

Møllen Maler Cement

af Erik Högberg



Siden Arilds tid har man anvendt bindemiddel til at sammenføje byggesten. Antikkens ægyptere brændte uren gips for bedre at kunne sammenføje de store sten i pyramiderne. Kalksten har dog været, og er stadig, det vigtigste råmateriale til fremstilling af bindemiddel. Det er ikke vanskeligt at forestille sig, hvorledes opfindelsen gjordes: Et forhistorisk lejrball på en kalkstensklippe, en torden-skyllende under hvilken de opvarmede klippestykker blev brudt ned til et hvidt pulver, som blandet med regnen dannede en dejagtig masse. Man iagttog hvorledes denne dej gradvist hærdnede - til hele massen atter var som en sten. Om-trent sådan kan man tænke sig oprindelsen til kalkbrænding.

Puzzolan, roman- og portlandcement

Ved at blande kalk og vulkansk aske, såkaldt PUZZOLAN fik man i tiden omkring Kristi fødsel en mørtel med hydrauliske egenskaber. Det betyder, at mørtelen kan hærdne selv under fugtige forhold, ja til og med under vand.

Romerne benyttede denne type bindemiddel ved opførelsen af Colosseum og de velbevarede akvadukter (vandledninger) i Sydfrankrig. Dette bindemiddel kaldes nu for ROMANCEMENT.

År 1718 da Christoffer Polhem bygge Trollhätte sluserne anvendtes også et hydraulisk bindemiddel. I almindelig kalkmørtel blandedes brændt og finmalet alunskifer. Denne type cementfremstilling startede 1779 ved Garphytte alunværk. Også i England havde man i midten af 1700-tallet fundet en metode til at fremstille hydraulisk mørtel uden at tilsætte vulkansk aske. Da fyret på Eddy-stone blev bygget 1759, anvendtes en meget stærk mørtel, som var fremstillet af en uren kalksten med et vist indhold af kvarts og ler.

Efter lang tids eksperimentering lykkedes det mureren J. Aspdin at fremstille en cement ved at brænde en blanding af kalk og ler ved høj temperatur. Det nye produkt kaldtes PORTLANDCEMENT efter den fortræffelige byggesten på halvøen Portland ved den Engelske Kanal. Denne cement var i virkeligheden ingen rigtig portlandcement. En ingeniør I.C. Johnson, ansat hos en af Aspdins konkurrenter, udsatte 1845 en blanding for så høj brændingstemperatur, at den smeltede. Forsøget betragtedes som mislykket. Efter nogle uger opdagedes imidlertid, at dette affaldsprodukt var stærknet og blevet til en cement af hidtil ukendt styrke. Efter en serie nye forsøg fandt man hurtigt frem til en industriel fremstilling af denne portlandcement, som var baseret på brænding og sintring af et bestemt blandingsforhold mellem kalksten og ler. Portlandcement er således udviklet gennem en årrække, og kan ikke betragtes som en enkelt mands værk.

Skandinaviens to første cementfabrikker byggedes i Danmark, den første i

Ringsted år 1868 og den anden ved Rødvig to år senere. Fabrikken i Rødvig anvendte kalksten fra Stevns Klint og ler fra Lomma i Skåne som råvarer. I 1926 begyndte den danske civilingeniør K. Hindhede fabrikation af færdigblandet beton og han opfandt "betonkanonen", den roterende transportbeholder, som snart efter kørte rundt på lastbiler over hele verdenen.

Sveriges første cementfabrik byggedes i Lomma i 1872 på grundlag af Lomma-leret og kridtkalkstenen ved Limhamn. I Sverige har man haft 14 cementfabrikker, men strukturrationaliseringer har nu mindsket antallet til tre, beliggende i Slite på Gotland, Skövde ved Billingen og Degerhamn på Öland. I Norden har man for øjeblikket 11 cementfabrikker i arbejde, fig. 1.



Figur 1. Cementfabrikker i Norden.

Råmaterialet til cement

Stort set behøves kun fire komponenter til at fremstille cement, nemlig oxider (iltforbindelser) af calcium, silicium, aluminium og jern. Den vigtigste råvare er kalksten, som ved brænding omdannes til calciumoxid. En lerholdig kalksten, der også kaldes en mergelkalksten, kan indeholde alle komponenter. Flere gotlandske cementfabrikker har haft mergelkalksten som eneste råvare. På cementfabrikken i Slite anvendes nu 78 % mergelkalksten, 20 % ren kalksten og 2 % kvartssand.

I Sverige har kalksten fra mange forskellige geologiske perioder været anvendt til cementfremstilling. Grundfjeldskalksten (marmor) har, kombineret med and-

re grundfjeldsbjergarter, været råvaren i de nu nedlagte cementfabrikker i Köping og Stora Vika. Samtlige finske cementfabrikker er baserede på grundfjeldskalksten. Den ordoviciske orthoceratitkalk i Västergötland og på Öland er også en passende råvare eftersom den i lighed med silurkalken på Gotland indeholder ler. For at få den rigtige sammensætning iblandes mindre mængder sandsten.

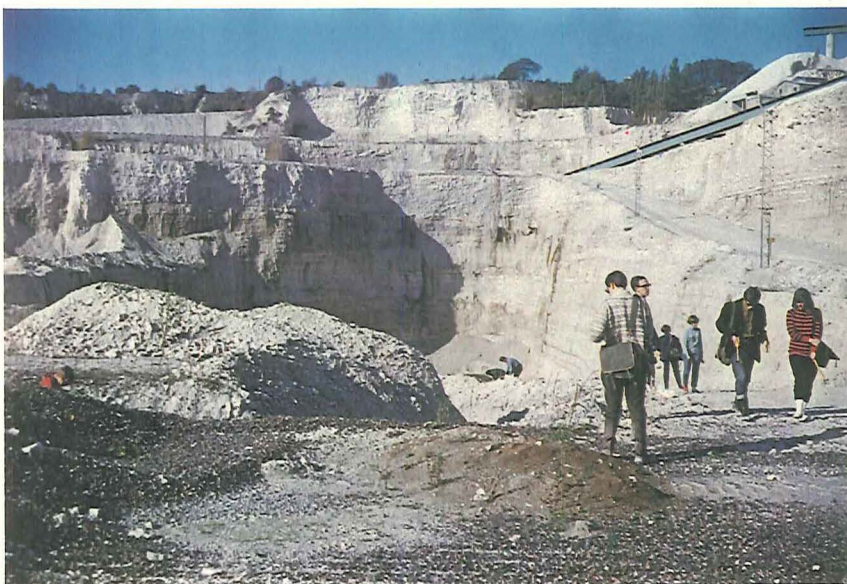
På vestsiden af Kinnekulle har man brudt orthoceratitkalk til cementfremstilling i Källekis (fig. 2). Cementfabrikken i Skövde er baseret på orthoceratitkalk



Figur 2. Kalkstensbruddet ved den nu nedlagte fabrik i Hällekis ved Kinnekulle i Västergötland.

fra Billingen, og også i Degerhamn på Öland benyttes overvejende orthoceratitkalk. En sandet lerskifer iblandes som "tilslag". I Skåne har der været flere cementfabrikker, der, ligesom de danske, var baseret på kalksten fra Kridttiden. Da denne kalksten savner de nødvendige aluminium- og jernforbindelser har disse ofte været tilført i form af ler, som sammen med den knuste kalksten er blevet blandet til et råslam. Ved den nyligt nedlagte cementfabrik i Limhamn (fig. 3) anvendtes bauxit fra Grækenland for at forøge aluminiumindholdet. Aske og kul fra Höganässelskabets fabriksanlæg er ofte anvendt som aluminiumoxidkomponent. I de sidste 10 år brød man en silurisk lerskifer ved Odarslöv nær Lund til samme formål. Jernkomponenten fik man fra brændt kis - den jernholdige rest af ristet svovlkis.

Kridtkalken indeholdt tilstrækkeligt med kiselsyre i form af flint og kiselsyreholdig kalksten. Kridtkalken er dog i reglen meget fugtig og svær at anvende i den tør-proces, som de fleste fabrikker nu anvender for at spare energi. På grund af deres lave energiforbrug har moderne ovne med forkalcinerings tilpasset tør-procesmetoden udkonkurreret cementfabrikker bygget til våd-procesmetoden. Den moderne cementfabrik kræver en kalkstensforekomst på 100 millioner ton. Dette krav udelukker mange grundfjeldsforekomster. Dernæst bør en cementfabrik ligge ved en havn for at lette transporten af brændsel, gips og færdig cement. Kalkstensforekomsten bør heller ikke ligge for langt væk fra selve fabrikken. Til den nu nedlagte fabrik i Köping byggede man en 40 km lang tovbane for at transportere kalkstenen fra stenbruddet til fabrikken ved Mälaren. Det ville være utænkeligt i dag.

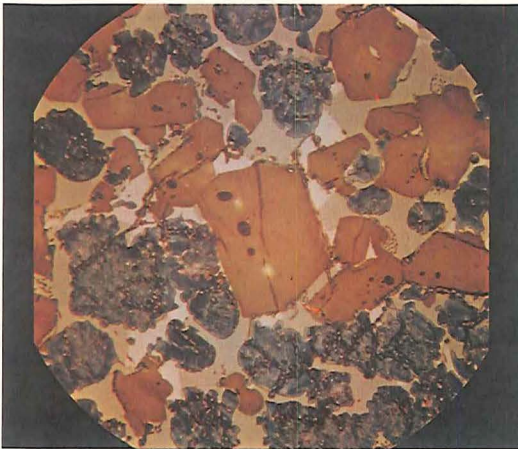


Figur 3. Kalkbruddet ved den nu nedlagte cementfabrik i Limhamn.

I Slite på Gotland ligger en af verdens mest moderne og energi-rigtige cementfabrikker. Den anvender en teknik, som er udviklet i Japan. Råmaterialet calcineres eller brændes først så kuldioxid uddrives hvorved brændingskapaciteten i den egentlige ovn omtrent fordobles. Den nye ovn har en kapacitet på 4700 ton klinker i døgnet, hvilket giver 1.4 millioner ton cementklinker om året. Sammenlagt med de to ældre ovne kan Slite producere 2.2 millioner ton cement om året. I 1980 produceredes sammenlagt 2.2 millioner ton cement på fabrikkerne i Slite, Skövde og Degerhamn. Af dette blev 330.000 ton eksporteret, fortrinsvis til Nigeria.

Cementmineralogi

Lige siden cement første gang blev fremstillet, har man søgt at bestemme cementens "kemiske formel", og senere også dens bestanddeles mineralogi og krystallografi. I 1883 undersøgte franskmændene Henri Le Chatelier cementklinker ved hjælp af et polarisationsmikroskop, som dengang var en relativt ny opfindelse. Han fandt, at cementen ikke var en enkel forbindelse, som man tidligere havde troet, men at den bestod af en blanding af mindst fire krystalline emner. Den svenske geolog A.E. Törnebohm bekræftede Le Chateliers resultat og gav yderligere en række data om cementminerallerne, som han gav navnene Alit, Belit, Celit og Felit. I Celit, som er en smeltemasse, findes pænt udkrystalliserede mineraler hvoriblandt Alit altid dominerer. Törnebohms benævnelser, Alit og Belit, bruges stadig til at betegne de vigtigste cementmineraller: tricalciumsilikat og dicalciumsilikat. Smeltemassen dannes af tricalciumaluminat og tetracalciumaluminiumferrit (fig. 4).



Figur 4. Cementklinkers mineraler. Efter ætsning af et polerslib kan man tydeligt skelne mellem de to vigtigste calciumsilikater. Alit (gul) og Belit (blå), som ligger i en smeltemasse af calcium-jern-aluminat. Belitkrystallerne er omkring 10 μ i diameter.

På Aalborg Portlands fabrik ved Rørdal (ved Aalborg) benyttes skrivekridt fra den højtliggende undergrund - foruden ler, som graves 6 km derfra, ved Hvorup, og som opslemmet i vand pumpes gennem rørledninger til fabrikken. Her blandes 4 dele kridt med 1 del ler, og denne råslam pumpes videre til slammøllerne til formaling. I de seneste år er flyveaske, der fremkommer som et affaldsprodukt fra kulfyrede kraftværker endvidere blevet anvendt ved cementfremstillingen i stedet for ler. Flyveasken blæses direkte ind i roterovnen, hvor det sammen med det formalede slam sintrer til betonklinker. Efter afkøling i klinkerladen formales cementklinkerne i store møller sammen med en smule gips, og den færdige cement føres gennem rør direkte til siloerne ved havnen ved Limfjorden parat til udskibning. I 1980 producerede cementfabrikken ved Rørdal 1.6 millioner ton cement.

red. bemærkn.