



Sentralpark Fornebu

## **Granitt eller betong? En miljøvurdering med vekt på klimabelastning.**

### **Mini-utredning fra Gaia Lista AS**

Prosjektnr.: G67  
Dato: 03.04.2005  
Ansvarlig: Bjørn Berge

#### **1.0 Introduksjon**

I forprosjektet fra Bjørbekk & Lindheim for Sentralpark Fornebu (mars 2005) er det skissert bruk av hogget/hamret/saget granitt i vei og dam-bygging som kantstein, heller, damkrone, trappetrinn, stor- og smågatestein. Tilsvarende produkter kan produseres i betong. Det er ønskelig å få vurdert miljøkonsekvensene før endelig material-/produkt-valg.

I en tradisjonell miljøvurdering blir materialenes miljøegenskaper sammenlignet i hele sin bredde og inkluderer så vel ressursbelastninger som forurensningsbelastninger. Ressursbelastningene omfatter i første rekke forbruk av energi og materialer med vekt på ikke-fornybare råstoffer, mens forurensningsbelastningene favner over global oppvarming, dannelse av fotooksidanter, forsuring, overgjødning, human- og økotoksitet samt inngrep som skader biologisk mangfold lokalt og globalt.



I denne rapporten er omfanget søkt rasjonalisert ned til et minimum. Kvantifisering av miljøeffekter er begrenset til *klimabelastning*<sup>1</sup> målt i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

Klimabelastningen vil imidlertid også fortelle om forbruket av fossile energiresurser samt indikere utslipp av nitrogenoksider og svoveldioksid [SFT2000] som er avgjørende for forsuring, overgjødning og omfanget av bakkenært ozon. Men klimabelastningen avspeiler ikke uten videre bruken av ikkefornybare materialressurser, utslipp av miljøgifter eller skader på biologisk mangfold.

Ettersom det såvel for de aktuelle granitt- som betongproduktene dreier seg om enkle industriprosesser uten bruk av kjemikalier og andre tilsetningsstoffer kan vi regne miljøgift-aspektet som marginalt. Råvaresituasjonen for begge produktene er likeledes god og i praksis ubegrenset. Noe større usikkerhet knytter seg til belastning på biologisk mangfold der særlig uttaksmetode for råstoff vil være avgjørende. Her kan vi imidlertid grovt sett også ta utgangspunkt i at konsekvensene er sammenlignbare ettersom hovedvolumet for begge alternativene vil hentes ut i dagbrudd.

Det foreligger ikke norske miljødeklarasjoner for utemiljøprodukter av betong eller granitt per i dag<sup>2</sup>.

## 2.0 Miljøaspekter ved materialene

### 2.1 Utemiljøprodukter av betong

*Sement* produseres normalt fra kalkstein, gips og kvarts og evt. med tilslag av flyveaske og slagg. *Betong* produseres med sement 12-20% og tilslag av sand og grus. Armering med stål i andel ca. 1,5% eller fiber vanligvis silikatstøv eller mineralullfiber i andel 2-10%. Ressursgrunnlaget for betong er generelt meget bra.

Råvarene hentes for en stor del ut i naturskjæmmede dagbrudd med risiko for endret grunnvannstand og belastning på lokale biotoper.

Energiforbruket i sementproduksjonen er betydelig, og det brukes hovedsakelig steinkull. Betydelige mengder karbondioksid avgis dels som energirelaterte utslipp, dels som følge av kjemiske prosesser ved brenning av kalkstein. Noe av dette bindes tilbake igjen gjennom karbonatiseringsprosesser i ferdig betong.

Som følge av sentralisert produksjon av sement er det betydelig transport knyttet til utfrakting. Betongvarefabrikkene er imidlertid mer desentraliserte og tilslag av pukk/sand hentes vanligvis fra stedlige forekomster. I Norge er utemiljøprodukter av betong for en stor del produsert innenlands, men det forekommer også import, blant annet fra Danmark.

Betongkonstruksjoner har normalt høy holdbarhet. For utsatte flater, særlig i forurenset byklima, kan det forventes en visuell forringelse over tid. Standardiserte elementer kan ofte ombrukes etter kvalitetssikring. Betong kan materialgjenvinnes til

---

<sup>1</sup> GWP Global Warming Potential

<sup>2</sup> Ifølge [www.byggforsk.no](http://www.byggforsk.no)



nytt tilslag i mindre konstruksjonsarbeider og, uten problematiske organiske tilsetninger, normalt deponeres som fyllmasse.

## 2.2 Utemiljøprodukter av granitt

Granittutvinningen er basert på rike ressursforekomster. Den utvinnes i naturskjemmende dagbrudd ved sprengning/borring/saging med risiko for endret grunnvannstand og belastning på lokale biotoper.

De fleste ensartede granittene lar seg lett kløve. Råblokkene deles opp i håndterbare formater med trykkluftbor og kiling og transporteres til steinhoggerier. Her foregår videre bearbeiding vanligvis med ulike trykkluftsverktøy (kantjern og hammere). I moderne produksjon vil produksjonsutstyret nesten utelukkende være dieselbasert. Likevel må energiforbruket i utvinning og produksjonen anses som lavt til moderat. En hovedårsak til dette er at prosessene er "kalde", at det ikke inngår oppvarmingsprosesser.

Avgjørende for energiforbruket og klimabelastningen vil være transportaspektet. Dette omfatter transport av råblokk mellom bruddsted og steinhoggeri og deretter bearbeidet produkt videre til forbruksted. I hovedsak skjer bearbeiding til grovere sortimenter som kantstein, heller, gatestein m.m. i nærheten av steinbruddet. Likevel kan det forekomme betydelige transporter i denne fasen. Største transportbelastning må imidlertid påregnes fram til kunden. Grovere granittprodukter som benyttes i Norge i dag har dels opphav i Norge, dels i Portugal og Kina, med voksende andel for sistnevnte. Det er også en viss import fra svenske produsenter. Gatestein produseres per i dag ikke i Norge av kostnadsgrunner.

Granittprodukter har meget høy teknisk og funksjonell levetid og er i praksis tilnærmedesvis upåvirkelige for forurensninger og salter. De krever således lite vedlikehold og er velegnede for ombruk. Avfall kan materialgjenvinnes til høyverdig betongtilslag eller fyllmasse.

## 3.0 Beregning av klimabelastninger

Det er søkt å beregne klimabelastning knyttet til henholdsvis betong og granittalternativer for grovere produkter for utemiljø. Utemiljøprodukter vil i mindre grad forholde seg til styrkeegenskaper og i større grad til volum. Det er derfor valgt å benytte volum som funksjonell enhet, slik at miljøbelastningen måles i kg CO<sub>2</sub>-ekv. per m<sup>3</sup>.

Transportmessige belastninger er i første rekke avhengig av distanse og vekt. I tabell 1 er angitt gjennomsnittstall for klimabelastninger for ulike transportmåter<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Ifølge Sveriges Stenindustriförbund v/Kurt Johansson er det per i dag ikke foretatt nærmere beregninger av klimabelastning ved oversjøisk transport fra Kina. Det er derfor tatt utgangspunkt i standardtall for skip over 40.000 tonn. Tallene for kysttransport er ikke benyttet videre i rapporten, men er likevel medtatt for å muliggjøre eventuelle alternative beregninger.



| Materiale | Vekt [kg/m <sup>3</sup> ] | Transportmiddel               | Klimabelastning vekt [kg CO <sub>2</sub> /tonn km] | Klimabelastning volum [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> km] |
|-----------|---------------------------|-------------------------------|--|---|
| Betong    | 2400                      | Diesel veittransport          | 0,120  | 0,288   |
| Betong    | 2400                      | Diesel kyst sjøtransport      | 0,050  | 0,12  |
| Granitt   | 2700                      | Diesel veittransport          | 0,120  | 0,324   |
| Granitt   | 2700                      | Diesel kyst sjøtransport      | 0,050  | 0,135   |
| Granitt   | 2700                      | Diesel havgående sjøtransport | 0,020  | 0,054   |

Tabell. 1: Spesifikke klimabelastninger for transport med ulike transportmidler<sup>4</sup>

### 3.1 Klimabelastning betongprodukter

Aktuelle betongprodukter for Fornebuparken produseres flere steder i Norge og utenlands. Store produsenter i nærheten vil være Aaltvedt i Skien, Kristiansand Cementstøperi i Kristiansand og BMC med produksjon i Svelvik og Danmark.

Det er i det følgende tatt utgangspunkt i Aaltvedt i Skien som er basert på sement fra NORCEM i Brevik og lokale tilslagsmaterialer<sup>5</sup>. Klimabelastning fra produksjonen<sup>6</sup> settes til 264 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Det er da tatt utgangspunkt i standard betongblanding. Evt. tilslag av marmor eller andre steinslag samt pigmentering vil kunne gi betydelig høyere belastninger.

Produktene transporteres normalt til Oslo med bil, selv om båt kan benyttes om ønskelig.

### 3.2 Klimabelastning granittprodukter

Med unntak av gatestein produseres aktuelle granittprodukter i Norge. Større produsenter vil være Silseth Stein AS på Eide og Jogra Steinindustri i Halden. Silseth Stein bearbeider Tolga-granitt fra Østerdalen, mens Jogra blant annet utnytter råstoff fra eget brudd i Iddefjorden<sup>7</sup>, men bearbeider også Portugisisk og Kinesisk stein. Fra Portugal og Kina kan det foruten de andre granittproduktene også kjøpes ferdig bearbeidet gatestein. Utskipingshavn i Portugal er Porto fra brudd og steinhoggerier langs Duoro. I Kina hentes produktene enten fra kystbyen Xiamen eller Shandong-halvøya, i begge tilfeller basert på lokale brudd/hoggerier.

Tre alternativer er undersøkt:

Produksjon ved Jogra basert på Iddefjords-granitt<sup>8</sup>. Portugisisk stein med brudd nær Porto og kinesisk stein fra Xiamen. I alle tre alternativer er det tatt

<sup>4</sup> Basert på Fossdal 1995

<sup>5</sup> Ifølge produksjonssjef Kirsti Falck 1.4.2005

<sup>6</sup> Basert på Fossdal 1995 og inkludert transport av sement og tilslag. Tallene er nok noe foreldet og noe bedre ytelse kan forventes.

<sup>7</sup> Andre betydelige norske forekomster i Røyken og på Støren

<sup>8</sup> Basert på info fra kontakter ved Jogra



utgangspunkt i produksjonsmessig klimabelastning 50 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> <sup>9</sup>. Dette inkluderer mellomtransporter fram til leveringsferdig produkt og inkluderer svinn.

Transport av så vel portugisisk som kinesisk stein foregår med havgående containerskip til lossing i Fredrikstad. Videre transport skjer med bil. Dette gjelder også for produkter fra Jogra.

| Materiale                             | Produksjonsbelastning [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ] | Transportbelastning <sup>10</sup> [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ] | SUM [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ] |
|---------------------------------------|---|---|---|
| Betongprodukter fra Aatvedt           | 264   | 39 <sup>11</sup>  | 303                                       |
| Norsk Granitt fra Jogra <sup>12</sup> | 50  | 37 <sup>13</sup>  | 87  |
| Portugisisk granitt, Duoro            | 50  | 164 <sup>14</sup>   | 214                                       |
| Kinesisk granitt, Xiamen              | 50  | 920 <sup>15</sup>   | 970                                       |

Tabell 2: Samlet klimabelastning for betong og granittprodukter av ulikt opphav.

#### 4.0. Drøfting

De samlede klimabelastningene knyttet til produksjon og transport vil være mer enn 5 ganger høyere for betongprodukter enn for produkter i granitt. For granittprodukter brutt og foredlet i Norge, Portugal og Sverige vil marginene være så vidt romslige at selv ikke en relativt belastende transport til Fornebu vil endre på rekkefølgen. Ved transport fra Kina må vi imidlertid regne med at forholdet endrer seg, og fra Xiamen vil den samlede klimabelastningen bli over tre ganger høyere enn for betong. Ved utskipping fra Shandong som ligger lengre mot nord, vil dette bare forsterke seg.

Med hensyn på levetid og ombrukbarhet er det sansynlig at granitt vil ha bedre egenskaper enn betong<sup>16</sup>. Dette vil kunne avspeile seg i lavere vedlikeholdsbehov og samtidig resultere i reduksjon i klimagassutslipp og andre miljøbelastninger<sup>17</sup>. Innenfor rammene av dette prosjektet er det imidlertid ikke gjort forsøk på å beregne disse gevinstene, men de bør tas med som modulerende element i en helhetsbetraktning.

<sup>9</sup> Basert på miljøvaredeklarasjoner for ulike granittprodukter blokk, plate og kantstein i svensk steinindustri, utført ved Högskolan i Kalmar der klimabelastningen varierer mellom 38 og 56 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per m<sup>3</sup> ferdig produkt. I beregningene er 50 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>3</sup> benyttet.

<sup>10</sup> Retur er ikke tatt med i beregningene

<sup>11</sup> Bil 136km

<sup>12</sup> Gjelder ikke gatestein

<sup>13</sup> Bil 114km

<sup>14</sup> Båt 2500km og bil 90km

<sup>15</sup> Båt 16500km og bil 90 km

<sup>16</sup> Det må imidlertid tas forbehold om at granitten er av høy kvalitet med blant annet lavt innhold av jernmalm.

<sup>17</sup> Miljøgevinst av ombruk problematiseres blant annet i [Thormark 2001] og kan være betydelige.



## 5.0 Konklusjon

Ut fra et miljøperspektiv vil granitt være et bedre alternativ enn betong når det gjelder bruk som kantstein, heller m.m. i Sentralparken på Fornebu. Unntaket vil være granittprodukter fra Kina som følge av lange transportveier. Man kan imidlertid ikke se bort fra at enkeltprodusenter også i Portugal og Skandinavia vil kunne komme dårlig ut som følge av ekstraordinære transportbelastninger. Det anbefales at det gjennomføres en mer utdypende analyse før endelig produsent velges.

## 6.0 Kilder

[Bjørbekk & Lindheim 2005] Bjørbekk og Lindheim et al *Sentralparken Fornebu* Forprosjekt 16.03.2005

[Berge 2001] Berge B *The Ecology of Building Materials* Architectural Press, Oxford 2001

[Fossdal 1995] Fossdal S *Energi- og miljøregnskap for bygg* Byggforsk Prosjektrapport 173, 1995

[Kalmar 2004] Högskolan i Kalmar

- *Miljövarudeklaration för råkilad blockstensmur som är tillverkad av Bohusläns Kooperativa Stenindustri ek. Förening*
- *Miljövarudeklaration för markhäll av granit som är tillverkad av Emmaboda granit AB*
- *Miljövarudeklaration för kantstenen vilken är tillverkad av Albin Perssons Stenhuggeri AB i Bjärlöv*

[SFT 2000] Statens Forurensningstilsyn *Reduksjon av klimagassutslipp i Norge. En tilstandsanalyse for 2010* SFT-rapport Oslo februar 2000

[Thormark 2001] Thormark C *Recycling Potential and Design for Disassembly in Buildings* Lund University 2001