

# Notat

Oppdrag: **Kortreist betong på Svalbard** Dato: **Desember 2016**

Emne: **Labororientesting av grovt tilslag og betong** Oppdr.nr.: **712372**

Utarbeidet av: **Halvor Winsnes**

Sign.:

Kontrollert av: **Petter Skattum**

Sign.:

Godkjent av: **Lars-Thomas Nordkild**

Sign.:

## 1. Bakgrunn

I det norske industrisamfunnet på Svalbard, særlig i Longyearbyen og på Svea, er betong et viktig konstruksjonsmateriale. I Longyearbyen produserer den lokale entreprenøren LNS Spitsbergen, som er den absolutt største produsenten, mellom 700 og 800 m<sup>3</sup> betong i året. Mengden varierer fra år til år. Vi har ikke tilsvarende tall for Svea, men det vil i fremtiden kunne bli en betydelig betongproduksjon også der, da forutsatt oppstart av produksjon i Lunckefjell og en mulig fremtidig produksjon i Ispallen.

Med unntak av vann fraktes alle delmaterialer til betongproduksjonen i Longyearbyen og på Svea i dag fra fastlandet. I tillegg til miljøkonsekvenser ved å transportere sement, sand og stein fra fastlandet er dette et fordyrende element. Betong produsert på Svalbard er i dag betydelig dyrere enn betong produsert på fastlandet.

Det er observert at massene i en del elver på Svalbard i hovedsak består av relativt grove masser. Dette er stein som har gjennomgått relativt harde påkjenninger som følge av transport av vannmassene og som følge av et betydelig antall fryse- tinesyklus. I forbindelse med innledende befaringer ble massene i det vesentlige vurdert å være upåvirket av disse ytre påkjenningene. Det ble derfor vurdert som interessant å teste disse massene nærmere med tanke på bruk i betong.

Da det i dag tas ut masser fra Bolterelva og delvis fra Longyearrelva ble disse to lokasjonene vurdert som aktuelle for testing. I tillegg ønsket vi testing av masser fra Svea med tanke på betongproduksjon i dette området. Prosjektet har foretatt en litteraturstudie av i hvilke grad lokalprodusert flyveaske fra energiverket i Longyearbyen kunne benyttes i betongen. Flyveaske har normalt flere positive effekter på betongen.

De gjennomførte undersøkelsene har kun omfattet grove masser som potensielt råstoff for steintilslag i fraksjonen 8-16 mm. Årsaken til at råstoff til produksjon av sand ikke har inngått i undersøkelsen er at det ikke er synlige avsetninger ved de undersøkte lokalitetene i Longyearbyen, Bolterelva eller Svea.

## 2. Målsetting for prosjektet

Hovedhensikten med prosjektet har vært å undersøke om det lokale steinmaterialet kunne benyttes til produksjon av ikke-alkalireaktivt og frostbestandig betong ved å benytte Norcem Standard FA sement. Valget av sement ble gjort med bakgrunn i at tilslaget ble vurdert som alkalireaktivt. Pr. i dag er det bare vannet som hentes lokalt ved produksjon av betong på Svalbard. Dette utgjør 9 vektprosent av betongen. Hvis lokalt steinmateriale kunne benyttes ville denne andelen lokal andel øke til 45 prosent. Hvis prøving av det lokale steintilslaget viste at det var egnet til betongproduksjon ville CO<sub>2</sub>-avtrykket for industri- og byggevirksomheten i Longyearbyen og på Svea derfor bli redusert.

For å undersøke om det lokalt steinmateriale kunne benyttes som tilslag i betongen ble det samlet inn stein fra tre lokaliteter. Steinen ble videresendt til SINTEF i Trondheim, der det ble testet i deres laboratorier. Testingen har omfattet uttatte masser så vel som betongprøvestykker produsert med nedknust tilslag i fraksjonen 8-16 mm.

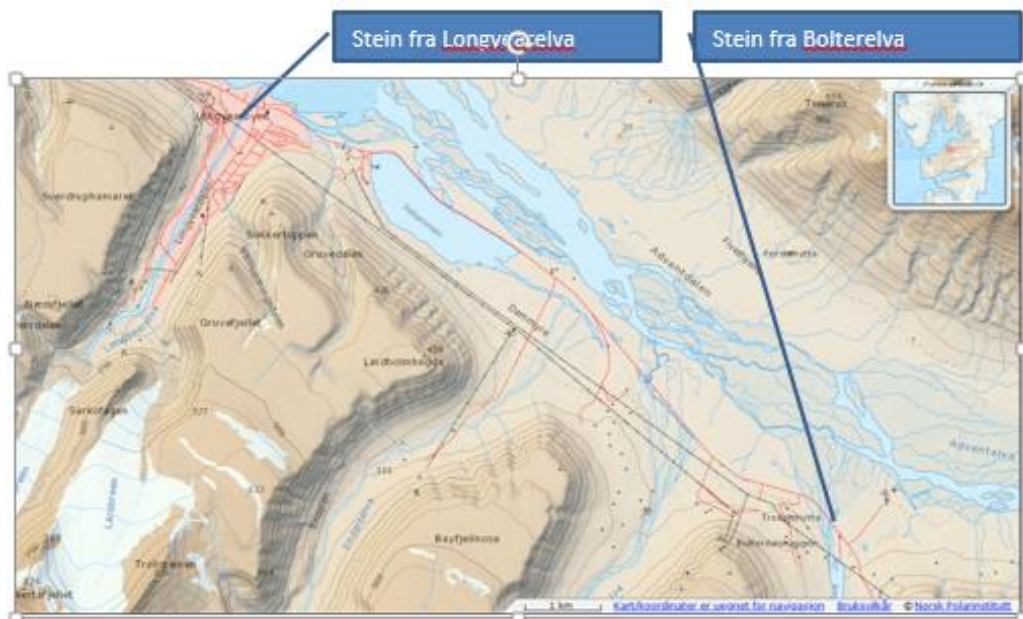
## 3. Kostnader / finansiering

Prosjektet har hatt en total kostnadsramme på kr. 850.000,-. Pengene er brukt til prosjektledelse/administrasjon, kildestudier, innsamling av stein, frakt av stein, undersøkelser av tilslag, utstøping og testing av herdet betong, vurdering av aske som mulig tilsetning til betong samt rapportering, reising og kunnskapsformidling.

Prosjektet har blitt finansiert av Svalbard miljøvernfond (kr. 420.000,-), Store Norske Spitsbergen Kullkompani (kr. 150.000), LNS Spitsbergen (kr. 50.000,-), Veidekke Arctic (kr. 50.000,-), Longyearbyen Lokalstyre Næringsfond (kr. 50.000,-), Norsk Betongforening (kr. 30.000,-) SINTEF (kr. 50.000,-) og Multiconsult (kr. 50.000,-).

## 4. Lokaliteter

Det ble benyttet steinmateriale fra lokaliteter i henholdsvis Longyearelva, Bolterelva og Svea, se kartutsnittene.



Kartutsnittet viser lokaliteter for uttak av steinmaterialer i Longyearelva og i Bolterelva.



Kartutsnittet viser lokaliteten for uttak av steinmaterialer i Svea.

## 5. Utførte undersøkelser

SINTEF og Multiconsult samlet inn prøvemateriale av stein fra lokaliteter i Longyearbyen, Bolterelva og Svea i september / oktober 2014. Materialet ble skipet til fastlandet og videresendt til SINTEF i Trondheim hvor det ankom i november samme år.

SINTEF gjennomførte innledende undersøkelser av materialets kornform, siktekurve, korndensitet, vannabsorpsjon, alkalireaktivitet, knusemotstand og frostbestandighet. Med bakgrunn i resultatene fra den innledende undersøkelsen ble det besluttet å benytte steinmaterialet fra alle lokaliteter som tilslag i prøveblandinger av betong.



Foto nr. 1: Bildet er hentet fra laboratorierapporten til SINTEF, og viser nedknust tilslagsmateriale i fraksjonen 8-16 mm fra Bolterelva, Longyearelva og Svea.

## 5.1 Laboratorietesting av tilslaget

Følgende tester ble gjennomført.

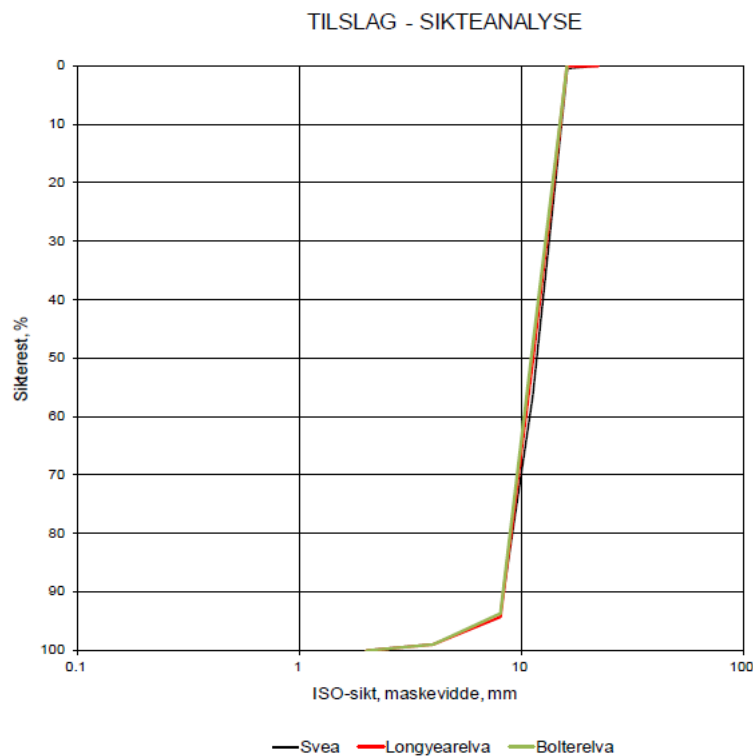
### Kornform:

Innledningsvis ble det foretatt prøveknusing av materialet. Dette viste at det var mulig å oppnå en relativt gunstig kornform på steinen fra alle tre lokaliteter. Oppnådd kornform er imidlertid svært avhengig av knuseprosedyre og knuseutstyr, noe som innebærer at en eventuell fullskala produksjon ikke nødvendigvis vil gi samme resultat som oppnådd i laboratoriet. Dette må testes ytterligere i tilfelle det blir aktuelt å starte produksjon av det lokale tilslaget.

Den videre laboratorieprøvingen av materialet omfattet fraksjonen 8-16 mm. Dette er en vanlig steinfraksjon ved produksjon av betong. Testingen har vist at deler av materialet under 8 mm sannsynligvis kan anvendes som en del av sandfraksjonen, men dette er så langt ikke undersøkt nærmere.

### Siktekurve:

Siktekurvene for 8-16 mm fraksjonen fra de tre lokalitetene Longyearbyen, Bolterelva og Svea er svært like. Siktekurvene for materialet fra alle tre lokaliteter er tegnet inn i figuren under. Som det fremgår av figuren under er kurvene nær overlappende. Alle tre siktekurver viser at materialet er ensgradert og ansett som godt egnet som tilslag ved produksjon av betong.



Figuren er hentet fra laboratorierapporten utarbeidet av SINTEF, og viser siktekurvene for uttatte masser fra de tre lokalitetene Longyearelva, Bolterelva og Svea.

### Korndensitet:

Korndensiteten på overflatetørt materiale varierte mellom 2530 og 2550 kg/m<sup>3</sup>, noe som er vurdert å være innenfor det normale.

Vannabsorpsjon:

Det er målt vesentlig høyere vannabsorpsjon (2,7 -2,9 %) enn det som er vanlig for steintilslag til betong, men det er ikke ekskluderende for bruk i betong.

Alkalireaktivitet:

Den petrografiske undersøkelsen viste at steinmaterialet fra alle tre lokaliteter bestod av tilnærmet 100 % av sandstein. Sandstein er klassifisert som alkalireaktiv. Med mindre det legges føringer på valg av sementtype/bruk av flyveaske vil betongen over år/tiår utvikle skader fordi tilslaget reagerer med sementen. Reaksjonen fører til en geldannelse i betongen, som ved fuktopptak sveller og resulterer i en opprissing av konstruksjonen. Foruten å være skjemmende kan vann lettere trenge inn rissene, som igjen kan øke faren for nedbrytning som følge av frostsprengning og armeringskorrosjon.

Knusemotstand:

Prøving av motstand mot knusing har vist at tilslaget har normalt til midlere nivå.

Frostbestandighet:

Testing etter NS-EN 1367-1 (fryse–tineforsøk i ferskvann) har vist at tilslaget klassifiseres i beste frostmotstandsklasse (F<1%).

Øvrige forhold:

Steinen fra Svea hadde et sjikt med forvitret materiale på overflaten. Dette ga en andel på 10 % svake korn. Denne andelen har ikke gitt utslag på prøvingsresultatene, i det for eksempel oppnådd trykkfasthet på utstøpte terninger med tilslag fra Svea lå mellom resultatene fra henholdsvis Longyearelva og Bolterelva.



Foto nr. 2: Innsamling av stein fra Longyearelva høsten 2014.

Foto nr. 3: Grov innsamlet stein fra Longyearelva.

## **5.2 Laboratorietesting av betong produsert med tilslaget fra Longyearbyen, Bolterelva og Svea**

Etter testing av uttatte masser ble de etter nedknusing til fraksjonen 8 – 16 mm brukt i betongblandinger. Den ferske betongen ble tilsatt luftinnførende tilsetningsstoffer, som er vanlig for betong som skal stå utendørs i et frostsatt miljø. Når det gjelder betongblandingenes sammensetning for øvrig vises til laboratorierapporten utarbeidet av SINTEF (vedlegg). Betongen ble produsert med Norcem Standard FA sement, som ble valgt fordi tilslaget er klassifisert som alkalireaktivt. Det ble foretatt testing av så vel fersk som herdet betongen.

### Slump

Det ble blandet betong med god støpelighet (slump 180 - 200 mm).

Følgende prøving ble utført på prøvelegemer av herdet betong:

### Trykkfasthet:

Det ble oppnådd noenlunde de samme trykkfasthetsresultater for betong med tilslag fra alle tre lokaliteter. Trykkfasthetsresultater etter 28 døgn var mellom 50,7 og 53,6 MPa. Dette tilfredsstillende sannsynligvis fastheteklasse B35, som er en normalt god fasthetsklasse.

### Frostbestandighet:

Sandsteinen fra Svalbard har høy porøsitet og derav uvanlig høy vannabsorpsjon sammenlignet med betongtilslag fra fastlandet. SINTEF skriver i sin laboratorierapport at de har relativ liten erfaring med hvordan denne porøsiteten virker inn på betongens egenskaper, men vanligvis vil så høy vannabsorpsjon resultere dårlig frostbestandighet i betongen. Av den grunn ble testingen av betongens frostbestandighet utført både i kombinasjon med ferskvann og i kombinasjon med saltvann. Prøvingen i kombinasjon med ferskvann viste at alle prøver bestod testkriteriene, mens prøvingen i kombinasjon med saltløsning etter den såkalte Boråsmetoden viste at ingen av prøvene bestod kriteriene for frostsikker betong.

Laboratorietesting har vist at betongkonstruksjoner eksponert for saltvann (kaier og andre sjønære konstruksjoner) ikke kan produseres med tilslag fra Longyearelva, Bolterelva eller Svea.

Laboratorietesting har imidlertid vist at betongen tåler frysing og tining i kombinasjon med ferskvann. Vi antar at de fleste bygningskonstruksjoner i Longyearbyen ikke utsettes for påvirkning fra sjøen, og at de derfor kan oppføres med betong med lokalt tilslag.

### Akselerert prøving av alkalireaktivitet:

Akselerert testing av betongens eventuelle ekspansjon som følge av alkalireaksjoner ble gjennomført etter testmetoden RILEM 4.1. Metoden innebærer at prøvelegemene lagres ved 60°C i ett år. Prøvingen viste at det ikke var ekspansjon i prøvelegemene som tilsa at det var alkalireaksjoner i betongen.

### Tynnslipsanalyse:

Det ble produsert ett tynnslip fra hver av betongblandingene. Hensikten var å undersøke om det kunne observeres tegn til alkalireaksjoner i betongen, dette til tross for at det ikke ble registrert ekspansjon ved ovennevnte akselererte prøving. Slipene ble undersøkt i polarisasjonsmikroskop.

Tynnslipsanalysen viste at det ikke var tegn til alkaligelt i noen av de undersøkte slipene, hverken i luftporer, i riss eller i porer inne i tilslaget. Prosjektet tolker dette dithen at det ikke er alkalireaksjoner i betongen. Foto nr. 4 og 5 viser utsnitt av tynnslipene.

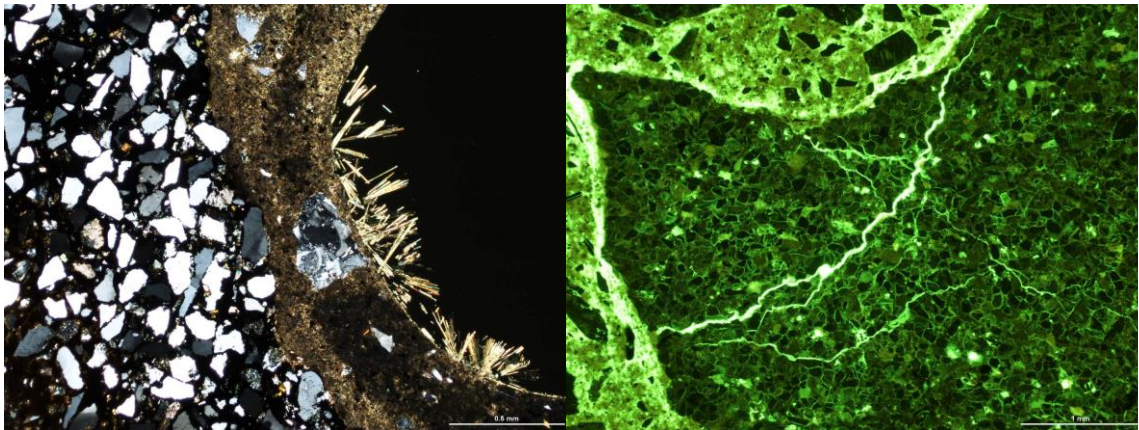


Foto nr. 4: Bildet er hentet fra Rapporten utarbeidet av SINTEF, og viser en steinpartikkel (til venstre), sementpasta (i midten) og en luftpore (til høyre). Det vokser ut nåleformede portlanditkrystaller i luftporen. Det ble ikke observert gel i slipet.

Foto nr. 5: Bildet er hentet fra Rapporten utarbeidet av SINTEF, og viser en steinpartikkel fotografert i fluorescerende lys. Det er en sprekk internt i tilslaget. Det ble ikke observert i gel i slipet.

## 6. Vurdering av gjenbruk av aske produsert fra kullkraftverket

Vurderingen av gjenbruk av aske fra kullkraftverket i Longyearbyen er foretatt i form av en litteraturstudie. En viktig rapport som er fremkommet i studiene er notatet M-not-001-6120732 Longyearbyen – aske i betong, som er utarbeidet av Rambøll og datert 15.11.2012. Rapporten ble utarbeidet på oppdrag fra Longyearbyen lokalstyre Bydrift KF. Mandatet for oppdraget var å foreta en vurdering av i hvilke grad aske fra kullkraftverket kunne benyttes ved produksjon av betong.

Rapporten utarbeidet av Rambøll referer også til tidligere utførte undersøkelser foretatt av Norcem i 2004.

Det er vist til at asken fra kullkraftverket på Svalbard inneholder 30 % organisk materiale, og at asken av den grunn ikke er egnet som en tilsetning ved produksjon av betong. Det er videre pekt på at hvis det installeres ny teknologi ved kraftverket kan asken kanskje benyttes ved produksjon av betong. Det er ytterligere oppgitt at det gjenstår et betydelig utredningsarbeid før det kan tas stilling til når, og eventuelt hvordan en omlegging av produksjonen ved kullkraftverket kan gjennomføres for at asken kan benyttes til produksjon av betong.

## **7. Oppsummering**

I følge Norsk Betongforenings publikasjon nr. 21 anses materialkombinasjoner som ikke alkalireaktive dersom de ved funksjonsprøving etter Betongprismemetoden har mindre ekspansjon enn 0,03 % etter 1 år for betong produsert med bindemidler som inneholder pozzolaner av typene flyveaske og/eller silikastøv. Utført prøving i henhold til NB 32, og prøving utført i henhold til RILEM 4.1 har vist at betongen har så liten ekspansjon at den er klassifisert som ikke reaktiv.

Fordi sandsteinen fra alle tre lokaliteter har høy porøsitet (3 %) ble det i tillegg til ovennevnte ekspansjonsforsøk også foretatt tynnslipsundersøkelser av betongen. Bakgrunnen for dette var at den høye porøsiteten kunne ha tillatt et eventuelt gelmateriale å fylle porene og dermed ikke gitt en sprengene effekt på betongen. En kunne derfor ikke være sikker på at manglende ekspansjon var ensbetydende med at det ikke var alkalireaksjoner. Tynnslipsundersøkelser av betong produsert med tilslag fra alle tre forekomster viste imidlertid at det ikke ble konstatert gel. Med bakgrunn i liten ekspansjon ved akselerert testing sammen med at det ikke ble observert gel i undersøkte tynnslip konkluderer Multiconsult og SINTEF med at det ikke er utviklet alkali-reaksjoner i noen av betongprismene med grovt tilslag fra henholdsvis Longyarelda, Bolterelva eller Svea.

Steintilslaget fra alle tre lokaliteter er som tidligere påpekt vesentlig mer porøst enn det som er vanlig for tilslag som benyttes til betongformål på fastlandet. Av den grunn ble det foretatt fryse-tinetesting både i kombinasjon med ferskvann og i kombinasjon med saltløsning. Alle prøver bestod testen i kombinasjon med ferskvann, mens ingen av prøvene bestod testen i kombinasjon med saltløsning. Dette innebærer at betong produsert med tilslag fra de tre lokalitetene ikke kan benyttes der konstruksjonene blir eksponert for saltvann. Dette gjelder først og fremst kaier og moloer, men også andre konstruksjoner som eventuelt er eksponert for sjøsprut.

De oppnådde trykkfasthetsresultatene ligger på et normalt nivå med den aktuelle betong-sammensetningen.

## **8. Konklusjon**

Den gjennomførte testingen av grove masser fra Longyarelda, Bolterelva og Svea har vist at nedknust tilslag i fraksjonen 8-16 mm kan benyttes til betongproduksjon, da forutsatt at det tas hensyn til at massene er alkalireaktive, og at anvendt bindemiddel må være tilpasset dette. Den gjennomførte prøvingen har vist at vanlig Norcem Stand FA- sement (CEM II A-V) kan benyttes.

Betong produsert med tilslag fra de tre lokalitetene kan imidlertid ikke benyttes der konstruksjonene blir eksponert for saltvann. Dette gjelder først og fremst kaier og moloer, men også andre konstruksjoner som eventuelt er eksponert for sjøsprut.