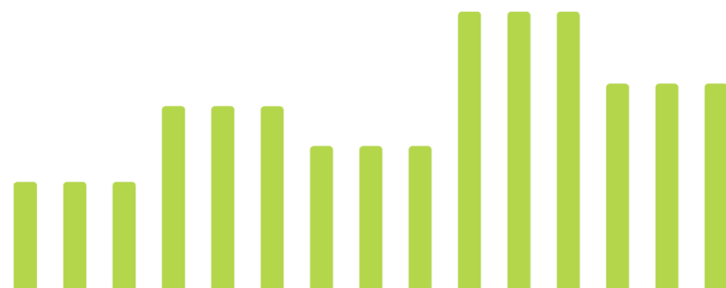




UDFORDRINGER I BNBO

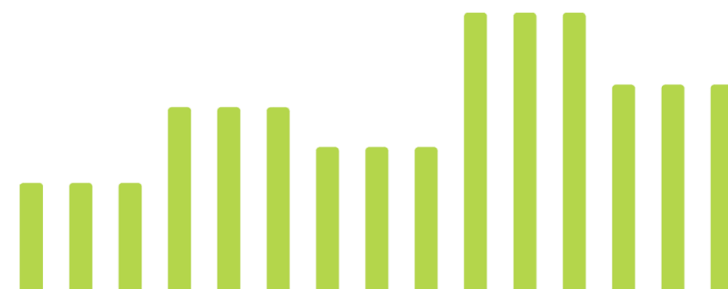
AFGRÆNSNINGEN

Af Flemming Damgaard Christensen,
fldc@hofor.dk



AGENDA

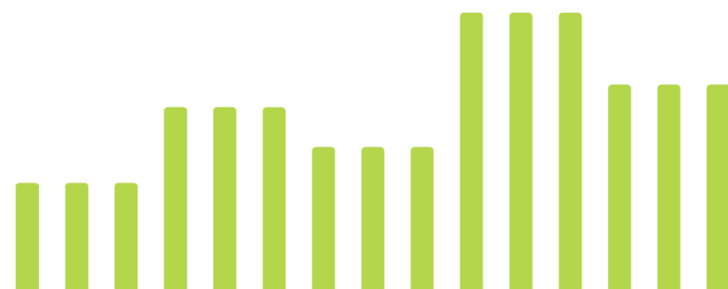
- ▶ Baggrund for BNBO
 - ▶ Historie for BNBO
 - ▶ Fremtiden for BNBO
- ▶ Konceptuelt model for BNBO
 - ▶ Forudsætninger & matematik
 - ▶ Betydningen af parametre
 - ▶ Beregningsmetoder
- ▶ Cases
- ▶ Konklusion & Fremtid



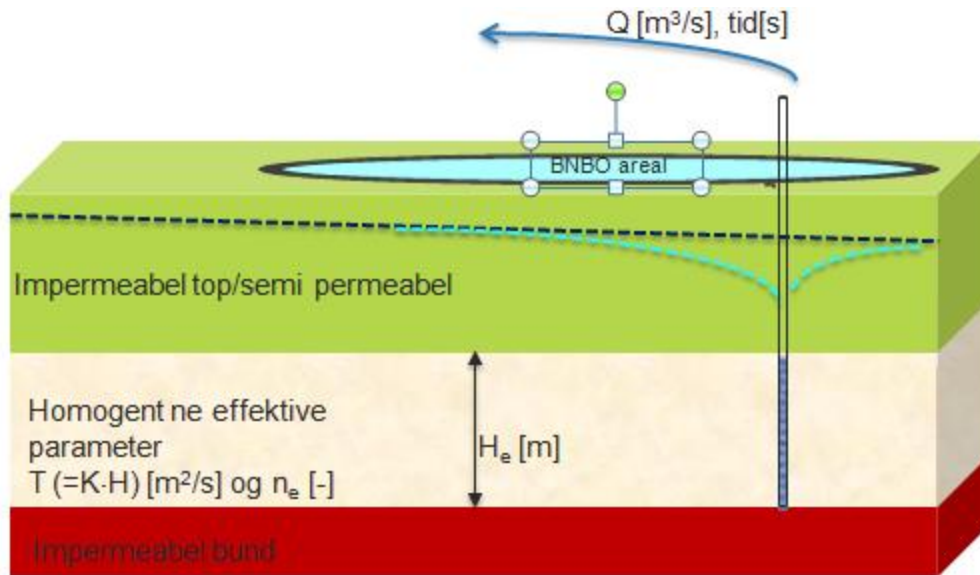
BAGGRUND FOR BNBO

Baggrund for BNBO

- ▶ BNBO koncept introduceret i 2007 (Vejledning fra Miljøstyrelsen)
 - ▶ En række kommune samt større vandforsyninger kaster sig ud i at lave BNBO afgrænsninger. Både analytiske, semianalytiske og numeriske modeller anvendes.
- ▶ Kraftig forøget indsats i 2012 og 13 grundet tilskud.
 - ▶ Metodeudvikling til BNBO både til afgrænsning og vurdering af parameterstørrelser.
 - ▶ Afgrænsning af BNBO både på boringsniveau og kildepladsniveau
 - ▶ Administrative BNBO'er
 - ▶ Sårbarheds- og risikovurdering
 - ▶ anbefalinger til tiltag og vurdering af de økonomiske konsekvenser
- ▶ 2015 og 2016
 - ▶ SVANA afgrænser BNBO for de indvindingsboringer, som ikke har et BNBO.
 - ▶ Ved udgangen af 2016 skal alle indvindingsboringer have et BNBO
- ▶ Fremtiden
 - ▶ ???



KONCEPTUELT MODEL FOR BNBO



Parameter:

- Strømningstid, t
- Indvindingsmængde, Q
- Porøsitet n_e
- Magasintykkelse, H_e
- Transmissivitet, T
- Den naturlige strømninggradient, I
- Den naturlige strømningretning, α

- Vandbalance – BNBO areal:

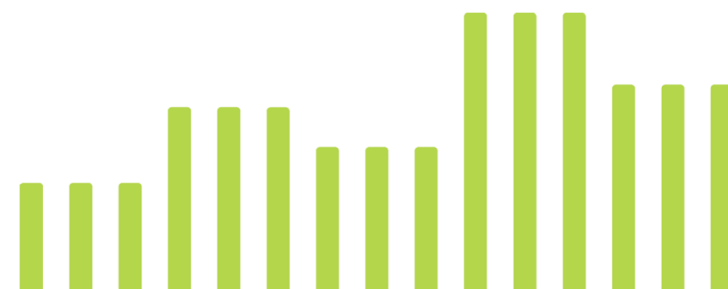
$$Q \cdot t = \text{BNBO}_{\text{Areal}} \cdot H_e \cdot n_e + \text{BNBO}_{\text{Areal}} \cdot N \cdot t$$

$$\text{BNBO}_{\text{Areal}} = \frac{Q \cdot t}{H_e \cdot n_e + N \cdot t} \approx \frac{Q \cdot t}{H_e \cdot n_e}$$

- BNBO kurven – den styrende ligning

$$e^{(\bar{x}-\bar{t})} = \cos(\bar{y}) + \frac{\bar{x}}{\bar{y}} \cdot \sin(\bar{y})$$

$$\bar{x} = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot T \cdot x}{Q}, \bar{y} = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot T \cdot y}{Q} \text{ og } \bar{t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (l \cdot T)^2 \cdot t}{n_e \cdot H_e \cdot Q}$$



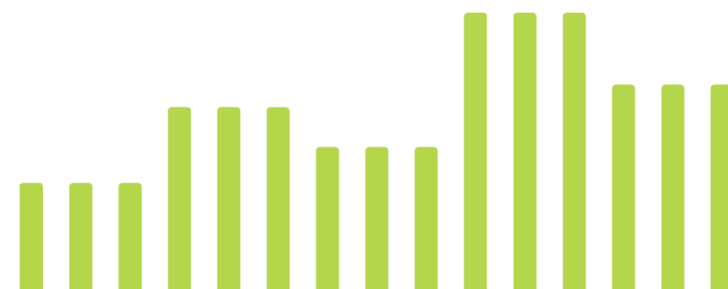
PARAMETRES BETYDNING. H_e og n_e

Størrelsen af BNBO arealet afhænger af:

- ▶ Strømningstid, t
- ▶ Indvindingsmængde, Q
- ▶ Porøsitet, n_e
- ▶ Magasintykkelsen, H_e

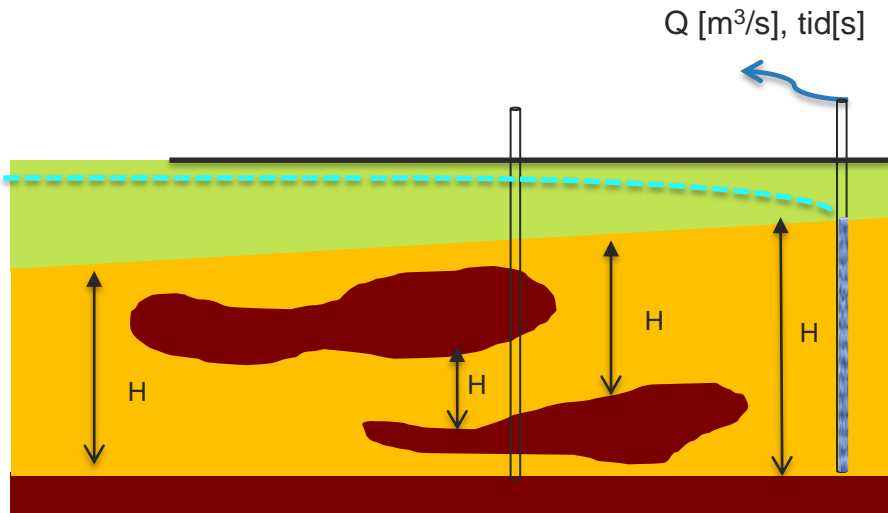
$$\text{Areal} = \frac{Q \cdot t}{H_e \cdot n_e}$$

- ▶ Størrelsen af BNBO arealet afhænger **ikke** af gradient og transmissivitet.

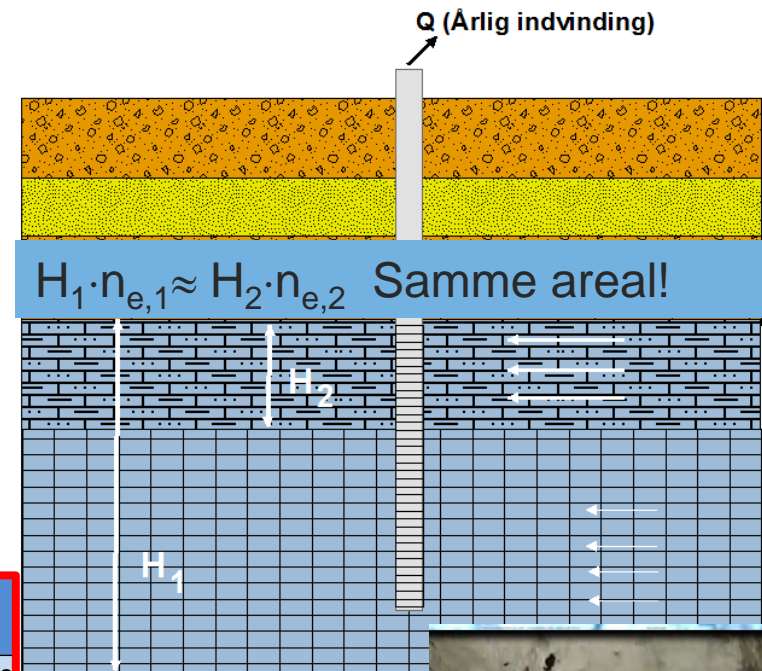


PORØSITET OG MAGASINTYKKELSE

Sand og grusmagasiner



Opsprækket magasiner



Hvad med tidsskala?

Kilde	Geologisk Lag	Effektiv Porøsitet (%)	Anbefalet effektiv porøsitet (%)
Præciseringsnotat til grundvandskortlægningen	Sand	25-40	30
	Grus	20-35	27
	Sand & grus (usorteret)	15-35	25
	Kalk - Primære (matix)	5-30	20
	Kalk - Sekundære (sprækker)	0.1-5	-
	Opsprækket Kalk (dobbeltporøse)	0.1-15	5
BNBO vejledningen	Mellemkornet sand	15-30	
	Groft sand	20-35	
	grus	10-35	
	Kalksten	1-24	

PARAMETRES BETYDNING, I og T

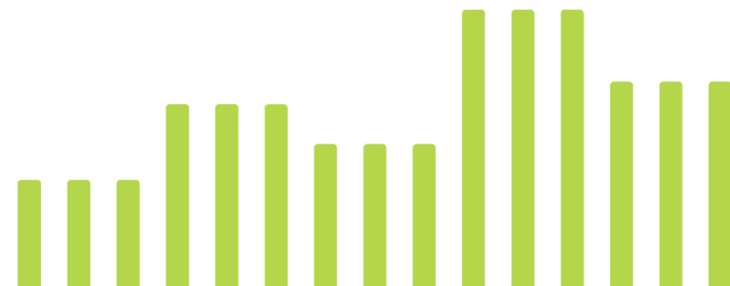
BNBO formen afhænger især af den dimensionsløse tid t :

$$\bar{t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (I \cdot T)^2 \cdot t}{n_e \cdot H_e \cdot Q}$$

- ▶ Gradienten, I
- ▶ Transmissivitet, T
- ▶ BNBO formen er **ikke u**afhængig af de andre parametre.

Jo højere grundvandshastighed (produkt af transmissivitet og gradient), des mere langstrakt og tyndt BNBO, men arealet ændres ikke.

- ▶ Tjek T og I, især hvis \bar{t} er over 20
- ▶ Brug evt. cirkelmetode for BNBO, hvis Q er lille f.eks. $Q < 1 \text{ m}^3/\text{år}$

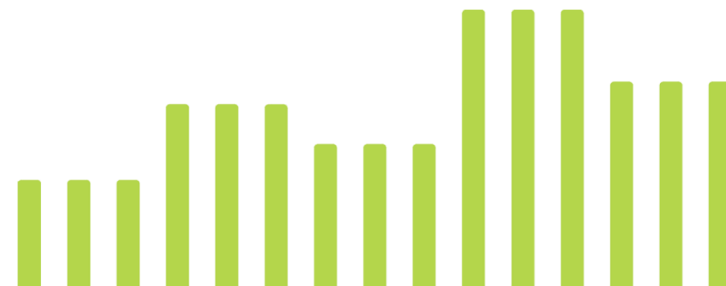


GRADIENT OG TRANSMISSIVITET

Transmissivitet

- ▶ Analyse af specifik kapacitet (Q/s) evt. fra Jupiter
- ▶ Analyse af tilbagepejlingsdata evt. fra Jupiter
- ▶ Analyse af prøvepumpning/ multi-trin-test
- ▶ Vurderinger fra NST kortlægning
- ▶ Vurderinger fra numeriske modeller
- ▶ Vurderinger fra nabo-boringer

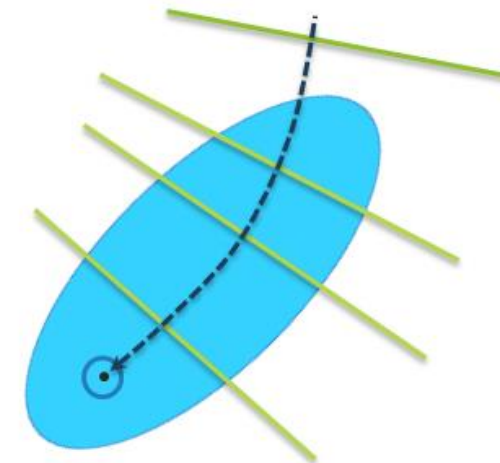
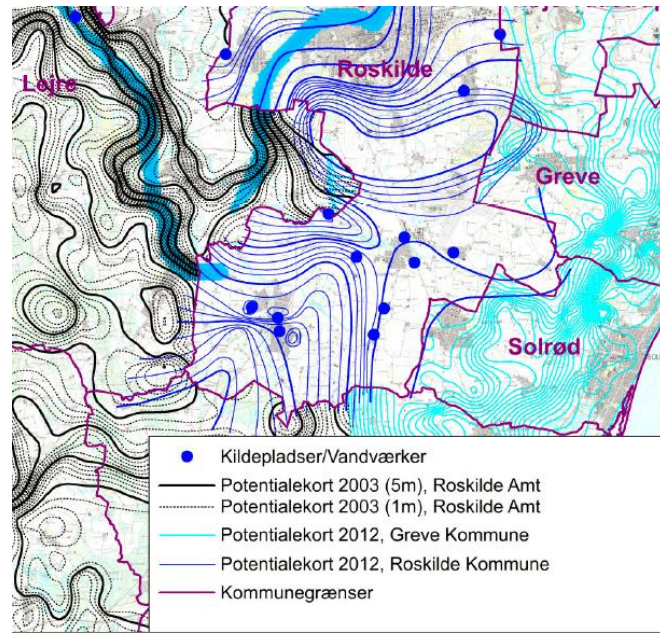
- ▶ Usikkerhed
 - ▶ Nemt faktor 2-3
 - ▶ Kan være op til en faktor 10







GRADIENT OG TRANSMISSIVITET

Strømningsgradient og retning:

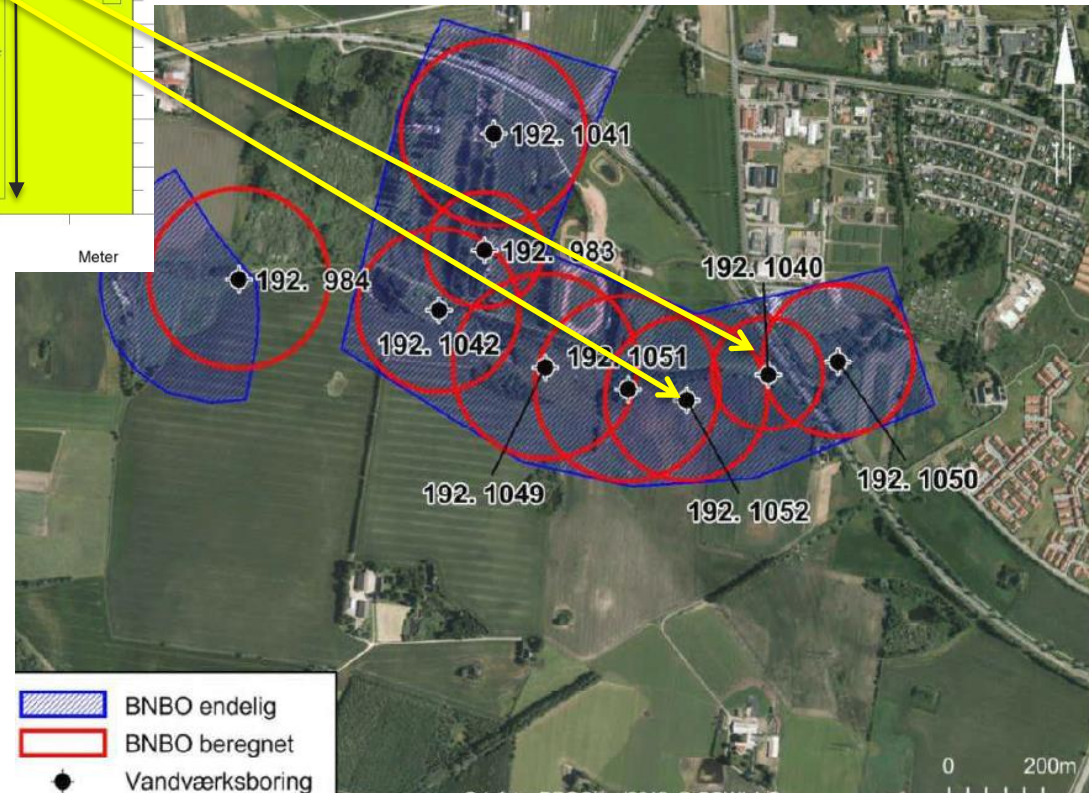
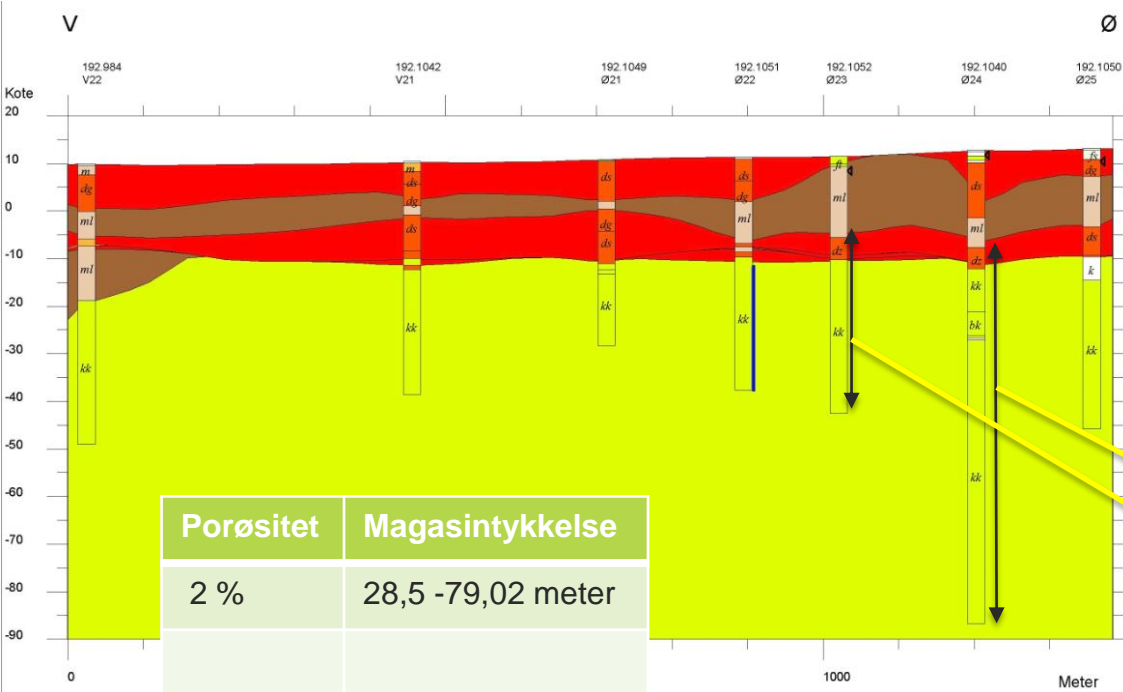
- ▶ Data fra potentialekort, helst håndtegnet(tolket), men modelberegnet kan alternativt anvendes.
- ▶ En eller flere pejletrekant på lokale data
- ▶ Usikkerhedsvurdering
 - ▶ Hvad repræsenterer potentiale kortet
 - ▶ Hvad er datagrundlaget for potentialekortet



Problem stilling	Vejledning (Analytisk)	BNBO-TOOL	WhAEM	SVANA (WhAEM)
Ingen gradient	Cirkelløsning	=>Cirkelløsning	=>Cirkelløsning	=>Cirkelløsning
Med gradient	Der udføres en korrektion for placeringen af cirklen for BNBO	Den korrekte løsning findes vha. BNBO TOOL;	Den korrekte løsning findes og kan derefter tegnes op	Den korrekte løsning findes og kan derefter tegnes op
Overlap	 <p>Vandbalance ikke opfyldt</p>	 <p>Vandbalance opfyldt</p>	For ens hydrauliske parametre findes korrekte løsning	Justering via. gensidig sænkingspåvirkning
Usikkerhed	Monte Carlo simuleringer	Ja 	? - ja	Ikke udført!
Kombination med numerisk model	Ja	Ja – Sammen med regionale modeller	?	Ikke udført

Simpel 2D model	Regional grundvands model	Lokal model
<p>Der indlæses potentielle kort som rand.</p> <p>En lidt bedre retning af BNBO bestemmes</p> <p>Den korrekte løsning findes . Skal tegnes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •En bedre retning af BNBO 😊 •Gensidige påvirkninger fra andre indvindingsboringer på strømningsfeltet er med 😊 •Infiltration til magasinet er med 😊 •Effektive parametre på en større skala, end kildepladsskala 😊 •Mere omstændigt at sætte op 😊 	<ul style="list-style-type: none"> •En bedre retning af BNBO 😊 •Gensidige påvirkninger fra andre indvindingsboringer på strømningsfeltet er med 😊 •Infiltration til magasinet er med 😊 •Effektive parametre på en kildepladsskala, men er kalibreringen ok ? •Meget mere omstændigt at sætte op 😊
Vandbalance opfyldt	Vandbalance opfyldt	Vandbalance opfyldt  <p>The diagram shows a cross-section of a groundwater system on a grid. A red plume is visible in the upper aquifer. A blue arrow labeled 'Q [m³/s], tid[s]' points to a well on the right. Vertical arrows labeled 'H' and 'H1' indicate head differences. The bottom boundary is a red line representing an impermeable layer.</p>

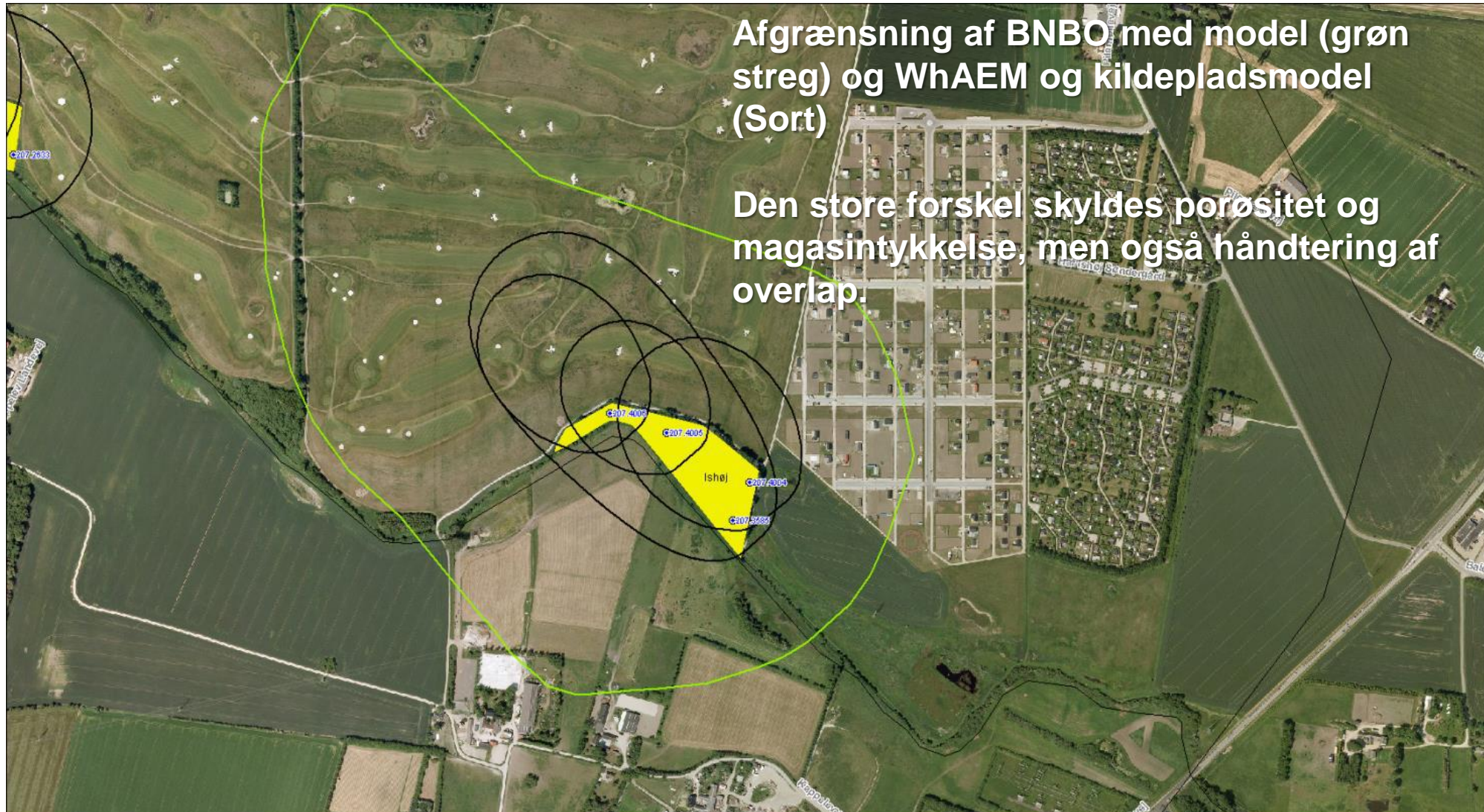
CASE A, MAGASIN TYKKELSE



BNBO beregnes som cirkler men der justeres med en grundvandsmodels resultater, når justering bør udføres i forhold til stagnationspunkt og oplandsbredde. Overlap justeres generelt efter vejledningens metode.

-  BNBO endelig
-  BNBO beregnet
-  Vandværksboring

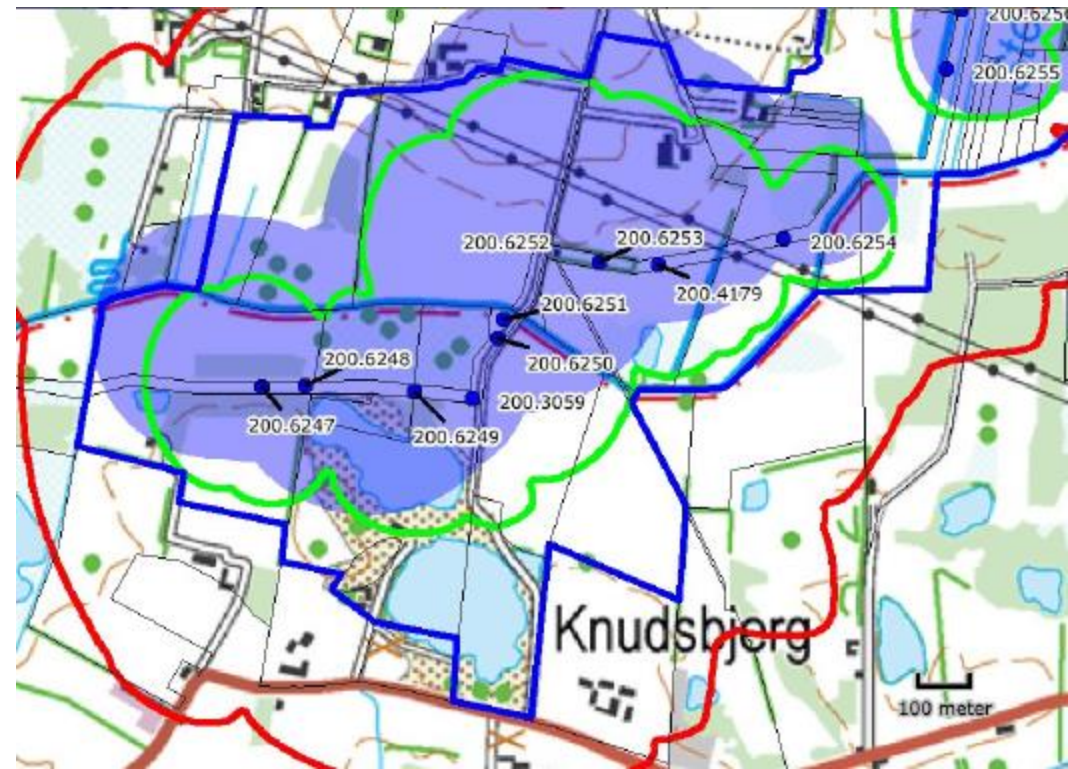
CASE B. UDKAST FOR 2016



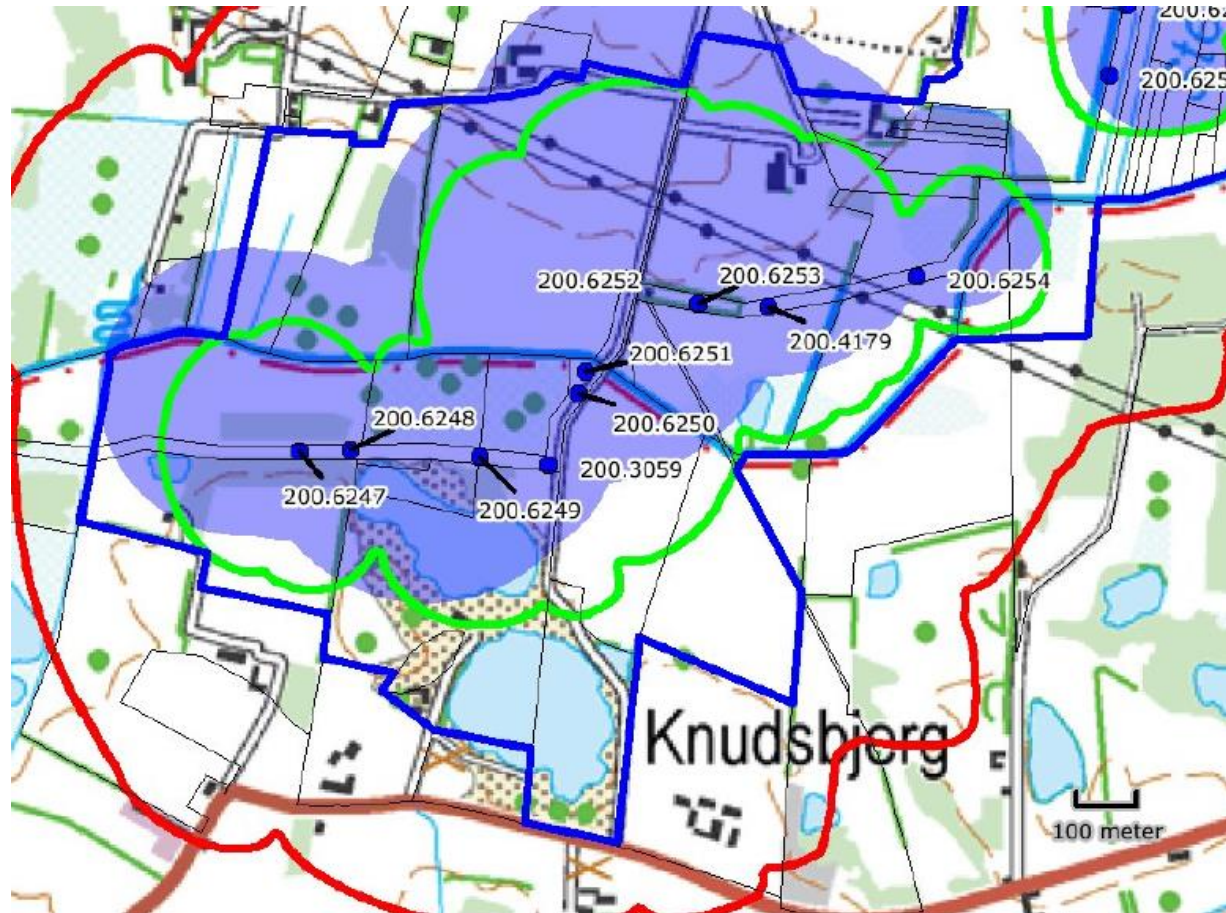
CASE C NUMERISK MODEL

Lokale modeller

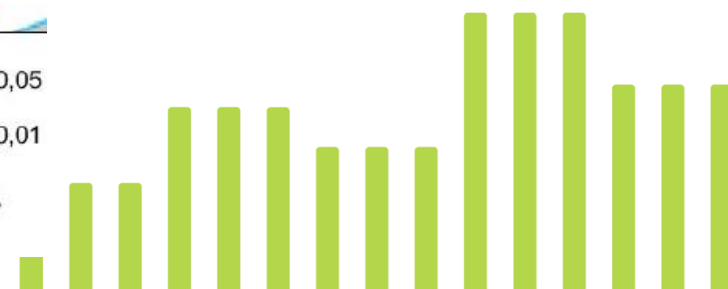
- ▶ MIKE SHE 10x10 meter
- ▶ Randbetingelse fra stor regional model
- ▶ Fordelt indv. på boringer efter anvisning fra vandselskab
- ▶ Revideret transmissivitet fra en omfattende analyse
- ▶ Porøsitet på 1 og 5%
- ▶ Magasintykkelse 15 meter analytisk model



CASE C NUMERISKE MODEL



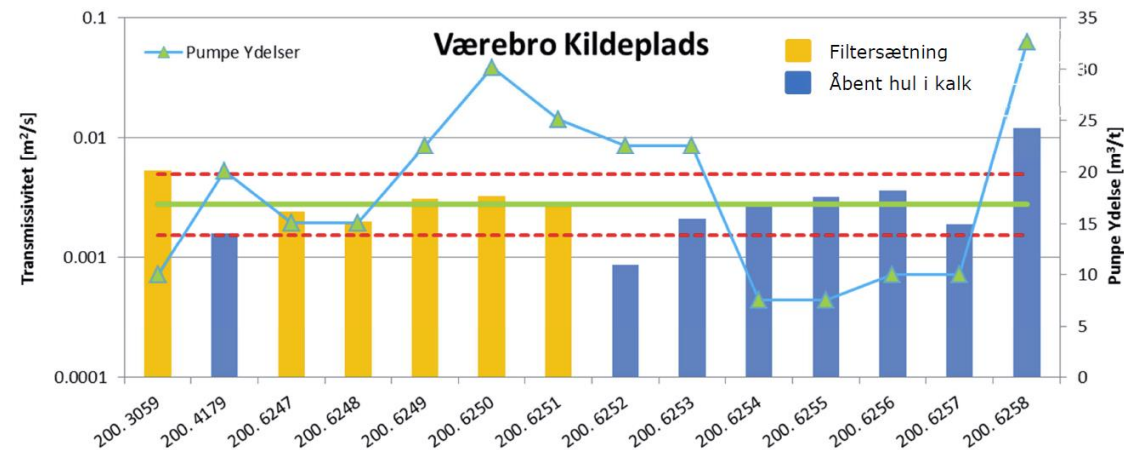
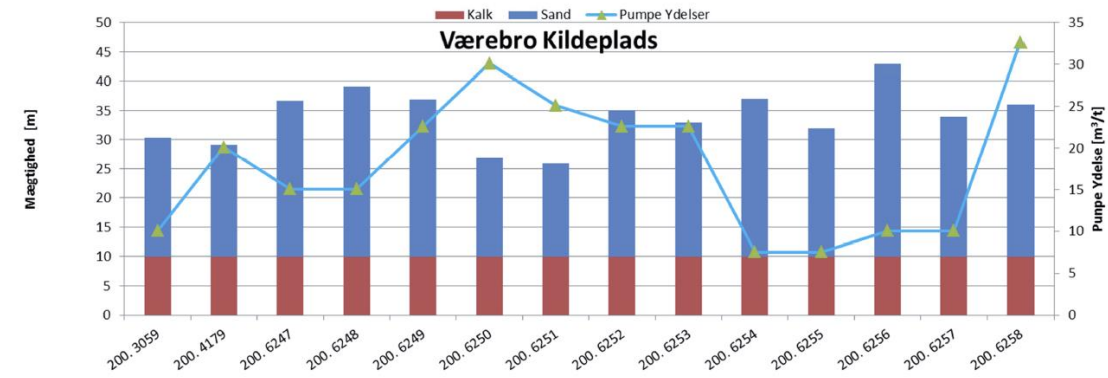
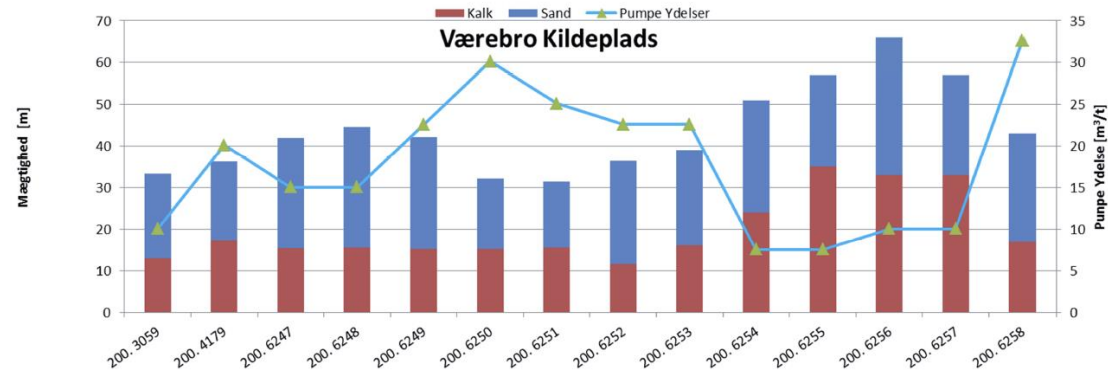
- | | | | | | |
|---|---------------------|---|----------|---|---|
| ● | Indvindingsboring | ▨ | ION | ▭ | Modelbaseret 1-årsoplend porøsitet 0,05 |
| ▭ | BNBO, aktuelt anlæg | ▭ | Matrikel | ▭ | Modelbaseret 1-årsoplend porøsitet 0,01 |
| ▭ | BNBO, andre anlæg | ▭ | | ▭ | Analytisk cirkelmetode porøsitet 0,05 |

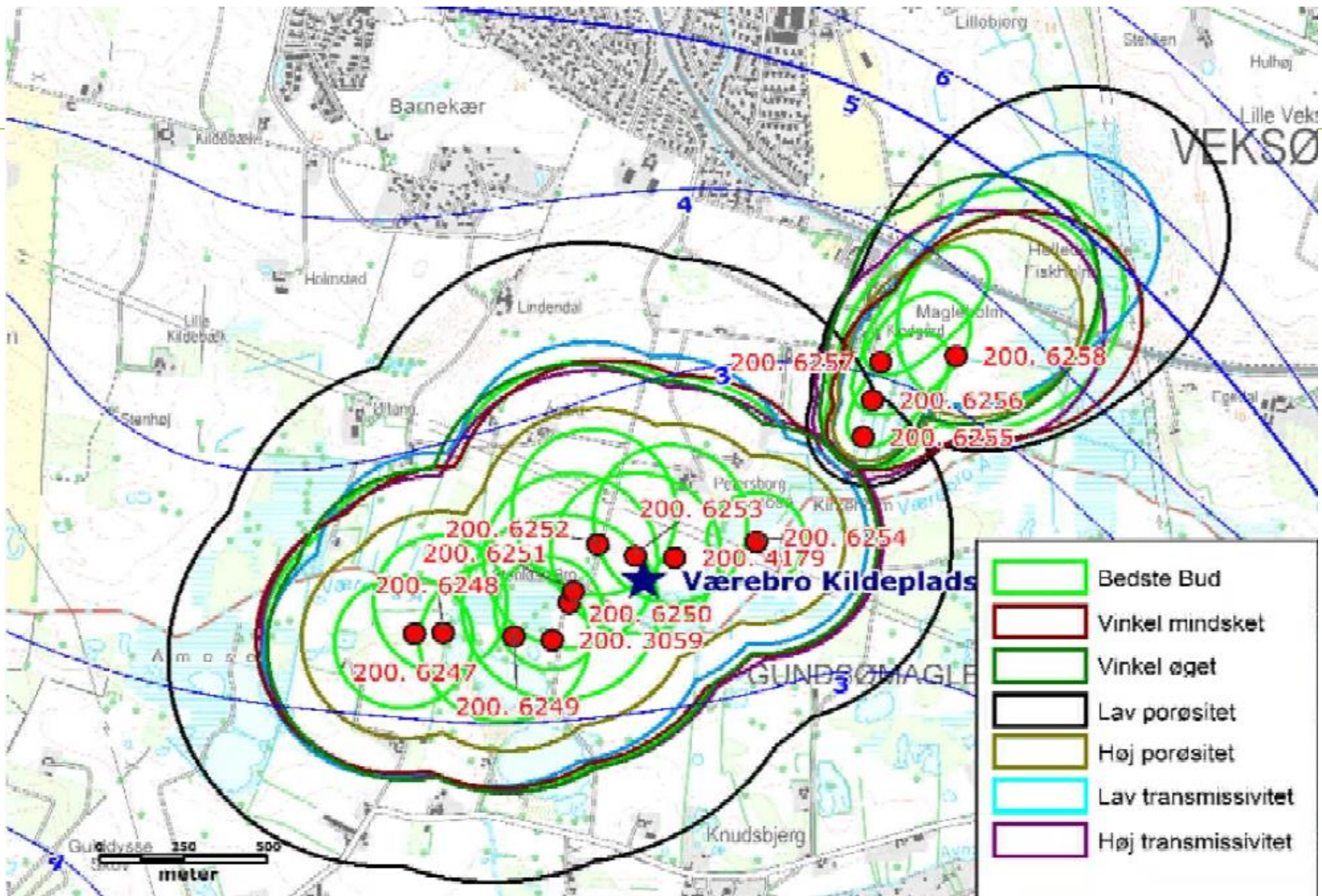


CASE D

Geologi

- ▶ Sand på kalk
- ▶ Frit magasin i dele af kildepladsen
- ▶ Bedste bud på
 - ▶ $H_e = 20$ meter
 - ▶ $N_e = 10\%$
 - ▶ T geometrisk middel

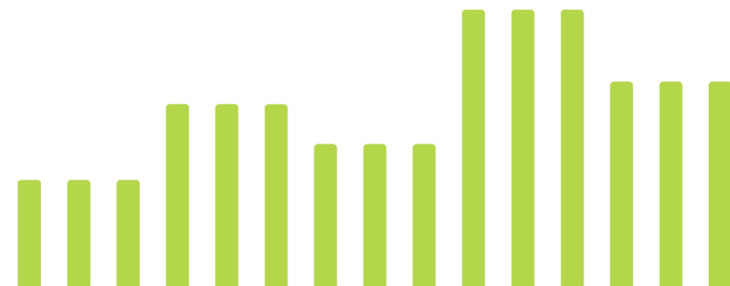




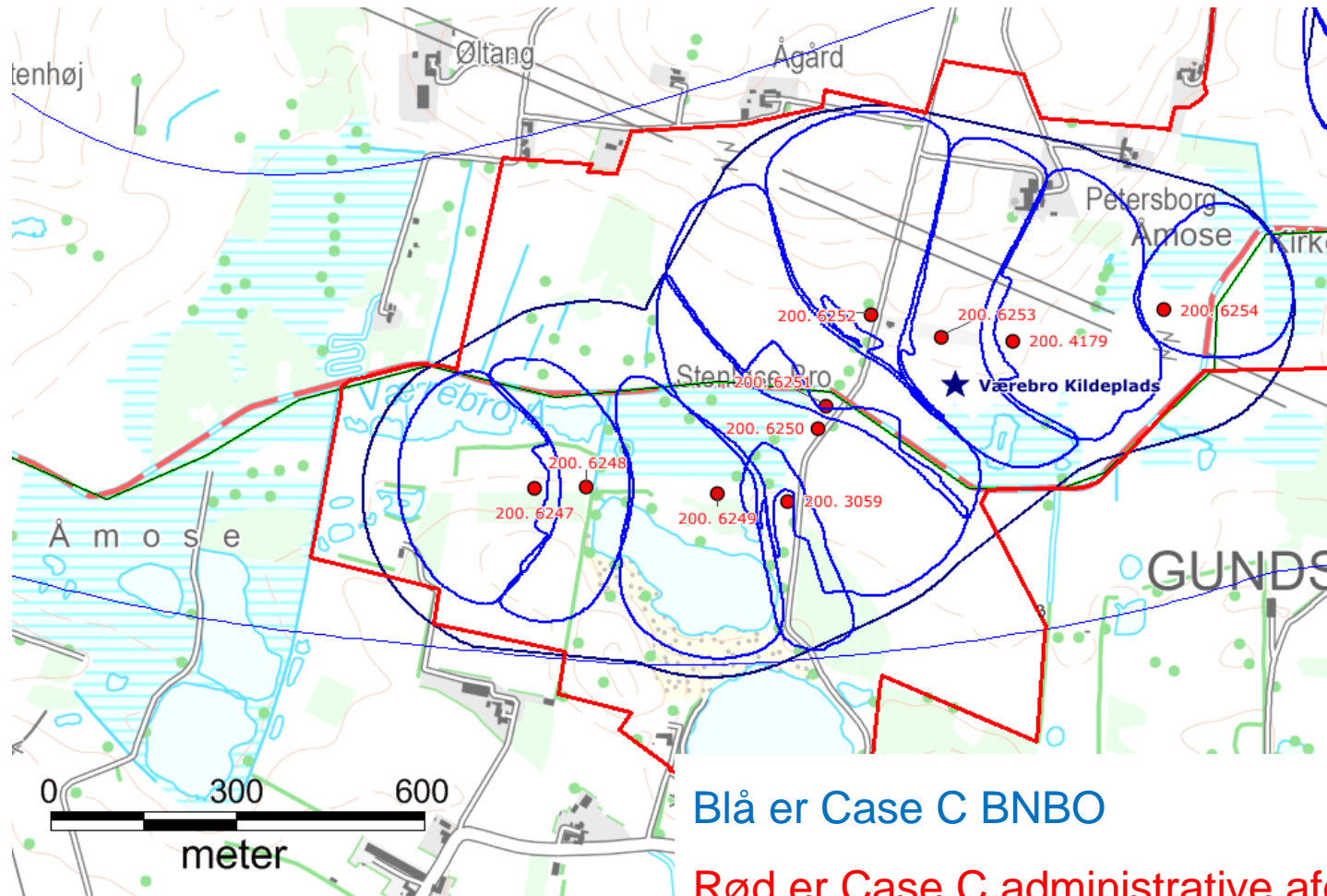
CASE D ANALYTISK METODE

Konkluderede BNBO

- ▶ Samlet polygon, som indhyller arealet for bedste bud (inkl. justeringer for overlap) og (udvalgte) usikkerheder i parametre.
- ▶ Hvis der var en numerisk tilpasset regional model kunne man også inkludere 1 års oplandet til det konkluderede BNBO
- ▶ Der afgrænses BNBO for Kildepladsen – ikke for de individuelle boringer



CASE D SAMMENHOLDT MED CASE C



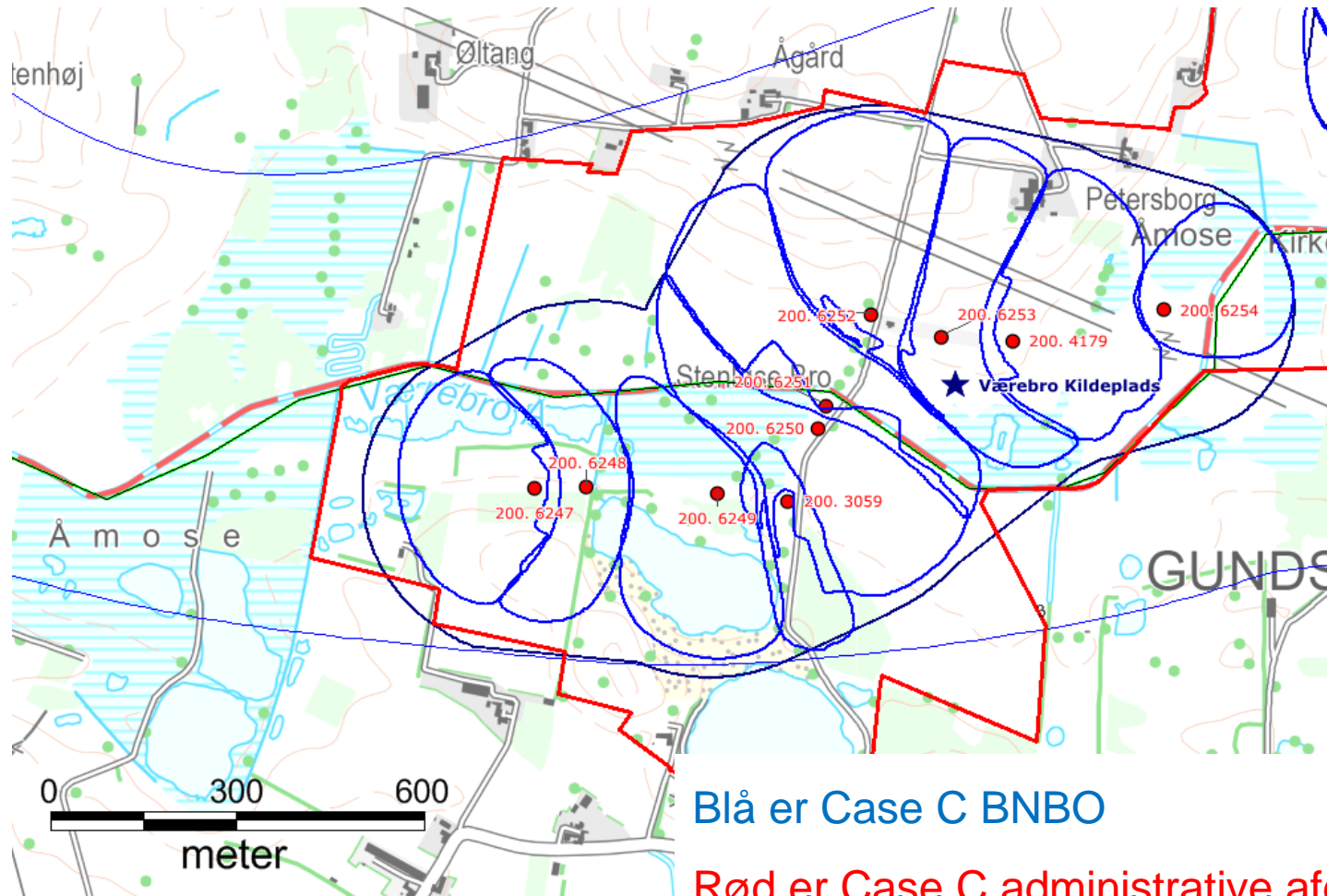
Blå er Case C BNBO

Rød er Case C administrative afgrænsning

Sort er Case D samlede BNBO



CASE D SAMMENHOLDT MED CASE C



KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

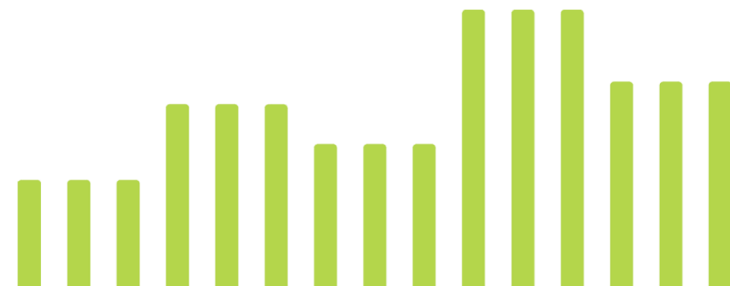
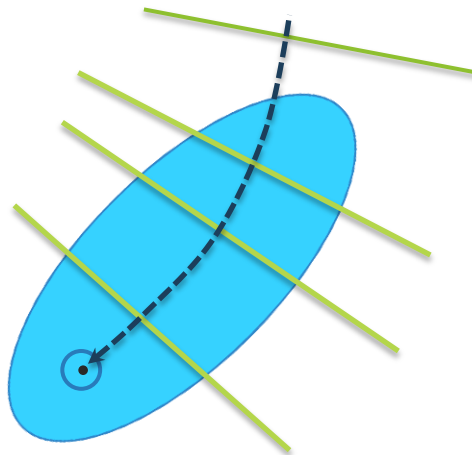
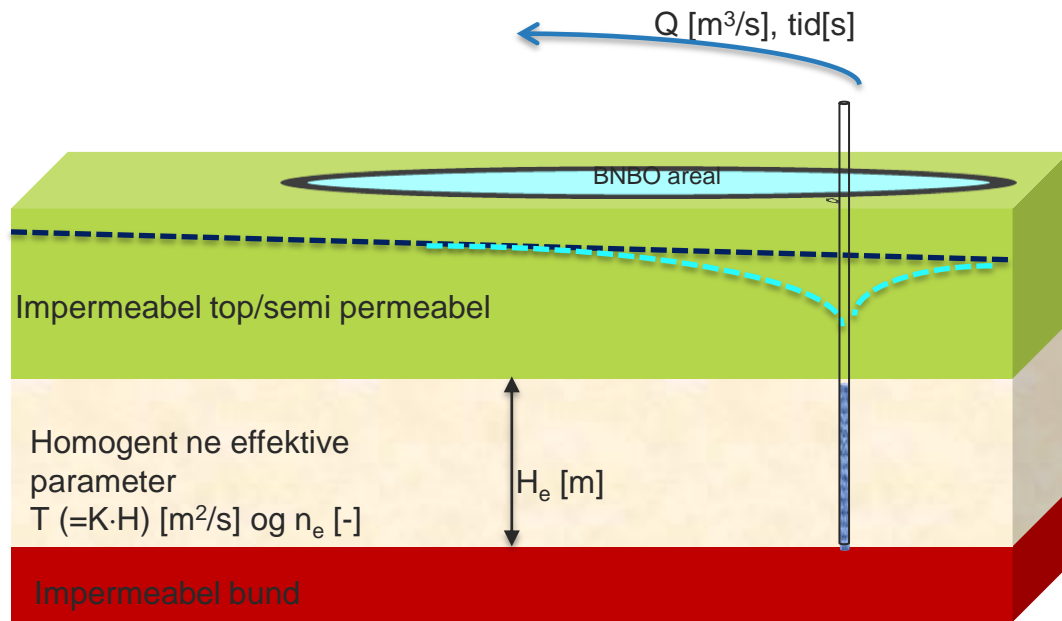
BNBO afgrænsningen

- ▶ Semi-analytiske modeller i mange tilfælde tilstrækkelige
- ▶ Opstil et paradigme til valgt af parametre (H_e , N_e , T , I osv.)
- ▶ Fravig fra paradigmet – Det må ikke være et rigid valg
- ▶ Husk at inddrage usikkerheden i afgrænsning af BNBO.
- ▶ Husk at sikre **reproducerbarheden** af BNBO
- ▶ Afgræns BNBO for kildepladser. Ofte mere robust end BNBO for boringer.
- ▶ Ved sårbare BNBO'er, hvor man ønsker tiltag. Kig en ekstra gang på afgrænsningen af BNBO
- ▶ BNBO afgrænsning bør ikke være statistisk

Fremtiden for BNBO

- ▶ Afgrænsning af BNBO bør ligge hos kommunen.
- ▶ SVANA bør leverer vejledninger og anbefalinger til afgrænsninger BNBO

KONCEPTUELT MODEL FOR BNBO





TAK FOR OPMÆRKSOMHEDEN

