

Dypvitring på norsk sokkel

Terje Solbakk

Stipendiat — terje.solbakk@ntnu.no

Veileder: Prof. Ståle Johansen, NTNU

Medveileder Tore Svånå, Harstad

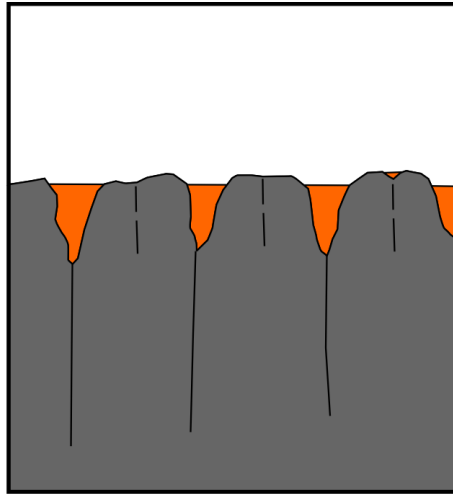
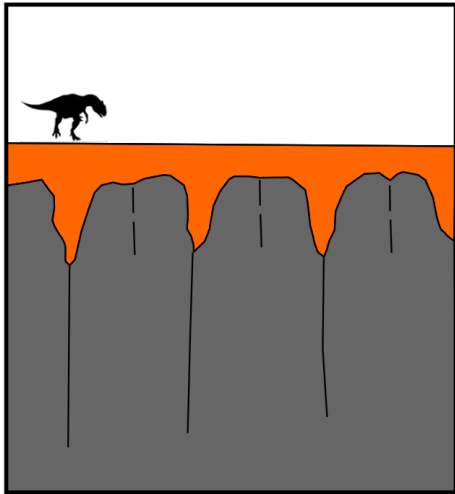


ARCEX
Research Centre for
Arctic Petroleum Exploration

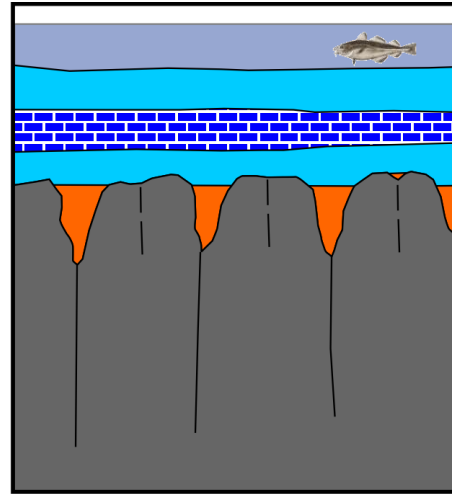
Mai 2016

Dypvitring – omdannelse av berget

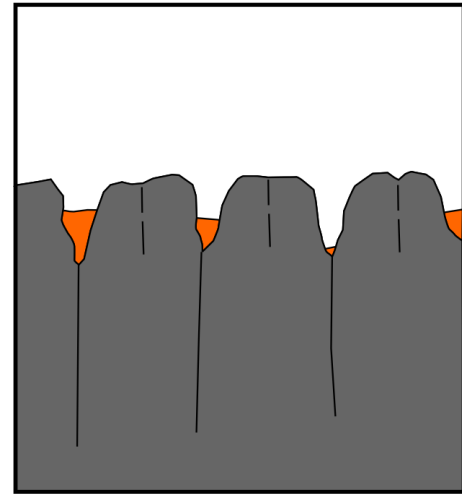
Mesozoisk tid



Begravning (offshore)



I dag (onshore)



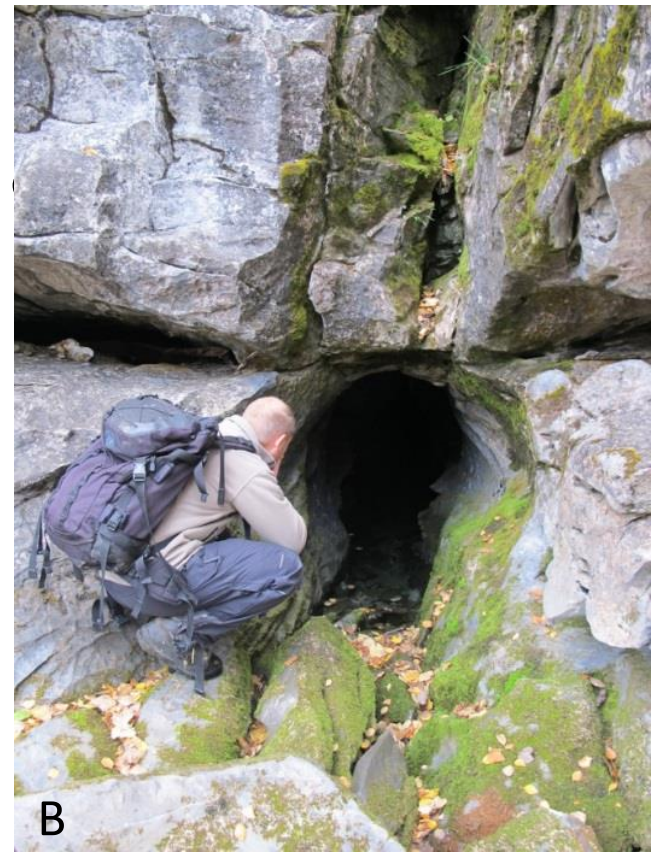
Forvitring av berg til klaster + leirmineraler = Saprolitt (også: eluvium, isalteritt)

Hvordan ser denne vitringen ut på land?

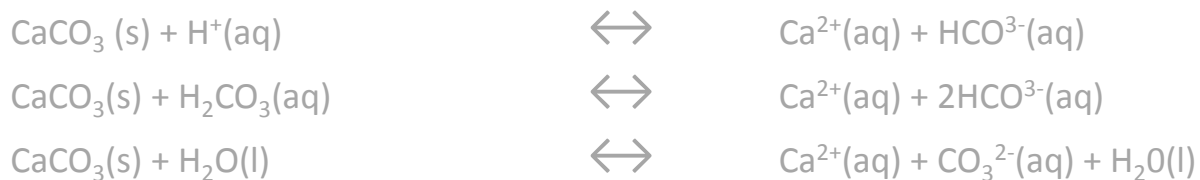


Hamarøy, Nordland
Foto: Terje Solbakk

Karst



Denne reaksjonen omfatter tre ulike underliggende reaksjoner



A) Beiarn, Nordland
B) Salangen, Troms

Fotos: Terje Solbakk

Tafoni - saltvitring

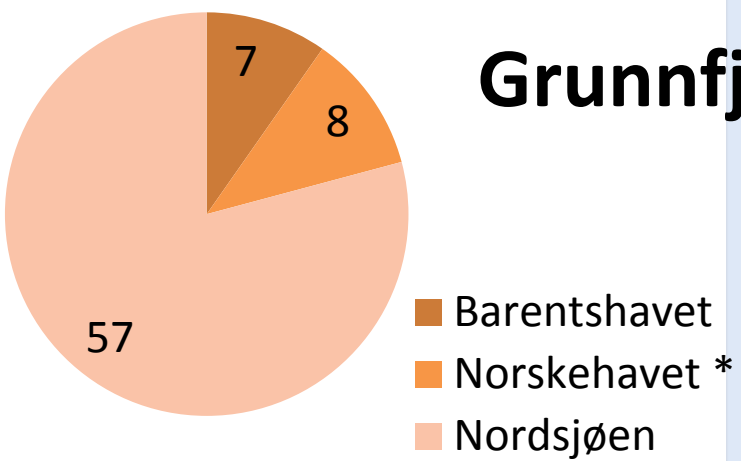
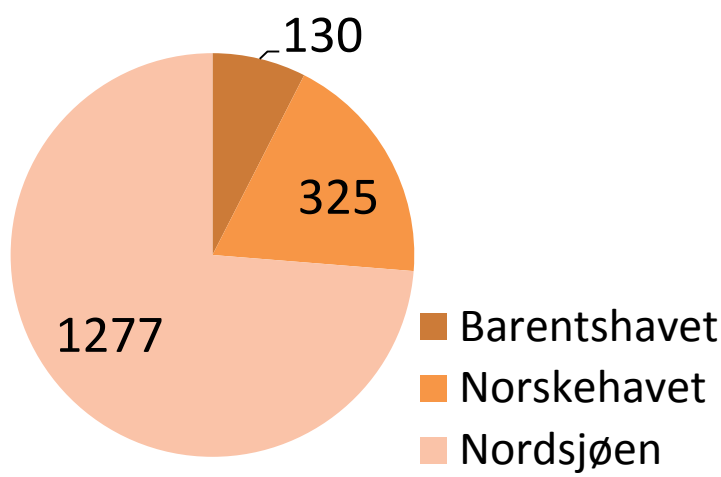


Hulformdannelser dannet ved bergartsnedbryting – Groom et al, 2015.



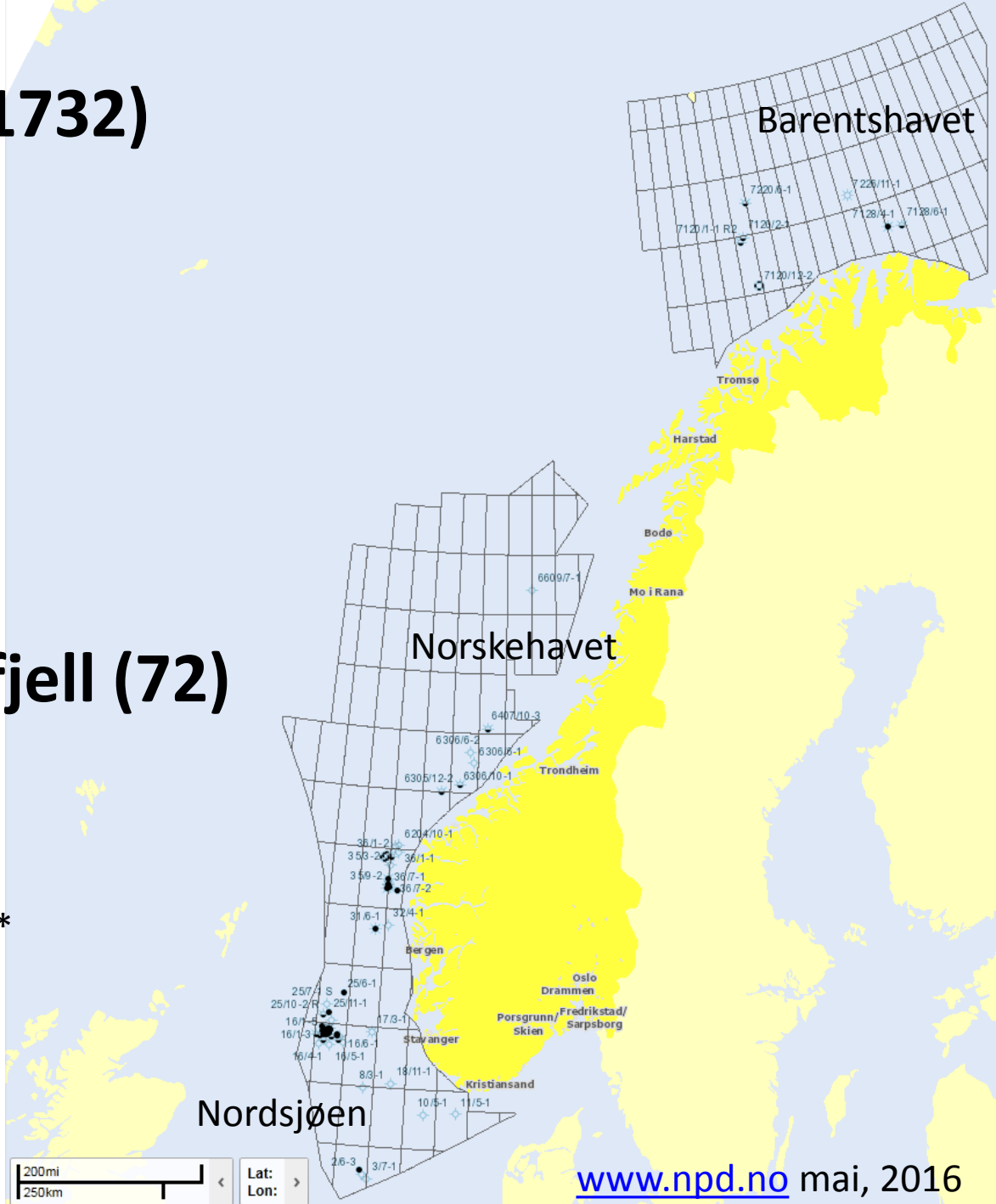
A) Sogndalstrand, Rogaland
B) Billefjorden, Svalbard Fotos: Terje Solbakk

Antall letebrønner (1732)

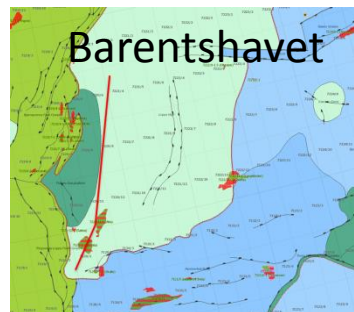
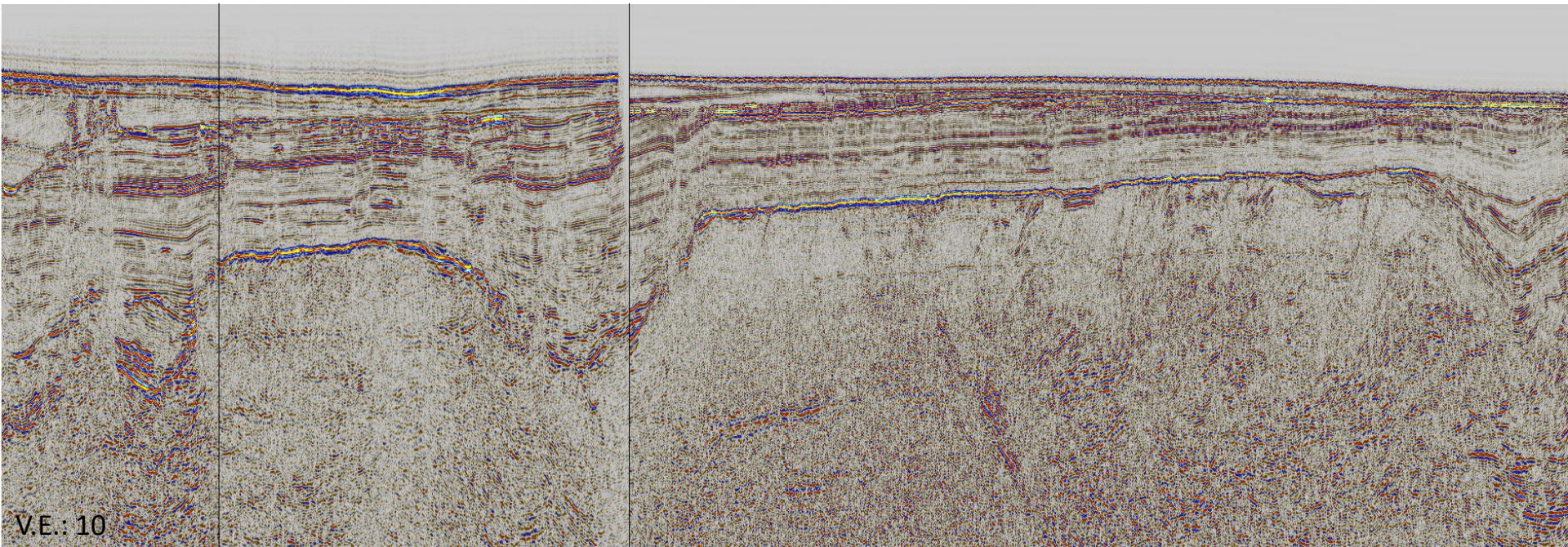


Minus produksjonsbrønner,
grunne borer
* Ikke tatt med 6608/8-1

Grunnfjell (72)



Et "drukna" landskap under havbunnen



Seismisk panel satt sammen av
- NG8306-301 og -307, SG9810 (3D)

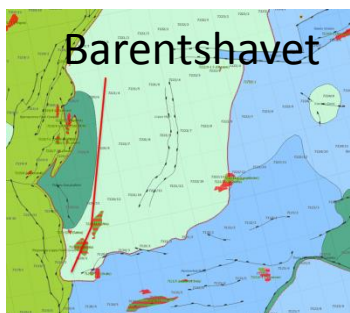
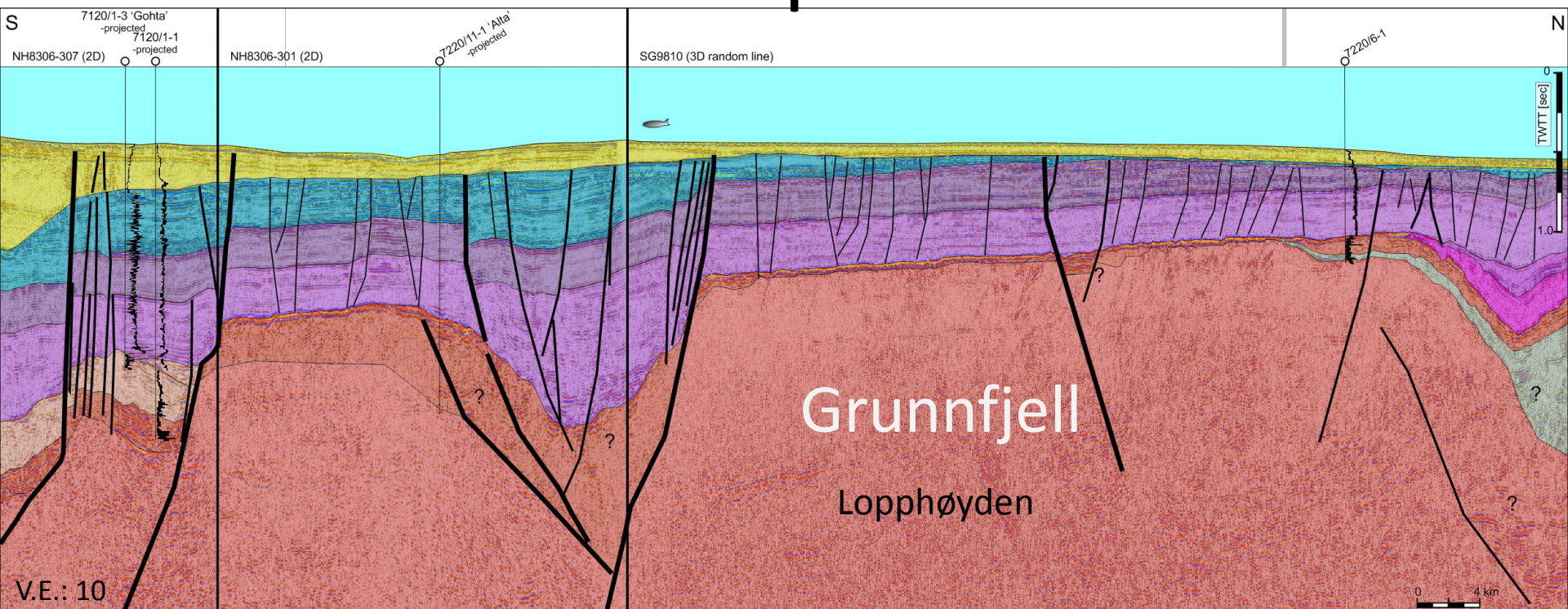


- seismic forward
modeling



-inversion
-reverse time migration
-isotropic / anisotropic
-elastic and acoustic
modeling

Et "drukna" landskap under havbunnen



Cenozoic

Late Mesozoic

Early Mesozoic - Late Triassic

Early Mesozoic - Mid-late Triassic

Early Mesozoic - Early Triassic

Upper paleozoic - Late Permian, Ørret fm

Upper paleozoic - Late Permian, Røye fm

Upper paleozoic - Permian, Ørn fm

Upper paleozoic - Early Permian, evaporites

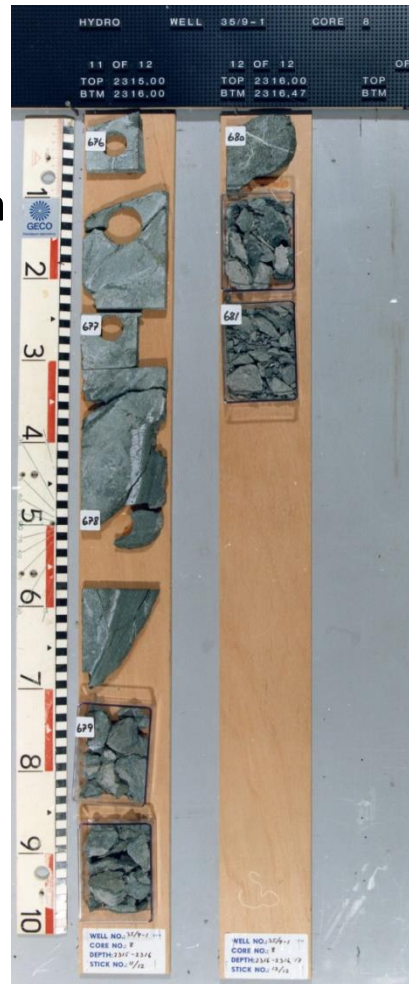
Upper paleozoic - Late Carboniferous, Falk fm & older undiff.

Precambrian basement/ Paleozoic metasediments

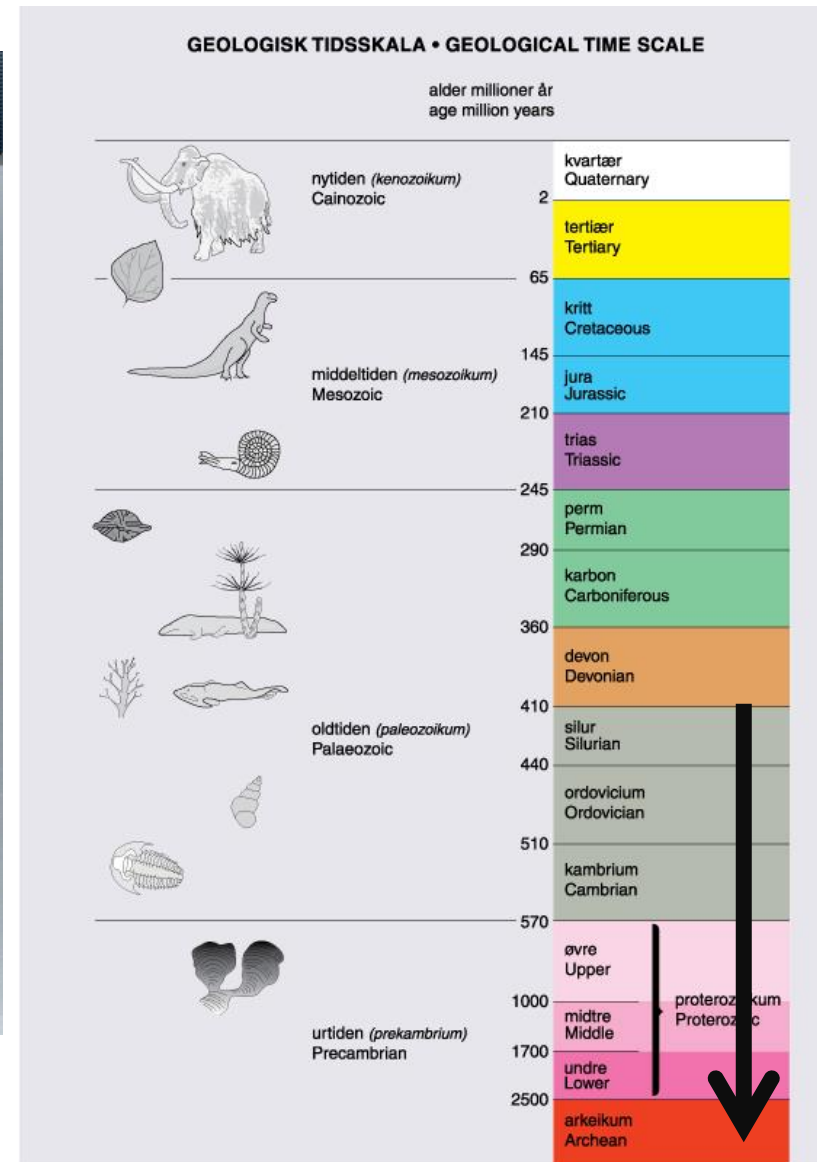
Seismisk panel satt sammen av
- NG8306-301 og -307, SG9810 (3D)

Brønner i grunnfjell

- Oljedirektoratet bruker «økonomisk grunnfjell» om basement og mener da bergarter eldre enn **Devon**.
- 72 (5 %) brønner når ned i slikt grunnfjell på norsk sokkel
(www.factpages.npd.no, mai 2016). Spredt over hele sokkelen.
- Av disse er det hentet opp kjerneprøver fra 47 brønner (2,7 %), kjerner kortere enn 1 m og opp til 956 m

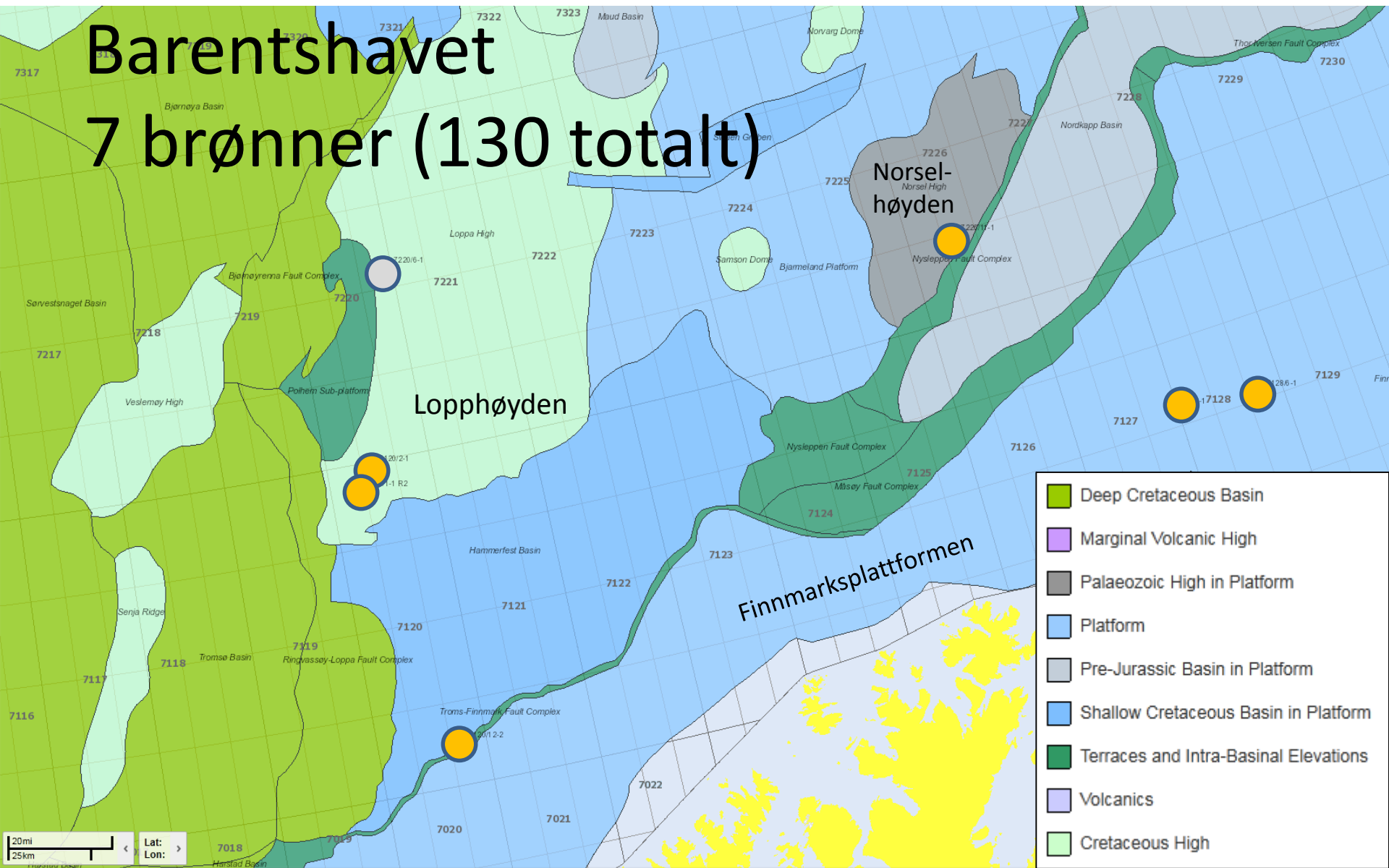


35/9-1 www.npd.no



Barentshavet

7 brønner (130 total)

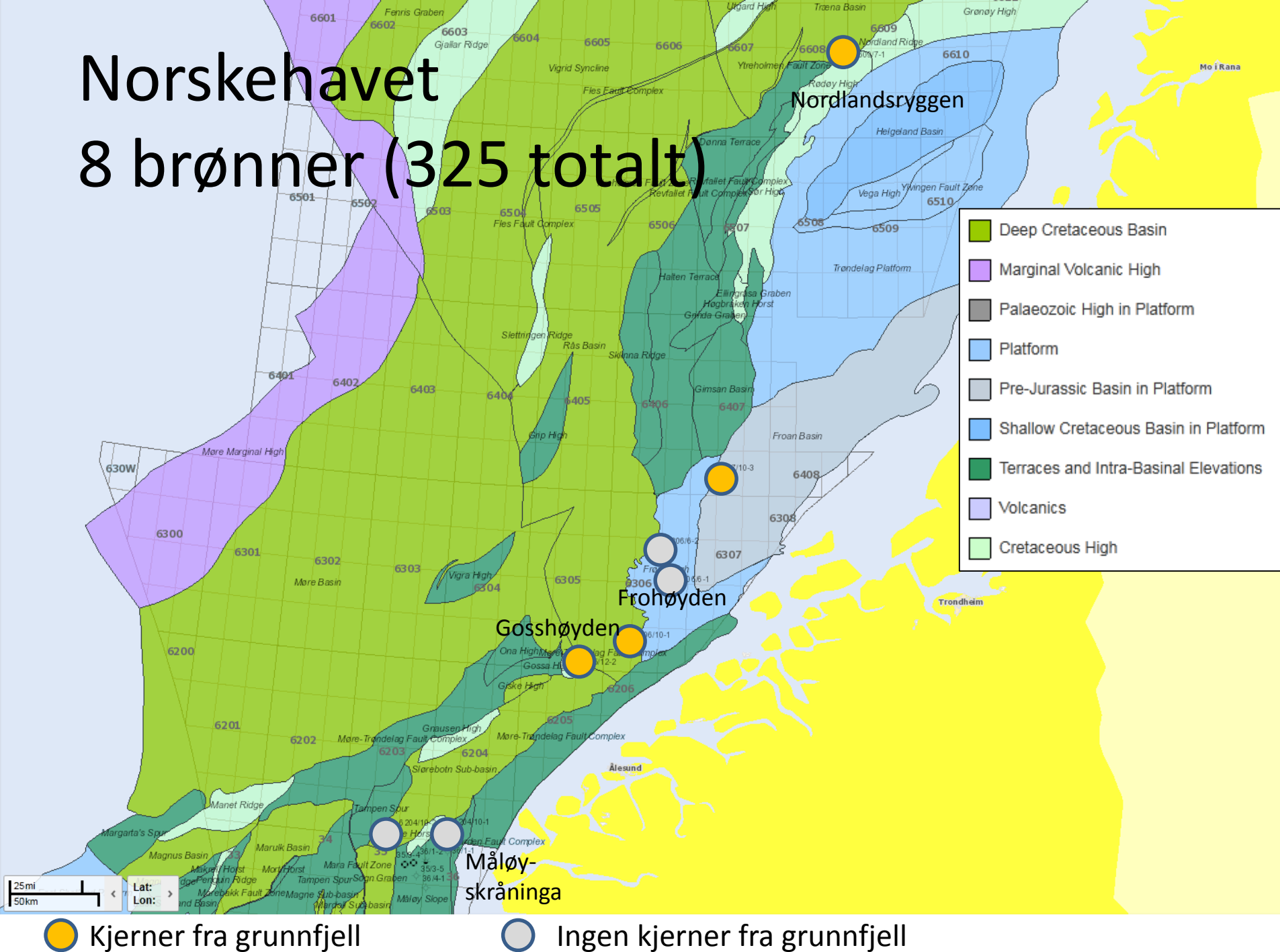


● Kjerner fra grunnfjell

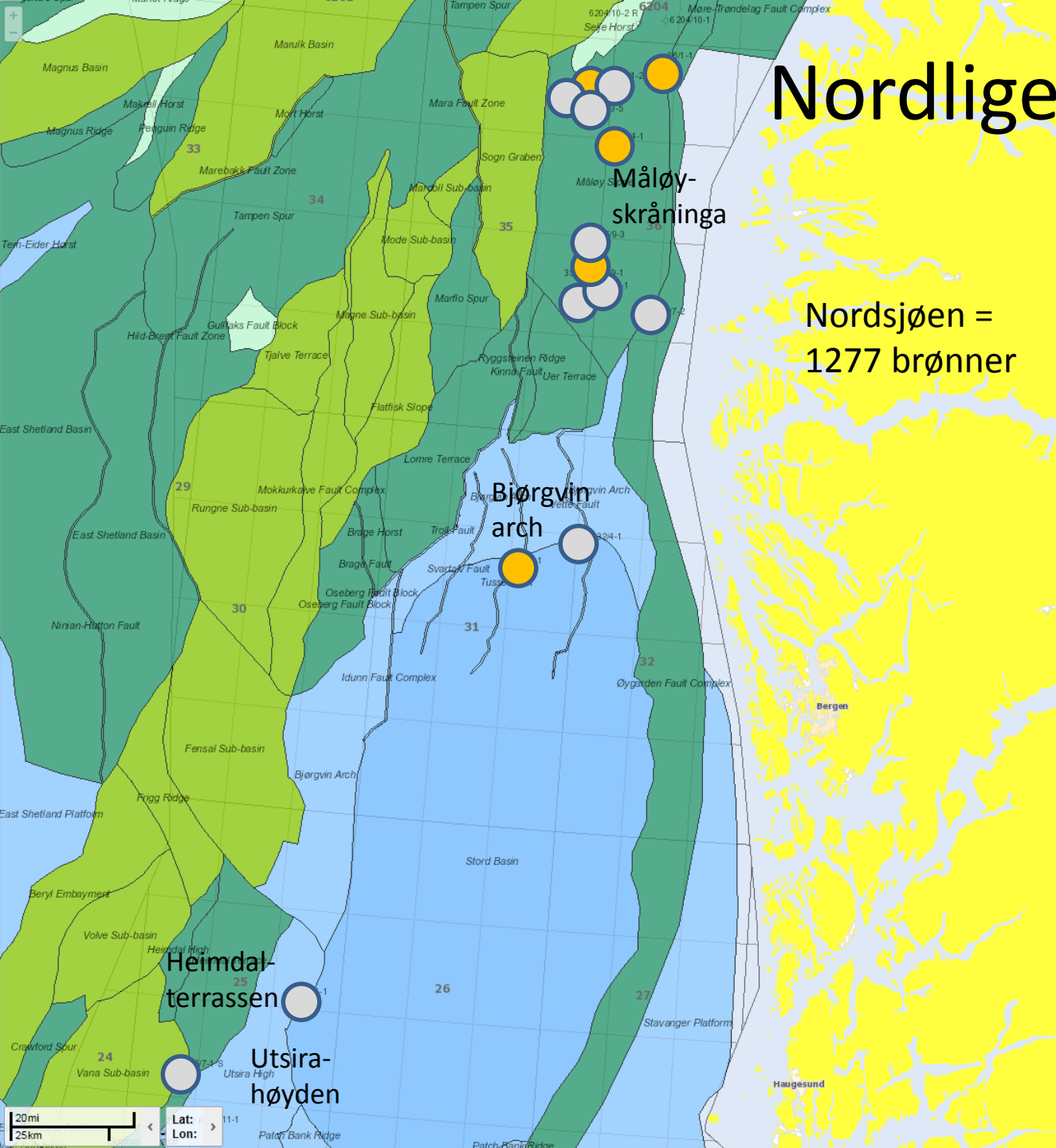
○ Ingen kjerner fra grunnfjell

Norskehavet

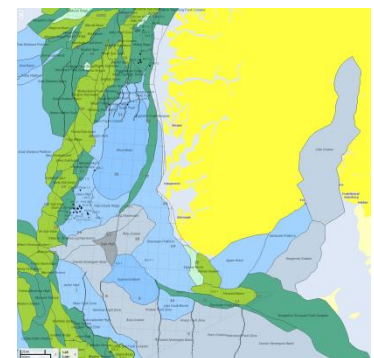
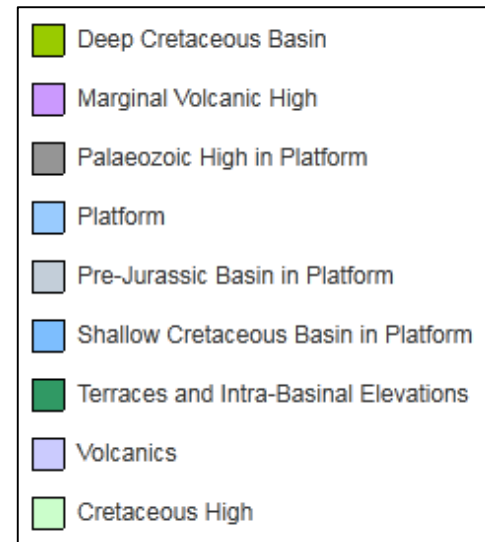
8 brønner (325 total)

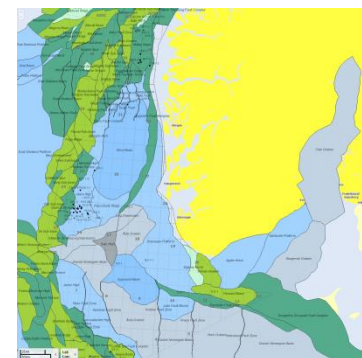
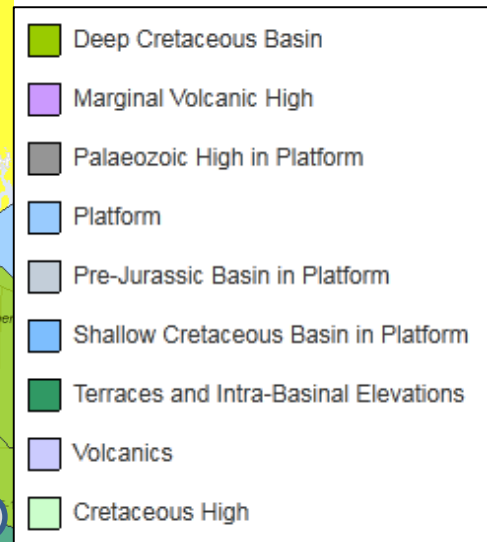
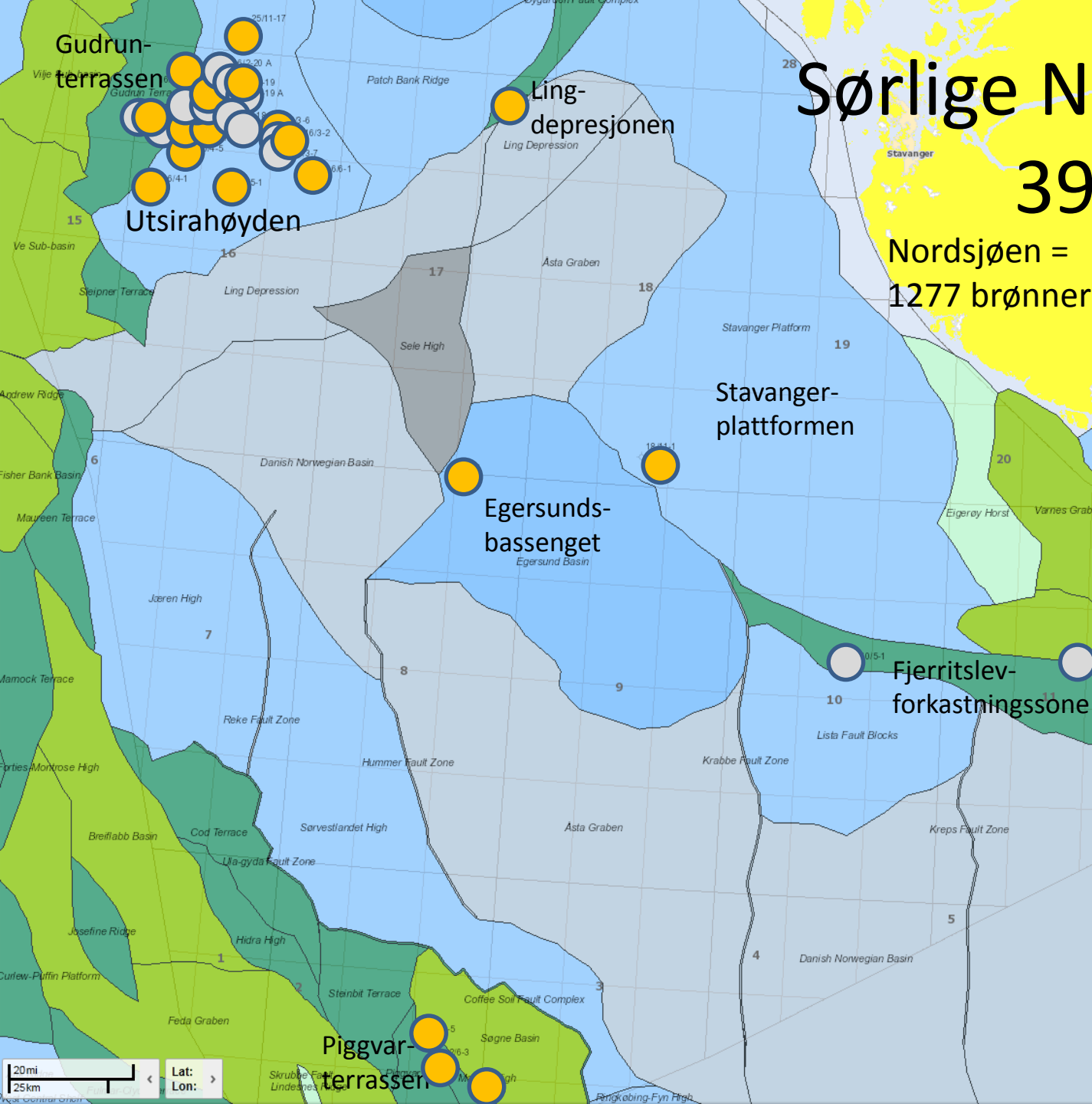


Nordlige Nordsjøen 18 brønner



Nordsjøen =
1277 brønner





Brønn-bane	Alder	Vitring	Brønn-bane	Alder	Vitring
8/3-1	Øvre Silur	Muskovitt-kloritt-kvarts skifer. Ikke oppgitt	6306/10-1	Meta-morft grunnfjell	? Ikke kjerne
25/11-1 'Balder'	Pre-Devon	Oppsprukket og oppsmuldret. Kvarts – glimmerskifer/skifrig kvarts gneis og marmor. Omdannede sandstein. Rød-oksiderede sprekker	35/9-2 'Gjøa'	Kaledonsk grunnfjell	? Ikke kjerne
3/7-1	Pre-Devon	Gneis, klorittisk med rosa feltspat, vertikale sprekker med klorittisk «infill». Delvis knust kjerne under prøvetaking. I mikroskop smått kaolinisert feltspat plagioklas, mye kloritt.	7128/6-1	Pre-karbon grunnfjell	Kjerne. Ingen data. Sprekkefyll på kjernebilder.
35/9-1 «Gjøa»	Meta-morft grunnfjell	Oppsprukket, grusvitring på bilder	6407/10-3	Grunnfjell	Oppsprukket grunnfjell – øyegneis? 1 m kjerne
7120/1 2-2 'Alke sør'	Meta-morft grunnfjell	Øyegneis, oppsprukket (kjernetaking?) på bilder, sprekker med synlig sprekkefyll av kvarts, årer med 1 cm bredde. Mikroforkastninger. Diabasgang?	25/11-17	Meta-morft grunnfjell	Oppsprukket utseende. Sprekkefyll? Ingen data. Kjerner fra regolitt(?) og grunnfjell
16/1-2	Silur	Gneis, ingen data om vitring	16/1-4	Grunnfjell	Breksjerte størkningsbergarter – gabbro/dioritt med syenitt-intrusjoner. Hydrotermalt omdannet. Våtgass/kondensatfunn.

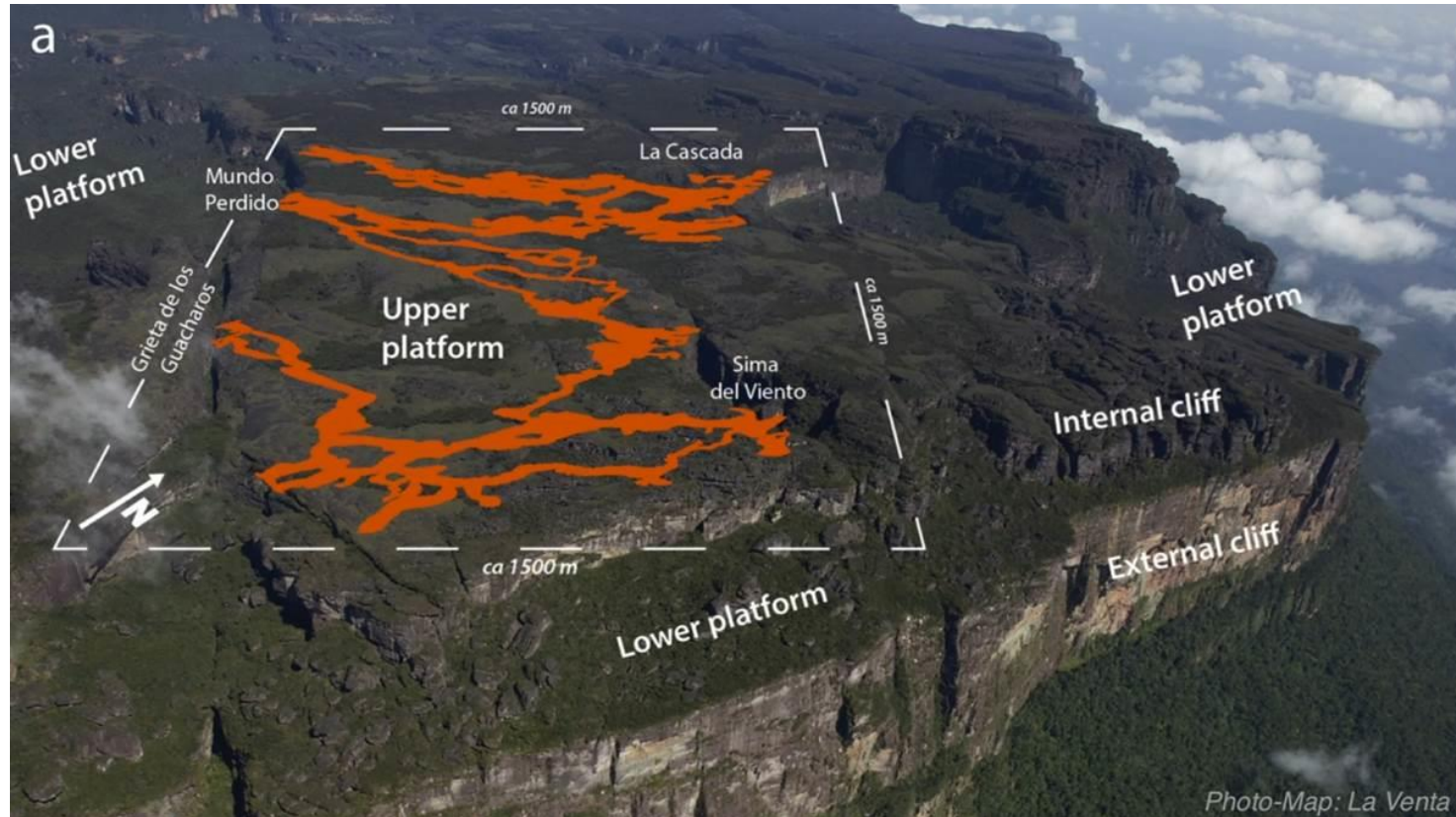
Brøn n- bane	Alder	Vitring	Brønn- bane	Alder	Vitring
16/6-1	Silur, Ordovicium	Silursk Albitt-porfyr og ordovicisk gneis. Axessory Fe-mineraler som er sekundært omdannet til leucoxene. Plagioklas stedvis omdannet til serisitt. Kloritt til stede.	6305/12-2	Metamorft grunnfjell	Ingen synlig porøsitet/permeabilitet
16/5-1	Kaledonsk	Anateksitisk granitt med mange sprekker fylt med kloritt på slickensides og shaly røde oksider. 11 m med forvitret sone.	7128/4-1	Pre-devonskt grunnfjell	Ser ut som metasedimenter fra kjernebilder
25/10-2 R	Grunnfjell	Syenitt? Antatt plutonsk. Alkalifeltspat. It is medium grained and highly crushed.	6306/6-1	Grunnfjell	Ingen kjerne eller data oppgitt
18/11-1	Eldre enn rotliegendes	Kvartsittisk feltspat bergart med klorittskifer. Noe omdannede mineraler til kaolinitt. Mikrosprekker og spalter med slickensides med shaly crust eller kvarts eller kalsittårer. Kaolinitt alle 4 meter.	17/3-1	Metamorft grunnfjell	Gneisaktig fra bilder. Hvitt sprekkefyll. Hydrothermalt?
36/1-1	Kaledonsk	Kvartsittgneis eller skifer uten omtalt omdannede mineraler.	6204/10-1	Grunnfjell	Erodert grunnfjell med konglomerat-sandsteiner over
36/1-2	Kaledonsk	“Granat-glimmerskifer”. Ingen kjerne	36/7-1 ‘Gjøa’	Grunnfjell	Ingen kjerne
16/3-2	Grunnfjell	Kalifeltspat rik granitt. 9-10 m vitringssone over uvitra granitt. Spor av kaolin i sanda over	36/4-1	Grunnfjell	40 cm kjerne, ingen bilder
10/5-1	Pre-kambrisk granitt	Grovkrystallinsk granitt, intet om vitring. Ingen kjerne	32/4-1	Grunnfjell	Ingen kjerne
16/1-2 (Ivar Aasen)	Grunnfjell	Granitt, provenansbergart til overliggende sandstein (erodert)	2/6-5	Metamorft grunnfjell	Kjerne med bilder. Mulig sprekkeporøsitet og knusningssoner.

Brønn-bane	Alder	Vitring	Brønn-bane	Alder	Vitring
35/3-4	Kaledonsk grunnfjell	Ingen kjerner eller tilgjengelig beskrivelse	35/9-3	Grunnfjell	Ingen kjerner eller data
7120/12-2 ‘Alke Sør’	Grunnfjell	(Grunnfjellsgneis) Gneis, 5 m kjerne med basement wash	6204/10-2 R	Grunnfjell	Statoil. Sekundært mål i oppsprukket grunnfjell. Ingen HK. Ingen kjerner.
35/3-5	Kaledonsk/pre-kambrisk	Grønn glimmerskifer/gneis, foliert og friable, noe kalsitt	16/1-5	Grunnfjell	Konglomerat/porfyr? Statoil. Kjerner bilde.
16/1-3	Grunnfjell	Granitt	7220/6-1	Pre-karbon grunnfjell	Ingen data.
2/6-3	pre-Late Devonian	Kjerne. Foliert fyllitt. Noe kvarts og kalsitt (fissure fillings)	11/5-1	Grunfjell - Silur	Ingen data
6609/7-1	Grunnfjell	Breksje? Kvarts, fyllitt og skifer. Kalsitt-sement. Kaolinitt-bånd observert.	16/2-3 ‘Ragnarock’	Grunnfjell	Sekundær mål oppsprukket grunnfjell- noe «død»-olje påtruffet. Ingen videre tester.
31/6-1 ‘Troll’	Grunnfjell	0,3 m kjerne. Øyegneis. Ingen vitring, minus kalsittfylt sprekk	16/2-4	Grunnfjell	Sekundær mål oppsprukket grunnfjell-, noe olje og gass, begrensede strømningsegenskaper. Kjerner.
16/1-4	Tidlig paleozoisk alder	Skifer og granitt	16/2-5	Grunnfjell	Ingen data.
7120/2-1	Pre-devon (“overprint “alder på 179 mill)	Altered dolerite	16/1-12 ‘Rolvsnæs’	Grunnfjell	Oljefunn i oppsprekket og frakturert reservoar. Moderate reservoaregenskaper. 9 % por, perm snitt 1 mD. Kjerner, men ikke tilgjengelig.
25/6-1	Tidlig paleozoisk/ Pre-kambrisk	?	6306/6-2	Krystallinsk grunnfjell	Konglomerat over grunnfjell.

Brønn-bane	Alder	Vitring	Brønn-bane	Alder	Vitring
25/7-1 S	Silur	Kvartsitt, sandstein og klorittskifer. Ingen data	16/4-5	Granittisk grunnfjell	Forkasta/oppsprukket granittisk grunnfjell, sterkt oppsprukket men mye kalsittsementering. Rester av olje, tjærete og tørr/flakete. Kjerner.
7120/1-1 R2	Grunnfjell	Ingen beskrivelse	16/1-15 'Tellus', nå 'Edvard Grieg'feltet	Grunnfjell	Oppsprukket og porøst grunnfjell. Første vellykka produksjonstest i grunnfjell på norsk sokkel. Kjerner
7226/11-1	Metamorft grunnfjell	Kloritt, glimmer og skifer	16/1-15 A	Grunnfjell	Oppsprukket grunnfjell med olje i sprekker.
35/9-1 R	Grunnfjell	Ingen	16/3-4 'Johan Sverdrup'	Grunnfjell	Kjerner tilgjengelig
16/3-6 'Johan Sverdrup'	Grunnfjell	Oppsprukket grunnfjell. Kjerner.	16/3-4 A	Grunnfjell	Oppsprukket grunnfjell med olje shows
16/2-18 S	Grunnfjell	Sekundært mål: oppsprukket og vitra grunnfjell (påvist i 15 m. (see Shows), avgrensning av 16/2-3 Ragnarock.	16/2-9 S	Grunnfjell	Oppsprukket grunnfjell (tørt)
16/1-19 S	Grunnfjell	Sekundært mål: oppsprukket og vitra grunnfjell. Bevegelig olje påvist i sprekker men dårlig reservoarskapsen	16/1-17	Granittisk grunnfjell	Sekundært mål: Ekstremt granittisk grunnfjell. Olje i sprekker i granittisk grunnfjell.
16/3-7	Grunnfjell	Permisk grunnfjell? Upresis pressemelding.	16/1-17	Grunnfjell	Ekstremt forvitra felsisk grunnfjell. Ingen granitic wash/regolitt. Kjerner
16/2-20 S	Granittisk grunnfjell	Ikke kjerner eller opplysninger.	16/2-17 B 'Johan Sverdrup'	Granittisk grunnfjell	HK i frakturert grunnfjell med dårlig reservoar. Oljeshows. Kjerner
16/2-20 A	Grunnfjell	Ikke kjerner eller opplysninger. Merkelig kjernedybde	16/2-19	Granittisk grunnfjell	Ingen shows. Kjerner. Ingen opplysninger

- 2 brønner = Silur alder
- 70 Brønner = Grunnfjell/ eldre enn []
- Leirmineraler og utfellinger i sprekker indikasjon på vitring
- Oppsprekking mest vanlig

Arenisasjon(?- eng: arenisation)



- Brønn 16/1-15 oppgitt i Riber et al (2015) at «pervasive arenisation».
- Sauro (2014) som dannelselse for silikat-karstgrotter på tepui-klipper i Venezuela?

Konklusjon

- Norsk sokkel inneholder begravde landskap som vi kan sammenligne med det på land (*onshore*)
- Utsatt for de samme forvittringsprosesser
 - Til ulik tid
 - Innenfor ulike tidsrom og ulike klimatiske forhold
- **Men** færre datapunkter enn på land
 - Ingen blotninger på sokkelen
 - Få brønner med lite kjerner i ønsket intervall
 - Brønner er nålestikk
 - Trenger også data fra andre metoder – seismikk, produksjonstester, modellering

Referanser:

- Brønner, M., Bering, D., Dalsegg, E., Fabian, K., Fredin, O., Hendriks, B., Magnus, C., Moller, T., Olesen, O., Rønning, J.S., Solbakk, T., Overland, J.A., 2010. On- and offshore deep weathered basement rocks, Norway. 2010.
- Groom, K. M., Allen, C. D., Mol, L., Paradise, T. R., and Hall, K., 2015, Defining Tafoni: Re-examining terminological ambiguity for cavernous rock decay phenomena: Progress in Physical Geography, v. 39, no. 6, p. 775-793.
- Lidmar-Bergström, K. 1999: Uplift histories revealed by landforms of the Scandinavian domes. Geological Society of London Special Publications 162, 85–91.
- Mørk, M., Vigran, J., Smelror, M., Fjerdingsstad, V., and Bøe, R., 2003, Mesozoic mudstone compositions and the role of kaolinite weathering—a view from shallow cores in the Norwegian Sea (Møre to Troms): Norwegian Journal of Geology, v. 83, p. 61-78.
- Olesen, O., Bering, D., Brønner, M., Dalsegg, E., Fabian, K., Fredin, O., Gellein, J., Husteli, B., Magnus, C., Rønning, J., Solbakk, T., Tønnesen, J.F., Øverland, J.A., 2012. Tropical Weathering in Norway, TWIN final report. NGU Report 2012.005, 1-188.
- Oljedirektoratet, 2016. www.npd.no, Stavanger. Nettsted.
- Riber, L., Dypvik, H., and Sørli, R., 2015, Altered basement rocks on the Utsira High and its surroundings, Norwegian North sea: Norwegian Journal of Geology, v. 95, no. 1, p. 57-89.
- Roaldset, E., Pettersen, E., Longva, O., and Mangerud, J., 1982, Remnants of preglacial weathering in western Norway: Norsk Geologisk Tidsskrift, v. 62, no. 3, p. 169-178.
- Sauro, F., 2014. Structural and lithological guidance on speleogenesis in quartz–sandstone: Evidence of the arenisation process. Geomorphology 226, 106-123.

ARCEX project (Research Centre for Arctic Petroleum Exploration) is funded by the Research Council of Norway (grant number 228107) together with 10 academic and 9 industry partners.