

Aerob nedbrydning af vinylchlorid i sandfiltre

Lisbeth Hansen, Region Hovedstaden

Søren Eriksen, Krüger A/S

ATV vintermøde 2021

Agenda

Pump and treat anlæg til afskæring af grundvandsfaner

- Chlorerede nedbrydningsprodukter udfordrer kulfiltre
- Nedbrydningsveje for vinylchlorid

Anlæg i forsøg

- Forureninger og driftsparametre

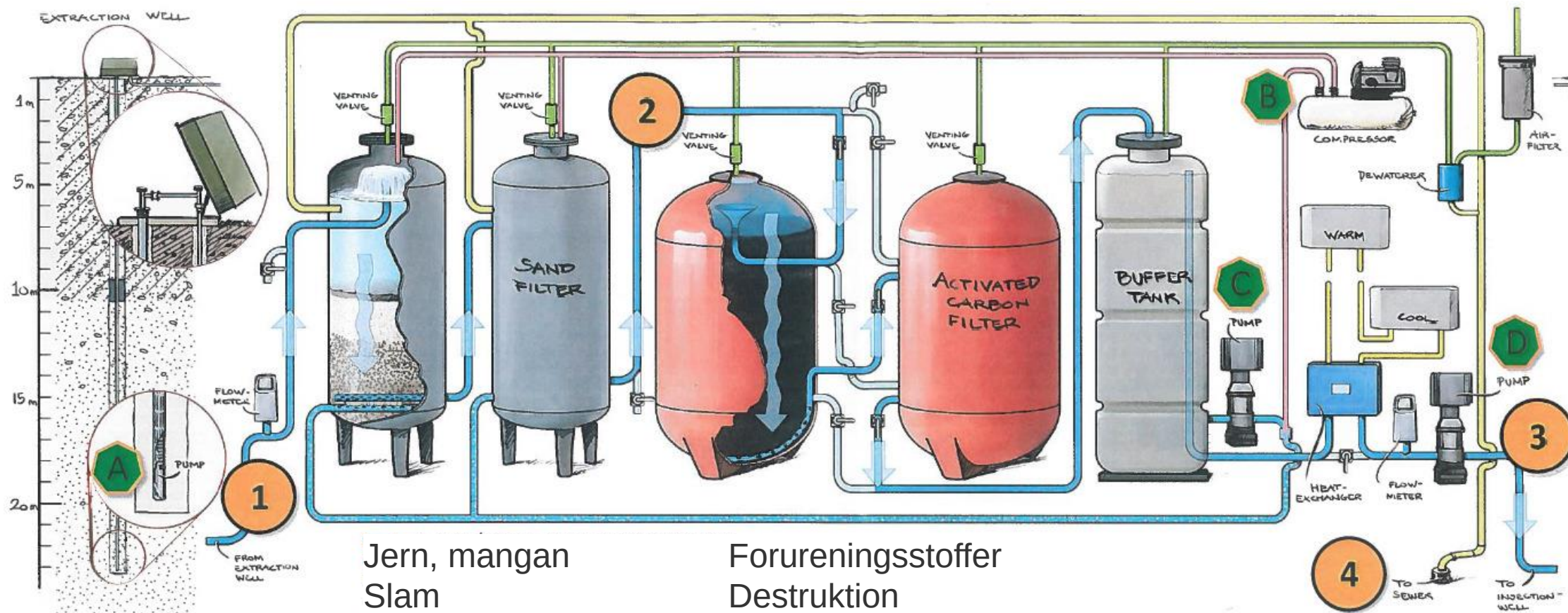
Modifikation af anlæg

- Forbedring af iltning
- Podning
- Substrattilsætning

Resultater

Konklusion

P&T anlæg



Nedbrydningsveje for chlorerede stoffer

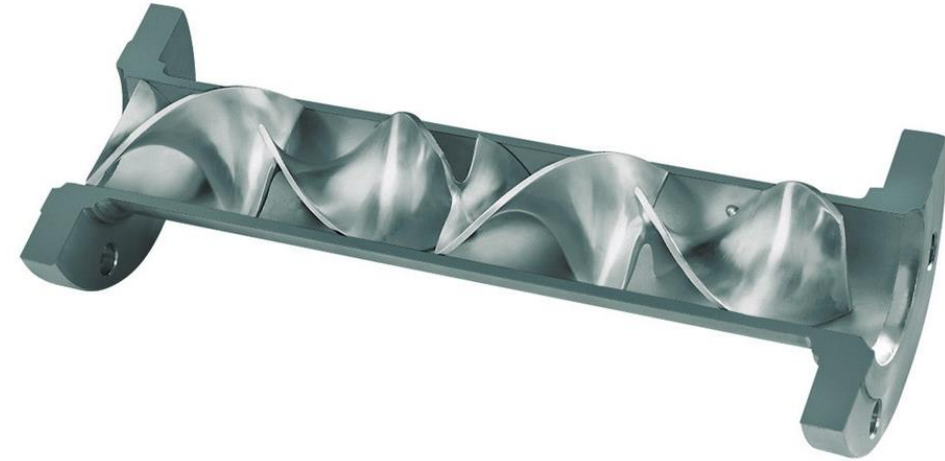
Mikrobiologisk nedbrydning						
Kemisk forbindelse	Forkortelse	Aerob		Anaerob		
		Direkte aerob oxidation	Aerob cometabolisme	Reduktiv dechlorering v. halorespiration	Direkte anaerob oxidation	Anaerob cometabolisme
Perchlorethen	PCE			X		X
Trichlorethen	TCE		X	X		X
<i>cis</i> -1,2-dichlorethen	<i>cis</i> -DCE	X	X	X	(X)	
1,1-dichloethen	1,1-DCE		X	X		
<i>trans</i> -1,2-chlorethen	<i>trans</i> -DCE	?	X	X	?	
Vinylchlorid	VC	X	X	X	(X)	X
Trichlorethan	1,1,1-TCA		X	X		X
1,1-dichlorethan	1,1-DCA	X	X	X		?
Chlorethan	CA	X	X	?	?	

Anlæg i forsøg

Anlæg	Opholdstid	Carbonkilde [µg/L]	Cis-DCE indløb [µg/L]	VC indløb [µg/L]	Forsøg
Søborg Hovedgade	200 min	BTEX 3500 Øvrige 3500	200	100	Iltning
Hejrevej	15 min	BTEX 2,5 Øvrige 160	300	300	Iltning
Lufthavnen	10 min	--	10	0,3	Iltning Podning
Grusgraven	30 min	--	4	0,4	Substrat Næringsstoffer

Modifikationer af anlæg – optimeret iltning

- Statisk mixer
 - Forbedret opløsning af oxygen – mætning opnås
- Renovering af kompressoranlæg
 - Sikre trykluftforsyning
 - Eliminere olie og kondens
- Mass flow controller
 - Konstant luftdosering eller konstant luft-vandforhold
 - Tilstrækkelig iltning uden kalkudfældning



Podning

- Filtersand er udtaget fra Søborg Hovedgade med effektiv nedbrydning og ilagt sandfilter i Lufthavnen med delvis nedbrydning

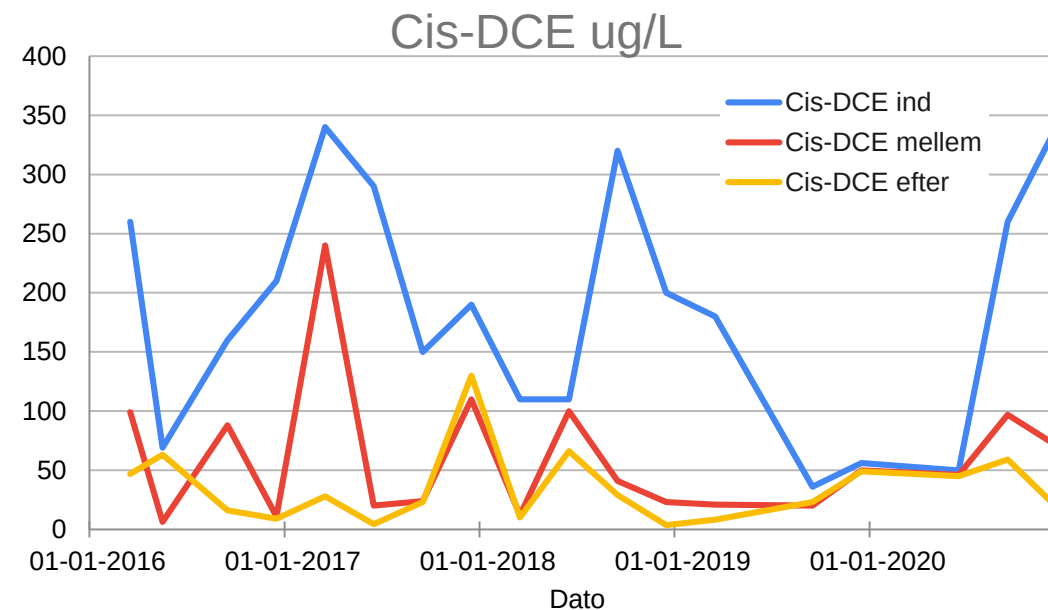
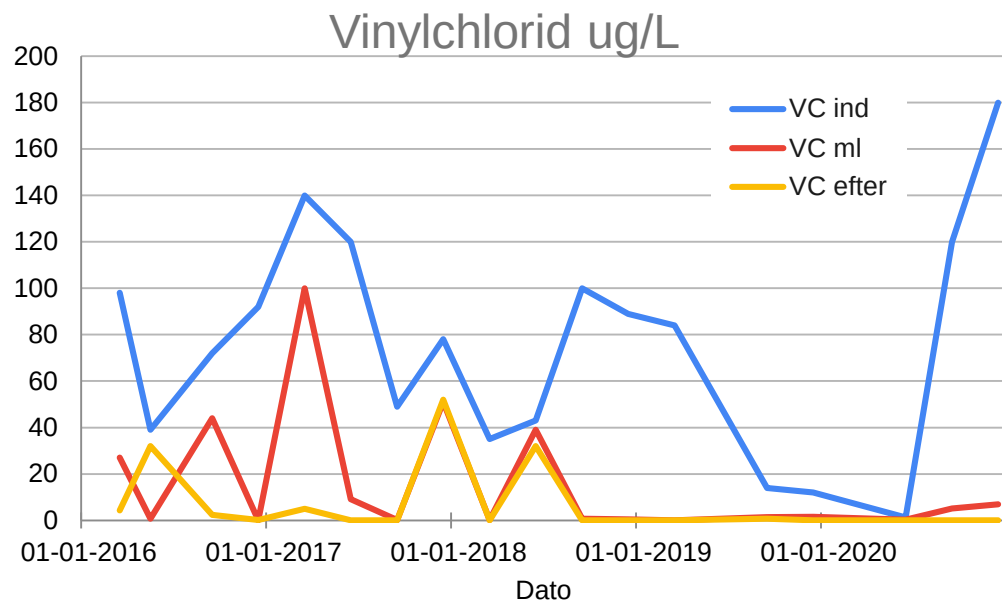
Substrat dosering

- Eddikesyre 40-160 g/L 0,2-0,9 mg/m³
- Sukker 200-400 g/L 1,2-2,3 mg/m³
- NPK-gødning 50-100 g/L 6-12 µg P/m³
- Kontinuert / interval-dosering



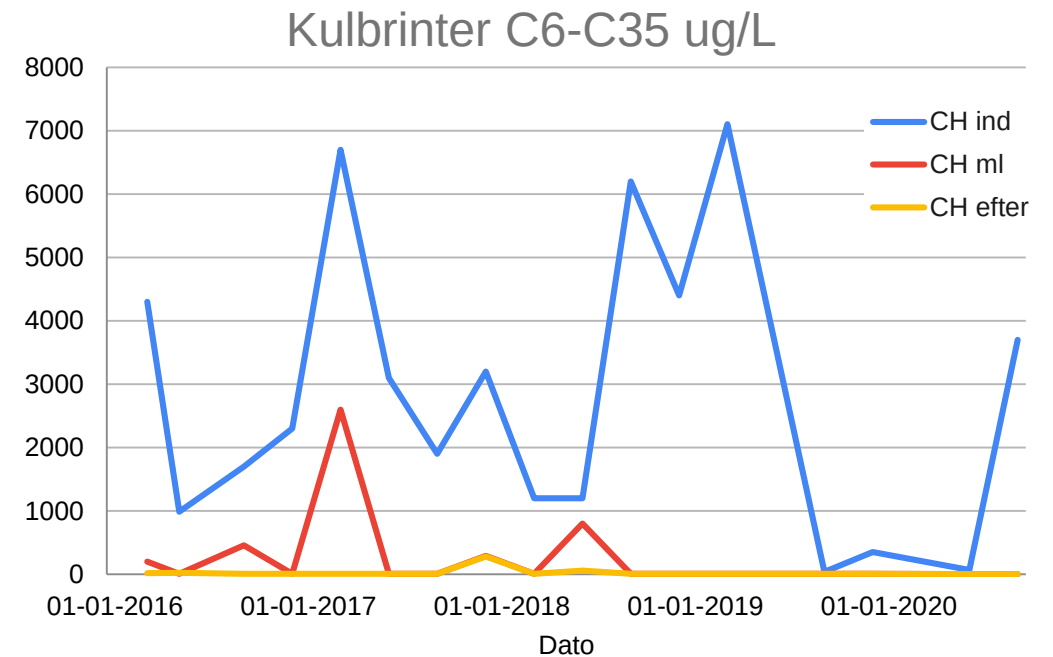
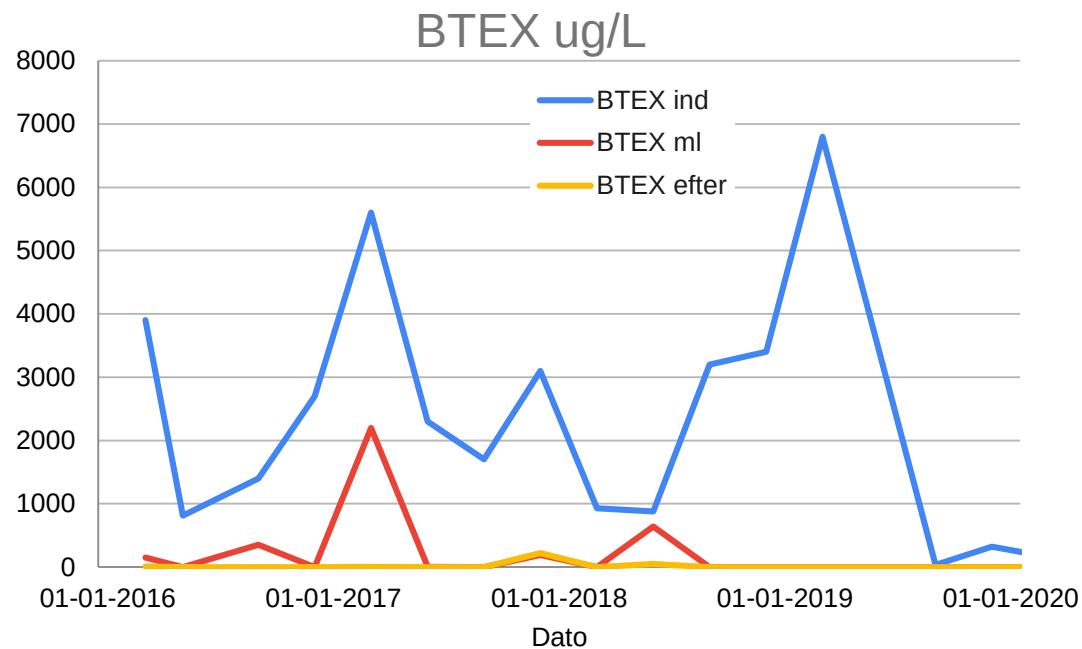
Resultater – Iltning ved høje forureningskoncentrationer

- Vinylchlorid nedbrydes stort set fuldstændigt
- Cis-DCE nedbrydes 80-95%



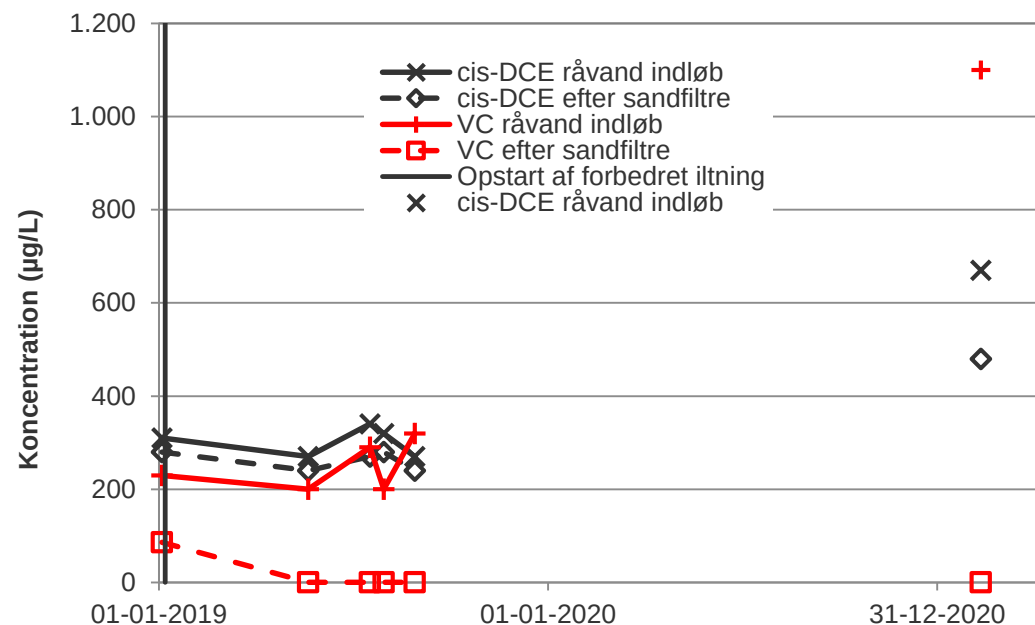
Resultater – Iltning ved høje forureningskoncentrationer

- BTEX og kulbrinter nedbrydes stort set fuldstændigt
- PCE nedbrydes ikke, mens TCE og trans DCE nedbrydes i ringe grad



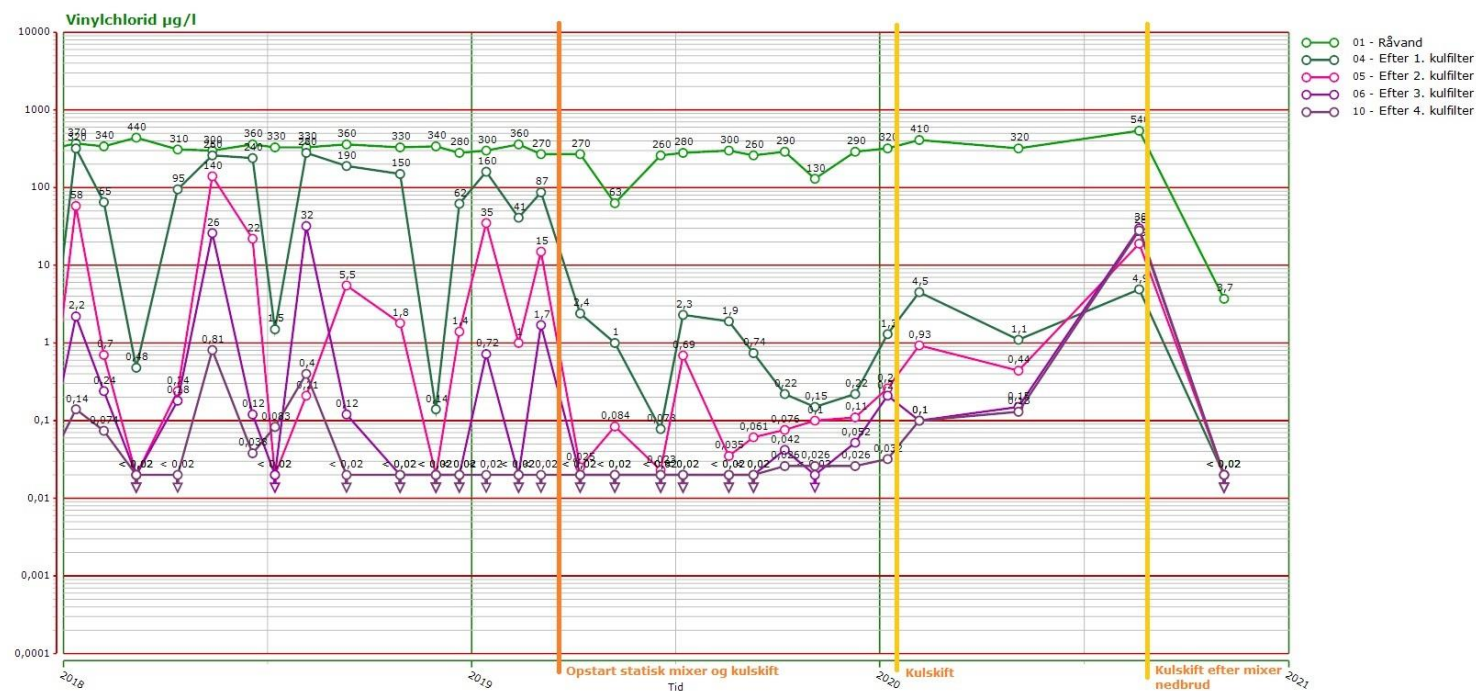
Resultater – Iltning ved middel forureningskoncentrationer

- Vinylchlorid nedbrydes stort set fuldstændigt
- Cis-DCE nedbrydes 10-20%



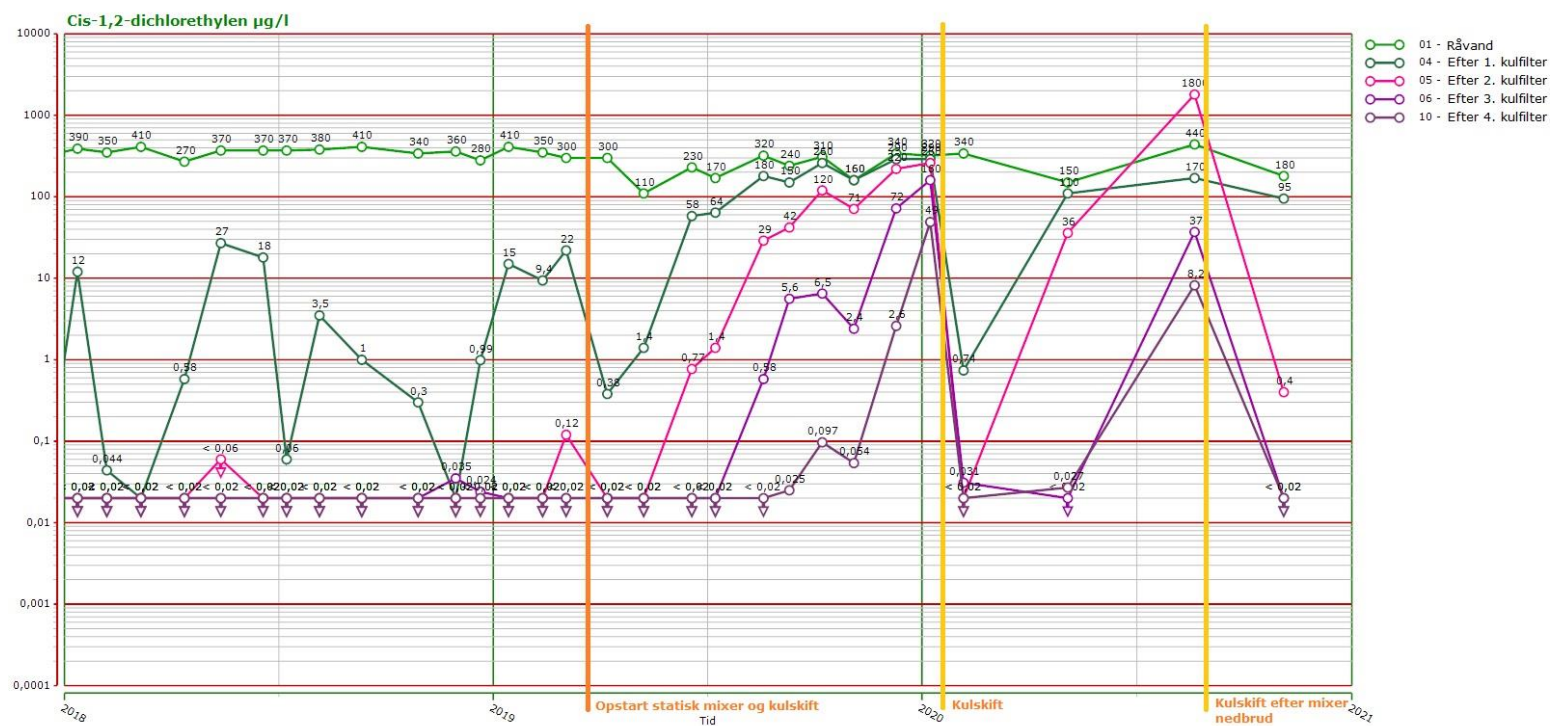
Resultater – Iltning ved middel forureningskoncentrationer

- Vinylchlorid belaster ikke længere kulfilter
- Interval for kulskitte øges fra 7 uger til 10 måneder



Resultater – Iltning ved middel forureningskoncentrationer

- Cis-DCE bliver bestemmende for kulskifte
- Prøvetagningsinterval øget fra 1 måned til 3 måneder



Driftserfaringer med statisk mixer og mass flow controller

- Statisk mixer skal renses for okker 2 gange årligt
- Afluftere på sandfiltre kan med fordel renses samtidig
- Mass flow controller er følsom for partikler, olie og vand:
 - Trykluftanlæg skal være i god stand med køletørrer og filtre
 - Kontraventil mod anlæg skal fungere, så vand ikke løber tilbage
- Driften bliver følsom for gennembrud af VC, hvis iltning svigter:
 - Iltning bør overvåges: luftflow eller endnu bedre oxygenkoncentration efter sandfilter

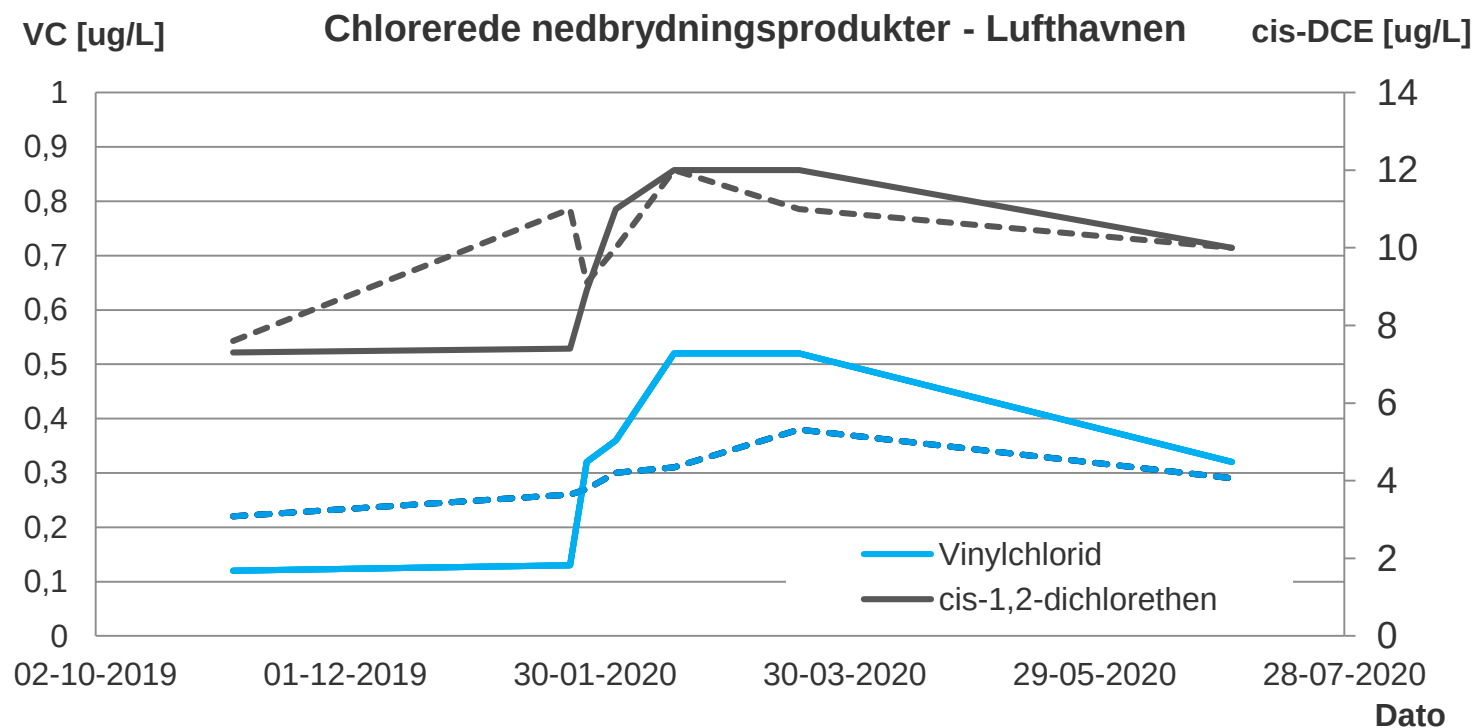
Konklusioner – høje og middel forureningskoncentrationer

- Omfattende biologisk nedbrydning finder sted hvis iltning er tilstrækkelig
- De nødvendige bakterier er til stede og vokser villigt
- Biologisk nedbrydning går i gang af sig selv efter driftsafbrydelser

		Mikrobiologisk nedbrydning				
		Aerob		Anaerob		
Kemisk forbindelse	Forkortelse	Direkte aerob oxidation	Aerob cometabolisme	Reduktiv dechlorering v. halorespiration	Direkte anaerob oxidation	Anaerob cometabolisme
Perchlorethen	PCE			X		X
Trichlorethen	TCE		X	X		X
<i>cis</i> -1,2-dichlorethen	<i>cis</i> -DCE	X	X	X	(X)	
1,1-dichloethen	1,1-DCE		X	X		
<i>trans</i> -1,2-chlorethen	<i>trans</i> -DCE	?	X	X	?	
Vinylchlorid	VC	X	X	X	(X)	X
Trichlorethan	1,1,1-TCA		X	X		X
1,1-dichlorethan	1,1-DCA	X	X	X		?
Chlorethan	CA	X	X	?	?	

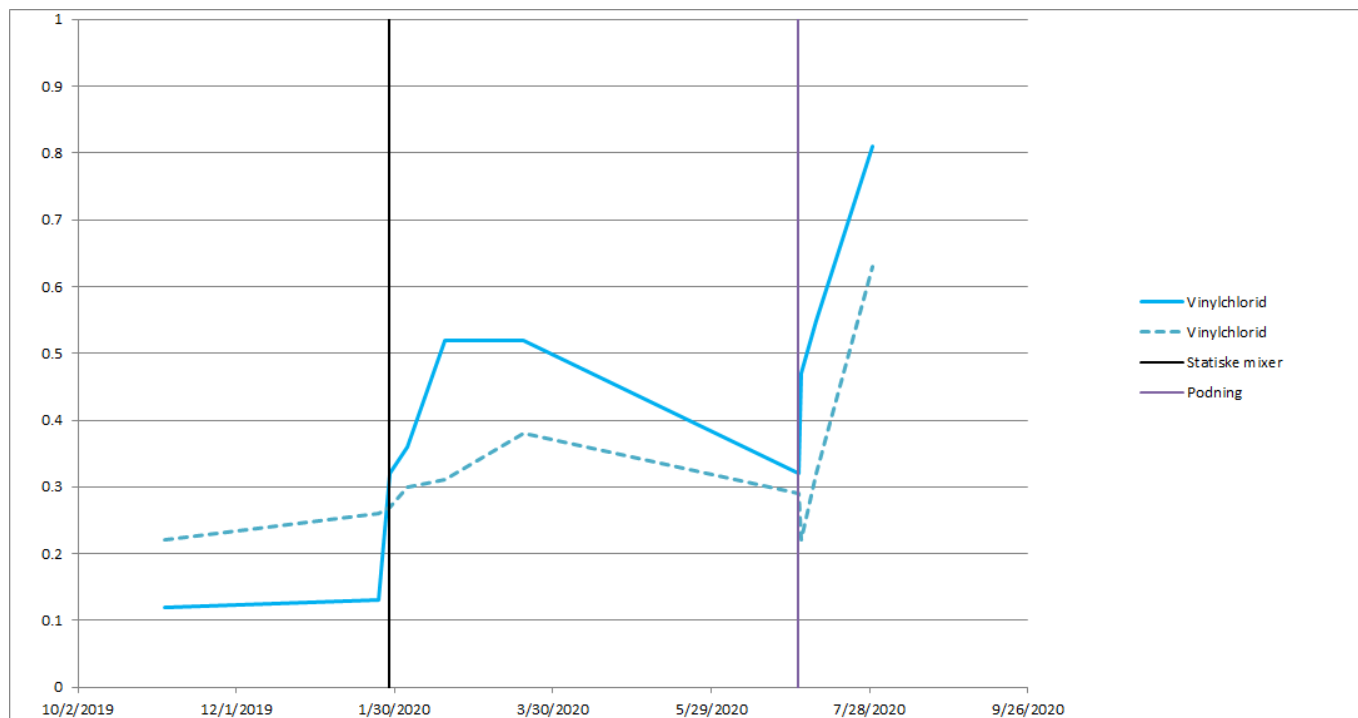
Resultater – Lave forureningskoncentrationer

- Ca. 20-25% nedbrydning af vinylchlorid
- Ingen nedbrydning af cis-dichlorethen



Resultater – podning

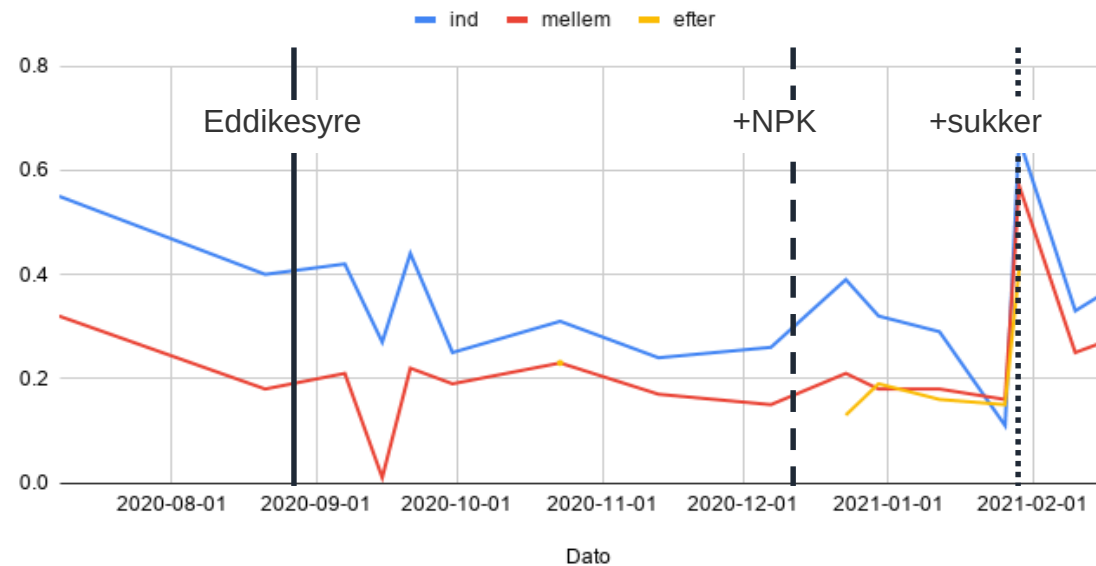
- Podning har kortvarig virkning: 50% nedbrydning af VC
- Bakteriekultur er ikke stabil



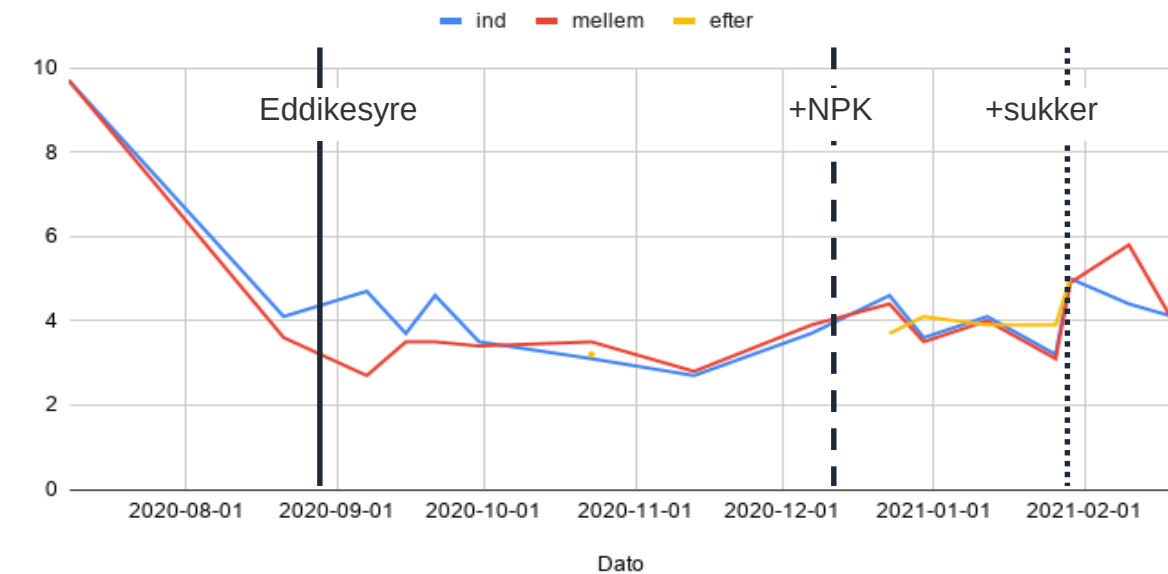
Resultater – Lave forureningskoncentrationer

- Ca. 40-50% nedbrydning af vinylchlorid i 1. sandfilter – ingen nedbrydning i 2. sandfilter
- Ingen nedbrydning af cis-dichlorethen
- Ingen effekt af substrat og næringsstoffer

Vinylchlorid [$\mu\text{g/L}$]



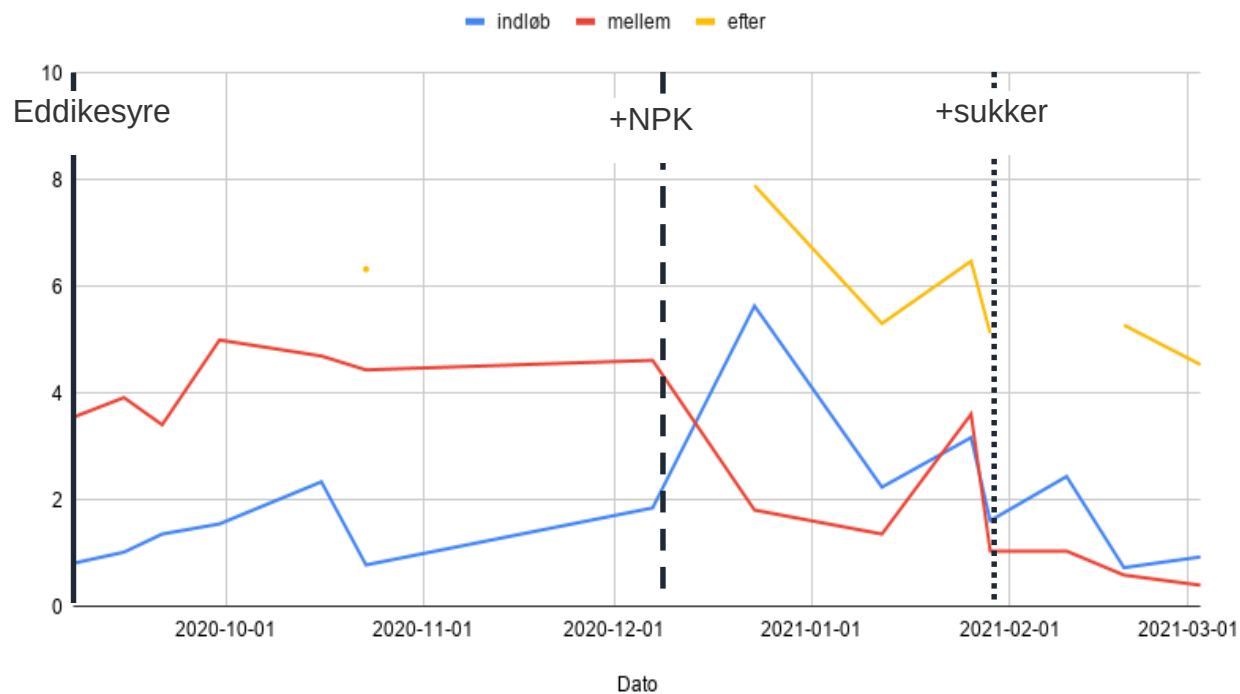
cis-DCE [$\mu\text{g/L}$]



Resultater - substratdosering

- Øget oxygenforbrug indikerer biologisk aktivitet
- Nedbrydning påvirkes ikke

DO2 [mg/L]



Resultater – lave forureningskoncentrationer

- Begrænset biologisk nedbrydning finder sted
- Det er vanskeligt at opnå nedbrydning ved hjælp af iltning, podning og dosering af kulstofkilde
- Udfordringer:
 - Er de rigtige bakterier i anlægget?
 - Vokser de tilstrækkeligt til at omsætte forureningen?
 - Overlever biomassen returskyl? Driftstop?
 - I Lufthavnen indeholder vandet desuden PFAS som begrænser valget af aktivt kul

Konklusion

- Ved tilstrækkeligt høje forureningsniveauer af chlorerede nedbrydningsprodukter OG egnede kulstofkilder kan omfattende biologisk nedbrydning opnås i sandfiltre blot iltning er tilstrækkelig
- Miljøforbedring i form af mindre kul til destruktion
- Besparelser i form af længere intervaller for kulskifte og prøvetagning
- Væsentlig nedbrydning er vanskeligt at opnå ved lave forureningsniveauer
- Velfungerende biologisk nedbrydning kræver procesovervågning