

Ventilationsforsøg i spildevandsledning

- kontinuer registrering af tryk og temperatur som støtte ved vurdering

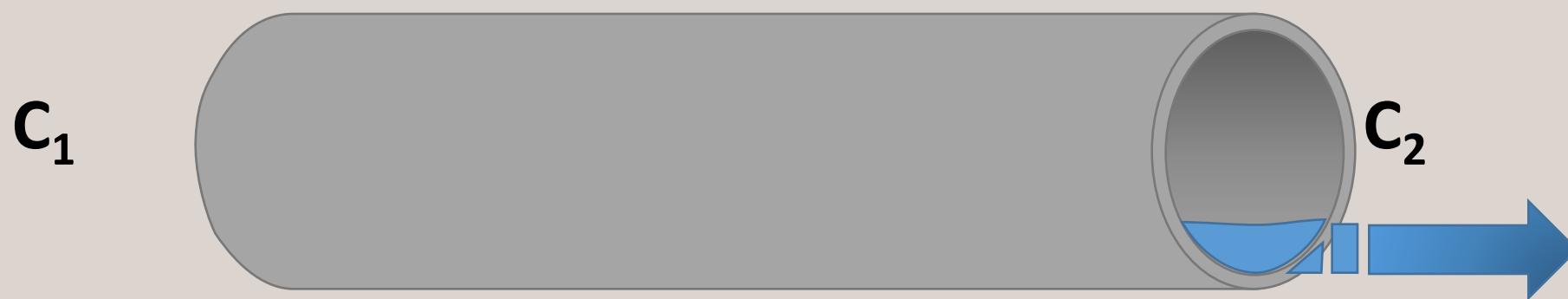
Nicklas Larsson, Anders G Christensen og Gro Lilbæk – NIRAS
Ulf Winnberg og Kristin Forsberg – SGU

ATV Vintermøde, 8. marts 2022



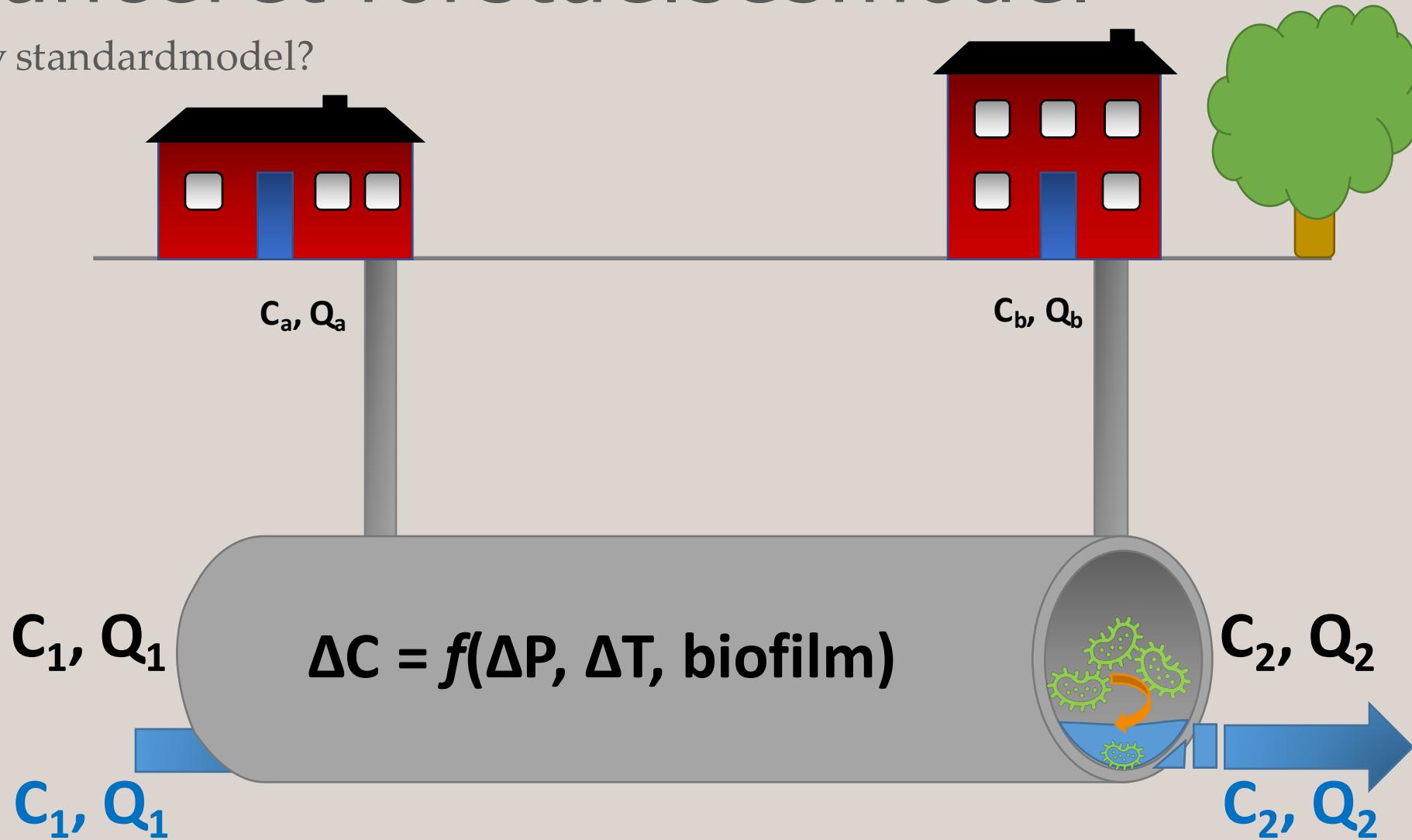
| Simpel model (standard)

→ Spredning via diffusion og advektion



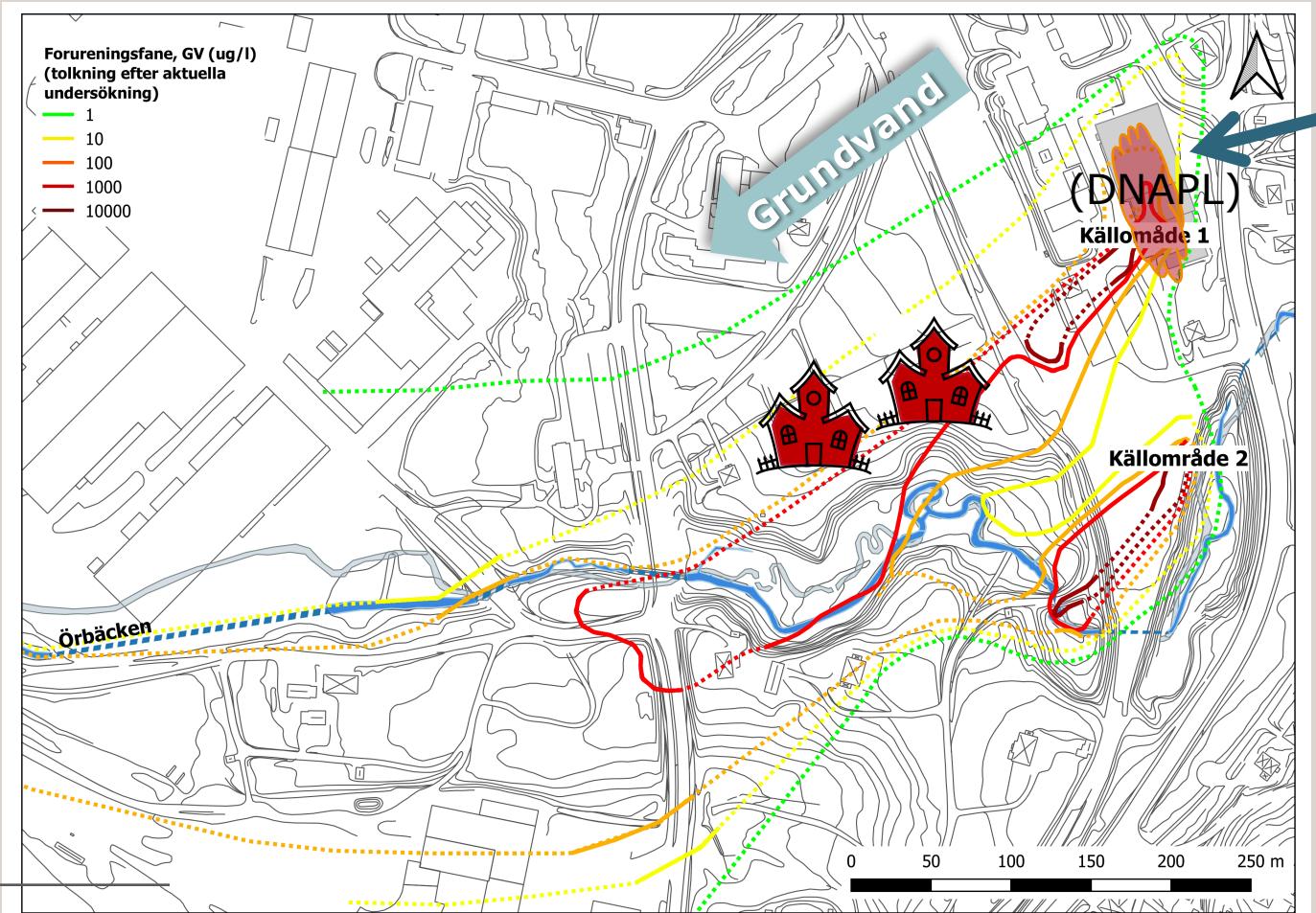
Avanceret forståelsesmodel

→ Ny standardmodel?



Baggrund

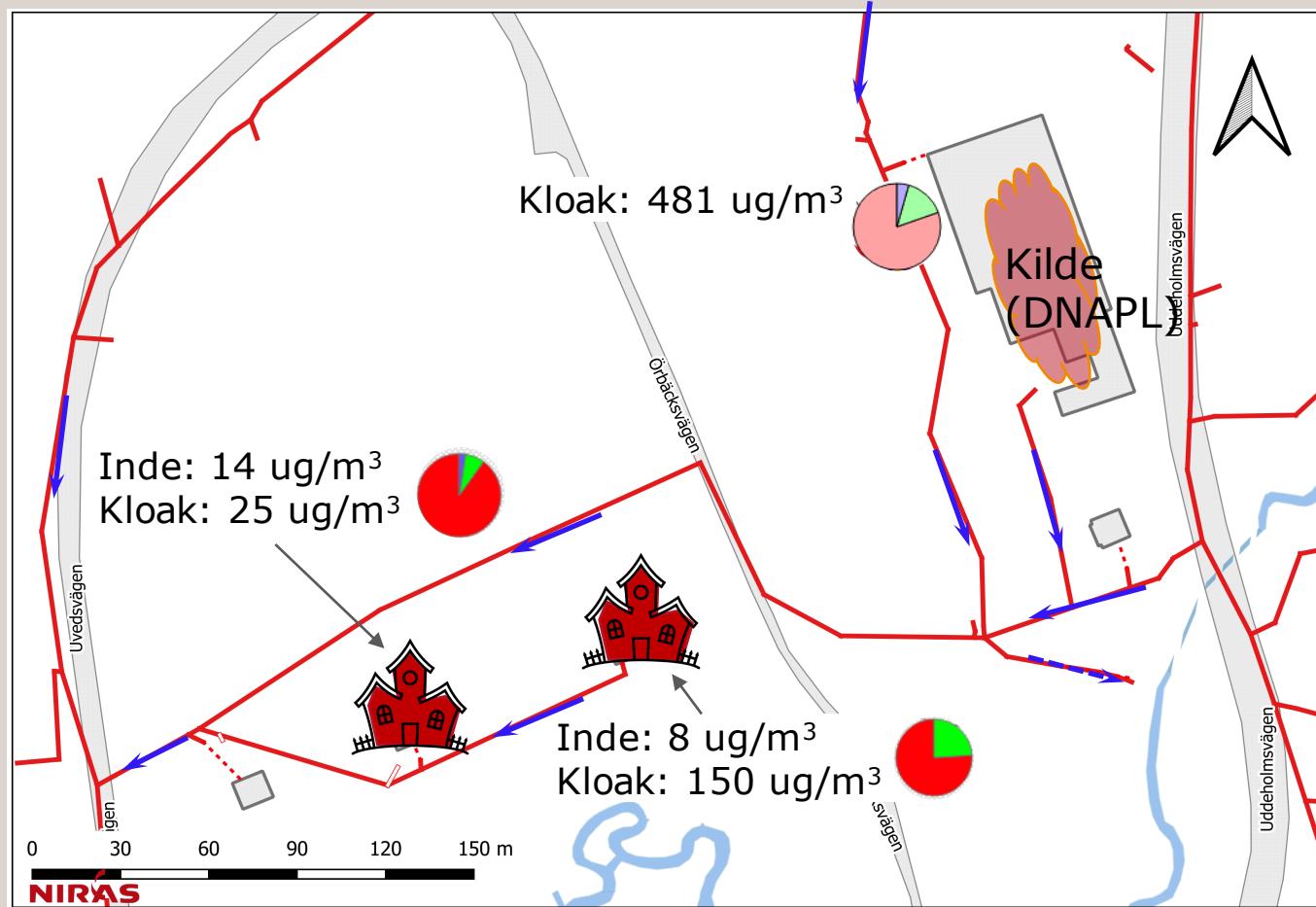
Hagfors, Sverige



- Industri-renseri (1970-1993)
- DNAPL (PCE) fundet i kileområder
- Indeklimaet i beboelse er påvirket af klorerede opløsningsmidler
 - 250 m nedstrøms

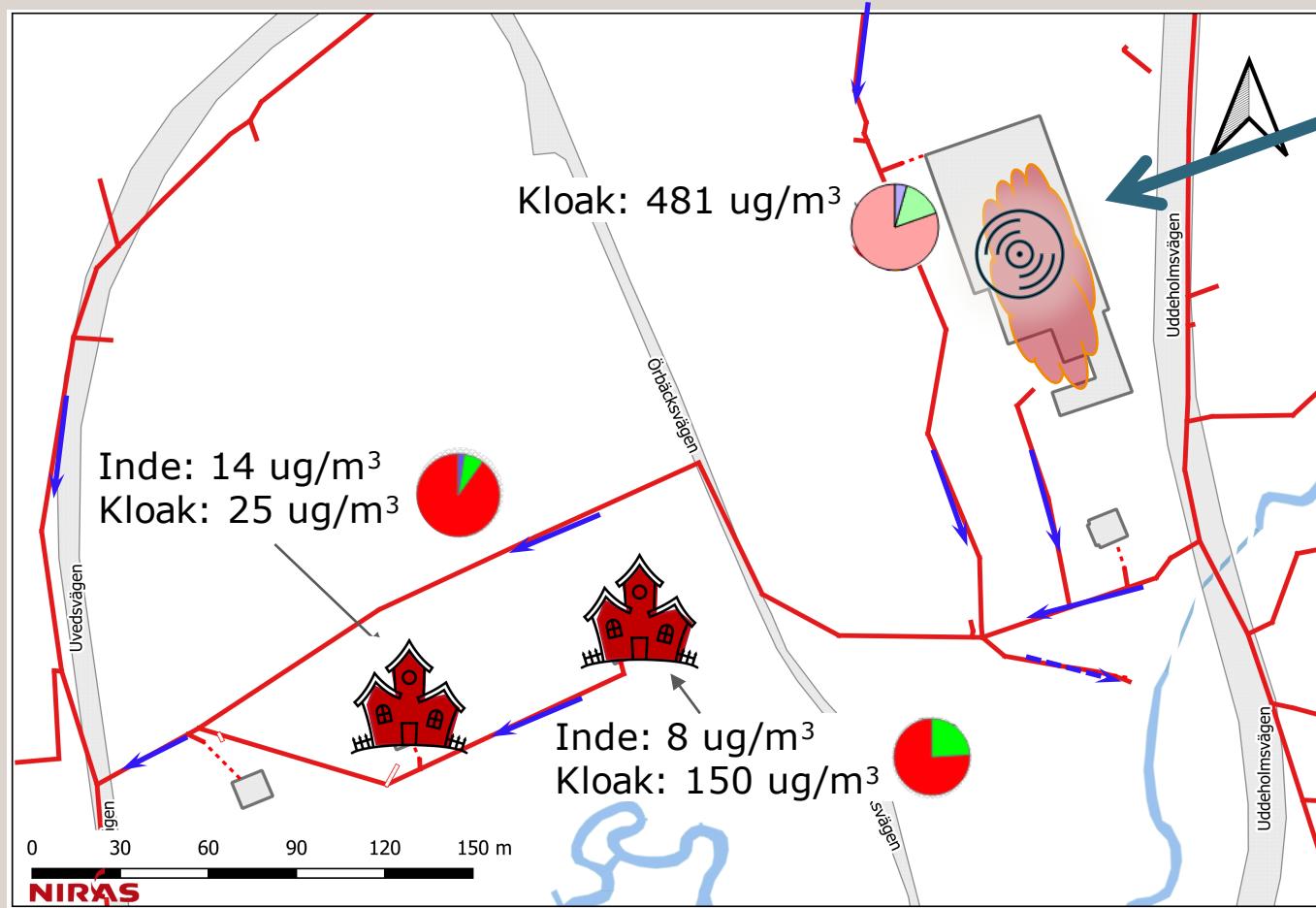
Baggrund

Hagfors, Sverige



- Indeklimaet i beboelse er påvirket af klorerede opløsningsmidler
 - 250 m nedstrøms tidligere industrirenseri
- Undersøgelser peger på, at spildevandssystemet fungerer som spredningsvej for forurening i gasfase
 - 6-700 m fra kilde til huse via kloak

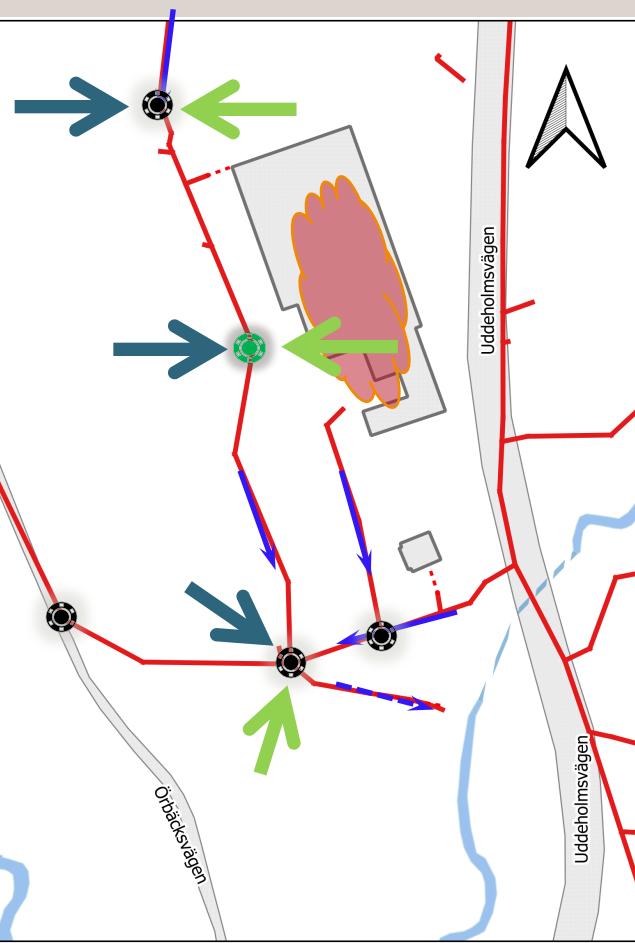
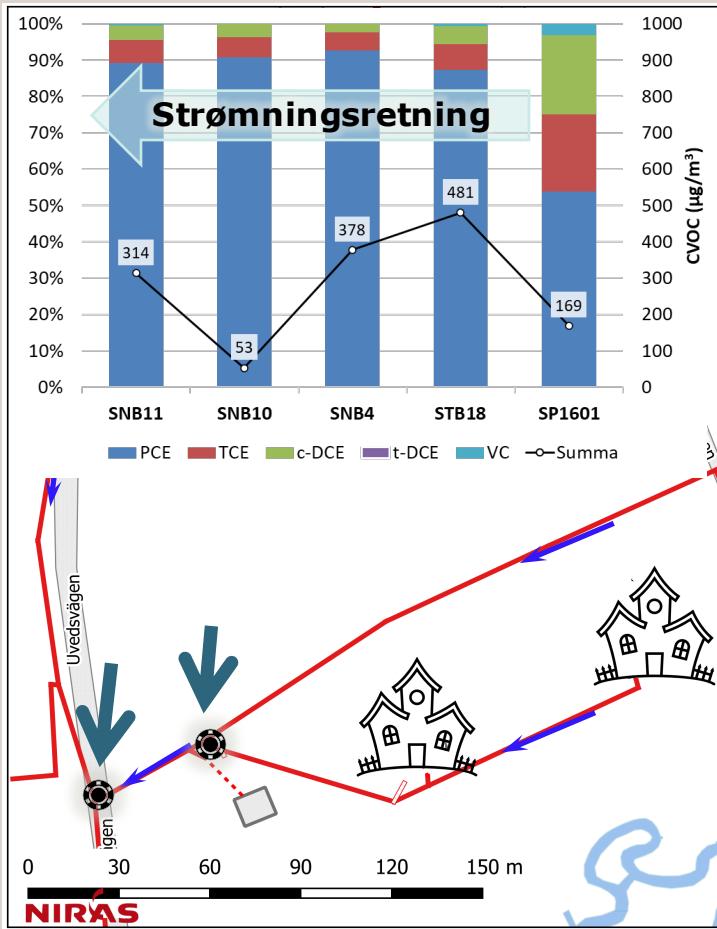
Formål



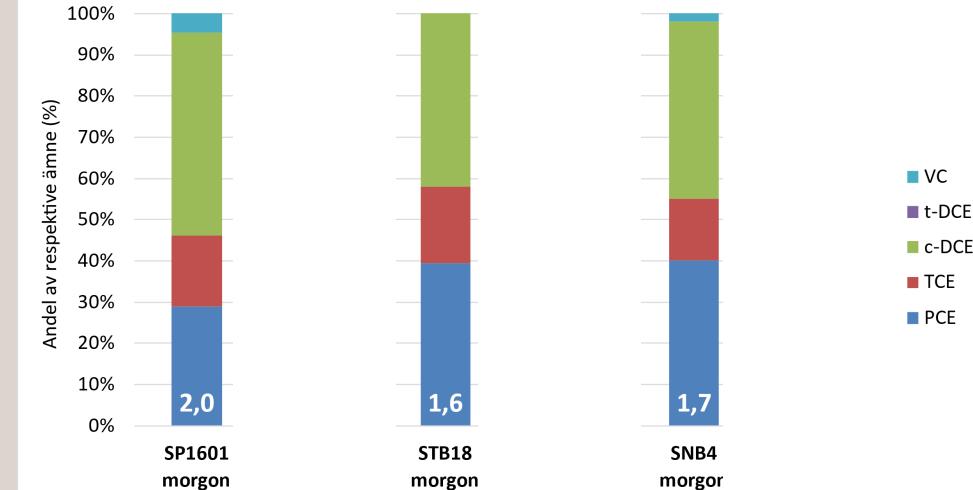
- Kildeområde med eksisterende ventilationspumpe
- *Kan aktiv ventilation nær kilden minimere forureningstransport til boligerne?*
- Feltundersøgelser udført i løbet af en uge

Referencemåling

CVOC i kloakluft, kl. 04 om morgenen



CVOC i spildevand kl. 05 og kl. 19 (efter skybrud)



- Skybrud!
- Koncentration er konstant men sammensætning er ændret → Er biofilm blevet skyllet væk? Ingen nedbrydning

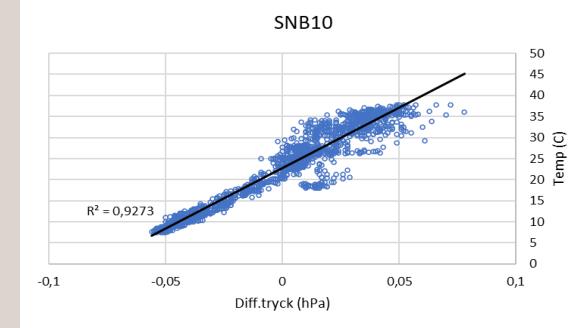
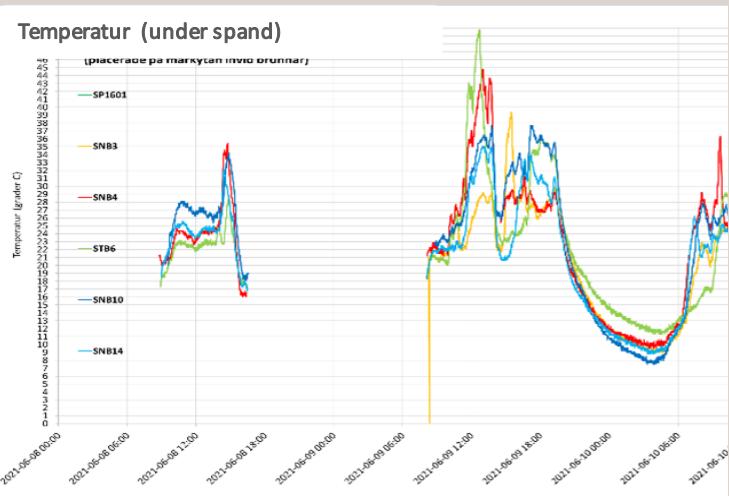
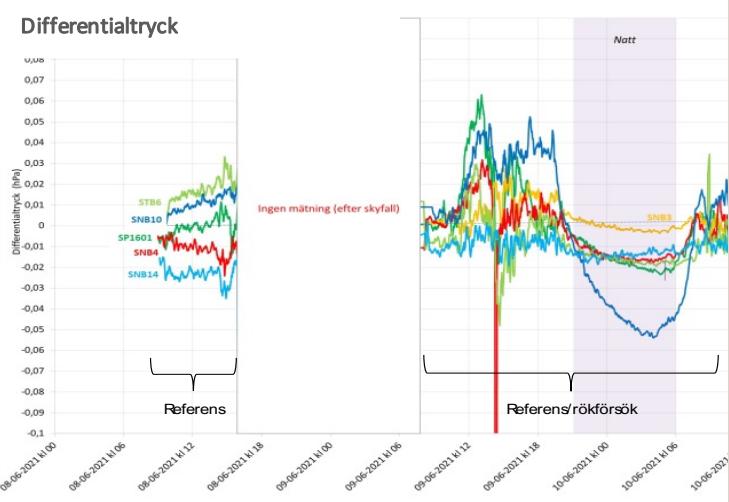
Instrumentering

Installeret via tætte gennemføringer i brønndæksel

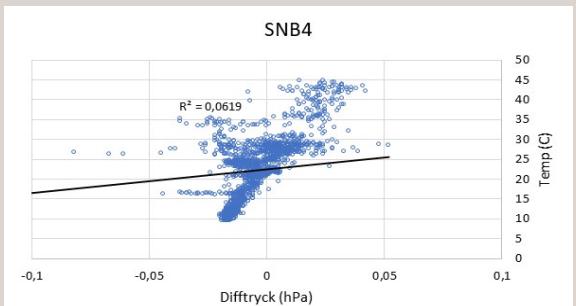


Parameter	Udstyr	Kommentar
Differenstryk	Systronik BlueLine S4602ST	<ul style="list-style-type: none">Måler diff.tryk mellem luft i kloak og atmosfæren - ikke direkte mellem to brøndeHver måler kan påvirkes af vind, temperatur, m.m.
Temperatur	RoomAlyzer	<ul style="list-style-type: none">Registrerer CO₂, VOC, relativ luftfugtighed, lys, lyd
Pneumatisk forbindelse	Røgforsøg + endoskopkamera	<ul style="list-style-type: none">Klorfri røg-patron (hvidfarvet); røgmængde: 17 m³
	Formier sporgas	<ul style="list-style-type: none">Tillførelse og måling via slange gennem brønndæksel med munding i brøndens nedre del
Ventilation	Luftpumpe monteret på vogn	<ul style="list-style-type: none">Op til 120 m³/h (33 l/s) - OBS: 1 m tør kloakledning rummer ca 70 liter luft
Forurening	Kulrørsprøver	<ul style="list-style-type: none">Via slange gennem brønndæksel med munding i brøndens nedre del

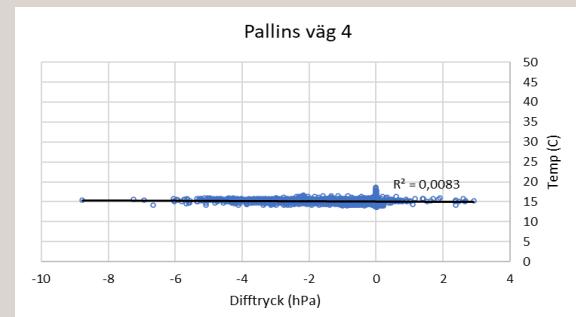
Differenstryk og temperatur



Brønd: Signifikant korrelation mellem P og T

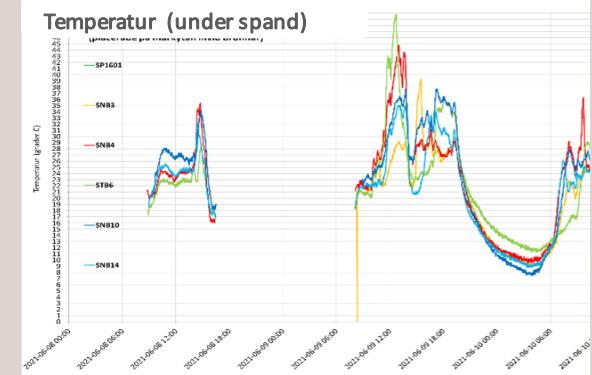
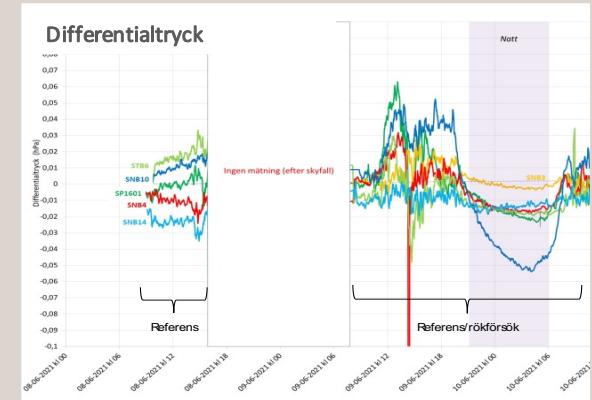
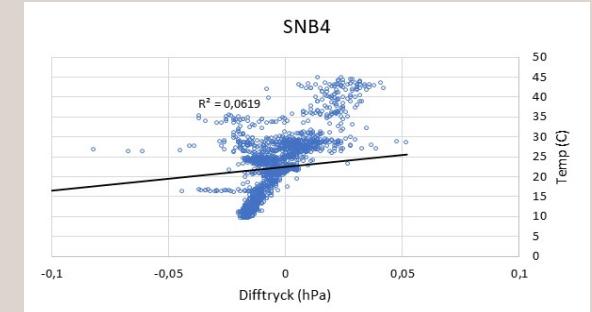


Brønd: God korrelation om natten/ved lav T. Stor variation om dagen



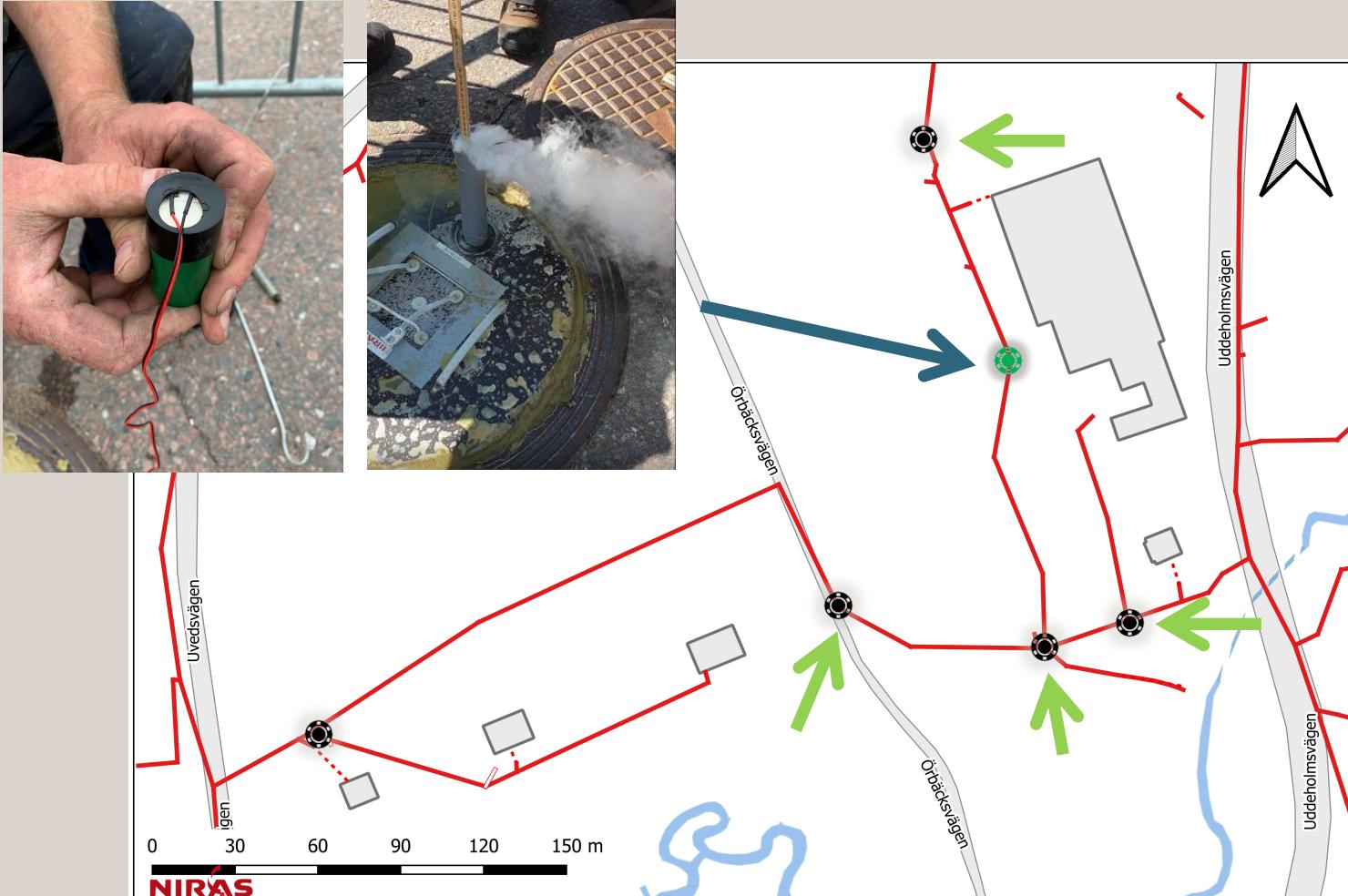
Differenstryk og temperatur

- Trykmålingerne er påvirkede af temperaturvariationen → introducerer en usikkerhed
 - Ikke ”synligt” når man står i felten og er i gang med undersøgelserne
- Kortvarige/momentane forandringer vurderes ikke at blive påvirket af temperaturen – fx
 - Start/stop ventilation
 - Kortvarige spargasforsøg (10 - 20 min)
- Temperaturen påvirker derimod trenden over dagen/dele af dagen
- Generelt, kun små trykforskelle i spildevandssystemet i dagtimerne

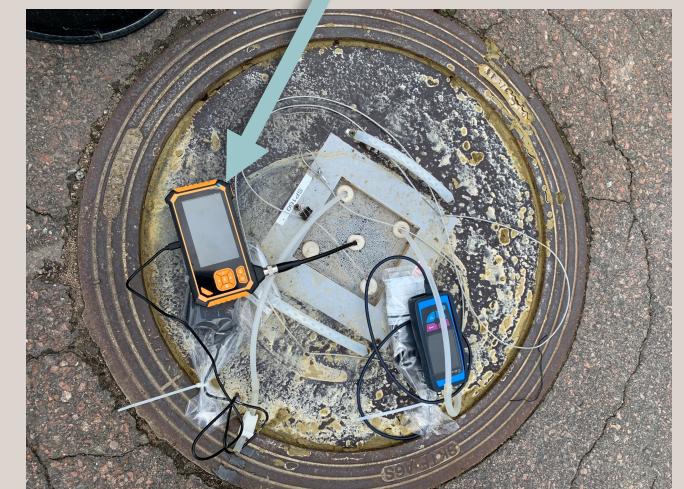


Naturlig strømning i kloak

Røg som sporstof

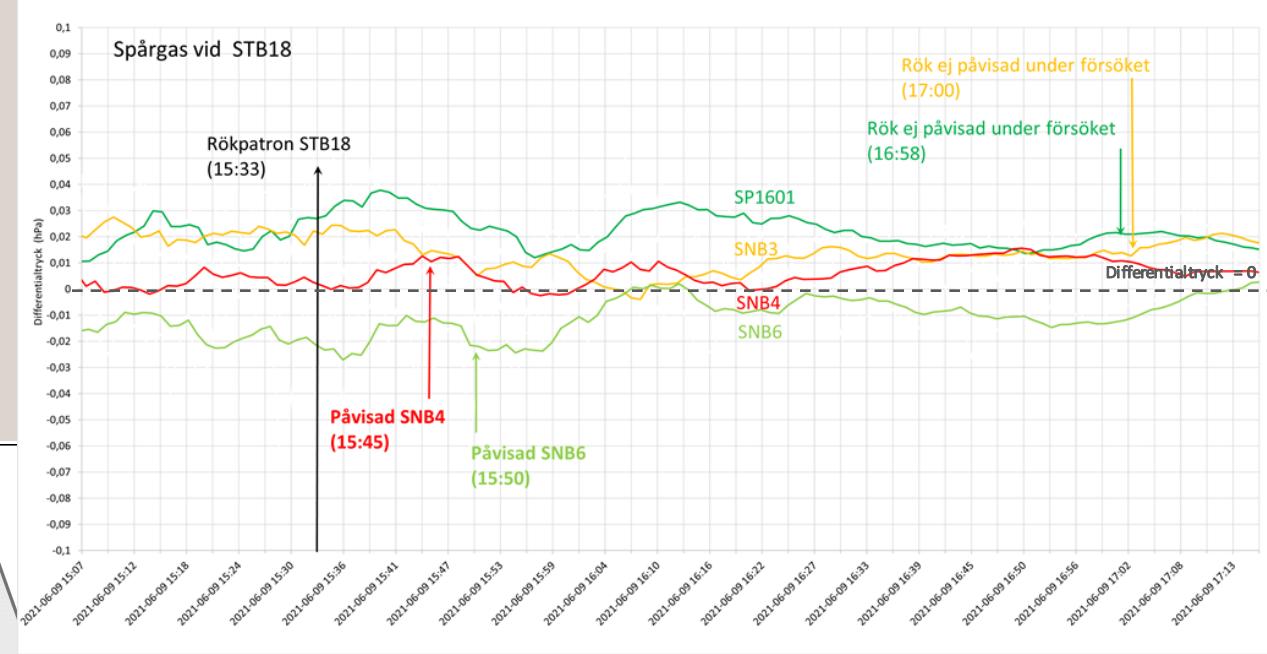


- Klorfri røgpatron (hvid)
- 17 m³ røg
- 1 m tør kloakledning rummer ca 70 liter luft → 250 m ledning
- Monitering i 4 brønde med endoskopkamera



Naturlig strømning

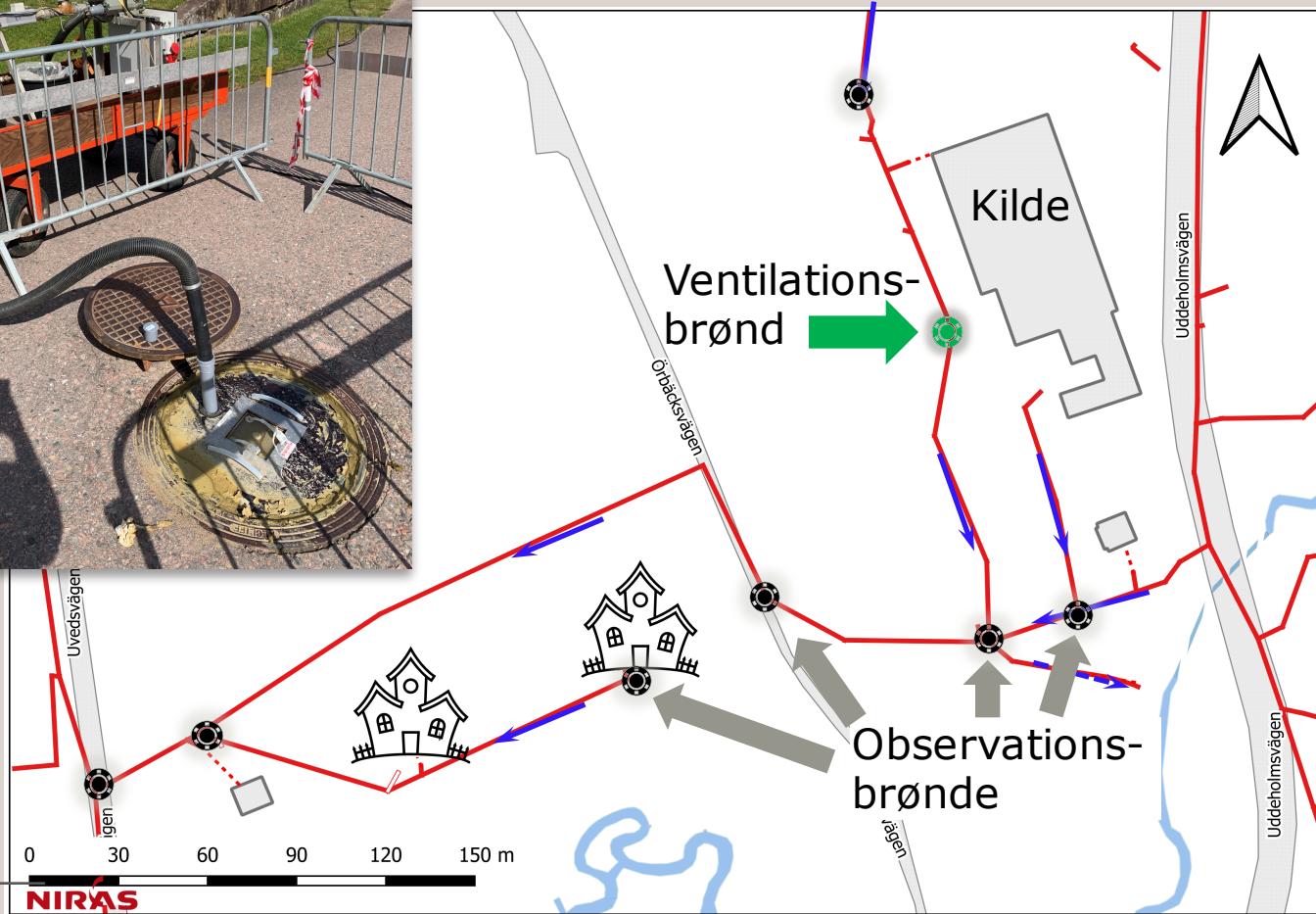
Røg som sporstof



- Påvises ikke nord for injektionspunkt eller øst for SNB4
- Påvises nedstøms i SNB4 og SNB6 (ca 0,2 m/s)
- Påvises ikke ved boligerne
- Overordnet strømningsretning = vandstrømning → "Pulserer" i SNB4 (video)

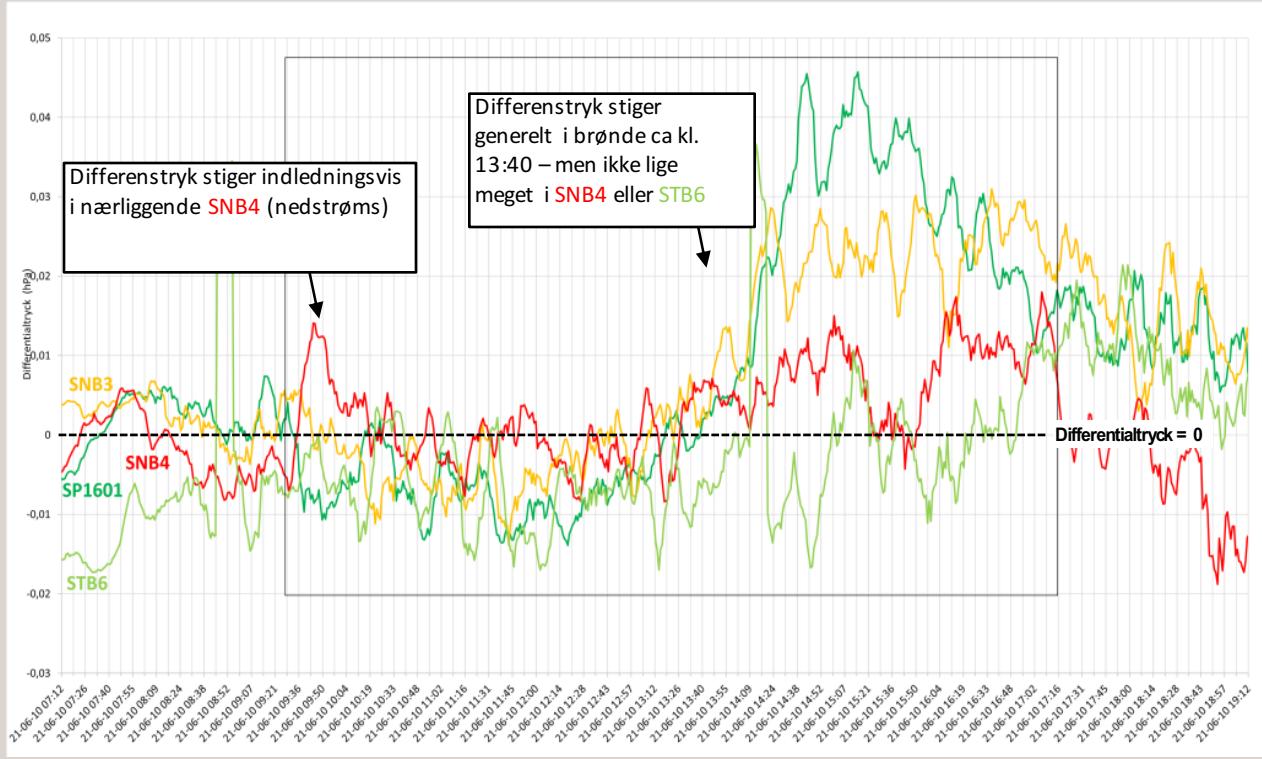
2021-06-09 15:44:06

Ventilationsforsøg



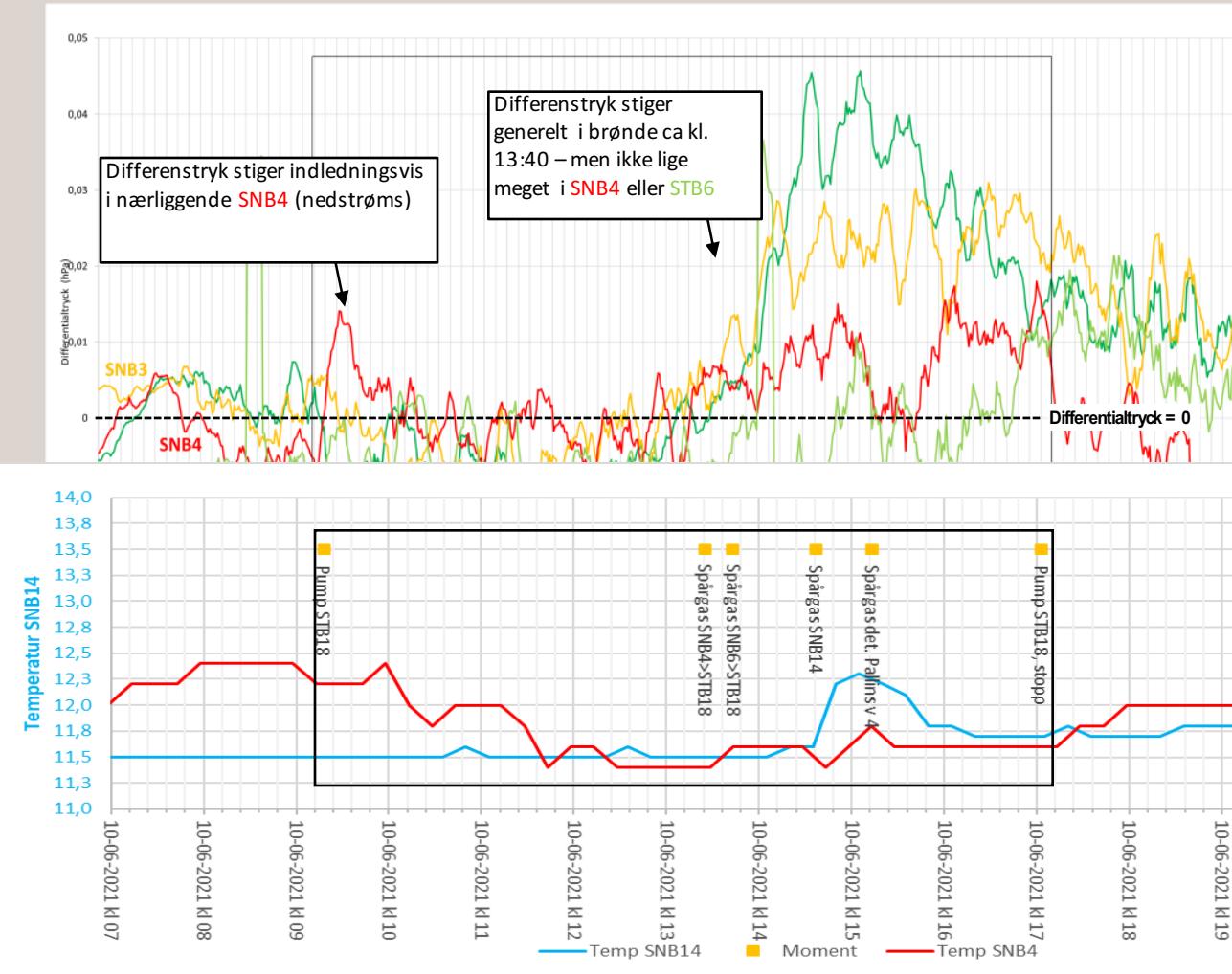
- Ventilationsforsøg i kloak nær kildeområde
- Monitering i kloak både opstrøms og nedstrøms
- 7,5 t med ydelse mellem 100-120 m³/t
- Totalt ca 750.000 l luft er ventileret ud
- Modsvarer >10.000 m ledning

Ventilationsforsøg



- Momentane trykændringer i nærliggende brønde, **SNB4** og **SP1601** → forventet. Dog små forandringer (bare Pa)
- Midlertidig effekt; ingen stabil og entydig trykgradient
- Stigende differenstryk i flere brønde kl. 13:40 (formodentlig pga. temperaturpåvirkning)
- **Trykdata indikerer ingen tydelig effekt af ventilationen!**

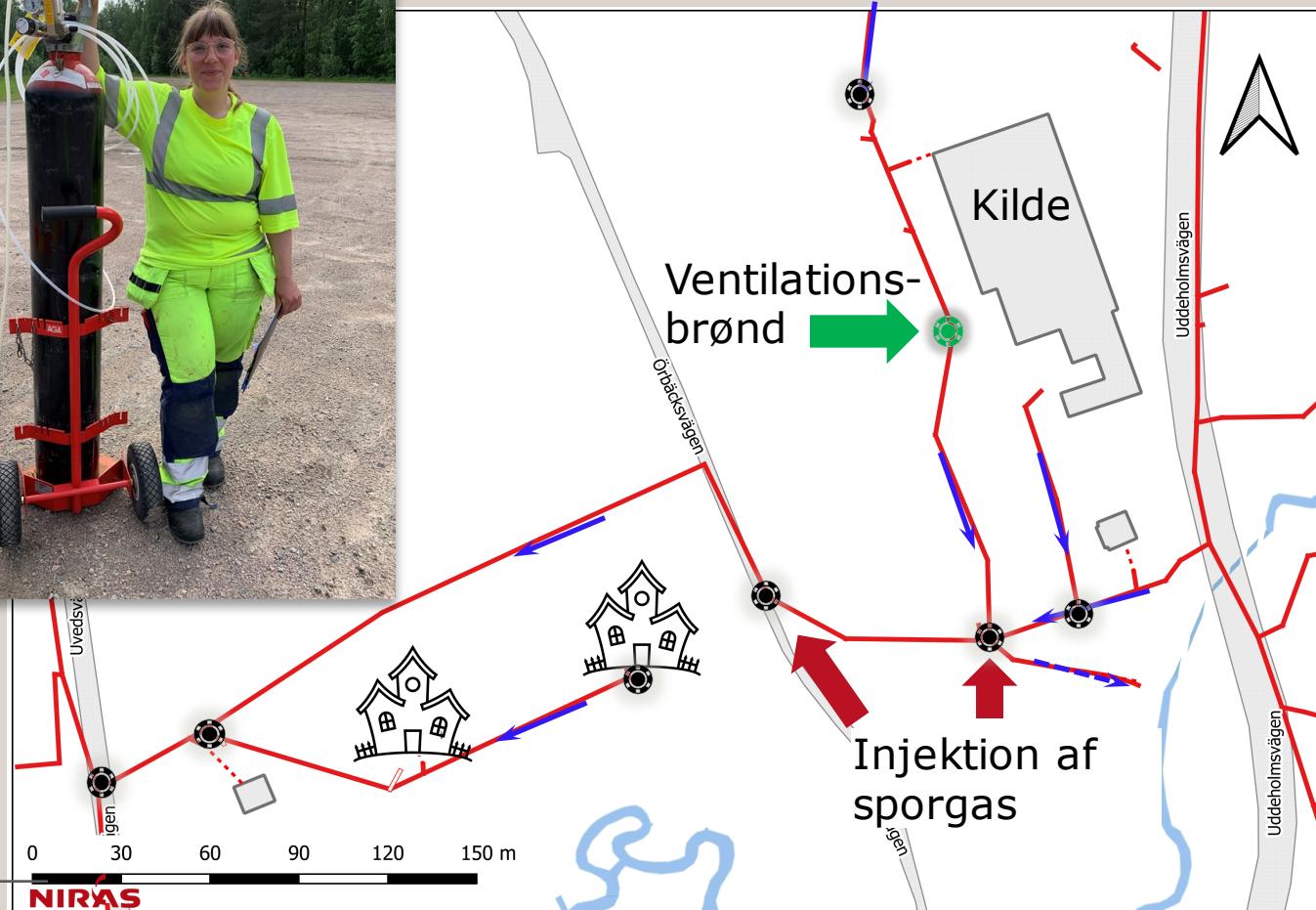
Ventilationsforsøg



- Temperaturdata (RoomAlyzer) indikerer en mere stabil effekt af ventilation (jf **SNB4**)
- Faldende temperatur indikerer at luft ikke hentes fra atmosfæren (fx via åbne brønndæksler, tagudluftning fra nærliggende bygninger)
- Lavere temperatur forekommer ved boliger, **SNB14**; muligvis indikation på at luft strømmer fra "ønsket retning", men kan ikke dokumenteres
- Temperatur-“bump” i SNB14 skyldes sandsynligvis spargasundersøgelse!

Ventilationsforsøg

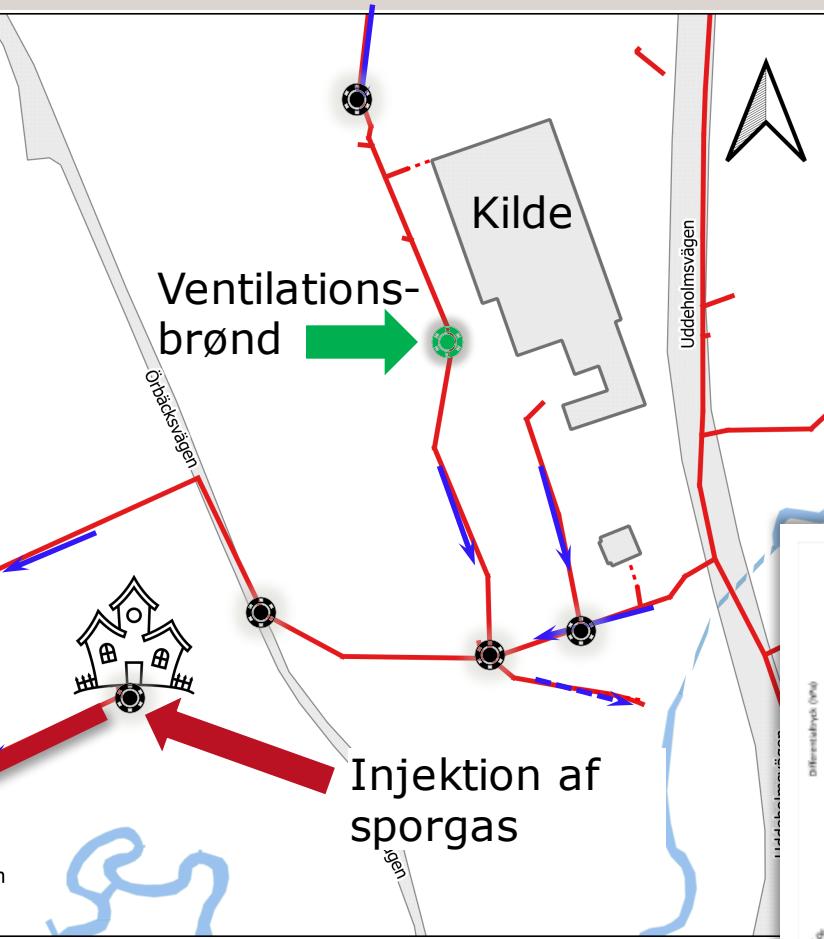
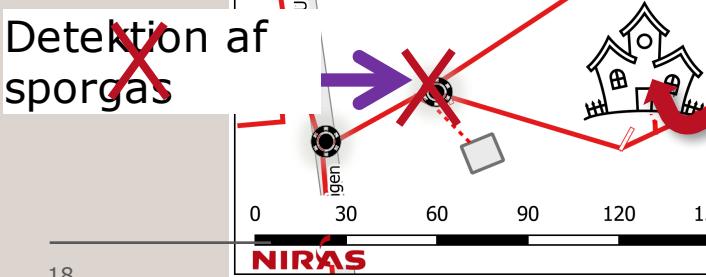
Sporgas som tracer



- Injektion af formier gas → detektion i ventilationsbrønd
- SNB4→STB18 = 0,2 m/s
- STB6→STB18 :
1 min = sporstof stadig i systemet?
- Pulserende/turbulent luftstrømning modsatrettet vandets strømningsretning

Ventilationsforsøg

Sporgas som tracer

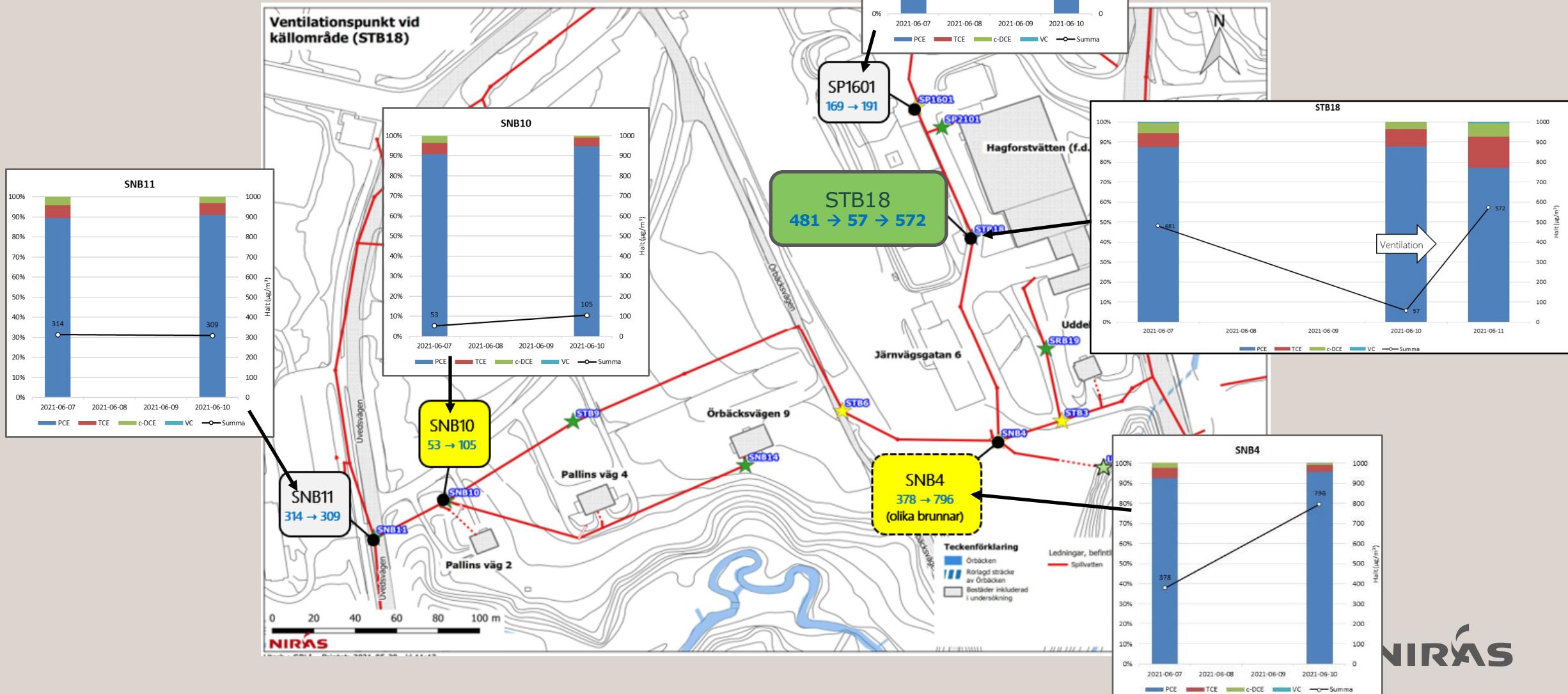


- Injektion af formier gas → detektion i **SNB10**
- Ingen detektion efter 27 min!
- Detektion i boligs faldstammer
 - Viste et signifikant undertryk → uønsket strømningsvej!!



Ventilationsforsøg

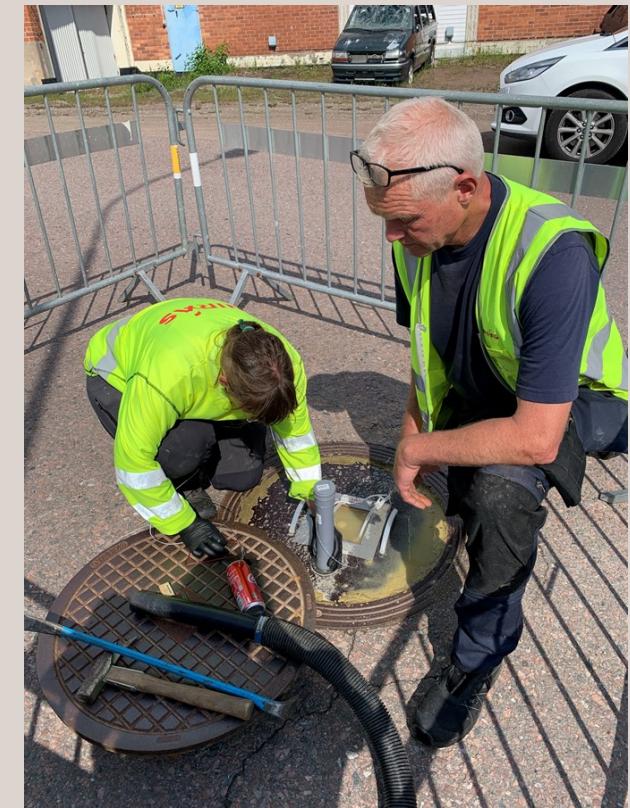
Påvirkning på luftkoncentrationer



Sammenfatning

Undersøgelsens konklusioner

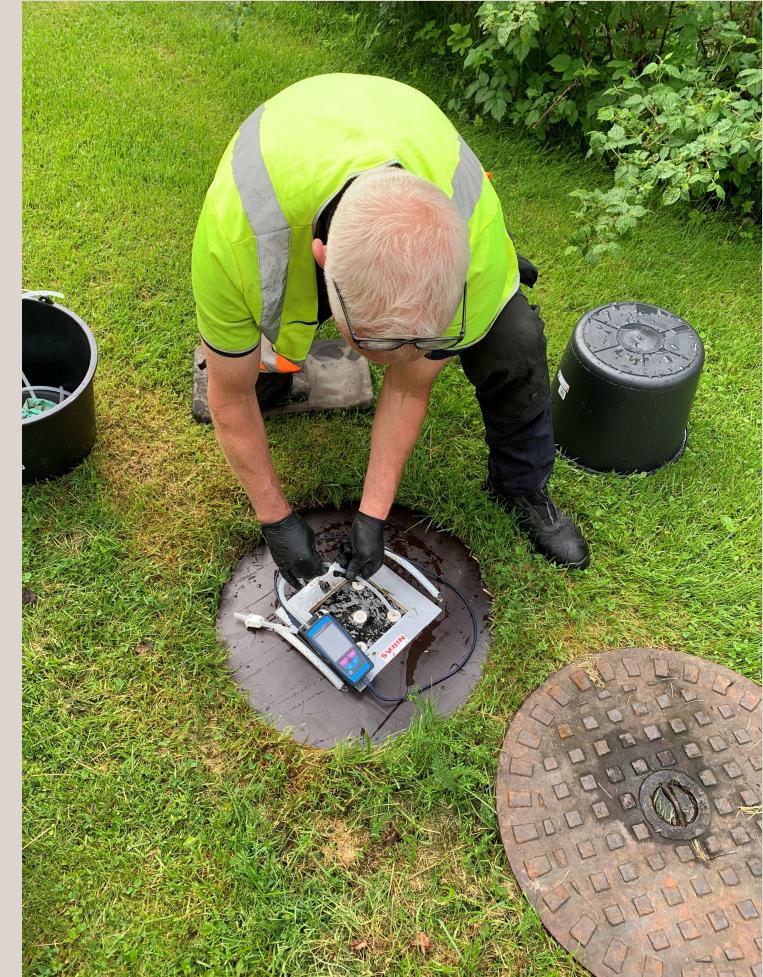
- Referencemålingerne indikerer kun små trykforskelle i spildevandssystemet i dagtimerne
- Røg- og sporegasforsøg sammen med trykdata indikerer, at luften bevæger sig pulserende/turbulent
- Ventilationstest med $>100 \text{ m}^3/\text{t}$ var ikke nok til at kunne afværge i nedstrøms boliger
- Efter ventilation viser luftprøver både stigende og faldende CVOC koncentrationerne i forskellige dele af ledningssystemet → ikke altid ønskværdigt (fx øgede koncentrationer i spildevandssystemet tættest på beboelsen)



Sammenfatning

Måletekniske konklusioner

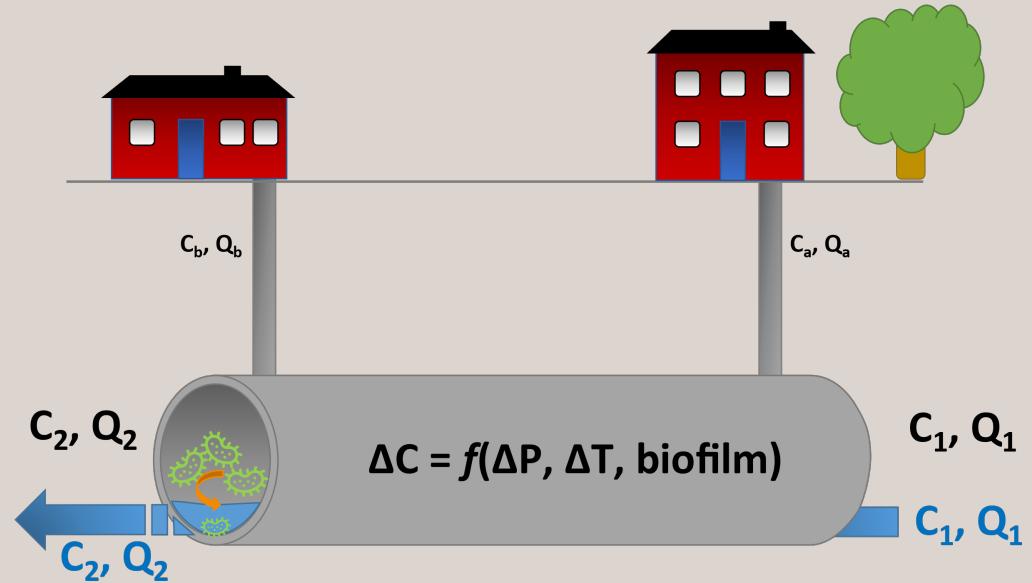
- Tidslig, højopløst data er vigtig for tolkning (tryk, temperatur, luft- og vandstrømning, CVOC i luft og spildevand)
- Bedre at måle det faktiske differenstryk mellem målepunkter/brønde
- OBS at måleinstrument skal placeres, hvor der er så lille en temperaturvariation som mulig
- Temperatur er en velfungerende tracer → fungerer godt som indikator på betydende forandringer i systemet (fx stigende temperatur ved indtrængning af varm, atmosfærisk luft)



Sammenfatning

Take home messages

- Spildevandssystemet fremstår som et meget dynamisk system med stor kompleksitet
- Systemet havde været svært at forstå, hvis ventilationsforsøget alene var blevet verificeret ved traditionel prøvetagning
- Kontinuerte og tidsmæssigt høj-opløste data (primært tryk og temperatur samt flow) har været meget værdifuldt i forhold til at vurdere de relativt få, kemiske data, som er indsamlet ved prøvetagning
- **Udvikling og afprøvning af supplerende metoder til bestemmelse af parametre i den "nye" forståelsesmodel**



Spørgsmål?



Gro Lilbæk –  gqli@niras.dk
Anders G Christensen –  agc@niras.dk