



AFPRØVNING AF GRUNDRISK RISIKOVURDERING **PESTICID-PUNKTKILDER**

Gitte Lemming Søndergaard

TEKNOLOGIUDVIKLINGSPROJEKT



Miljø- og Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Følgegruppe

- **Region Sjælland (Projektholder):** Nanette Schouw, Henrik Jannerup
- **Region Nord:** Annette Dohm
- **Region Midt:** Lotte Banke, Helle Larson
- **Region Syd:** Tove Svendsen, Lars Frimodt Pedersen
- **Region Hovedstaden:** Henriette Kerrn-Jespersen
- **VMR:** Kurt Møller
- **DTU Miljø:** Poul Løgstrup Bjerg
- **Miljøstyrelsen:** Jens Aabling, Jesper Schiött Jensen



BAGGRUND FOR PROJEKTET

- **GrundRisk:** Nyt risikovurderingsværktøj, erstatter JAGG for grundvandstruende forureninger

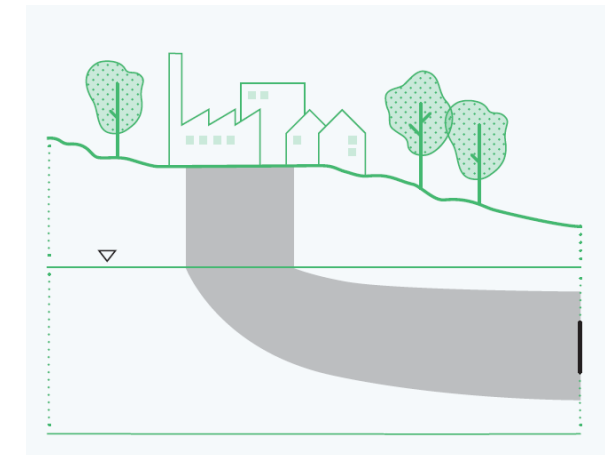
Region Sjælland ønskede at få undersøgt risikovurderingsværktøjet nærmere for pesticider

- **Hypotese:** Selv lave koncentrationer af pesticider (under 1 µg/l) vil resultere i en beregnet grundvandsrisiko
- Hvor godt stemmer beregninger overens med fundne koncentrationer fx i nedstrøms indvindingsboringer?
- Hvilke parametre har størst betydning for risikovurderingen?



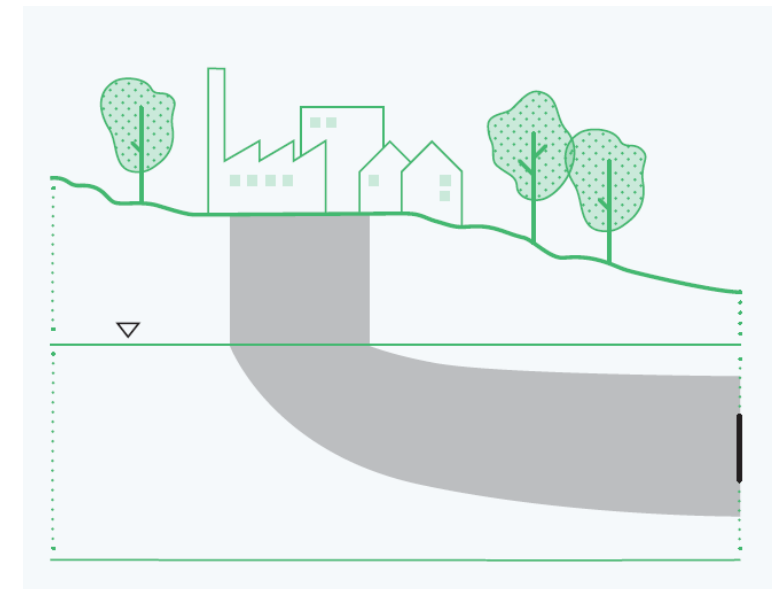
Miljøprojekt nr. 1865

Miljøprojekt nr. 1915



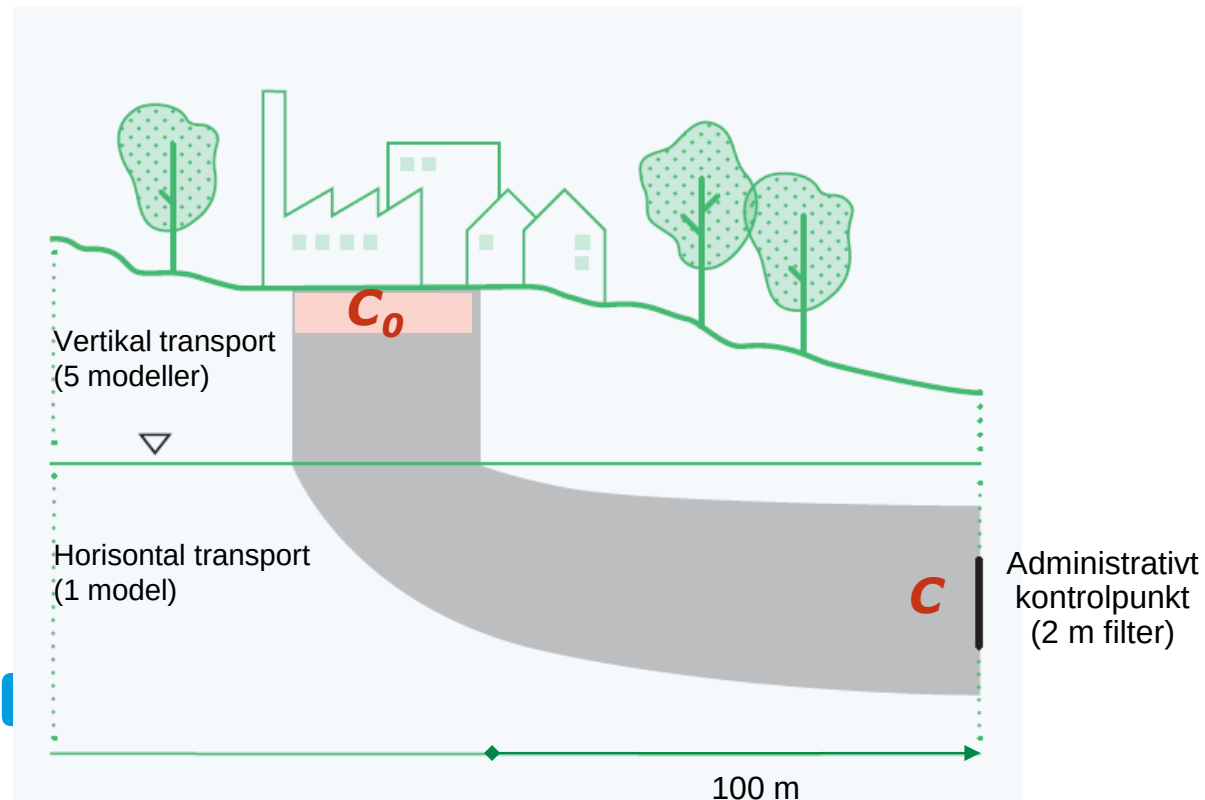
FORMÅL MED PROJEKTET

- Hvilke kildekonzentrationer udgør typisk ikke en risiko ved brug af GrundRisk Risikovurdering?
 - Baseret på en "standard-lokalitet"
- At afprøve GrundRisk Risikovurdering for 3 pesticidpunktkilder:
 - Hvad er forskellen på risikovurdering udført på henholdsvis **indledende** og **videregående** undersøgelse?
 - Hvordan passer beregninger med målte koncentrationer?
 - Hvilke er de mest betydende parametre baseret på følsomhedsanalyse?
- anbefalinger til den fremadrettede anvendelse af GrundRisk



GRUNDRISK RISIKOVURDERING

- Miljøstyrelsens kommende værktøj, der afløser JAGG for grundvandstruende forureninger
- Online værktøj via Miljøportalen
- Administrativt kontrolpunkt 100 m nedstrøms
- 5 forskellige vertikale modeller

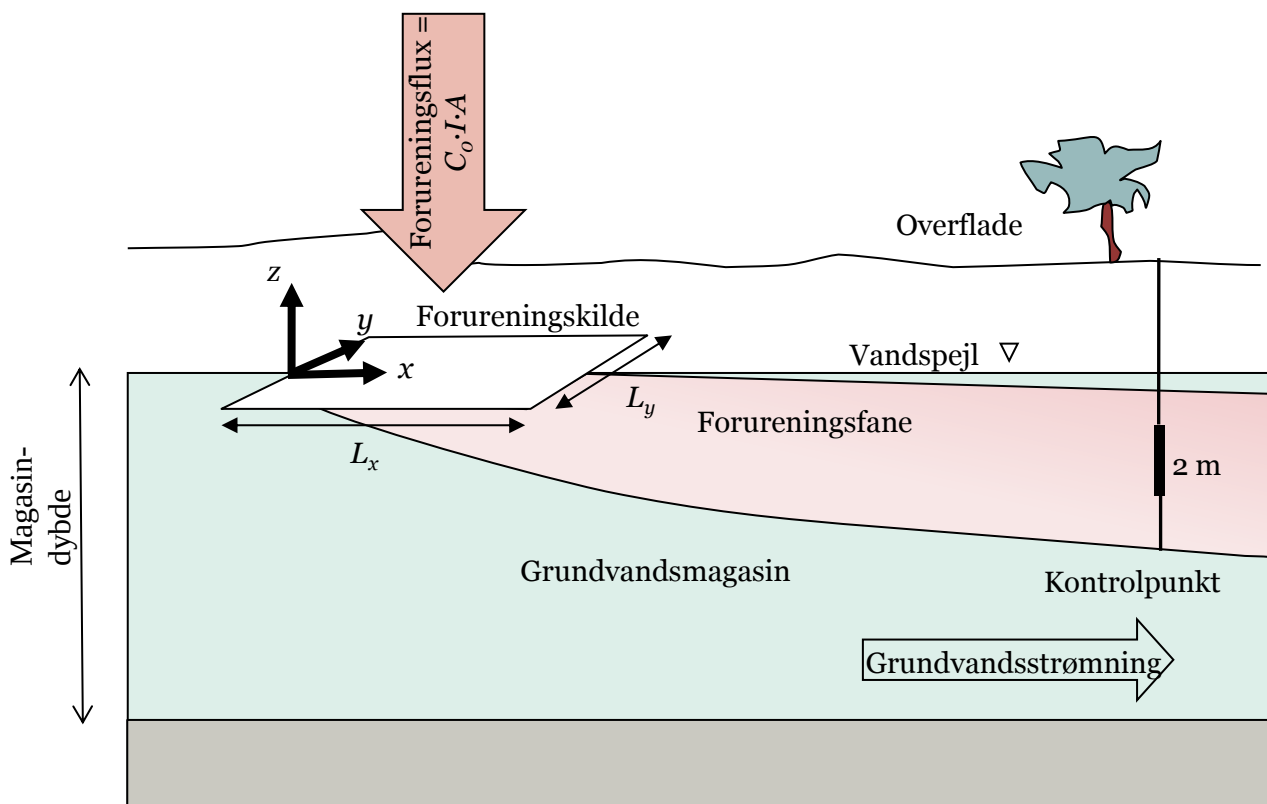
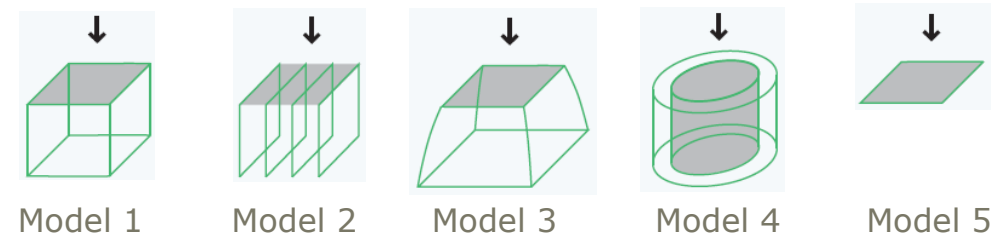


De 5 vertikale modeller

Model	Kort beskrivelse
Model 1: Homogen vandmættet ler	Modellen inkluderer et dæklag af ler mellem kilde og grundvand
Model 2: Opsprækket vandmættet ler	Modellen inkluderer et dæklag af opsprækket moræneler mellem kilde og grundvand
Model 3: Umættet sand	Forureningskilden er beliggende i umættet sand. Transport sker både ved advektion med infiltrerende vand og diffusion i gasfasen.
Model 4: Umættet sand med impermeabelt dæklag	Forureningskilde beliggende i umættet sand. Kildeområdet er dækket af et impermeabelt dæklag. Forureningstransporten er derfor udelukkende styret af transport i gasfasen.
Model 5: Forureningskilde beliggende lige over grundvandet.	Forureningskilden ligger lige over grundvandet.

GRUNDRISK RISIKOVURDERING

- Stationær modeller: Konstant C_0 , ingen tidslig udvikling
- Grundvandsstrømning med dispersion i 3 dimensioner
- Infiltration til forureningsfanen
- Nedbrydning kan medtages både under vertikal og horizontal transport
 - 1. ordens nedbrydning
 - 1. ordens sekventiel nedbrydning



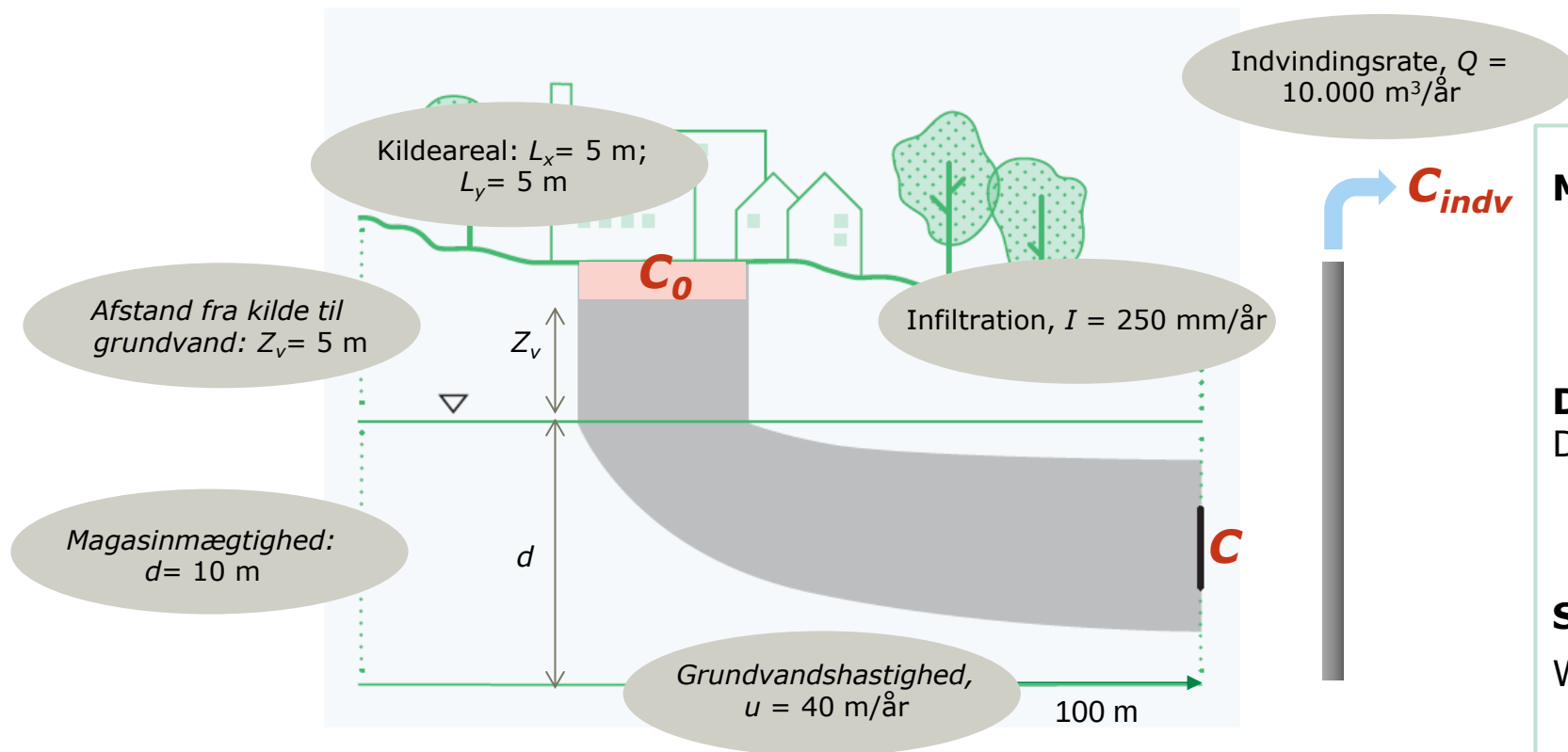
Miljøstyrelsen (2016). GrundRisk. Beregningsmodel til risikovurdering af grundvandstruende forureninger. Miljøprojekt nr. 1865. November 2016.

Resultater

- Koncentration i kontrolpunktet ($\mu\text{g/l}$)
 - Midlet koncentration over et 2 m filter placeret ved max-koncentrationer
- Forureningsflux ($\text{kg}/\text{år}$)
- Koncentration ($\mu\text{g/l}$) i nedstrøms indvindingsboring

**HVILKE KILDEKONCENTRATIONER UDGØR
TYPISK IKKE EN RISIKO?**

STANDARD-PESTICIDLOKALITET



Modelstof: Dichlorprop:

- Anbefalet anaerob nedbrydningsrate: $0,0005\text{ d}^{-1}$ (Miljøstyrelsen 2018)

Dispersiviteter (alle modeller):
Defaultværdier i GrundRisk

- $(\alpha_L, \alpha_T, \alpha_v) = (1\text{ m}, 0,01\text{ m}, 0,005\text{ m})$

Sprækkeparametre (Model 2):

Worst case værdier, defaultværdier

- Sprækkeafstand, $2B = 5\text{ m}$
- Sprækkeapertur, $2b = 79\text{ }\mu\text{m}$

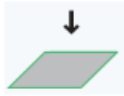
HVORNÅR OPNÅS BREAK-EVEN?

C = Grundvandskvalitetskriteriet (GKK)

C_{indv} = Grundvandskvalitetskriteriet (GKK)

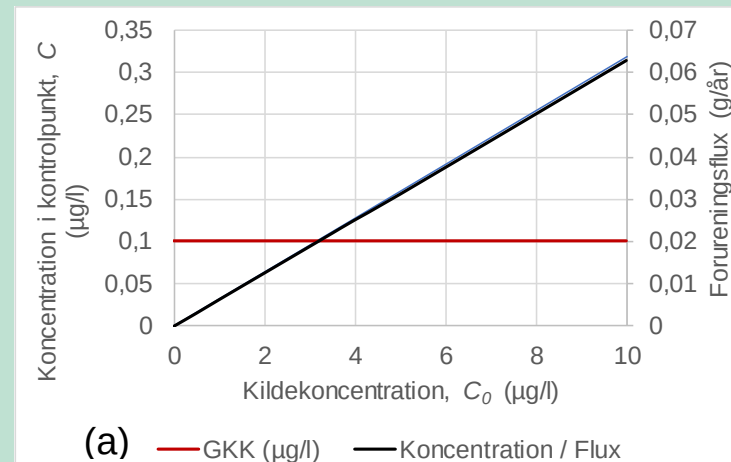
MODEL 5 UDEN NEDBRYDNING: BREAK-EVEN BEREGNINGER (I)

Model 5: Forureningskilde
beliggende lige over
grundvandet.

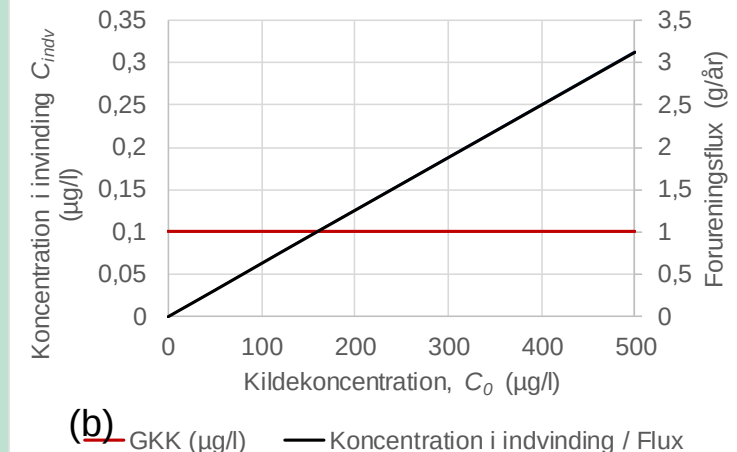


- Koncentration i kontrolpunktet overstiger GKK for kildekonzentrationer over **3,2 $\mu\text{g/l}$**
- Koncentration i standardindvinding overstiger GKK for kildekonzentrationer over **160 $\mu\text{g/l}$**

Kontrolpunkt



Indvinding



MODEL 5 UDEN NEDBYDNING BREAK-EVEN BEREGNINGER (II)

Model 5: Forureningskilde beliggende lige over grundvandet.



Standardlokaliteten med kildekonzentration på **1 µg/l** udgør som udgangspunkt ikke en risiko, men vil gøre det hvis f.eks. :

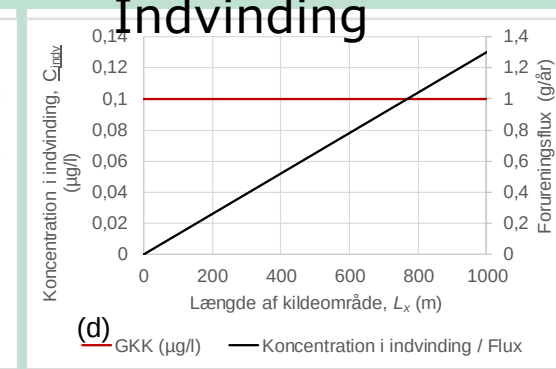
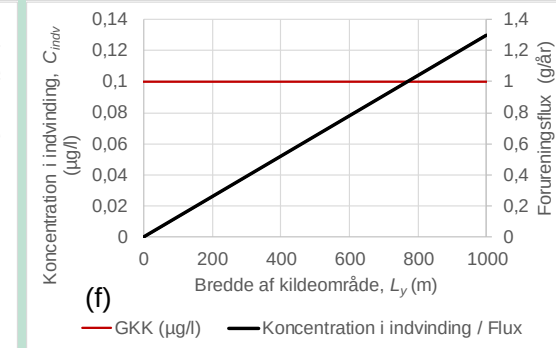
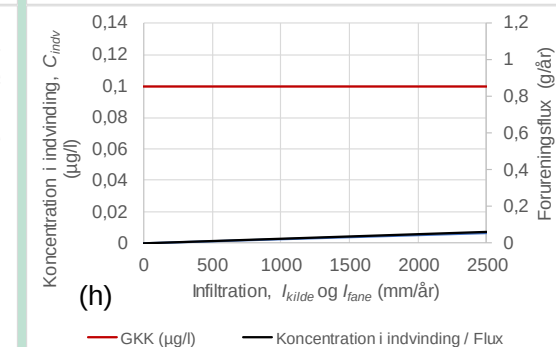
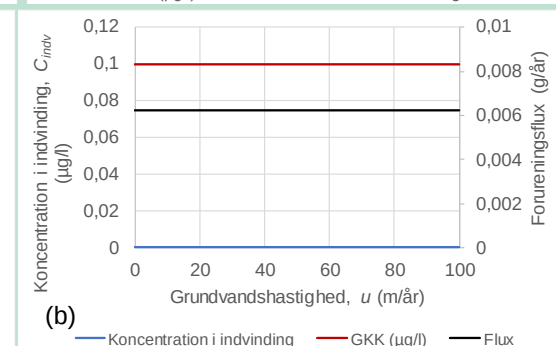
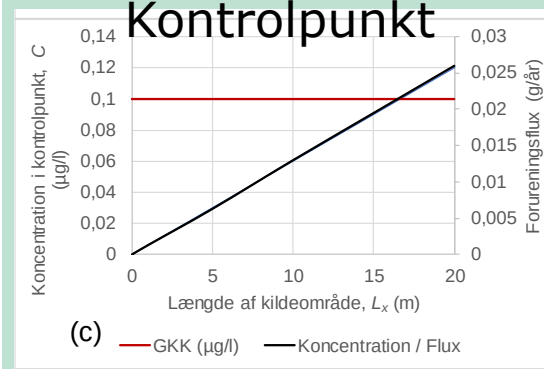
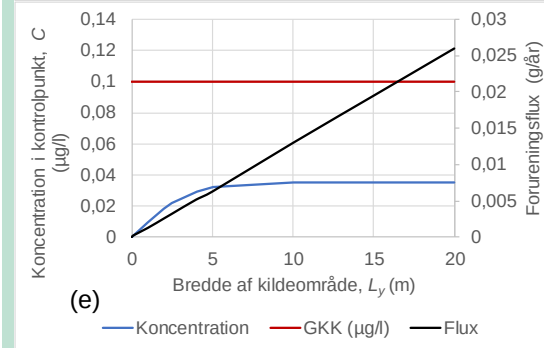
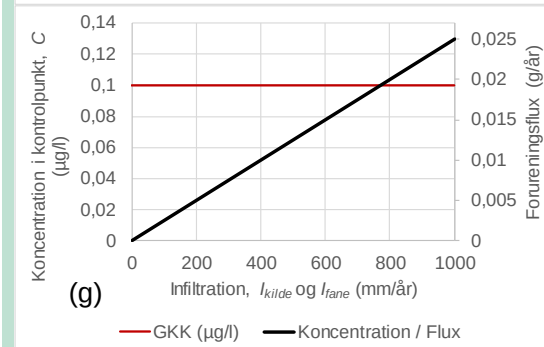
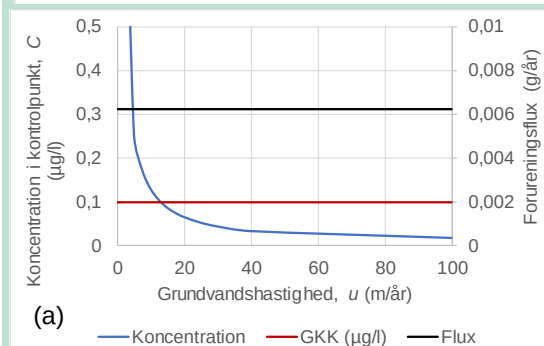
- Længden af kildeområdet overstiger 17 m
- Infiltrationen overstiger 750 mm/år
- Grundvandshastigheden er lavere end 17,5 m/år

Grundvands-
hastighed

Infiltration

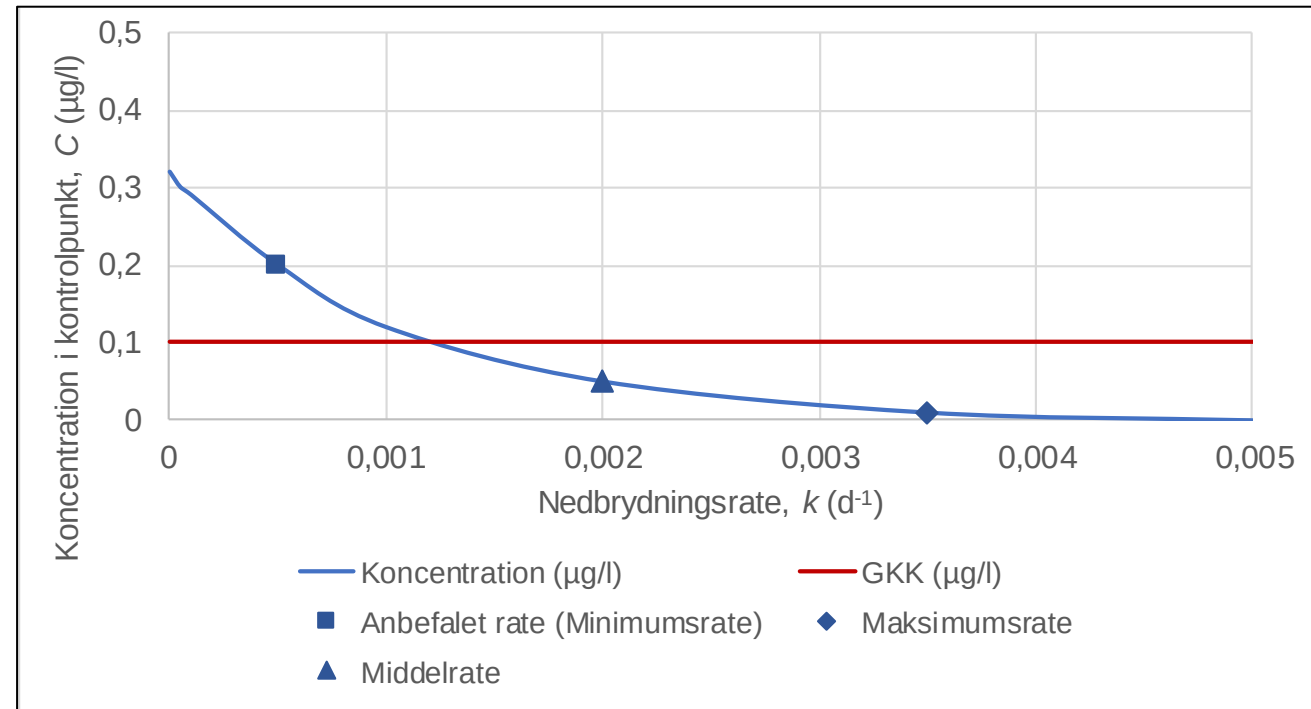
Bredde

Længde



MODEL 5: BETYDNING AF NEDBRYDNINGSRATE

- Kildekoncentration på 10 µg/l (dichlorprop)
- Nedbrydningsrate varieret. Anaerobe rater fra fra Miljøstyrelsen (2018):
 - Anbefalet rate (minimumsrate)
 - Middel rate
 - Maksimumsrate

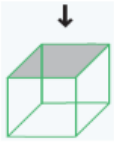


Nedbrydningsrate	Anbefalet værdi	Min; middel; max
Aerob nedbrydningsrate (dichlorprop):	0,02 d ⁻¹	0,017 d ⁻¹ ; 0,04 d ⁻¹ ; 0,058 d ⁻¹
Anaerob nedbrydningsrate (dichlorprop) → Dannelse af 4-CPP	0,0005 d ⁻¹	0,0005 d ⁻¹ ; 0,002 d ⁻¹ ; 0,0035 d ⁻¹

Nedbrydningsrater for dichlorprop (Miljøstyrelsen (2018), Miljøprojekt nr. 2013))

MODEL 1 MED NEDBRYDNING UNDER VERTIKAL TRANSPORT BREAK-EVEN BEREGNINGER

Model 1: Homogen
vandmættet ler

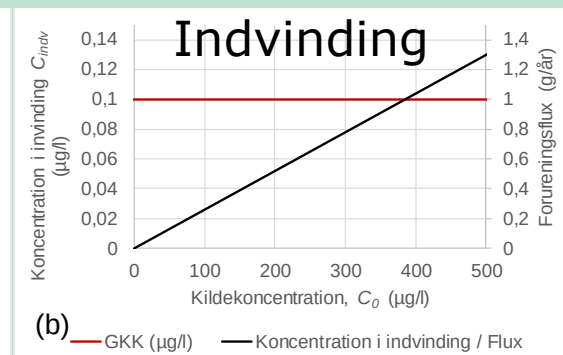
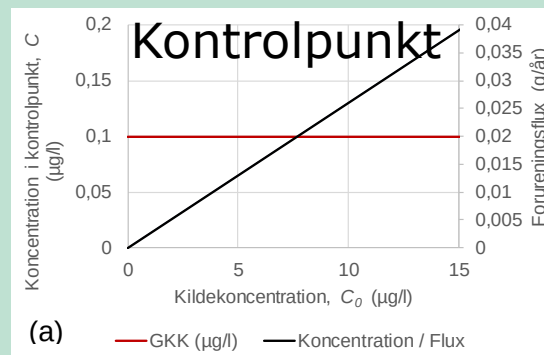


- Koncentration i kontrolpunktet overstiger GKK for kildekonzentrationer over **8 $\mu\text{g/l}$**
- Koncentration i standardindvinding overstiger GKK for kildekonzentrationer over **380 $\mu\text{g/l}$**

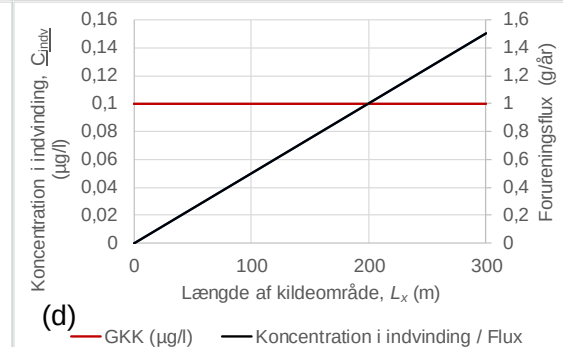
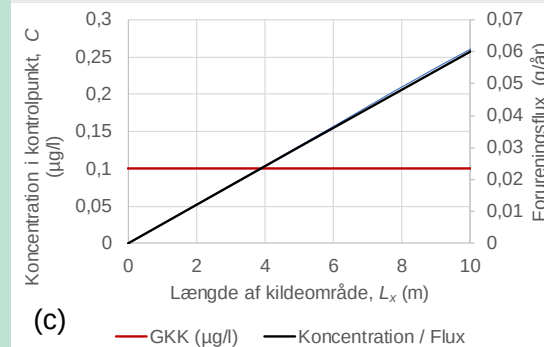
Standardlokaliteten med kildekonzentration på **10 $\mu\text{g/l}$** udgør som udgangspunkt en risiko i kontrolpunktet, men vil ikke gøre det hvis f.eks.:

- Længden er mindre end 4 m
- Infiltrationen er mindre end 220 mm/år
- Afstanden til grundvandet (dæklaget) er over 6,5 m

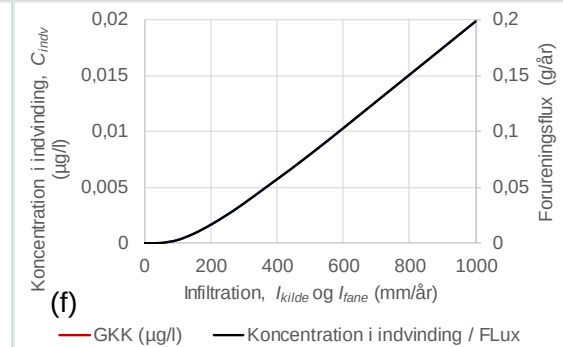
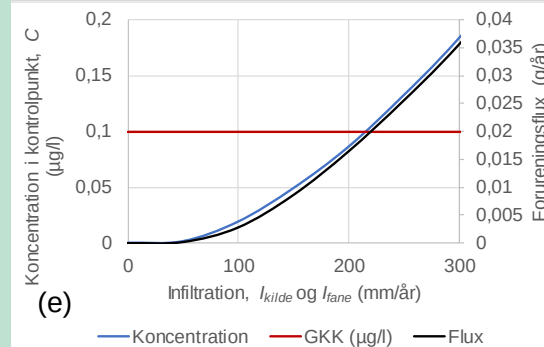
Kildekon-
centration



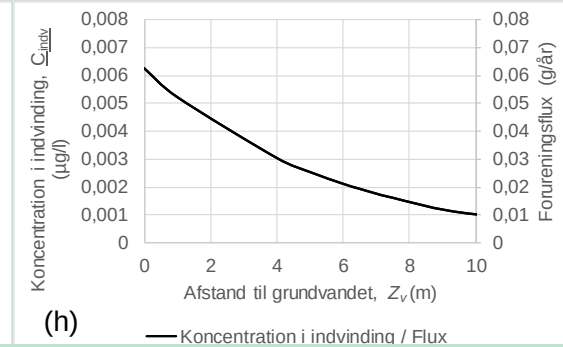
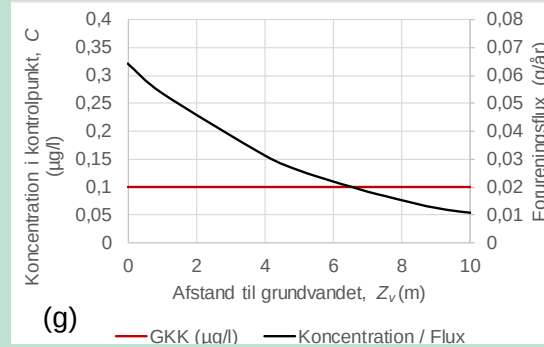
Længde



Infiltration



Dæklag



BREAK-EVEN KILDEKONCENTRATIONER, OPSUMMERING

- Break-even kildekonzentrationer for "standardlokalitet". Kildeareal på 25 m², infiltration på 250 mm/år, grundvandshastighed på 40 m/år

Uden nedbrydning

- Kildekoncentrationer under **3,2** µg/l giver ikke en risiko i kontrolpunkt 100 m nedstrøms

Med nedbrydning ($k = 0,0005 \text{ d}^{-1}$). Lokaliteten udgør ikke en risiko, hvis kildekonzentrationen er under:

- Model 1: 8-12 µg/l
- Model 2: 3,3-5 µg/l
- Model 3: 5-7 µg/l

	Ingen nedbrydning	Nedbrydning, vertikal	Nedbrydning, vertikal og horisontal
Break-even kildekonzentration			
Model 5– dichlorprop	3,2 µg/l	-	5.0 µg/l *
Model 1– dichlorprop	3,2 µg/l	8 µg/l	12 µg/l
Model 2– dichlorprop	3,2 µg/l	3,3 µg/l	5,2 µg/l
Model 3 – dichlorprop	3,2 µg/l	4,8 µg/l	7.4 µg/l
Model 3 – p,p'-DDE	7,8 µg/l	Ikke nedbrydelig	Ikke nedbrydelig

* Kun horisontal nedbrydning inkluderet

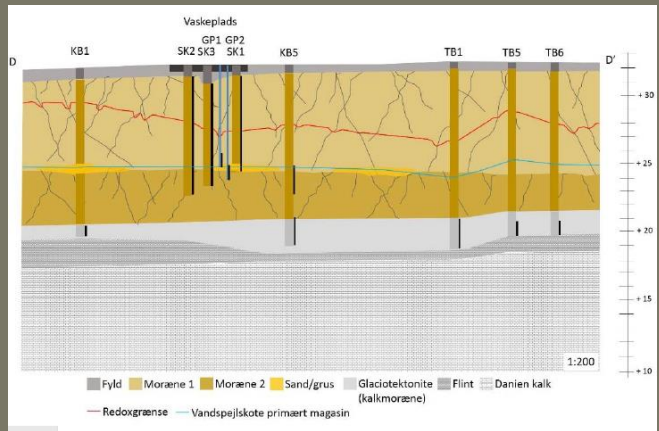
Sum af pesticider: Break-even kildekonzentration på 15 µg/l

AFPRØVNING AF GRUNDRISK FOR 3 CASE-LOKALITETER

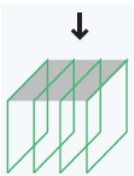
- **HVORDAN STEMME BEREGNINGER OVERENS MED FAKTISKE FUND?**
- **HVAD ER DE MEST BETYDENDE PARAMETRE?**

CASELOKALITETER - VALG AF MODEL

Trommeslagervej 22, St. Heddinge

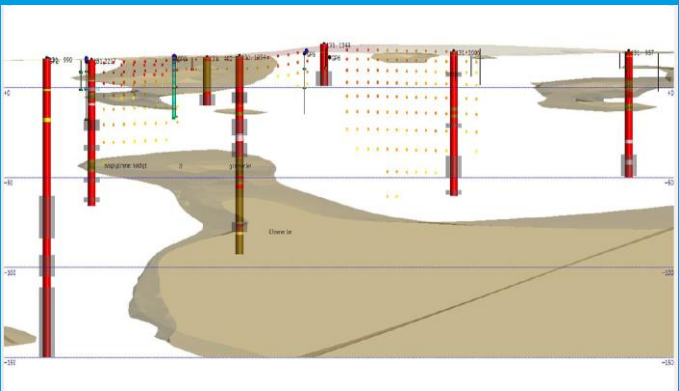


- Dichlorprop
- 4-CPP

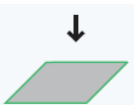


Model 2:
Opsprækket vandmættet ler

Risagervej 10, Aike, Bramming

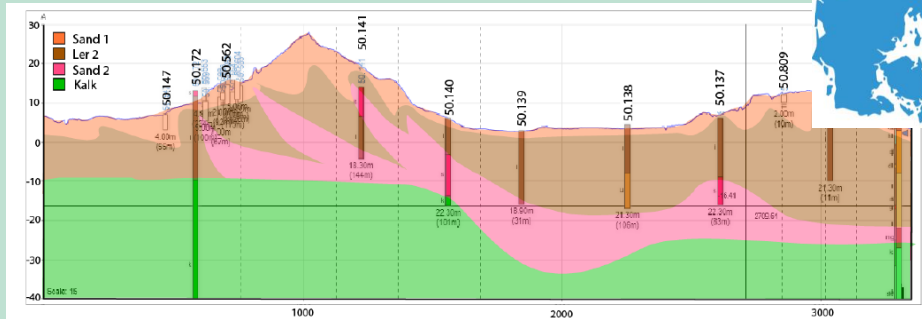


- Bentazon
- BAM
- Desphenyl-chloridazon

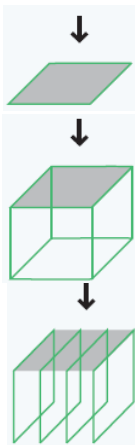


Model 5:
Forureningskilde lige over grundvandet

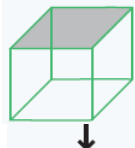
Pilkestræde 1-3, Visborg, Hadsund



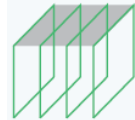
- Chloridazon
- Desphenyl-chloridazon
- Hydroxyatrazin
- Lenacil



Model 5:
Forureningskilde lige over grundvandet



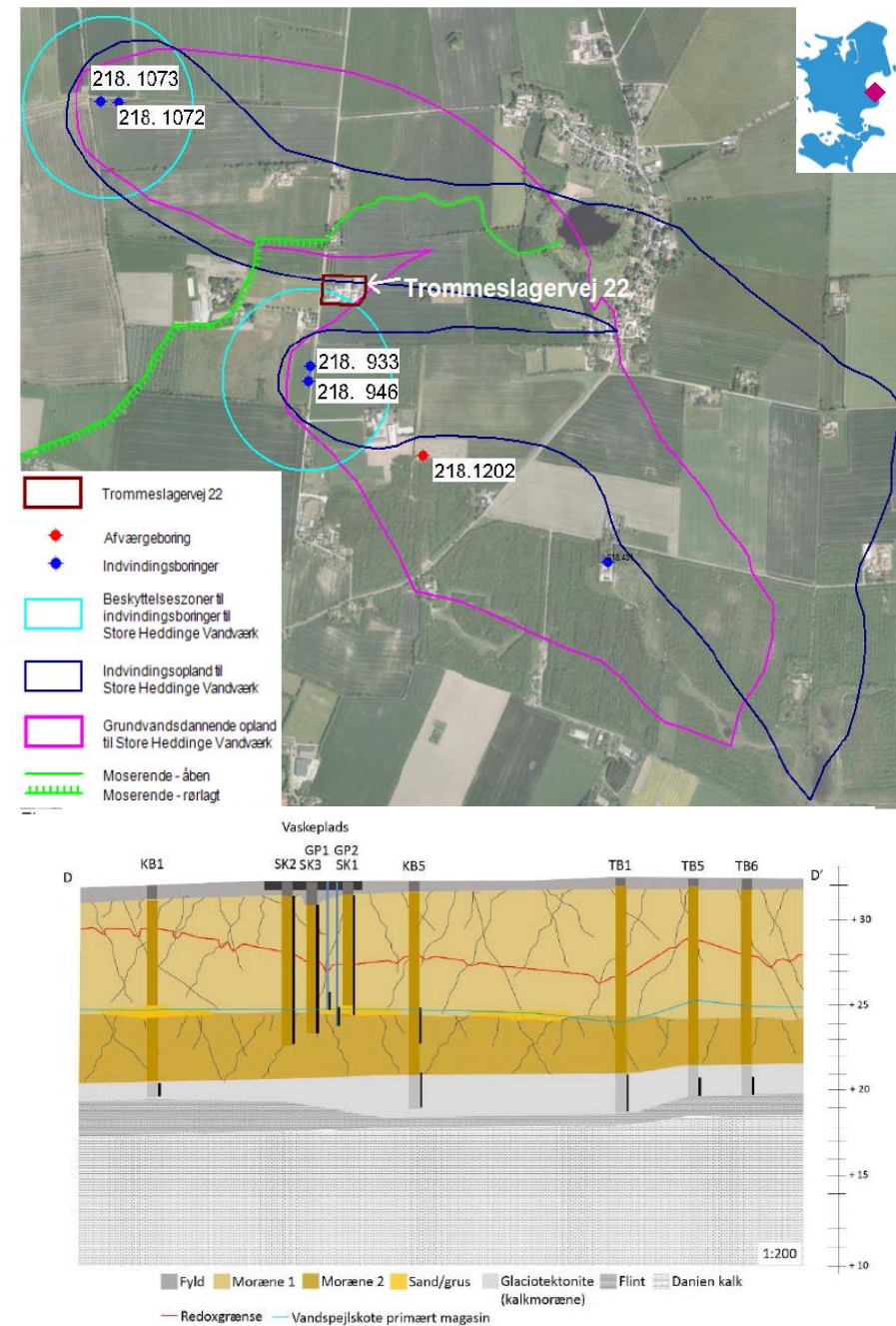
Model 1:
Homogen vandmættet ler



Model 2:
Opsprækket vandmættet ler

TROMMESLAGERVEJ

- Maskinstation
- Morænelersdæklag og kalkmagasin
- Indvinding ændret over tid



Figurer fra:
 Region Sjælland (2015) videregående undersøgelse, Trommeslagervej 22.
 4660 Store Heddinge, Orbicon, 12. maj 2015

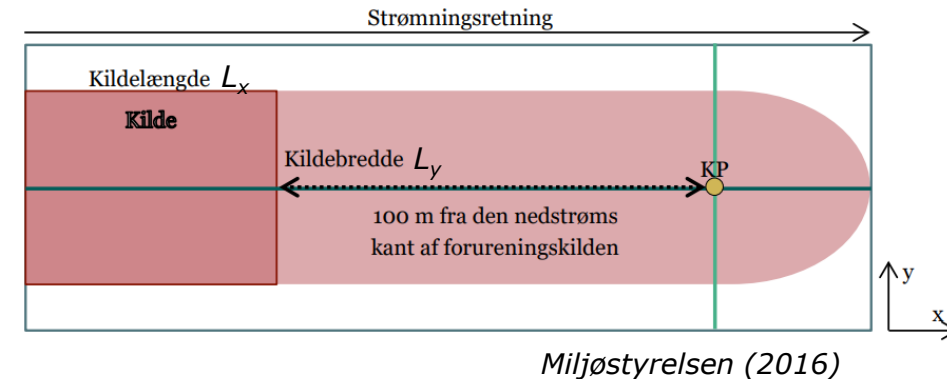
FASTSÆTTELSE AF MODELPARAMETRE

Parameterfastsættelse

- Bedste estimat (indledende og videregående) samt spænd (videregående)

Kildeareal (længde og bredde af kildeområde)

- Afgrænset ud fra koncentrationer større end eller lig med $10 \mu\text{g/l}$ for Trommeslagervej, $1 \mu\text{g/l}$ for øvrige lokaliteter
- Hvis dette ikke er muligt grundet begrænset data: formodet anvendelsesareal/spildareal



Kildekoncentration

- Indledende undersøgelse: Max-koncentrationer anvendt
- Videregående undersøgelser: Gennemsnitskoncentration baseret på koncentrationer i det afgrænsede kildeområde

Hydraulisk konduktivitet, K (grundvandsmagasin)

- Indledende undersøgelse: Typisk standardværdier for K
- Videregående undersøgelser: K værdier fra pumpetests, slugtests mv.

GRUNDRISK BEREGNING

RISIKOVURDERING »
Angiv parametre
📍 Lokaltitet: Eskildsgade 7-11

Forureningsstof:

Dichlorprop

Beregningsmodel:

2 Vandmættet opsprækket ler

Nedbrydningsmodel:

Sekventiel 1. ordens nedbrydning

Udfyld alle parametre og tryk start når du er klar. **OBS!** Afhængigt af beregningsmodel kan beregningen tage op til 20 min.

START

Forureningskilde

Kildekoncentration, C_0 (µg/L):

8,4

Dichlorprop:

8,4

4-CPP:

11

Længde af kilde, L_x (m):

17

Bredde af kilde, L_y (m):

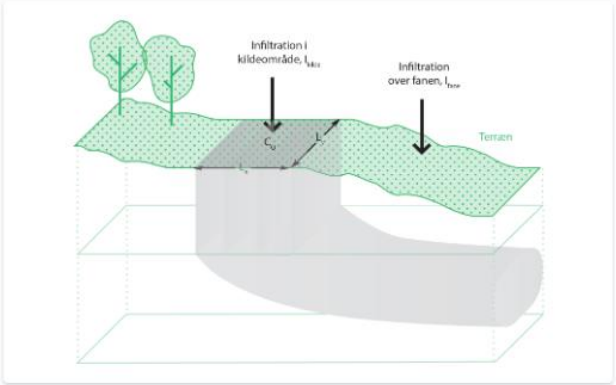
17

Infiltration i kildeområde, I_{kilde} (mm/år):

250

Infiltration over fanen, I_{fane} (mm/år):

250



Tilføj kommentar til forureningskilde

Skriv kommentar...

Vertikal transport

Afstand fra kilde til top af grundvandsmagasin, Z_0 (m):

1,5

Jordtype

☐ Fæd ler ☒ Moræneler, sandet/siltet ler ☐ Sand
☐ Silt (morænesilt) ☐ Sand og grus (usorteret)

Porøsitet, ϵ :

0,25

 (Anbefalet værdi)
Min: 0,1 - Anbefalet: 0,25 - Max: 0,3

1. ordens nedbrydningsrate, k_1 (d⁻¹):
Dichlorprop:

0,0005

 (Anbefalet værdi)

4-CPP:

0,001

 (Anbefalet værdi)

Sprækkeafstand, $2B$ (m):

5

 (Standardværdi)

Sprækkeåpning, $2b$ (m):

☐ Indtast ☒ Beregn

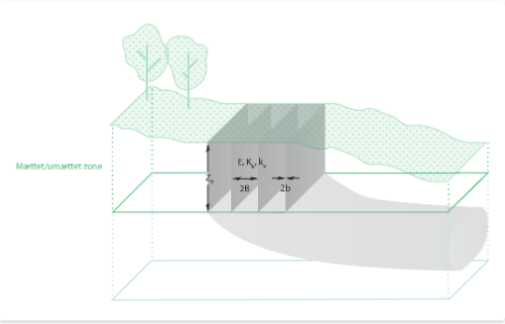
0,0000794186

 (Beregnet værdi)
Udregnes som $2b = \left(\frac{K_y \cdot 12 \cdot 0,0013 \cdot 2B}{1000 \cdot 9,81} \right)^{\frac{1}{3}}$

Bulk hydraulisk konduktivitet, K_0 (m/s):

0,000000063

 (Standardværdi)



Tilføj kommentar til vertikal transport

Skriv kommentar...

Horizontal transport

Mægtighed af grundvandsmagasinet (fra top til bund), d (m):

11

Grundvandshastighed, u (m/år):

☐ Indtast ☒ Beregn

37,8432000000

 (Beregnet værdi)
Udregnes som $u = \frac{K \cdot i}{n} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365$

Magasintype

☐ Kvartært sand ☐ Prækvartært sand ☒ Opsprækket kalk

Hydraulisk konduktivitet, K (m/s):

0,0001

 (Anbefalet værdi)
Min: 0,00001 - Anbefalet: 0,0001 - Max: 0,001

Hydraulisk gradient, i :

0,0006

Porøsitet, n :

0,05

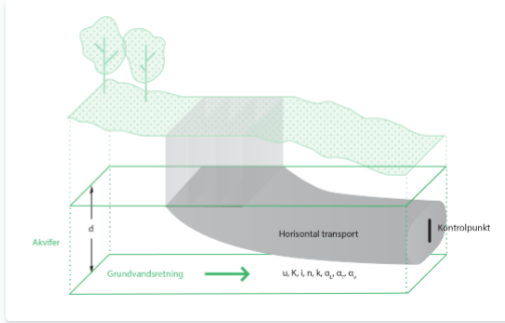
 (Anbefalet værdi)
Min: 0,001 - Anbefalet: 0,05 - Max: 0,15

1. ordens nedbrydningsrate, k (d⁻¹):

☐ Aerobe forhold ☒ Anaerobe forhold

Dichlorprop:
0,0005

Min: 0,00054 - Middel: 0,002 - Max: 0,0035



Tilføj kommentar til horizontal transport

Skriv kommentar...

RESULTAT AF RISIKOVURDERING

KONCENTRATIONER 100 M NEDSTRØMS



Indledende datasæt

	C_0 ($\mu\text{g/l}$)	C ($\mu\text{g/l}$)
Uden nedbrydning		
Dichlorprop	8,4	6,2
4-CPP	11	8,2
Med nedbrydning (anaerobe rater)		
Dichlorprop	8,4	3,6
4-CPP	11	4,1

Forureningsflux (uden nedbrydning):

Dichlorprop: 0,6 g/år

4-CPP: 0,8 g/år

Videregående datasæt

	C_0 ($\mu\text{g/l}$)	Tidligere indvinding C ($\mu\text{g/l}$)	Nuværende indvinding C ($\mu\text{g/l}$)
Uden nedbrydning			
Dichlorprop	26	0,8	3,7
4-CPP	136	4	19
Med nedbrydning (anaerobe rater)			
Dichlorprop	26	0,7	2,8
4-CPP	136	3,5	12

Forureningsflux (uden nedbrydning):

Dichlorprop: 2 g/år

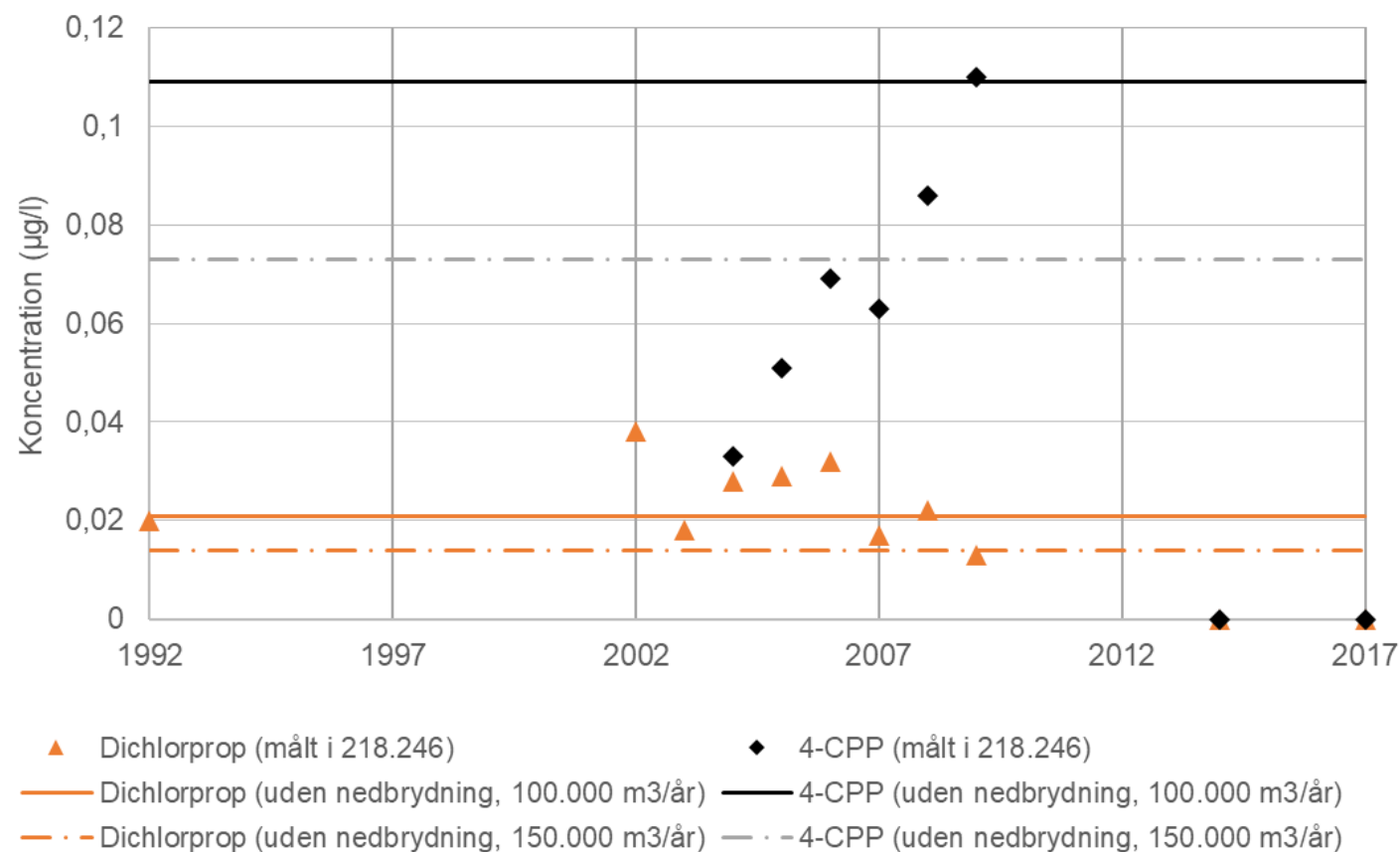
4-CPP: 10 g/år

SAMMENLIGNING AF MÅLTE OG BEREGNEDE KONCENTRATIONER I INDVINDINGSBORING (DGU 218.246)

- Koncentration i indvindingsboring, C_{indv} , beregnes som fluxen, J , divideret med indvindingsraten, Q :

$$C_{indv} = \frac{J}{Q}$$

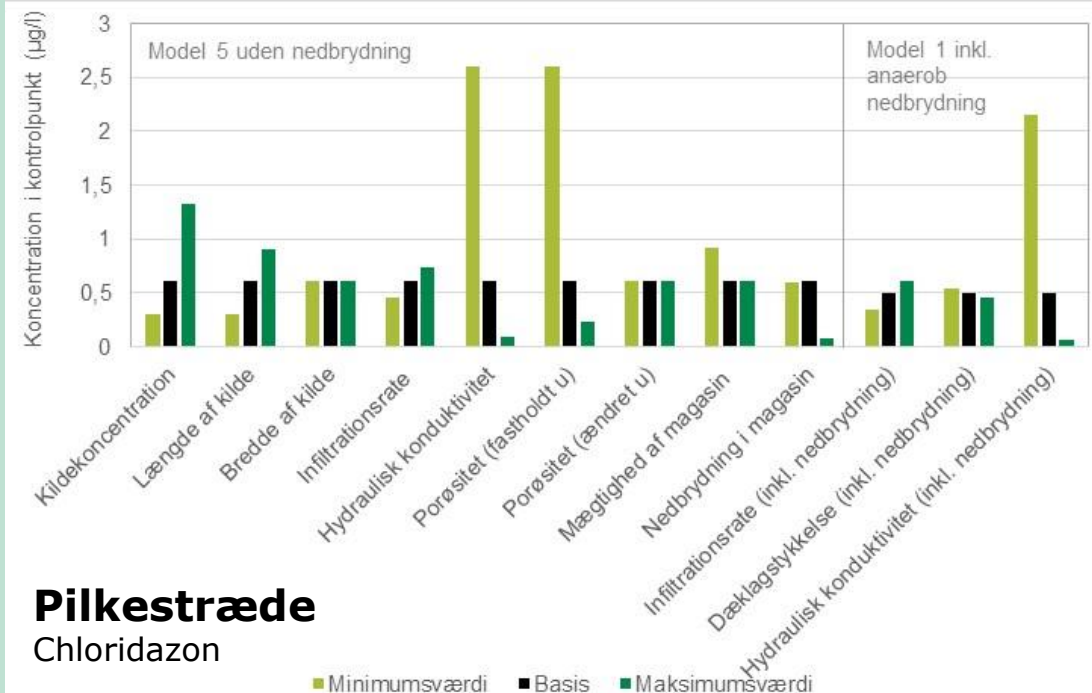
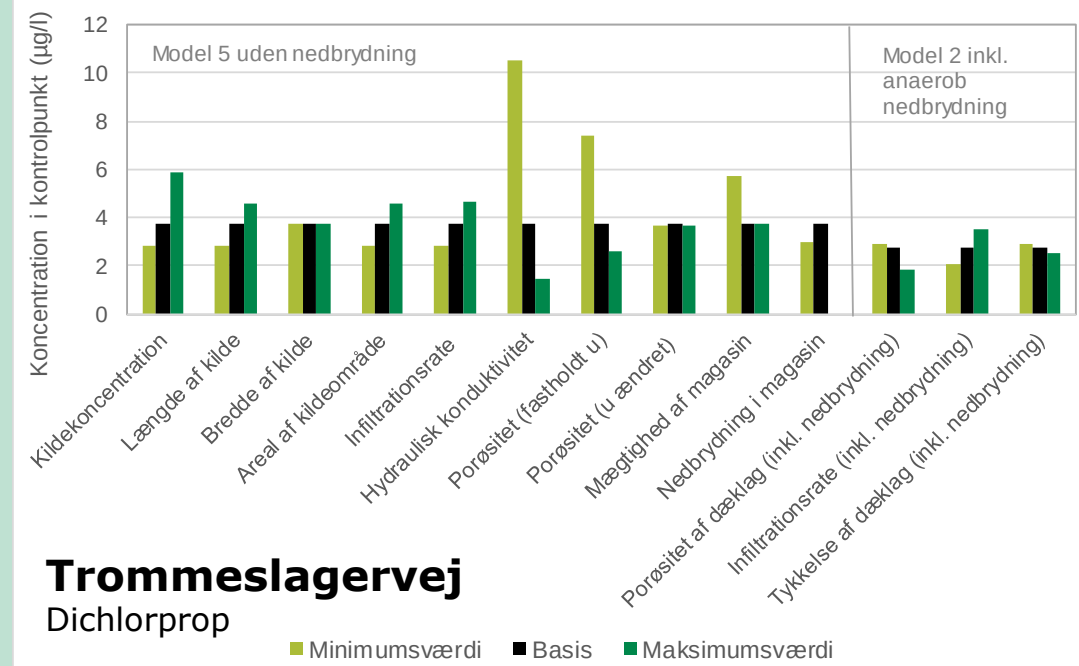
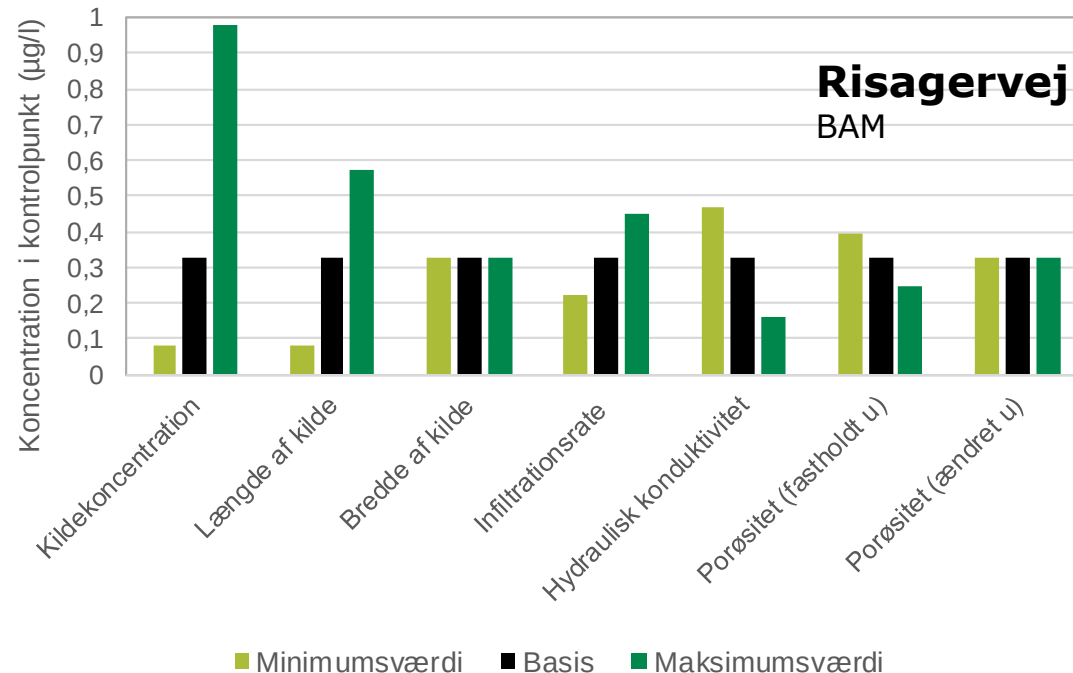
- God overenstemmelse med beregning ud fra videregående data
- Koncentrationer underestimeres med indledende data



RESULTAT AF FØLSOMHEDSANALYSE: KONCENTRATION I KONTROLPUNKT

Mest betydende parametre:

- Grundvandshastigheden (hydraulisk konduktivitet, porøsitet)
- Kildekoncentration
- Længde af kilde
- Infiltrationsrate
- Nedbrydning (stofs specifik)

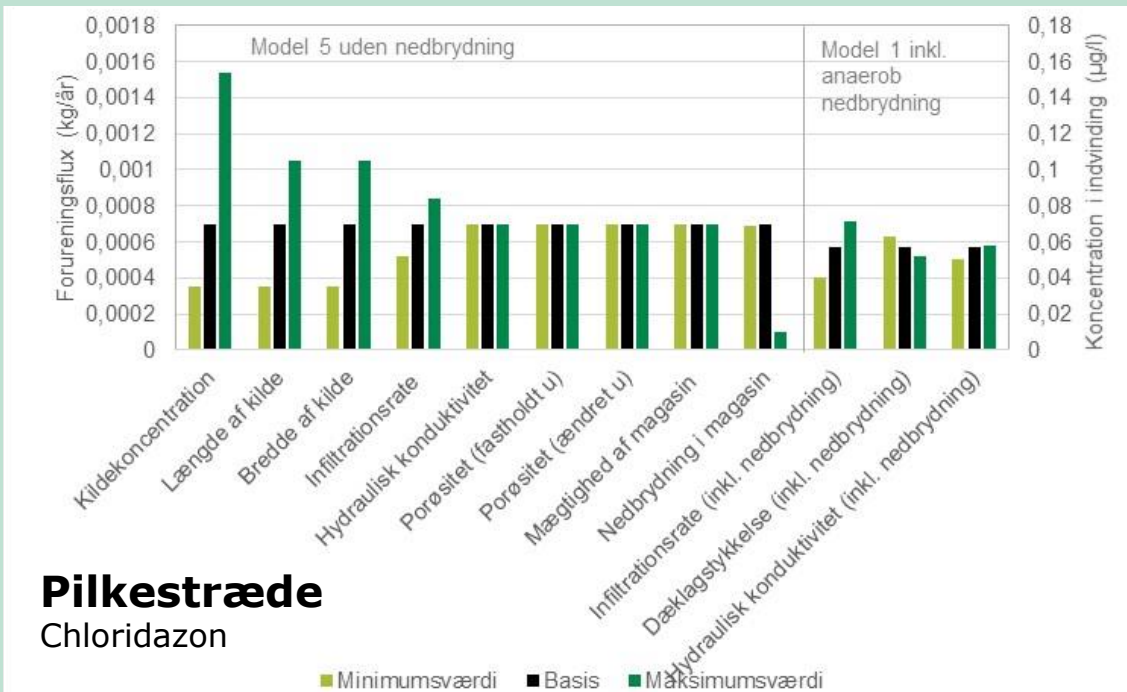
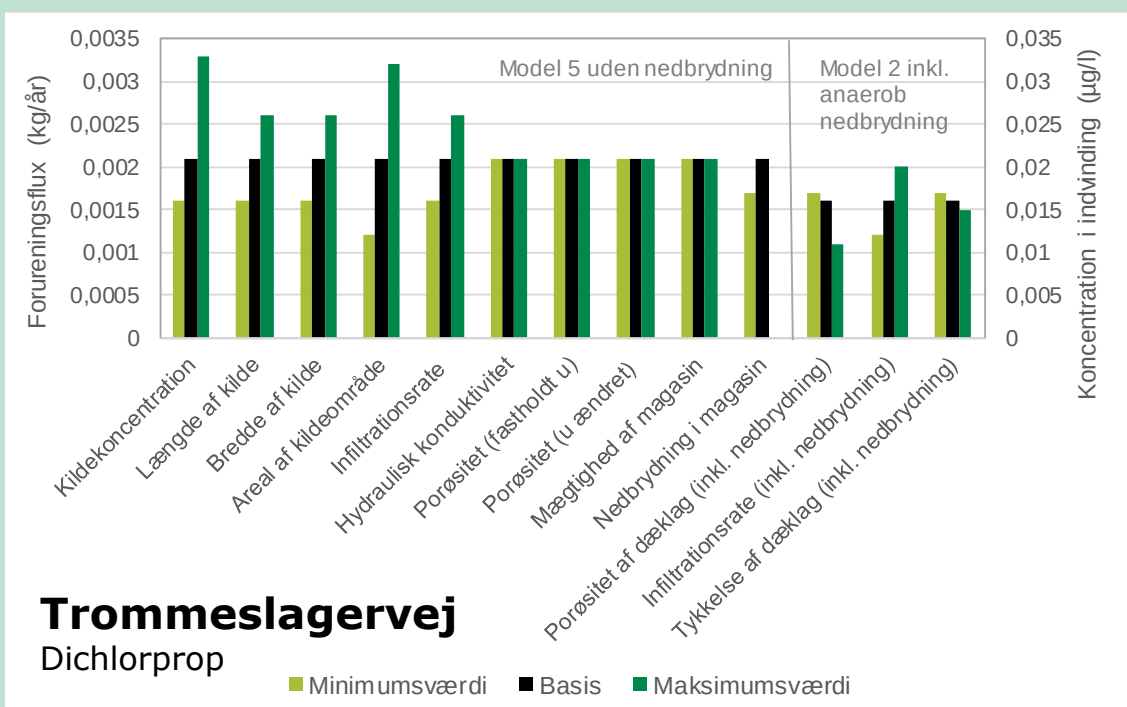
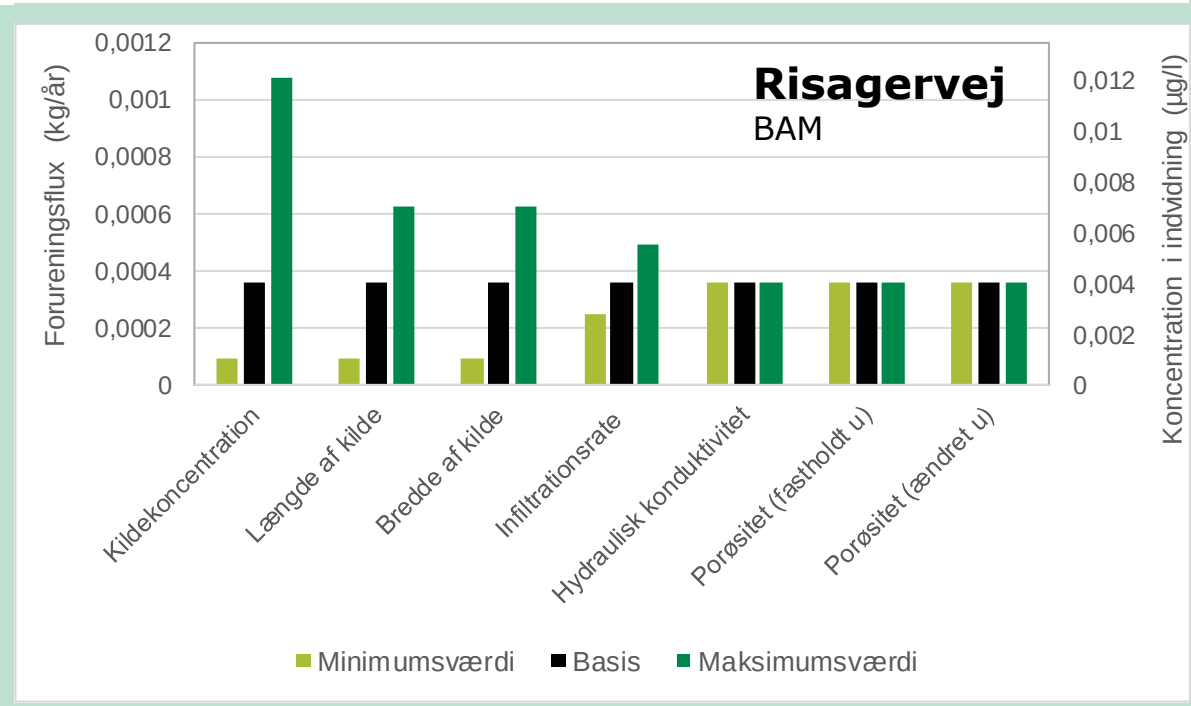


RESULTAT AF FØLSOMHEDSANALYSE

KONCENTRATION I INDVINDING/FLUX

Mest betydende parametre:

- Kildekoncentration
- Areal af kilde (længde og bredde)
- Infiltrationsrate
- Nedbrydning (stofspecifik)



KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER

KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER (I)

- GrundRisk er anvendelig til risikovurdering pesticid-punktkilder
- Ved sammenligning med målte koncentrationer i indvinding sås typisk god overensstemmelse eller tendens til overestimering

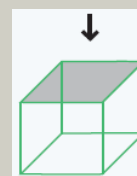
MEN der er væsentlige usikkerheder forbundet med denne sammenligning:

- Variable indvindingsmønstre
- Andre kilder i oplandet
- Komplekse hydrogeologiske forhold

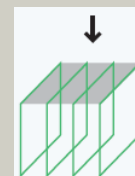
Relevante GrundRisk modeller for pesticider:

- Model 1: Homogen vandmættet ler
- Model 2: Opsprækket vandmættet ler
- Model 5: Forureningskilde beliggende lige over grundvandet

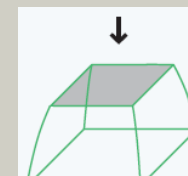
Model 3 og 4: Typisk **ikke relevante** for pesticider, da de er tiltænkt flygtige stoffer, der kan spredes i gasfasen i umættet zone.



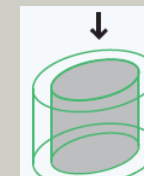
Model 1



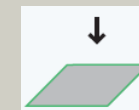
Model 2



Model 3



Model 4



Model 5

Valg af model

Model 5 vælges i følgende situationer:

- Nedbrydning inkluderes ikke under den vertikale transport (i så fald vil Model 1 og 2 give samme resultat som Model 5).
- Usikkerhed på dæklaget, hydraulisk kontakt mellem magasiner

KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER (II)

Mest betydende parametre for risikovurderingen:

Koncentrationen i kontrolpunktet er mest følsom overfor:

- Grundvandshastigheden (**hydraulisk konduktivitet**, porøsitet, gradient)
- Kildekoncentration
- Kildens længde
- Infiltrationsrate

Flux og koncentration i indvindingsboring er mest følsom overfor:

- Kildekoncentration
- Kildens areal (længde og bredde)
- Infiltrationsrate

Forureningsundersøgelser bør have fokus på disse parametre

Nedbrydning kan også have stor betydning for risikovurderingen:

- Mindre betydning i opsprækket moræneler.
- Muligt at simulere dannelse af nedbrydningsprodukter for et antal pesticider

Pesticid/ moderstof	Nedbrydningsprodukt ved sekventiel nedbrydning i GrundRisk	Bemærkning
Dichlobenil	BAM	
Chloridazon	Desphenyl-chloridazon	Methyl-desphenyl-chloridazon er også et muligt nedbrydningsprodukt, men modelleres ikke i GrundRisk
Glyphosat	AMPA	
Dichlorprop	4-CPP	Kræver anaerobe forhold
Atrazin	Deethylatrazin	Hydroxyatrazin og desisopropylatrazin er andre mulige nedbrydningsprodukter, som ikke modelleres i GrundRisk

Miljøstyrelsen (2018). Nedbrydningsrater til brug i GrundRisk Risikovurdering. Litteraturstudie. Miljøprojekt nr. 2013.

TAK FOR OPMÆRKSOMHEDEN

