Må vi oppskalere?

... kan multiskala metoder erstatte oppskalering?

Stein Krogstad
Vegard Kippe, Knut Andreas Lie, Jørg Aarnes

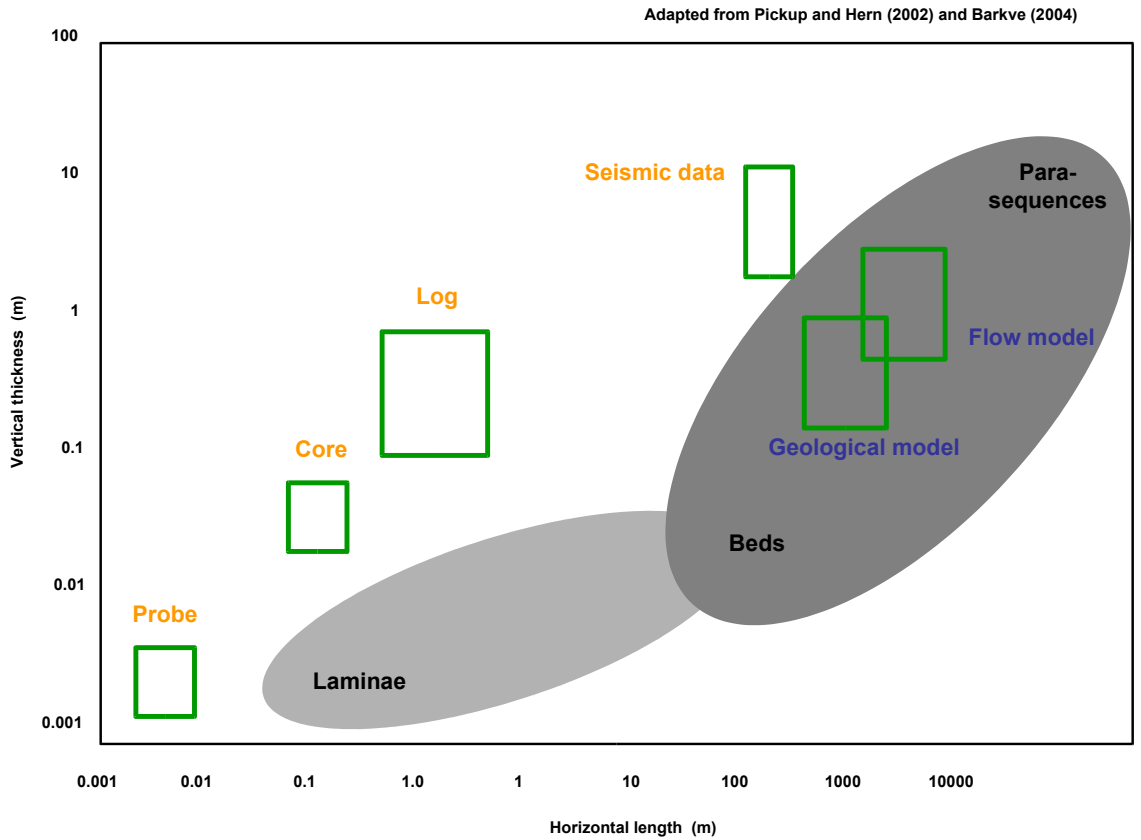
SINTEF IKT, Anvendt matematikk

PETROMAKS seminar
Sandsli, 5. oktober 2005

Må vi opp-/nedskalere?

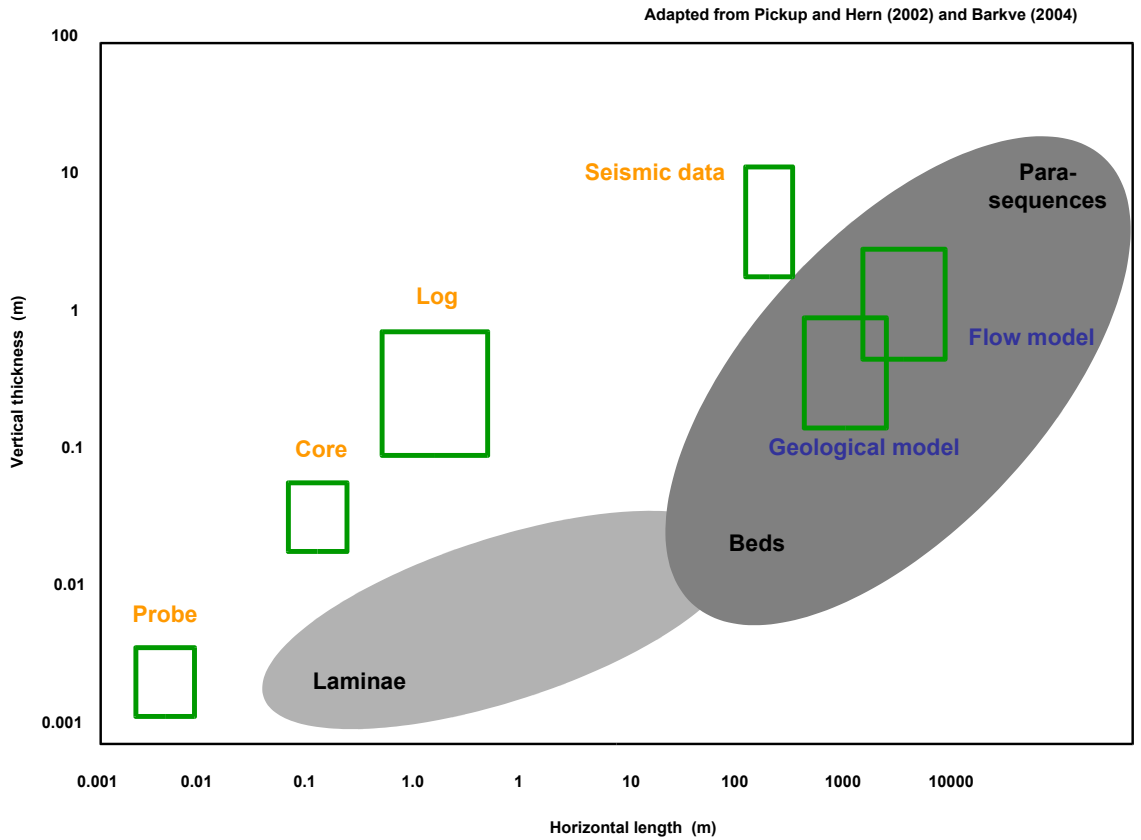
Må vi opp-/nedskalere?

Ja, for å integrere data fra ulike skalaer



Må vi opp-/nedskalere?

Ja, for å integrere data fra ulike skalaer



Men hva med ren flytsimulering ...?

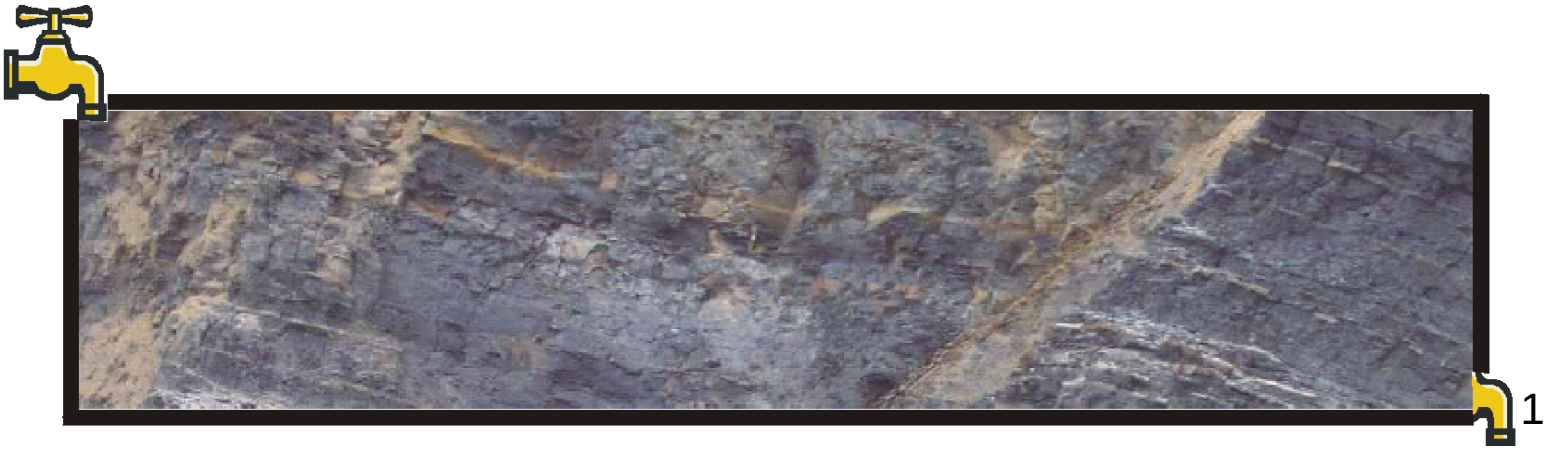
Innhold.

1. Bakgrunn.
   - Strømning i porøse medier
   - Oppskalering
   - Numeriske metoder

Innhold.

1. Bakgrunn.
   - Strømning i porøse medier
   - Oppskalering
   - Numeriske metoder
2. Hvorfor multiskala?

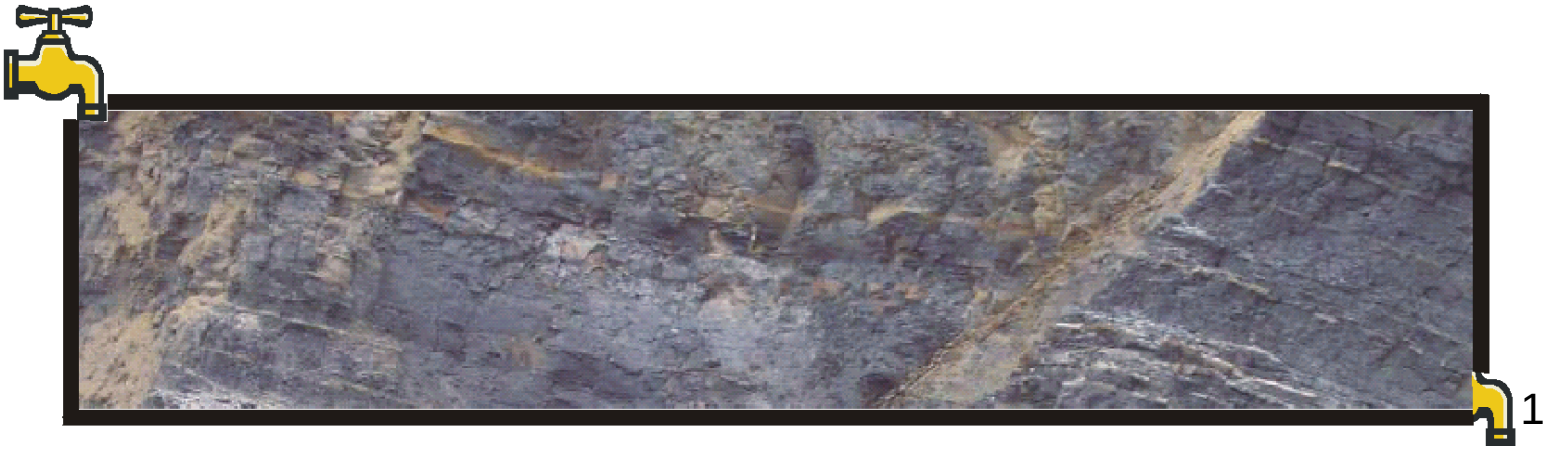
Bakgrunn - strømning i porøse medier



[1]

[1] Foto: Silje Søren Berg, CIPR

Bakgrunn - strømning i porøse medier

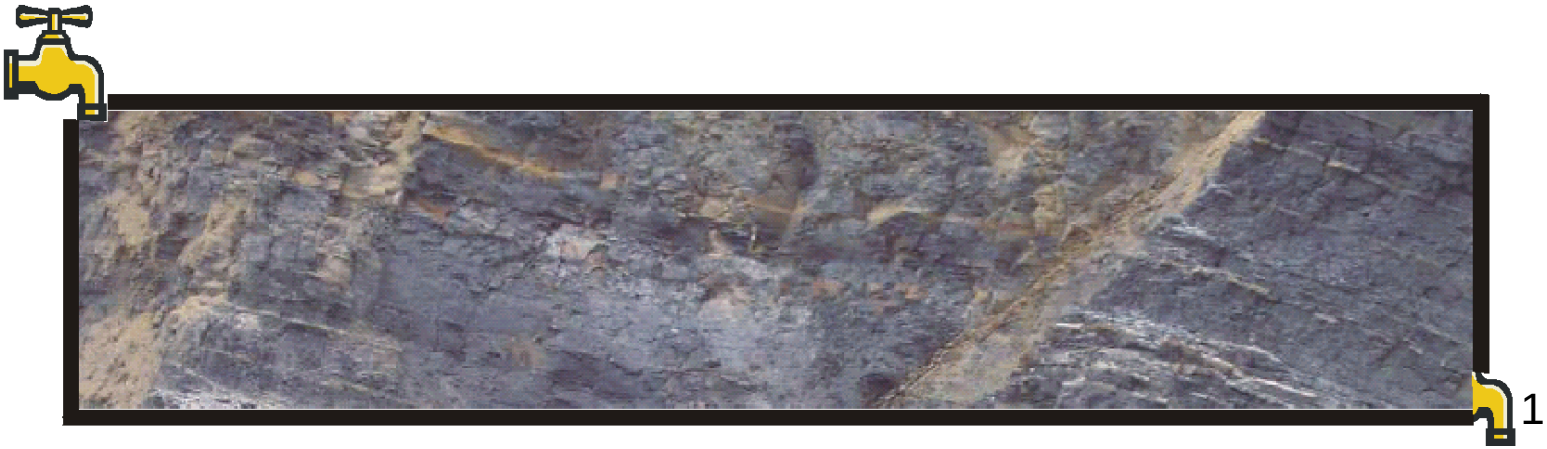


Darcys likning: $u = -K\nabla p$

Strømningshastighet = Gjennomtrengelighet x Trykkfall

[1] Foto: Silje Søren Berg, CIPR

Bakgrunn - strømning i porøse medier

 [1]

Darcys likning: $u = -K\nabla p$

Strømningshastighet = Gjennomtrengelighet x Trykkfall

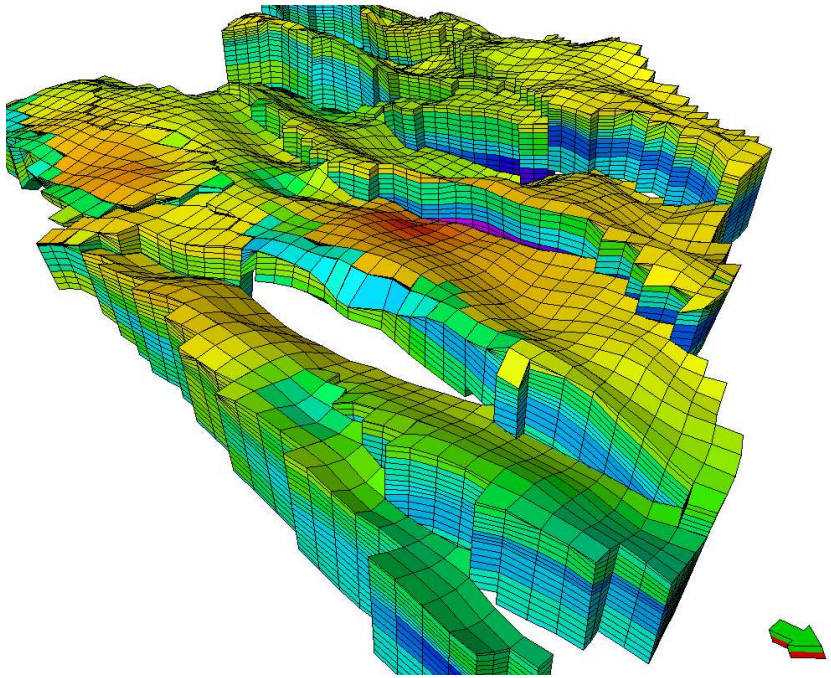
Bevaring av masse: $\nabla \cdot u = 0$

Hvis noe strømmer inn, strømmer like mye ut

[1] Foto: Silje Søren Berg, CIPR

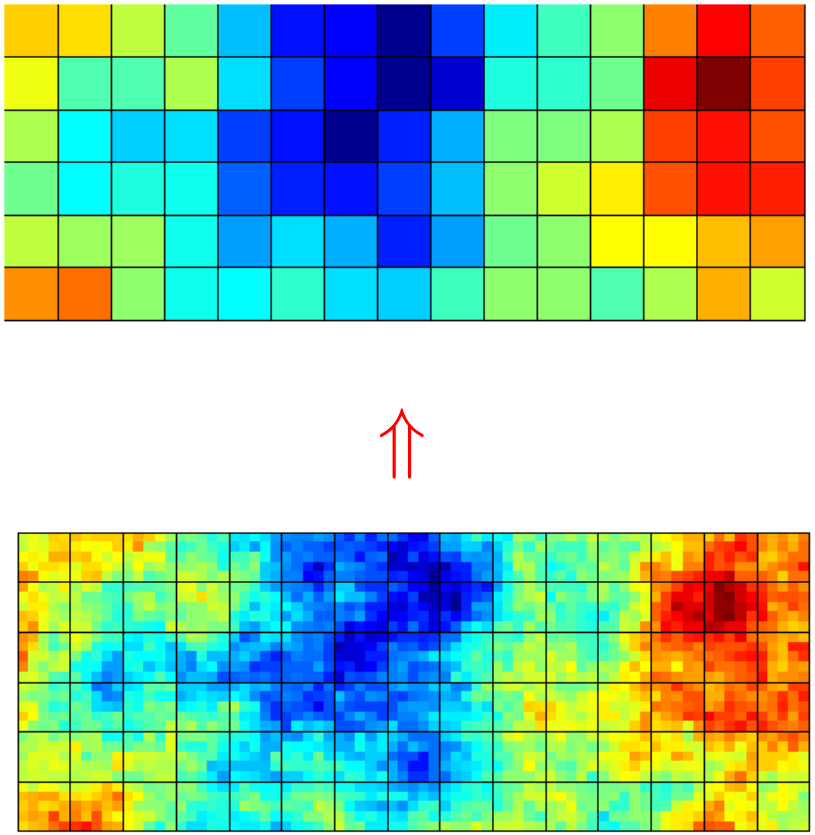
Oppskalering av geomodell

- Geomodell ofte for detaljert til direkte simulering.



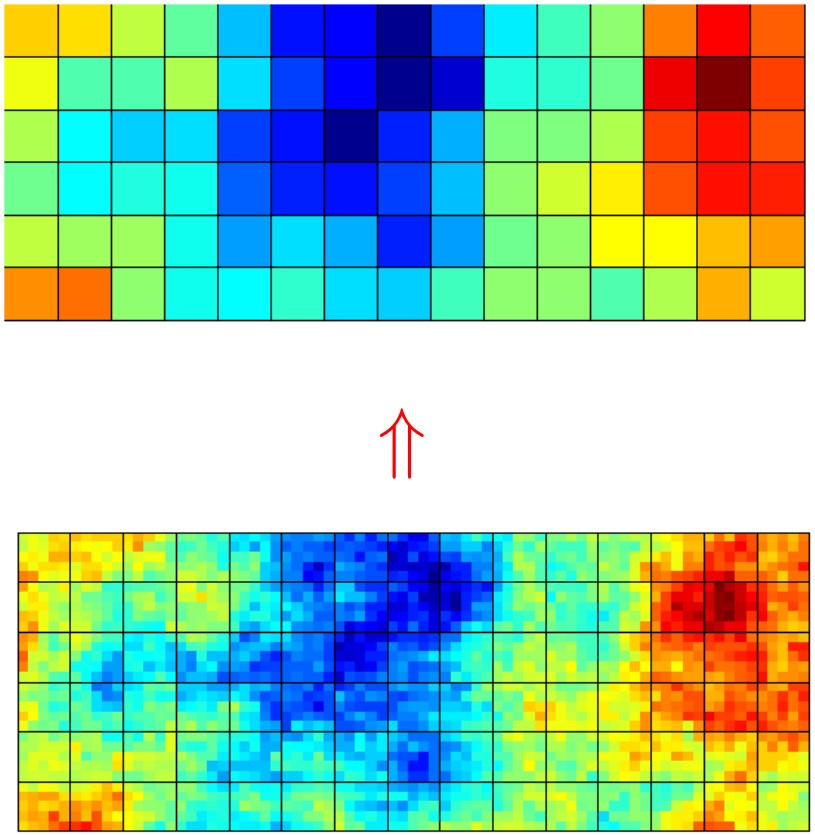
Oppskalering av geomodell

- Geomodell ofte for detaljert til direkte simulering.
- Modellen *oppskaleres* til en grovere modell.



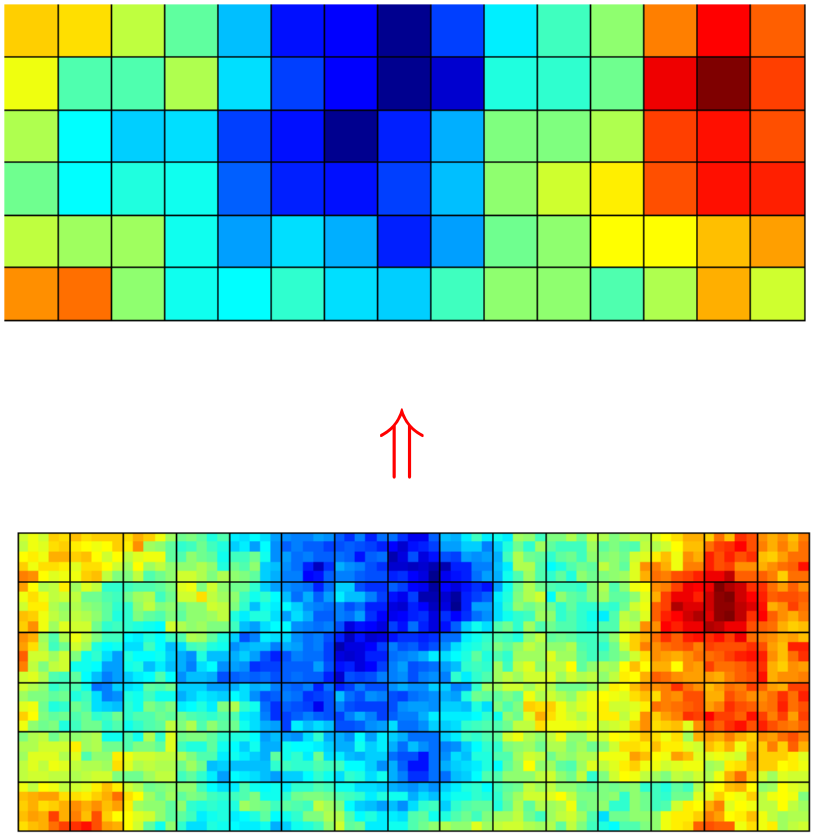
Oppskalering av geomodell

- Geomodell ofte for detaljert til direkte simulering.
- Modellen *oppskaleres* til en grovere modell.
- Færre celler $\Rightarrow$ raskere simulering/mindre lagring.



Oppskalering av geomodell

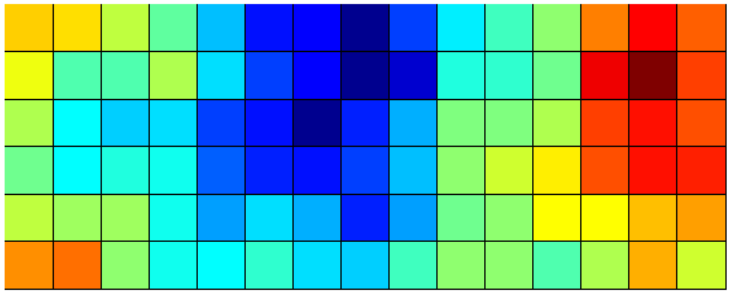
- Geomodell ofte for detaljert til direkte simulering.
- Modellen *oppskaleres* til en grovere modell.
- Færre celler $\Rightarrow$ raskere simulering/mindre lagring.
- Robust oppskalering kan være vanskelig / kreve mye arbeid.



Numeriske metoder

Standard metode:

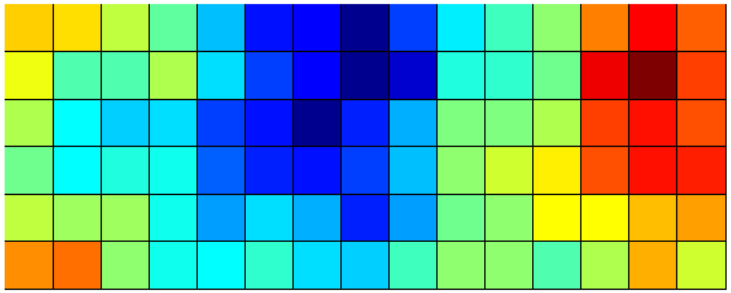
Oppskalert modell:



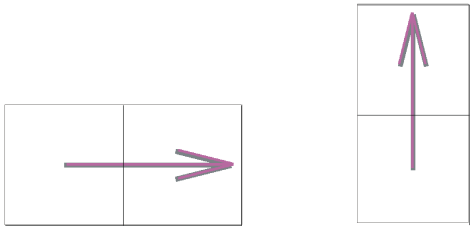
Numeriske metoder

Standard metode:

Oppskalert modell:



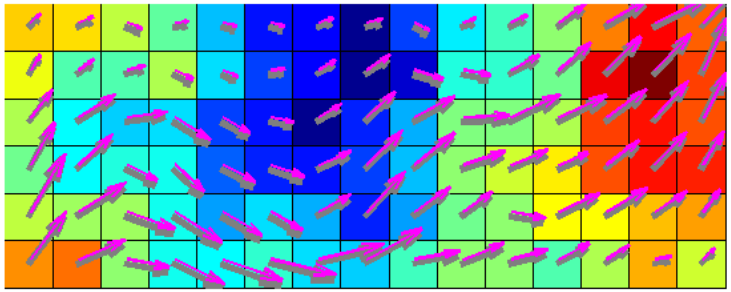
Byggesteiner:



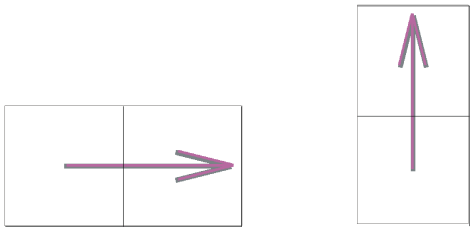
Numeriske metoder

Standard metode:

Oppskalert modell:



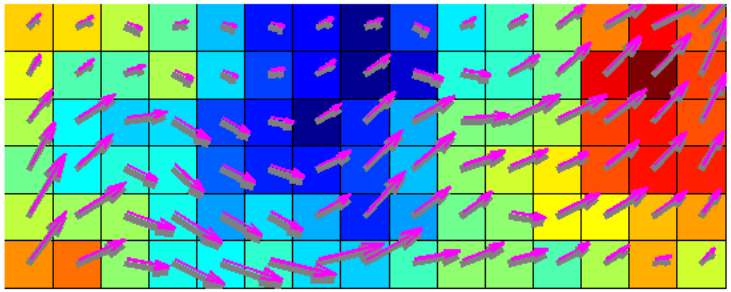
Byggesteiner:



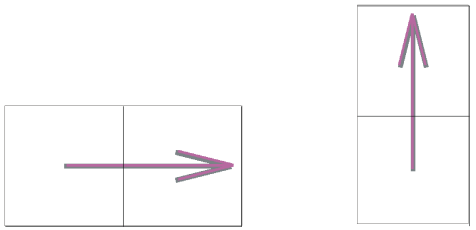
Numeriske metoder

Standard metode:

Oppskalert modell:

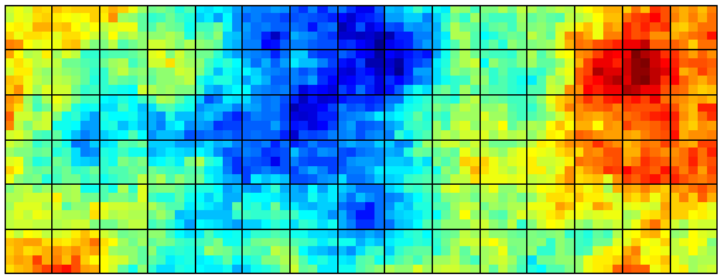


Byggesteiner:



To-skala metode:

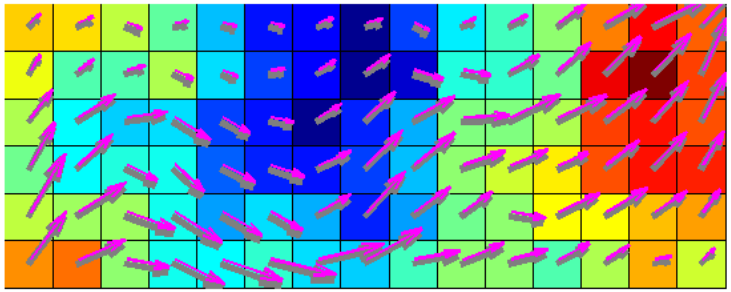
Geomodell:



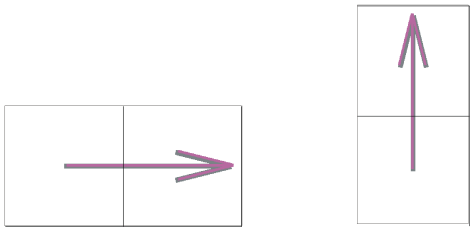
Numeriske metoder

Standard metode:

Oppskalert modell:

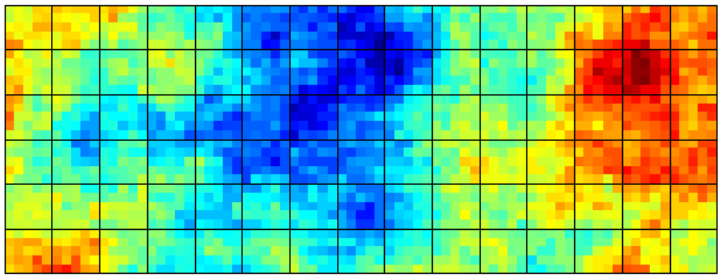


Byggesteiner:

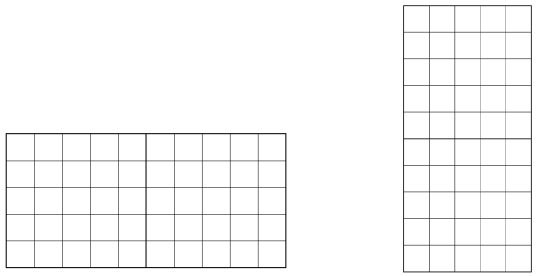


To-skala metode:

Geomodell:



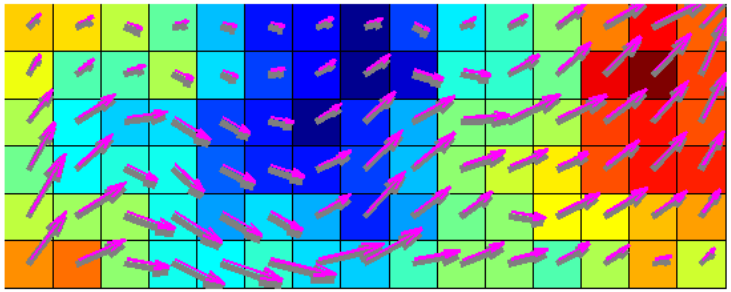
Byggesteiner:



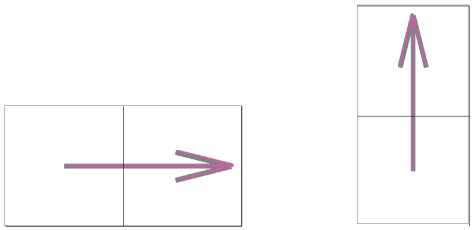
Numeriske metoder

Standard metode:

Oppskalert modell:

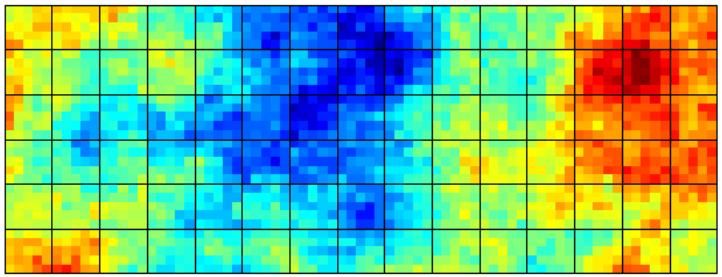


Byggesteiner:

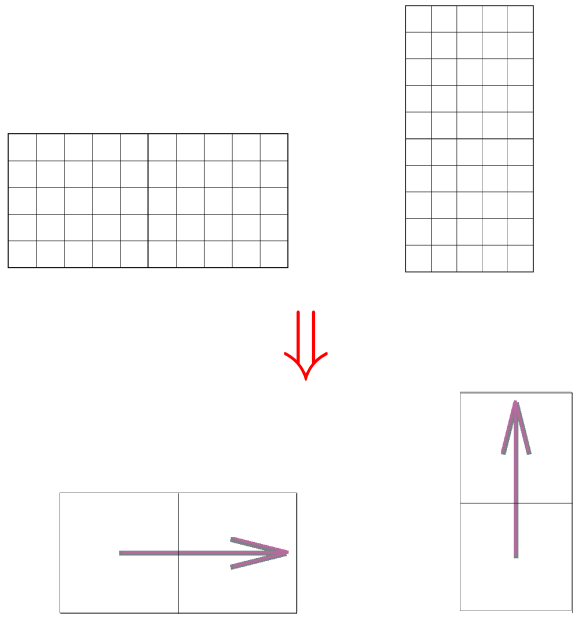


To-skala metode:

Geomodell:



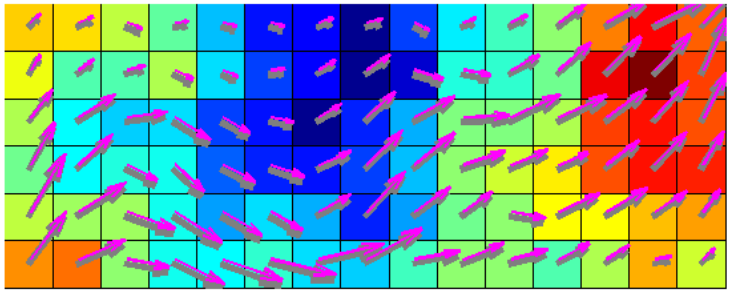
Byggesteiner:



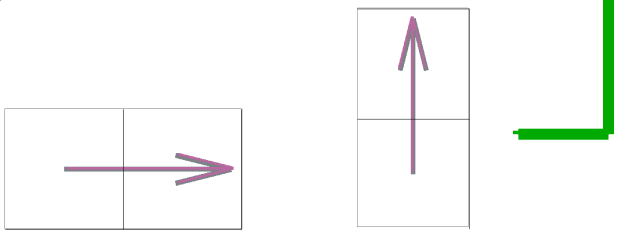
Numeriske metoder

Standard metode:

Oppskalert modell:

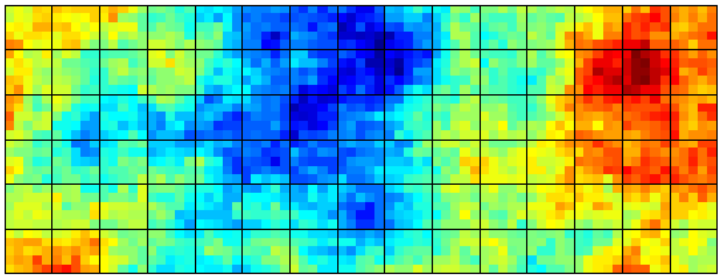


Byggesteiner:

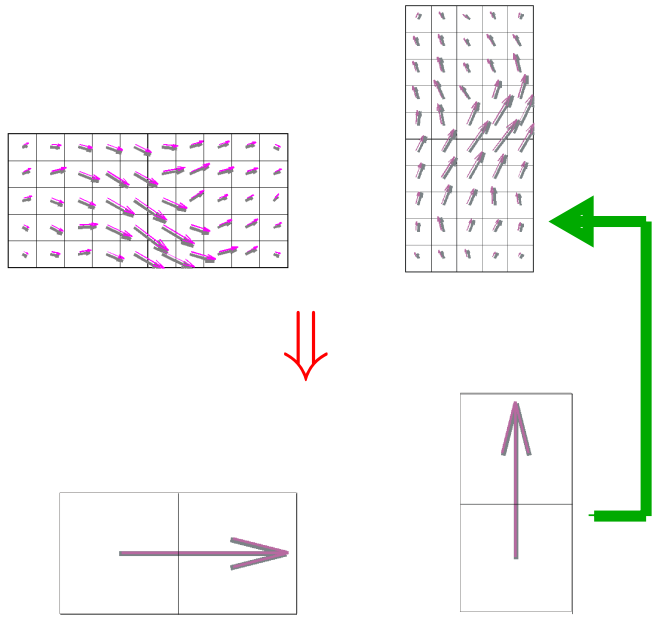


To-skala metode:

Geomodell:



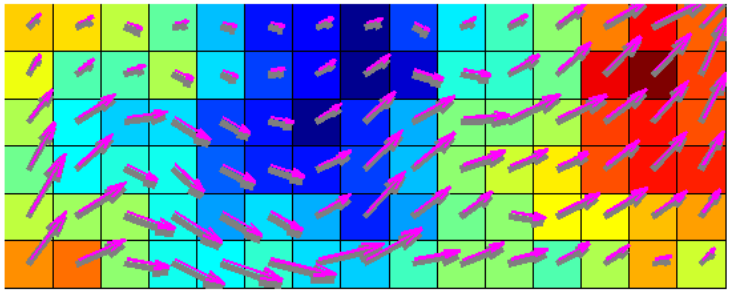
Byggesteiner:



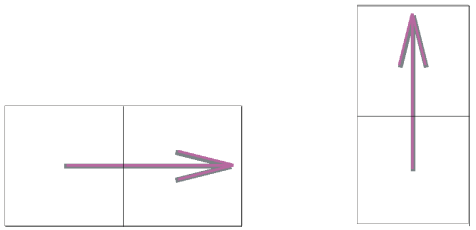
Numeriske metoder

Standard metode:

Oppskalert modell:

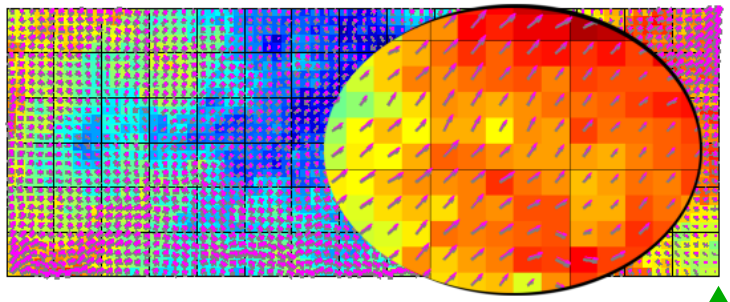


Byggesteiner:

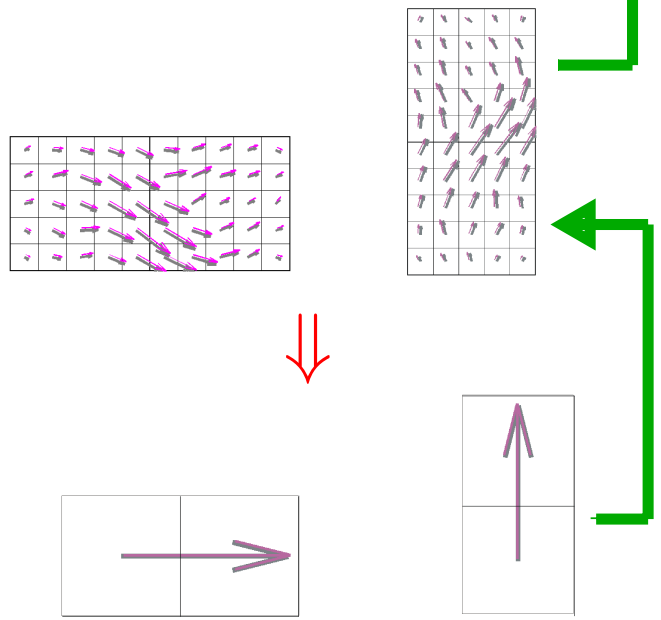


To-skala metode:

Geomodell:



Byggesteiner:



Snurr film

Hvorfor multiskala?

- Variasjoner på liten skala kan ha stor innvirkning på stor-skala strømning.

Hvorfor multiskala?

- Variasjoner på liten skala kan ha stor innvirkning på stor-skala strømning.
- Detaljert strømningsbilde uten at vi trenger å løse store likningssystem.

Hvorfor multiskala?

- Variasjoner på liten skala kan ha stor innvirkning på stor-skala strømning.
- Detaljert strømningsbilde uten at vi trenger å løse store likningssystem.
- Robust/fleksibel med hensyn på *grovgrid*.

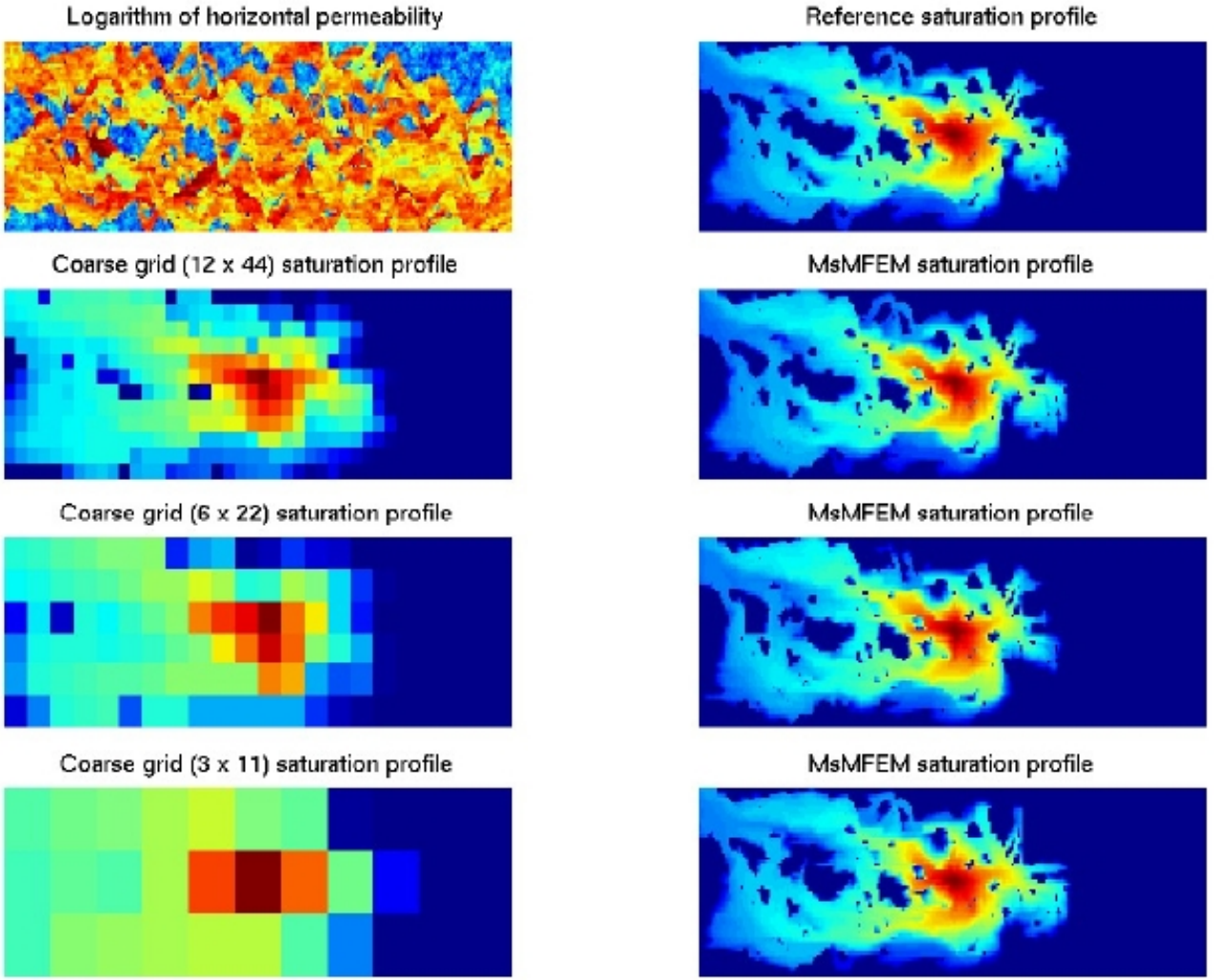
Hvorfor multiskala?

- Variasjoner på liten skala kan ha stor innvirkning på stor-skala strømning.
- Detaljert strømningsbilde uten at vi trenger å løse store likningssystem.
- Robust/fleksibel med hensyn på *grovgrid*.
- Robust/fleksibel med hensyn på *fingrid* og *fingrid-løser*.

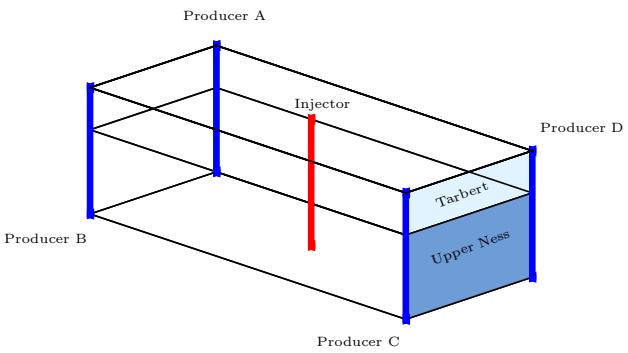
Hvorfor multiskala?

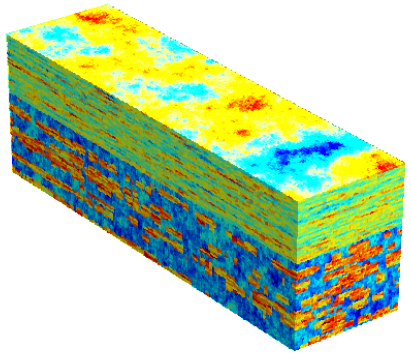
- Variasjoner på liten skala kan ha stor innvirkning på stor-skala strømning.
- Detaljert strømningsbilde uten at vi trenger å løse store likningssystem.
- Robust/fleksibel med hensyn på *grovgrid*.
- Robust/fleksibel med hensyn på *fingrid* og *fingrid-løser*.
- Nøyaktig

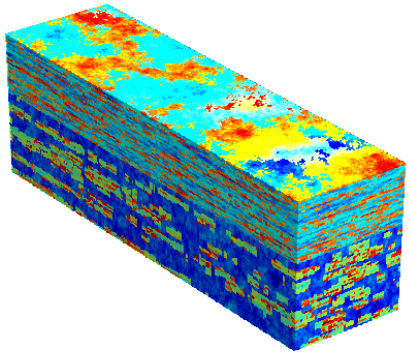
Hvorfor multiskala?

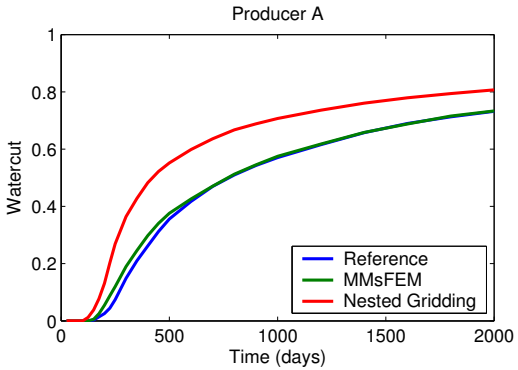


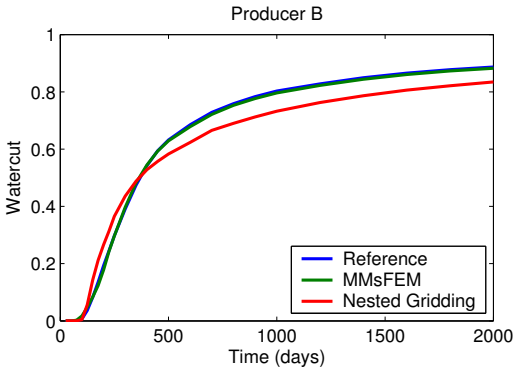
Resultater: SPE10

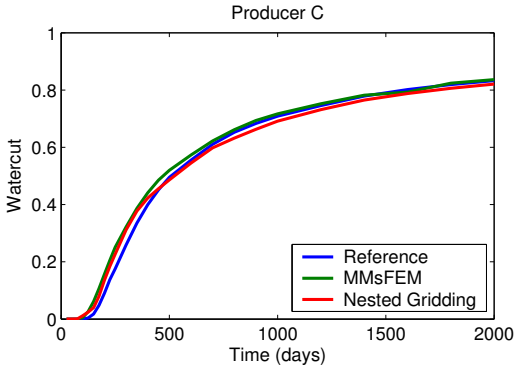


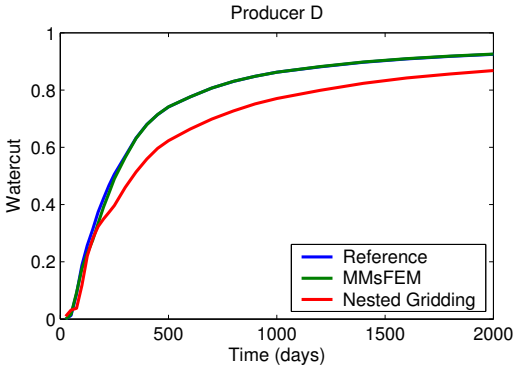




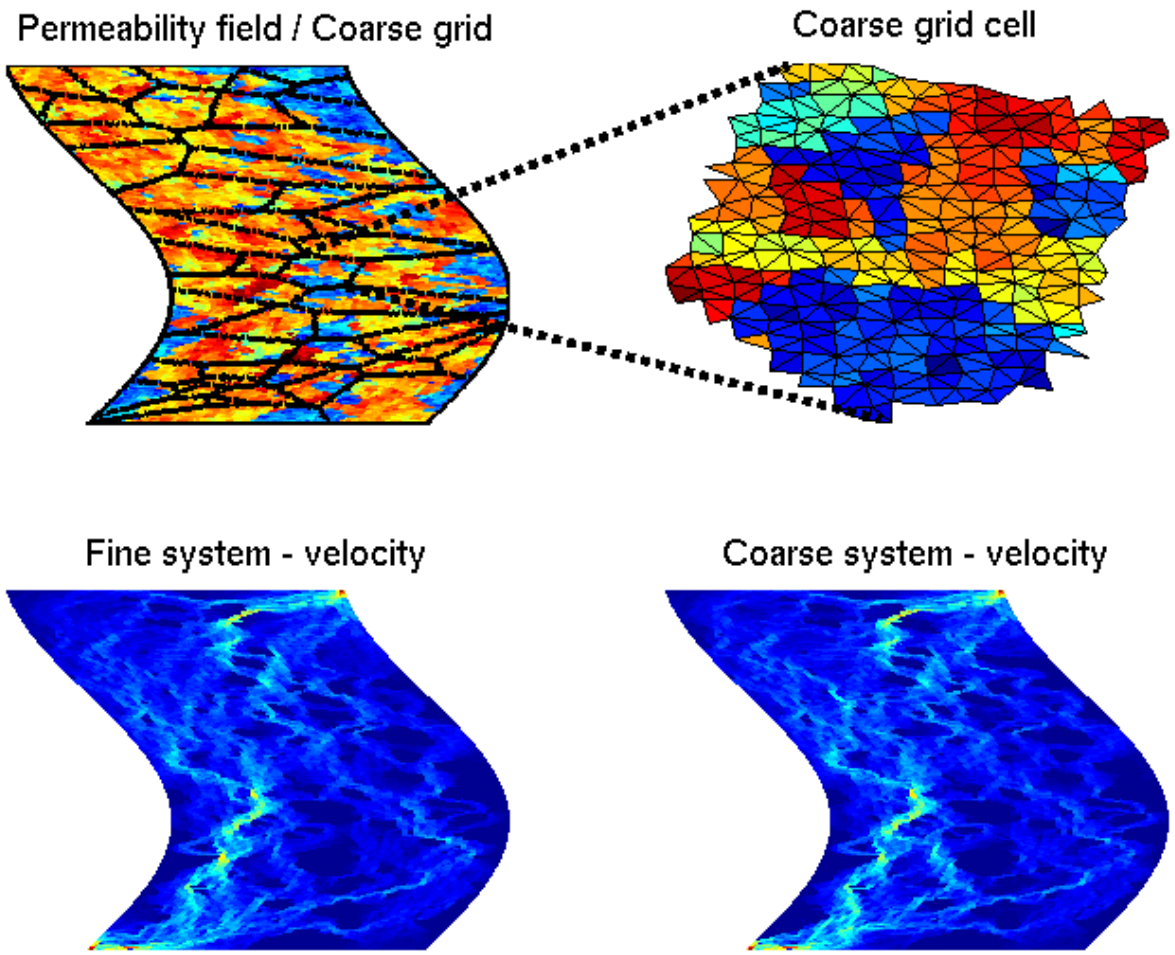






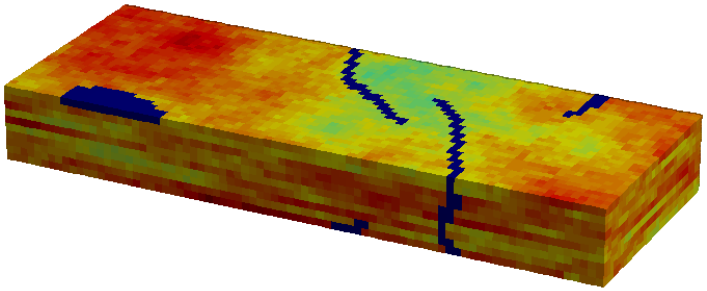


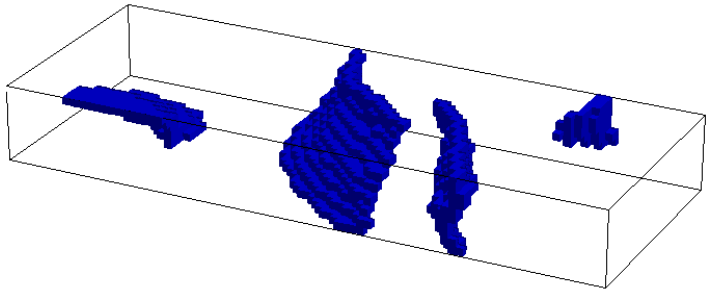
Fleksible grovgrid



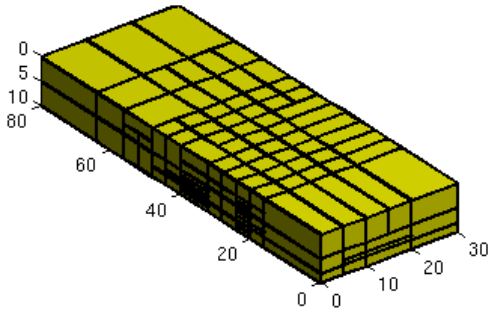
Fleksible grovgrid

Fleksibel gridding rundt barrierer

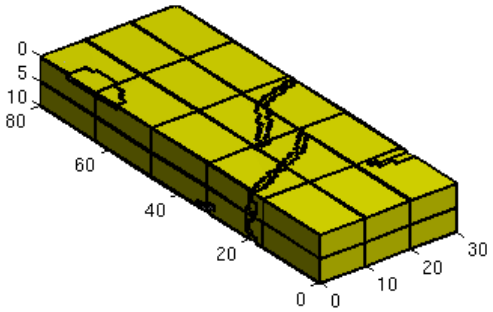




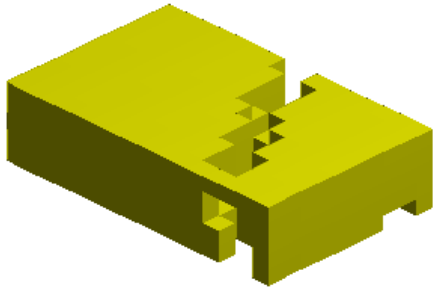
Non-uniform grid, hexahedral cells



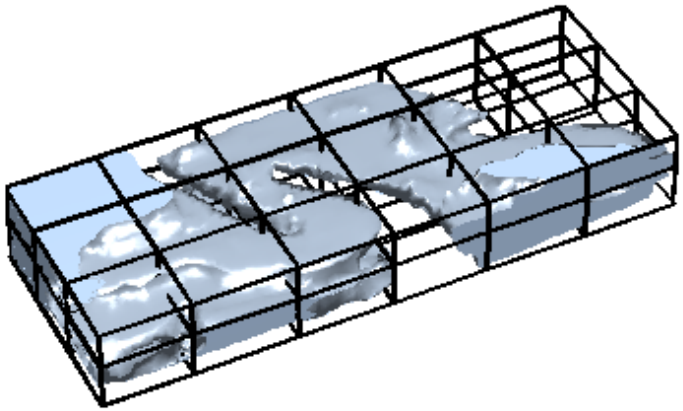
Non-uniform grid, general cells



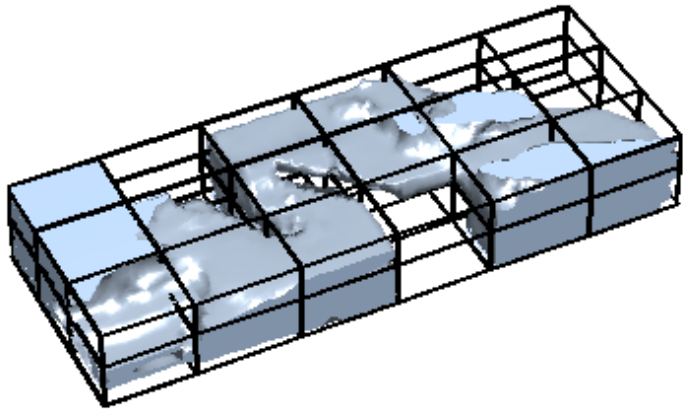
General grid-cell



Saturation-plot from reference solution

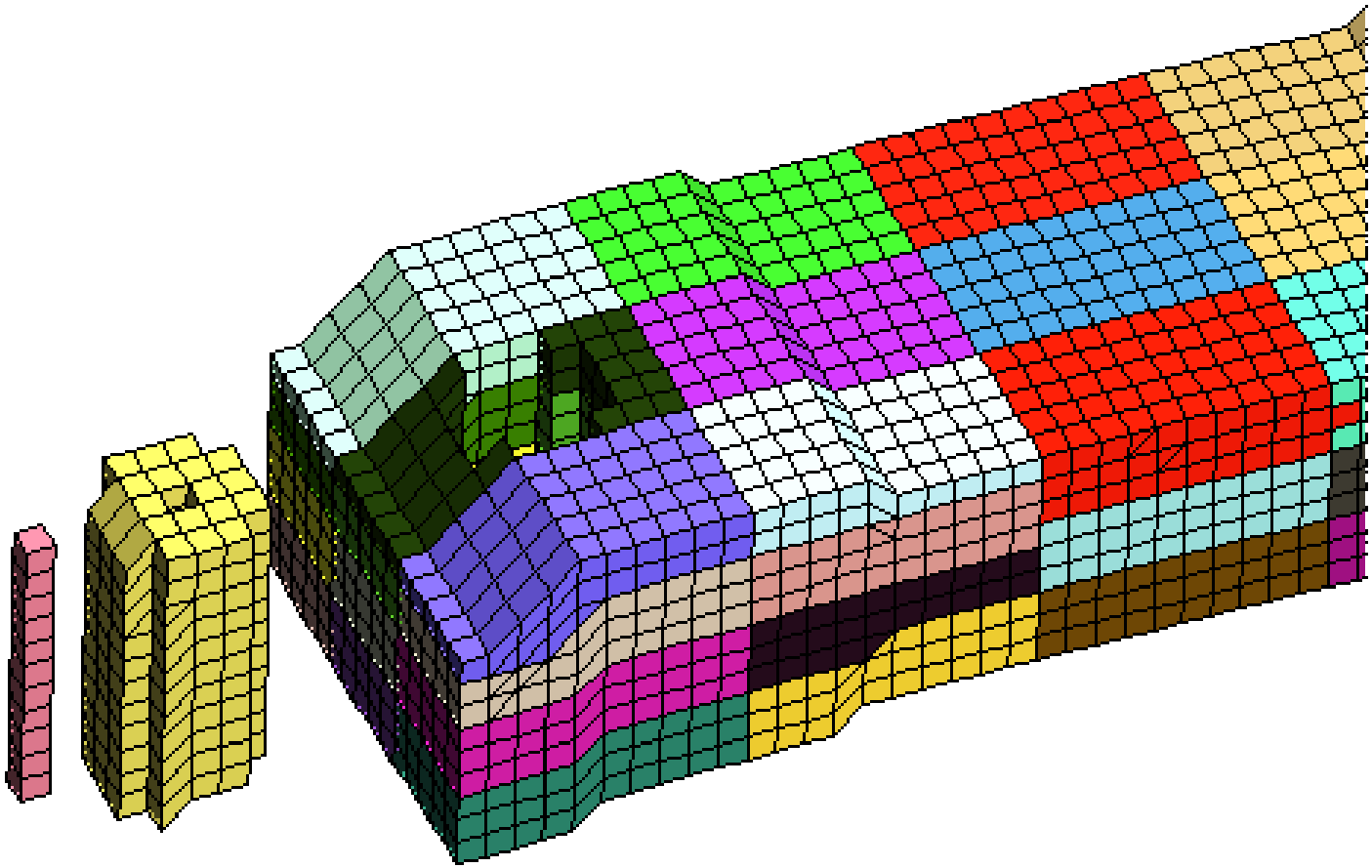


Saturation-plot from coarse-grid solution



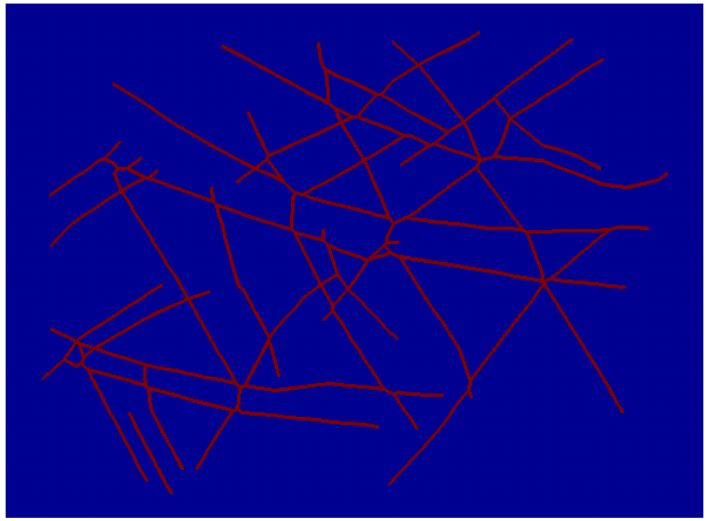
Fleksible grovgrid

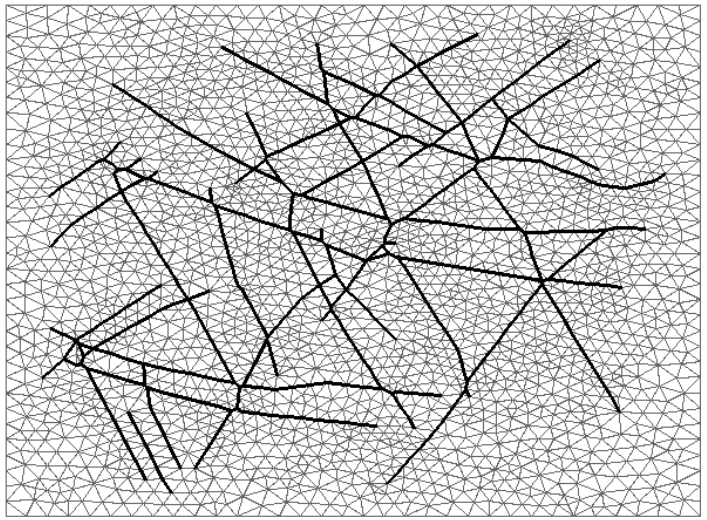
Fleksibel gridding rundt brønner



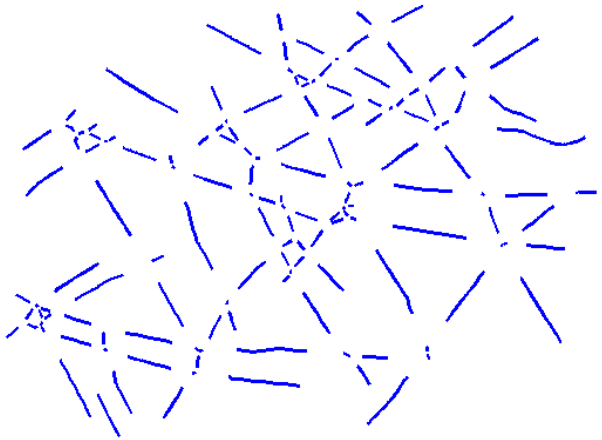
Fleksible grovgrid

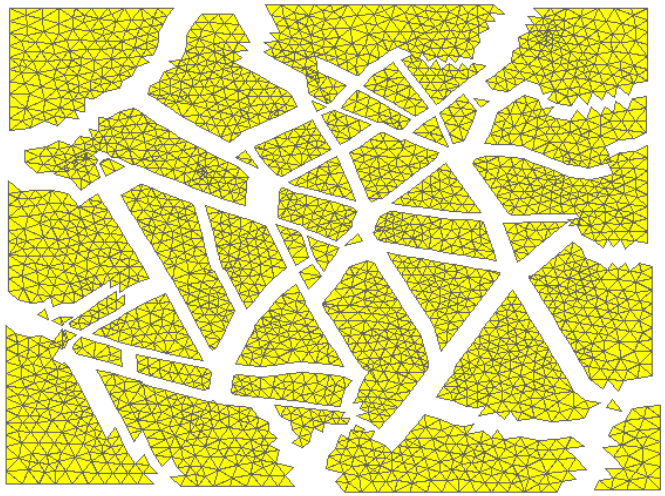
Simulering av brudd-nettverk





2





[2] Generert av M. Karimi-Fard, Stanford

Til slutt

Til slutt

- Oppskalering er og vil være en viktig del av arbeidsprosessen innen reservoarsimulering.

Til slutt

- Oppskalering er og vil være en viktig del av arbeidsprosessen innen reservoarsimulering.
- Men multiskala-metoder kan erstatte deler av oppskaleringen fra geomodell til simuleringsmodell.

Til slutt

- Oppskalering er og vil være en viktig del av arbeidsprosessen innen reservoarsimulering.
- Men multiskala-metoder kan erstatte deler av oppskaleringen fra geomodell til simuleringsmodell.
  - Bedre oppløsning

Til slutt

- Oppskalering er og vil være en viktig del av arbeidsprosessen innen reservoarsimulering.
- Men multiskala-metoder kan erstatte deler av oppskaleringen fra geomodell til simuleringsmodell.
  - Bedre oppløsning
  - Større fleksibilitet

Til slutt

- Oppskalering er og vil være en viktig del av arbeidsprosessen innen reservoarsimulering.
- Men multiskala-metoder kan erstatte deler av oppskaleringen fra geomodell til simuleringsmodell.
  - Bedre oppløsning
  - Større fleksibilitet

Takk for oppmerksomheten!