

Rapportering av regeringsuppdrag

## **Förekomsten av och tillgången till kalksten, klinker och cement inom Sverige och exportproducerande länder**

---

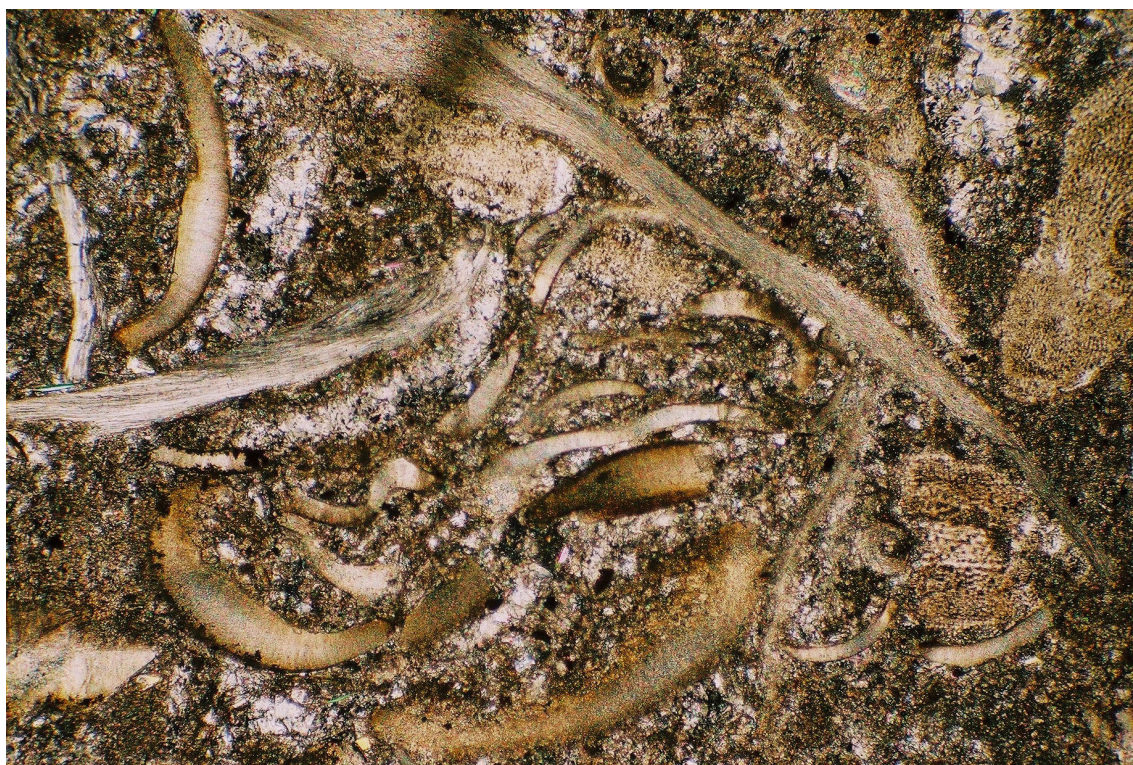
Mattias Göransson, Mikael Erlström, Lena Lundqvist,  
Olof Taromi Sandström, Magnus Johansson, Peter Åkerhammar  
& Lars Norlin

maj 2022

SGU:s diarie-nr: 311-2317/2021

Näringsdepartementets diarie-nr: N2021/02658

RR 2022:02



Omslagsbild: Exempel på mikroskopisk uppbyggnad av en paleozoisk sedimentär kalksten som används som cementråvara. Fotot visar förekomsten av olika former av fragment av kalkskaliga fossil (ljusbruna) som bygger upp bergarten tillsammans med utfällda kalcitkristaller (ljus färgade). 40x förstoring.  
Fotograf: Mikael Erlström

Författare: Mattias Göransson, Mikael Erlström, Lena Lundqvist, Olof Taromi Sandström, Magnus Johansson, Peter Åkerhammar och Lars Norlin  
Ansvarig enhetschef: Mugdim Islamović

Tillväxtanalys, Trafikverket och Boverket samt referensgruppen för regeringsuppdraget har gett återkoppling på rapporten under projektets gång

Regeringsuppdragets fullständiga namn: Uppdrag om fördjupad kartläggning och analys av efterfrågan på cement i olika sektorer, tillgången till kalksten, klinker och cement samt förutsättningar för import. N2021/02658

Redaktör: Johan Sporrang

Sveriges geologiska undersökning  
Box 670, 751 28 Uppsala  
tel: 018-17 90 00  
e-post: [sgu@sgu.se](mailto:sgu@sgu.se)

[www.sgu.se](http://www.sgu.se)

## INNEHÅLL

|  |    |
|--|----|
| Ordlista .....   | 5  |
| Inledning.....   | 6  |
| Metodik.....   | 6  |
| Dialogsamtal.....  | 7  |
| Tidigare rapporter och inventeringar av kalkstensförekomster i Sverige ..... | 7  |
| Geokemisk information.....   | 8  |
| Lagstiftning.....  | 9  |
| Riksintressen .....  | 9  |
| Cementtillverkning – om råvaror och egenskaper.....                          | 11 |
| Mineralogiska och kemiska egenskaper.....                                    | 12 |
| Skador i betong.....   | 12 |
| Huvudråvaror för cement.....   | 13 |
| Kalksten och dolomit i Sverige.....  | 15 |
| Yngre kalkstenar i den sedimentära berggrunden.....                          | 15 |
| Skåne .....  | 15 |
| Öland.....   | 21 |
| Gotland.....   | 22 |
| Västergötland.....   | 24 |
| Östergötland.....  | 25 |
| Närke.....   | 26 |
| Dalarna.....   | 26 |
| Kalkstensförekomster i Norra Sverige .....                                   | 28 |
| Kalksten i Norrbottens fjällberggrund.....                                   | 28 |
| Kalksten i Västerbottens fjällberggrund.....                                 | 29 |
| Kalksten i Jämtlands fjällberggrund .....                                    | 29 |
| Oviken-Hallen.....   | 30 |
| Brunflo.....   | 30 |
| Mattmar-Offerdal.....  | 30 |
| Prekambriska kalkstensförekomster (urbergskalksten).....                     | 30 |
| Urbergskalksten i Norrbotten.....  | 31 |
| Urbergskalksten i Västerbotten.....  | 32 |
| Urbergskalksten i Västernorrland.....  | 32 |
| Urbergskalksten i Bergslagen .....   | 32 |
| Gåsgruvan.....   | 32 |

|   |    |
|---|----|
| Sala.....   | 32 |
| Kolmården.....  | 33 |
| Glan (Doverstorp).....  | 33 |
| Godegård.....   | 33 |
| Fanthyttan (Larsbo) .....   | 33 |
| Europeisk cementtillverkning.....   | 34 |
| Potentiella kalkstensförekomster i närheten av Sverige – förekomster i Östersjöområdet..... | 37 |
| Estland.....  | 37 |
| Lettland.....   | 37 |
| Litauen.....  | 38 |
| Polen .....   | 39 |
| Tyskland .....  | 40 |
| Cementproduktion utanför Europa .....   | 41 |
| Diskussion .....  | 42 |
| Sammanfattande slutsatser.....  | 45 |
| Referenser och källor .....   | 46 |

## ORDLISTA

| Begrepp                              | Förklaring  |
|--------------------------------------|---|
| <b>Alkalisilikareaktivitet (ASR)</b> | Reaktion i betongkonstruktion orsakad av höga halter av alkalimetaller, reaktiv kvarts och hydroxider som kan spräcka upp betongen  |
| <b>Ballast</b>                       | Bergmaterial med olika kornstorlekar som utgör huvudkomponenten, utfyllnadsmaterialet, i bl.a. betong   |
| <b>Bauxit</b>                        | Är en jordart eller sedimentär bergart som består av mellan 25 och 55 viktsprocent aluminium  |
| <b>Dolomit</b>                       | Kalciummagnesiumkarbonat, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , ett vanligt förekommande mineral i karbonatbergarter   |
| <b>Dolomitmarmor</b>                 | Omvandlad kalksten där förutom kalcium även mineralet dolomit förekommer  |
| <b>Dolomitsten</b>                   | Sedimentär karbonatbergart som domineras av mineralet dolomit   |
| <b>Flygaska</b>                      | Den fasta fasen som avskiljs vid rökgasrening och som innehåller aluminium- och kiselföreningar   |
| <b>Industrimineral</b>               | Ett industrimineral är en bergart, ett mineral, eller annat naturligt förekommande material av ekonomiskt värde   |
| <b>Kalcit</b>                        | Kalciumkarbonat, $\text{CaCO}_3$ , vilket är ett vanligt förekommande mineral, särskilt i sedimentära bergarter men även i marmor   |
| <b>Kalksten</b>                      | Sedimentär karbonatbergart som främst innehåller mineralet kalcit   |
| <b>Karbonatsten</b>                  | Samlingsnamn för bergarter som domineras av karbonatmineral som kalcit och dolomit  |
| <b>Karst</b>                         | Samlingsterm för kemisk vittring av karbonatberggrund som kan vara allt från vidgade sprickor till grottor och storskaligt karstpåverkade landskap  |
| <b>Klinker</b>                       | Klinker eller portlandcementklinker är det halvfabrikat som bildas efter att kalk, kiselsyra, järn och aluminium värmts upp och nya mineralfaser bildats i brännprocessen för cementtillverkning                                  |
| <b>Koncessionsmineral</b>            | Särskilt utpekade mineraliska ämnen som omfattas av minerallagen. Prövning enligt minerallagen och miljöbalken  |
| <b>Kristallin</b>                    | Term för att definiera omvandlade bergarter eller bergarter med magmatiskt ursprung, till skillnad från lagrad sedimentär berggrund   |
| <b>Marmor</b>                        | Omvandlad kalksten där mineralet kalcit dominerar   |
| <b>Markägarmineral</b>               | Mineral och bergarter (till exempel dolomit, kalksten, granit, gnejs, grus och sand) som inte omfattas av minerallagen. Kan även kallas jordägarmineral då råddighet över marken krävs för utvinning. Prövning enligt miljöbalken |
| <b>Märgelsten</b>                    | En bergart som består av i stort sett lika andelar lermineral och kalcit. Lermineralen gör att bergarten är relativt rik på aluminium och kisel   |
| <b>Natursten</b>                     | Bergmaterial som används för tillverkning av husfasader, trappor, marksten och kantsten m.m.  |
| <b>Periklas</b>                      | Magnesiumoxid som kan finnas i vissa omvandlade bergarter. Mineralet kan bildas under brännprocessen vid cementtillverkning   |
| <b>Portlandcement</b>                | Den vanligaste cementsorten för betongtillverkning  |
| <b>Puzzolana material</b>            | Material som har egenskapen att reagera med kalciumhydroxid (cementpastan) och bilda föreningar med betydande hållfasthet. Exempel på sådana material är flygaska   |
| <b>Smektit</b>                       | En grupp av lermineral som karakteriseras av att de kan ta upp vatten och expandera, så kallade svällande lermineral  |
| <b>Urberg</b>                        | Sammanfattande term för bergarter av prekambrisk ålder som utgör Sveriges kristallina berggrund   |

## INLEDNING

Den här rapporten redovisar Sveriges geologiska undersöknings (SGU) analys rörande förekomsten av kalksten och tillgång till klinker och cement i Sverige och exportproducerande länder. Analysen avser delprojekt 2 av regeringsuppdraget N2021/02658 ”Uppdrag om fördjupad kartläggning och analys av efterfrågan på cement i olika sektorer, tillgången till kalksten, klinker och cement samt förutsättningar för import”. Uppdraget i sin helhet samordnas av Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser (Tillväxtanalys). I regeringsuppdraget medverkar även Statens energimyndighet, Trafikverket, Fortifikationsverket och Boverket.

I uppdraget har ingått att kartlägga och analysera:

1. den årliga efterfrågan på cement, och av vilka kvaliteter, uppdelat på olika sektorer i Sverige de närmaste åren
2. förekomsten av och tillgången till kalksten, klinker och cement inom Sverige och i andra exporterande länder
3. de logistiska förutsättningarna för import av dessa produkter till Sverige.

Uppdraget har även omfattat en undersökning av andra nödvändiga förutsättningar samt ta fram förslag till åtgärder i syfte att möjliggöra och underlätta import av kalksten, klinker och cement till Sverige.

SGU:s redovisning är ett underlag till den slutredovisning av uppdraget som Tillväxtanalys ansvarar för.

Bakgrunden till uppdraget är att basråvaran kalksten är oumbärlig för Sveriges samhällsbyggande, näringsliv och infrastruktur. Tillgången till andra alternativa bindemedel bedöms vara bristfällig och det är därför viktigt att säkerställa tillgången på kalksten, klinker och cement för det nationella behovet. I närtid finns ett behov av att finna omedelbara lösningar till bristen på cement vid ett produktionsstopp i Cementas anläggning i Slite. Dessutom finns ett behov av att finna en långsiktig lösning till en säkerställd tillgång på kalksten, klinker och cement.

## METODIK

I den här rapporten har vi tagit hänsyn till att det finns en mängd faktorer som förutom råvarans kvalitet, kvantitet och tillgänglighet påverkar olika förekomsternas eventuella exploaterbarhet. Klinker- och cementtillverkningen är integrerade komplexa system där tillgång till basråvara är en del i en lång produktionskedja där bland annat mekanisk bearbetning, tillsatsmaterial, kvalitetskrav, depåer, transportlogistik, miljöhänsyn med mera utgör viktiga delar för en långsiktigt hållbar framställning av cement. Detta ger följaktligen en komplex kravspecifikation till att finna kalkstensförekomster i Sverige eller utomlands som kan ersätta Cementas anläggning i Slite. Produktionsanläggningarna är idag stora enheter med produktionskapacitet på flera miljoner ton cement per år, vilket ställer krav på förekomsternas storlek i motsvarande grad. En uppskattning är att för 50 års verksamhet motsvarande Cementas produktionsvolym av cement, krävs en förekomst på drygt 150 miljoner ton kalkstensråvara. Utöver detta förutsätts också att bra och funktionella transportmöjligheter finns tillgängliga på de specifika platserna men det är en fråga som ligger utanför SGU:s uppdrag.

Produktionsstatistik för cement och klinker är viktig bakgrundsinformation för att kunna göra en riktig bedömning av vilka förutsättningar som finns för att ersätta inhemsk produktion med export. Det finns flera olika källor till världens cement- och klinkerstatistik. SGU har i sin analys valt att använda den statistik som redovisas i The Global Cement Report, 14th edition (2021) vilken inkluderar produktionsdata om all typ av cement och klinker som produceras.

## Dialogsamtal

SGU har i sin analys genomfört tiotalet dialogsamtal med företag, branschorganisationer och aktörer inom cement- och betongsektorn för att inhämta information om deras syn på råvarusituationen för produktion av cement och klinker i Sverige och hur de bedömer möjliga alternativa råvarutillgångar i Sverige och Europa. Återkoppling till deras inspel och kommentarer ges främst i det avslutande avsnittet i rapporten.

Dialogsamtal har genomförts med representanter hos följande företag och organisationer i Sverige och Finland: Svemin, Svensk Betong, MinBas AB, KTH, Thomas Concrete Group, Skanska, Svenska Kalkföreningen, RISE, Schwenk, Nordkalk, Finnsementti och Cementa. SGU har även varit i kontakt med andra geologiska undersökningar i Polen, Tyskland och Frankrike för att undersöka hur behovet av cement ser ut i dessa länder och om det finns förutsättningar för en import till Sverige.

Utöver frågor avseende de geologiska tillgångarna av cementråvara i olika områden i Sverige, de kemiska och mineralogiska kraven på cementråvaran har möjligheterna till cementimport diskuterats med ovanstående företag och organisationer. Dessutom har även frågor om vilka hinder som föreligger för en framtida cementimport och hur kapaciteterna i olika områden ser ut tagits upp i ovanstående dialoger.

## Tidigare rapporter och inventeringar av kalkstensförekomster i Sverige

Arbetet har innefattat en genomgång av rapporter, utredningar och vetenskapliga publikationer om förekomst och kemisk uppbyggnad av kalksten och dolomit i Sverige. En viktig informationskälla har varit den dokumentation och analys av kalksten och dolomit i Sverige som SGU utförde i slutet av 1980-talet (Shaikh m.fl. 1989a, b, 1990). Information har även hämtats från SGU:s berggrundskartor samt från externa källor som bland annat beskriver kalkindustrins historia i Sverige.

Från informationen har vi bedömt var det finns kalksten och dolomit i Sverige som kan utgöra lämplig råvara för klinker och cement.

Vårt arbete har i första hand inriktats på en geologisk värdering av var det finns kemiskt dugliga och stora tillgångar av kalksten och dolomit i Sverige som möjliggör brytning i dagbrott, det vill säga framför allt hanterbara jorddjup i förhållande till förekomstens tjocklekar. Vi har inte beaktat andra lokaliseringsskriterier som exempelvis har med produktionsteknik, transportlogistik och miljöaspekter att göra, förutom i områden där det är uppenbart att brytning inte kan komma på tal, till exempel i nationalparker.

SGU har god kunskap om var det finns karbonatsten i Sverige. Flera förekomster har historiskt använts som råvara för olika industriella ändamål vilket gör att det även finns information om de fysikaliska och kemiska egenskaperna.

I SGU:s analys har även en översiktlig inventering av cementproducenter i omvärlden gjorts med fokus på den europeiska marknaden och i Sveriges grannländer. En utmaning med en större cementimport kan vara att ett flertal nya cementprodukter kommer att tas in i Sverige, även från utomeuropeiska länder. Detta kan medföra krav på särhållning, vilket kan skapa ändrade förutsättningar för logistik och distributionsinfrastruktur. För att säkerställa att nya cementsorter är långsiktigt hållbara kommer den totala provningen av sådana material behöva ökas. För dessa uppgifter refereras till RISE:s rapportering av regeringsuppdraget rörande kartläggning av befintlig test- och provningsverksamhet för cement och betong (N2021/02773).



Den kemiska sammansättningen av kalkstensförekomsterna baseras på analyser som SGU utfört inom ramen för sin verksamhet (Shaikh m.fl. 1989a, b, 1990). Dessa analysdata och beskrivningar har utgjort viktiga delar i vår bedömning av förekomsternas lämplighet som cementråvara.

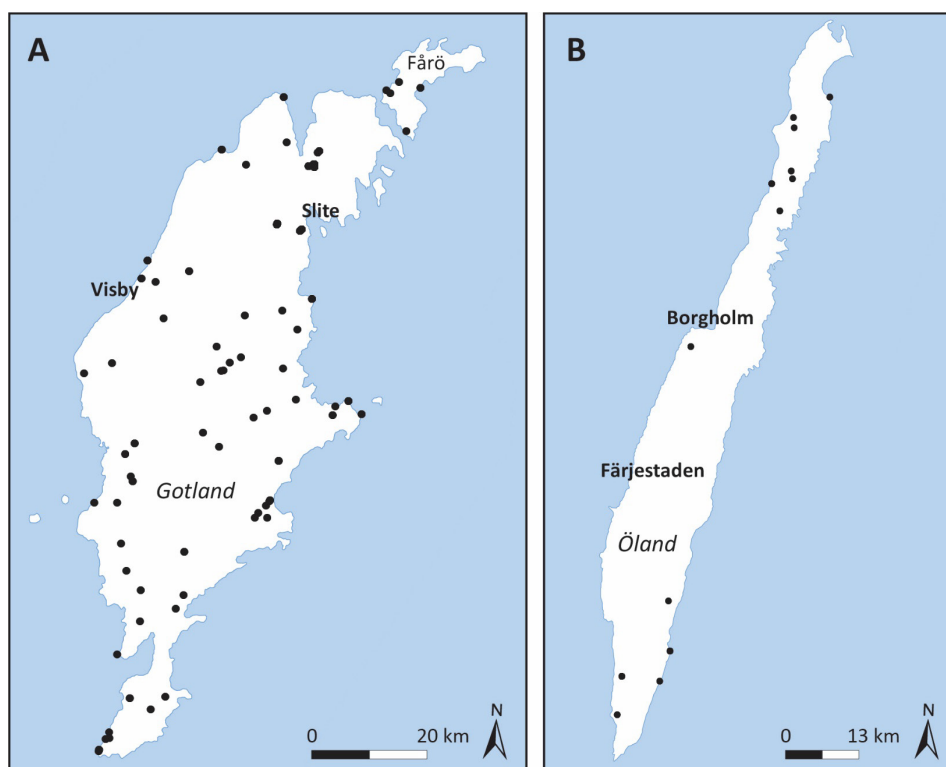
Det saknas ofta information och kunskap om förekomsternas mekaniska egenskaper vilket har en inverkan på den slutliga bedömningen av potentiella förekomsternas lämplighet som klinkerråvara. I vissa fall kan även berggrunden vara ofullständigt undersökt och beskriven varför redovisade analyser inte behöver vara representativa för enskilda förekomster, vilket är fallet för till exempel förekomster i fjällkedjan.

## Geokemisk information

Förutom information från beskrivningar av förekommande bergarter och mineral i en potentiellt lämplig förekomst krävs data från geokemiska analyser. Den geokemiska informationen ger en indikation om vilka mineral bergarten innehåller och halterna för de nödvändiga oxiderna. Ifall en råvara har höga eller låga halter av ett visst grundämne kan det betyda att man måste kompensera detta genom tillsats av andra råvaror för att få en lämplig cementråvara.

Sveriges karbonatstensförekomster har generellt provtagits i mindre utsträckning i jämförelse med områden där berggrunden är kraftigt mineraliserad eller malmförande. Därför är provtagningsfrekvensen tätare i till exempel Bergslagens och Skelleftefältets malmförande berggrund. Provtagningsfrekvensen i områden med kalksten och marmor är dock högre än genomsnittet för svensk berggrund. Vissa kalkstensområden är bättre undersökta än andra varför sådana områden är lättare att värdera utifrån deras lämplighet som cementråvara (fig. 1)

För att säkerställa om ett bergmaterial duger som cementråvara genomförs så kallade brännförsök. Sådana försök kan ge ett betydligt bättre svar på om en bergart är lämplig för cementframställning än de föregående geokemianalyserna. SGU har inte tillgång till sådana data eftersom de vanligtvis enbart utförs av prospekterande företag och i begränsad omfattning utanför där redan brytning sker.



**Figur 1.** Prover för geokemisk analys från SGU:s databas på **A.** Gotland och **B.** Öland. Varje borrhål (svart punkt) är geokemiskt undersökt på flera olika lagernivåer.



## LAGSTIFTNING

Ur ett mineralpolitiskt perspektiv kan den svenska berggrunden sägas bestå av två typer av mineral: markägarmineral och koncessionsmineral.

Den svenska berggrunden består till 99 procent av markägarmineral som tillhör markägaren. Exempel på markägarmineral är kalksten, kvarts, dolomitsten, granit, gnejs, grus och sand. Själva utvinningen regleras genom miljöbalken. Noggrannare undersökningar av ett markägarmineral, som exempelvis kalksten, kräver avtal med markägaren eller att man äger marken innan undersökningarna kan börja.

Koncessionsmineral är mineraliska ämnen som pekas ut i minerallagen (1991:45). Dessa är särskilt industriellt intressanta och förekommer i Sverige i en sådan omfattning att utvinningen kan vara meningsfull. Bland de särskilt utpekade mineraliska ämnena som betecknas som koncessionsmineral, och som omfattas av bestämmelserna i minerallagen, ingår de flesta metaller och vissa industrimineral, inkluderat olja, gasformiga kolväten och diamant. De kräver en systematisk undersökning för att kunna påvisas. För undersökningsarbeten (prospektering) och gruvdrift gäller särskilda processer och prövningar enligt både minerallagen och andra lagar, främst miljöbalken. Minerallagen och miljöbalken gäller parallellt.

För koncessionsmineral prövas markanvändningen i samband med ansökan om bearbetningskoncession enligt minerallagen. För markägarmineral sker denna prövning i samband med ansökan om tillstånd enligt miljöbalken. Beroende på vilken klassning (A, B eller C) som verksamheten har enligt miljöprövningsförordningen (2013:251) prövas täktverksamhet i olika beslutsinstanser. Verksamheter och åtgärder med tillståndsplikt A prövas av mark- och miljödomstol, medan de med tillståndsplikt B prövas av länsstyrelse. För till exempel husbehovstäkter kan det krävas anmälan till tillsynsmyndigheten (anmälningsplikt C). Om en täktverksamhet även behöver tillstånd för vattenverksamhet enligt 11 kap. miljöbalken, prövas ansökan alltid av mark- och miljödomstol.

Beslut av bergmästaren om bearbetningskoncession överklagas till regeringen. Mark- och miljödomstols beslut om verksamhet med tillståndsplikt A överklagas till Mark- och miljööverdomstolen och Högsta domstolen. Länsstyrelses beslut om verksamhet med tillståndsplikt B överklagas däremot till mark- och miljödomstol och Mark- och miljööverdomstolen. I vissa fall kan regeringen besluta om tillåtlighet för en verksamhet med stöd av 17 kap. 3 § miljöbalken.

Processen från första ansökan om tillstånd till ett slutligt avgörande kan ta flera år. Ärendet med Cementas förnyade tillstånd om kalkbrytning i Slite lämnades in till mark- och miljödomstolen under 2017. Domstolen beviljade i januari 2020 tillstånd till fortsatt täktverksamhet i Slite. Beslutet överklagades av ett flertal motparter till Mark- och miljööverdomstolen som avvisade Cementas ansökan i juli 2021. Cementa överklagade beslutet till Högsta domstolen som i augusti 2021 meddelade att domstolen inte gav prövningstillstånd.

I september 2021 antog riksdagen en tillfällig lag om regeringsprövning av kalkstenstäkter i undantagsfall. Med stöd av den lagen gav regeringen i november samma år Cementa tillstånd till fortsatt täktverksamhet i Slite till och med den 31 december 2022.

## RIKSINTRESSEN

Geografiska områden som är av nationell betydelse för en rad olika samhällsintressen kan pekas ut som områden av riksintresse av olika riksintressemyndigheter. Områdena kan vara viktiga av olika skäl – det handlar både om bevarande- och exploateringsintressen.

Mark- och vattenområden som innehåller fyndigheter av ämnen eller material som är av riksintresse ska skyddas mot åtgärder som påtagligt kan försvåra utvinningen av dessa (3 kap. 7 § andra stycket miljöbalken). Sveriges geologiska undersökning (SGU) ansvarar för att peka ut och detaljavgränsa sådana svenska fyndigheter av metaller (malmer), industrimineral, natursten och bergmaterial med stöd av 2 § 5 förordningen (1998:896) om hushållning med mark- och vattenområden.

SGU:s utpekande av en fyndighet som riksintresse ska endast betraktas som ett anspråk på ett sådant intresse och inte som ett absolut skydd för det aktuella området. Det är först vid en förändrad markanvändning som en domstol eller annan prövningsmyndighet avgör om utpekandet är av riksintresse. Olika typer av riksintressen kan överlappa varandra. Om flera utpekade riksintressen är oförenliga ska prövningsmyndigheten göra en avvägning mellan de olika intressena (3 kap. 10 § miljöbalken). Behövs området för en anläggning för totalförsvaret har dock försvarsintresset företräde.

När SGU pekar ut och detaljavgränsar ett område med en fyndighet av ett ämne eller material som riksintresse använder SGU följande kriterier:

1. Ämnet eller materialet har stor betydelse för samhällets behov.
2. Ämnet eller materialet har särskilt värdefulla egenskaper.
3. Området som innehåller fyndigheten av det värdefulla ämnet eller materialet är väl avgränsat, undersökt och dokumenterat.

I Sverige finns idag 25 karbonatstensfyndigheter utpekade som riksintresse (tabell 1). Av dessa är sex utpekade för ändamålet cement eller specialcement. Två finns på Gotland: File Hajdar och Västra brottet i Slite som försörjer cementfabriken i Slite med råvara. En fyndighet finns på Öland, Albrunna, som är utpekad för ändamålet specialcement. De tre återstående utpekade fyndigheterna finns i Västergötland: Våmb, Rådene och Uddagården. Idag pågår kalkstensbrytning för cement endast vid brotten i Våmb och Slite.

**Tabell 1.** Sammanställning av områden som utgör riksintressanta fyndigheter för kalksten och dolomit. För detaljerad information se kartvisaren Riksintressen, mineral på SGU:s webbplats ([www.sgu.se](http://www.sgu.se)).

| Riksintresse               | Län             | Avgränsat område, area, km <sup>2</sup> | Kalktenstyp                 | Användning   |
|----------------------------|-----------------|---|-----------------------------|--|
| <b>Kvarnby</b>             | Skåne           | 0,15                                    | Kritkalksten                | Filler   |
| <b>Ignaberga</b>           | Skåne           | 3,2                                     | Skalgruskalksten            | Industriråvara (hög kvalitet)                            |
| <b>Albrunna</b>            | Kalmar          | 4,98                                    | Ordovicisk ortocerkalksten  | Råvara för specialcement                                 |
| <b>Gillberga</b>           | Kalmar          | 1,99                                    | Ordovicisk ortocerkalksten  | Byggnadssten   |
| <b>Buttle</b>              | Gotland         | 26,9                                    | Silurisk kalksten           | Insatsråvara för kemisk industri, järn- och stålindustri |
| <b>File Hajdar</b>         | Gotland         | 6,5                                     | Silurisk kalksten           | Råvara för cementindustrin                               |
| <b>Västra brottet</b>      | Gotland         | 1,9                                     | Silurisk mägersten/kalksten | Råvara för cementindustrin                               |
| <b>Storugns-Klinthagen</b> | Gotland         | 10,5                                    | Silurisk kalksten           | Insatsråvara för kemisk industri, järn och stålindustri  |
| <b>Fleringe</b>            | Gotland         | 1,5                                     | Silurisk kalksten           | Kalk och kalkbrukstillverkning                           |
| <b>Rute</b>                | Gotland         | 1,7                                     | Silurisk kalksten           | Insatsråvara för kemisk industri, järn och stålindustri  |
| <b>Stucks</b>              | Gotland         | 3,9                                     | Silurisk kalksten           | Insatsråvara för kemisk industri, järn och stålindustri  |
| <b>Uddagården</b>          | Västra Götaland | 4,3                                     | Ordovicisk kalksten         | Råvara för cementindustrins försörjning                  |

|                                      |                    |         |                          |  |
|--------------------------------------|--------------------|---------|--------------------------|--|
| <b>Rådene</b>                        | Västra<br>Götaland | *       | Ordovicisk kalksten      | Råvara för cementindustrins<br>försörjning |
| <b>Våmb, Skövde</b>                  | Västra<br>Götaland | 1,9     | Ordovicisk kalksten      | Råvara för cementindustrins<br>försörjning |
| <b>Forsby</b>                        | Södermanland       | 2,5     | Urbergskalksten          | Filler till pappersindustrin               |
| <b>Tistbrottet</b>                   | Västmanland        | 0,87    | Dolomit                  | Industrimineral                            |
| <b>Björkaverken,<br/>Glanshammar</b> | Örebro             | 1,8     | Dolomit, marmor          | Filler                                     |
| <b>Brännlyckan</b>                   | Örebro             | *       | Marmor                   | Byggnadssten                               |
| <b>Larsbo 1, 2</b>                   | Örebro             | 0,6+0,2 | Kalksten, dolomit        | Metallurgisk industri                      |
| <b>Lillkyrka 1, 2</b>                | Örebro             | 0,2+0,7 | Marmor                   | Byggnadssten                               |
| <b>Smedsjön-Dyrkatorp</b>            | Örebro             | 0,5     | Urbergskalksten, dolomit | Industrimineral                            |
| <b>Gåsgruvan</b>                     | Värmland           | 0,7     | Urbergskalksten          | Metallurgisk industri,<br>miljöändamål     |
| <b>Brunflo</b>                       | Jämtland           | 13      | Urbergskalksten          | Byggnadssten                               |
| <b>Masugnsbyn</b>                    | Norrbottnen        | 0,3     | Dolomit                  | Tillsats i järnmalmspellet                 |
| <b>Norvijaur</b>                     | Norrbottnen        | *       | Urbergskalksten          | Insatsråvara för järn och<br>stålindustri  |

\* inte detaljavränsat

## CEMENTTILLVERKNING – OM RÅVAROR OCH EGENSKAPER

Cement utgör bindemedlet i betong och framställs genom bränning av karbonatstensbergarter. Cement har framställts under längre tid och en av den mest använda cementen idag, portlandcement, skapades under tidigt 1800-tal i Storbritannien och då användes en hållfast, lerig kalksten. I portlandcementen tillsätts särskilda bindemedel för att få en bra hållfasthet och en beständighet som säkrar betongkonstruktioner över tid. För att ytterligare kunna belasta betong har det med tiden tillsatts armering. En av de vanligaste cementsorterna idag är CEM II/A, en typ av portlandcement som innehåller upp till 20 procent alternativa bindemedel. Alternativa bindemedel till cement, exempelvis olika askor, slagg och kalcinerade leror, används om det finns bra möjligheter att få tag i en produkt och om de alternativa bindemedlen är lämpliga för de betongsorter som ska tillverkas. De alternativa bindemedel som är tillåtna i Sverige styrs av gällande cementstandard, och idag innebär det att aska från stenkolseldning, granulerad masugnsslagg samt silika (kisel) får användas.

De flesta cementtillverkare i världen använder idag sedimentära bergarter som råvara, men även kristallin råvara (olika typer av marmor) förekommer. Vid samma kemiska sammansättning på råvaran är lagrade sedimentära bergarter oftast enklare och billigare att bryta, krossa och bränna. Kristallin råvara (till exempel marmor från urberg) används dock för cementtillverkning på flera platser i världen, bland annat i Finland och i Afrika där tillgången på lämplig sedimentär karbonatberggrund är begränsad. Historiskt har kristallin råvara använts vid regional cementproduktion även i Sverige.

Produktions-, investerings- och underhållskostnader är vanligen högre för kristallin råvara jämfört med sedimentär. Detta på grund av att förekomster av omvandlade kristallina karbonatbergarter ofta lagrar brant stående och är veckade, vilket kan komplicera såväl brytning som kvalitetskontroll i brottet. Omvandlade karbonatbergarter består oftast, utöver kalcit, av en rad olika mineral som är hårdare. Råvaran blir svårare att krossa och mala till önskad kornstorlek lämplig för cementbränning än motsvarande sedimentär kalkstensförekomst. Hårdheten ger även ökat slitage vilket medför ökat underhållsbehov på krossutrustning, siktar, transportband med mera.

## Mineralogiska och kemiska egenskaper

För att ett råmaterial ska vara fullt användbart förutsätts att det mineralogiskt och därmed kemiskt är den rätta för slutprodukten, cement (se tabell 2). Grundläggande mineralgrupper som används är karbonater och lermineral eller aluminiumsilikater. Vanligen används vid sedimentär råvara kalksten och mägersten i kombination med tillsatser av andra material som kvartssand, kalksilikat (till exempel slagg) eller bauxit så att den totala kemiska sammansättningen blir rätt (Ghosh 1982). Utöver dessa material krävs ofta en hel del andra tillsatsmedel för att erhålla särskilt önskvärda egenskaper, exempelvis tillsätts gips för att försena härdningsprocessen av betongen. En långsamt härdnande betong med låg värmeutveckling minimerar sprickbildning.

Gemensamt för de flesta av de tillsatsmaterial som används vid cementframställningen är att det är relativt små kvantiteter som behöver tillsättas. Ett annat bindemedelsmaterial som går att tillsätta är flygaska genererad från kolkraftverk, vilket kan förbättra hållfastegenskaperna för betongen. Vissa askor innehåller dessutom aluminium och kiselföreningar med puzzolana egenskaper. De är kemiskt reaktiva med cementpastan och ökar reaktionsförmågan för cementen. Användning av alternativa bindemedel och tillsatser som slagg eller flygaska kan medföra minskad förbrukning av jungfrulig karbonatråvara.

Utifrån lokala geologiska förutsättningar varierar materialråvarorna för cementtillverkning över tid. Förr använde man sig i Sverige huvudsakligen av särskilda leror som tillsatsmedel för att få till den rätta aluminiumsammansättningen. Exempelvis tillverkades i början av 1900-talet cement vid Köping av den lokala leran på platsen tillsammans med en kalksten som fraktades in via linbana från Forsby, söder om Hjälmarén. För att kunna använda leror och lerstenar användes den så kallade *våtmetoden* som kräver inblandning av vatten vid homogenisering av råvaran innan brännprocessen. Våtmetoden var därför mer energikrävande och därmed mer kostsam jämfört med att utgå ifrån råvaran mägersten som aluminiumkälla (vilket inte kräver vatteninblandning). Idag är användningen av leror ovanlig medan mägersten är den mest använda bergarten som aluminiumkälla.

**Tabell 2.** Typisk sammansättning för en portlandcement (Svensk Byggtjänst 2017).

| Oxid                           | Intervall, % | Typisk analys, % |
|--------------------------------|--------------|------------------|
| CaO                            | 60–70        | 63               |
| SiO <sub>2</sub>               | 17–25        | 20               |
| AlO <sub>3</sub>               | 2–8          | 4                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0–6          | 2                |
| MgO                            | 0–4          | 3                |
| SO <sub>3</sub>                | 1–4          | 3                |
| K <sub>2</sub> O               | 0,2–1,5      | 1,0              |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,2–1,5      | 0,3              |

## Skador i betong

För att undvika skador på grund av att reaktiv ballast, då kisel främst i form av flinta eller amorf kisel, eventuellt kan förekomma tillsammans med kalkstenen låter man anläggningscementen vara lågalkalisk, det vill säga innehålla låga halter av bland annat natrium och kalium. Överskott av lösta alkalijoner (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>), hydroxidjoner (OH<sup>-</sup>) och reaktiv kisel kan starta alkalisilikareaktioner i en betongkonstruktion och orsaka en slutgiltig sprickbildning på grund av ett inre svälltryck. Lågalkalisk cement används i särskilt utsatta miljöer och man avstår från att använda reaktiva ballastmaterial (Gram m.fl. 2017, Svenska Betongföreningen 2020). Halterna av Na<sub>2</sub>O och K<sub>2</sub>O bör inte överstiga 1,4 procent för att undvika sintring i ugnen (Wilck 1991).





**Figur 2.** Svarta konkretioner av flinta i danienkalksten i Malmö. Flinta är en mycket alkalisilikareaktiv bergart som inte används som ballast då man gjuter särskilt fuktutsatta bro- och betongkonstruktioner eftersom spricktillväxt annars kan uppstå i konstruktionerna senare. Foto: Mikael Erlström.

Alkalisilikareaktivt ballastmaterial som flinta förekommer bland annat inlagrat i danienkalkstenen i Skåne och kan även förekomma i jordarterna i de södra delarna av länet. Flintlager kan förekomma i mindre omfattningar i vissa sedimentära och metamorfa bergarter (fig. 2). Andra alkalisilikareaktiva bergarter som förekommer i Sverige är till exempel finkorniga vulkaniska bergarter i Bergslagen och kraftigt deformerade, mycket finkorniga och långsamreaktiva bergarter (Svenska Betongföreningen 2020).

Cementen har härdat som ett bindemedel i betongen och återvunnen krossad betong kommer därför endast att kunna utgöra en ersättning för ballasten i nyttillverkad betong.

### Huvudråvaror för cement

Marmor är en metamorf, omvandlad kalksten och är huvudsakligen uppbyggd av kalcit ( $\text{CaCO}_3$ ). Dolomitmarmor innehåller främst mineralet dolomit,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , där magnesiumjoner tillsammans med kalciumjoner bygger upp bergarten. Förutom marmor och dolomitmarmor förekommer ett antal blandformer mellan dessa bergarter där magnesiumhalten varierar.

Magnesium är ett ämne som är problematiskt att hantera inom cementtillverkningsindustrin. I tillverkningsprocessen, i samband med malningen, upphettningen och den snabba nedkylningen kan magnesiumoxiden periklas bildas. Periklas reagerar inte på samma sätt som kalciumsilikater utan mineralet hydreras mycket långsamt och expanderar relativt kraftigt under lång tid. Detta kan leda till allvarlig sprickbildning i betongkonstruktionen. Därför begränsas magnesiumhalten

till endast ett par procent (tabell 2). I Betonghandbok Material anges att magnesiumoxidhalten inte får överstiga fem procent för att inte skapa problem med volymbeständigheten hos betongen (Wilck 1991, Svenska Betongföreningen 2020).

Råvarans malbarhet och partikelstorlek är viktig för sintringsegenskaperna, ju mindre partikelstorlek den ursprungliga bergarten har desto bättre sintringsegenskaper får slutprodukten. Därför är finkornig sedimentär kalksten att föredra framför marmor, vars partikelstorlek ofta är större. Marmorbergarter är ovanliga vid cementtillverkning. I de fall det finns lämplig sedimentär kalksten används den i stället. Kornstorlek på bränd och mald cementprodukt är också viktig, särskilt vid tillverkning av speciella cementsorter såsom injekteringscement som behöver vara mycket finkornig.

Förutom kalksten behövs stora mängder av en aluminiumrik bergart, till exempel mägersten. Mägersten består av en blandning av ler- och sandpartiklar samt kalciumkarbonat. Halterna av dessa delmaterial varierar och olika mägerstenar kan ha skilda mineralsammansättningar. I de metamorfa bergartsområdena saknas vanligen en lämplig homogen aluminiumförande bergart, en omvandlad motsvarighet till den sedimentära mägerstenen.

En vanlig omvandlad aluminiumrik bergart som anges i litteraturen i cementsammanhang är skiffer (Boynton 1966). Skiffer och andra metamorfa bergarter varierar i mineralogisk sammansättning mer än andra bergarter och är en utmaning vid cementframställningen. Bergarten skiffer varierar även ofta i kornstorlek för olika mineral och dess skiktning med varierande hållfasthet skapar en mer heterogen bergart i jämförelse med mägersten, vilket innebär att krossnings- och malningsprocessen ofta försvåras.

Cementtillverkning av marmor förekommer sparsamt, till exempel i Kanada, Indien, Ryssland och Sydafrika. Finland saknar helt sedimentär kalksten i sin berggrund. I de finska anläggningarna används därför den lokala, kalcitrika marmorn. I området finns även en omvandlad mägersten som har förhöjd magnesiumhalt. Tidigare användes en lokal lerbeförekomst för att få den rätta aluminiumhalten i cementen (Aurola 1954). Genom att ha en mycket god kontroll över det bergartsmaterial som erhålls från varje sprängsalva och därmed kunna utesluta magnesiumrika bergartspartier går det att begränsa andelen magnesium i råvaran. I Finland används även vissa av sidobergarterna till marmorn för att få rätt aluminiumhalt i råvaran. En sådan tillverkningsprocess är dock i förhållande till en sedimentär kalkstensråvara besvärligare och därmed dyrare. Finlands brist på sedimentär kalksten innebär att landet är den andelsmässigt största importören av bränd kalksten i världen.

Vissa vittrade kalkstenar eller marmorbergarter kan innehålla smektitmineral vilka kan orsaka oönskade svällningsegenskaper. Smektit är ett lermineral med mycket hög specifik yta varför det även kan absorbera vatten kraftigt och orsaka en stor volymökning. Dolomitmarmor är en bergart där detta är mer vanligt förekommande än i traditionella kalkstenar. I Sverige har det påträffats skadefall på grund av att den marmor som använts för cementframställning innehållit smektitlera (Lagerblad & Jacobsson 1997).

## KALKSTEN OCH DOLOMIT I SVERIGE

Den dominerande delen av Sveriges berggrund utgörs av magmatiska och metamorfa bergarter som granit och gnejs, kallat kristallint urberg. Inslaget av karbonatbergarter är generellt sett litet i urberget. Inom stora delar av södra och mellersta Norrland, inom Sydsvenska höglandet och i Sydvästsverige saknar berggrunden praktiskt taget helt sådana bergarter. Däremot finns det i östra Mellansverige, Södermanland, Uppland och Bergslagen förekomster av kalkstenar och dolomitsten knutna till omvandlade vulkaniska ytbergarter. Även i nordligaste Norrbotten, Norrbottens skärgård och i Skelleftefältet i Västerbotten finns dessa typer av karbonatbergarter.

Kalksten förekommer däremot relativt frekvent inom den yngre fanerozoiska sedimentära berggrunden i mellersta och södra Sverige. Dessa kalkstensförekomster finns i Skåne, på Öland och Gotland, i Östergötland, Västergötland, Närke, Siljansområdet och utmed fjällkedjan. De mest utbredda och tillgängliga kalkstensförekomsterna finns på Gotland och Öland, i Västergötland samt i Skåne där även kalkbränning och cementtillverkning haft en lång historia.

Nedan följer en kortfattad beskrivning av Sveriges kalkstensförekomster som kan delas in i:

1. Yngre kalkstenar i den sedimentära berggrunden i Skåne, på Öland och Gotland, i Västergötland, Östergötland, Närke, Dalarna och i fjällkedjan.
2. Prekambriska kalkstenar, så kallade urbergskalkstenar i Bergslagen, Södermanland, Skelleftefältet och Norrbottens skogsland samt i mindre områden i Småland, Värmland och Hälsingland.

I figur 3 ges en översikt av var det finns kalksten i Sverige.

### Yngre kalkstenar i den sedimentära berggrunden

#### *Skåne*

I Skåne finns ett antal kalkstensförekomster som på olika sätt brutits för industriella ändamål sedan medeltiden. Under 1900-talet fanns tiotalet aktiva stenbrott där kalksten bröts som byggnadssten, jordbrukskalk och för cementtillverkning. Idag återstår i Skåne endast Nordkalks kalkstensbrott i Ignaberga väster om Hässleholm där skalgruskalksten bryts för framställning av kalkstensmjöl till applikationer inom miljövard, lantbruk och industri.

De skånska kalkstensförekomsterna består av begränsade förekomster av äldre paleozoiska kristallina kalkstenar, det vill säga komstadkalksten och bjärsjölagårdskalksten samt mer utbredda yngre lösare kalkstensförekomster i sydvästra och nordöstra Skåne.


Historiskt har samtliga dessa förekomster, med varierande framgång, använts för framställning av bränd kalk och tillverkning av cement. I slutet av 1800-talet startade en mer än 100 år lång produktion av portlandcement i Skåne. Fabriken och kalkstensbrottet i Limhamn blev centrum för cementtillverkning i Sverige fram till slutet av 1970-talet med en årsproduktion av uppemot 1,2 miljoner ton cement. Cementtillverkning skedde även 1874–1905 i Lomma (Skånska Cementaktiebolaget), 1902–1939 i Klagshamn (Klagshamns Cementverks AB), 1899–1928 i Maltesholm (Maltesholm Cement AB), 1914–1919 i Skanör (Baltiska Cementfabriks Aktiebolaget) och på sydkusten vid Smygehamn och Östra Torp (1802–1951) samt i Bjärsjölagård (cirka 1865–1941).

Nedan följer en kort sammanställning av kalkstensförekomsterna i Skåne avseende storlek, lagring, kemisk uppbyggnad och bedömd potential som cementråvara. När det gäller den kemiska uppbyggnaden görs en jämförelse med standardsammansättningen på portlandklinker.



## KALKSTENSFÖREKOMSTER I SVERIGE - en översiktskarta

0 50 100 150 200 250 km

 Större område med sedimentär berggrund och förekomst av kalksten utanför fjällkedjan

**Jämtland**  
Spridda förekomster med ortocerkalksten och kristallin kalksten

**Siljansområdet**  
Ortocerkalksten  
Revkalksten

**Närke**  
Ortocerkalksten

**Västergötland**  
Ortocerkalksten

**Sydvästskåne**  
Skrivkrita  
Bryozokalksten

**Kristianstadsområdet**  
Skalgruskalksten

**Sydöstkåne**  
Spridda mindre förekomster av ortocerkalksten

**Norrbotten, Västerbotten  
Fjällkedjan och Bergslagen**  
Spridda mindre förekomster med kristallin kalksten

**S. Närke, Östergötland**  
Kristallin kalksten  
Kolmården-typ

**Östergötland**  
Ortocerkalksten

**Gotland**  
Silurisk revkalksten  
märgel/märgelsten

**Öland**  
Ortocerkalksten

**Figur 3.** Översiktlig karta som visar var det förekommer större områden med kalksten, marmor och dolomitmarmor i Sverige.

## Komstadkalksten

Den cirka 10 m tjocka underordoviciska kalkstenen påträffas främst i sydöstra Skåne. Här finns spridda ytligt liggande förekomster inom ett oregelbundet område kring Bollerup, Tosterup, Listarum, Hammenhög och Borrby. Kalkstenens utbredning är svår att fastställa på grund av att området är genomsatt av många förkastningar. Den brytning som skett har främst varit för kalkbränning under 1500–1600-talen och som byggnadssten fram till slutet av 1900-talet.

Den kemiska uppbyggnaden av komstadkalksten är i stort sett jämförbar med de kalkstentyper som bryts eller har brutits som cementråvara i Skövde och i Degerhamn. I jämförelse med sammansättningskraven för portlandcement lämpar sig komstadkalkstenen väl som cementråvara (tabell 3).

De enskilda ytliga förekomsterna är inte tillräckligt stora för storskalig produktion av cementråvara. Även om man slår ihop några av de större förekomsterna vid Gärnäs, Komstad och Hammenhög överstiger de bedömda brytvärda tillgångarna sannolikt inte mer än cirka en miljon ton.

## Bjärsjölagårdkalksten

Inom det siluriska lerskifferområdet kring Ringsjöns västra strand och kring Bjärsjölagård finns linsformade förekomster med översilurisk kalksten. Bjärsjölagårds gods bröt kalkstenen fram till 1941 för framställning av bränd kalk. I den uppemot 25 m tjocka förekomsten finns cirka sex meter ren kalksten medan övriga avsnitt består av mer eller mindre lerig kalksten och karbonathaltig lerskiffer.

Den rena kalkstenen har mycket höga karbonathalter (se tabell 3) och uppblandning med lerigare varianter från lagerföljden ger en bra råvara för portlandcement. Utbredningen av och den totala brytvärda volymen kalksten är mycket begränsad. Förekomsten vid Bjärsjölagård är cirka 400 m i diameter och bedöms innehålla cirka 250 000 ton brytvärd kalksten. Liknande små förekomster kan finnas, men sammantaget är volymerna bjärsjölagårdkalksten för små för storskalig brytning som cementråvara.

**Tabell 3.** Översikt av de kemiska sammansättningarna i procent för ett antal kalkstensformationer i Skåne. Halterna baseras på data i SGU:s Rapporter och meddelanden nr 56 (Shaikh m.fl. 1990), omräknade till viktprocent av restmaterial efter upphettning motsvarande klinkerråvara. Jämförelse med ungefärliga haltintervall för portlandklinker.

| Kemisk sammansättning              | Komstad-kalksten | Bjärsjölagård-kalksten | Kritkalksten  | Ignaberga-kalksten | Danien-kalksten      | Portlandklinker      |
|------------------------------------|------------------|------------------------|---------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Antal analyser</b>              | <b>10-tal</b>    | <b>&lt; 5</b>          | <b>&lt; 5</b> | <b>Cirka 20</b>    | <b>Cirka 35</b>      | <b>n.d.</b>          |
| <b>SiO<sub>2</sub></b>             | 13–19            | 7–10                   | 0,2–1,2       | 20–35              | 10–75 <sup>(a)</sup> | 19–25                |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 4,2–5,9          | 2–5                    | < 0,3         | 1,1–1,7            | < 0,5                | 3–8                  |
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             | 0,2–0,3          | 0,1–0,2                | < 0,1         | 0,1–0,2            | < 0,1                | 0,1–1                |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 1,8–2,4          | 1,2–2,4                | < 0,1         | 0,4–0,6            | < 0,3                | 1–5                  |
| <b>MnO</b>                         | 0,2–0,3          | < 0,1                  | < 0,1         | < 0,1              | < 0,1                | 0,1–3 <sup>(b)</sup> |
| <b>CaO</b>                         | 68–77            | 75–85                  | 54–55         | 60–77              | 23–88 <sup>(a)</sup> | 60–66                |
| <b>MgO</b>                         | 1,2–1,4          | 3–4                    | 0,2–0,3       | 0,5–0,7            | 0,3–1,5              | 1–5                  |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>              | 1,2–1,7          | 0,4–1,2                | < 0,1         | 0,5–0,9            | < 0,1                | 0,5–1                |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>             | < 0,1            | < 0,2                  | < 0,1         | < 0,2              | < 0,1                | 0,5–1                |
| <b>S</b>                           | < 0,1            | < 0,2                  | < 0,1         | < 0,1              | < 0,1                | 0,1–2 <sup>(c)</sup> |

a) beroende på halten flinta, b) halt som Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, c) halt som SO<sub>2</sub>

## **Kritkalksten (skällor)**

Öster och ostsydost om Malmö påträffas vid Kvarnby, S. Sallerup och Tullstorp stora ytligt liggande flak av kalksten i kvartära lager. Det största flaket har uppskattats till 850 m långt och 300 m brett. Förekomsterna har bildats genom att stora partier med kalksten brutits loss från berggrunden, transporterats och avlagrats tillsammans med kvartära sediment. Sannolikt kommer skällorna från berggrundsområden utanför Skånes sydkust. Merparten av skällorna består av mycket finkornig och mjuk skrivkrita med inslag av knölig svart flinta. Förekomsterna har brutits av Malmökrita AB för bland annat framställning av filler till pappersindustrin. Skrivkritan har mycket hög karbonathalt och saknar i stort sett lermineral och andra alkalihaltiga mineral (se tabell 3). Kisel påträffas främst som knölar och bollar av svart flinta.

Kritskällornas begränsade utbredning och kemiska uppbyggnad gör att de inte lämpar sig som cementråvara. Volymen utvinningsbar kalksten bedöms också vara för liten.

## **Danienkalksten (Limhamnskalksten)**

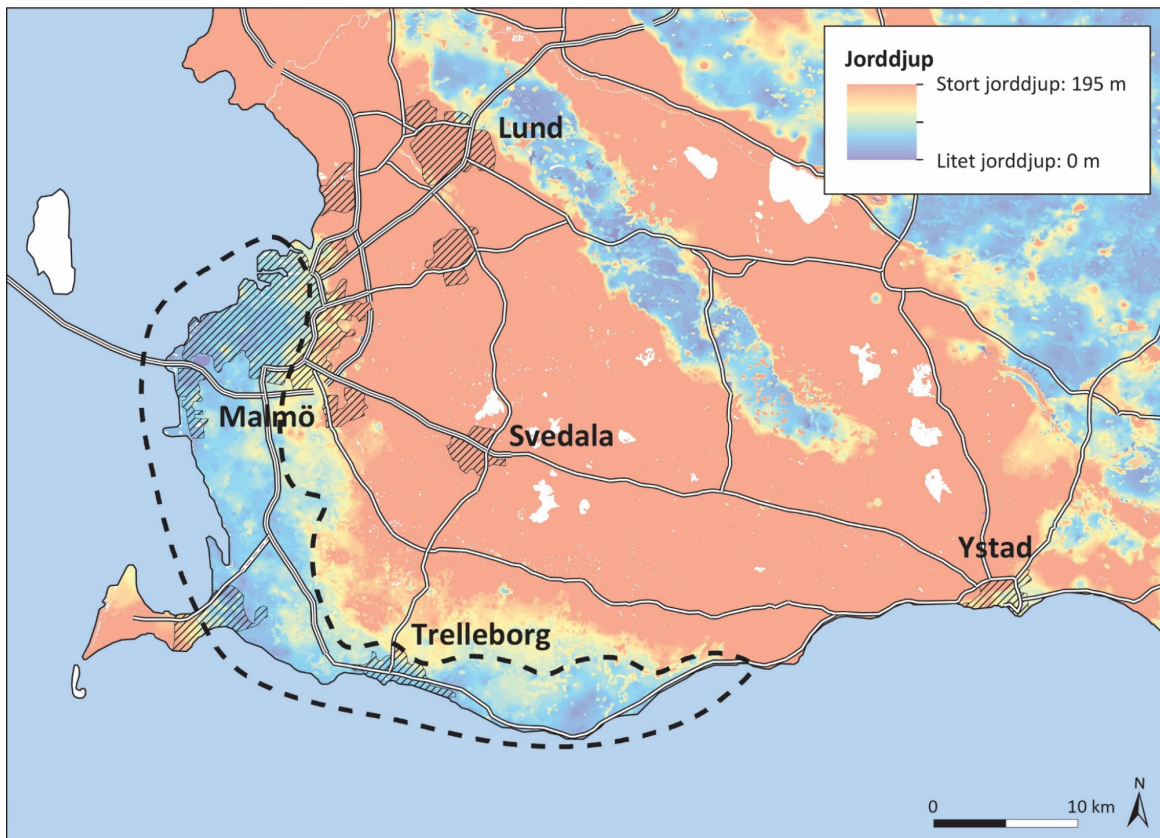
Danienkalksten påträffas som ytberggrund inom ett stort område i sydvästra Skåne, sydväst om en linje som sträcker sig från Landskrona till Ystad. Den är uppemot 150 m mäktig och överlagrar i området kritkalksten av samma typ som de skällor som finns vid Kvarnby. I Malmöområdet är danienkalkstenen 60–80 m mäktig. Volymmässigt är det den största kalkstensförekomsten i Skåne. Danienkalkstenen delas in i en övre finkornigare och mer horisontellt lagrad variant (Köpenhamnskalksten) som innehåller uthålliga lager med förkislad kalksten och flinta. Köpenhamnskalkstenen påträffas inte överallt inom utbredningsområdet. I Malmöområdet är den vanligtvis mindre än 10 m tjock. Den största delen av danienkalkstenen utgörs av limhamnsledet som består av så kallad bryozokalksten och är en porösare kalksten med högre karbonathalt och mindre förekomst av förkislade horisonter. Flinta förekommer i relativt stor omfattning och kan utgöra 10–20 procent av bergarten. Flintan förekommer mestadels som knölar och aggregat som kan separeras vid brytning. I limhamnsledet finns linser och kroppar med ren korallkalksten som har mycket hög karbonathalt. I lagerserien förekommer också tunna skikt med karbonathaltiga leror.

Brytning av danienkalksten har skett främst i ett område kring Smygehuk och Östra Torp på Skånes sydkust, och i Malmöområdet (Klagshamn och Limhamn). Den kemiska uppbyggnaden domineras helt av kalcium och kisel (se tabell 3). Lermineral och fältspater förkommer i mycket små mängder vilket gör att man vid cementframställning måste tillsätta andra aluminiumhaltiga råvaror. För att få en råvara lämplig för cementtillverkningen i Limhamn sorterades merparten av flintan bort och aluminiumhalten ökades med hjälp av lera från Lomma samt silurisk lerskiffer från ett stenbrott vid Odarslöv norr om Lund. Stenbrottet i Limhamn var i slutet av 1970-talet Sveriges största kalkstensbrott med brytning ner till cirka 65 m djup under markytan. Brytningen nådde ner till allra översta delen av den underliggande kritkalkstenen.

Cementtillverkningen i Limhamn upphörde 1978 på grund av att anläggningen inte ansågs ha samma utvecklingspotential som produktionsanläggningarna i Slite och Skövde.

Danienkalkstenen har historiskt sett visat sig fungera som råvara för cement men förutsätter att man tillsätter en aluminiumhaltig råvara som lera eller skiffer och att flintan avskiljs. Kvartära leror påträffas rikligt i samma område och även lerskiffer finns i centrala Skåne.

Danienkalkstenen täcks inom utbredningsområdet till övervägande del av mäktiga jordlager vilket gör att potentiell lönsam brytning begränsas till en kustnära zon från Malmö till Höllviken och österut mot Trelleborg och Smygehamn där jorddjupen är mindre än 20 m (se fig. 4).



**Figur 4.** Jorddjup över södra Skåne. Inringat område visar var jordtjockleken är mindre än 15 meter, vilket är mer lämpade områden för utvinning av kalksten.

### Kalksten i Kristianstadsområdet

I nordöstra Skåne förekommer ett sammanhängande område med karbonathaltiga bergarter som bildades under kritperioden (krittäcket). Krittäcket på Kristianstadsslätten består av dåligt konsoliderade skalgruskalkstenar med varierande kvartshalt och karbonathaltiga sandstenar. Berggrunden täcks i området av relativt tjocka jordlager, ofta mer än 20 m. Utmed sluttningarna till urbergsområdena i söder och kalkstensområdets utgående mot norr är jordlagren tunnare och här finns ett stort antal nedlagda mindre kalkstensbrott. Kalkbränning har skett på flera platser. I början på 1990-talet nåddes kulmen av brytning, kalkbränning och produktion av kalkstensmjöl. Idag sker enbart brytning i Ignaberga kalkstensbrott. Förekomsten i Ignaberga är belägen cirka 8 km sydost om Hässleholm. SGU har detaljavgränsat Ignaberga kalkstensförekomst som riksintresse för värdefulla ämnen eller material. Tillgångar i nuvarande täktillstånd, som gäller till år 2029, beräknas till cirka 3,4 miljoner ton. Tjockleken på kalkstenen varierar mellan 8 och 10 m. Brottet är cirka två kilometer långt och 200–500 m brett. Kalkstenen används främst för miljöändamål (sjöar och våtmarker), inom stål och betongindustri samt som jordbrukskalk. Kalkstenen krossas, siktas och mals till olika finfraktioner från 0,2 mm.

Kalkstentypen som allmänt benämns ignabergakalksten är en mestadels lös, medelkornig skalgruskalksten med en varierande mängd kvarts. I det nedlagda stenbrottet i Ullstorp och det aktiva Ignabergabrottet utmed Nävlingeåsen samt i det nedlagda Maltesholmsbrottet ökar kvartshalten markant på 10–15 m djup och övergår där till en ren kvartssand som överlagrar urberget.

Den totala tjockleken på den kalkstensdominerade berggrunden i Kristianstadsområdet är som mest drygt 200 m kring Kristianstad-Åhus-Yngsjö. I denna berggrund förekommer även

betydande grundvattenmagasin som utgör de viktigaste grundvattenresurserna i nordöstra Skåne. Tjockleken på kalkstenen, där brytning skett, är vanligtvis mindre än 50 m. De undre delarna är mycket kvartsrika, och uppträder ofta som ren kvartssand.

Potentiella förekomster för cementtillverkning är relativt begränsade till områden utmed sluttningarna till Nävlingeåsen, Linderödsåsen och eventuellt i områden nordost om Kristianstad. Den kemiska karaktären på kalkstenen gör också att man behöver tillsätta en aluminiumhaltig råvara. Senaste cementtillverkningen ägde rum i Maltesholm fram till 1928. Tillverkningen kämpade med tekniska svårigheter och kvalitetsproblem vilket gjorde att Skånska Cement avslutade verksamheten och koncentrerade tillverkningen till Limhamn. Totalt producerades cirka 60 000 ton cement i Maltesholm.

För att bedöma kalkstenens potential som cementråvara i Kristianstadsområdet krävs ytterligare utredningar rörande dess bränningstekniska egenskaper och vilka tekniska problem som tidigare funnits med kalkstenen som råvara till cement. En fördel med kalkstenen är att den är lättbruten och därför inte kräver sprängning. Det största hindret är att finna tillräckligt stora volymer i områden med inte för stora jorddjup och där eventuell brytning inte inverkar på den viktiga grundvattenresursen i området.

Av de olika kalkstensförekomsterna i Skåne bedöms danienkalkstenen i sydvästra Skåne ha störst potential som cementråvara men att det behövs en kompletterande aluminiumråvara och att flintan bör avskiljas. Övriga kalkstensförekomster bedöms som för små, mer lämpade för andra ändamål, svårtillgängliga på grund av stora jorddjup eller att det är svårbedömda volymer och kvaliteter. En sammanfattande bedömning av de skånska kalkstensförekomsterna ges i tabell 4.

**Tabell 4.** Sammanfattande kommentarer rörande de skånska kalkstensförekomsternas lämplighet som cementråvara.

|                           | Komstadkalksten  | Bjärsjölagård-kalksten   | Ignaberga-kalksten   | Kritkalksten  | Danienkalksten  |
|---------------------------|--|--|--|---|---|
| <b>Kvalitet</b>           | God kvalitet som cementråvara. Jämförbar med portlandklinker.  | God kvalitet som cementråvara. Jämförbar med portlandklinker.                                    | Hög karbonathalt, behov av alkali-råvara (lera, skiffer). Osäkra brännings-egenskaper.                 | Mycket ren kalksten med flinta. Mjuk, finkornig, sämre brännegenskaper. | Inlagring av flinta, behov av alkali-råvara (lera, skiffer). Flintamängden är ofta för stor, separation krävs.  |
| <b>Tjocklek och volym</b> | Relativt tunna lager (< 10 m). För små reserver. Max cirka 1 miljoner ton. Eventuellt något större volymer kan finnas. | Tunna (< 25 m tjocka) linser (varav endast 5–6 m ren kalksten). För små reserver. < 250 000 ton. | Osäkra volymer. Kan finnas tillräckliga volymer men osäkra brytvärda kvaliteter med tjocklekar > 15 m. | Begränsade små förekomster.   | Stora områden i sydvästra Skåne. Stor tjocklek möjliggör brytning på djupet i minst tre pallar á 20 m. Stora volymer.                                   |
| <b>Jorddjup</b>           | < 10 m   | < 10 m   | Små områden med mindre än 10 m jord.   | Små jorddjup.   | Mestadels > 20 m. Mindre jorddjup i ett kustnära område från Malmö till Smygehamn.  |
| <b>Övrigt</b>             | Utbredningsområdet är genomsatt av talrika förkastningar som försvårar bedömningen av förekomsternas utbredning.       | Ingen potential som stor råvarureserv.   | Mer lämpad som jordbruks- och miljöalk.  | Mer lämplig som fillermaterial.   | Storskalig brytning har skett fram till slutet av 1900-talet. Tillsatsråvara behövs. Flintan måste hanteras. Bäst potential av de skånska kalkstenarna. |



## Öland

Ordovicisk kalksten förekommer på merparten av ön, undantaget de lägre liggande västra delarna nedanför landborgen. Här utgör i stället kambrisk siltsten, lerskiffer och alunskiffer berggrunden. Den öländska berggrunden stupar svagt österut vilket gör att kalkstenslagrens tjocklek går från några få meter i väster till uppemot 40 m i de östligaste delarna av ön.

Kalkstenslagren karakteriseras av grå och rödbruna tydligt lagrade fin- och medelkristallina kalkstenar. Jordtäckningen är liten, speciellt på södra Öland. Brytning har skett sedan medeltiden och det finns ett antal små stenbrott i landskapet från den tiden. På norra Öland sker idag brytning i Hornudden och Gillberga. Här bryts kalkstenen för produktion av trädgårdssten och byggnadssten.

På södra Öland har storskalig brytning för cementtillverkning tills nyligen skett i Cementas stenbrott i Albrunna och anläggning strax söder om Degerhamn. I bergtäkten i Albrunna är kalkstenen cirka 10 m tjock och Cementa har årligen brutit cirka 370 000 ton kalksten i täkten. Kalkstensförekomsten är av riksintresse och detaljavgränsad. Brottet, som ligger cirka tre kilometer sydost om fabriken, är 850 m långt och sträcker sig i nordostlig riktning. Täktstillståndet gällde fram till 2022. Omkring sju miljoner ton beräknas utgöra outbrutna tillgångar inom det detaljavgränsade området vilket skulle räcka i 14 år med en brytningstakt på cirka 350 000 ton per år. I det detaljavgränsade området har prospektering gjorts med kärnbörning.

Kemiskt uppfyller kalkstenen kraven för cementråvara (tabell 5) och det finns reserver av kalksten som uppfyller behovet för storskalig cementproduktion. I anslutning till bergtäkten på norra Öland finns relativt stora massor med skrotsten som kan användas för bränning av cement. Äldre bedömningar nämner även att det i anslutning till täkten längs kusten på norra Öland finns några hundra tusen ton skrotsten som kan användas som råvara för cement.

**Tabell 5.** Översikt av den kemiska sammansättningen i procent för ordovicisk ortocerkalksten från Öland och kalksten samt mörkelsten från Gotland. Halterna baseras på data i SGU:s Rapporter och meddelanden nr 56 (Shaikh m.fl. 1990), omräknade till viktprocent av restmaterial efter upphettning motsvarande klinkerråvara. Jämförelse med ungefärliga haltintervall för portlandklinker.

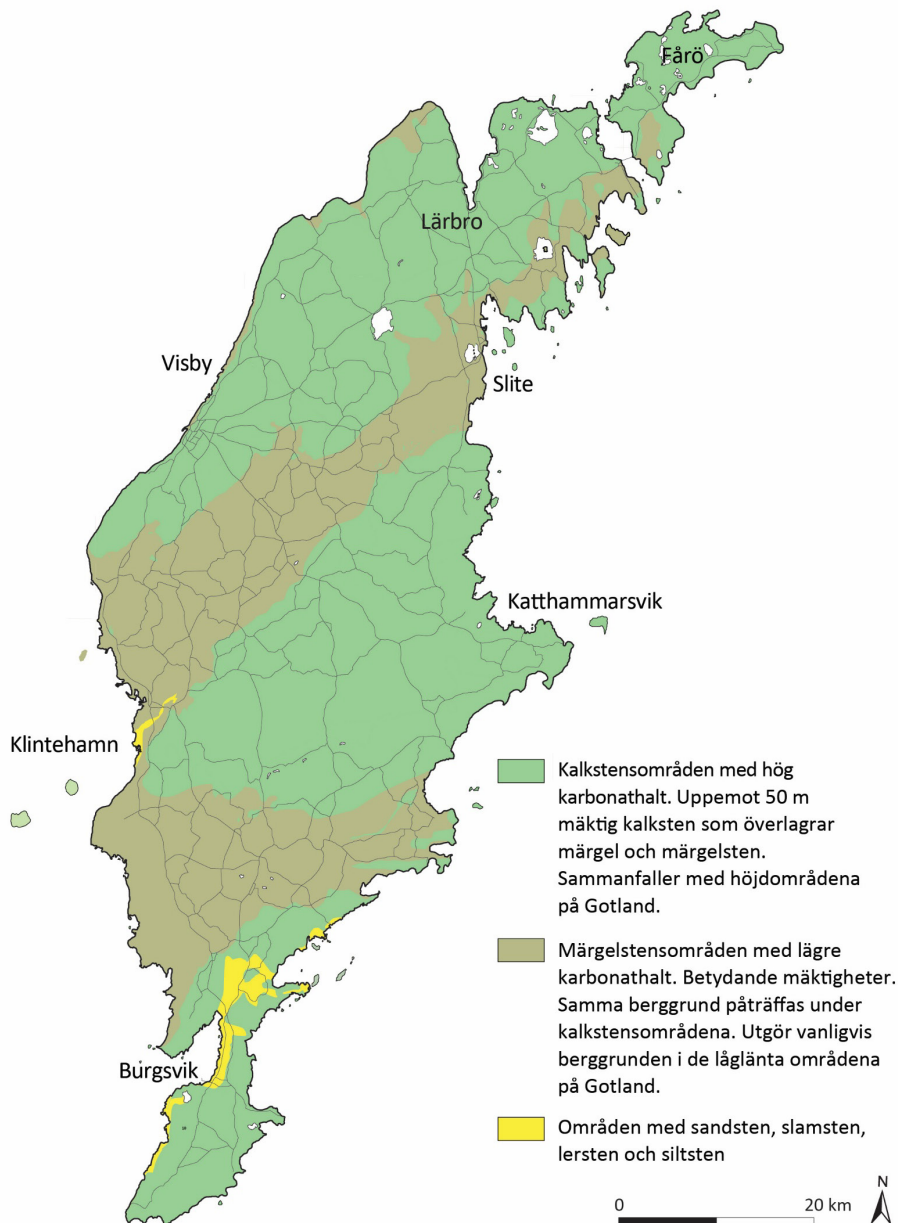
| Kemisk sammansättning          | Ortocerkalksten, Öland | Kalksten, Gotland | Mörkelsten, Gotland | Portlandklinker      |
|--------------------------------|------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 8–15                   | 1–5               | 15–20               | 19–25                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,5–4,6                | 0,2–0,5           | 2–4                 | 3–8                  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,1–0,2                |                   |                     | 0,1–1                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,9–3,9                | 0,2–0,4           | 1,5–2               | 1–5                  |
| MnO                            | 0,2–0,3                |                   |                     | 0,1–3 <sup>(a)</sup> |
| CaO                            | 72–83                  | 88–94             | 60–70               | 60–66                |
| MgO                            | 0,9–1,3                | 0,8–1             | 1–3                 | 1–5                  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,7–1,6                | 0,5–1             | 0,7–1,5             | 0,5–1                |
| Na <sub>2</sub> O              | < 0,1                  |                   |                     | 0,5–1                |
| S                              | < 0,1–1,2              |                   |                     | 0,1–2 <sup>(b)</sup> |

a) halt som Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, b) halt som SO<sub>2</sub>

## Gotland

På Gotland finns kalkstenar med de högsta karbonathalterna i tre större områden. Ett som sträcker sig från söder om Visby uppemot Bunge och Fårö, ett andra område som täcker stora delar av mellersta Gotland och ett tredje sydligt område på Sudret, längst i söder (fig. 5). Mellan dessa tre områden finns finkornigare och lerigare kalkstenar samt mägersten. Generellt överlagrar de rena kalkstenslagren mägerstenen. Tjockleken på den högvärdiga kalkstenen inom de tre områdena är ofta mellan 10 och 50 m.

Den siluriska berggrunden på Gotland lämpar sig väl som råvara för olika industriella ändamål. Brytning och torrbränning av kalksten har här pågått i flera hundra år. Redan under medeltiden pågick kalkbränning för tillverkning av murbruk till bland annat kyrkbyggen och Visby Ringmur. Kalkbränningen hade sin storhetstid under mitten av 1800-talet men det var först i slutet på 1800-talet som cementtillverkningen av portlandtyp inleddes i och med att cementfabriken i Visby byggdes. Under början av 1900-talet skedde även bränning och cementtillverkning vid Bläse och Vallevikens anläggningar. Med tiden kom all cementtillverkning att ske i Cementas anläggning i Slite.



**Figur 5.** Förenklad berggrundskarta över Gotland.



Den kemiska uppbyggnaden av den siluriska berggrunden på Gotland är väl undersökt bland annat i samband med inventeringen av kalkstensförekomsterna i Sverige i slutet på 1980-talet (Shaikh m.fl. 1990). Kemiskt sett består kalkstenarna av mycket karbonatrika bergarter.  $\text{CaCO}_3$ -halten är ofta mer än 85 procent, se tabell 5.

Cementfabriken i Slite på nordöstra Gotland startade 1919. Kalksten bryts i File Hajdar-takten cirka fem kilometer väster om fabriken och märgelsten i Västra brottet, direkt intill fabriken. Båda områdena har förklarats som riksintressen av SGU och detaljavgränsats.

Kalkstensbrytningen i File Hajdar sker i en pall som i den södra delen av brottet är 17 m hög. Kalkstenen är maximalt cirka 32 m i de västra delarna. Brytningsfronten är för närvarande 800 m lång och sträcker sig i nord-sydlig riktning. Årligt uttag är drygt 1,5 miljoner ton. Märgelsten bryts för närvarande i två pallar i Västra brottets västra del. Den övre pallan är 24 m och den undre 22 m mäktig. Brottet är 700 m i nord-sydlig och 850 m i öst-västlig riktning och som djupast 46 m. Årligt uttag är cirka 1 miljon ton. Förekomsterna i Västra brottet beräknas räcka 12–13 år och i File Hajdar 35 år. Möjligheter till brytning av märgelsten finns på djupet i File Hajdar-takten. För närvarande har företaget inte fått förnyat tillstånd för utökad brytning i täkterna.

Blandningen av kalksten (60,5 procent) och märgelsten (39,5 procent) är speciellt lämplig som råvara för tillverkning av cement då man får en mix som överensstämmer väl med specifikationerna för portlandklinker vid bränning. I processen med produktion av cirka två miljoner ton cement per år används även sand (cirka 130 000 ton) från Bornholm för att höja kiselhalten i klinkern. Drygt 65 000 ton gips mals tillsammans med den kylda klinkern för reglering av bindetiden.

Förutom i Cementas kalkstensbrott sker kalkstensbrytning också i flera täkter på Gotland, bland annat av SMA Mineral i Klinteby på mellersta Gotland samt av Nordkalk i Storugns-Klinthagen. Förekomsten i Stucks, där SMA Mineral till nyligen brutit kalksten, är belägen cirka fem kilometer västnordväst om Fårösund. Förekomsten är förklarad som riksintresse för värdefulla ämnen eller material och är detaljavgränsad. Brytning har skett i en upp till 18 m mäktig pall i södra delen av brottet medan den brytvärda kalkstenen i nordnordväst endast är 6–7 m tjock. Reserver beräknas uppgå till minst 30 miljoner ton uttagbar högkvalitativ kalksten. Merparten av produktionen levererade kalkstensråvara till järn- och stålindustrin. Under den rena kalkstenen förekommer stora volymer märgelsten som kan lämpa sig för cementtillverkning. Dock är denna inte prospekterad för det syftet. I brottet finns cirka 100 000 ton lerrickare avsiktat restmaterial som kan lämpa sig som cementråvara. I nuläget saknas täktillstånd och driften ligger nere.

I Klinteby och Snögrinde, cirka fyra kilometer öster om Klintehamn, har SMA Mineral ansökt om utökat tillstånd för brytning av 900 000 ton kalksten per år och totalt 30 miljoner ton. Täktansökan avlogs i Mark- och miljööverdomstolen 2022-01-14. Kalkstenen är cirka 10–15 m mäktig och överlagrar märgelsten. SMA Mineral avser dock enbart att bryta kalksten i takten. Förekomsten är inte detaljavgränsad som riksintresse. Märgelstenen har inte detaljundersökts men bedöms lämplig för cementtillverkning och förekommer i stora volymer.

Nordkalks kalkstensbrott i Storugns och Klinthagen ligger cirka 20 km sydsydväst om Fårösund. Förekomsten är av riksintresse och detaljavgränsad av SGU. Nordkalk har ansökt om tillstånd för nya täkter i Bunge-Ducker men fått avslag. För närvarande har Nordkalk ett begränsat tillstånd på uttag av totalt 21,3 miljoner ton kalksten i Storugns-Klinthagenbrotten. I Klinthagen bröts i början på 2000-talet drygt tre miljoner kalksten årligen i en 10–15 m mäktig pall. Kalkstenen används främst inom järn- och stålindustrin, pappersindustrin och sockerindustrin.

Försök med brytning till större djup har gjorts i Storugns men där påträffades mägersten och kalksten med sämre kvalitet för att lämpa sig till stålindustrin. I dagsläget är det osäkert om denna mägerstensförekomst är möjlig att utvinna som cementråvara.

Förutom ovan beskrivna täkter sker mindre utvinning av kalksten även som ballastmaterial av främst Gotlands Åkericentral i Bro och Ethelhem och av Skanska i Hejdeby.

Sammantaget finns stora volymer med lämplig råvara för cementtillverkning på Gotland. Noterbart är att SMA Minerals täkt i Klinteby och Snögrinde enbart tillståndsprövas för kalksten och inte brytning av underliggande mägersten. En kombinerad brytning av dessa båda bergarter skulle möjliggöra uttag av en lämplig råvara för cement i detta område. Klintebys placering i närheten till Klintehamn är också strategiskt intressant genom närheten till lämplig hamn.

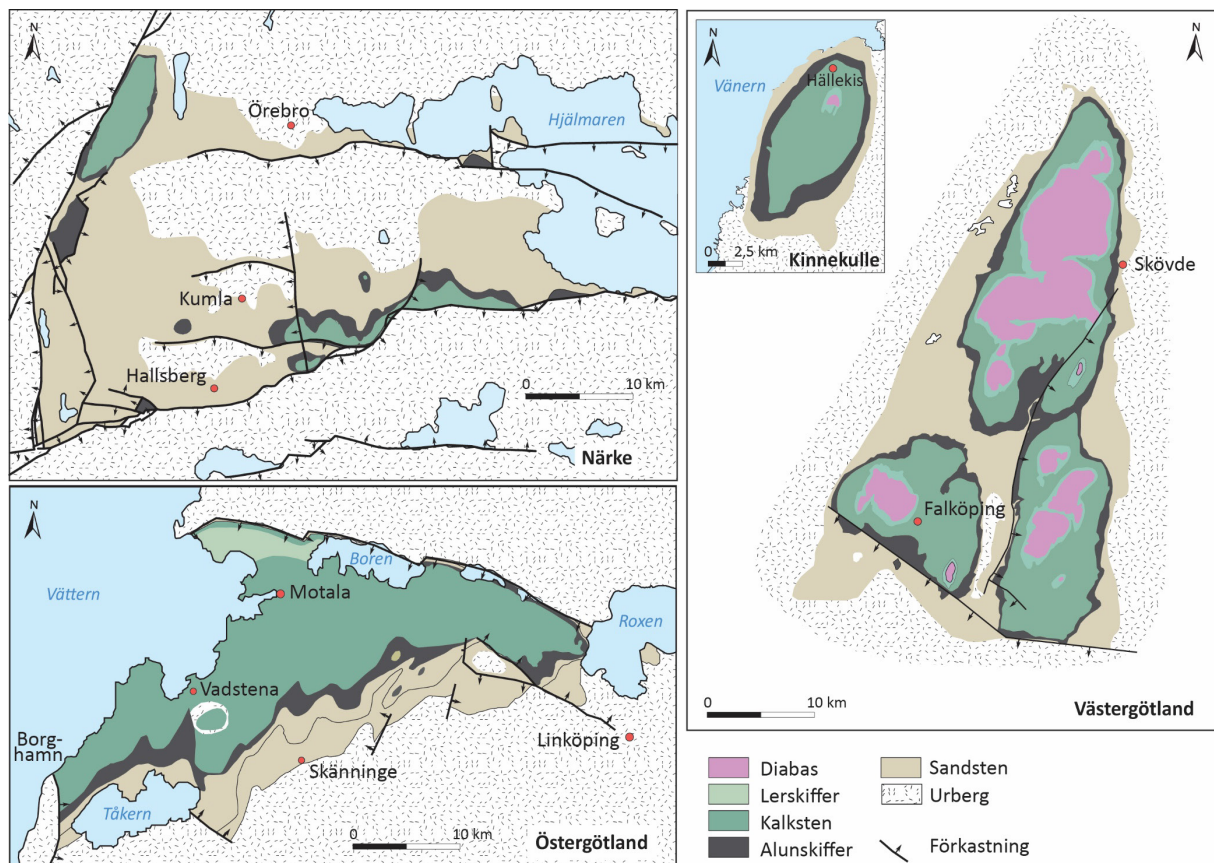
## **Västergötland**

De ordoviciska kalkstensförekomsterna påträffas i anslutning till Billingen–Falbygdens platåberg, Halle- och Hunneberg, Kinnekulle och Lugnåsberget (fig. 6). En generell trend är att kalkstenarna blir ler- och kvartsrikare västerut medan karbonathalten ökar österut. Detta avspeglas i att kalkstenssekvensen är uppdelad i lager med en tydlig skillnad i uppbyggnad för samma tidsavsnitt på östra Billingen respektive på Kinnekulle (Shaikh m.fl. 1990, Wik m.fl. 2002). Även tjockleken för de rena kalkstenarna varierar i öst–västlig riktning. På Billingen är kalkstenen som mest 50–60 m tjock medan den på Halle- och Hunneberg endast är metertjock. Kalksten för cementtillverkning och kalkbränning har brutits på flertalet platser. De största brotten är de i Våmb vid Skövde och Hällekis vid Kinnekulle. Den ordoviciska kalkstenen vid Hällekis var, fram till att brytningen upphörde 1979, i mer än 100 år råvara för kalkproduktion. Totalt har 25 miljoner ton kalksten brutits, som uppskattningsvis motsvarar cirka en procent av den totala mängd kalksten som finns på Kinnekulle (Wik m.fl. 2002). Hällekis var under andra världskriget landets näst största producent av cementklinker. Den ordoviciska kalkstenen har vid Kinnekulle en sammanlagd tjocklek på cirka 70 m. Över kalkstenslagren följer en upp till 100 m mäktig skifferdominerad lagerföljd.

Cementas kalkstensbrott i Våmb väster om Skövde öppnades 1906 för produktion av brända kalkprodukter till jordbruk och byggverksamhet. Karbonatstenen i brottet har mycket goda egenskaper som råvara för cementtillverkning. Förekomsten är detaljvgränsad som riksintresse. I allmänhet krävs endast små mängder tillsatser med kvartssand för att balansera och optimera den ursprungliga sammansättningen för klinkerframställning. Sammanlagt har sedan 1926 totalt cirka 70 miljoner ton kalksten brutits i brottet. Brytningsfronten är cirka 50 m hög och de brytningsattraktiva delarna består av en undre del med högkvalitativ kalksten och en övre del med något sämre (lerigare) kalkstenskvaliteter. Mellan dessa avsnitt finns ett 5–7 m mäktigt, kalkstenslager som inte lämpar sig som cementråvara.

I SGU:s data finns ett tiotal analyser av den kemiska sammansättningen från olika nivåer i Cementas stenbrott i Skövde (tabell 6). Förutom dessa analyser finns 27 analyser från ytterligare tio platser från kalkstensförekomsterna i Västergötland (Shaikh m.fl. 1990).

Geokemiskt uppfyller kalkstensförekomsterna väl kraven som råvara för cementframställning. Den ordoviciska kalkstenssekvensen är allmänt lerigare västerut kring Kinnekulle och mer karbonatrik österut kring Skövde. Signifikant är också att lagerserien i öster innehåller kalkstenslager som tillsammans skapar en lämplig klinkerråvara där endast en mindre mängd kvartssand behöver tillsättas. Möjligheter till ökat uttag av kalksten för cementproduktion bedöms finnas i området men det är dock i nuläget osäkert om dessa volymer är tillräckliga. Förutom för området Våmb är förekomsterna vid Uddagården och Rådene utpekade som riksintresse för industrimineral.



**Figur 6.** Schematisk karta som visar förekomsten av paleozoisk berggrund med bland annat kalksten i Östergötland, Västergötland och Närke.

## Östergötland

Kalksten av liknande ålder och sammansättning som på Öland och i Västergötland utgör ytberggrunden inom stora delar av Östgötaslätten, som utgör ett triangelformat flackt uppodlat område mellan Linköping, Motala och Ödeshög. Området bildar ett nedsänkt bergblock som i norr avgränsas av en västnordvästligt riktad trappstegsformad förkastningszon. Nedsänkningen har varit mest betydande i den nordvästra delen av området vilket gör att lagren med kalksten, skiffer och sandsten stupar in mot förkastningszonen i denna riktning. Söderut och åt sydost blir lager-serien successivt tunnare och försvinner i anslutning till en erosionsgräns.

Kalkstenen, som är av ordovicisk ålder, består av ett antal lager med varierande färg, lerhalt, kornstorlek och tjocklek. Den totala tjockleken är cirka 135 m. Inom utbredningsområdet saknas ofta delar av lager-serien vilket gör att de platsspecifika tjocklekarna är avsevärt mindre. Kalkstenen överlagras också i stora delar av området av jordlager som allmänt är 10–20 m och för vissa delar 30–50 m tjocka. Tunnare jordlager finns framför allt i områden kring Berg, Vreta kloster, Sockenmarken, Pettersberg, Borensberg, Tornby och Borghamn där det även historiskt sett brutits kalksten för olika ändamål (fig. 6). Stenindustriell brytning pågår idag endast i två mindre kalkstensbrott vid Borghamn. Förutom som byggnadssten utvinns kalkstenen för grövre krossprodukter samt för framställning av jordbrukskalk.

Geokemiskt uppvisar de östgötska kalkstensförekomsterna en relativt enhetlig sammansättning. Karbonathalten varierar mellan 72 och 95 procent, se tabell 6. Ett annat gemensamt drag för kalkstenarna är att de i huvudsak har mycket låga halter av magnesiumoxid och svavel samt höga halter av kiseldioxid.

**Tabell 6.** Översikt av de kemiska sammansättningarna för kalkstensförekomster i Östergötland och Västergötland. Halterna baseras på data i SGU:s Rapporter och meddelanden nr 56 (Shaikh m.fl. 1990) omräknade till viktprocent av restmaterial efter upphettning motsvarande klinkerråvara. Jämförelse med ungefärliga haltintervall för portlandklinker.

| Kemisk sammansättning          | Östergötland, underordovicisk kalksten, % | Östergötland, mellan-ordovicisk kalksten, % | Västergötland Skövde, Vomb, undre kalksten, % | Västergötland Skövde, Vomb, övre kalksten, % | Portlandklinker, %   |
|--------------------------------|---|---|---|--|----------------------|
| <b>Antal analyser</b>          | 20-tal                                    | 10-tal                                      | 10-tal  |  | n.d.                 |
| SiO <sub>2</sub>               | 3–16                                      | 10–15                                       | 11–15   | 14–30  | 19–25                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1–5                                       | 3–5   | 3–5   | 4–11   | 3–8                  |
| TiO <sub>2</sub>               | < 0,3                                     | < 0,3                                       | < 0,2   | < 0,5  | 0,1–1                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1–3                                       | 1–3   | 1,7–2,3                                       | 3–8  | 1–5                  |
| MnO                            | < 0,5                                     | < 0,5                                       | < 0,3   | 0,5–1,5                                      | 0,1–3 <sup>(a)</sup> |
| CaO                            | 72–95                                     | 73–82                                       | 75–80   | 56–70  | 60–66                |
| MgO                            | 0,8–1,2                                   | 1,0–1,2                                     | 1,0–1,2                                       | 1,5–2,5                                      | 1–5                  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,3–1,5                                   | 0,9–1,5                                     | < 1,0   | 0,9–3  | 0,5–1                |
| Na <sub>2</sub> O              | < 0,1                                     | < 0,1                                       | < 0,1   | < 0,1  | 0,5–1                |
| S                              | < 0,1                                     | < 0,1                                       | 0,4–0,8                                       | < 0,1  | 0,1–2 <sup>(b)</sup> |

a) halt som Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, b) halt som SO<sub>2</sub>

Kalkstensförekomsterna i Östergötland har generellt en kemisk uppbyggnad som gör dem lämpliga att använda som klinkerråvara för cement. Sannolikt behövs tillskott av aluminium och kisel från en annan råvara. Eftersom jorddjupen är relativt stora inom området har brytning endast skett i kantområdena i norr och i sydväst där jorddjupen är några få meter. I dessa områden är den brytvärda kalkstenen 10–30 m tjock och underlagras av alunskiffer. I de centrala områdena av kalkstensområdet på Östgötaslätten är kalkstenen tjockare men stora jorddjup försvårar brytning. Sammantaget bedöms inte de ordoviciska kalkstensförekomsterna i Östergötland ha någon större brytningspotential, mest beroende på de stora jorddjupen men även för att kalkstens tjocklek är för liten i de områden där jorddjupen är små.

## Närke

Inom Örebro län och Närkeslätten förekommer underpaleozoisk sedimentär berggrund med likartad uppbyggnad som den i Östergötland och Västergötland. I väster och söder avgränsas dessa förekomster av förkastningar som innebär att de lagrade bergarterna ligger nedsänkta i förhållande till det angränsande urberget. Mot norr tunnare den sedimentära berggrunden ut i en erosionskontakt mot urberget. Merparten av området med sedimentär berggrund utgörs av underkambrisk sandsten. Kalksten påträffas endast i två mindre områden, ett vid Latorpsplatån i väster och ett kring Yxhult–Bernstorp i söder (se fig. 6). Kalkstenen består av underordoviciska lager och är som mest 22 m tjock i västra Latorpsområdet, strax väster om Örebro. I det södra området är den oftast mindre än 10 m tjock. Brytning av kalkstenen har i industriell skala bedrivits i Lanna, dels i Yxhults-Hynnebergs- och Bernstorphområdena.

Kemiska analyser av de paleozoiska kalkstensförekomsterna visar på en homogen sammansättning med genomgående kvaliteter som uppfyller kraven som råvara för cement, se tabell 7. Förekomsternas tjocklek och utbredning är begränsade vilket gör att storskalig exploatering för cementtillverkning inte bedöms som möjlig.

## Dalarna

Siljansringens sedimentära berggrund består främst av sandsten och skiffer från ordovicium och silur. De ursprungligen horisontellt liggande sedimentskikten som täckte större delen av Skandinavien är kraftigt störda av ett meteoritnedslag och återfinns idag som kringkastade

gigantiska block längs Siljansringen. Tack vare meteoritkratern har den sedimentära berggrunden skyddats från erosion.

Kalksten förekommer dels växellagrad med mörkelsten, dels som två nivåer med oregelbundet lagrad revkalksten i stratigrafiska sekvenser som domineras av lerskiffer där de yngre benämns bodakalk och de äldre kullsbjergkalksten. Förekomsterna av Kullsbjergskalksten kan vara upp till 40 m tjocka och ha en diameter på 200 m. Bodakalkstenen har en bedömd tjocklek på uppemot 100 m och en utbredning på 1 000 m. Generellt har kalkstenen i revkropparna en hög kemisk renhet och har därför brutits och bränts för industriellt ändamål ända sedan 1930-talet. Ser man till de enskilda förekomsterna kan revkropparna vara några till ett tiotal miljoner ton stora.

Många större och mindre kalkstensbrott förekommer i regionen. Kalkstenen är i befintliga brott mestadels utbruten, till exempel i Kullsbjerg och Dalhalla. Förekomsterna är också till viss del otillgängliga på grund av annan markanvändning eller skydd, till exempel Boda kyrka, Östbjörka. Generellt skulle användning av kalksten från någon av Siljansringens kalkstensförekomster som råvara för cementbränning kräva långa landtransporter av cementprodukten och kalkstensråvaran skulle behöva kompletteras med tillsats av kisel- och aluminiumrika råvaror. En problematisk egenskap är förekomsten av kolväten i kalkstenen. Detta medför omfattande krav på rökgasrening vid bränning. Högre svavelhalter i kalkstenen förekommer ofta i samband med ökad andel kolväten. Två aktiva industrimineraltäkter finns idag i området: Jutjärn och Kallholen. Nedan redovisas ett urval av förekomster som anses vara relevanta.

### ***Jutjärn***

Jutjärnsförekomsten som ägs av SMA Mineral består av bodakalksten. CaCO<sub>3</sub>-halten ligger i genomsnitt på 96 procent. Av den 0,5 km<sup>2</sup> stora förekomsten återstår idag bara cirka fem miljoner ton kalksten i nuvarande täktillstånd som sträcker sig fram till 2028. Brytning sker för närvarande på fyra nivåer ned till cirka 80 m djup och materialet blandas då kvaliteten varierar inom förekomsten. Öppnandet av en femte nivå är planerat.

Merparten, 75 procent, av den brända kalken går till stålindustrin och resten används till cellulosatillverkning (papper) samt till vatten-, avlopps- och rökgasrening. Kalkstenen är för ren för att direkt användas som råvara för cement. Förekomsten har en för liten tillgänglig tjocklek sett till det nationella behovet av cementråvara, och kan därför inte ensam stå för ersättningen till uttaget av kalksten i Slite. Jutjärn har dock ett antal 100 000 ton reststen av underfraktion som skulle kunna vara lämplig och tillgänglig för cementtillverkning.

### ***Kallholen***

Förekomsten tillhör Nordkalk och består av kalksten av bodatyp. Återstående tillgångar är okända, men det rör sig sannolikt inte om stora volymer. Idag är utvinningen begränsad och ingen bränning sker. Kvaliteten har tidigare varit mycket ren men för de återstående tillgångarna är den okänd.

### ***Solberga***

Solberga har varit i drift under mer än ett sekel men utvinningsanläggningen vilar sedan många år. Nuvarande ägare är SMA Mineral. Uppskattningsvis 600 000 m<sup>3</sup> kalksten har hittills brutits och bränts. Förekomsten bedöms innehålla ytterligare cirka 7 miljoner ton. Denna bergvolym har sin centrala del under det utbrutna områdets västra kant. Förekomsten ligger i direkt anslutning till och delvis under bebyggelse och naturskyddsområde, vilket kan försvåra en framtida exploatering.

## Östbjörka

Östbjörka består av brant stupande bodakalksten. Den ursprungliga revkroppen är sannolikt till hälften borteroderad. Förekomsten har tidigare brutits och den bedöms innehålla upp till 3–4 miljoner ton kvarvarande kalksten av okänd kvalitet, därtill angränsar förekomsten direkt mot ett naturskyddsområde. En ny exploatering vid Östbjörka bedöms som svår att genomföra.

Kemiska analyser av Siljansringens paleozoiska kalkstensförekomster visar på hög renhet och stenen bryts som insatsvara för stålindustrin. För att uppfylla kraven som råvara för cement skulle tillsats av ytterligare material i form av till exempel lerskiffer, mörkel, kvartssand krävas. Förekomsterna är geografiskt utspridda och de enskilda revens tjocklek och utbredning är begränsad vilket gör att storskalig exploatering för cementtillverkning inte bedöms som lämplig.

**Tabell 7.** Översikt av de kemiska sammansättningarna i procent för paleozoisk kalksten i Närke och Dalarna. Halterna baseras på data i SGU:s rapporter och meddelanden nr 56 (Shaikh m.fl. 1990). Jämförelse med ungefärliga haltintervall för portlandklinker.

| Kemisk sammansättning          | Sedimentär kalksten, Närke | Sedimentär kalksten, Dalarna | Portlandklinker      |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 7,6–14                     | 0,6–2,0                      | 19–25                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,5–4,4                    | 0,19–0,85                    | 3–8                  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,1–0,2                    | < 0,06                       | 0,1–1                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,1–1,6                    | 0,13–0,40                    | 1–5                  |
| MnO                            | 0,1–0,3                    | 0,07–0,11                    | 0,1–3 <sup>(a)</sup> |
| CaO                            | 42–48                      | 53,4–54,7                    | 60–66                |
| MgO                            | 0,6–0,7                    | 0,41–0,62                    | 1–5                  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,7–1,1                    | 0,05–0,25                    | 0,5–1                |
| Na <sub>2</sub> O              | < 0,1                      | 0,01–0,04                    | 0,5–1                |
| S                              | < 0,1–0,9                  | < 0,05                       | 0,1–2 <sup>(b)</sup> |
| CO <sub>2</sub>                | 33,8 – 38,4                | 42,3–44,0                    | 0                    |

a) halt som Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, b) halt som SO<sub>2</sub>

## KALKSTENSFÖREKOMSTER I NORRA SVERIGE

Karbonatstensförekomsterna i Norrbottens och Västerbottens fjällrand är endast översiktligt beskrivna i denna rapport då SGU generellt bedömer att förekomsterna är ointressanta för brytning av kalksten för cement.

### Kalksten i Norrbottens fjällberggrund

SGU har i sin inventering och rapportering om norra Sveriges kalkstensförekomster (Shaikh m.fl. 1989) identifierat fjorton förekomster av karbonatsten i Norrbottensfjällen. Någon brytning av dessa har inte förekommit. Detta beror på att de i flera fall är lokaliserade i områden skyddade som nationalpark eller att behövlig infrastruktur helt saknas. Det har heller inte funnits något lokalt behov av att bryta kalksten i dessa områden då platserna är mycket glest befolkade.

Kalksten och dolomitsten finns på flera platser i kilometerlånga stråk där tjockleken kan vara hundratals meter. Stråken följer fjällkedjans skollberggrund och har påverkats tektoniskt genom veckning i samband med bildandet av fjällkedjan. Detta innebär att ursprungligen relativt tunna lager har förtjockats. Det kan också medföra att en ihållande horisont av kalksten plötsligt upphör. Omgivande berggrund består vanligen av glimmerskiffer och karbonathaltiga, kvartsitiska bergarter. Karbonatstenarna kan vara antingen mycket rena eller ha inslag av föroreningar.

Mycket ren karbonatsten finns till exempel i närheten av norska gränsen längs med norra sidan av sjön Vastenjaure. Detta stråk är cirka 200–250 m tjockt och halten karbonatmineral som kalcit och dolomit varierar mellan 95 och 99 procent. I Shaikh m.fl. (1989) beskrivs flera av förekomsterna med tillhörande kemiska och mineralogiska analyser. Förekomsterna saknar beskrivning av tekniska egenskaper. Analyser som finns i SGU:s databaser är både äldre och glest provtagna. Ingen detaljprospektering har gjorts och beskrivningarna av förekomsterna betraktas som en mycket översiktlig indikator för lämpligheten som cementråvara.

SGU:s bedömning är att även om förekomsten av karbonatstenar är tämligen god i Norrbottensfjällen och att både storleken på förekomsterna och kalkstenarnas egenskaper är både goda och till viss del kända, är förutsättningen för en vidare brytning av dessa för tillverkning av cement obefintlig till följd av motstående intressen som befintliga nationalparker samt avsaknaden av en utbyggd infrastruktur. De har därför inte beaktats vidare i föreliggande rapport. Områden med de större förekomsterna finns översiktligt redovisade i figur 3.

### **Kalksten i Västerbottens fjällberggrund**

SGU identifierade vid sin inventering och rapportering av norra Sveriges kalkstensförekomster (Shaikh m.fl. 1989) 15 platser som var värda en närmare undersökning. Från dessa förekomster finns både kemiska och mineralogiska analyser. En stor del av Västerbottensfjällen består av berggrund av likartat slag som i Norrbotten. Karbonatstenarnas volym är svår att bestämma till följd av tektonisk påverkan, men på flera ställen kan man följa stråken kilometervis. Mycket ren kalksten med kalcithalt på mer än 90 procent växellagras med stråk av dolomitrik kalksten och dolomitsten. Någon brytning av dessa förekomster har inte ägt rum.

SGU:s bedömning är densamma som för Norrbottens fjällberggrund, det vill säga att även om förekomsten av karbonatstenar är tämligen god och till viss del känd är förutsättning för vidare brytning för tillverkning av cement osannolik på grund av bland annat motstående intressen som befintliga nationalparker och avsaknad av utbyggd infrastruktur. Kalkstensförekomster i Västerbottens fjällberggrund har därför inte beaktats vidare i den här rapporten. Förekomsterna finns översiktligt redovisade i figur 3.

### **Kalksten i Jämtlands fjällberggrund**

I Jämtlands län finns stora kalkstensförekomster främst i anslutning till fjällranden. Förekomsterna styrs i huvudsak av tre faktorer. Ursprunglig bildning, tektonik och erosionens påverkan. Detta har resulterat i att det finns både kalkstensförekomster som är mäktiga och ihållande samt sådana som är lokala. De östra förekomsterna är geografiskt begränsade genom veckning, överskjutning och erosion. Även de västligaste förekomsterna är geografiskt begränsade genom tektonisk påverkan som storskalig veckning och överskjutning.

Variationerna av brytvärd kalksten är stora och det krävs noggranna platsspecifika undersökningar för att bedöma storleken på en förekomst. Idag är det främst i Brunflo som kalkstenen bryts, huvudsakligen för byggnadsändamål. Kalkstenen i Brunflo är utpekad och detaljavgränsad av SGU för användning som natursten, det vill säga byggnadssten och ornamentsten.

Vid SGU:s inventering och rapportering av kalkstensförekomster i norra Sverige (Shaikh m.fl. 1989) besöktes totalt 83 lokaler koncentrerade till fjällranden och runt Storsjön. Ett fåtal lokaler identifierades längre upp i fjällkedjan. Det stratigrafiska läget för förekomsterna är främst undre och mellanordovicium samt undre silur. Kalkstenen i Jämtlands fjällberggrund liknar därmed de som finns på Öland och Gotland.



Nedan sammanfattas de tre regioner i Jämtlands fjällberggrund som SGU bedömer kan vara viktiga med avseende på tillverkning av cement.

### *Oviken-Hallen*

Området ligger väster om Storsjön och söder om byn Hallen. Den ordoviciska kalkstenen väster om Storsjön skiljer sig från kalkstenen öster om sjön. Berggrundsenheten i området kallas isökalksten och förekommer vanligen som en grå bankad kalksten med bankar på 10–15 cm. Kalkstenen är lokalt upp till 40 m mäktig. Genom en tektoniskt orsakad repetition av lagren kan den sammanlagda tjockleken vara betydligt större. Kalkstenen väster om Storsjön är förhållandevis rik på kalcit och halter över 90 procent kalciumkarbonat förekommer. De rikaste delarna tycks finnas i lagerföljden i anslutning till den under- och mellanordoviciska berggrunden.

SGU bedömer att som en följd av förekomsten av ren och relativt tjock kalkstenen kan området vara intressant för vidare prospektering av kalksten för cementändamål.

### *Brunflo*

Förekomsten är beläget runt samhället Brunflo söder om Östersund. Ett flertal naturstensbrott finns i området och kalkstenen är vida känd och använd i byggnadssammanhang.

Geologin i Brunflo är väl känd och beskriven, bland annat genom en långvarig användning av kalkstensförekomsterna. Flackt liggande partier med låg påverkansgrad förekommer växelvis med kraftigt störda och lokalt omkastade lagerföljder. Karbonathalten varierar mellan de skilda enheterna. Enligt analysresultat i Shaikh m.fl. (1989a), varierar de från dryga 70 procent till upp emot 95 procent.

Kalkstenen i Brunflo utpekades 1997 som riksintresse av SGU. Användningsområdet för kalkstenen som uppges i riksintresseutpekandet är som natursten. SGU bedömde 2021 att kalkstenen fortsatt var riksintressant för natursten och användning som råvara för tillverkning av cement är därför inte aktuell. Det restmaterial som uppstår vid naturstensproduktionen bedöms inte vara tillräcklig stor mängd för att komma i fråga för tillverkning av cement alternativt transporteras till eventuell cementindustri.

### *Mattmar-Offerdal*

Kalkstenen i området tillhör den undersiluriska bergelkalkstenen (fig. 3). Kalkstenen har använts som råvara för kalkbränning. I området finns ett tiotal tidigare brytningsområden. Analysresultat visar att karbonathalterna är bland de högsta som påvisats i Jämtlands län. De ligger normalt på cirka 90 procent men kan lokalt nå upp till hela 95 procent. Kalkstenen är upp till 80 m tjock men vanligtvis kring 40–50 m. Kalkstenen innehåller lokalt band eller linser med kvarts som kan vara svåra att upptäcka då de inte avviker i färg.

SGU bedömer att de geologiska förhållandena och den tidigare verksamheten med kalkbränning i området gör att förekomsten kan vara intressant för vidare prospektering av kalksten för cementbrytning.

## **PREKAMBRISKA KALKSTENSFÖREKOMSTER (URBERGSKALKSTEN)**

Äldre kalkstensförekomster (kristallin kalksten eller urkalksten) i Sveriges urberg är vanligtvis kopplade till vulkanisk och omvandlad sedimentär berggrund. De förekommer mest som horisonter eller lager tillsammans med skiffer, kvartsit och porfyr. I äldre litteratur refereras dessa formationer, som ofta är kopplade till malmförande bergarter, till leptitformationen.

Leptitformationer med kalkstensförekomster förekommer huvudsakligen i tre regioner: Norrbotten, Västerbotten och Bergslagen-Södermanland, mindre förekomster finns även i andra områden.

Kalkstenslagrens ursprungliga tjocklek varierar i alla områdena men de har sällan överstigit några tiotal meter. Lokalt förekommer tjockare sekvenser där tektonisk påverkan veckat bergarterna. Tektonisk påverkan kan också resultera i komplexa och svårbestämda utbredningar. Kalkstensförekomsterna är även ofta brantstående med okänd utbredning på djupet. För att bedöma den utvinningsbara mängden kalksten krävs platsspecifika, detaljerade undersökningar.

Förekomsterna av kalksten i urberget innehåller ofta inneslutningar och gångar av andra bergarter som granit eller diabas. Urkalkstenen är alltid kristallin vilket innebär att den saknar vatteninnehåll och porositet. Kornstorleken kan variera från finkornig till grovkornig. Det förekommer såväl ren marmor som dolomitmarmor och varianter med både mineralen kalcit och dolomit. Vissa marmorbergarter är relativt rena medan andra innehåller höga halter av förorenande mineral som är ogynnsamma för cementtillverkning.

En ren svensk marmor med tillsats av lämpliga bergarter för att erhålla en lämplig aluminium- och järnhalt skulle i teorin kunna användas för tillverkning av cement. I Finland används en kristallin kalksten beroende på att där saknas sedimentär kalksten. För att möta kvalitetskrav på cementråvara importeras dels aluminiumrik sten, dels används noga utvalda lokala sidobergarter. För att använda en kristallin kalksten som har en annan mineralogisk sammansättning än sedimentär kalksten krävs dock robustare utrustning, vilket inte finns i Sverige idag.

## Urbergskalksten i Norrbotten

Karbonatsten har brutits på flera ställen för olika ändamål i Norrbottens urberg under lång tid. Några av de mest kända förekomsterna är Norvijjure, Masugnsbyn och Prästhalm.

Förekomsten i Norvijjure, lokaliserad cirka 30 km väster om Jokkmokk, har under senaste året varit föremål för ett förnyat intresse. Stråket med kalksten är cirka fem kilometer långt och mer än 100 m brett. Analyser visar att kalkstenen består till 90–95 procent av kalcit.

I kölvattnet av det uteblivna tillståndet för Cementa i Slite har ett bolag visat intresse för att bryta kalkstenen i Norvijjure för att tillverka cement. SGU erhöll under senare delen av 2021 en ansökan om nyttjanderätt till fastigheten dit det gamla brottet i Norvijjure är lokaliserat. Fastigheten ägs av Statens fastighetsverk. SGU beslutar om nyttjanderätt enligt rennäringslagen. Ärendet har varit ute på remiss men ännu har inget beslut fattats. Norvijjure är utpekad som riksintresse av SGU med användningsområde järn- stål- och papperstillverkning.

I Masugnsbyn är ett cirka 250 m brett dolomitstråk blottlagt. Dolomithalten kan bli så hög som 90 procent och är av den orsaken inte intressant för tillverkning av cement. Karbonatsten bryts idag och används av järnmalmsindustrin.

Prästhalm är en förekomst som uppträder som en 100 m mäktig horisont i en serie nordvästligt strykande och brant stupande sedimentgnejser av skifferkaraktär. Stenen bröts under åren 1948–1955 och brändes för jordbruksändamål. Kvaliteten på kalkstenen är ojämn. Granitiska tunna gångar är vanligt förekommande vilket ger materialet ett tillskott på alkali och kisel. Prästhalm har i modern tid inte undersökts med avseende på lämplighet som råvara till cement.

Utöver dessa tre förekomster finns ett flertal mindre förekomster i urberget som inte är av intresse för större cementproduktion då förekomsterna bedöms ha för liten volym.

## Urbergskalksten i Västerbotten

Karbonatsten har brutits på ett flertal ställen i Västerbottens urberg varav några även i modern tid. Ett exempel på en mycket ren förekomst är den i Häbbersfors nordväst om Skellefteå. Kalcithalten kan i den förekomsten bli upp emot 95 procent. Här är kalkstenen blottad i ett cirka 600 m långt och 40 m brett stråk. Brytning pågick från 1930-talet till mitten av 1970-talet och uppskattningsvis cirka 10 miljoner ton kalksten har brutits. Kalkstenen förekommer vanligen i längre utdragna stråk tillsammans med vulkaniska och sedimentära bergarter. Bredden på stråken varierar från några meter till upp emot 200 m.

SGU har inte kännedom om några förekomster av karbonatsten i Västerbottens urberg som uppfyller kraven på både tillgänglig mängd och kvalitet.

## Urbergskalksten i Västernorrland

I Västernorrlands län förekommer karbonatsten endast på Alnön, öster om Sundsvall. Denna skiljer sig från både de sedimentära kalkstenarna och urkalkstenen. I det här fallet är det en eruptiv kalksten, en så kallad sövit, som uppträder tillsammans med en serie unika intrusionsbergarter. Området och dess geologi är geologiskt intressant men bergarten används inte idag inom något tillverkningsområde. Förekomsten bedöms heller inte vara av intresse för cementproduktion, delvis för att volymerna inte är tillräckligt stora och mängden föroreningar är alltför stora.

## Urbergskalksten i Bergslagen

Bergslagens urberggrund uppvisar en serie kristallina karbonatstenar i nära association med vulkaniska bergarter och malmer, ofta med skarnmineral. Karbonatstenarna uppträder som mer eller mindre mäktiga linser eller lager, ofta i växellagring med andra bergarter. Kristallina magnesiumrika dolomitrika karbonatbergarter, såväl som ren urbergskalksten förekommer. Ofta kan båda bergarterna förekomma bredvid varandra i en och samma förekomst. Ett stort antal äldre olika stora stenbrott finns i Bergslagen. Aktiv brytning av dolomit sker på flera ställen (Larsbo, Björka Glanshammar), men kalksten bryts idag i nämnvärda volymer endast i Gåsgruvan, östra Värmland. Generellt är Bergslagens kalkstensförekomster av försumbar volym, utbrutna eller svårtillgängliga (Shaikh m.fl. 1989) och endast ett fåtal förekomster uppvisar större volymer. Ett urval av förekomster som kan bedömas som relevanta redovisas.

### *Gåsgruvan*

Gåsgruvan består av en cirka 1,5 km lång och några hundra meter bred, brant stående kalkstenslinns innesluten i en lagerserie av vulkaniska bergarter. Förekomsten innehåller kalksten av god kvalitet som bryts som industrimineral och processas till pappersindustri, sjökalkning och som filler. Tidigare har även bränd kalk som insatsvara till stålindustrin producerats i Gåsgruvan. Nuvarande produktion ligger runt 200 000 ton per år. Hög ljushet och relativt hög kemisk renhet, pågående användning, transportavstånd och begränsad brytreserv gör Gåsgruvan olämplig som alternativ till cementindustrin.

### *Sala*

Omfattande förekomst av kristallin karbonatsten i ett sju kilometer långt och mer än en kilometer brett stråk i urberget vid Sala. Stenen är till största delen dolomitisk med inslag av sulfidmineraliseringar och vulkaniter. En ren och ljus dolomit bryts idag i Tistbrottet sydväst om Sala. En kemiskt mycket ren kalksten förekommer i underordnad utsträckning i området och har till exempel brutits i stråbrotten norr om Sala. Kalkstenen är på grund av liten volym och geografiskt läge inte intressant för cementtillverkning.

### ***Kolmården***

Betydande förekomst av kristallin urbergskalksten cirka 16 km nordost om Norrköping i ett 150 m brett stråk längs Bråvikens norra strand. Kolmårdsmarmor har under flera hundra års tid brutits som byggnadssten. Förekomsten innehåller både relativt ren kalksten, men även magnesium- och kiselrika delar med mycket hög andel silikatmineral förekommer. De mindre rena delarna innehåller upp till 16 procent MgO och 28 procent SiO<sub>2</sub> och utgör den typiska så kallade Kolmårdsmarmor som brutits som byggnadssten. Förekomsten är delvis bebyggd. Logistiskt sett har läget gynnsamma grundförutsättningar för utskeppning av cement trots att en hamninfrastruktur saknas idag. En etablering av en större täktverksamhet är sannolikt problematisk i Kolmården med tanke på befintlig markanvändning. Dessutom är kolmårdsfyndigheten troligen alltför begränsad för att vara tillräcklig för Sveriges cementförsörjning.

### ***Glan (Doverstorp)***

Karbonatstenen i Doverstorp väster om sjön Glan väster om Norrköping utgörs av ett cirka 2,5 km långt och upp till 300 m brett stråk av mestadels vit och ren kristallin urbergskalksten. Fyra äldre stenbrott finns i området. Stenen kan innehålla upp till knappt 12 procent SiO<sub>2</sub> och drygt 6 procent MgO. Förekomsten är inte närmare undersökt, men bedöms innehålla stora volymer kalksten. Det är osannolikt att den ensam kan ersätta nuvarande cementproduktion i Slite och halter av MgO bedöms som för höga. Förekomsten är till största delen obebyggd.

### ***Godegård***

Söder om Höksjön väster om Godegård, 8 km sydöst om Zinkgruvan sträcker sig ett drygt tre kilometer långt kristallint kalkstensstråk i urberget i öst–västlig riktning. Kemiskt sett är stenen med mer än 90 procent calcit tämligen ren och skulle därmed kräva tillsats av andra material för att bli användbar som råvara för cementtillverkning. Förekomsten är inte närmare undersökt, tillgänglig volym är okänd och området är till viss del bebyggt. Logistiskt sett är en större brytning problematisk på grund av inlandsläget, även om järnvägen Motala–Hallsberg är nära.

### ***Fanthyttan (Larsbo)***

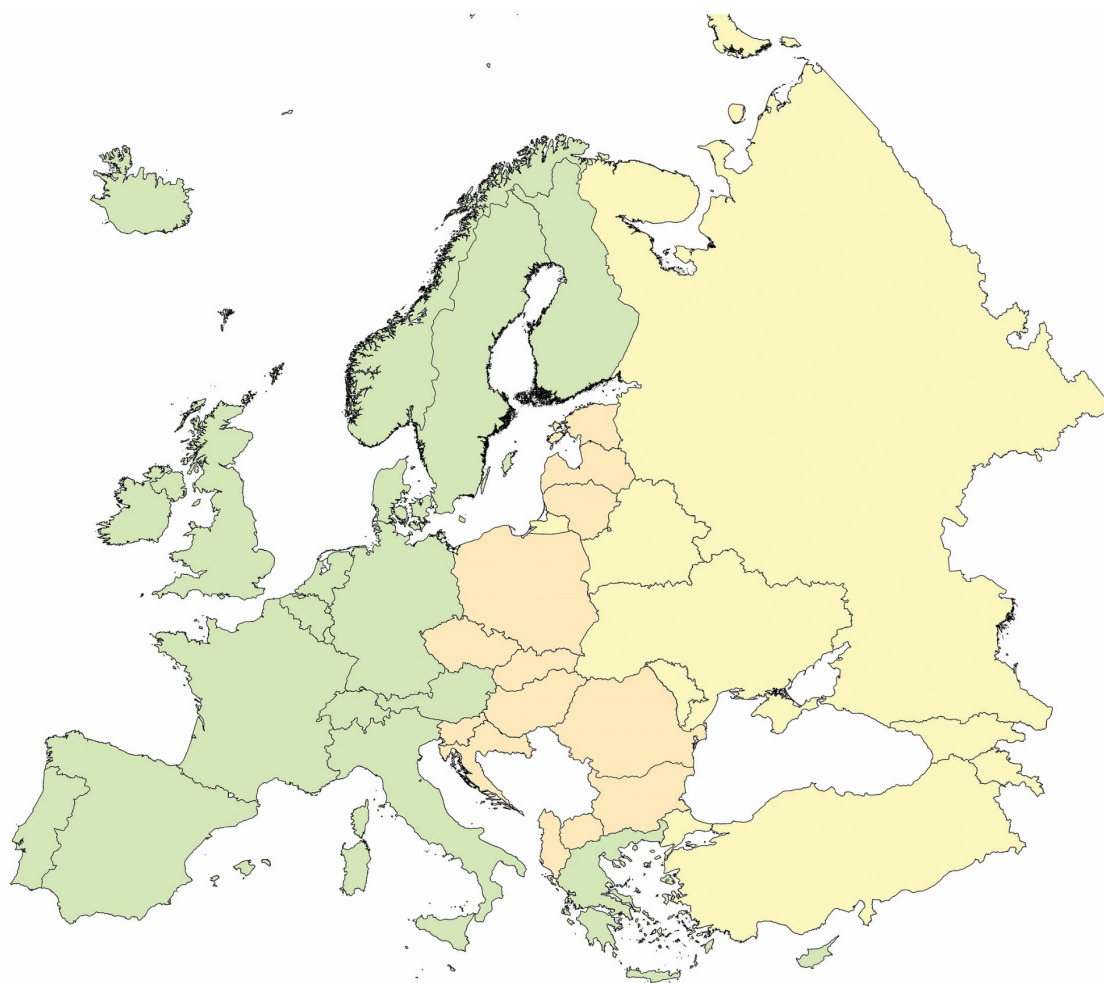
Förekomsten ligger vid sjön Råsvalens västra strand, cirka nio kilometer nordväst om Lindesberg. Både dolomit och kalksten bryts för olika användningsområden, bland annat dolomit för bränning som insatsvara inom metallurgi. Båda bergarterna är kemiskt relativt rena med 90–95 procent karbonatandel. Förekomsten består av en upp till 500 m bred och knappt en kilometerlång lins. En användning av kalkstenen som cementråvara skulle kräva tillsats av ytterligare material för att uppnå kvalitetskraven. Tillgängliga volymer är inte kända, men förekomsten bedöms inte ensam kunna ersätta nuvarande produktion i Slite. Därtill komplicerar inlandsläget erforderliga logistikflöden.

## EUROPEISK CEMENTTILLVERKNING

Globalt sett finns kalkstensråvara för tillverkning av cement på alla kontinenter, men den är ojämnt fördelad. Nedan angivna nyckeltal avser både produkten cement och halvfabrikatet klinker. Cement tillverkas i större delen av världen och 2020 redovisade 171 länder en egen cementproduktion (The Global Cement Report 2021). Större delen av de nationella cementproduktionerna används i hemländerna och endast sex procent av cementen exporteras vidare, vanligen då till länder som helt saknar eller har brist på kalkstensberggrund. I Europa är Island ett exempel på ett land helt utan kalkstensförekomster som därför årligen importerar cirka 200 000 ton, där mer än 95 procent kommer från Danmark och Norge.

Produktionen av cement i Europa och de östra grannländerna var 2020 ungefär 350 miljoner ton (The Global Cement Report 2021). I västra Europa produceras årligen 129 miljoner ton, i centrala Europa 55 miljoner ton och i de östra grannländerna till Europa 166 miljoner ton (fig. 7, Europa i tre delar).

Uppskattningsvis 20 miljoner ton cement importerar årligen till Västeuropa. Exporten från Västeuropa är något högre, cirka 28 miljoner ton, och den har under överskådlig tid alltid varit ett antal miljoner ton högre än importen. De västeuropeiska länder som exporterar mest cement är Tyskland (6,2 miljoner ton), Spanien (6 miljoner ton) och Grekland (4,6 miljoner ton), se tabell 8.



**Figur 7.** De tre cementproducerande regionerna i Europa – Västeuropa, Centraleuropa och Östeuropa.

**Tabell 8.** De största cementexporterande länderna i Europa. \*Uppskattad exportvolym (The Global Cement Report 2021).

| Land     | Export av cement och klinker, miljoner ton 2020* |
|----------|--|
| Tyskland | 6,2  |
| Spanien  | 6,0  |
| Grekland | 4,6  |
| Italien  | 2,3  |
| Portugal | 1,7  |
| Irland   | 1,6  |

Tyskland som exporterar mest cement i Europa levererar merparten (cirka hälften) till grannlandet Nederländerna. Mindre mängder går till övriga grannländer: Österrike, Frankrike, Belgien och Schweiz. Spanien har tidigare varit Europas största exportör av cement och exporten har då som nu främst gått till andra närbelägna europeiska länder som Storbritannien, Frankrike och Portugal. Exporten av klinker från Spanien går till Frankrike, Belgien och Storbritannien. Grekland exporterar sin cement till bland annat USA, Storbritannien och Israel. Gemensamt för de större exportländerna i Europa är att cementvolymerna minskat stadigt sedan 2014.

Från Centraleuropa exporteras årligen cirka 8,6 miljoner ton cement och klinker. Kroatien bedriver den största exporten, cirka 1,6 miljoner ton årligen, före Lettland som har en export på 1,1 miljoner ton cement. Övriga länder i Centraleuropa har i dagsläget en betydligt mindre årlig exportvolym av cement, vanligen mindre än 0,5 miljoner ton per land.

I Europa finns ett större antal aktiva cementföretag. Flera av dessa ingår i så kallade företagsgrupper vilka vanligen är representerade på flera kontinenter (se tabell 9).

Av de största cementanläggningarna i Väst- och Centraleuropa är merparten belägna i centrala till sydöstra Polen (se tabell 10). Endast fem anläggningar har en produktion som är högre än den som har producerats av Cementa i Slite på Gotland. Lokaliseringen av cementanläggningar är normalt i anslutning till förekomsterna då detta minimerar transportkostnader och miljöpåverkan. De är även positionerade i nära anslutning till marknaden där användarna finns. En annan begränsande faktor är EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS) som syftar till att minska utsläppen av växthusgaser från industrier och kraftverk. Detta begränsar de europeiska fabrikernas intressen att tillhandahålla en större överkapacitet.

Västra och centrala Europas cementanläggningar har en sammanlagd teoretisk överkapacitet som totalt överstiger 100 miljoner ton, se figur 8. Exempel på påverkansfaktor på lönsamheten är energipriser, utsläppshandel med mera. Tillgången till överkapaciteten är osäker.

**Tabell 9.** Större cementproducerande företagsgrupper som är aktiva i Europa. Antal anläggningar och deras kapacitet för tillverkning av cement och klinker.

| Företagsgrupp        | Antal anläggningar i världen | Total kapacitet i världen, miljoner ton |
|----------------------|------------------------------|---|
| Holcim Ltd           | 128                          | 286                                     |
| Heidelberg Cement AG | 79                           | 157                                     |
| Cemex                | 46                           | 77                                      |
| CRH PLC              | 39                           | 59                                      |
| Eurocement           | 16                           | 45                                      |
| Buzzi unicem         | 20                           | 26                                      |
| Vicat Group          | 14                           | 32                                      |



**Figur 8.** Överkapaciteten för Europas länder där de större teoretiska cement- och klinkerkapaciteterna indikeras med mörkblå färg (Spanien 32 miljoner ton och Italien 32 miljoner ton). Med teoretisk kapacitet avses här tekniskt möjlig produktionskapacitet utan hänsyn tagen till eventuella begränsningar inom faktiska miljötillstånd eller utsläppsrätter.

**Tabell 10.** De större cementanläggningarnas produktionskapaciteter av cement och klinker i Europa (The Global Cement Report 2021).

| Anläggning                        | Företag                | Grupp                        | Land     | Produktionskapacitet, miljoner ton/år |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------------|----------|---------------------------------------|
| Zaklad Kujawy                     | Lafarge Cement S.A.    | Holcim Ltd                   | Polen    | 4,3                                   |
| Cementownia Górażdze              | Górażdze CementSA      | Heidelberg Cement AG         | Polen    | 3,8                                   |
| Zaklad Malogoszcz                 | Lafarge Cement S.A     | Holcim Ltd                   | Polen    | 3,1                                   |
| Ozarow                            | Grupa Ozarów SA        | Cemex Polska Sp. z.o.o       | Polen    | 2,8                                   |
| Platin                            | Irish Cement Ltd       | CRH PLC                      | Irland   | 2,8                                   |
| Slite (Filehajdar-Västra brottet) | Cementa AB             | Heidelberg Cement Sverige AB | Sverige  | 2,5                                   |
| Cementownia Chelm                 | Cemex Polska Sp. z.o.o | Cemex Polska Sp. z.o.o       | Polen    | 2,3                                   |
| Karsdorf                          | Opterra GmbH           | CRH PLC                      | Tyskland | 2,3                                   |
| Aalborg (Grey)                    | Aalborg Portland A/S   | Aalborg Portland A/S         | Danmark  | 2,1                                   |
| Akmenes                           | Akmenéscementas AB     | Schwenk Zement KG            | Litauen  | 1,8                                   |
| Broceni Plant                     | Schwenk Latvia         | Schwenk Zement KG            | Lettland | 1,6                                   |



# POTENTIELLA KALKSTENSFÖREKOMSTER I NÄRHETEN AV SVERIGE

## – FÖREKOMSTER I ÖSTERSJÖOMRÅDET

Kalkstenen i Europa kommer från ett antal olika geologiska formationer som bildats under olika tidsavsnitt och förhållanden. En enskild kalkstensformation är i sig komplext sammansatt. Variationen mellan olika formationer är ännu större, både avseende den kemiska sammansättningen, mineralfördelningen och hur de påverkats av geologiska omvandlingsprocesser.

Enligt vad som kommit fram i dialogmötena krävs det långa kontrakt med cementproducenterna för att erhålla en långsiktig säkerhet avseende cementimport. Därför är det viktigt att betongtillverkaren kan hitta en cementanläggning med stor överkapacitet.

Östersjöområdet är den region där flest intressanta formationer finns utifrån geologiska och andra förutsättningar, både på kort och lång sikt. De länder och anläggningar som har störst potential som ersättning för anläggningen i Slite redovisas särskilt. SGU har här valt att kortfattat beskriva Estland, Lettland, Litauen, Polen och Tyskland. De här länderna har kalkstensförekomster som liknar de som bryts på Gotland, de har en stor produktion och samtidigt bedriver de en viss exportverksamhet av cement.

I dialog med externa aktörer från bland annat de franska och de tyska geologiska undersökningarna samt med en tysk branschorganisation för cementtillverkare, har SGU efterfrågat att få ta del av deras länders cementtillverkares täktillstånd. Då dessa externa aktörer saknar sådan information kan vi inte redovisa uppgifter om utländska anläggningars årliga uttag, deras tillståndstider med mera.

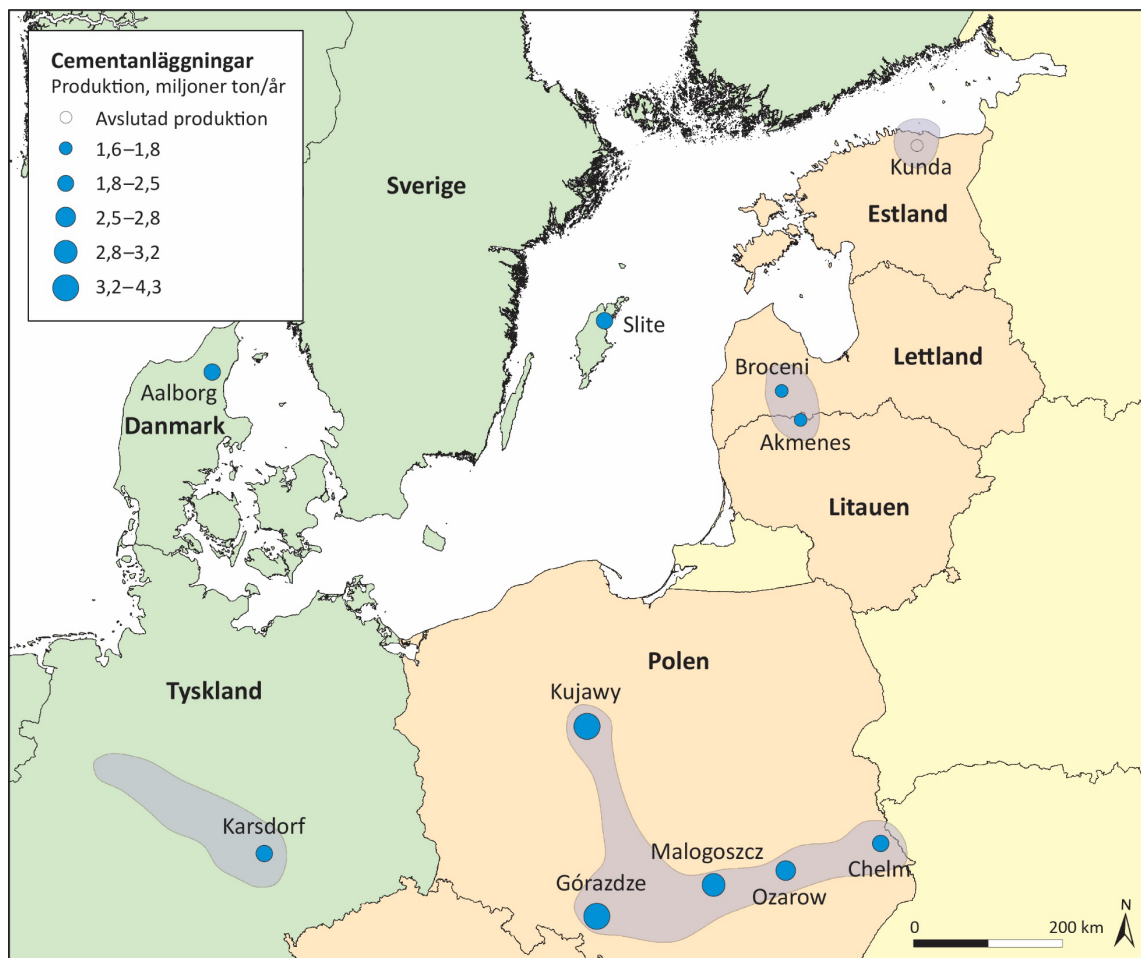
### Estland

Stora delar av Estlands berggrund består av likartad kalksten som den på Gotland. I den nordligaste delen av landet förekommer kalkstenar som åldersmässigt motsvarar ölandskalkstenen (ortocerkalksten) i Sverige. Landets mellersta delar utgörs av sedimentär kalksten och dolomitsten som bildningsmässigt motsvarar kalkstenen på Gotland. Kvaliteten är på många håll liknande den gotländska kalkstenen, men i Estland förekommer även sedimentär dolomitsten som inte lämpar sig för cementtillverkning. I den sydligaste delen av landet förekommer en dolomitrik kalksten och dolomitsten av varierande kvalitet som troligen inte är lämplig som cementråvara.

Det finns flera mindre, medelstora anläggningar centralt och i de sydligare delarna av landet utvinns kalksten för olika ändamål. Den största användningen av de estländska kalkstenarna är som konstruktionsmaterial och för jordbruksändamål. Anläggningen i Kunda i norra Estland var den enda cementfabriken i landet (fig. 9). Den anläggningen stoppade sin produktion i mars 2020. Anläggningens kapacitet var cirka 600 000 ton cement per år. Anläggningen i Kunda importerar idag cementklinker och har kvar sin malnings- och distributionsverksamhet. Även om landet inte har egen cementproduktion längre finns det fortfarande kvar stora kalkstensreserver här.

### Lettland

Lettlands berggrund består av sedimentära bergarter från tidsperioderna devon till och med jura. Karbonatrik berggrund som är av intresse för cementindustrin finns främst i de centrala och de södra delarna av landet och utgörs av delvis kiselrika kalkstenar växellagrat med sandstenar och dolomitstenar. I området runt staden Saldus i södra delen av landet förekommer ett flertal större förekomster med sammansättningar och uppbyggnad som eventuellt lämpar sig som cementråvara. I Broceni öster om Saldus finns landets enda cementfabrik (fig. 9). Den anläggningen försörjs av råvara från ett stenbrott beläget mellan orterna Broceni och Saldus.



**Figur 9.** Större europeiska cementanläggningar i närhet till Östersjöområdet. Områden runt cementanläggningar indikerar kalkstensområden med lämpliga cementråvara. Bedömningen utgår delvis från var befintliga cementanläggningar är lokaliserade (data från The Global Cement Report 2021).

Sammansättningen på kalkstenen skiljer sig från den i Slite i flera avseenden. Den lettiska kalkstenen har en större kvalitetsvariation och är yngre än den gotländska kalkstenen. Dessutom är bergarten i sig något mjukare vilket har betydelse för hur stenen processas i cementfabriken. Tillgångarna av kalksten är stora men en framtida utvinning hindras i viss mån av de ganska tjocka ovanliggande jordlagren. Produktionen i Broceni ligger idag på cirka 1,6 miljoner ton cementråvara per år. Anläggningen har tidigare också försörjt stålverket i Liepaja med råsten till en kalkbränningsanläggning vilket i sig borgar för en godtagbar kvalitet då kalksten för stålindustrin har högre kemiska krav än den som används för cementindustrin.

## Litauen

Litauens geologi är en fortsättning på Lettlands med en sedimentär berggrund som söderut representeras av allt yngre berggrund. Den lämpligaste berggrunden för cementproduktion finns i landets norra delar där berggrunden motsvarar både i ålder och kvalitet den som finns i södra Lettland. Akmenes i landets norra delar är den enda aktiva cementfabriken i landet (fig. 9). Kalkstensråvaran utvinns i det närbelägna brottet, Karpenai, med en kvalitet som liknar den som utvinns vid Saldus i Lettland. Bergarten är mjukare, något mindre konsoliderad och yngre i ålder än den som utvinns i Slite. Det förekommer i Karpenai så kallade karstfenomen vilket är en typ av kemisk vittring som innebär kvalitetsvariationer för den råvara man hanterar och producerar. Förekomsten har stora reserver. Cementfabriken i Akmenes producerar årligen cirka 1,2 miljoner ton cement där 60 procent går till den inhemska marknaden och 40 procent går på export, främst till de närbelägna länderna Polen och Finland ([www.cementas.lt/en/production](http://www.cementas.lt/en/production), uppgift från 2019).

## Polen

Polen är en av Europas större länder avseende produktion av kalksten. 2020 hade landet 185 kalkstenstäkter där råvaror för produktion av bränd kalk och cement (PGI 2021) är möjlig för utvinning. Landets totala reserver av råvaror för bränd kalk och cement uppgick 2020 till 18,2 miljoner ton. Av dessa täkter är det 70 som utviner kalksten och mägersten specifikt för cementindustrin. Av dessa täkter är 20 idag aktiva, 48 är inaktiva och resterande två täkter är nedlagda. Totalt klarlagda berggrundstillgångar för ändamålet cementproduktion uppgick 2020 till cirka 12,7 miljoner ton.

Polens berggrund består till största delen av sedimentära bergarter. Det finns till exempel inga förekomster av kristallin kalksten av ekonomisk betydelse i landet. De flesta kalkstensförekomsterna finns i landets södra delar i ett öst–västligt stråk. I de norra delarna av landet finns endast några mindre kalkstensförekomster av ekonomisk betydelse, till exempel söder om Bydgoszcz och norr om Szczecin. Alla förekomster i den norra delen är yngre, jurassiska bergarter med varierande hårdhet. I de södra delarna finns kalksten från större delen av paleozoikum, mesozoikum och kenozoikum (kambrium till paleogen).

Kalksten och mägersten med lämplighet för cementproduktion finns främst i de södra delarna av landet. I den norra delen förekommer endast en kalkstensförekomst, anläggningen Kujawy direkt söder om Bydgoszcz, där råvara tas ut för cementproduktion. Det finns tre fabriker i den norra delen av Polen, varav två mindre kustnära och en större i direkt anslutning till kalkstensförekomsten.

Förekomsten i Kujawy bryts och delas upp i tre olika kvaliteter: en kalkstenskvalitet som inte fungerar för cementtillverkning och som främst går till jordbruksändamål, en kvalitet där inslag av mägersten ger bra förutsättningar för cementproduktion samt en kvalitet som är lämplig som bränd styckekalk till bland annat metallurgisk industri. Anläggningen i Kujawy har ett malverk för jordbrukskalksten, en cementfabrik med roterugn och två schaktugnar för styckekalk. Kalkstensförekomsterna i norra Polen är begränsade till Kujawyområdet.

I södra Polen finns fyra större cementanläggningar med tillhörande förekomster: Gorazdze, Malogoszcz, Ozarow och Chelm (fig. 9). Förekomsten i Gorazdze är av triassisk ålder och är av hög kvalitet med en del kemiska variationer, bland annat när det gäller magnesiuminnehåll. Ovanliggande jordlager är uppemot 13 m tjocka, vilket kan begränsa möjligheterna till vidare expansion. Förekomsten ligger också i direkt anslutning till ett naturreservat. Med nuvarande produktionstakt finns det brytvärd kalksten för ytterligare 50–60 år. Kalkverket och tillhörande cementanläggning producerar cement och bränd kalk för både byggnads- och vägändamål (Kazmierczak & Stralkowski 2019).

Förekomsten vid Malogoszcz är belägen cirka 25 km västsydväst om Kielce och är av jurassisk ålder. Berggrunden på platsen utgörs av olika kalkstensvarianter, från finkornig kalksten och kalklersten (mägersten) till grovkornig oolitkalksten. Kalkstenstyperna kallas *Bahamas-typ* då deras bildningsmiljö liknar den som idag finns längs Bahamas kust. Förekomstens tjocklek är cirka 50 m. Cementfabriken planerar att modernisera sin ugn och minska både sitt energibehov och sina koldioxidutsläpp med cirka 20 procent. Investeringen för detta beräknas vara genomförd 2023. Ambitionen är att komma ner till utsläpp på 300 kg koldioxid/ton cement. ([www.globalcement.com/news/item/11527-lafarge-poland-to-upgrade-malogoszcz-cement-plant](http://www.globalcement.com/news/item/11527-lafarge-poland-to-upgrade-malogoszcz-cement-plant), hämtad 2022-03-14). Någon uppskalning av anläggningens kapacitet verkar inte planeras. Produktionen på den nya anläggningen kommer att ligga på cirka 2 miljoner ton cement per år vilket kan jämföras med 3,1 miljoner ton som produceras i den nuvarande anläggningen. Lafarge har också i ett pressmeddelande deklarerat att man successivt kommer att fasa ut sin produktion av portlandcement i Polen fram till 2025. I stället satsar man på att i den nya fabriken kunna producera alternativa cementprodukter med ett betydligt lägre koldioxidavtryck ([www.lafarge.pl/lafarge-w-polsce-odchodzi-od-produkcji-podstawowych-cementow-portlandznych](http://www.lafarge.pl/lafarge-w-polsce-odchodzi-od-produkcji-podstawowych-cementow-portlandznych), hämtad 2022-03-15).

Ozarow-förekomsten ligger cirka sex kilometer norr om samhället Ozarow nära Sandomierz. Förekomsten består av kalksten, sandsten och mörkelsten från övre jura och undre krita. Här finns olika typer av kalksten med varierande halter av bland annat flinta, samt även mörkelsten och lersten. Sammansättningen av traktens kalksten och ler- eller mörkelsten lämpar sig väl för cementframställning. Förekomsten började utvinnas runt 1975 och den är belägen cirka 1,5 km från cementfabriken.

Utvinning vid Ozarow sker på två nivåer med selektiv brytning av olika kvaliteter i ett oregelbundet format dagbrott med en total utsträckning på mer än två kilometer. Brottets södra del har nått tillståndets yttre gräns. Här sker därför endast en sporadisk brytning idag och man planerar för en återställning av denna del av brottet. I förekomstens norra del sker den största och mest intensiva brytningen. Kalkstenskvaliteten i den västra delen av brottet är mycket ojämn och här bryts därför främst kritsand och karstlera i stället. Cementanläggningen producerar ett antal kvaliteter riktade till industriändamål, byggnation och infrastruktur.

Chelm ligger i sydöstra Polen. Förekomsten består av kritkalksten och är en del av en större upphöjning (horst) som också påverkats strukturellt av istida blockförflyttningar och av karstvittring. Ovanliggande jordlager är mellan 0 och 30 m tjocka. Variationen i jordlagrens tjocklek beror på karstvittring (epikarst). Brytning sker i dagbrott på fem nivåer med ett djup på totalt 50 m och det totalt utbrutna området i brottet är cirka två kvadratkilometer. Cementanläggningen producerar främst portlandcement, portlandaska av kalksten, samt olika specialcement, bland annat för vägbyggen.

## Tyskland

Tysklands berggrundsgeologi är mycket komplex. I landets södra delar domineras det geologiska landskapet av Alpernas geologiska historia. I norr sammanfattas geologin av fyra olika geologiska skeenden (nivåer). En basnivå av veckade palaeozoiska och äldre bergarter, en övergångsnivå med främst vulkaniska bergarter av karbonsk och permisk ålder, en mesozoisk nivå med typiska saltavlagringar, kolavlagringar och finkorniga ler- och kalkstenar. Den yngsta nivån består av unga bergarter och jordarter från tertiär och kvartär tid. Dessa bergarter är mycket lösa och mjuka och inte lika förstenade som bergarterna i de äldre nivåerna.

Kalkstenar lämpliga för cementproduktion förekommer i samtliga nivåer i varierande grad. Tyskland har flera mindre och mellanstora produktionsställen, men endast anläggningen i Karsdorf i centrala östra Tyskland har en storlek som är jämförbar med den i Slite (se fig. 9).

Förekomsten i Karsdorf består främst av så kallad *muschelkalk* av triassisk ålder och den är cirka 50 m mäktig. Flera olika typer av kalksten förekommer, bland annat finkornig kalksten, skalgruskalk, mörkelsten och karbonatiska lerstenar. Brytningen i Karsdorf sker i stenbrott på två olika brytnivåer med ett totalt djup på drygt 50 m. Total utsträckning av brottet är cirka en kilometer. Cementanläggningen ligger 70 km sydväst om Leipzig i direkt anslutning till förekomsten. Produktutbudet från anläggningen består bland annat av portlandcement, portlandkompositer och masugnscement.

Cementfabriken i Rüdersdorf strax utanför Berlin har tidigare exporterat till Sverige men avslutat detta på grund av höga transportkostnader och dålig lönsamhet. Mindre cementvolymen har tidigare även exporterats från andra anläggningar i Nordtyskland.

Generellt bedöms produktionen i tyska cementfabriker ligga nära teknisk maxkapacitet. I nuläget bedöms tillgängliga volymer för produktionsökning och eventuell ökad export till Sverige som låga, speciellt vid enskilda anläggningar. En eventuell ökning av befintlig brytning och produktionskapacitet i Tyskland skulle kräva lång framförhållning, men bedöms inte fullt ut ensamt kunna ersätta en svensk cementproduktion i Slite.

## Cementproduktion utanför Europa

Kalkstensutvinning och cementtillverkning pågår i alla världsdelar. De största exportländerna redovisas i tabell 11 nedan. Kännetecknande för många storexporterande länder är att de saknar egen import av cement och att de flesta av dem är lokaliserade i Asien.

Få länder importerar större mängder cement och klinker. Endast tjugo av världens länder har en import som överstiger den produktionsvolym som idag produceras i Slite. De flesta av dessa ligger i Asien. Exempel på länder som har höga importnivåer av cement är Kina, Bangladesh, USA och Filippinerna (tabell 11). Gemensamt för dessa länder är att importen sker via båttransporter från grannländerna.

I Europa är det Storbritannien, Frankrike och Nederländerna som har större importvolym av cement. Frankrike och Nederländerna har förutom import samtidigt en export av cement, medan Storbritannien inte exporterar någon cement alls. Storbritannien bedriver cementimport med flera europeiska länder som Irland, Frankrike, Grekland, Norge med flera. Trycket på byggindustrin i Europa är stort i många länder och utvinningen av kalksten för cement är redan idag nära ländernas maximala kapacitet, varför det troligen saknas utrymme för att öka produktionen i många av Europas länder för att förse Sverige med tillräckliga mängder kalksten, klinker eller cement.

Om enskilda företag i framtiden kommer att behöva importera utländsk cement kommer det troligen att bli till betydligt högre kostnader än vad cementen kostar idag. Uppgifter från dialogmötena anger att importerad cement kommer att kosta cirka fem gånger högre än vad den nationella cementen kostar idag, detta utöver de investeringar som en nödvändig utbyggnad av logistikkedjan skulle kosta.

**Tabell 11.** De största exportländerna av cement- och klinkerprodukter (The Global Cement Report 2021)

| Land                  | Export, miljoner ton | Import, miljoner ton |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Vietnam               | 34                   | 0                    |
| Turkiet               | 23                   | 0                    |
| Iran                  | 16,9                 | 0                    |
| Thailand              | 14,3                 | 0                    |
| Japan                 | 10,3                 | 0                    |
| Förenade Arabemiraten | 10,1                 | 0,6                  |
| Pakistan              | 7,4                  | 0,2                  |
| Kina                  | 5,5                  | 24,8                 |

## DISKUSSION

Kalksten är en vanligt förekommande bergart. Det finns gott om förekomster såväl i Sverige, Europa som i övriga världen. Alla kalkstenar är dock inte lika utan de uppvisar stor variation vad gäller kemisk sammansättning och lämplighet som cementråvara. Kalkstenen som ska användas som råvara för cement får till exempel inte innehålla för mycket magnesium. En kalksten kan vara mjuk, sedimentär eller kristallin vilket påverkar dess tekniska egenskaper. Den kan även innehålla flinta som kan skapa hållbarhetsproblem i betong och som därför måste sorteras bort. Dessa variationer medför att det inte utan vidare går att byta ut en kalkstensråvara mot en annan.

I urvalsprocessen har SGU endast utgått från de geologiska förhållandena. Vi har inte beaktat samhällsskydd, naturskydd eller andra motstående samhällsintressen, inte heller markägarförhållanden eller bebyggelse, vilka är helt avgörande för ett utpekat förslag till alternativ lokalisering. Ur den aspekten ska SGU:s urval endast betraktas som teoretiska möjligheter utifrån förekomsten av karbonatsten med lämplig kvalitet, volym och brytningstillgänglighet (jorddjup) för att potentiellt kunna användas för storskalig brytning som cementråvara. Vidare har urvalet av lämpliga förekomster utgått från en storlek som kan jämföras med produktionen i Slite, det vill säga ha en kapacitet på 2–3 miljoner ton per år och en produktionstid på mer än 50 år.

De dominerande bergarter som används för en cementtillverkning är kalciumrik kalksten och aluminiumrik märgelsten. Ytterligare material behöver ofta tillsättas men då i mindre mängder, som likt idag kan tas ut på en annan plats och därefter transporteras till själva produktionsanläggningen. Eftersom all brytning av kalksten för cement sker i dagbrott betyder det att hanteringen av tjocka jordlager försvårar och fördyrar utvinningen. Därför lämpar sig inte heller kalkstensförekomster med alltför stora jorddjup, det vill säga jorddjup som överstiger 10–15 m. Vidare är en förutsättning för att kunna bedöma kalkstensförekomsternas kvalitet att det finns information om utbredning, volym och sammansättning. Då SGU inte har ett prospekteringsuppdrag och detaljerade platsspecifika undersökningar inte ryms inom ordinarie kartläggningsverksamhet medför detta att SGU:s information om kvalitet och tillgängliga volymer för enskilda förekomster är begränsad. Befintliga analyser kan även vara hämtade från äldre undersökningar eller vara ofullständiga avseende aktuella kvalitetskrav på råvaran.

Sveriges sedimentära kalkstensförekomster varierar i sammansättning, ålder och tjocklek. I jämförelse med flera andra europeiska länder har Sverige en relativt liten andel sedimentär berggrund i geografiskt väl avgränsade områden. Enskilda förekomster av kristallin urbergs-kalksten av lämplig kvalitet har ofta betydligt mindre utbredning än de sedimentära kalkstensförekomsterna.

Samhällets behov av råvaror för samhällsbyggande och processen att utvinna dem ur marken är komplex. SGU konstaterar, efter en genomgång av såväl inhemska förekomster av kalksten lämpliga för cement och en eventuell import, att en omställning från en produktionsanläggning med tillhörande brytning till en annan är en mycket lång process som kräver tid och resurser.

Det krävs kännedom om var lämpliga kalkstensförekomster är lokaliserade. Till det krävs förutom en platsspecifik undersökning också tillgång till ett modernt, relevant kunskapsunderlag. Först då finns förutsättningar att kunna möta samhällets behov av geologisk information, till exempel för råvaruförsörjningen, både idag och i framtiden. Samhällets försörjningsbehov förändras över tid, och kännedom om befintliga naturresurser och regional geologi är en färskvara. Nya användningsområden, kvalitetskrav och behov kräver uppdatering av tillgänglig kunskap från äldre undersökningar.

Först när god kännedom om den kalksten man avser att bryta finns kan tillståndsprocessen starta. Tillståndsprocessen för Cementa i Slite tog cirka fyra år innan domstolen avvisade ansökan. Det är därför inte orimligt att det kan ta 10 år eller mer från start av ett projekt till att produktionen

kan starta. Då är inte tiden för hela tillståndsansökan och tid för bygge av nödvändiga tillhörande industrianläggningar inräknade. Utöver detta förutsätts även äganderätt till marken eller avtal med markägaren då kalksten utgör ett markägarmineral.

Höga investeringskostnader är en orsak till utvecklingen från utvinning i mindre skala till en storskalig produktion. Tillverkning av cement på en enskild plats jämfört med produktion fördelad på ett antal mindre anläggningar på flera olika platser anses reducera den totala miljöpåverkan, men detta kräver också tillgång till stora enskilda förekomster av kalksten. I det fall tillgänglig volym av lämplig råvara är begränsad i tonnage medför det att samhällets behov endast kan täckas av flera mindre anläggningar som utvinnet olika kalkstensförekomster eller att råmaterial transporteras från dessa till en central produktionsplats. Med flera råvarukällor blir spridningen bland materialegenskaperna större vilket kan innebära att mer provning behöver utföras för att säkerställa kvalitetskraven.

SGU konstaterar att det sedan 1800-talet endast används sedimentär kalksten som den primära råvaran för cementproduktion i Sverige och att detta även är den vanligaste kalkstentypen för andra cementproducerande länder. De geologiska och tekniska utmaningarna med att använda sig av kristallin kalksten är betydliga. Risker är påtagliga för höga magnesiumhalter och att mal- och brännegenskaper i råvaran är sämre. Förekomster med kristallin kalksten är också ofta brant stående och veckade samt innehåller andra mineraliseringar vilket gör dem komplicerade att utvinna. Vissa av dessa förekomster är dessutom betydligt hårdare och kräver annan teknisk utrustning för malning och logistikflöden i en produktionsanläggning. Sammantaget kan kristallin råvara användas, men medför sannolikt ökade kostnader. SGU anser därför att det är mer lämpligt att använda sig av en sedimentär kalksten framför en kristallin kalkstensförekomst vid cementtillverkning.

De mest intressanta förekomsterna för cementråvara i Sverige med avseende på ovan angivna kriterier är belägna på Gotland (däribland aktiva kalkstensbrott i Slite och Storugns) och i sydvästra Skåne. Danienkalkstenen i Sydvästskåne har av tradition använts och fungerat som råvara till cement under cirka 100 år fram till att produktionen i Cementas brott i Limhamn lades ner i slutet av 1900-talet. Största problematiken vid denna anläggning var att hantera och sortera bort flintan. I sydvästligaste delen av Skåne finns dock betydande volymer med danienkalksten som kan täcka ett långsiktigt behov för cementtillverkning. Danienkalkstenen behöver kompletteras med en aluminiumrik råvara som motsvarar mägerstenen i Cementas tillverkningsprocess i Slite. Det potentiella området med danienkalksten och relativt små jorddjup sammanfaller med ett tätbefolkat område i sydvästligaste delen av Skåne vilket sannolikt försvårar en eventuell tillståndsprocess för ett nytt kalkstensbrott.

Kalkstensförekomster på södra Öland och i Billingen-Falbygden har sämre förutsättningar än de på Gotland och i sydvästra Skåne men anses vara riksintressanta förekomster för cementråvara. Tillgångarna i Billingen-Falbygden och i Degerhamn på Öland är inte tillräckliga för att ensam möta det svenska behovet av cement, men bedöms kunna fungera som ett komplement vid till exempel import eller fortsatt brytning på Gotland i mindre skala. Flera av dessa förekomster kräver också mindre tillsatsvolymer av andra råmaterial (exempelvis kvartssand, lera eller mägersten) för att fungera som cementråvara. Sedimentära karbonatförekomster i Östergötland, Västergötland, Närke och på Öland påträffas dessutom ovanpå lager med alunskiffer, vilket kan medföra ökade miljökrav avseende potentiell grundvattenpåverkan och hantering av sidoberg.

Sverige importerar redan idag cement från vissa länder och denna är ett viktigt tillskott till de svenska betongindustrierna. Internationellt finns bra cementråvaror i Europa, bland annat i de baltiska länderna, Polen och Tyskland. I de baltiska cementanläggningarna motsvarar den befintliga produktionen den maximala tillverkningskapaciteten för fabriken varför man i nuläget inte kan öka tillverkningen av cement nämnvärt. I flera länder i Europa finns det fabriker med en



teoretisk överkapacitet för produktion av cement, men det är inte säkert att den här kapaciteten kan realiseras. Ett problem för vissa fabriker är att även om de har en tillgänglig produktionskapacitet så saknar de miljötillstånd. I förlängningen innebär det att handelsmöjligheterna försvåras då enskilda anläggningars exportvolymen minskar. Bland de länder med större cementanläggningar i Europa, med likartad kalkstensråvara och med närhet till Sverige, är flera lokaliserade långt från kusten, till exempel i Polen och Tyskland, vilket medför besvärlig transportlogistik. Strategin inom EU ETS, EU:s utsläppshandelssystem, leder till att överkapaciteten i Europa begränsas och att de mer effektiva anläggningarna gynnas. Det är värt att notera att material som klinker, färdig cement och bränd kalk kategoriseras som farliga produkter att hantera och de klassificeras därför som farligt gods enligt vad som har framkommit i dialogmötena.

Långsiktigt samhällsbyggande ställer krav på en jämn, väl utprovad och testad kvalitet på den produkt som ska användas. För att erhålla en jämn kvalitet på produkten är det viktigt att den råvara som används inte skiljer sig åt i kvalitet över tid och att det finns långsiktighet i leveranserna. Det blir svårare att erhålla denna jämnhet när råvaran kommer från flera olika kalkstensförekomster.

Det finns både europeiska och svenska branschstandarder för cement, och dessutom skiljer sig test- och provningsverksamheten något mellan olika länder. Exempelvis frostprovning som utförs som standard i Sverige saknas som standard i vissa andra länder. Om merparten av den cement som i framtiden ska användas i Sverige importeras från ett flertal anläggningar kommer det med stor sannolikhet att innebära svårigheter med till exempel lagerhållning, ledtider och säkerställda kvaliteter utifrån den provningsverksamhet som måste genomföras. Detta gäller speciellt i det fall flera leverantörer är involverade.

Avsaknad av en nationell cementteknologi riskerar även landets möjligheter att påverka produktionsteknologin och investeringarna i teknik för avskiljande, omvandlande av och lagring av koldioxid, CCS/CCU.

På grund av den pågående konflikten mellan Ryssland och Ukraina påverkas energimarknaden i framför allt Europa vilket kraftigt försvårar och fördyrar cementtillverkningen då produktion av cement är en energikrävande process. Begränsningar av tillgången till lämplig energi för cementtillverkning riskerar att försvåra förutsättningarna för en hållbar cementimport. Till exempel använder Turkiet, som är en av de större cementexportörerna i världen, i nuläget importerat kol från Ryssland som energikälla i sina cementanläggningar.

Slutligen konstaterar SGU att det på lång sikt finns geologiska förutsättningar att hitta alternativa kalkstensförekomster inom Sveriges gränser, men de områden som SGU ser är möjliga ur ett geologiskt perspektiv kommer sannolikt att möta snarlika motstående intressen som i Slite. Detta medför också en osäker tillståndsprocess på sannolikt upp mot 10 år eller mer. Det beror förutom tillståndsprövning även på att kalksten är ett markägarmineral, vilket innebär att för att undersöka möjligheterna för brytning krävs avtal med markägare eller att man äger marken. Detaljerade undersökningar kan starta först efter att detta är klart. Borrningar och undersökning av kvaliteten på kalkstenen tar också lång tid. Först när man har kännedom om volymen brytbar produkt och platsspecifika markförhållanden kan processen starta med att söka tillstånd förutsatt att det finns affärsmässiga grunder. SGU kan konstatera att det kan ta många år innan en kalkstensbrytning kan etableras på annan plats i Sverige som ersätter produktionen i Slite. Att bygga en ny cementanläggning med en kapacitet motsvarande den som idag finns vid Slite på en annan plats i Sverige kommer sannolikt att kosta ett antal tiotals miljarder enligt vad som framkommit vid branschsamtal.

## SAMMANFATTANDE SLUTSATSER

- SGU finner att kalkstensförekomsterna i den yngre sedimentära berggrunden är de bäst lämpade alternativen som råvara för cementtillverkning. De har ofta en kemisk och mineralogisk sammansättning som väl passar för klinkerframställning av portland-typ. Dessutom finns historiskt sett stor industriell kunskap om dessa förekomsternas fysikaliska egenskaper och duglighet som cementråvara.
- Urvalet av förekomster av karbonatsten, som i jämförelse med Cementas brytning i Slite har motsvarande storlek, kvalitet, tillgänglighet och förutsättningar för långvarig produktion är begränsat. De urvalskriterier som legat till grund för bedömningen har varit att en potentiell alternativförekomst ska kunna leverera minst 2–3 miljoner ton kalksten per år under minst 50 år, ha en jämn kvalitet och inte överlagras av för tjocka jordlager eller annan berggrund. SGU är medveten om att det även måste göras hänsynstagande till andra samhällsintressen rörande en eventuell lokalisering.
- SGU har från strikt geologiska urvalskriterier bedömt att de mest lämpliga alternativen till Cementas stenbrott i Slite (västra Brottet och File Hajdar) är förekomsterna i de sedimentära berggrundsområdena i sydvästra Skåne, på Gotland, Västergötland och på Öland.
- I sydvästra Skåne producerades cement under mer än 100 år från danienkalkstenen i Limhamn. Samma typ av kalksten finns under relativt tunna jordlager över ett större kustnära område från Malmö till Smygehuk. Emellertid är det ett tätbefolkat område med flera motstående samhällsintressen vilka måste beaktas och som kan medföra svårigheter att erhålla ett täktillstånd.
- På Gotland finns andra områden med likvärdig karbonatsten som den som finns i Slite. I dessa områden föreligger dock ett stort hänsynstagande till stora naturvärden och grundvattensituationen.
- I Västergötland finns även områden som har liknande cementkvaliteter som de förekomster som bryts i Skövde. Det finns emellertid inte lika många alternativa lokaliseringmöjligheter för ett stort nytt kalkstensbrott på grund av kalkstenens relativt begränsade areal i förhållande till hur det ser ut i sydvästra Skåne och på Gotland. Även på Öland bedöms möjligheterna till stora uttag under längre tid vara begränsade då en av sidobergarterna till kalkstenslagret är alunskiffer.
- SGU vill poängtera att det finns fler områden med karbonatsten som är lämpade för cementproduktion men att dessa bedöms som alltför små eller att inte vara tillräckligt kemiskt homogena. Det gör att de bedöms endast vara aktuella för lokal cementproduktion i mindre skala. Till exempel finns kalkstenar i Jämtland och Norrland som skulle kunna användas. Det ska noteras att det ofta saknas tillräcklig information om bland annat dessa förekomsternas kemiska uppbyggnad.
- SGU bedömer att det är helt orealistiskt att de relativt stora kalkstensförekomster som finns i norra Norrlands fjälltrakt kan användas för tillverkning av cement. Detta beror på att de förekommer i befintliga nationalparker med mycket höga naturvärden samt avsaknad av infrastruktur.
- Möjligheten till import av cement och klinker finns i Europa, främst då från vissa av de större cementproducerande länderna som till exempel Polen, Tyskland, Lettland och Litauen samt från södra Europa. De begränsade kapaciteter som fabriker i Europa idag har innebär att inget enskilt land kan leverera de behövliga cementvolymerna för Sverige, uppskattningsvis 2,3 miljoner ton årligen. SGU:s bedömning är att ett importskenario på 2,3 miljoner ton cement kommer att förutsätta import från ett antal fabriker från ett flertal länder och man kan inte utesluta från länder både inom och utanför Europa.

Slutligen behöver det poängteras att det måste göras en mer djupgående analys av lämpligheten att bryta i de kalkstensområden som SGU pekat ut. Det behöver även genomföras en övergripande kvalitetsbedömning av de mindre kalkstensförekomsterna utifrån ett nationellt beredskapstänkande, något som inte har varit möjligt att utföra inom den begränsade tidsram som funnits för utredningsarbetet. SGU kan konstatera att ersätta en befintlig produktionsanläggning av Slites storlek är ett flerårigt projekt som förutom goda geologiska kunskaper om potentiella förekomster även kräver övergripande beredskapsmässiga analyser.

## REFERENSER OCH KÄLLOR

- Aurola, E., 1954: The mines and quarries of Finland. Geological survey of Finland.
- Boynton, R., 1966: Chemistry and technology of lime and limestone.
- Ghosh, S.N., 1982: Advances in cement technology.
- Gram, H.E., Lagerblad, B. & Westerholm, M., 2017: Betong med krossat bergmaterial som ballast. Kvalitetskriterier och proportionering. *RISE CBI-rapport: 2:2017*.
- Kazmierczak, U. & Stralkowski, P., 2019: Environmentally Friendly Rock Mining – Case Study of the Limestone Mine “Gorazde”, Poland. *Applied Sciences* 9, 5512. doi:10.3390/app9245512.
- Lagerblad, B. & Jacobsson, B., 1997: Smectite clays and concrete durability, Proceedings of the 19th international conference on cement microscopy, Cincinnati, Ohio USA, 151–163.
- PGI, 2021: The balance of mineral resources deposits in Poland as of 31 XII 2020, 509 s. (på polska, sammanfattande tabeller på engelska finns på <http://geoportal.pgi.gov.pl/surowce>. Åtkommen den 16 maj 2022)
- Shaikh, N.A., Bruun, Å., Karis, K., Kjellström, G., Sivhed, U., Sundberg, A. & Wik, N-G., 1989a: Kalksten och dolomit i Sverige. Del 1. Norra Sverige. *Rapporter och meddelanden 54*. Sveriges geologiska undersökning, 383 s.
- Shaikh, N.A., Bruun, Å., Karis, K., Kjellström, G., Sivhed, U., Sundberg, A. & Wik, N-G., 1989b: Kalksten och dolomit i Sverige. Del 2. Mellersta Sverige. *Rapporter och meddelanden 55*. Sveriges geologiska undersökning, 359 s.
- Shaikh, N.A., Bruun, Å., Karis, K., Kjellström, G., Sivhed, U., Sundberg, A. & Wik, N-G., 1990: Kalksten och dolomit i Sverige. Del 3. Södra Sverige. *Rapporter och meddelanden 56*. Sveriges geologiska undersökning, 296 s.
- Svenska Betongföreningen, 2020: ASR i svensk betong – vägledning för nya och befintliga konstruktioner. *Betongrapport nr 18, utgåva 1*.
- Svensk Byggtjänst, 2017: Betonghandbok, Material, del 1, delmaterial samt färsk och hårdnande betong.
- The global cement report, 14<sup>th</sup> edition, 2021.
- Wik, N-G., Lundquist, I., Selinus, O., Sivhed, U., Sundberg, A. & Wikström, A., 2002: Malmer, industriella mineral och bergarter i Västra Götalands län, inklusive kommunerna Habo och Mullsjö. *Rapporter och meddelanden 108*. Sveriges geologiska undersökning, 260 s.
- Wilck, K., 1991: Cementteknologi. Cementa AB, Danderyd.