

Erfaringer med revurdering af afværgeanlæg med fokus på risikovurdering og opstilling af målsætninger og stopkriterier

Workshop Vintermøde 2019, tirsdag den 5. marts

Mads Møller og Bertil Carlson, Orbicon

Niels Døssing Overheu, Region Hovedstaden

Risikovurdering og opstilling af målsætninger og stopkriterier – **muligheder!**

1 Opstilling af målsætninger/kriterier for afværgeeffekt - hvor stor må påvirkningen være, og hvor meget må slippe forbi?

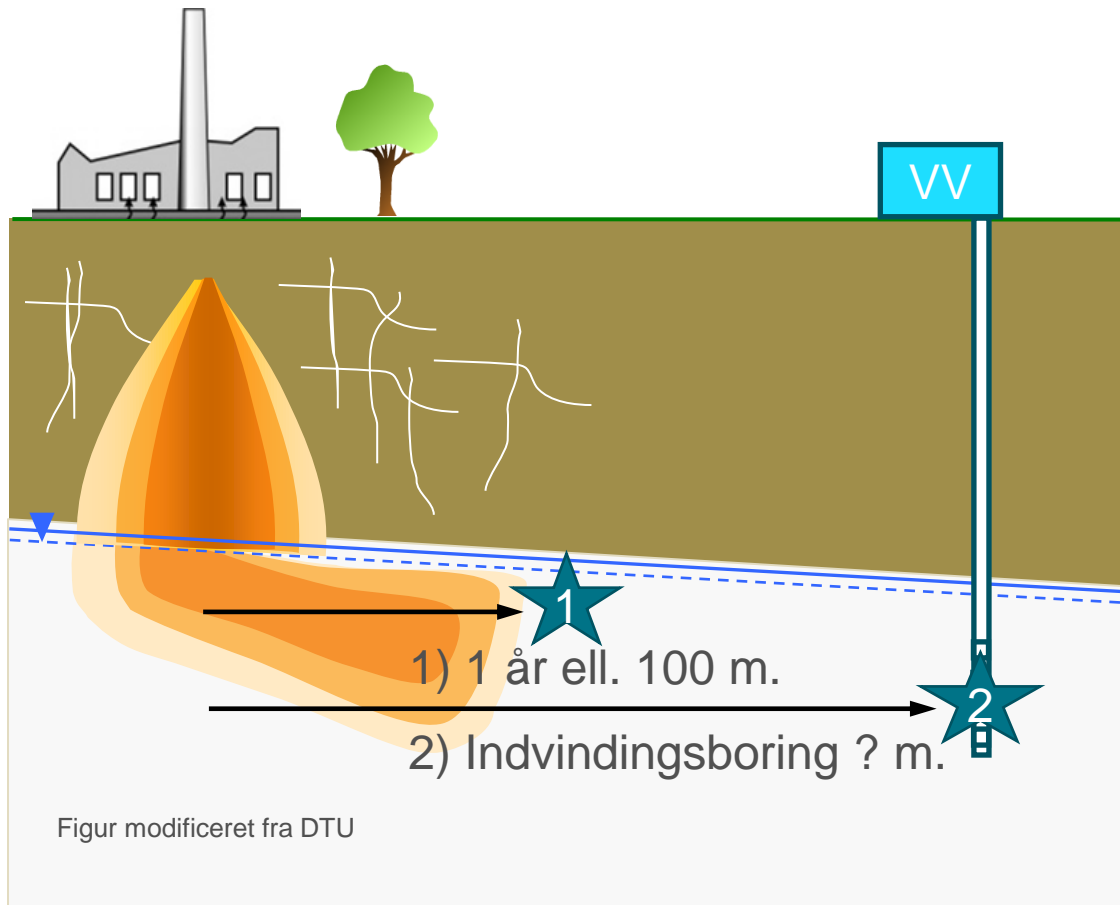
- I forhold til grundvandsressourcen
- I forhold til potentiel eller aktuel indvinding
- Inddragelse af forureningsmasse – tidsaspekt
- Inddragelse af andre forureningskilder i området
- Usikkerheder

2 Fastsættelse af stopkriterier

- Fastsættes i forhold målsætning/kriterier for afværgeren – hvor meget forurening må efterlades
- Inddragelse af forureningskoncentrationer, forureningsflux/massestrømning og forureningsmasse mv.
- Fastsætte procedure for dokumentation af at stopkriterierne er opnået

Målkriterier baseret på koncentrationsbetragtninger

Påvirkning af grundvandsressourcen eller indvinding



Figur modificeret fra DTU

1) Koncentrationsbetragtning i forhold til grundvandsressourcen

Risikovurdering med baggrund i MST JAGG eller Grundrisk (max koncentration i nedstrøms kontrolpunkt) – Tilbageregning af max tilladelig koncentration i kildeområde med og uden nedbrydning

2) Koncentrationsbetragtning i forhold til indvinding

Risikovurdering med baggrund i kontrolpunkt i nærmeste indvindingsboring (evt. divideret med antal af andre tilsvarende forureningskilder i området) – Tilbageregning af max tilladelig koncentration i kildeområdet med og uden nedbrydning evt. divideret med antal af andre tilsvarende forureninger i området.

Målkriterier - Koncentrationsbetragtninger påvirkning af grundvandsressourcen/indvindingen

Risikovurdering med baggrund i JAGG eller Grundrisk (max koncentration i nedstrøms kontrolpunkt) – tilbageregning af max tilladelig koncentration i kildeområde.

Risikovurdering med baggrund i kontrolpunkt i nærmeste indvindingsboring (evt. divideret med antal af andre tilsvarende forureningskilder i området).

Eksempel (Forurening 15 kg PCE i kilde og flux på 750 g PCE/år):

Konc-kategori	Kriterie	Kontrolpunkt	Max tilladelige kildekonc. C(0) i µg/l	Omregnet til max tilladelige flux [g PCE/år]	Ca. % oprenset masse før afværge kan afsluttes
1	MST JAGG uden nedbrydning	1 års strømning 23,7 m nedstrøms	2	0,5	99,93
2	MST JAGG med nedbrydning	1 års strømning 23,7 m nedstrøms	3	0,8	99,89
3	Konc i indvindingsboring uden nedbrydning	100 m nedstrøms ved tætteste indvind. boring	9	2,5	99,67
4	Konc i indvindingsboring med nedbrydning	100 m nedstrøms ved tætteste indvind. boring	22	6,1	99,18
5	Konc i indvindingsboring med nedbrydning/ 2 kilder i området	100 m nedstrøms ved tætteste indvind. boring	11	3,1	99,60
	Er max konc. der skal være overholdt i kontrolpunkt		1 µg/l (TCE, PCE)		

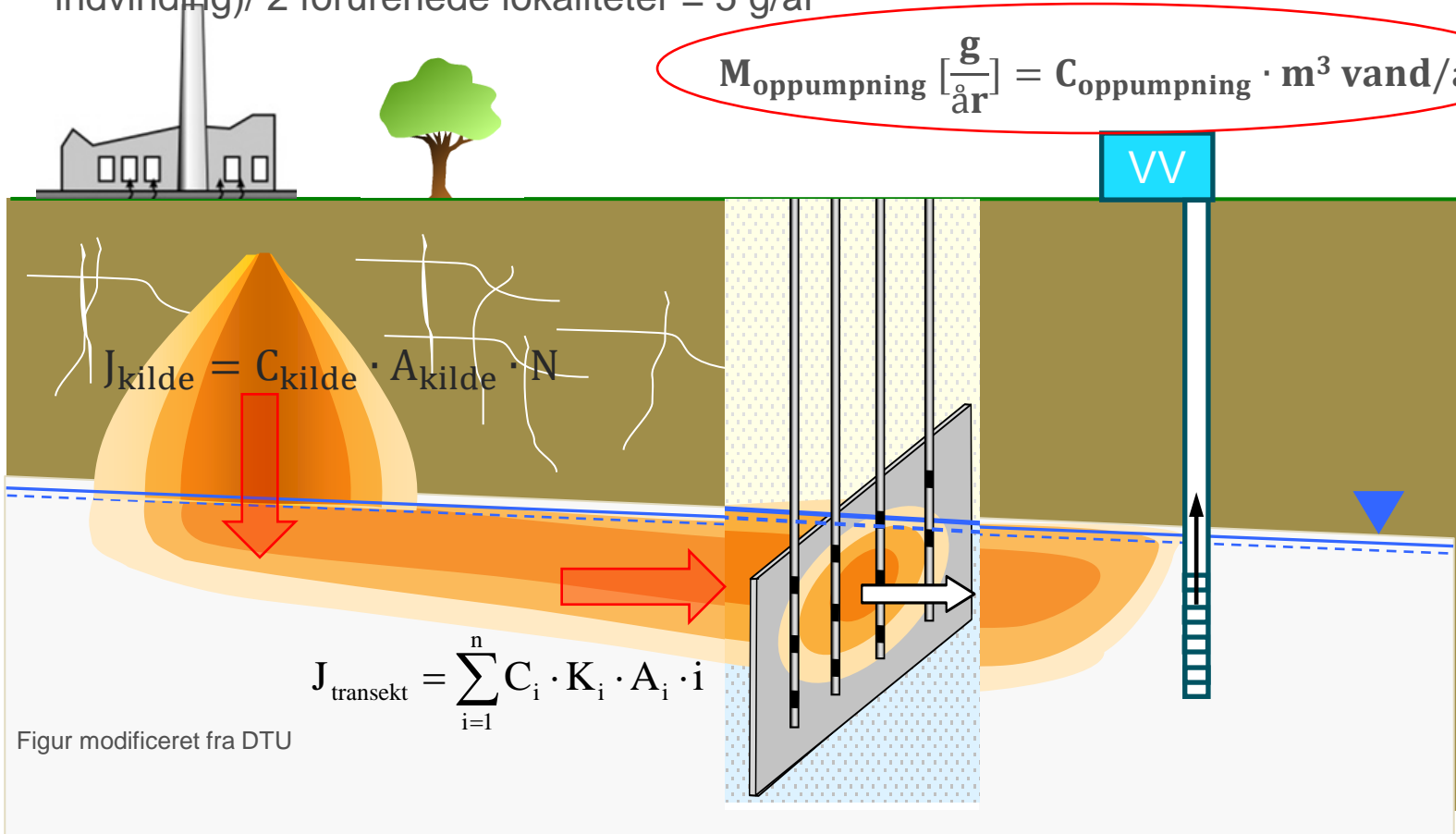
Målkriterier baseret på forureningsflux

Inddragelse indvinding og flere forurenede lokaliteter (V1 og V2) i området

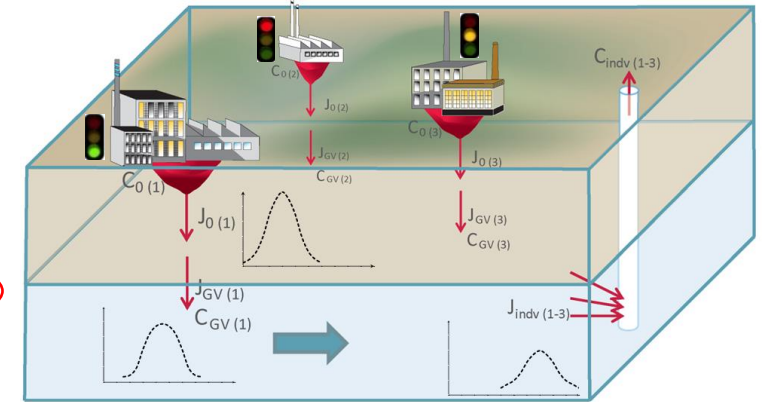
Max acceptabel flux [g/år] = GVK_{stof} * Vandmængde (fiktiv ell. aktuel indvinding)/ evt. antal af forurenede lokaliteter

Eksempel: Max acceptabel flux [g/år] = 0,001 g TCE/m³ * 10.000 m³/år (fiktiv indvinding)/ 2 forurenede lokaliteter = 5 g/år

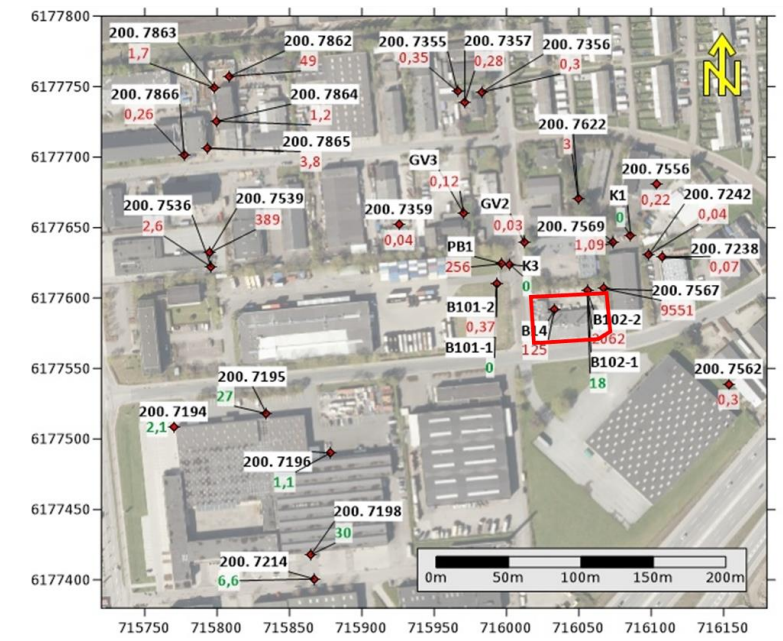
$$M_{\text{oppumpning}} \left[\frac{\text{g}}{\text{år}} \right] = C_{\text{oppumpning}} \cdot m^3 \text{ vand/år}$$



Figur modificeret fra DTU



GeoGIS udtræk



Målkriterier baseret på fluxbetragtninger

Eksempel (Forurening 15 kg PCE i kilde og flux på 750 g PCE/år):

Risikovurdering med baggrund i potentiel indvinding/påvirkning af grundvandsressourcen

Flux-kategori	Acceptabelt vandvolumen der påvirkes op til gvk (m ³ /år)	Tilhørende max. flux for overholdelse af grundvandskriteriet (g/år)	Ca. % oprenset masse før afværgelse kan afsluttes
1	1.000.000	1.000	Ingen
2	100.000	100	86,7
3	50.000	50	93,3
4	10.000	10	98,7
Grundvandskriterier		1 µg/l (TCE, PCE)	

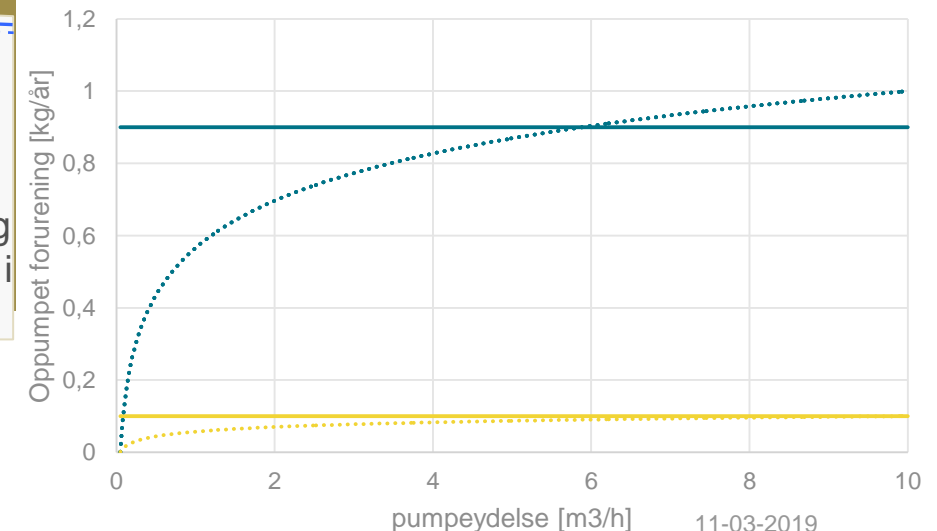
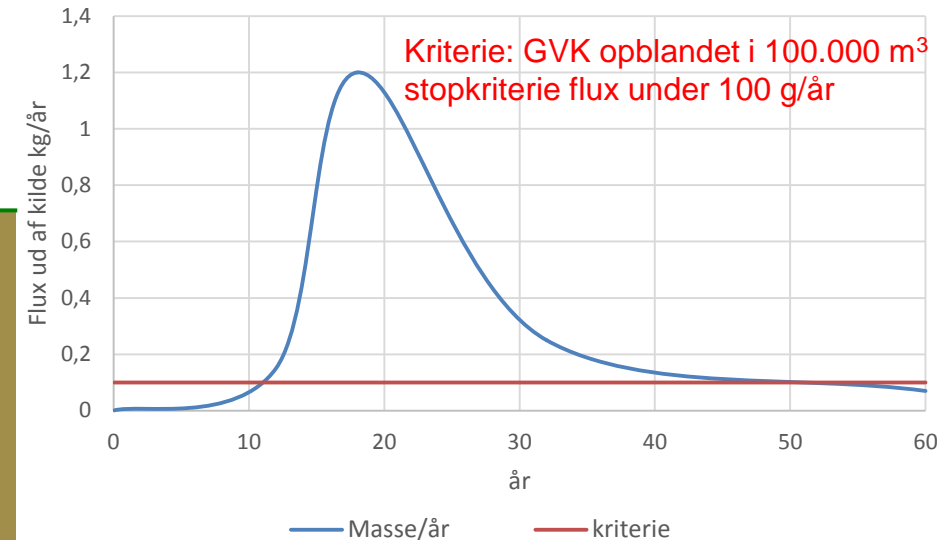
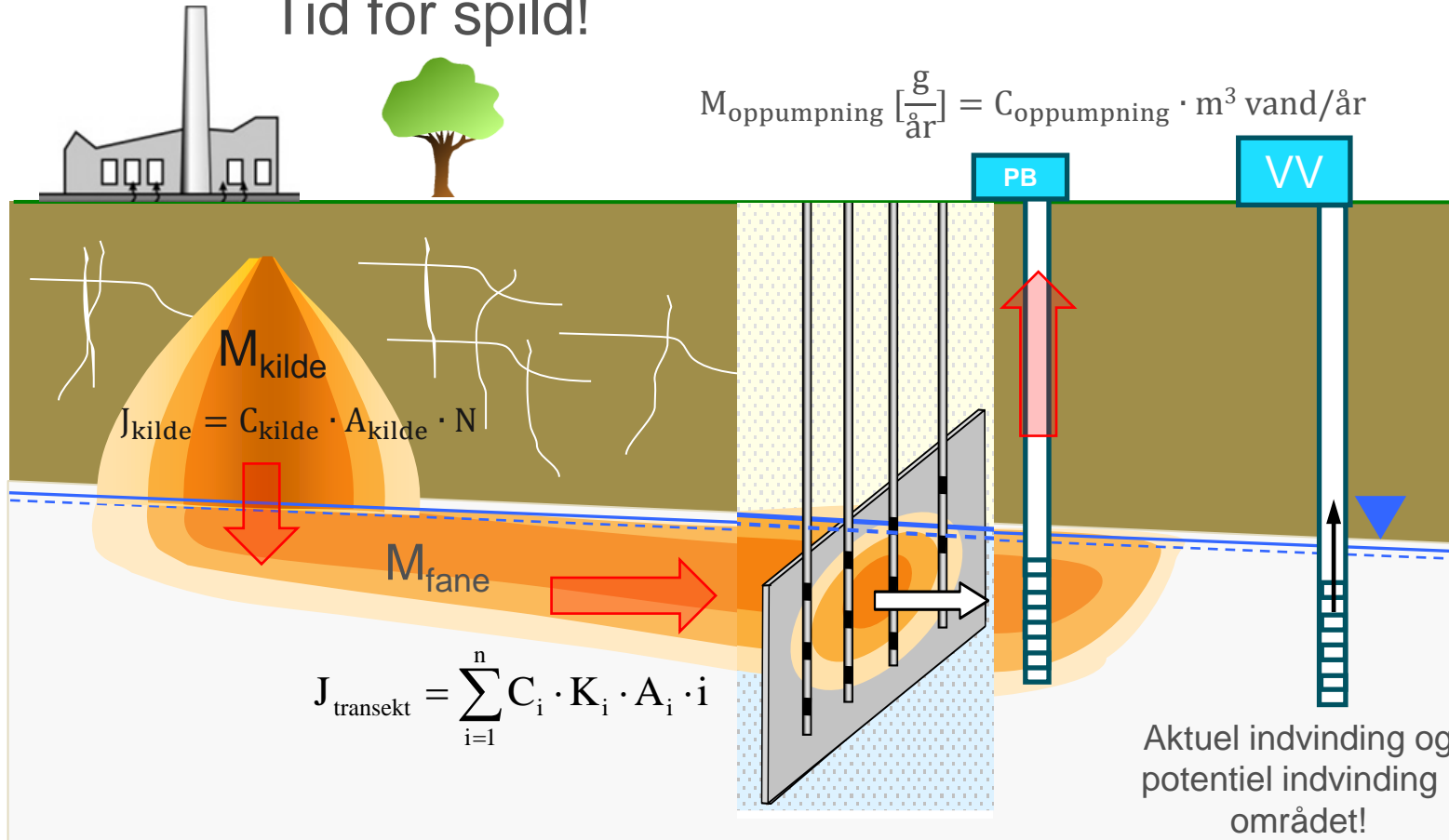
Risikovurdering med baggrund i aktuel indvinding og forurenede lokaliteter i området

Flux-kategori	Kriterie	Acceptabelt vandvolumen der påvirkes op til gvk (m ³ /år)	Tilhørende max. flux for overholdelse af grundvandskriteriet (g/år)	Ca. % oprenset masse før afværgelse kan afsluttes
1	Indvindingstilladelse vandværk (VV)	1.220.600	1.260	Ingen
2	Aktuel indvinding på VV	1.026.600	1.060	Ingen
3	Samlet indvinding VV/5 forurenede lok.	205.320	205	72,6
4	Indvinding i en indvindingsboring	150.000	150	80
5	Indvindingsboring/2 forurenede lok.	75.000	75	90
Grundvandskriterier			1 µg/l (TCE, PCE)	

Målkriterier – Vurderinger!

Hvor meget skal fikseres og inddragelse af tidsaspektet

Tid for spild!



Sammenhold J_{kilde} , evt. J_{transekt} med $M_{\text{oppumpning}}$

Sammenhold M_{kilde} med M_{fane} og $M_{\text{oppumpning}}$

Målkriterier

Inddragelse af usikkerheder

Usikkerheder ved opsætning af målsætninger:

- Ændring i indvindingsmængde
- Antal af forurenede lokaliteter

Kan inddrages ved at målkriteriet divideres med usikkerhedsfaktor (2, 5 eller ?)

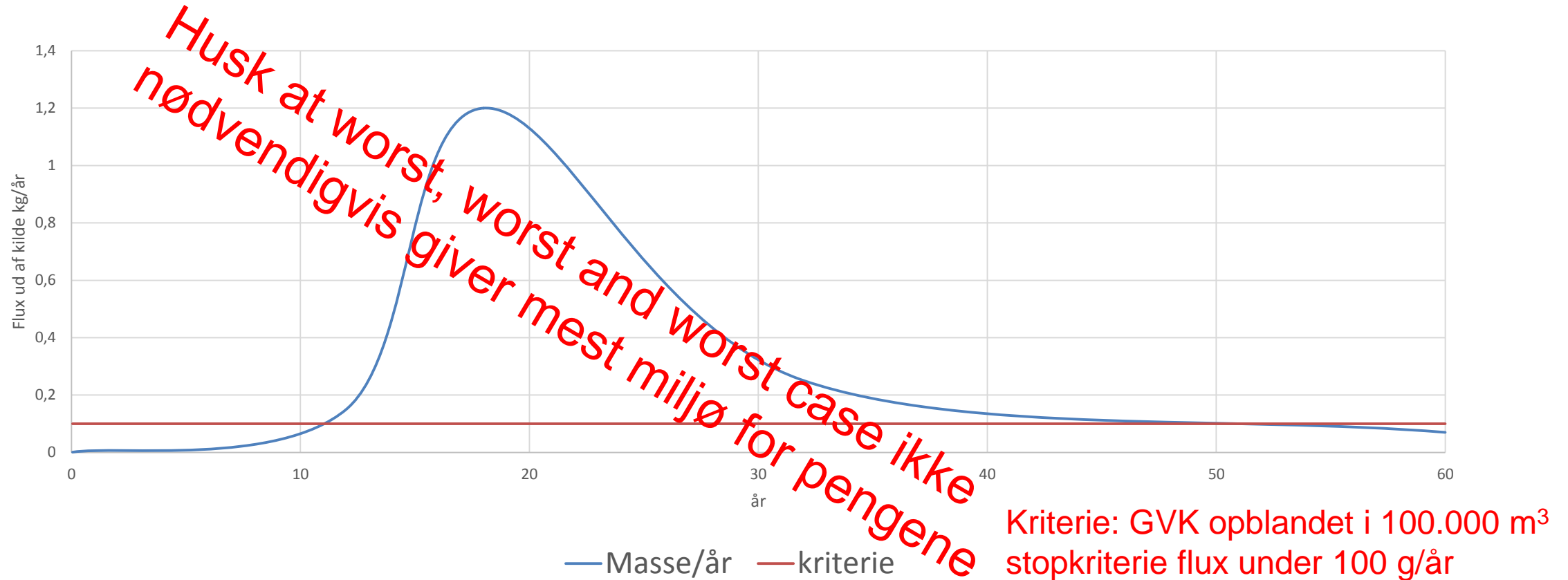
Usikkerheder der ikke skal inddrages i målkriterierne, men skal inddrages ved vurdering af om de er opnået:

- Omfang og styrke af forurening
- Usikkerheder på koncentrationer, masse og flux
- Har vi helt styr på om det er den samlede forureningsflux vi reelt pumper op og hvordan forureningsbilledet ændres over tid -gennembrud af forurening etc.!

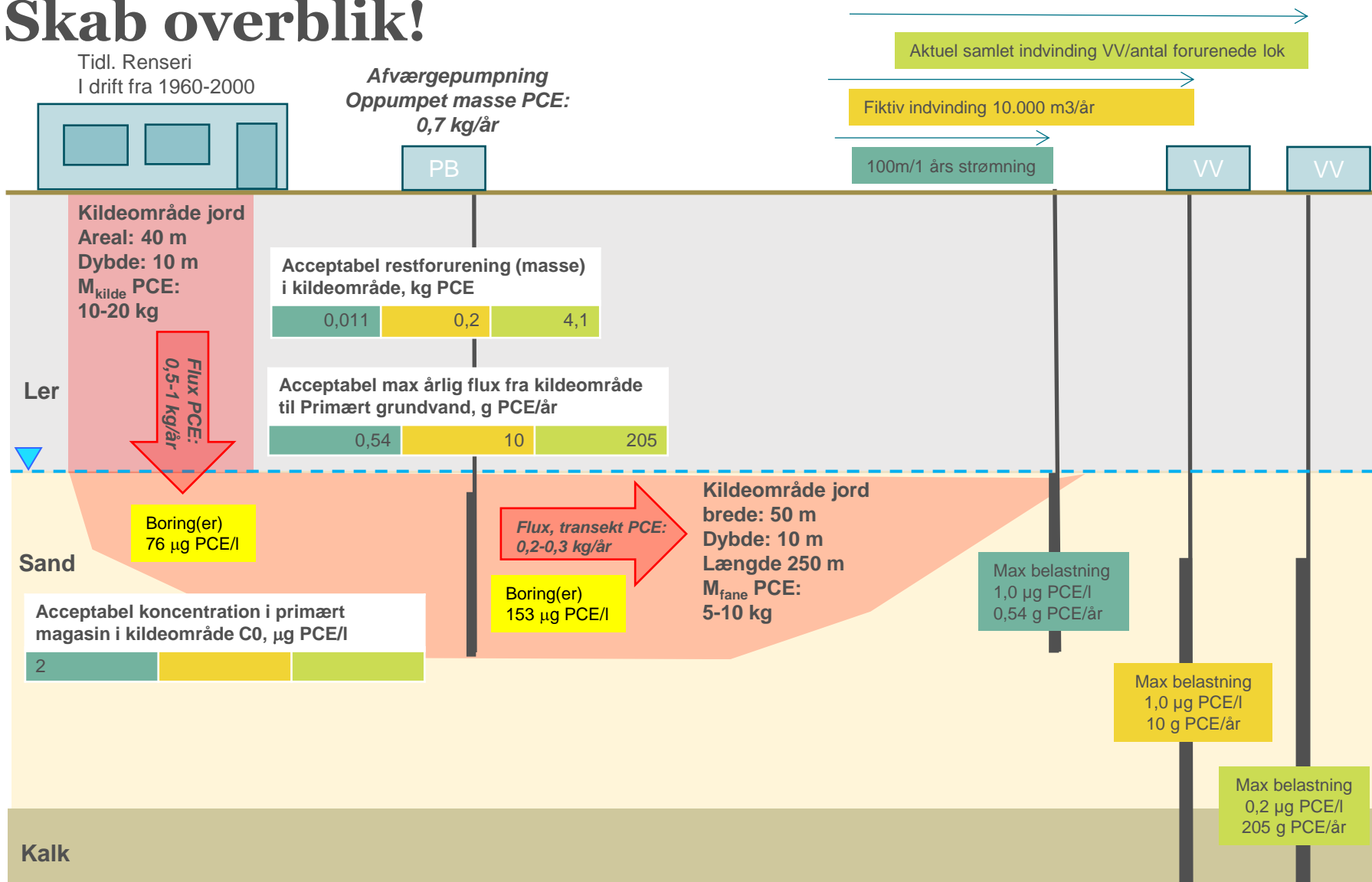
Usikkerheder ved opsætning af stopkriterier

Mål- /stopkriterier Hvad skal vi vælge?

worst and best case scenario on and on! (Nephew)



Skab overblik!



Målsætning 1 (JAGG ell. GRUNDRISK)
Max belastning svarende til
grundvandskvalitetskriteriet
1 års strømning/100 m nedstrøms lokaliteten.
(23,7 m)

Målsætning 2 (Fiktiv indvinding 10.000 m³/år)
Max belastning svarende til grundvandskvalitetskriteriet

Målsætning 3 (Aktuel indvinding VV/antal forurenede lok.)
Max belastning svarende til 1/5 af
grundvandskvalitetskriteriet i indvinding på Vandværk (
205.320 m³/år). Der er 5 kendte lokaliteter inden for
indvindingsopland.

Fastsættelse af stopkriterier

- ❖ Først undersøges om vi stadig er i et prioriteret område (OSD, indvindingsopland etc.)
- ❖ Fastsættes i forhold målsætning/kriterier for afværgen – hvor meget forurening må efterlades
- ❖ Inddragelse af forureningskoncentrationer, forureningsflux/massestrømning og forureningsmasse, nedbrydning mv. – brug den konceptuelle model
- ❖ Hvor forureningsbelastet er området - Andre lokaliteter/forureninger
- ❖ Indvindingsmængder og evt. hensyn til forurening i indvindingsboringer
- ❖ Inddrag usikkerheder i vidensgrundlaget for forureningen/oppumpningen (andel af flux)
- ❖ Fastsætte procedure for dokumentation af at stopkriterierne er opnået

Fastsættelse af stopkriterier – eksempel!

Forslag til nye stopkriterier og vurdering af driftsperiode

Det anbefales, at målsætning 2 danner baggrund for stopkriterierne for afværgen.

Målsætning	Beskrivelse
2	Den samlede forureningsflux fra lokaliteten blases op i en indvinding fra en af de 5 indvindingsboringer fra Vandværk, under forudsætning af at grundvandskriteriet i denne boringen ikke må være overskredet såfremt boringen belastes med ligelig mængde forurening fra 5 forurenede lokaliteter . Beregning af vandvolumen som en forureningsflux kan blandes op i: Samlet indvinding 2016 - 1.026.600 m ³ pr. år/5 indvindingsboringer /5 forurenede lokaliteter = 41.000 m³/år .

**Koncentration til
Fluxbaseret**

Afværgen kan således ikke stoppes, før kravet i denne målsætning er overholdt.

Krav til enkelte forureningskomponenter (chlorerede opløsningsmidler eller nedbrydningsprodukter heraf):

For enkelt komponenter, hvor den maks. tilladelige værdi er 1 µg/l, er den **max tilladelige forureningsflux = 41 g enkelt stof/år**.

Krav til sum af chlorerede opløsningsmidler samt nedbrydningsprodukter heraf:

For summen af chlorerede opløsningsmidler, hvor kravet er 3 µg/l, er den **max tilladelige forureningsflux = 123 g (sum chlorerede) /år**.

Kravene skal både være overholdt for enkelt komponenter og sum af chlorerede opløsningsmidler. Det anbefales endvidere, at kravet er **overholdt i 2 år i træk**, hvor der er stabil drift, således at der er sikkerhed for at kravet overholdes over længere tid.

Det er en forudsætning, at der er fuld hydraulisk kontrol over afværgen, således **den oppumpede forureningsflux afspejler den samlede forureningsflux ud af området**, såfremt der ikke længere bliver afværgepumpet.

Grundet den aktuelle forureningsbelastning af vandindvindingen i området, anbefales der **fulgt op på den aktuelle forureningsbelastning af indvindingen**, når stopkriterierne er opnået. Er forureningsbelastningen blevet forværret i forhold til det nuværende niveau, bør der før afværgen lukkes, foretages en samlet vurdering af hele området i forhold til forureningsbelastningen af indvindingen. Forureningsbelastningen fra lokaliteten, bør indgå i denne samlede risikovurdering, og med baggrund i den samlede risikovurdering vurderes om afværgen kan lukkes.

Der vurderes minimum at gå **10-20 år før afværgen kan stoppes**, hvis målsætning 2 vælges som udgangspunkt for fastsættelse af nye stopkriterier.

Huskeliste – revurdering af afværge!

➤ Definere afværgeområde og vurdering af effekt af den hydrauliske fiksering – opstilling af formål

- Afværgeområde (volumen): Hvordan foretager vi en afgrænsning?
 - Afgrænsning til hvilken koncentration (areal og dybdeinterval)?
 - Afgrænsning til max acceptabel forureningsflux, som ikke fikseres?
 - Problematik med dykkende forureningsfaner – er hele fanen fikseret (øvre og dybe del)?
 - Inddragelse af tidsaspekt – ændringer i afværgeområde over tid
 - Indsnævring af område grundet effekt af afværgepumpning (koncentrationer falder i randområder)
 - Nuværende forureningsflux (målt i det magasin der afværges) og fremtidig potentiel forureningsflux (hvis der ikke er fuldt gennembrud – kan fluxen beregnes som vertikal forureningsflux ud af kildeområdet)
- Afværge effekt: Hvordan måles og tolkes det?
 - Sænkning i vandspejl med strømning mod boring
 - Opadrettet gradient mellem magasiner
 - Visualisering af strømningsretninger (med og uden afværgeboring) i Surfer eller. Lignede program
 - Visualisering i grundvandsmodeller – hvordan kan det anvendes
 - Tolkninger ved udførelse af test i felten – variation i pumpeydelse samt prøvetagning – vurdere optimal ydelse (størst fjernet forureningsmasse ved minimum pumpeydelse) – udføres ved indkøring af anlæg og løbende ved revurdering/opfølgning på effekt
- Formål: Hvordan gøres det entydigt?
 - Hydraulisk fiksering af et specifikt afværgevolumen med angivelse af hvorledes det dokumenteres! (ikke bare en fiksering af forureningen)

➤ Opstilling af målsætninger/kriterier for afværgeeffekt - hvor stor må påvirkningen være og hvor meget må slippe forbi?

- I forhold til grundvandsressourcen (koncentration eller forureningsflux)
- I forhold til potentiel eller aktuel indvinding (samlet indvinding eller del af indvinding (evt. enkelt boring))
- Inddragelse af forureningsmasse – tidsaspekt (hvor lang tid vil der være en påvirkning)
- Andre forureningskilder i området
- Inddragelse af usikkerheder (omfang og styrke af forurening (usikkerheder på koncentrationer, masse og flux))

➤ Fastsættelse af stopkriterier

- Fastsættes i forhold målsætning/kriterier for afværge – hvor meget forurening må efterlades
 - Inddragelse af forureningskoncentrationer, forureningsflux/massestrømning og forureningsmasse
 - Fastsætte procedure for dokumentation af at stopkriterierne er opnået

Hvordan skal vi opstille målsætninger/kriterier for afværgeeffekt?

- Skal målsætningerne opstilles i forhold til grundvandsressourcen (skal vi anvende koncentrationer eller forureningsflux)?
- I forhold til potentiel eller aktuel indvinding (samlet indvinding eller del af indvinding (evt. enkelt boring))?
- Skal og hvordan inddrages forureningsmasse ?
- Skal andre forureningskilder i området inddrages i risikovurderingen og hvordan?
- Hvordan inddrager vi usikkerheder (omfang og styrke af forurening (usikkerheder på koncentrationer, masse og flux samt ændringer i forureningsbilledet over tid (gennembrud af forurening etc.))?)
- Hvordan inddrages tidsaspekt (hvor lang tid vil der være en påvirkning, og hvor er vi i forløbet, samt den løbende tilpasning)?

Hvordan fastsætter vi de "rigtige/bedste" stopkriterier?

- Hvordan skal de fastsættes i forhold målsætning/kriterier for afværgeren?
 - Hvad skal inddrages i kriterierne: forureningskoncentrationer, forureningsflux/massestrømning, forureningsmasse, vandindvinding mv. – hvad er vigtigst?
 - Hvordan fastsættes en procedure for dokumentation af at stopkriterierne er opnået?