

Resultater fra målinger med Fluxsamplere, Tujavej, Køge.

Att. Region Sjælland, Susanne Rinette Pedersen.

Hubert de Jonge, Sorbisense A/S; 27-11-2014

Indledning:

I et offentlig-privat samarbejde er der udviklet et nyt måleinstrument, Sorbisense *FluxSampler*, som er egnet til at måle grundvandets hastighed og strømning, også beskrevet som flux¹. Sorbisense FluxSampler er et 25 cm langt rør, der fungerer som en fysisk opsamlingsenhed, og som placeres i en boring i grundvandet. I FluxSampler er der 4 lodret adskilte sektioner – en centreret og tre ydre. Den centrale sektion indeholder et salt, som udvaskes i takt med vandgennemstrømningen og vandets hastighed, hvorved grundvandets flux måles. De tre ydre sektioner indeholder et absorberende stof, som tilbageholder forurening fra grundvandet.

Sampleren installeres over en længere periode (4-12 uger) i grundvandsfilter, hvorefter de forskellige sektioner analyseres i laboratorium for svind afsalt og akkumulering af forurening. Herfra beregnes henholdsvis grundvandets strømning, og forureningens flux og spredningsretning.

Projektbeskrivelse:

Prøvelokaliteten er Tujavej, Køge. Formålet med anvendelsen af fluxsamplere er at undersøge spredningsveje og strømningens retning for forureningen, og undersøge forureningsfluxen for de væsentligste forureningskomponenter (VOCI). Målingerne er gennemført efter anvisninger fra Region Sjælland i eksisterende filtersætninger, i alt 7 boringer.

Borings- og montageoversigt:

Boring	Pejling bund (m.u.t.)	Pejling GV (m.u.t.)	Prøve nr.	Prøvetagnings dybde (m.u.t.)	Dato Installation	Dato optagning
B 143	4,95	1,44	0611-8485	2,90 - 3,20	14-08-2014	23-09-2014
B 163	4,92	1,81	0611-8486	2,87 - 3,17	14-08-2014	23-09-2014
B 150F2	4,94	1,23	0611-8487	4,39 - 4,69	14-08-2014	23-09-2014
B 402	19,30	1,60	0611-8488	18,75 - 19,05	14-08-2014	23-09-2014
B 401	18,21	1,75	0611-8489	17,66 - 17,96	14-08-2014	23-09-2014
B 120	7,02	1,09	0611-8490	6,22 - 6,52	14-08-2014	23-09-2014
B 171	5,05	1,18	0611-8491	3,25 - 3,55	14-08-2014	23-09-2014

¹ Jordforurening info nr. 2 2014.

Installation af fluxsamplere er udført af Sorbisense under tilsyn af Region Sjælland. Optagning af fluxsamplerne er udført af Region Sjælland. Samplere i alle borer er placeret således, at pilen på sampleren peger mod syd. Dvs. at sektion a peger mod nord, sektion b mod sydøst, og sektion c mod sydvest.

Analyseprogram, efter anvisninger fra Region Sjælland:

- 1,2-Dibromomethane*; 1,2-Dichloroethane*; cis-1,1-Dichloroethene*; trans-1,1-Dichloroethene*; 1,1-Dichloroethene*; 1,2-Dichloropropane*; Tetrachloroethene*; Tetrachloromethane*; Trichloroethene*; 1,1,1-Trichloroethane*; 1,1,2-Trichloroethane*; Vinylchloride*

Åbning af samplere blev foretaget i Sorbisense laboratorium. Ca. 10 gram fra hver sektion er sendt til analyse hos Eurofins. Analyser er korrekt udført ifølge rekvisition hos Eurofins Miljø i Vejen i perioden 26-09-2014 til 09-10-2014. Tilhørende til denne rapport er rå analysedata fra Eurofins (med batch nummer 232350) samt rapport SOR232350 med fluxberegninger.

Beregningsmetoder:

Beregninger af grundvandsflux er udført på basis af målinger af saltudvaskning i Sorbisense' laboratorium. Beregninger af masseflux/kildestyrke er udført på baggrund af Eurofins rapport nr. 232350.

Beregningsmetoder og forudsætninger for fluxberegninger er vist herunder:

Mængden af grundvand der passerer sampleren under eksponering for grundvandet beregnes fra tabet af salt $M_{tracersalt}$ (g), i henhold til:

$$V = \frac{M_{start,tracersalt} - M_{lab,tracersalt}}{K}$$

Hvor K = saltets opløselighed (g m^{-3}). Resultatet for prøvevolumen er således beregnet under forudsætning af en opløselighed af sporsalt (Calcium citrat) på 184 mg Ca/L. Den beregnede volumen svarer til grundvandets gennemstrømning Q af sampleren i prøvetagningsperioden:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Hvor Q er udledning ($\text{m}^3 \text{t}^{-1}$) og t = længde af prøvetagningsperioden. Det antages i det følgende, at grundvandets divergens eller konvergens og vertikal gennemstrømning kan ignoreres. Herved beregnes den horisontale grundvandsflux J_w ved at dividere prøvevolumen med det lodrette tværsnitsareal A af sampleren (m^2):

$$J_w = \frac{V}{A \cdot t}$$

Hvor J_w = grundvandsflux ($m \cdot t^{-1}$). Hvis K-værdien i det omgivende sediment er væsentlig højere end k-værdien af fluxsamplere, skal den ovenstående flux korrigeres jf. følgende ligning:

$$J_w = \frac{V}{\alpha \cdot A \cdot t} \quad \text{med} \quad \alpha = \frac{2k_{\text{sampler}}}{(k_{\text{sampler}} + k_{\text{sediment}})}$$

K-værdi af fluxsamplere er målt til $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$; K-værdier for de borer, hvori der var monteret fluxsamplere, er ikke målt. Der er dog udført bestemmelser af den hydrauliske ledningsevne ved slugtets i filtre i det terrænnært grundvand og det nedre sekundære magasin². Værdierne er i interval fra $2,0 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ (terrænnært grundvand) op til $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ (nedre sekundære magasin). Det betyder, at den hydrauliske ledningsevne i formationen overvejende sandsynligt er lavere end i sampleren. Derfor er der i den beregnede flux for grundvand og opløst stof ikke korrigeret for konvergens/divergens af strømningsbaner.

Masseflux af VOCl stoffer, J_c ($g \cdot m^{-2} \cdot t^{-1}$), afledes fra:

$$J_c = \frac{M_s}{A \cdot t}$$

Hvor M_s er summen af det akkumulerede masse på sektion a, b, og c. Ved beregninger af masseflux antages udover at divergens/konvergens af strømningsbaner kan negligeres, at adsorptionskapaciteten ikke er overskredet, og at effekten af diffusion er ubetydelig.

Den vandrette spredningsretning er afledt fra en vektorberegning fra masseindholdet af de tre sorberende sektioner, m_a , m_b , and m_c . Afsnit a, b og c repræsenterer hver en 120 graders vinkel af omkredsen af prøvetageren. Idet sektion a er orienteret mod nord peger vektorer \vec{q}_a , \vec{q}_b , og \vec{q}_c henholdsvis mod nord (0 kompasgrader), sydøst (120 kompasgrader), og sydvest (240 kompasgrader). Ved at summere de x, y komponenter for vektorer \vec{q}_a , \vec{q}_b , og \vec{q}_c fås de x, y vektorer af \vec{q} :

$$\vec{q}_y = \sum_{i=a,b,c} m_i \cdot \sin(\alpha_i)$$

$$\vec{q}_x = \sum_{i=a,b,c} m_i \cdot \cos(\alpha_i)$$

Fra disse vektorer beregnes den vandrette spredningsretning $\vec{\alpha}_q$:

$$\vec{\alpha}_q = \arctan(q_y / q_x)$$

Beregninger foretages i x, y koordinater og vinkler (grader imod uret), hvorefter graderne endelig korrigeres således, at der rapporteres kompas vinkler (grader med uret). Beregninger er foretaget således, at alle

² Orbicon 2013: Region Sjælland - PRI, Tujavej 15 Køge

stofferne vægtes mængdeproportionelt i forhold til den samlede akkumulerede mængde af stoffer. Det skal nævnes her, at jo mere uens denne fordeling er, og jo mere fordelingsmønstrene er identiske for de forskellige komponenter, desto mere sikker er beregning af den overvejende spredningsretning.

Den generelle form af stoftransportligningen har tre komponenter der bidrager til flux J_s ³:

$$J_s = J_w C_l - \theta D \frac{\partial C_l}{\partial z} + R_k$$

Med henholdsvis det advektive (flow) bidrag $J_w C_l$, som er proportionelt med grundvandflux,

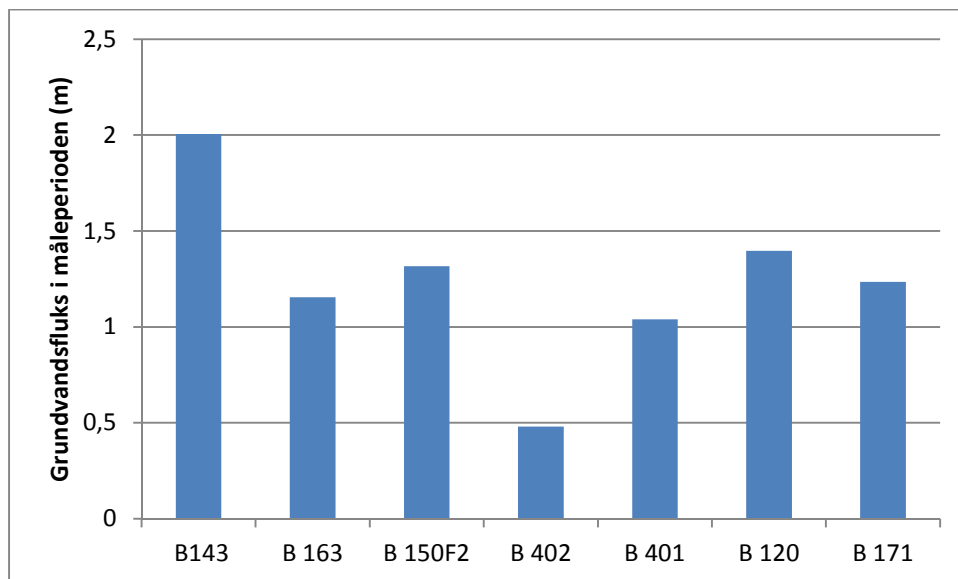
diffusionsbidrag $-\theta D \frac{\partial C_l}{\partial z}$ som er proportionelt med koncentrationsgradienten, og endelig

stofproduktionsrate R_k . Ved meget høje stofkoncentrationer og koncentrationsgradienter i grundvand, kan diffusion derfor have en signifikant effekt på spredningsvejene og flux af stofferne. Derudover har evt. mikrobiel nedbrydning en betydning på massefluxen, og kan have både en positiv effekt (ophobning, akkumulering) eller negativ effekt på masseflux (fjernelsen ved nedbrydning).

Resultater: beregninger og vurdering af grundvands fluks og spredningsveje af forurening

I alle boringer er der konstateret en målbar grundvandsflux, rapporteret som m³/m² vand i prøveperioden. Prøvetagningsperioden er fra 14-08 til 23-09-2014, svarende til 40 dage. De målte værdier er stærkt varierende og ligger i måleområdet 0,4 - 2,0 m grundvand. Det antages at de vigtigste forudsætninger vedrørende grundvandsberegningerne er opfyldt, herunder især opløselighed af sporsalt i grundvand i formationen, og at der ikke optræder divergens af strømningsbaner omkring samplern i boringerne.

³ Se fx Miljøstyrelsen Rapport nr. 20, 1996.



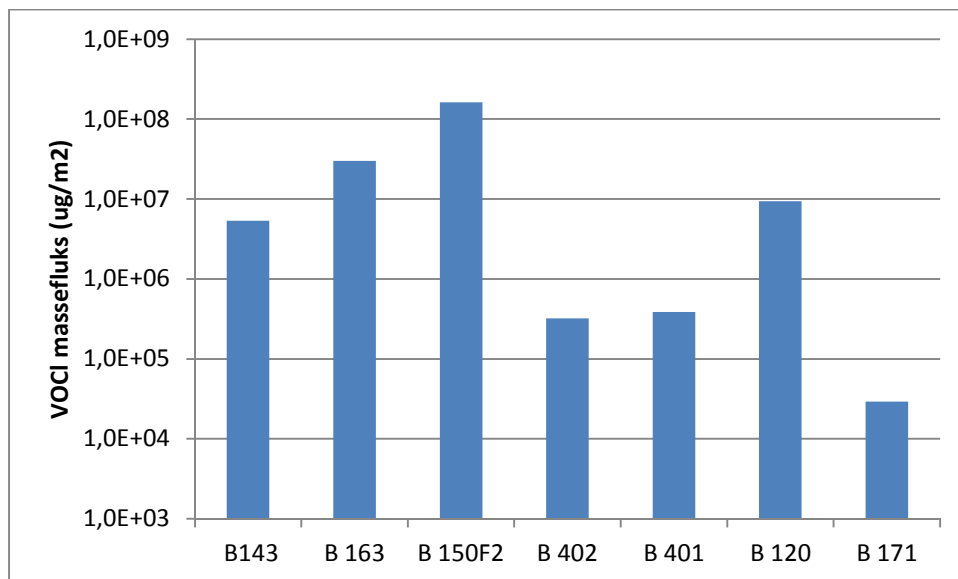
Figur 1. Grundvands flux i måleperioden fra 14/8 til 23/9 2014.

Den højeste grundvandsflux, 2,0 m, er målt i boring B143, mens den laveste grundvandsflux, 0,48m, er målt i boring B402. Målinger i de andre borer er alle omkring ca. 1m i måleperioden, hvilket svarer til en lineær hastighed af ca. 0,025m/dag. Spredningen blandt de målte værdier er relativ høj 37% (RSD).

Variationen er betydeligt, og må formodes at hænge sammen med én eller flere af følgende:

- Variation i formationens k-værdi / præferentiel transport
- Variation af den hydrauliske gradient på lokaliteten, fx når målepunkter ligger tæt på vandskel.

Der er påvist VOCl komponenter i alle borer, dog i meget stærk varierende mængder; resultater af målt stofflux er vist i figuren herunder med enhed $\mu\text{g}/\text{m}^2$ i prøveperioden.



Figur 2. Masse flux i måleperioden; bemærk logaritmisk skala.

Der er påvist relativt lave værdier, i størrelses orden 1E4-1E5 ug/m², i boring B171 (ca. 10 gange detektionsgrænsen). Der er påvist medium værdier, i størrelsesordenen 1E5-1E6 ug/m², i boring B402 og B401 (dybde borer). Der måles høj stofflux, størrelsesorden 1E6-1E8 ug/m², i boring B143, 163, og B120. Der måles meget høj stofflux, >1E8 ug/m², i boring 150 F2. Ved sammenligning af figur 1 of 2, kan det ses, at der ikke er en direkte korrelation mellem grundvandsflux og forureningsflux.

De væsentlige forudsætninger for en korrekt måling af kildestyrke er:

- At sorptionskapacitet i samleren ikke er overskredet. For relativ store molekyler, trichlorethen og tetrachlorethen, forventes at denne forudsætning er opfyldt i alle borer. For mindre molekyler, herunder især vinylchlorid og dichlorethener, kan gennemslag igennem samleren ikke udelukkes, især ved meget lave og meget høje koncentrationer.
- At prøvetagningsdybde er repræsentativ i forhold til den vertikale fordeling af forurening og at der ikke er frifase i borerne.
- At der ikke er en væsentlig vertikal komponent i grundvandstrømning.

Ved beregning af kompasretning af kildeområde og spredningsvej, er der taget udgangspunkt i de målte VOCI komponenter når de blev målt i alle tre sektioner. Den overordnede spredningsvej er beregnet efter det masse-vægtede indhold på samleren.

Den væsentlige forudsætninger for en korrekt måling af spredningsvej er, at grundvandets bevægelse er ensrettet. Dette er ikke nødvendigvis tilfældet ved i det sekundære grundvand, idet fx utætte kloaker kan påvirke det lokale strømningsmønster. I det fleste tilfælde er den beregnede spredningsvej statistisk usikker, og dette kan netop hænge sammen hermed.

En relativ simpel beregning af stoffrontshastighed opnås ved deling af stofflux ($\text{ug} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dag}^{-1}$) med den målte koncentration i grundvand, med enhed $\text{ug} \cdot \text{m}^{-3}$. Grundvandsprøver blev taget direkte efter optagning af Fluxsamplere⁴, og ved at anvende disse analyseresultater kan der laves en beregning af stoffrontshastighed for enkeltstoffer, fx trichlorethen, som er vist i nedenstående tabel. Denne beregning forudsætter at grundvandsprøver er repræsentativt for det grundvand som er opsamlet med fluxsamplere. Denne forudsætning vurderes kun delvis opfyldt, idet grundvandsprøver er taget ved aktiv pumpning og formodentligt opsamler grundvand fra et større dybdeinterval end fluxsamplere.

I nedenstående tabel er de vigtigste resultater vist sammen med en kort kommentar om kildestyrke og spredningsvej.

Boring (filter)	Prøve nr.	Grundvands flux (m/dag)	VOCI Kildestyrke (ug/m ²)	VOCI koncentration (ug/m ³) ³	TCE Stoffronts hastighed (m/dag)	Bemærkninger
B143	0611-8485	0,05	5,36E+06	4,72E+06	0,005	Overvejende spredningsretning mod syd (SSØ). Varians af spredningsretning er 38° og spredningsretning vurderes statistisk sikker.
B 163	0611-8486	0,029	3,00E+07	2,00E+07	0,017	Overvejende spredningsretning mod nord (NNV). Boringer formodes at være tæt på en eller flere kildeområde(r); det er sandsynligt at diffusionen har et væsentligt bidrag til spredningsmønstret. Varians af spredningsretning er 37°; spredningsretning vurderes som statistisk mindre sikker.
B 150F2	0611-8487	0,033	1,61E+08	3,12E+08	0,013	Overvejende spredningsretning mod nord (NNV). Højeste målte kildestyrke; det er sandsynligt at diffusionen har et væsentligt bidrag til spredningsmønstret. Varians af spredningsretning er 43°; spredningsretning vurderes som statistisk mindre sikker.
B 402	0611-8488	0,012	3,21E+05	9,24E+04	0,087	Den overvejende spredningsretning er mod syd og mod øst. Varians af spredningsretning er 55°; spredningsretning vurderes som statistisk usikker.
B 401	0611-8489	0,026	3,86E+05	1,70E+05	0,0494	Den overvejende spredningsretning er mod sydvest. Varians af

⁴ Højvang, analyserrapport 1439-695, 2014

						spredningsretning er 16°; spredningsretning vurderes som statistisk sikker.
B 120	0611-8490	0,035	9,39E+06	2,10E+07	0,019	Overvejende spredningsretning mod nordvest. Boringer formodes at være tæt på en eller flere kildeområde(r); det er sandsynligt at diffusionen har et væsentligt bidrag til spredningsmønstret. Varians af sprednings-retning er 94°. Spredningsretning vurderes som statistisk usikker.
B 171	0611-8491	0,031	2,94E+04	5,09E+05	0,006	Overvejende predningsretning mod syd. Varians af spredningsretning er 6°. Spredningsretning vurderes som statistisk sikker.

Tabellen herover viser at der er en tydelig korrelation af målte Flux-værdier og grundvandskoncentrationer. Ligeledes er de beregnede stoffrontshastigheder i de fleste tilfælde sammenligneligt med grundvandets lineære hastighed. Udtagelser er boring 402 og 401, hvor den beregnede stoffrontshastighed er betydeligt højere end grundvandshastighed. Dette er usandsynligt og kan hænge sammen med forskel mellem aktiv og passiv prøvetagning. Desuden er i boring B 171 den beregnede stoffrontshastighed betydeligt lavere end grundvandshastighed.

Der er to væsentlige bemærkninger ift. beregninger af stoffontshastigheder og grundvandshastigheden. Disse to størrelser er for det første ikke nødvendigvis ens, både i omfang og i spredningsretning, på grund af adsorption og diffusionsgradienter. Derudover tager den beregnede stoffrontshastighed ikke højde for mikrobiel omsætning (af fx TCE til nedbrydningsprodukter) samt vertikal fluxer, fx opvendt diffusion i den umættede zone. Den relative fordeling af henholdsvis TCE og nedbrydningsprodukter viser at der er tale om mikrobiel nedbrydning på lokaliteten.

Tabellen viser, at den beregnede spredningsretning i flere tilfælde er behæftet med statistisk usikkerhed, fortrinsvis på grund af diffusionseffekter tæt på kildeområder. I boring B171, B401 og B143 er spredningsretning dog sikker, og spredningsretning mod Syd synes at være sammenfaldende med den overvejende strømningsretning fra pejlerunder⁵. Spredningsretning i boring B163, som har en væsentlig højere kildestyrke peger derimod mod Nord.

Bilag med individuelle vurderinger af fluxberegningerne pr. boring følger herunder. Bemærk at det relative bidrag af stoffer i sektion a, b, og c også er vist i figurerne.

⁵ Orbicon 2013: Region Sjælland - PRI, Tujavej 15 Køge

Konklusioner og anbefalinger

Der er gennemført installationer af fluxsamplere i en mindre antal boringer ved lokalitet Tujavej Køge, for at undersøge spredningsveje og forureningsfluxen for de væsentligste forureningskomponenter (VOCI). I alle boringer er der konstateret en målbar grundvandsflux, med værdier mellem 0,01- 0,05 m/dag målt som lineær hastighed.

Der er påvist VOCl komponenter i alle boringer i meget stærk varierende mængder. Der er påvist relativt lave værdier, i størrelses orden $1E4-1E5$ ug/m², i boring B171 (ca. 10 gange detektionsgrænsen). Der er påvist medium værdier, i størrelsesordenen $1E5-1E6$ ug/m², i boring B402 og B401 (dybde boringer). Der måles høj stofflux, størrelsesorden $1E6-1E8$ ug/m², i boring B143, 163, og B120. Der måles meget høj stofflux, $>1E8$ ug/m², i boring 150 F2. Indhold og sammensætning af VOCl komponenter afspejler en væsentligt nedbrydning af primær trichlorethen til nedbrydningsprodukter, primær cis- og trans-1,2-dichlorethen.

Resultater viser endvidere tydelig korrelation af målte VOCl flux-værdier og grundvandskoncentrationer. Beregnede stoffrontshastigheder er i de fleste tilfælde sammenlignelige med grundvandets lineære hastighed. I terrænnært grundvand beregnes stoffrontshastighed for TCE i interval 0,01-0,04 m/dag, dog med forbehold for mikrobiel nedbrydning af TCE til nedbrydningsprodukter.

Anbefalinger for videre anvendelse af Fluxsamplere på lokaliteten er følgende:

- Fluxsamplere kan med fordel placeres på en (tilnærmelsesvis) lineær transekt parallel med periferien af fanen for at beregne og monitorere masseflux i transekten, ude for fanen. Eksempelvis boring B163, B12, og B122 langs den sydvestlig del af fanen, og B134, B135 og B161 i den østlige del af fanen.
- Fluxsamplere kan med fordel placeres på en (tilnærmelsesvis) lineær transekt fra kildezonen mod udkanten af fanen for at estimere massefjernelse ved mikrobiel nedbrydning. Eksempelvis boring B150, B141, og B143 langsved øst-vest akse af fanen, og B150, B103 og B12 langsved nord-syd akse af fanen.
- Fluxsampler CAN kan med fordel anvendes for en mere nøjagtigt bestemmelse af grundvandsretning, ved at måle for makro ioner som fx NO₃, SO₄, K⁺.

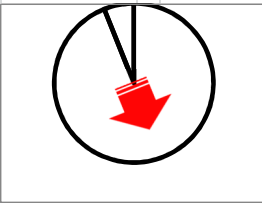
Tjele, 12-12-2014

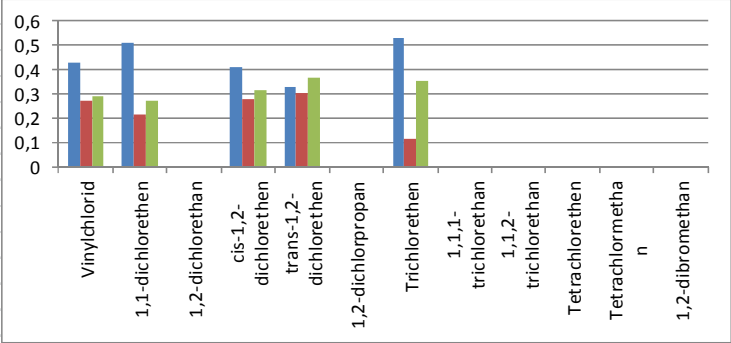


Hubert de Jonge

Boring B143

Prøve ID fluxsampler		0611-8485A	0611-8485B	0611-8485C	Kompas-vinkel kildeområde
Filtersætning/Lokation		Boringsnr 143			
Vinylchlorid	ug i sektion	13	8,4	8,9	354,1
1,1-dichlorethen	ug i sektion	27	11	15	349,1
1,2-dichlorethan	ug i sektion	<	<	<	
cis-1,2-dichlorethen	ug i sektion	23184	15660	17782	344,1
trans-1,2-dichlorethen	ug i sektion	1512	1409	1674	262,7
1,2-dichlorpropan	ug i sektion	<	<	<	
Trichlorethen	ug i sektion	3024	679	2040	324,7
1,1,1-trichlorethan	ug i sektion	<	<	<	
1,1,2-trichlorethan	ug i sektion	<	<	<	
Tetrachlorethen	ug i sektion	<	<	<	
Tetrachlormethan	ug i sektion	<	<	<	
1,2-dibromethan	ug i sektion	<	<	<	
Sum	ug i sektion		67047,0		
		a	b	c	a+b+c
m a, b, c		27760,32	17767,84	21518,84	67046,99
m a, b, c		0,41	0,27	0,32	
x dir		0,414042742	-0,132502859	-0,16047577	
y dir		0	-0,229501684	0,277952187	
qx		0,121064113			
qy		0,048450503			
		0,130399274			
		8742,878959			
Angle alpha		21,8			
Compass angle:		338,2			
360-kompasvinkel		21,8			

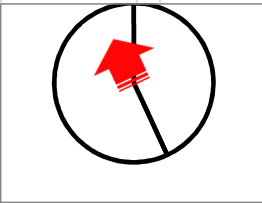


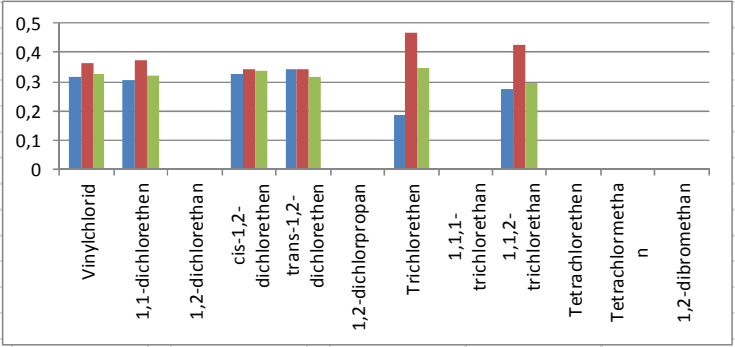


Bemærkninger: Den horisontale vandflux J_w for boring B143 er beregnet til 2,0 m, svarende til 0,05 m/dag, hvilket er den højeste målte grundvandsflux. Den samlede kildestyrke er beregnet til ca. 5,4E6ug/m², svarende til 2,6 % af den samlede målte masse. Variationen i indhold i sektion a, b, og c er stor, og det højeste indhold er fortrinsvis påvist i sektion a. OBS bemærk figuren viser den relative fordeling over sektion a, b, og c, mens fluxretning er beregnet efter det absolutte indhold af stof; hermed vejes de forskellige komponenter proportionelt med det indhold af stof i samleren. Den gennemsnitlige kompasretning for kildeområde er beregnet til 338° (NNV) og den overvejende spredningsretning er mod syd (SSØ); beregningen af spredningsretning vurderes som statistisk sikker.

Boring B 163

Prøve ID fluxsampler		0611-8486A	0611-8486B	0611-8486C	Kompas-vinkel kildeområde
Filtersætning/Lokation		Boringsnr 163			
Vinylchlorid	ug i sektion	53	61	55	133,9
1,1-dichlorethen	ug i sektion	68	83	71	129,9
1,2-dichlorethen	ug i sektion	<	<	<	
cis-1,2-dichlorethen	ug i sektion	68250	71500	70850	169,1
trans-1,2-dichlorethen	ug i sektion	3675	3685	3379	61,6
1,2-dichlorpropan	ug i sektion	<	<	<	
Trichlorethen	ug i sektion	28350	71500	52865	154,5
1,1,1-trichlorethen	ug i sektion	<	<	<	
1,1,2-trichlorethen	ug i sektion	2,9	4,6	3,2	127,2
Tetrachlorethen	ug i sektion	<	<	<	
Tetrachlormethan	ug i sektion	<	<	<	
1,2-dibromethan	ug i sektion	<	<	<	
Sum	ug i sektion		374453,8		
		a	b	c	a+b+c
m a, b, c		100398,69	146832,57	127222,51	374453,77
m a, b, c		0,27	0,39	0,34	
x dir		0,268120391	-0,196062342	-0,169877462	
y dir		0	-0,339589939	0,294236396	
qx		-0,097819414			
qy		-0,045353543			
		0,10782199			
		40374,35039			
Angle alpha		-155,1			
Compass angle:		155,1			
360-kompasvinkel		204,9			

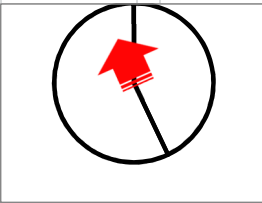


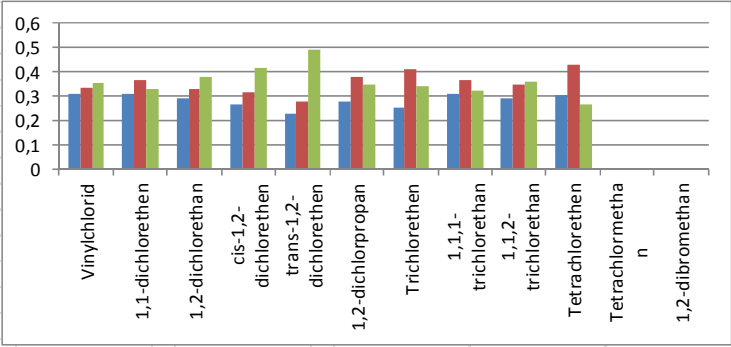


Bemærkninger: Den horisontale vandflux J_w for boring B163 er beregnet til 1,55 m, svarende til 0,029 m/dag. Den samlede kildestyrke er meget høj, og er beregnet til ca. $3,0E7 \mu\text{g}/\text{m}^2$, svarende til 14,3 % af den samlede målte masse. Den akkumulerede masse varierer betydelig over de tre sektioner for nogle stoffer, dog ikke for cis- og trans-dichlorethen. Forureningens spredningsvej peger hovedsagelig mod nordvest. Boringer må formodes at være tæt på et eller flere kildeområde(r), og det er sandsynligt at diffusion giver et væsentligt bidrag til spredningsmønsteret pga. høje koncentrationsgradienter. Beregningen af spredningsretning vurderes som statistisk mindre sikker.

B 150F2

Prøve ID fluxsampler		0611-8487A	0611-8487B	0611-8487C	Kompas-vinkel kildeområde
Filtersætning/Lokation		Boringsnr 150F2			
Vinylchlorid	ug i sektion	105	114	120	201,4
1,1-dichlorethen	ug i sektion	44	52	46	137,0
1,2-dichlorethan	ug i sektion	12	13	15	215,3
cis-1,2-dichlorethen	ug i sektion	6050	7059	9360	222,7
trans-1,2-dichlorethen	ug i sektion	220	272	478	229,1
1,2-dichlorpropan	ug i sektion	3,1	4,2	3,8	162,8
Trichlorethen	ug i sektion	500500	814500	676000	153,9
1,1,1-trichlorethan	ug i sektion	12	14	12	131,0
1,1,2-trichlorethan	ug i sektion	13	15	16	187,1
Tetrachlorethen	ug i sektion	66	92	57	106,1
Tetrachlormethan	ug i sektion	<	<	<	
1,2-dibromethan	ug i sektion	<	<	<	
Sum	ug i sektion		2015265,7		
		a	b	c	a+b+c
m a, b, c		507023,33	822134,42	686107,97	2015265,72
m a, b, c		0,25	0,41	0,34	
x dir		0,251591304	-0,203976679	-0,170227668	
y dir		0	-0,353297972	0,294842971	
qx		-0,122613043			
qy		-0,058455002			
		0,135834258			
		273742,1228			
Angle alpha		-154,5			
Compass angle:		154,5			
360-kompasvinkel		205,5			

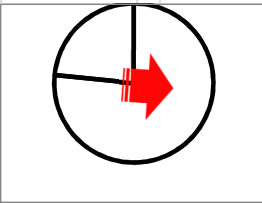


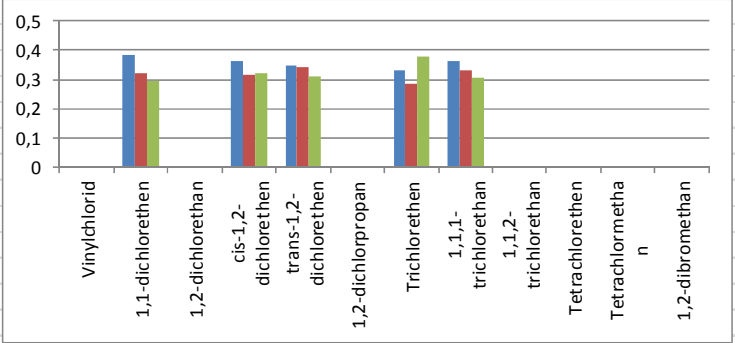


Bemærkninger: Den horisontale vandflux J_w for boring B150 F2 er beregnet til 1,32 m, svarende til 0,033 m/dag. Den samlede kildestyrke er meget høj, og er beregnet til ca. $1,6E8 \mu\text{g}/\text{m}^2$, svarende til 78 % af den samlede målte masse. Den akkumulerede masse varierer betydeligt over de tre sektioner for nogle stoffer, dog ikke for alle. Der er ikke et entydigt fordelingsmønster. Forureningens spredningsvej peger hovedsageligt mod nordvest. Boringer må formodes at være tæt på et eller flere kildeområde(r), og det er sandsynligt at diffusionen har et væsentligt bidrag til spredningsmønstret pga. høje koncentrationsgradienter. Beregningen af spredningsretning vurderes som statistisk mindre sikker.

B 402

Prøve ID fluxsampler		0611-8488A	0611-8488B	0611-8488C	Kompas-vinkel kildeområde
Filtersætning/Lokation		Boringsnr 402			
Vinylchlorid	ug i sektion	<	<	<	
1,1-dichlorethen	ug i sektion	4,7	4,0	3,7	17,9
1,2-dichlorethen	ug i sektion	<	<	<	
cis-1,2-dichlorethen	ug i sektion	190	163	167	351,3
trans-1,2-dichlorethen	ug i sektion	9,0	8,9	8,1	51,0
1,2-dichlorpropan	ug i sektion	<	<	<	
Trichlorethen	ug i sektion	1138	979	1296	270,1
1,1,1-trichlorethan	ug i sektion	15	14	12	28,7
1,1,2-trichlorethan	ug i sektion	<		<	
Tetrachlorethen	ug i sektion	<	<	<	
Tetrachlormethan	ug i sektion	<	<	<	
1,2-dibromethan	ug i sektion	<	<	<	
Sum	ug i sektion		4011,3		
		a	b	c	a+b+c
m a, b, c		1355,64	1168,08	1487,59	4011,31
m a, b, c		0,34	0,29	0,37	
x dir		0,337954636	-0,145597859	-0,185424823	
y dir		0	-0,25218289	0,321165214	
qx		0,006931954			
qy		0,068982324			
		0,069329741			
		278,1029165			
Angle alpha		84,3			
Compass angle:		275,7			
360-kompasvinkel		84,3			

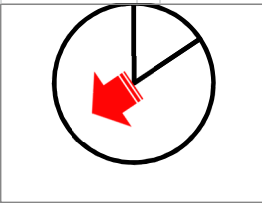


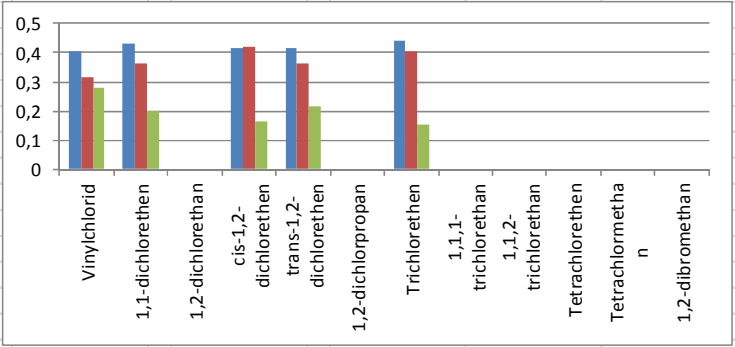


Bemærkninger: Den horisontale vandflux J_w for boring B402 er beregnet til 0,48 m, svarende til 0,012 m/dag, hvilket er den laveste målte grundvandsflux. Den samlede kildestyrke er beregnet til ca. $3,2E5 \mu\text{g}/\text{m}^2$, svarende til 0,2 % af den samlede målte masse. Variationen i indhold i sektion a, b, og c er ikke stor, men det højeste indhold er påvist i sektion a. Den gennemsnitlige kompasretning for kildeområde er beregnet til 278°. Den overvejende spredningsretning er mod syd og mod øst. Beregningen af spredningsretning vurderes som statistisk usikker.

B 401

Prøve ID fluxsampler		0611-8489A	0611-8489B	0611-8489C	Kompas-vinkel kildeområde
Filtersætning/Lokation		Boringsnr 401			
Vinylchlorid	ug i sektion	5,1	4,0	3,5	18,1
1,1-dichlorethen	ug i sektion	1,7	1,5	0,8	43,3
1,2-dichlorethen	ug i sektion	<	<	<	
cis-1,2-dichlorethen	ug i sektion	965	988	383	61,9
trans-1,2-dichlorethen	ug i sektion	71	62	< 37	45,7
1,2-dichlorpropan	ug i sektion	<	<	<	
Trichlorethen	ug i sektion	1422	1300	490	53,1
1,1,1-trichlorethen	ug i sektion	<	<	<	
1,1,2-trichlorethen	ug i sektion	<	<	<	
Tetrachlorethen	ug i sektion	<	<	<	
Tetrachlormethan	ug i sektion	<	<	<	
1,2-dibromethan	ug i sektion	<	<	<	
Sum	ug i sektion		5.736		
		a	b	c	a+b+c
m a, b, c		2465,53	2355,86	914,68	5736,07
m a, b, c		0,43	0,41	0,16	
x dir		0,429828631	-0,205354879	-0,079730806	
y dir		0	-0,355685083	0,138097807	
qx		0,144742946			
qy		-0,217587277			
		0,26133263			
		1499,02231			
Angle alpha		-56,4			
Compass angle:		56,4			
360-kompasvinkel		303,6			

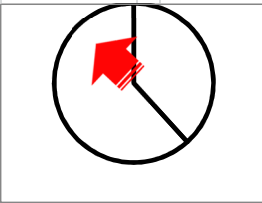


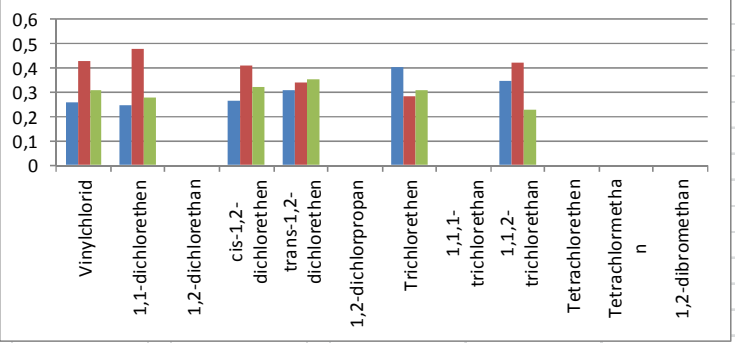


Bemærkninger: Den horisontale vandflux J_w for boring B401 er beregnet til 1,04 m, svarende til 0,026 m/dag. Den samlede kildestyrke er beregnet til ca. $3,9E5 \mu\text{g}/\text{m}^2$, svarende til 0,2 % af den samlede målte masse. Variationen i indhold i sektion a, b, og c er ret stor, og det højeste indhold er fortrinsvis påvist i sektion a. Den gennemsnitlige kompasretning for kildeområde er beregnet til 56° . Den overvejende spredningsretning er mod sydvest, og spredningsretning vurderes som statistisk sikker.

B 120

Prøve ID fluxsampler		0611-8490A	0611-8490B	0611-8490C	Kompas-vinkel kildeområde
Filtersætning/Lokation		Boringsnr 120			
Vinylchlorid	ug i sektion	410	689	495	137,4
1,1-dichlorethen	ug i sektion	18	35	20	127,4
1,2-dichlorethen	ug i sektion	<	<	<	
cis-1,2-dichlorethen	ug i sektion	24576	38160	29700	141,9
trans-1,2-dichlorethen	ug i sektion	1741	1908	1980	197,1
1,2-dichlorpropan	ug i sektion	<	<	<	
Trichlorethen	ug i sektion	7168	5035	5445	349,6
1,1,1-trichlorethan	ug i sektion	<	<	<	
1,1,2-trichlorethan	ug i sektion	2,3	2,8	1,5	83,2
Tetrachlorethen	ug i sektion	<	<	<	
Tetrachlormethan	ug i sektion	<	<	<	
1,2-dibromethan	ug i sektion	<	<	<	
Sum	ug i sektion		117386,2		
		a	b	c	a+b+c
m a, b, c		33914,62	45829,79	37641,83	117386,24
m a, b, c		0,29	0,39	0,32	
x dir		0,28891481	-0,19520937	-0,160333224	
y dir		0	-0,338112548	0,277705291	
qx		-0,066627784			
qy		-0,060407257			
		0,089934967			
		10557,12789			
Angle alpha		-137,8			
Compass angle:		137,8			
360-kompasvinkel		222,2			

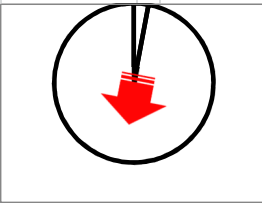


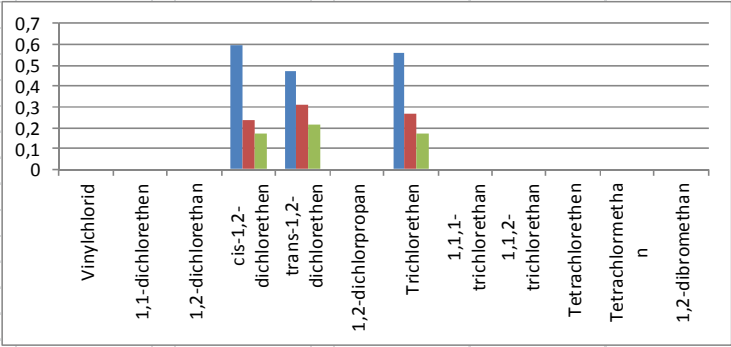


Bemærkninger: Den horisontale vandflux J_w for boring B120 er beregnet til 1,4 m, svarende til 0,035 m/dag. Den samlede kildestyrke er høj og beregnet til ca. $9,4E6 \mu\text{g}/\text{m}^2$, svarende til 4,5 % af den samlede målte masse. Den akkumulerede masse varierer over de tre sektioner, dog er der ikke et entydigt fordelingsmønster. Forureningens spredningsvej målt på nedbrydningsprodukter peger hovedsageligt mod nordvest. Boringer må formodes at være meget tæt på et eller flere kildeområder, og det er sandsynligt at diffusion giver et væsentligt bidrag til spredningsmønstret pga. høje koncentrationsgradienter. Beregningen af spredningsretning vurderes som statistisk usikker, idet trichlorethen og nedbrydningsprodukter har nærmest modsatte retninger.

B 171

Prøve ID fluxsampler		0611-8491A	0611-8491B	0611-8491C	Kompas-vinkel kildeområde
Filtersætning/Lokation		Boringsnr 171			
Vinylchlorid	ug i sektion	<			
1,1-dichlorethen	ug i sektion	<	<	<	
1,2-dichlorethan	ug i sektion	<	<	<	
cis-1,2-dichlorethen	ug i sektion	99	39	28	7,9
trans-1,2-dichlorethen	ug i sektion	7,6	4,9	3,5	20,2
1,2-dichlorpropan	ug i sektion	<	<	<	
Trichlorethen	ug i sektion	71	34	22	13,9
1,1,1-trichlorethan	ug i sektion		<	<	
1,1,2-trichlorethan	ug i sektion			<	
Tetrachlorethen	ug i sektion		<	<	
Tetrachlormethan	ug i sektion		<	<	
1,2-dibromethan	ug i sektion	<	<	<	
Sum	ug i sektion		309,5		
		a	b	c	a+b+c
m a, b, c		177,47	78,07	53,97	309,51
m a, b, c		0,57	0,25	0,17	
x dir		0,573394251	-0,126119466	-0,087183408	
y dir		0	-0,218445324	0,151006093	
qx		0,360091376			
qy		-0,067439231			
		0,366352084			
		113,3901097			
Angle alpha		-10,6			
Compass angle:		10,6			
360-kompasvinkel		349,4			





Bemærkninger: Den horisontale vandflux J_w for boring B171 er beregnet til 1,23 m, svarende til 0,031 m/dag. Den samlede kildestyrke er beregnet til ca. $2,4E6 \mu\text{g}/\text{m}^2$, svarende til 0,01 % af den samlede målte masse. Variationen i indhold i sektion a, b, og c er stor, og det højeste indhold er påvist i sektion a. Den gennemsnitlige kompasretning for kildeområde er beregnet til 11° (NNØ) og den overvejende spredningsretning er mod syd.