

Notat

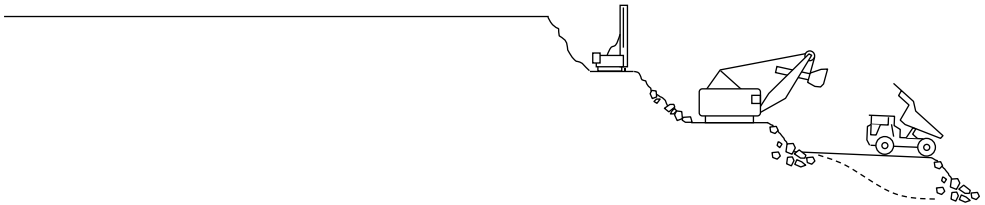
Skiferglass fra Hadeland Glassverk

Erik Larsen ^{1,*}

¹ Institutt for Geologi og bergteknikk, NTNU, Sem Sælands vei 1, N-7491 Trondheim

* Korresponderende forfatter: erik.larsen@ntnu.no

Avgangsmasse fra natursteinsproduksjon ved Minera Skifer har blitt oppredet ved oppredningslaboratoriet og sluttkonsentratet har blitt brukt til produksjon av glass ved Hadeland Glassverk. Riktig oppredet gir denne avgangen et fint, svakt grønnskjær til glasset, så både avgangens iboende kvalitet og valg av oppredningsmetoder er viktig for sluttproduktet ved Hadeland Glassverk.



I. INTRODUKSJON

Skiferlam fra natursteinsproduksjonen hos Minera Skifer har blitt oppredet ved oppredningslaboratoriet og sluttkonsentratet har videre blitt brukt i produksjonen av glass ved Hadeland Glassverk. Etter oppredning gir konsentratet fra denne avgangen en fin, svak grønnlig farge til glasset ved tilsats av den i glassproduksjonen. Både avgangens iboende kvalitet og valg av oppredningsmetoder er dermed svært viktig for sluttproduktet.

Avgang fra natursteinsproduksjon dreier seg normalt om store volumer, men kan i fremtiden i betydelig større grad bli brukt til oppbygging av eksempelvis veier. Det har hittil ikke vært tradisjon for å bruke knust skifer til oppbygging av veilegeme og til bærelag i veier, men forsøk med knusing viser imidlertid gode resultater og man antar at knust skifer kan bli et produkt i fremtiden. Foruten spesialtilfeller som produksjon av glass leveres i dag en liten mengde med det som kalles skiferbark. Skiferbark brukes som alternativ til vanlig bark av trevirke. Den forvitrer ikke slik som bark av trevirke, den holder godt på varmen i grunnen, den forsurer ikke bakken og den lukter ikke.

I all form for bruddrift er det snakk om store volumer. Utfordringen kan ofte være at disse bruddene ligger langt unna der biproduktene fra produksjonen kan benyttes. Verdien kan også være så liten at det ikke er lønnsomt økonomisk, og miljømessig kan det også være vanskelig å forsvare alternativt bruk som medfører en viss mengde foredling og lang transport.

I dag kommer det langreste granittblokker fra Kina som brukes langs norske veier. Historien viser heldigvis ofte at det som oppfattes som avfall i dag kan bli en ettertraktet ressurs i morgen.

2. BIPRODUKT FRA SKIFERPRODUKSJON VED MINERA SKIFER

Mye av avgangsmassen fra skiferproduksjon går i dag til murstein som tidligere ikke var en handelsvare. Mursteinen sorteres i størrelser fra liten håndstein og opp til store blokker på flere tonn. Håndsteinen brukes til murer og forblending på utvendige og innvendige vegger. Blokkene som monteres med gravemaskin brukes til terrengmurer og leveres til privatkunder, anleggsgartnere og entreprenører. Veganlegg, jernbaneutbygging og flomsikring er eksempler på prosjekter der det brukes murstein i store størrelser. Bruk av murstein i distrikter som har skiferbrudd må anses som nyttig og riktig ressursbruk. Mursteinen er kortreist og medfører lite energiforbruk sammenlignet med betong og sammenlignet med importert murstein, og når veiene skal bygges om i fremtiden kan slik murstein brukes på nytt. Tabell 1 viser mineralogisk sammensetning hos noen ulike typer skifer.

Tabell 1. Mineralogisk sammensetning hos ulike typer skifer.

Mineral	Oppdal-skifer	Offerdal-skifer	Otta-fyllittskifer
Kvarts	35-45%	42-46%	25-35%
Glimmer	15-30%	32-38%	40-45%
Feltspat	20-25%	9-20%	-
Epidot	2-8%	6-7%	-
Titanitt	2%	<1%	-
Kloritt	-	-	10-15%
Amfibol	-	-	0-5%
Granat	-	-	1-3%
Karbonat	-	<1% (kalsitt)	1-3%
Opake mineraler	-	<1%	1-7% (magnetkis)

Med utnyttelse av noe skiferslam fra natursteinsproduksjonen hos Minera Skifer er det nok et eksempel på en avgangsstrøm som har blitt benyttet, om enn i små mengder sammenliknet med volumene som produseres ved natursteinsproduksjon generelt. Denne gang er det blitt benyttet som et videreforedlet industrimineralkonsentrat etter oppredning ved institutt for geologi og bergteknikk, NTNU. Konsentratet har videre blitt brukt som tilsatsmiddel i produksjon av glass ved Hadeland Glassverk. På grunn av elementsammensetningen i det oppredede konsentratet fra denne avgangen fås en fin, svak grønnlig farge i glasset ved tilsats i glassproduksjonen.



Figur 1. Skiferproduksjon ved spalting for hånd.

3. OPPREDNING VED INSTITUTT FOR GEOLOGI OG BERGTEKNIKK

Materialet som ble sendt til oppredningslaboratoriet besto av mye lyst slam og en del grovere sand og stein. Materialet ble våtsiktet på 500 μm Sweco sikt for å kontrollere partikkelstørrelsesfordelingen på grovsiden. Det aller groveste ble tatt ut med enda grovere sikt for å skåne 500 μm siktet. <500 μm fraksjonen ble videre klassert på Mozley 2'' hydrosyklon, oppsatt med 14 mm overløp og 3,2 mm underløpsdyse, og kjørt med 15 vekt% fast i slurryen for å fjerne en del finstoff og

ulike forurensninger som var oppkonsentrert i finsiden. For å ta ut jernholdig materiale som gir uønsket grønnfarge til sluttproduktet ble materialet deretter magnetseparert med både svakfelt (WLIMS) og sterkfelt magnetseparasjon (PERMROLL). Underløpet fra hydrosyklonen ble magnetseparert med en SALA svakfelt magnetseparator for å ta ut sterkmagnetiske forurensninger fra produktet, blant annet magnetitt. Magnetseparasjonen foregikk ved 30 vekt% fast i slurryen. Det umagnetiske produktet fra SALA-separatoren ble avvannet ved dekantering og deretter tørket før sterkfelt magnetseparering med permroll ved ca. 8000 Gauss magnetfeltstyrke, for å fjerne svakmagnetiske skadelige elementer. Et forenklet flytskjema er vist i figur 2. I tabell 2 vises den kjemiske sammensetningen av det endelige konsentratet etter sikting, klassering og magnetseparasjon.



Figur 2. Forenklet flytskjema for oppredningsprosessen.



Figur 3. Oppredningshallen – utstyr for sterkfelt magnetseparasjon og gravitativ separasjon.

Tabell 2. Kjemisk sammensetning av produkt.

Oksid/element	%	Oksid/element	ppm
SiO ₂	78,46	MnO	400
Al ₂ O ₃	8,47	CuO	384
K ₂ O	4,06	ZrO ₂	307
Fe ₂ O ₃	2,09	SO ₃	280
CaO	1,27	SrO	146
Na ₂ O	0,93	Rb ₂ O	118
TiO ₂	0,63	ZnO	98
NiO	0,54	Cl	78
MgO	0,38	PbO	51
P ₂ O ₅	0,16	Pd	27
Cr ₂ O ₃	0,11	Nb ₂ O ₅	13
BaO	0,08	CoO	6

4. GLASSPRODUKSJON VED HADELAND GLASSVERK

Ved Hadeland Glassverk smeltes opptil 500 kg glass i leirpottar i 4 ovner hver natt. Skiferen blir blandet inn i pågangen som smeltes på 1320°C over 6 timer. Ved bearbeiding har glasset en arbeidstemperatur på ca. 1100°C, og produksjonen av glassproduktet er reint håndverk og blir utført slik de har produsert glass i mer enn 2000 år. Det benyttes stort sett de samme verktøyene som Hadeland Glassverk hadde da det ble etablert i 1762, og i produksjonen av glassene til Minera jobbes det i et team på 7 personer. Blant disse er det en mester som lager fot og stett på glasset, to oppblåsere som lager og former klokke til glasset, en beinanfanger som fanger an glass til mesteren og en gerbausprenger som lager drikkekanten på glasset.

**Figur 4.** Forming av emne før blåsing i form**Figur 5.** Blåsing i form.



Figur 6. Beinanfanger og mester klipper på fot.



Figur 7. Fot preges med mønsterplate for å forestille skiferoverflate



Figur 8. Etter produksjon kjøles glasset gradvis ned på et kjølerør fra 505°C til 0°C ila. 5 timer.

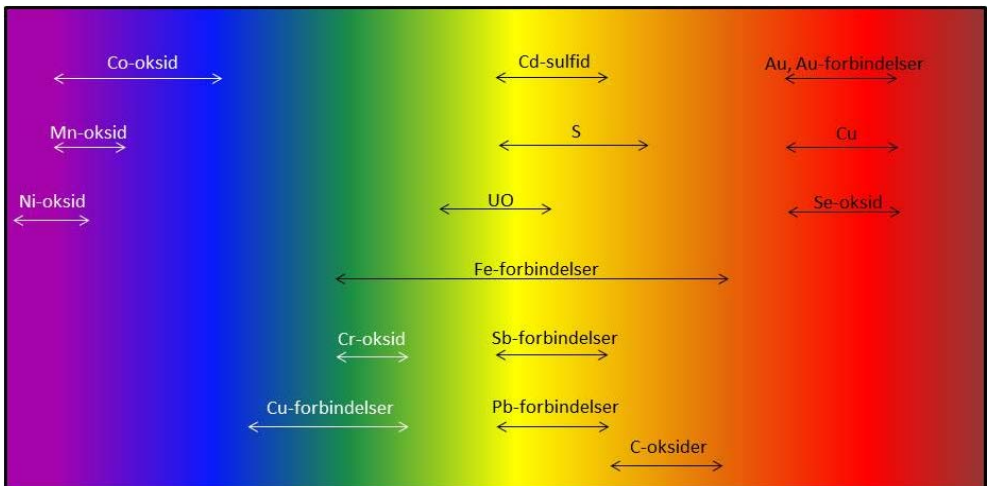


Figur 9. Ferdig glass etter sortering.

5. FARGING AV GLASS

Glass er normalt gjennomsiktig og fargeløs, men kan gis en rekke farger ved tilsats av metallforbindelser. Når metallforbindelser smeltes sammen med glass i riktig forhold får glasset farge uten å miste gjennomsiktighet og glans. Farging av glass skjer gjerne ved tilsats av en metallforbindelse i pulverform (oksid/sulfid/annen

forbindelse) til glasset mens det er en smelte. Figur 10 nedenfor viser noen elementer og fargene de gir til glasset. Enkelte forbindelser som mangandioksid og natriumnitrat er blekende, dvs. at de kan nøytralisere farge gitt av andre elementer/forurensninger i glasset. Mangan kan for eksempel bleke farge gitt av jern. Mengdene som tilsettes spiller også en stor rolle. Eksempelvis kan små mengder av jern gi svak grønn farge til glasset, men ved større mengder går fargen over til gulaktig og deretter mot brun. Videre vil kombinasjoner av elementer kunne gi andre farger enn de ville ha gitt alene. Antimon og kobolt som gir henholdsvis gul og blå farge, vil sammen kunne gi glasset en grønnfarge. Et annet viktig hensyn er at fargen gitt av enkelte elementer totalt kan overskygge farge gitt av andre. Krom er et eksempel på dette.



Figur 10. Oversikt over noen forbindelser og hvilke farger de kan gi til glass.

For sammenligningens skyld vises noen edelstener i tabell 3. Her vises også hvilke farger de ulike smykkestenene har og hvilke metallioner som gir de ulike fargene.

Tabell 3. Noen edelstener og elementer som gir de karakteristiske fargene.

Edelsten	Mineral	Farge	Element
Blå safir	Korund	Blå	V^{3+} / Co^{2+}
Smaragd	Beryll	Grønn	Cr^{3+}
Gul topas	Topas	Gul	Fe^{3+}
Turkis	Turkis	Blå-grønn	Cu^{2+}
Ametyst	Kvarts	Lilla	$Mn^{3+} / Fe^{3+} / Ti^{4+}$
Rubin	Korund	Rød	Cr^{3+}
Akvamarin	Beryll	Cyan	Fe^{2+}

6. DISKUSJON/KONKLUSJON

Det er usikkert hva i skifer materialet fra Minera som gir fargen i glasset, men sannsynligvis er det treverdige jern (1,48%), muligens i en kombinasjon med nikkel (0,43%), titan (0,38%) og krom (0,08%). De andre elementene som er kjent for å gi farge opptrer i betydelig mindre mengder og spiller sannsynligvis en liten rolle sammenlignet med de fire elementene ovenfor. Dette gjelder mangan (0,03%), kobber (0,03%), svovel (0,01%), bly (0,005%) og kobolt (0,0005%).

Dette eksperimentet er et lite eksempel på hva avgangsmaterialer fra bergindustrien kan benyttes til, selv om tonnasjen i dette tilfellet er liten. Forhåpentligvis vil mer kunnskap om avgangsmaterialene gjøre at flere bruksområder og ikke minst markeder åpner seg for dem.

REFERANSER

Asle Bakken og Siv Merete Skaret, Hadeland Glassverk.

Terje Holstad og Marit Lindås Aagaard, Minera Skifer.