

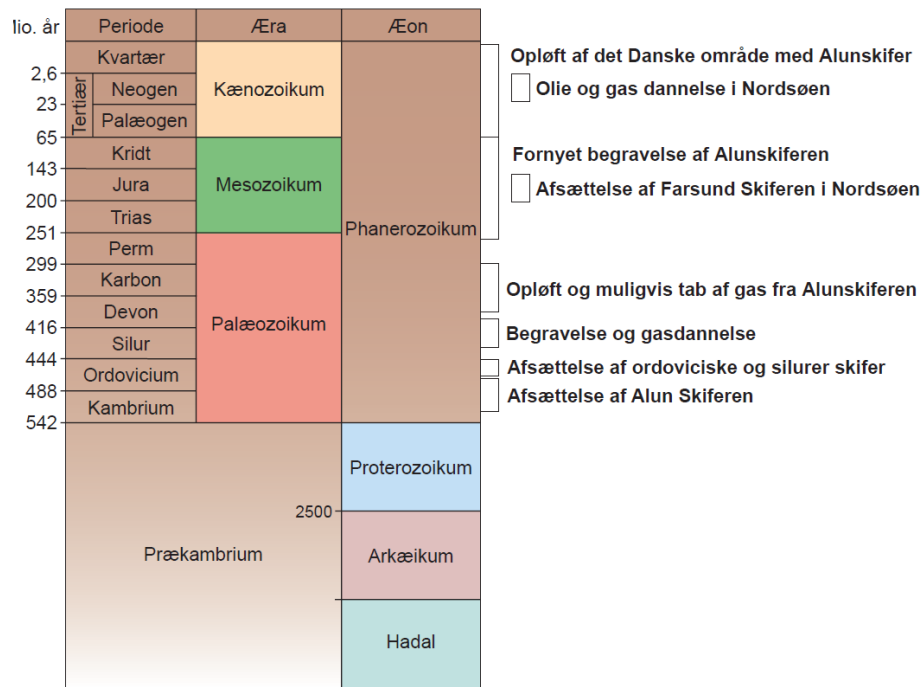
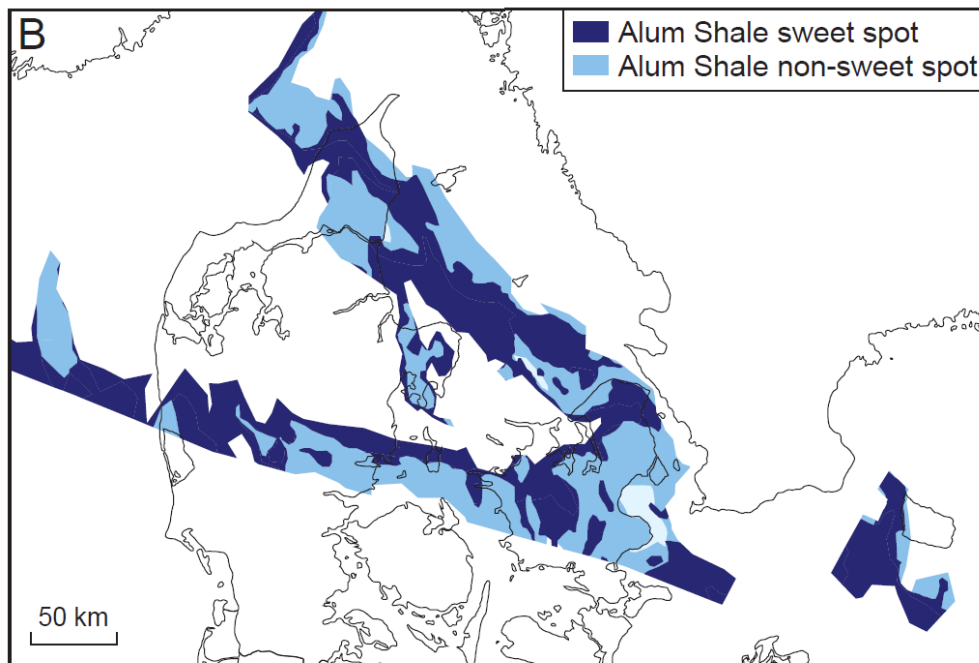


Geologi, vandforbrug, og geologiens betydning for spildevandets kemiske sammensætning

Anders R. Johnsen

Geological Survey of Denmark and Greenland
Danish Ministry of Climate, Energy and Building

Hvor og hvor meget gas?



Teknisk indvindbare resurser:

Onshore: 0 – (71) – 137 mia m³

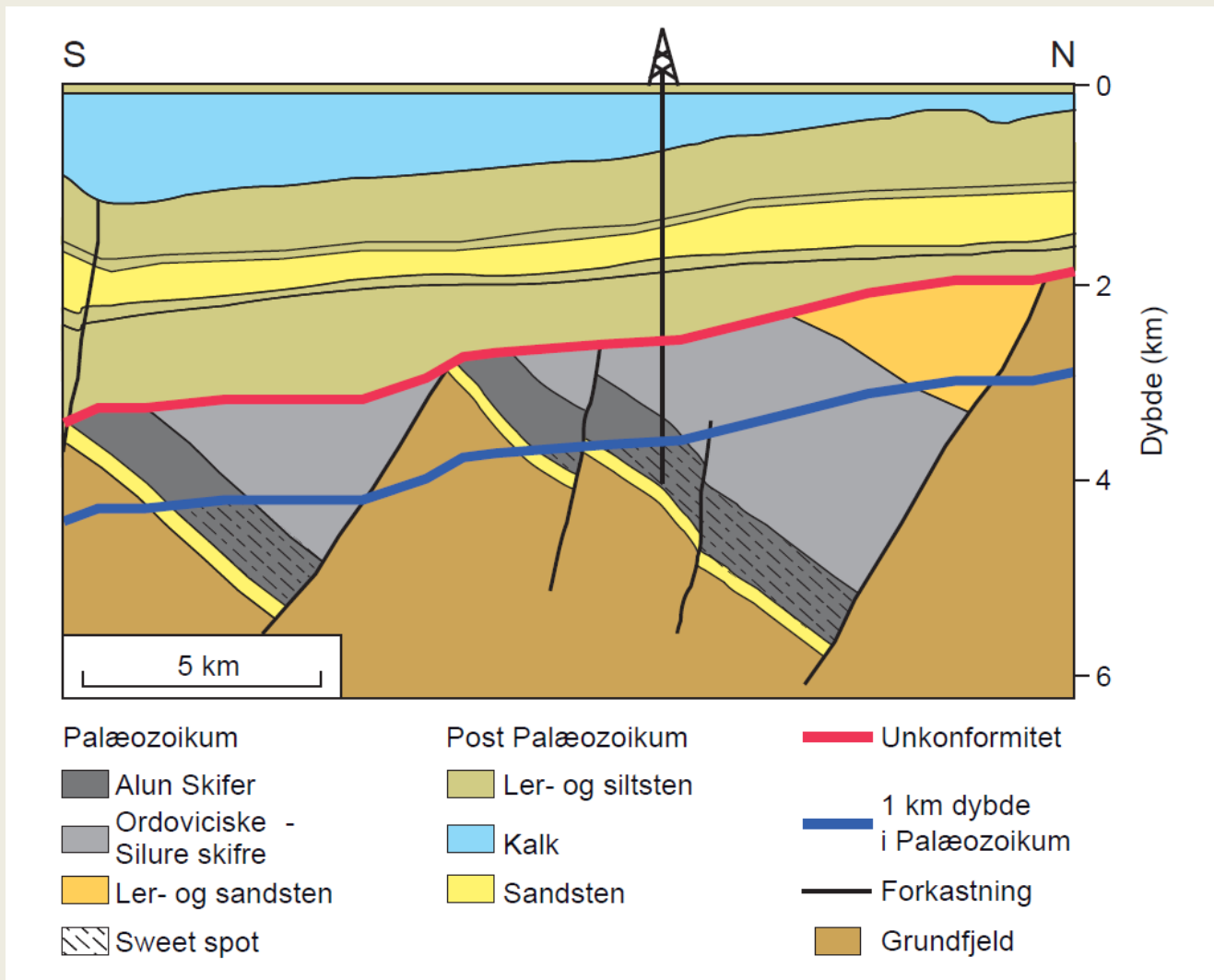
Offshore: 0 – (125) – 240 mia m³

Natural gas liquids+oil: 0

Reference:
 Schovsbo og Nielsen
 Geoviden nr. 1, 2013

Reference:
 Gautier m.fl., 2013
 Undiscovered Gas Resources
 in the Alum Shale, Denmark

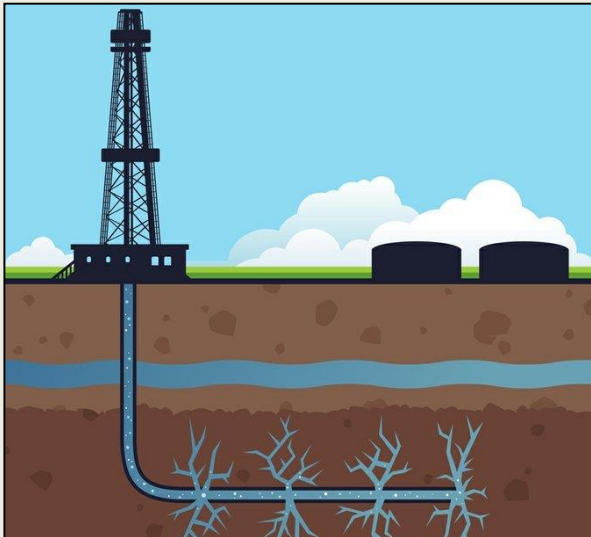
Geologi



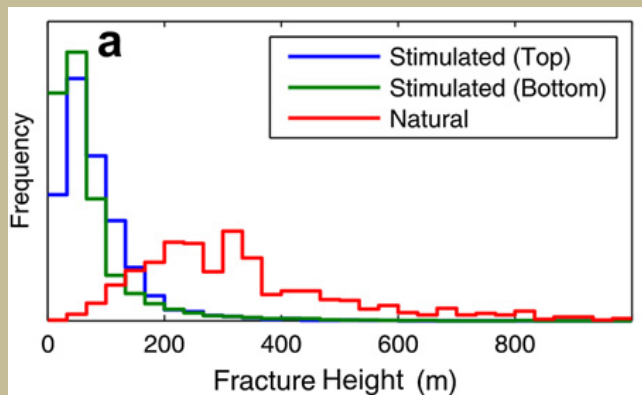
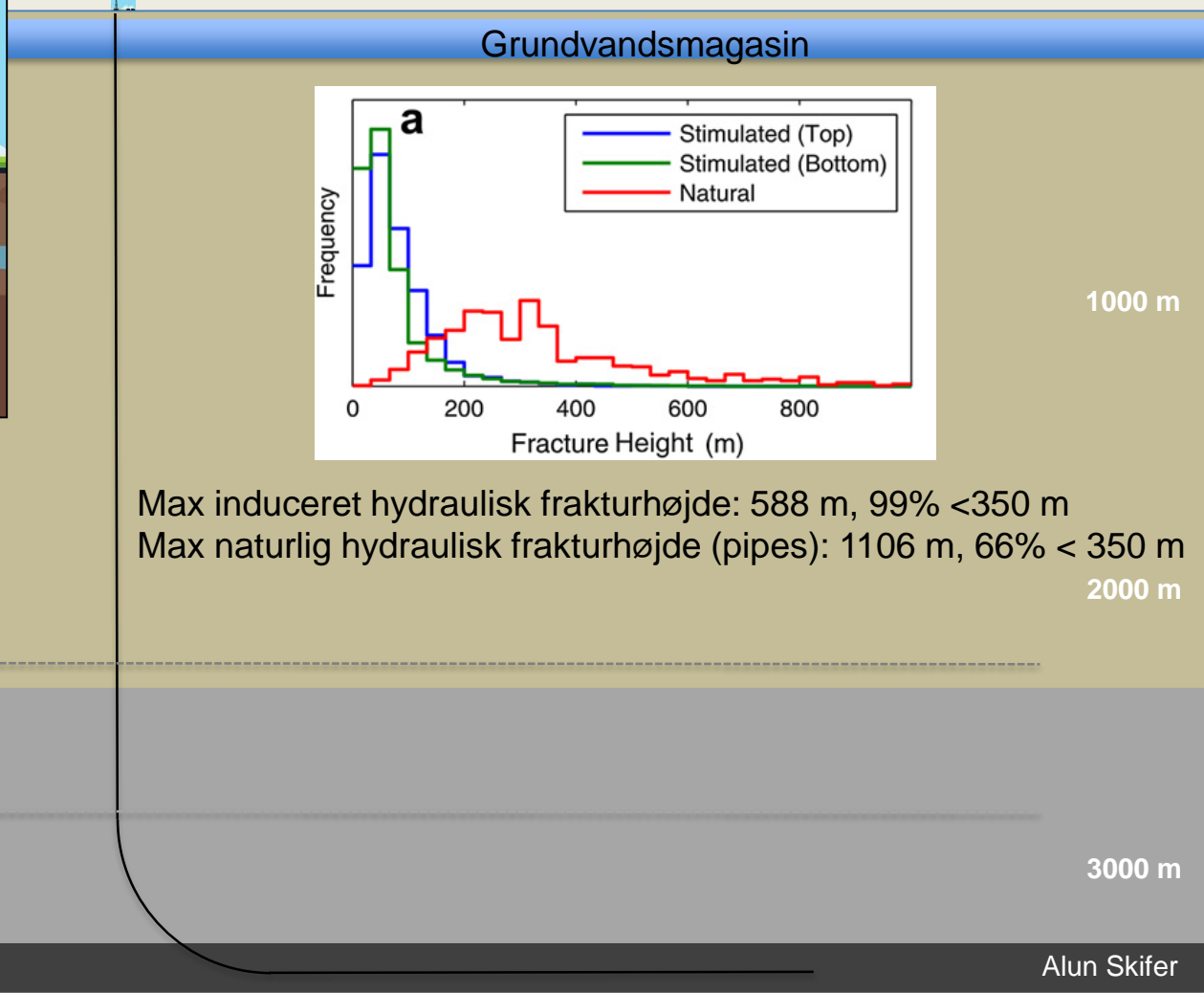
Reference:

Videnskabelig udredning af international viden om skifergas relateret til en dansk kontekst, 2016.

Frakturer



Reference:
www.businessinsider.com/



Max induceret hydraulisk frakturhøjde: 588 m, 99% < 350 m
 Max naturlig hydraulisk frakturhøjde (pipes): 1106 m, 66% < 350 m

Reference:
Davies m.fl., 2012. Hydraulic fractures: How far can they go? doi:10.1016/j.marpetgeo.2012.04.001

Arealinteresser

| | Sweetspotområder, brutto | |
|----------------------|--------------------------|-------|
| Sweetspot | 6781 km ² | 100 % |
| OSD | 2938 km ² | 43 % |
| Byområde | 420 km ² | 6 % |
| Natura2000 | 946 km ² | 14 % |
| Skov | 1025 km ² | 15 % |
| Beskyttet natur (§3) | 716 km ² | 11 % |
| Kombineret | 4763 km ² | 70 % |

Antal borepadser:

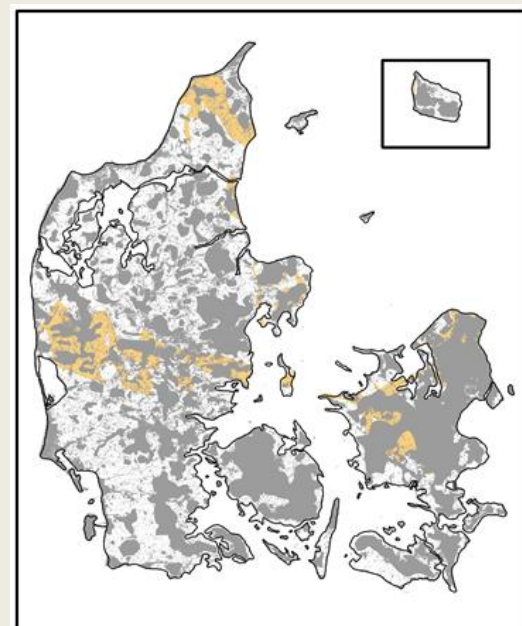
10 brønde per boreplads: 100-400

30 brønde per boreplads: 33-133

Sweetspot, netto USGS:
3200 km²

Dræningsareal per brønd:
0,87 km²

Antal brønde:
1000-4000



Reference:
Videnskabelig udredning af international viden om
skifergas relateret til en dansk kontekst, 2016.

Vandresurser og vandforbrug

Vandforbrug, 18.000 m³/brønd (2.000 til 100.000)

Max sweetspotareal: 3600 brønde → 66 millioner m³ vand

Min sweetspotareal: 1100 brønde → 20 millioner m³ vand

Vandforbrug 0,28 L vand/m³ gas (0,16-0,46)

71 milliarder m³ gas → 20 millioner m³ vand

| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| Grundvandsresurse: | 1 milliard m ³ /år |
| Grundvandsindvinding: | 700 millioner m ³ /år |
| Frakturering: | 20-66 millioner m ³ |

Referencer:

Videnskabelig udredning af international viden om skifergas relateret til en dansk kontekst, 2016.

Kondash A, Vengosh A. 2015. Water footprint of hydraulic fracturing. DOI: 10.1021/acs.es.tlett.5b00211

Formationsvand - salte

US spildevand: 1700-14.300 m³/brønd over 5-10 år

Første 6 måneder: 20-50%
 Formationsvand: 92-96%
 Fraktureringsvæske: 4-8%

Reference:
 Kondash m.fl., 2017
 Sci Tot Environ 574: 314–321
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.069>

Salte i formationsvand i dybe onshore boringer i DK, g/L

| | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| Cl⁻ | Na⁺ | Ca⁺⁺ | Mg⁺⁺ | K⁺ | Br⁻ | Sr⁺⁺ |
| 102-197 | 54-96 | 6-45 | 1-4 | 0,25-1,9 | 0,29-1,39 | 0,6-1,01 |

| | | | | |
|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|
| B[*] | Ba⁺⁺ | Zn⁺⁺ | I⁻ | Li⁺ |
| 0,035-0,040 | 0,005-0,06 | 0,001-0,065 | 0,006-0,015 | 0,001-0,022 |

Reference:
 Laier, T., 2008. Chemistry of Danish saline formation waters relevant for core fluid experiments. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser Rapport 2008/48

Indhold af sporstoffer i modelfraktureringsvæske inkuberet iltfrit med Alun Skifre

| Grundstof | Zn | Ni | Cu | Co | As | Mo | Se | Cr | V | Be | Pb | Cd | Hg |
|------------------------|------|-----------|------|-----------|-----------|------------|------------|------|------|------|------|------|----|
| Middelværdi (µg/L) | 636 | 589 | 214 | 163 | 120 | 45 | 25 | 22 | 21 | 6.6 | 4.9 | 3.3 | 1 |
| Middel/ grænseværdi | 0.13 | 29 | 0.11 | 33 | 12 | 2.3 | 2.5 | 0.44 | 0.42 | 0.66 | 0.49 | 0.66 | 1 |

Grænseværdi:
Drikkevandsbekendtgørelsen (2014) eller anbefalede værdier fra WHO (2011) eller US-EPA (2012).

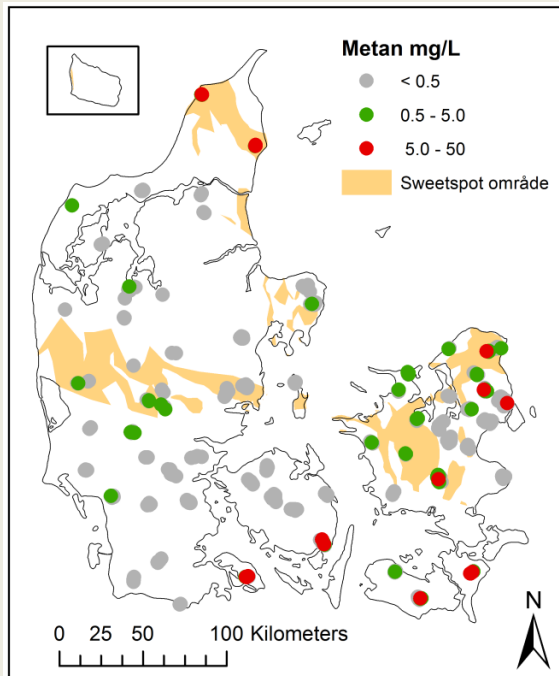
Reference:
Videnskabelig udredning af international viden om skifergas relateret til en dansk kontekst, 2016.

Radioaktive stoffer i Alunskifer

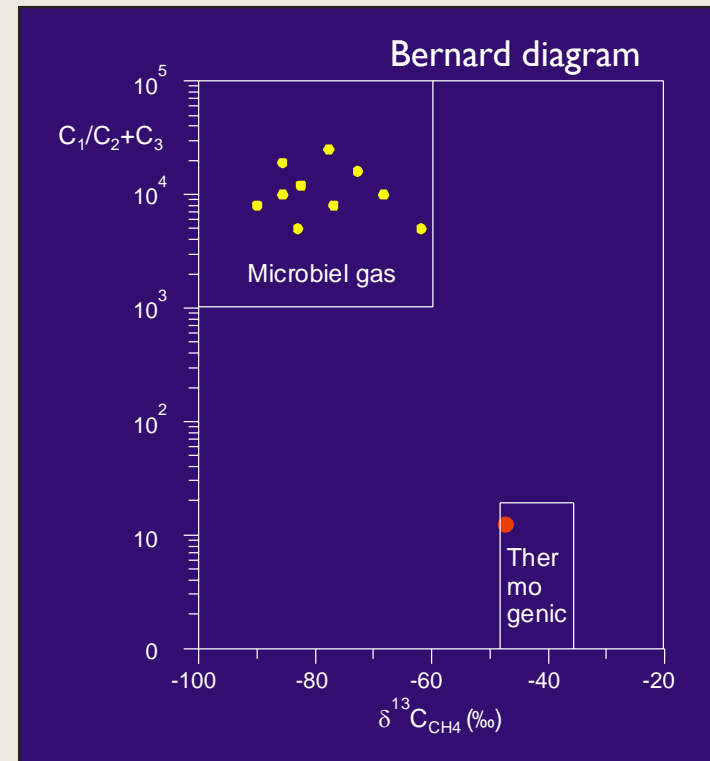
| | | |
|----------------|-------------------|-------------------|
| Thorium | 13 (8-19) mg/kg | data fra Kattegat |
| Uran | 42 (9-81) mg/kg | data fra Kattegat |
| Radium | 91 (51-118) mg/kg | data fra Bornholm |
| Radon | | |

- Afgasning
- Cuttings/perkolat
- Spildevand
- Slam og udfældninger
- Udfældninger på installationer
- Overfladevand
- Grundvand

Metan i grundvand: mikrobielt eller thermogen?



Fund af metan i grundvand 2004-2014 – GRUMO data



Referencer:
 Siegel m.fl., 2015. ES&T 49:4106–4112. doi: 10.1021/es505775c
 Jackson m.fl., 2013. PNAS 110: 11250–11255. doi/10.1073/pnas.1221635110

Basislinjemonitering, basislinjemonitering, basislinjemonitering, basislinjemonitering

6.2. Der bør bestemmes en basislinje for:

- a) kvalitets- og strømningsegenskaber for overfladevand og grundvand
- b) vandkvalitet ved drikkevandsudvindingspunkter
- c) luftkvalitet
- d) jordbundstilstand
- e) tilstedeværelse af metan og andre flygtige organiske forbindelser i vandet
- f) seismicitet
- g) arealanvendelse
- h) biodiversitet
- i) tilstand af infrastruktur og bygninger
- j) bestående brønde og nedlukkede konstruktioner.

KOMMISSIONENS HENSTILLING af 22. januar 2014 om minimumsprincipper for efterforskning og produktion af kulbrinter (såsom skifergas) ved hjælp af hydraulisk højvolumenfrakturering (fracking) (2014/70/EU)