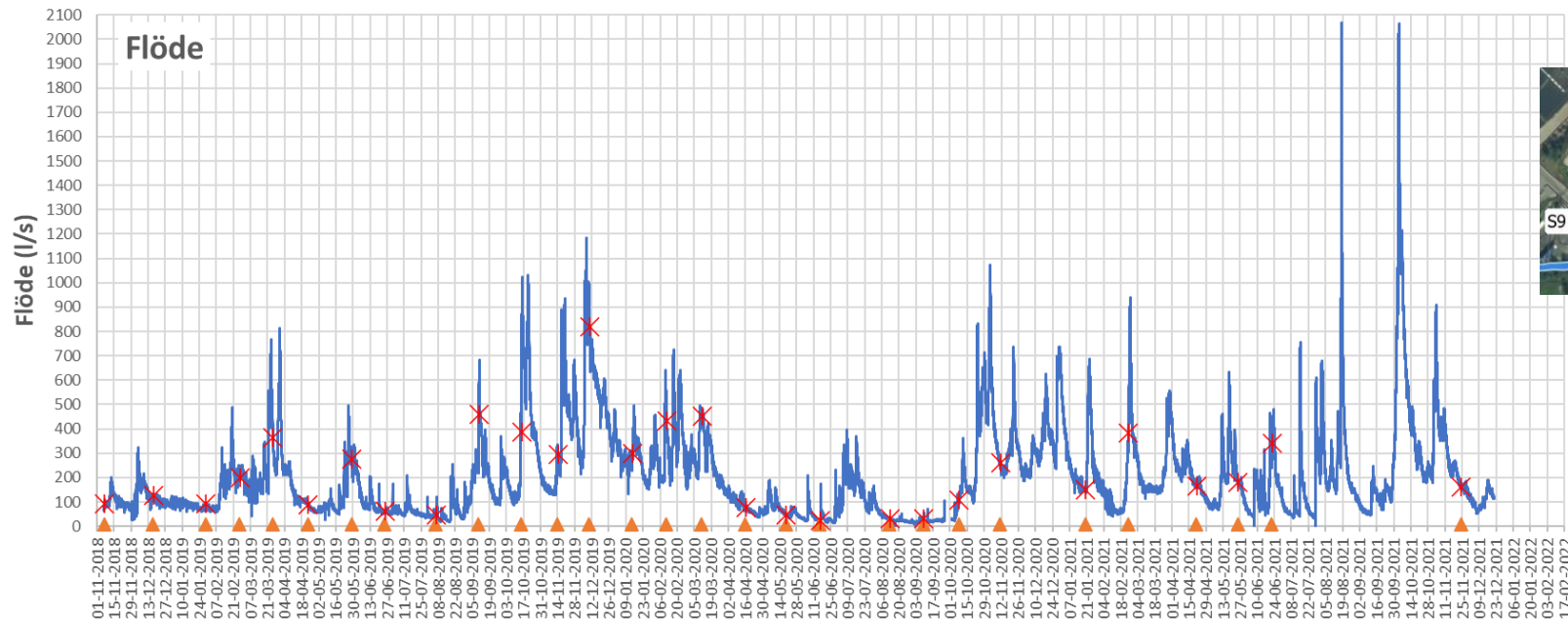
Profiler opmålt med OTT Pro i 2018 ved forholdsvis lav vandføring på 35 l/s



- Måling efter meget lidt nedbør i ugerne før
- Indstrømning af grundvand over de ca. 350 m ca. 5 l/s - heraf 3 l/s som små tilløb
- Langs området for **U1** på ca. 40 m er indstrømningen af grundvand målt til <0,16 l/s ved vertikale temperaturprofiler og DTS metoden, og den sker inden for en strækning på ca. 3x20 m

Vandføring station S9 2018-2021

Prøvetagningstidspunkter for grab samples markeret X

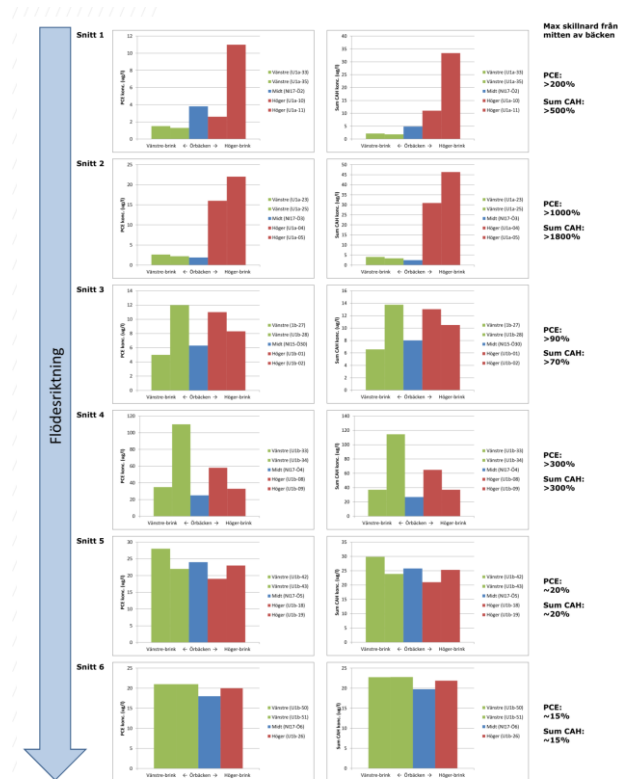
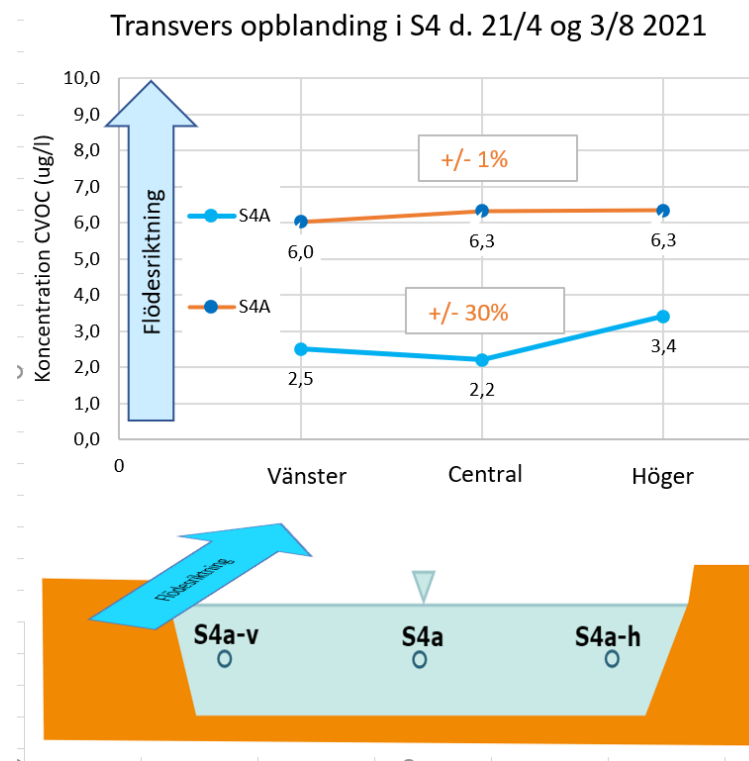


- Median vandføring omkring 210 l/s, maks. flow ca. 2100 l/s
- Baseflow omkring 20 l/s og undersøgt ved Q/DTS/temperaturprofiler/piezometre
- Flow ved opstrøms stationen S4a placeret ca. 50 m nedstrøms U1 er således tilnærmelsesvist som ved S9, idet der kun sker en meget begrænset overfladisk tilstrømning i selve den smalle ravine, som åen løber i på denne strækning. Oplandet primært længere opstrøms.

Koncentration og rumlig variation

Målinger i transekter på tværs af Örbäcken ved U1 og S4

- Meget stor rumlig variation i åen i selve udstrømnings-området (op til faktor 100)
- Øgende opblanding, men fortsat 15% variation ved profil 6 lige nedstrøms U1
- Målinger i S4a viser stort set fuld opblanding (1-30% variation omkring middelværdi)
- S4a anvendes til beregning af massefluxen ($Q \times C$) i vandløbet nedstrøms U1

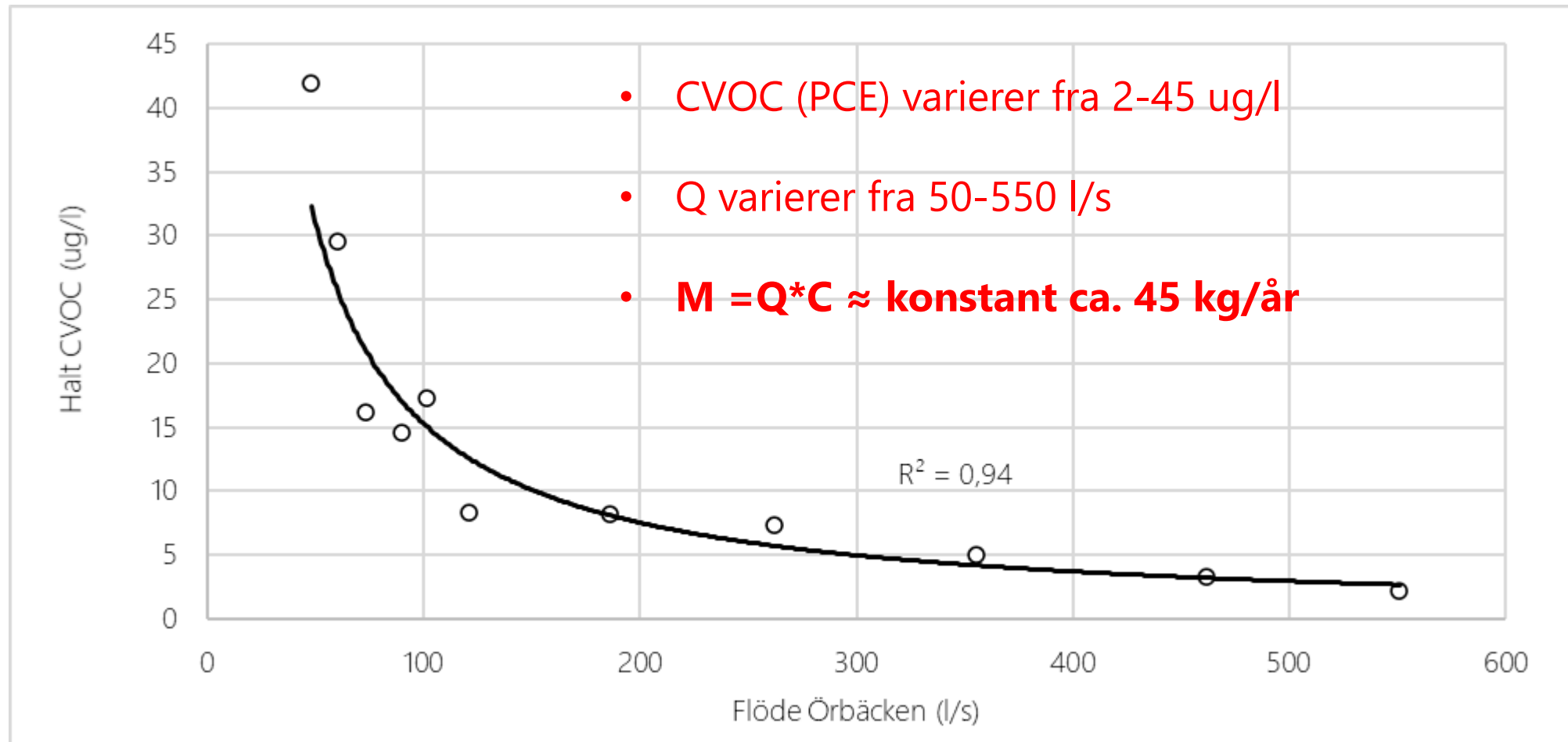


Figur 2.2: Plankarta över de sex tvärsnittens lokalisering. Resultaten redovisas i Figur 2.3.
Den blå pilen uppströms Snitt 1 visar bäckens strömningsriktning.



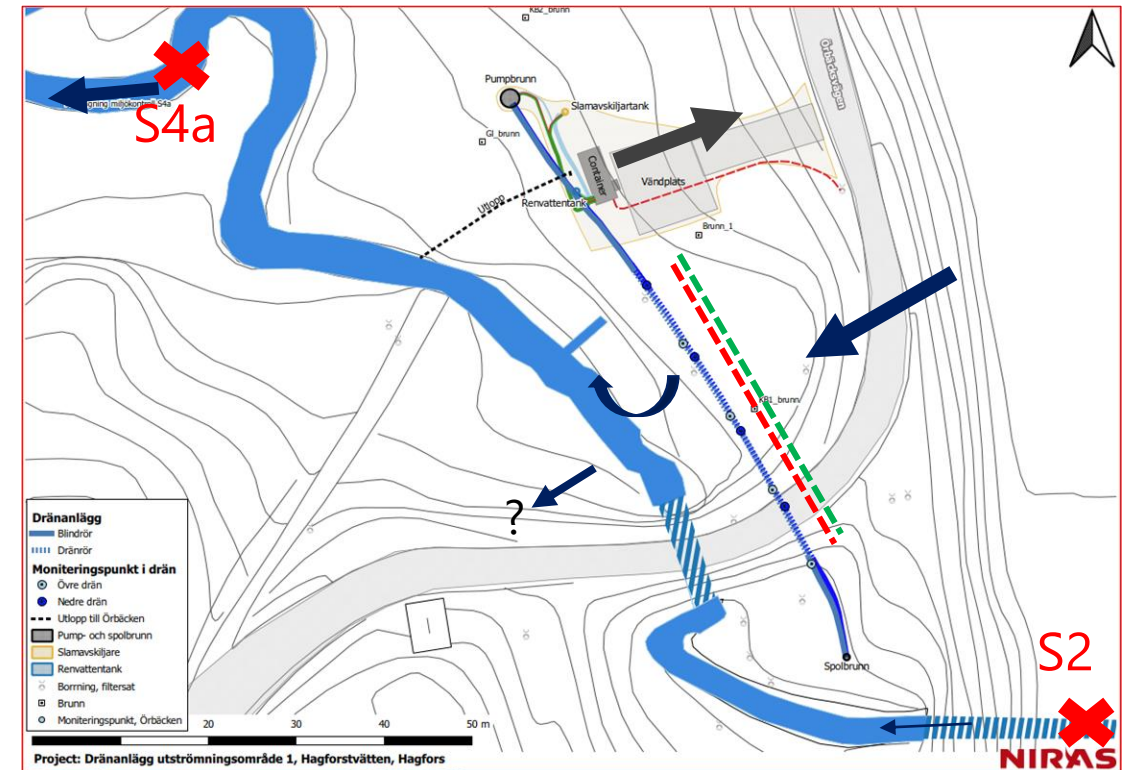
Koncentration og tidslig variation i S4

11 sammenhørende målinger af C og Q i reference perioden nov-18 til okt-19



Massebalance for PCE i referenceperioden

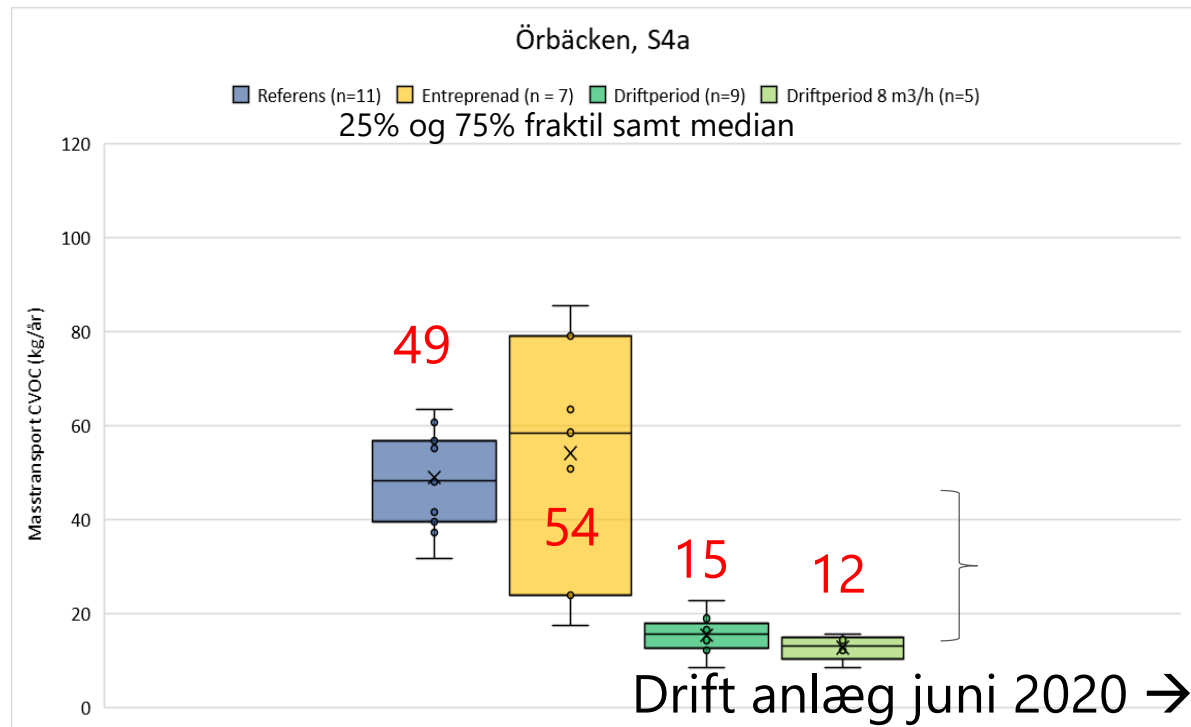
- Flux af PCE med grundvandet mod U1:
≈ **45 kg/år**
- Flux af PCE med opstigende grundvand gennem vandløbets bund i U1:
≈ **1-45 kg/år**
- Flux af PCE i Örbäcken gennem kontrolplan ved S4a: ≈ **49 kg/år**
- Usikkerheder på alle estimer, men umiddelbart kan der argumenteres for, at hovedparten af forureningsfanen strømmer op i Örbäcken, og at en afskæring af fanen burde have en effekt ?
- **Så hvordan gik det egentlig med selve afværgeoppumpning med de viste dræn ?**



Effekten af P&T i vandløbet nedstrøms U1

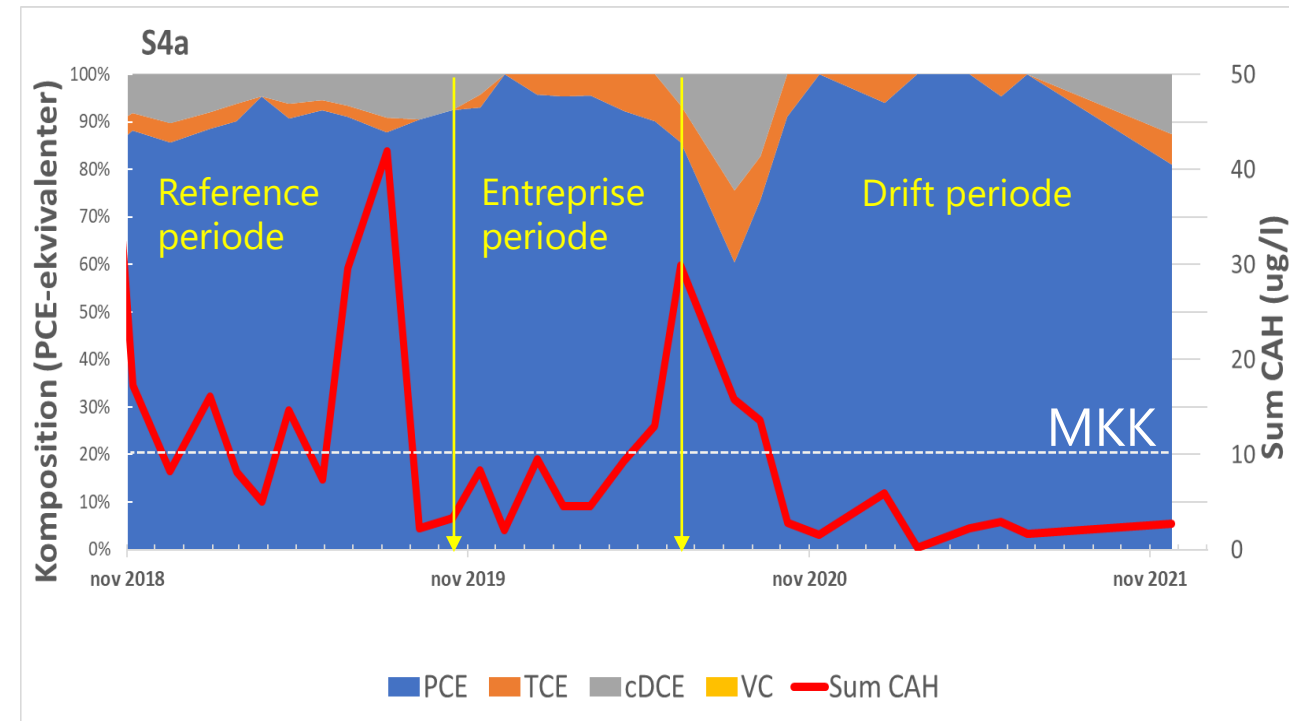
32 målinger i perioden nov-18 til dec-21

Massereduktion (kg/år)



Reduktion i S4a: 37 kg/år eller 76%

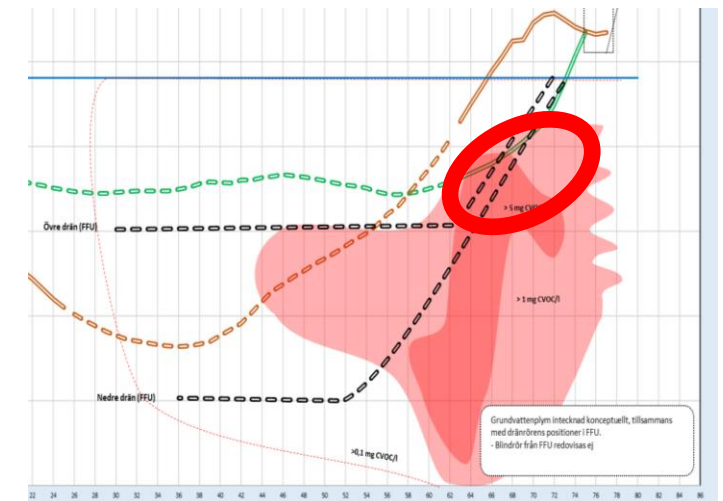
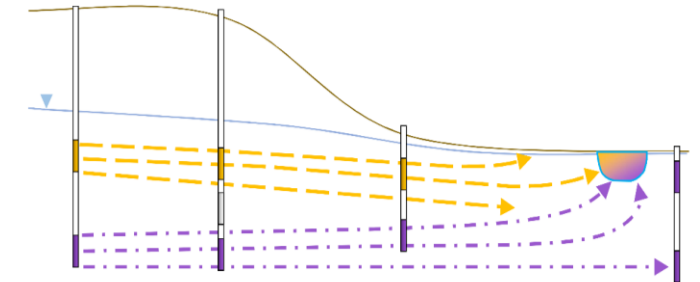
Koncentrationsreduktion (ug/l) og sammensætning (%)



Koncentrationer nedstrøms U1 reduceret til under MKK for alle tider/flow

Årsager til mindre effekt end forventet

- Der oppumpes kun fra den øvre del af magasinet, og vi ved fra vort tracerforsøg, at dybere i magasinet kommer der forurening, som strømmer ind på bagsiden af vandløbet
- Dræn blev ikke placeret sådan, som det var beskrevet - og har ikke filterstrækning i et område med >10 mg/l CVOC.
- Der er under indkøringen i en periode med $10 \text{ m}^3/\text{t}$ oppumpet svarende til ca. $70 \text{ kg}/\text{år}$ fra anlægget samtidig med, at der målt svarende til ca. $20 \text{ kg}/\text{år}$ i vandløbet. Dette indikerer, at der fra kildeområdet kan være tale om en årlig massetransport i fanen fra kildeområdet på ca. $90 \text{ kg}/\text{år}$.
- Der planlægges nu som supplement installeret 2-3 vertikale boringer for at afskære fanen yderligere



Konklusion

- Dokumentation af "kemiske ændringer" i et vandløb, der som her er koblet med grundvandet, er teknisk meget udfordrende pga. dynamikken
- Målinger af flow (Q) i et kontrolplan kan udføres med forskellige metoder – og usikkerheden på målinger kan variere meget og skal afpasses efter formålet
- Tilsvarende kan måling af koncentrationer (C) i et kontrolplan også udføres med forskellige metoder (grab samples/passive samlere) – og den primære udfordring her er at sikre, at der findes tilnærmelsesvis total transversal opblanding ($C \approx$ konstant i hele profilet)
- Skal der dokumenteres overholdelse af max, måneds/års middel er de valgte måletidspunkter afgørende, hvis variationen i Q/C er stor
- Ved afværgeindgreb i en fane som her kræves detaljeret viden om selve fanens geometri samt indstrømningsområderne i et vandløbs bund og evt. dybere spredning under vandløbet



Spørgsmål?