



Mellomlagring av svartskifer – når utgjør det en miljørisiko?

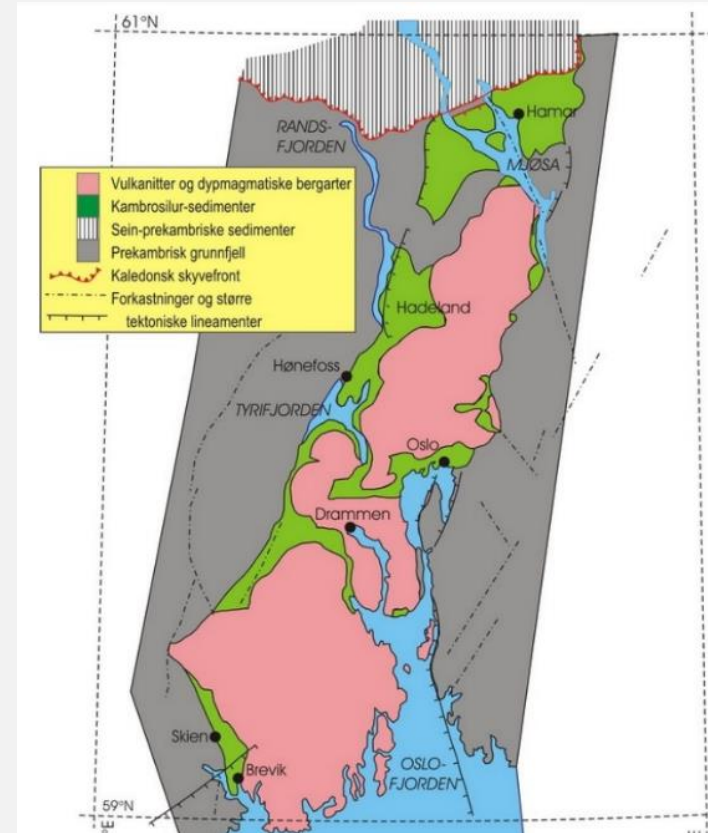
Marion Børresen, Frøydis Meen Wærsted,
Gøril Aasen Slinde og Gunvor Baardvik

Agenda

- ↗ Hva er svartskifer?
- ↗ Hvilke problemstillinger kan man møte når en tar ut slike masser og hvilke regler gjelder?
- ↗ Resultater fra utlekkingsforsøk med svartskifer

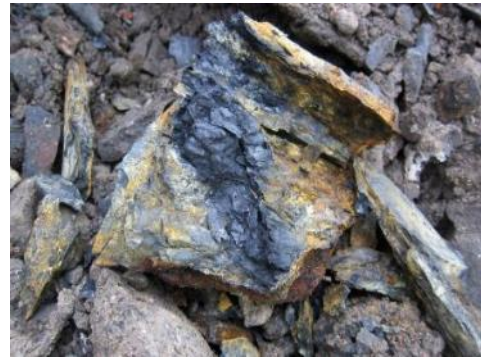
Hva er svartskifer?

- Svartskifer er en fellesbetegnelse på svarte leirskifre som er rike på organisk materiale (>0,5 % C)
- De har ofte et høyt innhold av sporstoffer (U, Th) og metaller (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Zn, V)
- De har ofte et høyt innhold av S i form av sulfider
 - Svovelkis (pyritt) FeS_2
 - Magnetkis (pyrrhotitt) $\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$



Hvordan ser en svart leirskifer ut?

Alunskifer etasje 2 og 3a



Galgebergskifer Etasje 3b β

Hvordan ser en svart leirskifer ut?



Enesskifer
Etasje 4a



Kalkrik leirskifer



Hva er problematisk med svartskifre?

Generelt

- ↪ *Syredannelse – sur avrenning*
- ↪ *Frigjøring av metaller og sporstoffer*
- ↪ *Radioaktivitet*
- ↪ *Selvantennning (i sjeldne tilfeller)*

For konstruksjoner/bygninger

- ↪ *Radongass*
- ↪ *Økt svelletrykk*
- ↪ *Forvitring av betong og stål*



Syredannelse

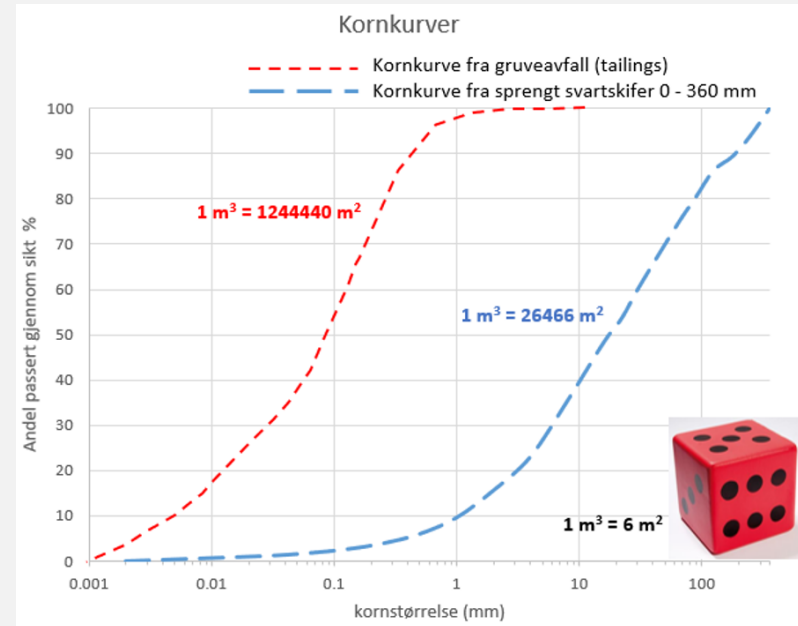
↗ Forurensningsforskriften § 2-3a:

«grunn som danner syre eller andre stoffer som kan medføre forurensning i kontakt med vann og/eller luft, regnes som forurenset grunn dersom ikke annet blir dokumentert»

→ Dette gjelder ikke urørte, naturlige løsmasser eller uforstyrret berggrunn

Overflateareal – betydning for forvittringshastighet

- Finkornet materiale har større tilgjengelig areal for forvitring, noe som fører til at forvittringsprosessene går raskere
- 1 m³ stein (som en terning) veier 2,62 tonn og har et overflateareal på 6 m²
- 1 m³ stein som er sprengt og kornene fordeler seg som den blå kurven, har et overflateareal på 26466 m²
- 1 m³ stein som tailings fra gruvedrift (malt opp) og kornene fordeler seg som den røde kurven, har et overflateareal på 1 244 440 m²



Radioaktivitet

- Forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall, vedlegg Ia:

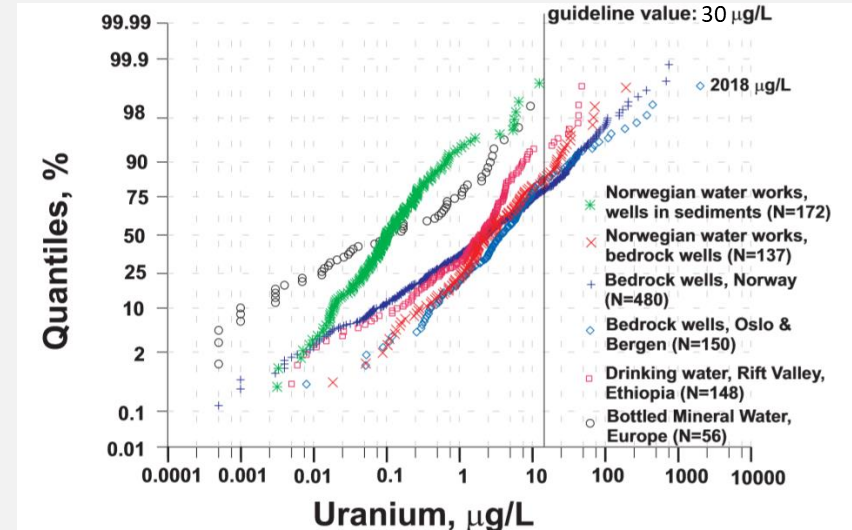
Utgravde masser med en total aktivitet på ≥ 1 Bq/g (≈ 80 mg/kg ^{238}U i likevekt med datternuklider) defineres som radioaktivt avfall og skal håndteres etter avfallsforskriftens kapittel 16.

- ➔ Dette gjelder ikke urørte, naturlige løsmasser eller uforstyrret berggrunn

Bergart	Etasje	U (mg/kg)
Alunskifer	2	60 – 300
Alunskifer	3a	30 – 150
Hagabergskifer	3b α	5 – 20
Galgebergskifer	3b β	10 – 40
Huuskifer	3c	1 – 7
Elnesskifer	4a	<15
Granitt	-	5 – 40
Rombeporfyr	-	1 – 7
Grense for radioaktivt avfall	-	Ca. 80

Radioaktivitet

- Det er ingen retningslinjer for innhold av U i vann i Norge.
- Det er restriksjoner på utslipp. For utslipp over 100 Bq eller 0,1 Bq/L må det søkes om utslippstillatelse hos DSA (Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet).



Uranium in drinking water? NGU-fokus No. 6-2005 (NGU 2005)

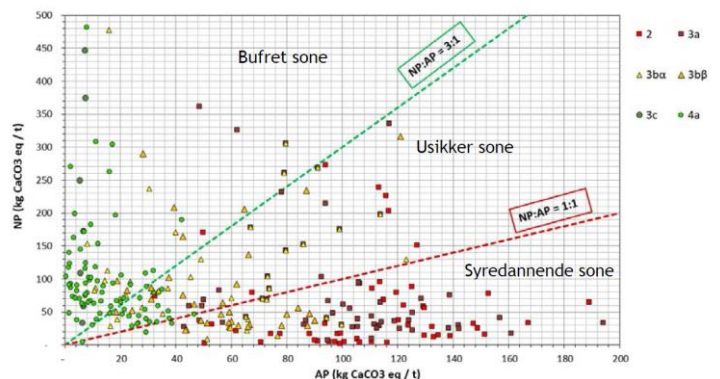
Hvordan avgjøre om svartskifer er potensielt syredannende?

Håndtering av potensielt syredannende svartskifer
Fagrapport M-2105/2021

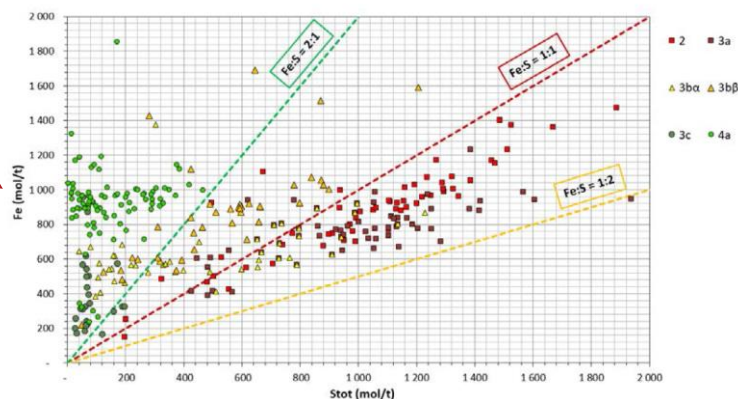
Kjemisk analyse

Parameter	Prøve 1	Prøve 2	Prøve 3
As (mg/kg)	73	13	56
Ba (mg/kg)	791	689	886
Cd (mg/kg)	3,8	0,11	3,8
Co (mg/kg)	28	22	9,2
Cr (mg/kg)	70	463	63
Cu (mg/kg)	103	54	67
Mo (mg/kg)	144	1,9	120
Nb (mg/kg)	12	12	9,1
Ni (mg/kg)	203	198	95
Pb (mg/kg)	36	13	33
S (mg/kg)	52 500	12 300	15 500
Sc (mg/kg)	12	17	9,4
Sn (mg/kg)	2,7	2,5	2,6
Sr (mg/kg)	150	79,4	720
Th (mg/kg)	11	9,3	14
U (mg/kg)	86	3,8	244
V (mg/kg)	619	124	981
Y (mg/kg)	33	30	133
Zn (mg/kg)	146	103	197
Zr (mg/kg)	120	198	79
Al ₂ O ₃ (%)	11	16	8,6
CaO (%)	2,7	2,4	19
Fe ₂ O ₃ (%)	5,8	6,3	3,1
K ₂ O (%)	3,7	4,3	2,9
MgO (%)	0,94	3,6	1,6
MnO (%)	0,0259	0,0355	0,132
Na ₂ O (%)	0,523	0,769	0,354
P ₂ O ₅ (%)	0,174	0,0873	1,4
SiO ₂ (%)	39	54	39
TiO ₂ (%)	0,727	0,673	0,469
TOC (%)	9,4	0,612	1,6
TIC (%)	0,444	1,2	4,3

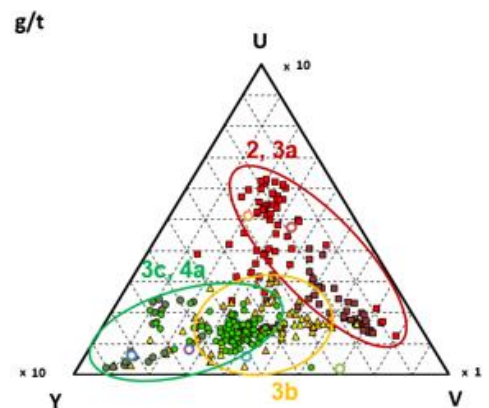
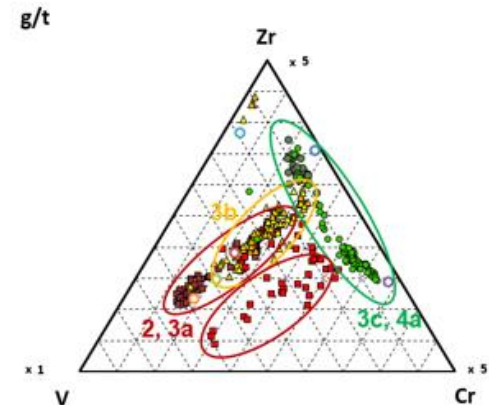
NP:AP



Fe:S



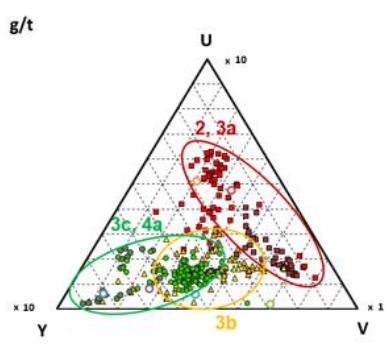
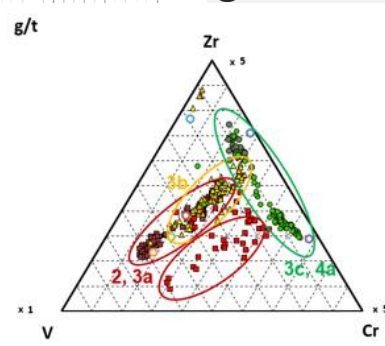
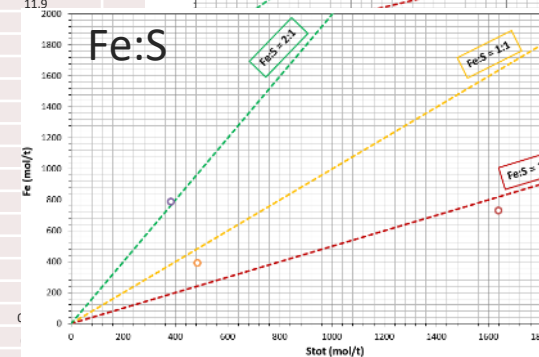
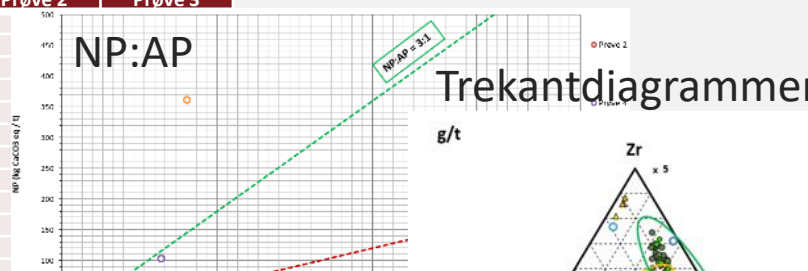
Trekantdiagrammer



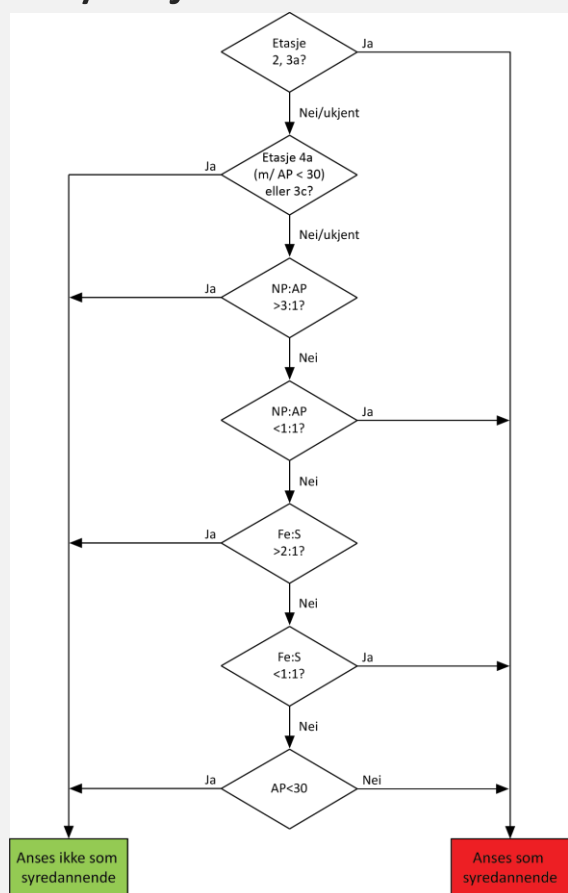
Hvordan avgjøre om svartskifer er potensielt syredannende?

Kjemisk analyse

Parameter	Prøve 1	Prøve 2	Prøve 3
As (mg/kg)	73,4		
Ba (mg/kg)	791		
Cd (mg/kg)	3,80		
Co (mg/kg)	27,8		
Cr (mg/kg)	69,5		
Cu (mg/kg)	103		
Mo (mg/kg)	144,0		
Nb (mg/kg)	11,5		
Ni (mg/kg)	203		
Pb (mg/kg)	36,1		
S (mg/kg)	52500		
Sc (mg/kg)	11,9		
Sn (mg/kg)			
Sr (mg/kg)			
Th (mg/kg)			
U (mg/kg)			
V (mg/kg)			
Y (mg/kg)			
Zn (mg/kg)			
Zr (mg/kg)			
Al2O3 (%)			
CaO (%)			
Fe2O3 (%)			
K2O (%)			
MgO (%)			
MnO (%)			
Na2O (%)			
P2O5 (%)	0,174	0,0873	1,37
SiO2	38,6	53,9	39,2
TiO2 (%)	0,727	0,673	0,469
TOC (%)	9,41	0,612	1,61
TIC (%)	0,444	1,24	4,34



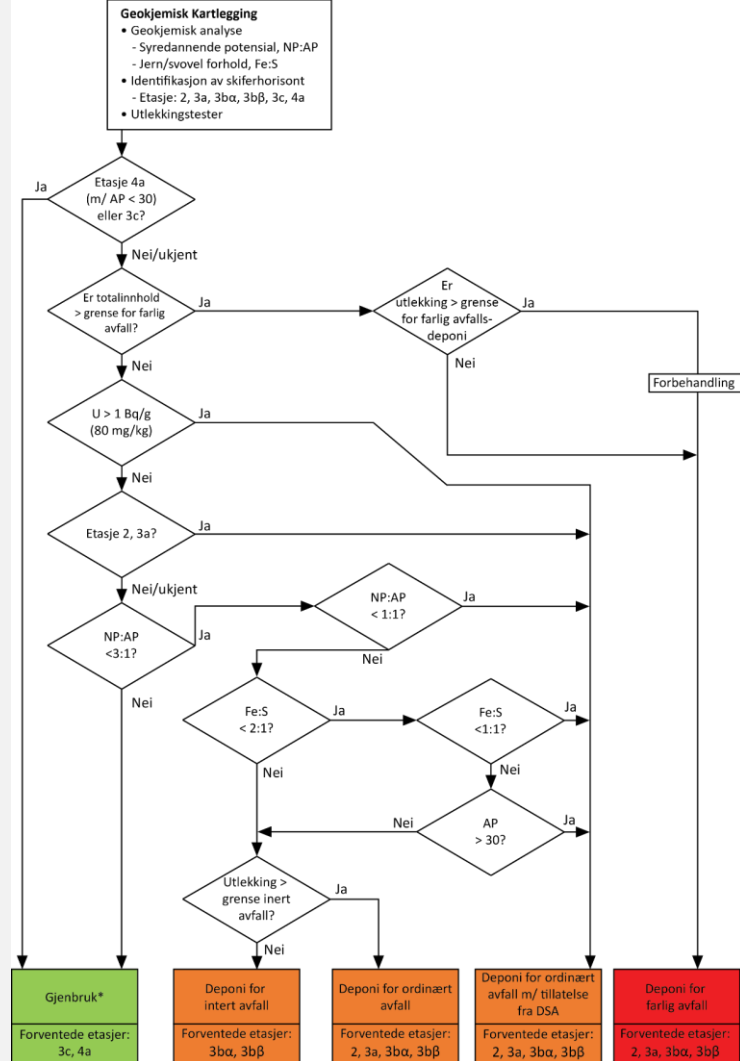
Flytskjema



Flytskjema deponering

Flytskjema for avfallskarakterisering av leirskifer i den kambrosiluriske lagrekken.

Viktig å få syredannende masser på riktig deponi, men også viktig å ikke fylle opp deponier med rene masser.



Mellomlagring

- ↗ Kan være behov for mellomlagring av skifer i anleggsfasen og på mottak og deponier
- ↗ Tidligere veileder: Mellomlagring av masser anbefales å være så kort som mulig og skal ikke overskride åtte uker for frisk skifer



Alt er mulig under bakken. Gjør vi det på den smarteste måten?
«Under Oslo» er et forskningsprosjekt som skal sette lys på blant annet innovasjon, bærekraft og økonomi knyttet til bygging under bakken.

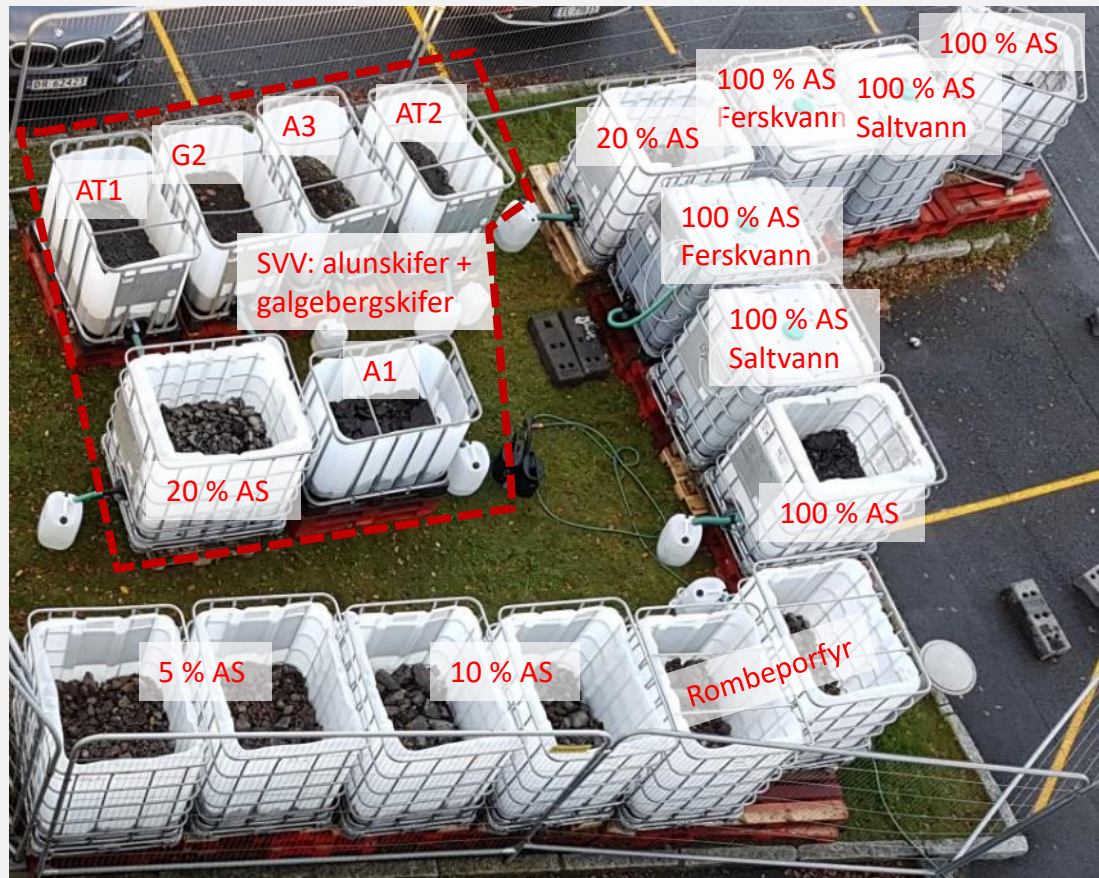
- ↗ Intro til WP1 svartskifer:
<https://www.youtube.com/watch?v=K2zfMXQUSQk>
- ↗ Film om resultater fra WP1:
<https://www.youtube.com/watch?v=-6XQImCgGsE>



Kontainerforsøk

- Effekt av lagringsforhold:
 - Åpen, regner gjennom
 - Lukket, uten tilførsel av luft
 - Dekket av ferskvann
 - Dekket av saltvann

- AS – svartskifer fra E16 Kleggerud (Skanska)
- Rombeporfyr fra pukverk i Nittedal
- AT1, AT2, A1, A3, G2 – svartskifer fra Rv4 Gran



Kontainerforsøk SVV

Startet i 2014/2015

Prøvetatt 2014-2016

Flyttet til NGI oktober 2020

- 2 x Alunskifer fra skjæring
- 2 x Alunskifer fra tunnel
- 1 x Galgebergskifer

Forsøkene er gjort uten tildekking





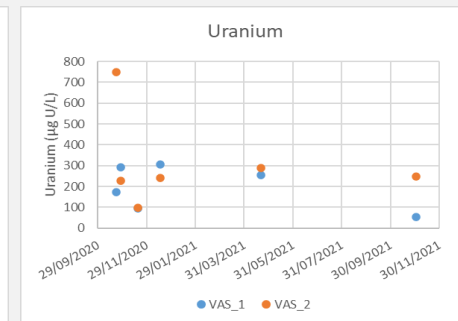
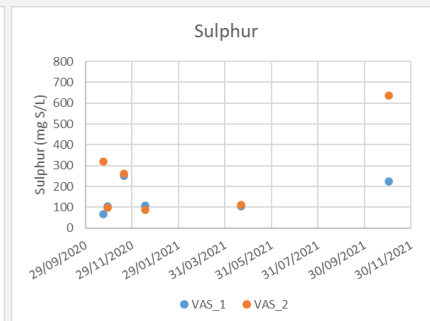
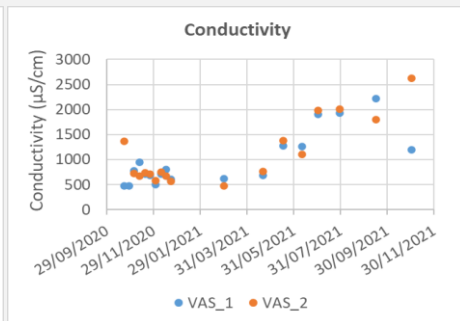
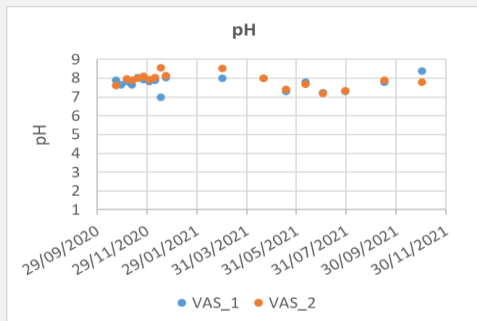
Kontainerforsøk, faststoffanalyser

	Alunskifer (Kleggerud)	Alunskifer (Gran, tunnel)	Alunskifer (Gran, skjæring)	Galgeberg- skifer (Gran)	Rombe- porfyr (Nittedal)
Etasje	2 og 3a	3a	2	3b β	-
S (g/kg)	19	47	54	12	0,6
Uran (mg/kg)	69	140	165	35	7
Ca (g/kg)	9	15	55	8	34

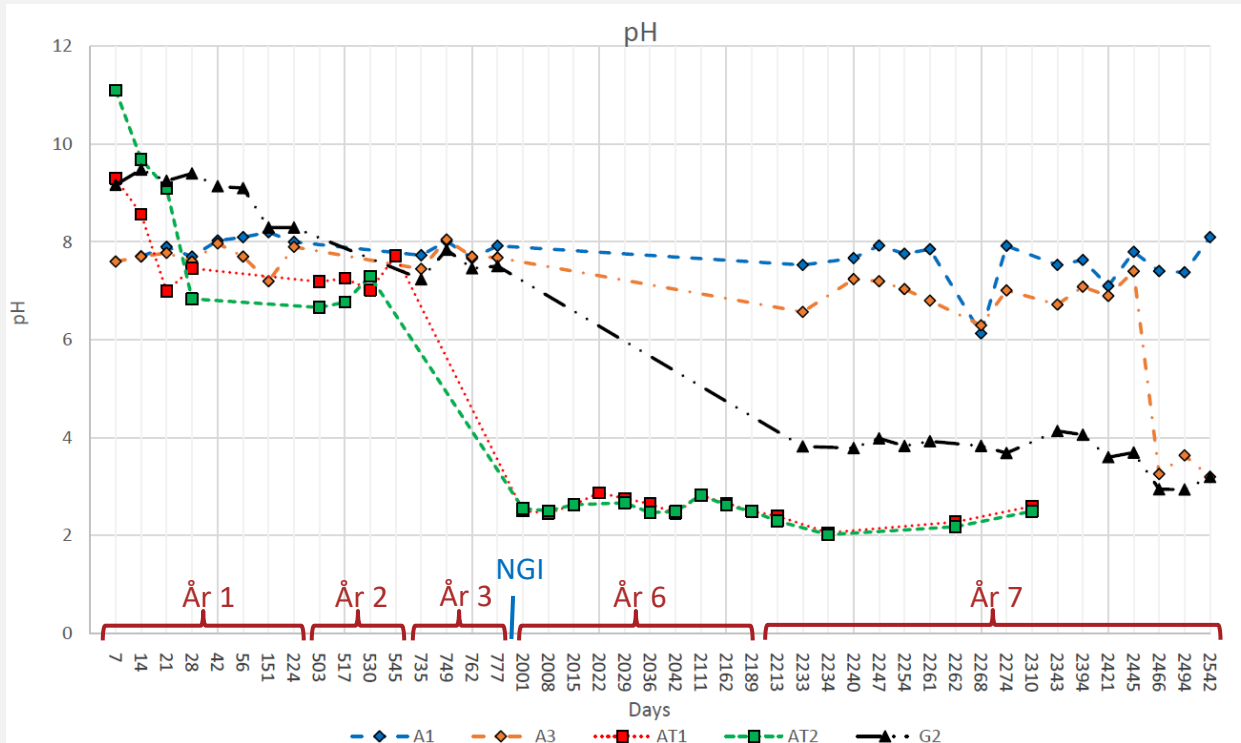
Kontainerforsøk – nyoppstartede Kleggerud

Etter 1 år (i oppsamlet eluat)

- pH er nøytral, ingen klar nedadgående trend
- Ledningsevnen og S er oppadgående
- Urankonsentrasjonen er nedadgående



Resultater SVV kontainere (Gran)



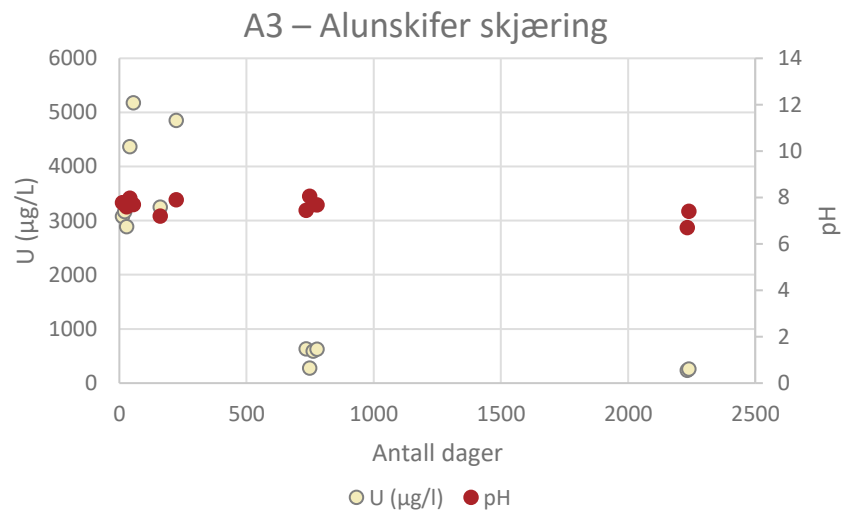
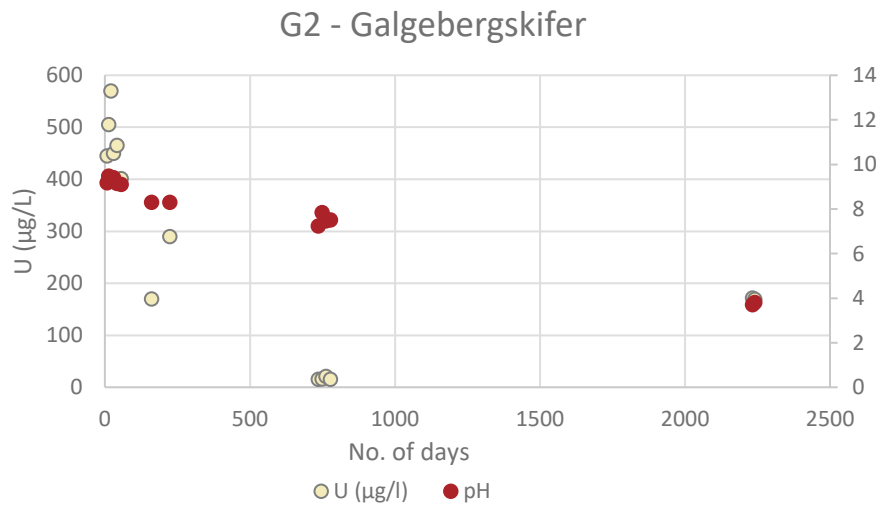
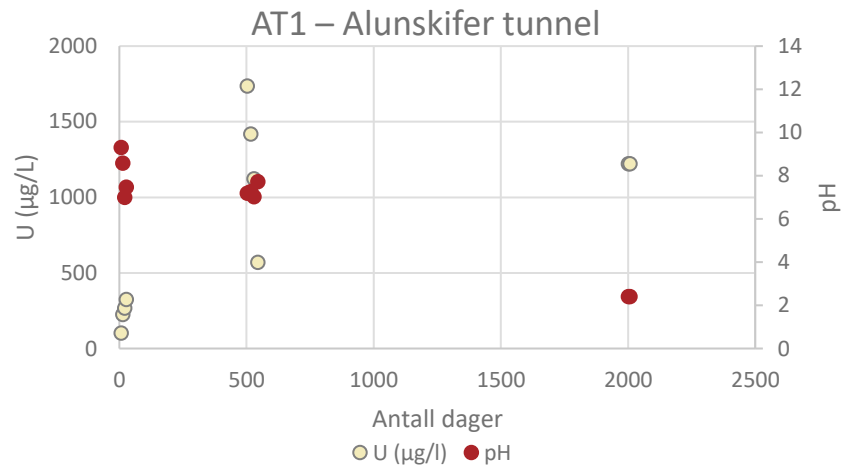
Alunskifer tunnel (AT1 og AT2):
pH nedgang mellom 2 og 6 år

Alunskifer skjæring (A1 og A3):
pH nedgang etter 7 år

Galgebergskifer (G2):
pH nedgang mellom 3 og 7 år

Figur: Lars Andre Erstad (UiO)

Resultater SVV-kontainere



Resultater - sammendrag

Prøve	pH	SO ₄ (mg/L)	Al (µg/L)	Cr (µg/L)	Cu (µg/L)	Pb (µg/L)	U (µg/L)
Forvitret alunskifer (5 år)	2,4	2900	27 600	39	3190	1,1	1220
Forvitret galgebergskifer (6 år)	3,8	1800	9170	0,4	795	4,4	169
Uforvitret alunskifer (8 uker)	7,7	1730	<10	<0,5	12	<0,5	5180
Uforvitret alunskifer (2 uker)	8,6	554	26	12	<5	<0,5	225
Uforvitret alunskifer (2 uker)	7,8	330	4	0,03	0,3	0,02	289
Uforvitret galgebergskifer (1 uker)	9,2	186	185	0,9	<5	<0,5	445
Uforvitret alunskifer (1 dag)	6,9	1000	<60	<20	<7	<8	704

Resultater fra Fagrapport til Miljødirektoratet – Håndtering av potensielt syredannende svartskifer M-2105/2021

Mellomlagring

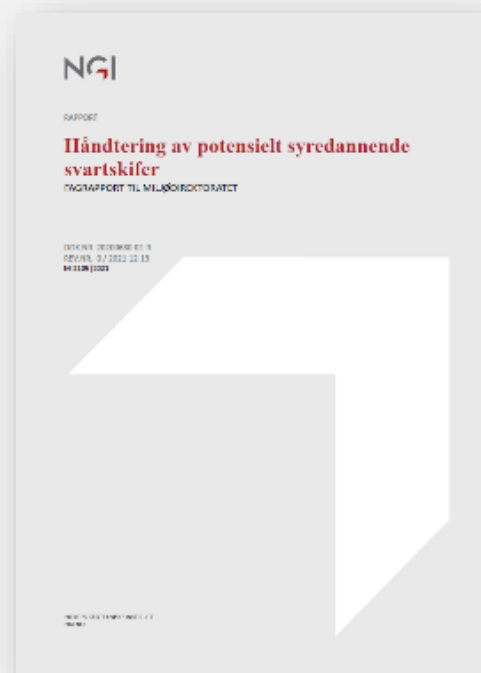
- ↗ Det tar minst et år før det påvises senkning av pH i alle de undersøkte svartskifrene
- ↗ Ved mindre kornstørrelser går forvittringsprosessen raskere enn ved større

pH synker etter > 1 år

→ 6 måneder mellomlagring er trygt med hensyn til syredannelse

Anbefaling i ny fagrappport:

Maksimalt 6 måneder mellomlagring, men tiden må fordeles mellom utbygger og deponi





Takk for meg!
Spørsmål? 😊



#påsikkergrunn