




G E U S

www.geus.dk

Geotermi i Danmark

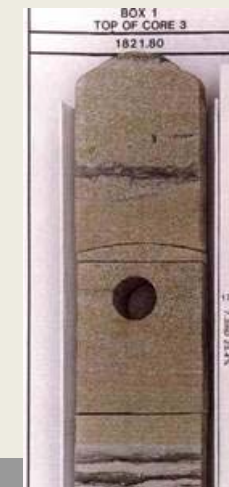
Reservoirernes kvalitet

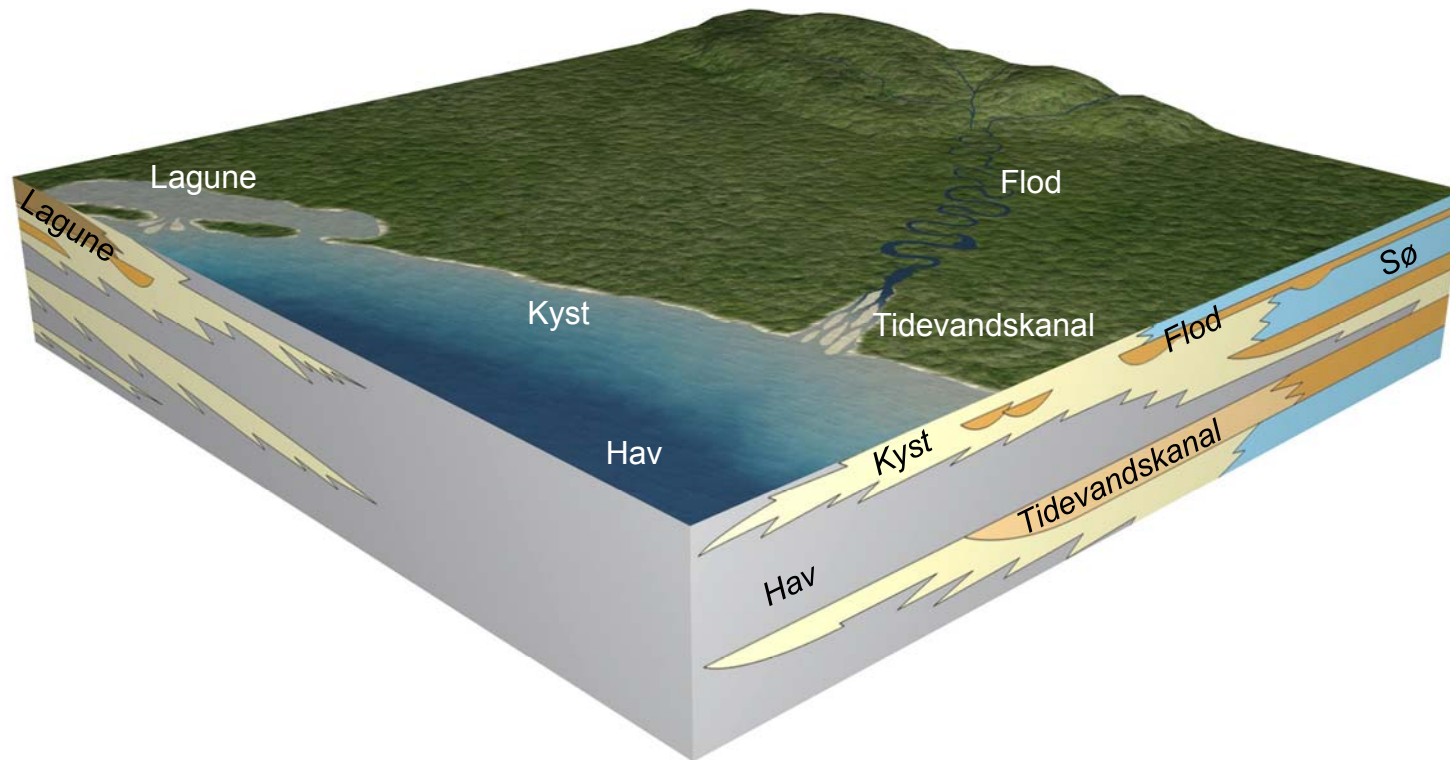
Rikke Weibel & Mette Olivarius

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet

Fra sand til sandsten

- Hvordan dannes et geotermisk reservoir?
 - Sand aflejres f.eks. ved kysten
 - Aflejringsmiljøet er afgørende for sandets egenskaber
 - Sandet begravnes fordi andre sand- og lerlag aflejres ovenpå
 - Temperaturen stiger ved begravelsen (→ varmt vand)
 - Imellem sandkornene afsættes cement
 - Cement-type og mængde har stor betydning for sandstens kvalitet som geotermisk reservoir





Aflejringsmiljøet beskriver de fysiske, kemiske og biologiske processer, der er aktive i forbindelse med aflejringen af sedimentet

Aflejringsmiljøet har indflydelse på:

- Lateral udbredelse og tykkelse
- Kornstørrelse og lerindhold
- Mineralogi (herunder fossil fragmenter)

Reservoir kvalitet

- Reservoir kvaliteten påvirkes af:
 - Aflejringsmiljø
 - Lateral udbredelse of tykkelse
 - Kornstørrelsen og indhold af ler
 - Mineralogisk sammensætning
 - Ændringer i forbindelse med forøget begravelsesdybde
 - Mekanisk kompaktion
 - Mineralogiske ændringer
- Geotermiske reservoirers kvalitet kan beskrives ved:
 - Udbredelse og tykkelse af sandstenslag
 - Porøsitet (evne til at rumme vand)
 - Permeabilitet (evne til at transportere vand)



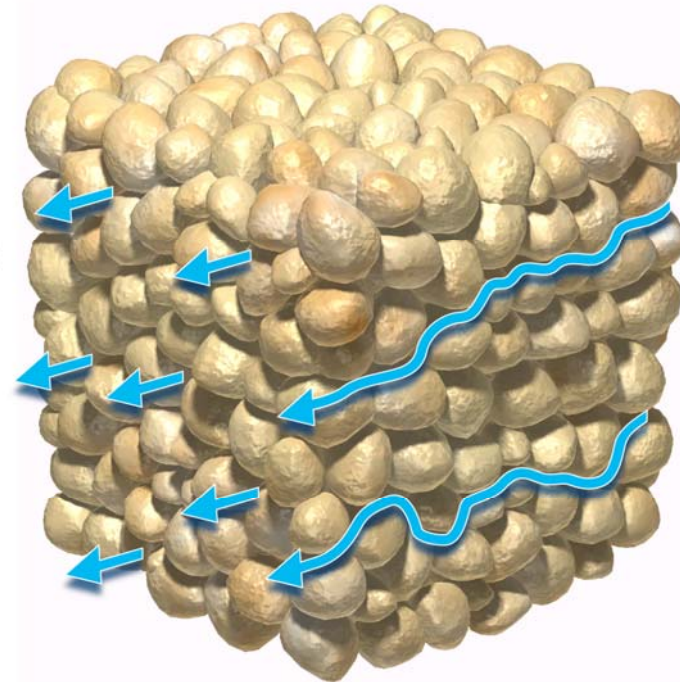
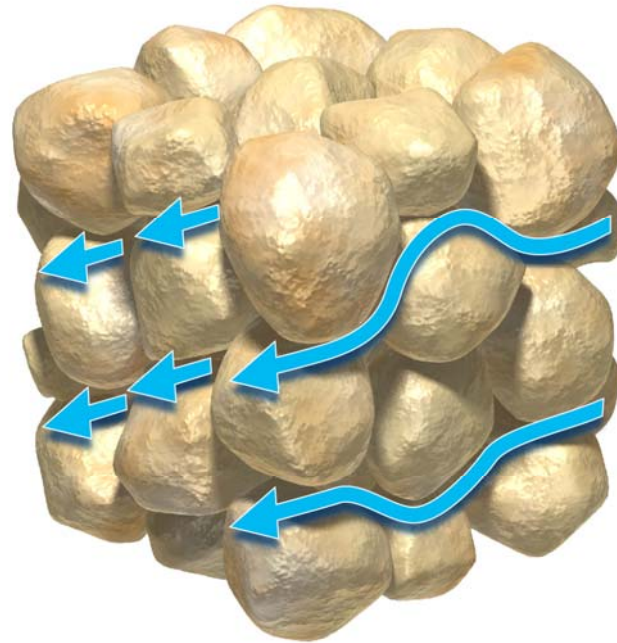
Reservoir kvalitet er påvirket af kornstørrelse

Groft sand:

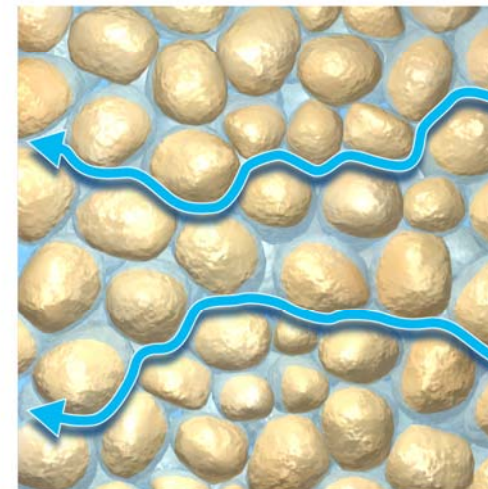
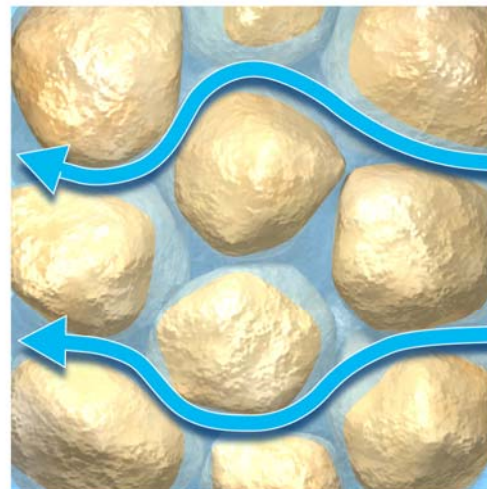
Højeste porøsitet og højeste permeabilitet

Fint sand:

Medium porøsitet og medium permeabilitet



3D



2D

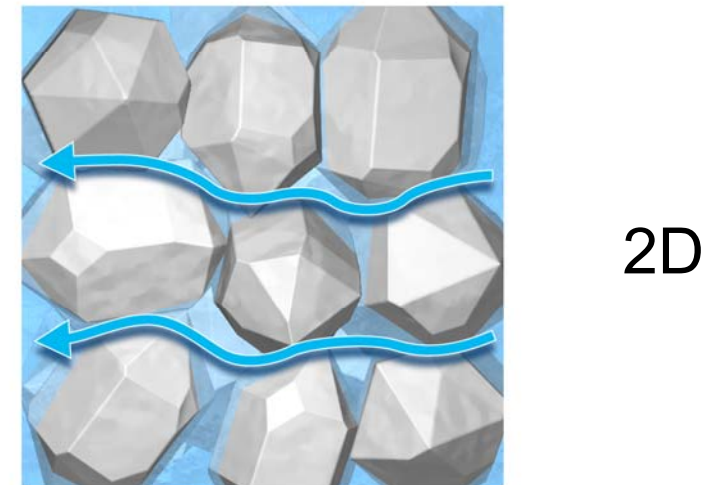
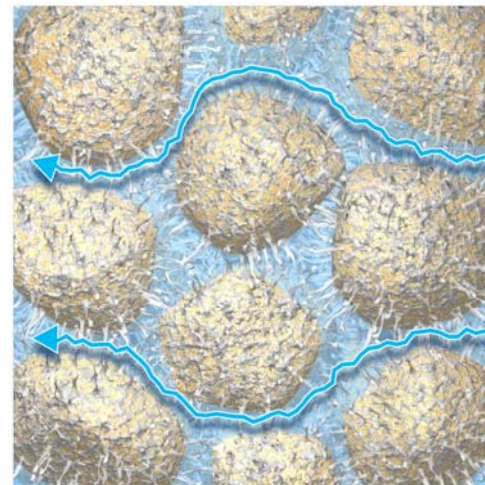
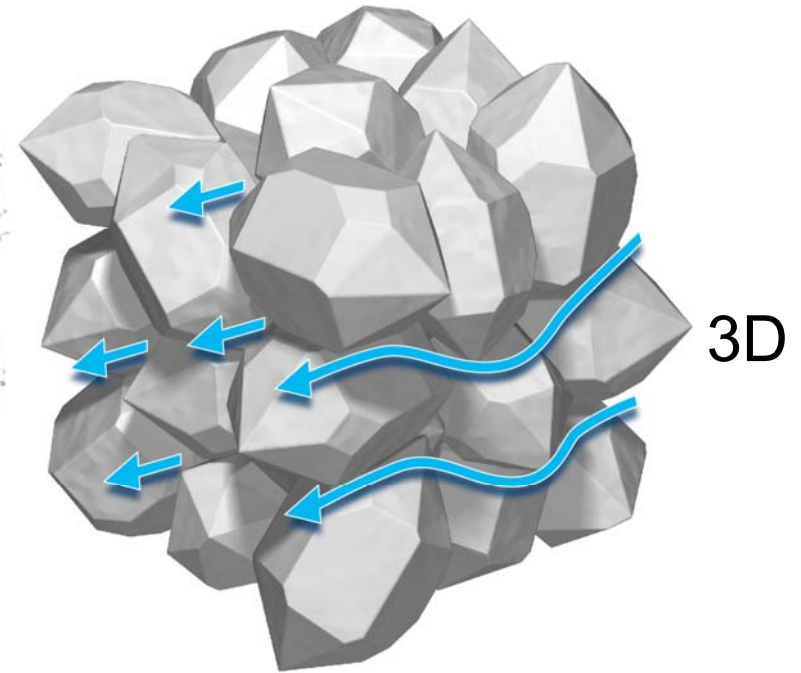
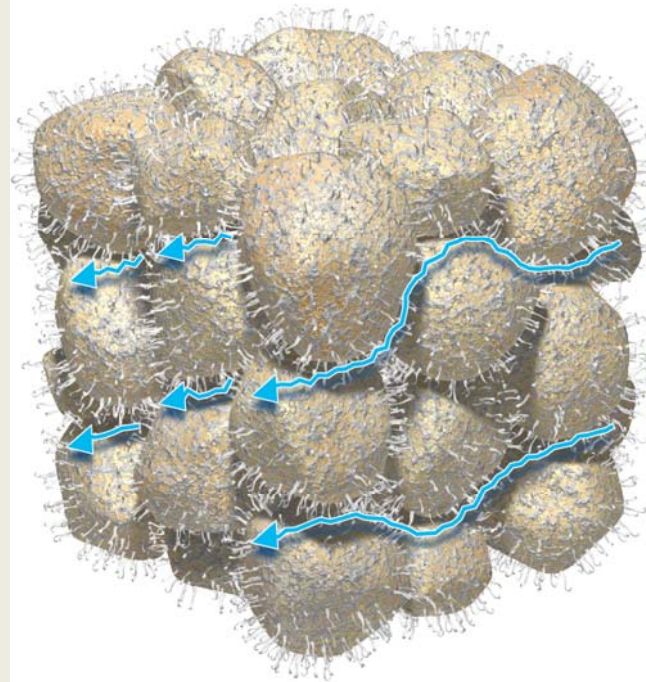
Reservoir
kvalitet er
påvirket af
dybdemæssige
mineralogiske
ændringer

Kvarts cement

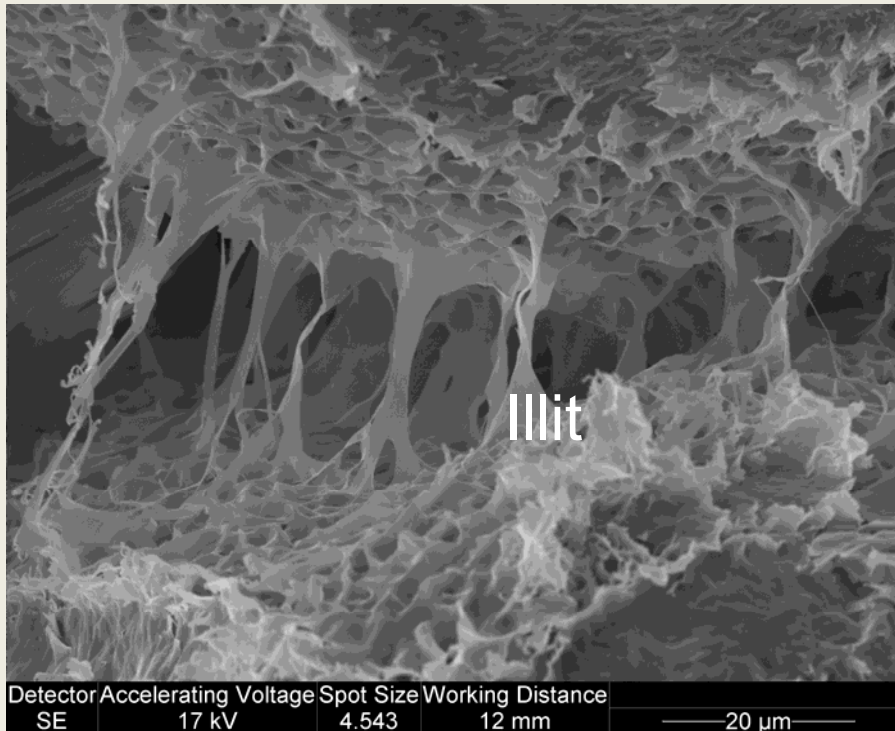
Nogen
porøsitet og
permeabilitets
reduktion

Illit cement

Betydelig
porøsitet og
permeabilitets
reduktion



Reservoir kvalitet

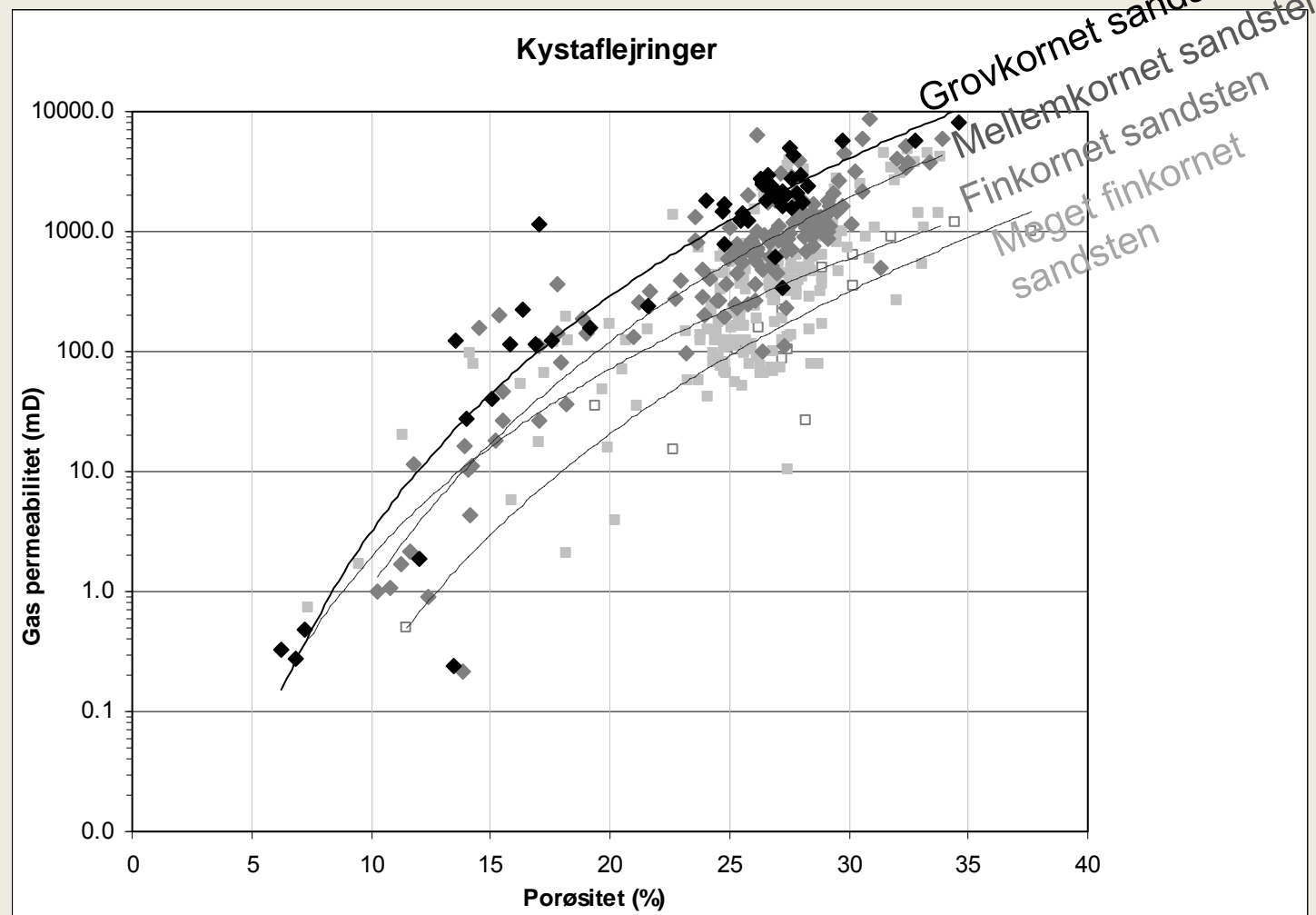


Skanning elektron mikroskopi (SEM)

Anvendes til undersøgelser af cement-typer og mængder

Porøsitet og permeabilitet

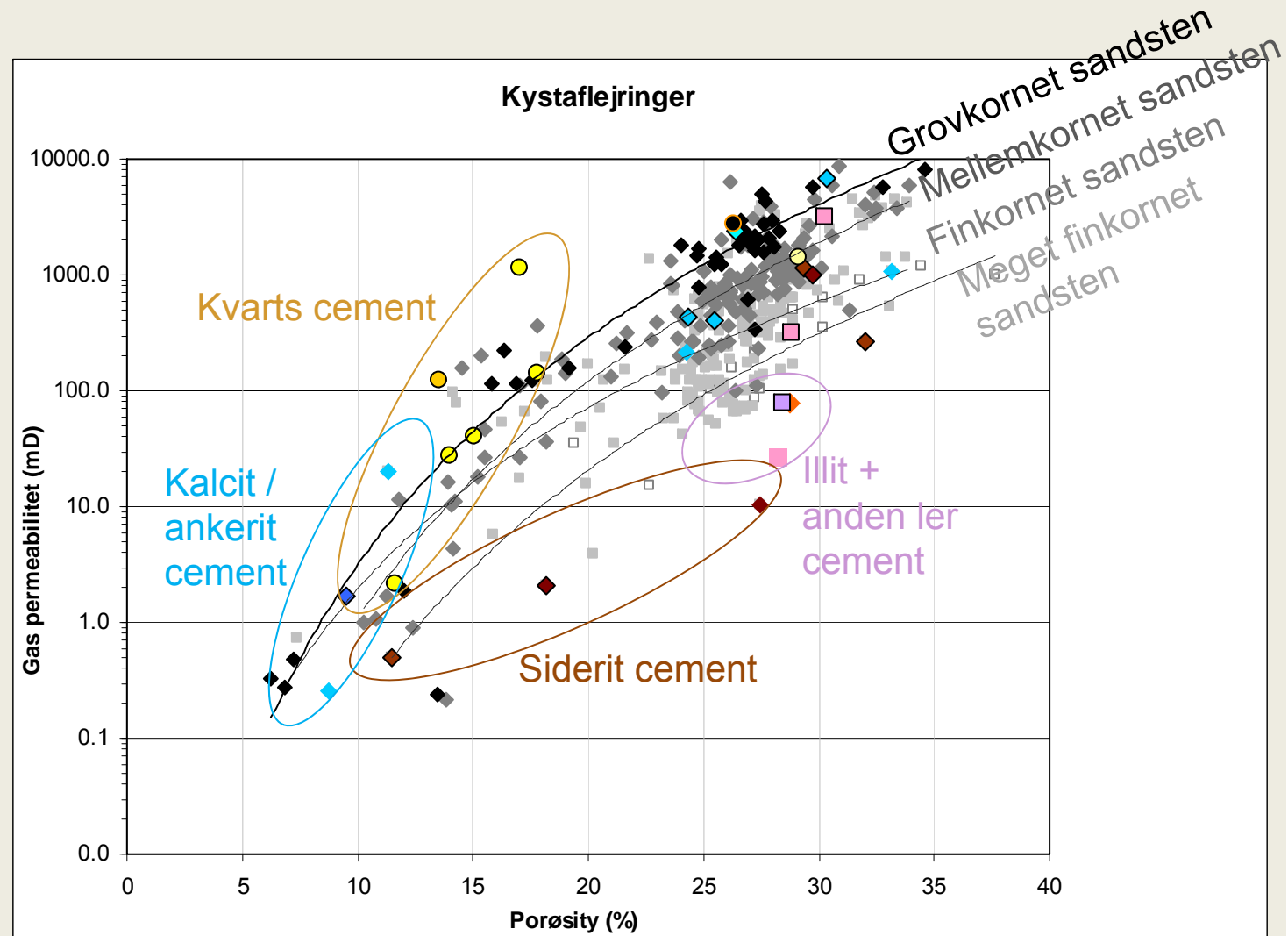
Kornstørrelse
påvirker
porøsits-
permeabilitets
relationerne



Porøsitet og permeabilitet

Kornstørrelse påvirker porøsits-permeabilitets relationerne

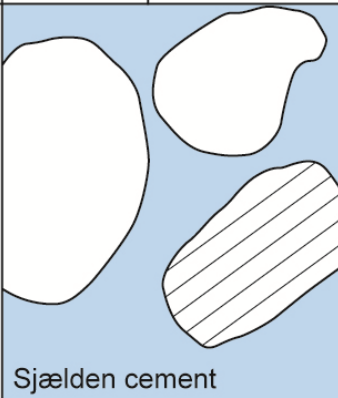
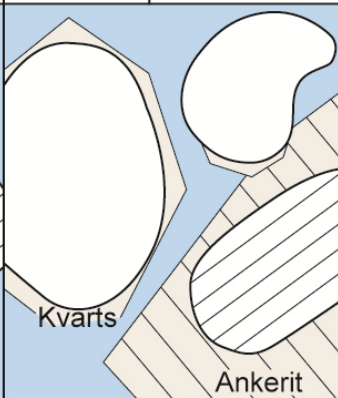
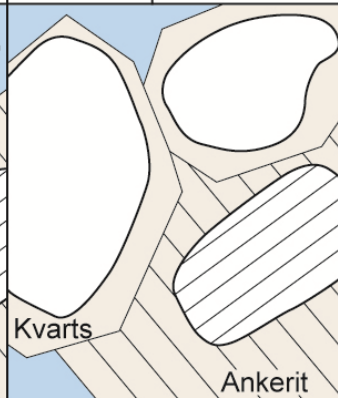
Mineralogiske ændringer efter aflejringen påvirker i forskellig grad



Reservoir kvalitet er et resultat af



- Formation
- Aflejringsmiljø (dvs. kornstørrelse og mineralogi)
- Begravelsesdybde (dvs. temperatur, cement-type og -udbredelse)

Lagune aflejringsmiljø	Dybde: 1–2 km		Dybde: 2–3 km		Dybde: 3–4 km	
	Porøsitet (%)	Permeabilitet (mD)	Porøsitet (%)	Permeabilitet (mD)	Porøsitet (%)	Permeabilitet (mD)
Finkornet sandsten	30	325	22	99	6	0,2
Mellemkornet sandsten	32	2097	23	211	9	2,5
Primære cementtyper						

Stigende temperatur



Konklusion

- Porøsitet og permeabilitet kan forudsiges for en bestemt geologisk formation ud fra kendskab til:
 - Aflejringsmiljø (udbredelse, tykkelse, kornstørrelse, ler-indhold mm.)
 - Begravelsesdybde (temperatur, bassinets geologiske udvikling)
- Reservoir kvaliteten kan prædikteres
 - De typiske trends er velbeskrevne, dog med variation der reflekterer de forskellige aflejringsmiljøers hyppighed
 - Usædvanligt gode reservoirer (positive anomalier) kan forventes i relation til specifikke aflejringsmiljøer