

Alunskifer/svartskifer – den forurensende bergarten

Av Tor Løken

Tor Løken er geolog ved NGI (Norges Geotekniske Institutt)

Innlegg under seminar i Vannforeningen 16. april 2007

Introduksjon

Bergarten alunskifer gjør ingen for-
tred så lenge den ligger i ro, men ut-
gravd alunskifer kan fort gå fra å være
en bergart til å bli et forurensnings-
problem. Sigevannet fra alunskifer i
deponier kan blant annet forurense
bekker og vassdrag, hvis bergarten
ikke behandles på riktig måte.

Alunskifer et kjent problembarn

Byggeindustrien har i lang tid kjent til
de fleste av problemene som er for-
bundet med alunskifer, mye takket
være kunnskap som ble utviklet og
samlet av Alunskiferutvalget i perio-
den fra 1947 til 1972. Men de siste
årene har mye av denne kunnskapen
gått i glemmeboken, i tillegg til at det
har dukket opp helt nye problem-
stillinger. Både Enebakk kommune,
tilsynsmyndighetene og grunneieren
fikk seg for eksempel en overraskelse
da vannet i bekken som rant ut fra et
mottak for stein og tilkjørte rene
masser, ble farget rød og inneholdt
både svovelsyre og forurensende
jernforbindelser.

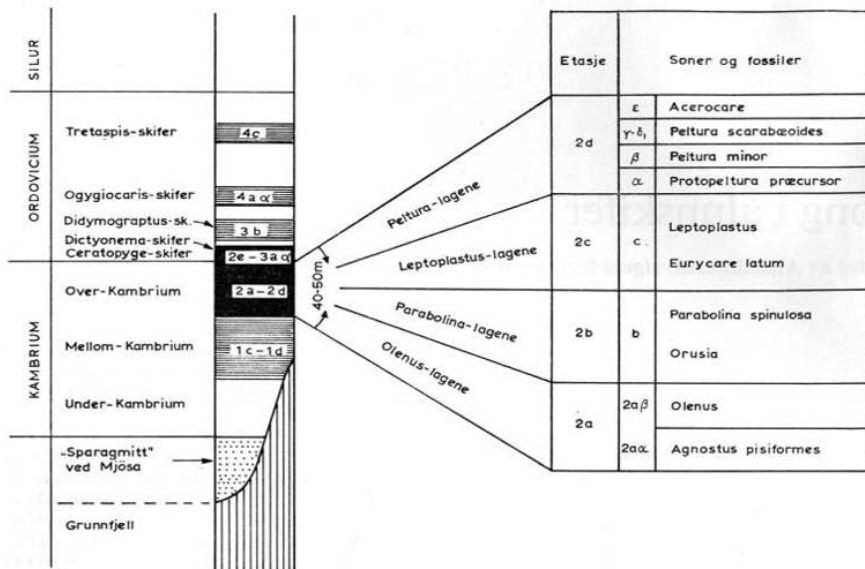
At kunnskapene om den proble-

matiske alunskiferen har gått delvis i
glemmeboken, skyldes blant annet at
mange av de som kunne mest har gått
av for aldersgrensen eller nærmer seg
den med stormskritt. NGI (Norges
Geotekniske Institutt) har derfor tatt et
initiativ til å systematisere den kunn-
skapen som finnes om alunskifer, i
tillegg til å utvikle ny kunnskap.

Vi som har jobbet med alunskifer i
en mannsalder vet at bergarten kan
skape problemer på minst tre områ-
der: Den kan svulle og medføre byg-
ningsskader; den gir opphav til surt
vann som angriper betong og stålkon-
struksjoner; og den avgir radongass
som kan være kreftfremkallende. I
tillegg har man de siste årene avdek-
ket at utsprengt eller utgravd alun-
skifer ikke bør legges i vanlige depo-
nier, men heller behandles som forur-
ensede masser.

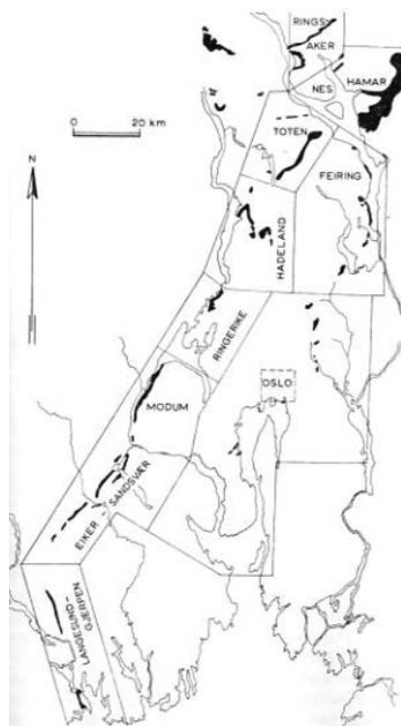
Fakta om alunskifer

Alunskifer er en sedimentert bergart
som ble dannet fra marine avsetninger
av leire under anaerobe forhold (uten
oksygen) i sen kambrium og tidlig
ordovicium for 5-600 millioner år
siden, figur 1.



Figur 1. Alunskiferens plass i den sedimentære lagrekken. (Etter Skjeseth, 1958)

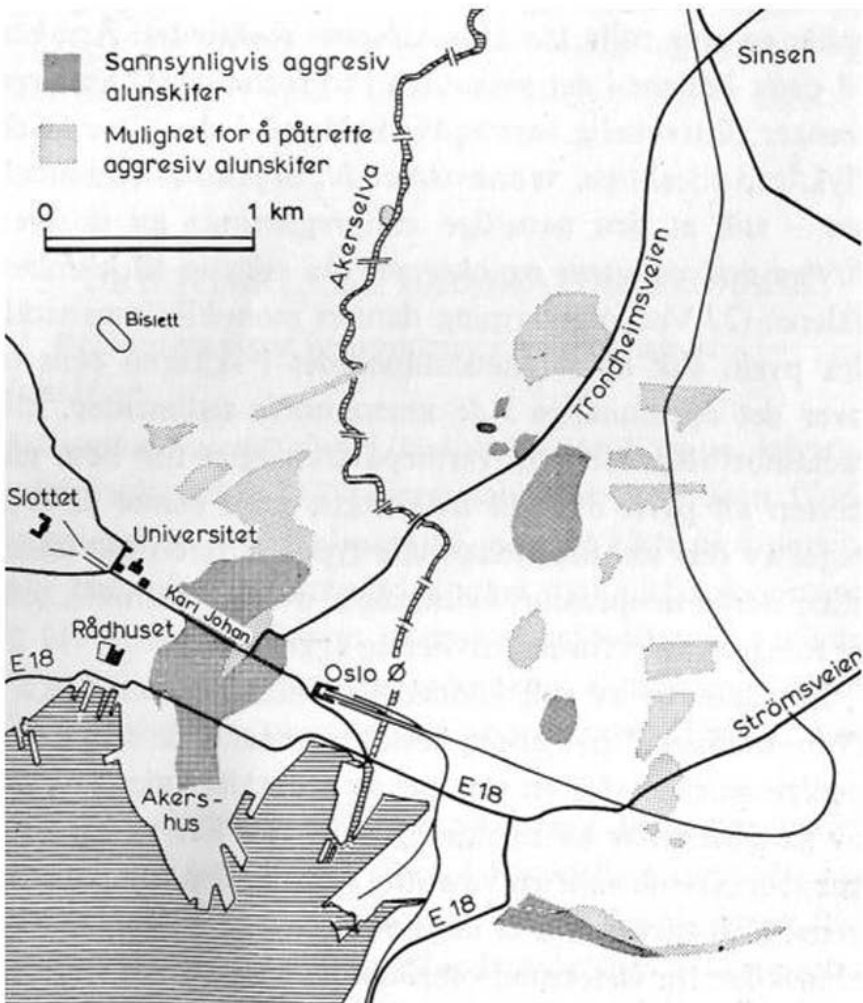
Alunskifer er skifrig og svart, og inneholder kvarts, illitt (glimmer), litt feltspat, karbonat, og kismineraler. Den inneholder også mye svovel og vanadium, små mengder sølv, samt 10-170 mg/kg uran. De typiske alunskiferer er markert med sort felt på tidskalaen, mens svartskifer finnes i de skraverte feltene i etasje 3 og 4.



Figur 2. Utbredelse av alunskifer i "Oslofeltet" (etter Skjeseth, 1958)

Alunskiferen i Sør-Norge forekommer hovedsakelig i Oslo-feltet, fra Porsgrunn/Skien i sør til Hamar og Lillehammer i nord, figur 2. Den er spesielt vanlig i Oslo, hvor det er områder med alunskifer på Akershus

festning, i hele sentrum med Stortinget og Domkirken, i Konows gate ved Ekebergskråningen, Tøyenområdet og deler av Trondheimsveien, figur 3.



Figur 3. Kartet viser fordelingen av aggressiv alunskifer i Oslo (mørkegrå felter) og mulighet for å påtreffes aggressiv alunskifer/svartskifer (lysegrå felter).

Alunskiferen er spesielt vanlig i Oslo, hvor det er områder med alunskifer på Akershus festning, i hele sentrum, i Konows gate ved Ekebergskrånningen, samt i Tøyen-området og deler av Trondheimsveien.

De anaerobe forholdene under avsetningen førte til at det ble dannet metallsulfider, for eksempel magnetkis og pyritt. Når et byggeprosjekt fører til at alunskiferen får tilgang på oksygen går sulfidet over til sulfat, og samtidig dannes svovelsyre med frigjøring av blant annet jernhydroksid ($\text{Fe}(\text{OH})_3$.)

Det første en utbygger eller entreprenør bør gjøre hvis han kommer over noe som kan være alunskifer, er å rispe i overflaten med en kniv. Hvis streken blir svart er det sannsynligvis snakk om alunskifer, og da vil de fleste ha bruk for byggeteknisk konsulenthjelp. Det er som regel nødvendig med en geologisk beskrivelse. Det har nemlig vist seg at alunskiferen er mer reaktiv hvis den ligger i kontakt med vulkanske ganger, som det er mange av i Oslo-området. Den geologiske undersøkelsen kan fortelle mye om hvor store problemer den aktuelle alunskiferen kommer til å skape.

Neste skritt er å foreta kjemiske analyser. Den beste kjente metoden består i å knuse prøven og måle innholdet av reaktivt svovel, som avgjør om alunskiferen vil gi avrenning av surt vann. Det er også viktig å måle kalkinnholdet, som har en viss betydning for svellingen. I tillegg bør innholdet av syreløselige metaller bestemmes, og det må vurderes om de aktuelle massene kan deponeres fritt eller må leveres til godkjent mottak.

Sigevann fra alunskifer

Alunskifer inneholder mye svovel, som kan bli omdannet til svovelsyre via de kjemiske reaksjonene som starter når bergarten blir avdekket og utsatt for luft og fuktighet. Alunskiferen begynner nemlig å forvitte og avgi tungmetaller når den blir eksponert for oksygen og fuktighet, og det er målt surhetsgrader helt ned til pH 2 - 3 i sigevann fra alunskiferfyllinger. Alunskifervann kan angripe både betong og stålkonstruksjoner, og alle byggearbeider i nærheten av alunskifer må ta hensyn til dette. Det må blant annet brukes spesialbetong som er mer motstandsdyktig mot sulfatangrep.

Litt forenklet kan sigevann fra alunskifer deles inn i følgende kjemiske reaksjoner:

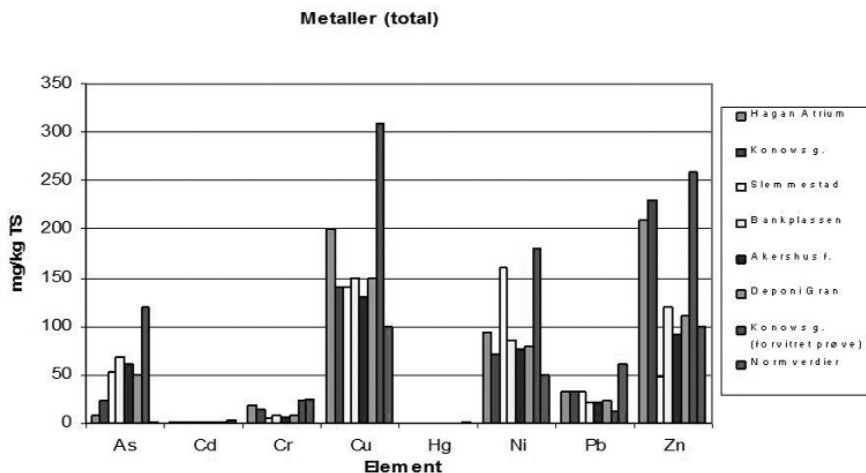
- Vann fra intakt skifer har lavt innhold av sulfat
- Vann med $\text{FeS} + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{FeSO}_4$ (\sim nøytral pH)
- Surt sulfatholdig vann: pH 2 -4
 $2 \text{FeSO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4$
- Svakt surt kalsium og sulfatholding vann:
 $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- Jernsulfatholdig vann med svovelvannstoff:
 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{FeS} \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$

Den "forurensende" bergarten

Alunskifer og den beslektede svartskiferen er i utgangspunktet bergarter som hører hjemme i naturen, og kan derfor ikke betraktes som forurensninger. Men utgravd alunskifer i fyl-

linger og deponier er en annen historie. Det har nylig forekommet et par episoder i Oslo-området med alunskifer-fyllinger som har skapt problemer med svovelsyre- og tungmetallholdig sigevann. Sigevannet fra alunskifer inneholder også mye aluminium, som kan ødelegge gjellefunksjonen hos ferskvannsfisk.

Utgravd alunskifer er pr i dag ikke klassifisert som forurensede masser, men SFT og miljøvernmyndighetene vurderer derfor en innskjerping som innebærer at alunskifer i fremtiden bare vil kunne lagres på spesielle deponier.

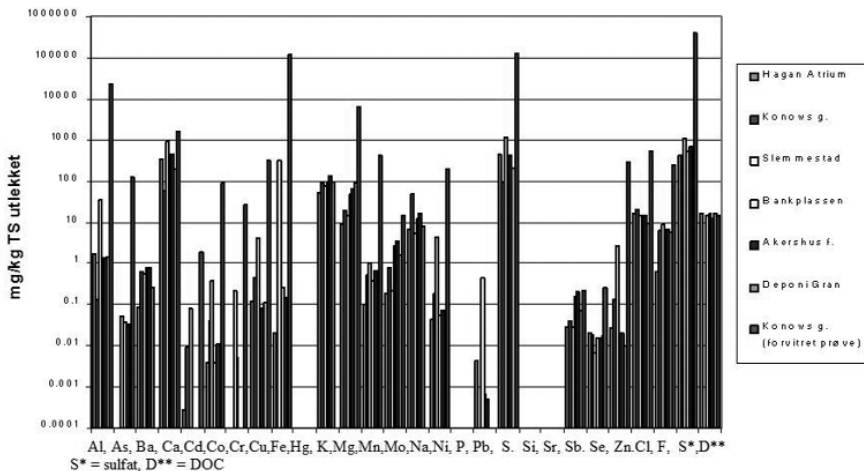


Figur 4. Eksempel på knust alunskifer som er analysert for å bestemme "SFTs normverdi for mest følsom arealbruk".

Hver lokalitet er testet for åtte metaller, og stolpediagrammet, figur 4, viser resultatene fra henholdsvis Hagan atrium Nittedal, Konows gate, Slemmestad, Bankplassen, Akershus festning, deponiet på Gran, Konows gate (forvitret prøve) og "SFT normverdi" i rekkefølge fra venstre mot høyre.

For å undersøke hvilke metaller som kan lekke ut via sigevann, er det på de samme alunskiferprøvene gjennomført utlekkings tester med ferskvann etter metoden med L/S 10, figur 5.

Det må spesielt legges merke til at skalaen for konsentrasjoner i mg/kg TS utlekket er logaritmisk.



Figur 5. Resultat av utlekkings tester med ferskvann etter metoden med L/S 10. Skalaen for konsentrasjon i mg/kg TS er logaritmisk.

Radon

Alunskifer kan inneholde opptil 170 mg/kg av uran. Den radioaktive isotopen Uran-238 spaltes til Radium-226 med en halveringstid på 4,5 milliarder år, som i sin tur spaltes til den ustabile isotopen Radon-222, som er en usynlig og luktfri gass. Radon spaltes videre til mange forskjellige radioaktive blyisotoper. Det er beregnet at mellom 100 og 300 mennesker får lungekreft i Norge hvert år som følge av radon i inneluften, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette ved byggeprosjekter i områder med alunskifer.

Oppdatering og forskning

NGI samler nå den eksisterende kunnskapen om alunskifer og er i ferd med å utvikle et sett med nye analysemetoder. Da vi tok opp dette arbeidet for et par år siden, viste det seg at etablerte metodene for testing av

alunskifer var våtkjemiske og gammeldage. Vi er derfor i ferd med å utvikle et sett med nye og mer moderne testmetoder.

NGI er også i ferd med å bygge opp en database over kjente alunskifer/svartskifer lokaliteter. Ved å sammenlikne nye forekomster med tidligere kartlagte forekomster, er det lettere å avgjøre hvor den nye forekomsten hører hjemme på "aggressivitetsskalaen".

NGI er også med det store forskningsprosjektet "Black Shale", som skal utvikle bedre og bærekraftige løsninger for bygninger og annen infrastruktur på områder med alunskifer og svartskifer. Prosjektet er støttet av Norges forskningsråd og har et budsjett på 32 mill.kr. for perioden 2006-2009. Prosjektet fokuserer på fundamentering, infrastrukturløsninger og helse- og miljørisiko i forbindelse med alunskifer og svart-

skifer. Statsbygg v/ Rolf Jullum koordinerer prosjektet, og i tillegg til NGI er Skanska Norge AS, Løvlien Georåd AS, Sweco Grøner, Multi-consult, NTNU, UiO, Sintef Byggforsk, Bioforsk, Veidekke, NGU, AF Gruppen, Jernbaneverket og Vegdirektoratet med i prosjektet.

Den ingeniørgeologiske delen av prosjektet koordineres av Roger Olsson (NGI) mens den tilsvarende miljørelaterte delen koordineres av Kim Rudolph-Lund (NGI).

Episoder med alunskifer

* Alunverkets Gruber ved foten av Ekeberg, som ble drevet fra 1737 til 1815, var i sin tid en av Oslo største industriarbeidsplasser med "32 Mænd og 12 Kvinder" ansatt i 1790. Dobbeltsaltet alun (kalium-aluminium-sulfat) er et pigment med sterk rød farge og har gitt oppnavn til gatenavn som "Rødfyllgata". Alun-fargen ble hovedsakelig brukt til beising/maling og til farging av klær, men alun virker også koagulerende på blod.

* Da Jaren-Røykenvik-banen ble anlagt på slutten av 1800-tallet, ble det brukt alunskifer som fyllmasse på deler av strekningen. Strekningen var snøfri om vinteren i mange år fremover, fordi fyllmassene utviklet varme ved forvitring.

* Under byggingen av T-banen gjennom Oslo sentrum ble det sprengt ut mye alunskifer som ble brukt som fyllmasser under den nye hovedveien forbi Frognerstranda. Det varte ikke lenge før veibanen lokalt fikk setninger, fordi alunskiferen forvitret under asfalten.

* En grunneier ved Gran i Akershus etablerte et mottak for stein og over-skuddsmasser fra byggeprosjekter i Oslo-området, og ante fred og ingen fare helt til det i 2005 ble oppdaget at bekken ut fra deponiet var rødfarget. Forurensningene skyldtes tilkjørt alunskifer, som begynte å forvitte og avgis svovel, aluminium og jernforbindelser når den kom i kontakt med oksygen.

		Inntak rør oppstrøms deponi	I rørkum under deponiet	Utløpsrør nedstrøms deponi	Sigevann i bekk nedstrøms deponi
Bly	µg Pb/l	<10	<10	<10	<10
Kadmium	µg Cd/l	<2	16	18	<2
Kobber	µg Cu/l	5	450	490	7
Nikkel	µg Ni/l	20	930	1000	52
Sink	µg Zn/l	24	1100	1100	16
Jern	µg Fe/l	500	34000	32000	15000
Mangan	µg Mn/l	500	3100	3300	2500
Aluminium	µg Al/l	240	9400	4200	440
pH		6,3	5,5	5,3	6,4

Resultater av vannanalyser i bekken oppstrøms og nedstrøms deponiet på Gran i Enebakk før tiltak ble iverksatt. Store deler av alunskiferen er senere fjernet og fraktet til et deponi som var godkjent for formålet. Gjenværende alunskifer vil bli gravd ned i myr og blåleire, og bekken lagt utenom steinfyllingen.

Konklusjon

Vi må finne frem til deponeringsmetoder som hindrer sulfidforbindelsene i bergarten fra å oksidere til sulfat, med frigjøring av svovelsyre og vannløselige metaller. Dette kan

best oppnås ved enten å legge skiferen fullstendig tørt, eller ved at skiferen deponeres under vann med anoksiske forhold. Dette siste svarer til de kjemiske forholdene som skiferen ble avsatt i. For eksempel kan dette være neddykket i myr, begravd i fersk blåleire, eller i et lukket sjøvannsdeponi uten påvirkning av strømmende vann ved flo og fjære.

Problemer med radon må løses ved byggetekniske tiltak som lufting/ventilasjon av grunnmur og/eller kombinert med radonsperre under bygget.