



CHALMERS

Vad gör byggindustrin för att hantera framtida begränsningar av kalksten

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik

Farid Hadi
Mohammad Sleman

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR MILJÖSYSTEMANALYS

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2022
www.chalmers.se
Rapportnummer E2022:135

Vad gör byggindustrin för att hantera framtida begränsningar av kalksten

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
samhällsbyggnadsteknik*

Farid Hadi
Mohammad Sleman

Vad gör byggindustrin för att hantera framtida begränsningar av kalksten
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet samhällsbyggnadsteknik

FARID HADI
MOHAMMAD SLEMAN

© FARID HADI, 2022
© MOHAMMAD SLEMAN, 2022

Handledare & examinerator: Anna Nyström Claesson
Rapportnummer E2022:135
Teknikens ekonomi och organisation
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2022

Göteborg, Sverige 2022

Vad gör byggindustrin för att hantera framtida begränsningar av kalksten

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet samhällsbyggnadsteknik

FARID HADI

MOHAMMAD SLEMAN

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation

Chalmers tekniska högskola

SAMMANDRAG

I FNs Agenda 2030 finns mål för resurshantering av naturresurser, klimatåtgärder och att bevara ekosystemen. I den pågående konflikten om kalkbrytning i Slite på Gotland står brytningen av kalksten emot mål för hållbar hantering av naturresurser, klimatåtgärder och att bevara ekosystemen. Beslutet från Mark- och Miljödomstolen i november 2021 angav att Cementas kalkbrytning i Slite skulle upphöra senast 31 december 2022. I domstolsbeslutet angavs att gruvverksamheten påverkade grundvattnet på Gotland vilket drabbar naturen i området.

Idag används ungefär 4.4 miljoner ton kalksten årligen i cementtillverkningen och ungefär 60-75% av all cement som används i Sverige kommer från Slite, Gotland. För byggindustrin i Sverige får domstolsbeslutet konsekvenser som påverkar produktionen av både infrastruktur och husbyggnad. För att byggindustrin skall klara en omställning behövs ny resurssnål materialhantering och ersättningsmaterial för kalksten. Byggindustrin har ca ett år på sig att ställa om, om beslutet står fast. Hur aktörerna i branschen tänker om en kommande resursbrist kommer att avgöra hur branschen klarar av att ställa om till och samtidigt bidra till en mer hållbar resursanvändning.

Syftet med studien var att undersöka hur resurknappheten av kalksten kan påverka byggindustrin, vilka lösningar det finns och möjliga strategier för en bättre resurshantering av kalksten.

Metoden bygger på en litteraturstudie och intervjuer med aktörer i olika delar av byggprocessen. Den viktigaste slutsatsen är att det finns teknik för att hantera resurknappheten och av miljöskäl undvika import av cement. Mycket tyder på att omställningen kan bli besvärlig.

Nyckelord: Cementa, Slite, kalksten, cement.

ABSTRACT

In the UN Agenda 2030 there are goals aiming at resource management of natural resources, combating climate change and preserving ecosystems. In an ongoing conflict in Sweden, the mining of limestone at Slite on Gotland is at odds with the goals for resource management, climate action and the preservation of ecosystems. In the environmental court decision from November 2021, it is indicated that Cementa's lime mining operations at Slite should cease by December 31st, 2022. The main arguments were the mining operations impact on the ground water and the natural environment in the area.

Approximately 4.4 million tons of limestone are used annually to manufacture cement, and approximately 60-75% of all cement used in Sweden comes from Slite, Gotland. The court decision will have an impact on the Swedish building construction industry's production of infrastructure and housing. In the transition, the industry needs to develop resource efficient techniques and replace some of the limestone in cement. If the court decision remains, the industry has about a year to do the transition. How the industry's actors perceive a resource shortage will impact on the industry's ability to transition into a more sustainable resource management.

The purpose of the study was to investigate how resource shortage of limestone impacts the building construction industry and from there understand potential solutions and strategies to an improved resource management of limestone.

The method is based on a literature study and interviews with industry actors in different parts of the construction process. The study's main conclusions are that there is new technology to manage the resource and to avoid import of cement due to environmental reasons. All indications are that the transition will be inconvenient.

Keywords: Cement, Slite, limestone, cement.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Syfte	1
1.2 Avgränsningar	2
2 Hållbarhetsmål, kalksten och design för avfallshantering	2
2.1 Hållbarhetsmål och intressentteori	3
2.1.1 Hållbarhetsmål	3
2.1.2 Intressentteori	3
2.2 Kalkstenresurser	5
2.2.1 Kvaliteter och tillgång till kalksten	6
2.2.2 Byggbranschen och Slitebeslutet	7
2.3 Cement	8
2.3.1 Livscykelperspektiv på kalkstenens miljöbelastning	8
2.3.2 Resursförbrukning av ändliga material	9
2.3.3 Tillsatsmedel och alternativ till kalksten	10
2.4 Betong och olika användningsområden	12
2.4.1 Användningsområden för betong och vattencementförhållandet	12
2.5 Design för avfallshantering av betong	15
2.5.1 Avfallsbetong	15
2.5.2 Olika faktorer som bidrar till att försämra betongen	16
2.5.3 Prefab - ett alternativ	16
3 Metod	18
3.1 Datainsamling	18
3.1.1 Litteratursökning och annat material	18
3.1.2 Intervjuer och mejlkontakter	18
3.2 Datahantering	20
3.2.1 Inventering av attityder hos aktörerna och indikatorer	20
3.3 Analysstrategi	20
3.3.1 Möjlighet och hinder för en hållbar resurshantering	20
3.3.2 Vad skulle en hållbar resurshantering innebära?	20
4 Resultat	21
4.1 Attityder hos aktörerna	21
4.1.1 Tillgången på resurs	21
4.1.2 Tillsatsmedel	21
4.1.3 Återvinning av betong	22
4.1.4 Återanvändning av betong	23
4.2 Återkommande teman	23
4.2.1 Produktionsstopp i byggbranschen	24
4.2.2 Import av kalksten	24

4.2.3 Ökad miljöbelastning	25
5 Analys	26
5.1 Möjligheter och hinder för en hållbar resurshantering	26
5.1.1 Kan tillsatsmaterialen ersätta kalkstenen	26
5.1.2 Prefab betongelement	26
5.2 Intressentrelationer och steg för en hållbar resurshantering	27
5.2.1 Intressenter och hållbarhetsfrågan	27
5.2.2 Tid och materialresurshantering	28
5.2.3 Cirkularitet	28
6 Diskussion	30
6.1 Styrkor och svagheter	30
6.1.1 Litteratur	30
6.1.2 Intervjuer	30
6.2 Syfte och metod	31
6.2.1 Antaganden och avgränsningar	31
6.2.2 Tillförlitlighet och trovärdighet till studien	31
6.2.3 Generaliserbarhet	32
6.3 Kunskap som studien bidragit med	32
6.3.1 Resultat som styrker eller motsäger slutsatsen	32
7 Slutsats	33
Förslag till fortsatta studier	34
Källförteckning	36

1 Inledning

Agenda 2030 är en global handlingsplan som togs fram år 2015 av FN:s medlemsstater. Inom handlingsplanen finns 17 globala mål vars syfte är att skapa en hållbar utveckling fram till år 2030. Bland dessa 17 globala mål handlar ett av dem om hållbar konsumtion och produktion (mål 12), bekämpa klimatförändringar (mål 13) och mål 15 som handlar om att bevara ekosystem och biologisk mångfald (Globala målen, 2021).

Kalksten är en viktig sedimentär bergart som används inom jordbruk, byggmaterial och industri. Inom framförallt byggindustrin används kalksten som huvudmaterial till att tillverka cement som i sin tur används för att tillverka betong. Cement består av en blandning av lera och kalksten. Betong är ett av världens viktigaste byggmaterial inom samhällsbyggnad eftersom materialet har hög hållfasthet, är beständig samt har en hög brandskyddsförmåga. Förutom betong används kalksten till lättbetong, glas, asfalt, isolering, plast och färgprodukter (Svenska kalkföreningen, 2020).

Idag pågår en konflikt mellan bolaget Cementa AB och flera aktörer som bland annat Naturskyddsföreningen och Naturvårdsverket (Liljebäck, 2021). Cementa AB har ansökt om att förnya sitt nuvarande täktillstånd för att kunna fortsätta producera cement genom att bryta kalksten i Slite på Gotland. Slite var år 2021 navet för cementproduktion i Sverige. Cementa AB producerade 60-75 % av cementen som användes i Sverige vilket motsvarade ungefär 2,5 miljoner ton cement årligen (Virgin, 2021).

Mark- och Miljödomstolen tog i november 2021 beslutet att Cementas verksamhet på Slite skulle upphöra efter att Cementa överklagat och blivit avvisade i Juli 2021. Motiveringen var att Cementas verksamhet i Slite förstör både natur och vattenförsörjningen för Gotlands invånare. Beslutet från Juli överklagades till regeringen som beslutade att verksamheten får fortsätta fram till 31 december 2022 (Regeringskansliet, 2021).

1.1 Syfte

Rapportens syfte är att undersöka hur resursknappheten av kalksten kan påverka byggindustrin, vilka lösningar det finns och möjliga strategier för en bättre resurshantering av kalksten. Frågeställningarna för arbetet var:

- Hur påverkas byggindustrin om nedbrytningen av kalk på Gotland stoppas, på lång och kort sikt?
- Hur skulle anpassningen se ut och vad skulle nästa steg vara?

1.2 Avgränsningar

Studien fokuserar på resurskonflikten och byggbranschens hantering av cement vilket innebär en avgränsning mot konsekvenserna för natur och människor av Cementas verksamhet i Slite på Gotland.

2 Hållbarhetsmål, kalksten och design för avfallshantering

Kapitlet beskriver intressentteorin, Agenda 2030 och hållbarhetsmålen som har relevans för studien. Andra områden som beskrivs är kalksten, portlandklinker, portlandcement och olika användningsområden som exempelvis betong. Kapitlet identifiera några olika ersättningsmaterial som finns tillgängliga idag och möjligheter som finns för återvinning av betong samt om det går att återanvända gamla betongelement från tidigare projekt.

2.1 Hållbarhetsmål och intressentteori

Hållbarhetsmålen används för att guida företag och samhället i en hållbar riktning. För att hantera intressekonflikter och hitta en bra hantering behöver olika parter komma överens om mål och väg framåt. Intressentteorin ger en utgångspunkt för att förstå resurskonflikten.

2.1.1 Hållbarhetsmål

Agenda 2030 är en handlingsplan som togs fram år 2015 av FN:s medlemsstater. I handlingsplanen finns 17 globala mål med syftet att skapa en hållbar utveckling. Bland de 17 globala målen finns bland annat, mål 12 som handlar om hållbar konsumtion och produktion. Inom mål 12 finns det delmål och ett utav dem är delmål 12.2 som handlar om att effektivisera nyttjandet av naturresurser. Ett annat delmål är 12.5 som handlar om att minska mängden avfall genom att återanvända och återvinna mer (Globala målen, 2021).

Mål 13 är också ett viktig mål inom arbetet och handlar om att bekämpa klimatförändringarna. Ett viktigt delmål som måste tas hänsyn till är delmål 13.1 som handlar om att stärka förmågan till anpassning och motståndskraften mot naturkatastrofer och klimatrelaterade frågor (Globala målen, 2021).

Mål 15 är ytterligare ett viktigt mål som handlar om ekosystem och biologisk mångfald. Ett viktigt delmål som berör Cementas kalkstensbrytning är delmål 15.5 som handlar om att skydda den biologiska mångfalden och naturliga livsmiljöer som bland annat ekosystem och grundvatten (Globala målen, 2021).

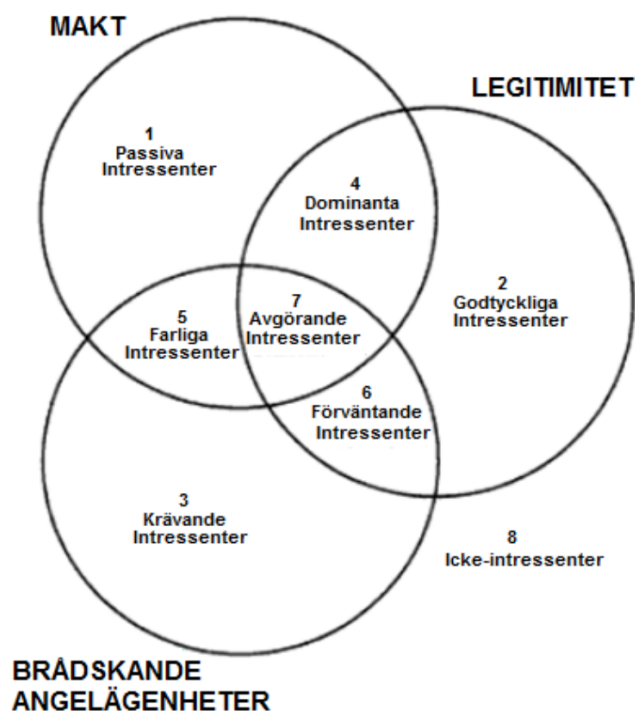
2.1.2 Intressentteori

En part som har något slags intresse i för en fråga i exempelvis ett företag kallas för intressent (Bryson, 2007). En intressent beskrivs av Freeman som en individ eller grupp som påverkar och påverkas av en verksamhet eller ett företag. Intressenter delas ofta in i primära och sekundära intressenter. En primär intressent påverkar företaget direkt, det vill säga att de är direkt berörda av företagets verksamhet till exempel anställda, kunder, investerare och leverantörer. Exempelvis så överlever inte ett byggföretag utan några kunder och därför blir kunderna primära intressenter eftersom de har en direkt påverkan på företagets verksamhet. Sekundära intressenter är indirekt berörda och har mindre påverkan på företaget, till exempel organisationer, regeringar, samhället, framtida generationer och arter (Waddock, 2013). Byggföretaget måste arbeta hållbart för att inte begränsa framtida generationer och arter som

är viktiga sekundära intressenter och påverkar företaget indirekt. Intressenter blir viktiga för företag och verksamheter på olika sätt, till exempel kan de bidra i företagens beslutfattande genom att identifiera problem och trender som hjälper företaget att undvika risker.

Primära och sekundära intressenter kan variera mellan olika företag eftersom de kan ses från alla tre dimensioner, det ekonomiska, sociala och ekologiska. I exempelvis det ekologiska perspektivet ingår bland annat verksamhetens effektivitet i förhållande till klimatförändringar, resursanvändning och förlust av arter. Miljöintressenter är därför bland de viktigaste intressentgrupperna, med tanke på att alla verksamheter använder naturresurser i någon form. I detta avseende anses miljöfrågor vara ett primärt intresse för resursberoende företag som utvinningsindustri, medan andra företag vilka är oberoende av naturresurser som tjänsteföretag, betraktar miljöfrågor som ett sekundärt intresse (Waddock, 2013).

Det finns även två olika synsätt på intressentteorin. Det ena är ett mer etiskt synsätt och går ut på att alla intressenter bör behandlas rättvist oavsett dess påverkan på ett företag (Deegan & Unerman 2011). Det innebär att intressenter bör kategoriseras utifrån deras intressen till ett företag och inte tvärtom. Därför bör man inte kategorisera intressenterna som primära och sekundära intressenter. Det andra synsättet på intressentteorin är ett deskriptivt synsätt och handlar om hur företag kan utnyttja rätt intressenter som kan hjälpa och gynna företaget (Gray, Owen & Adams 1996). Ett etiskt synsätt är ett hjälpmedel i företagets hållbarhetsarbete eftersom det då arbetas med mer effektiva principer och en hög moral (Donaldson och Preston 1995). Det deskriptiva synsättet däremot hjälper företag att ta reda på vad de är istället för vad de borde vara.



Figur 1. Samspel mellan makt, legitimitet och brådskande angelägenheter (Bergerheim & Hadzic, 2017).

Prioritering av intressenter är en nyckelfråga inom intressentteorin där intressenterna kännetecknas av tre egenskaper (figur 1): makt, legitimitet och brådska (Waddock, 2013). Makt innebär intressentens förmåga att påverka i en fråga till att göra något som de egentligen inte borde ha gjort (Deegan & Unerman, 2011). Legitimitet handlar om trovärdighet eftersom det bygger på ett socialt accepterat beteende. Intressenter med tydlig och formell relation till ett företag har hög legitimitet (Mitchell, Agle & Wood, 1997). Brådska innebär att intressenter kräver uppmärksamhet för att sätta krav på företag (Mitchell, Agle & Wood, 1997). Intressentperspektivet bidrar till interaktionen mellan primära och sekundära intressenter genom att ställa krav på företagets uppmärksamhet, resurser och resultat.

Miljötillsynsmyndighet kan vara en viktig intressent för ett företag med ett miljöproblem som väckt uppmärksamhet i allmänheten (Waddock, 2013). Miljömyndigheten har både brådska och legitimitet, det vill säga förmåga att få allmänhetens uppmärksamhet och legitimitet, trovärdighet och förmåga att identifiera eventuella lagöverträdelse. Beroende på företagets relation till intressenterna påverkas miljömyndighetens sätt att agera, till exempel utöva makt för att få företaget att åtgärda problemet (Waddock, 2013).

Detta innebär att företag bör ha ett intresse av att ha goda relationerna med sina intressenter eftersom intressenterna påverkar företagen och företagen påverkar intressenterna. Företagen kan bygga upp förtroende med sina intressenter och bidra till att skapa stabila och positiva nätverk. Kvalitén på beslut i en intressentsamverkan beror på processen som leder fram till beslutet (Mark S. Reed, 2008). I en process där samverkan fungerat dåligt skapas vanligtvis missnöje som ofta kan bero på ett fokus på verktygen för samverkan snarare än på processen där verktygen används.

Företaget är ansvarig för att uppmärksamma intressenternas krav och behov genom att analysera, identifiera, granska, genomföra och utvärdera (Bryson, 2007). Genom diskussionsforum med intressenter från olika sektorer, som exempelvis offentliga myndigheter, icke-statliga organisationer och företag kan nätverk skapas som bidrar med sociala värden. Av att skapa förståelse för intressentmedverkan kan beslutsfattandet anpassas med beaktandet av mål, typ av deltagare och lämplig nivå av engagemang (Mark S. Reed, 2008). Ju stabilare relationer företagen har, desto bättre blir besluten och företagen får ett fortsatt förtroende från samhället (Waddock, 2013).

2.2 Kalkstenresurser

Kalksten är en biogen sedimentär bergart och bildas genom att sediment som exempelvis skal från musslor och kräftdjur utsätts för högt tryck (Johansson, 2022). Kalksten består av kalciumkarbonat, CaCO_3 . Bergarten förekommer i två olika former, sedimentär form och kristallin form (Svenska kalkföreningen, 2020).

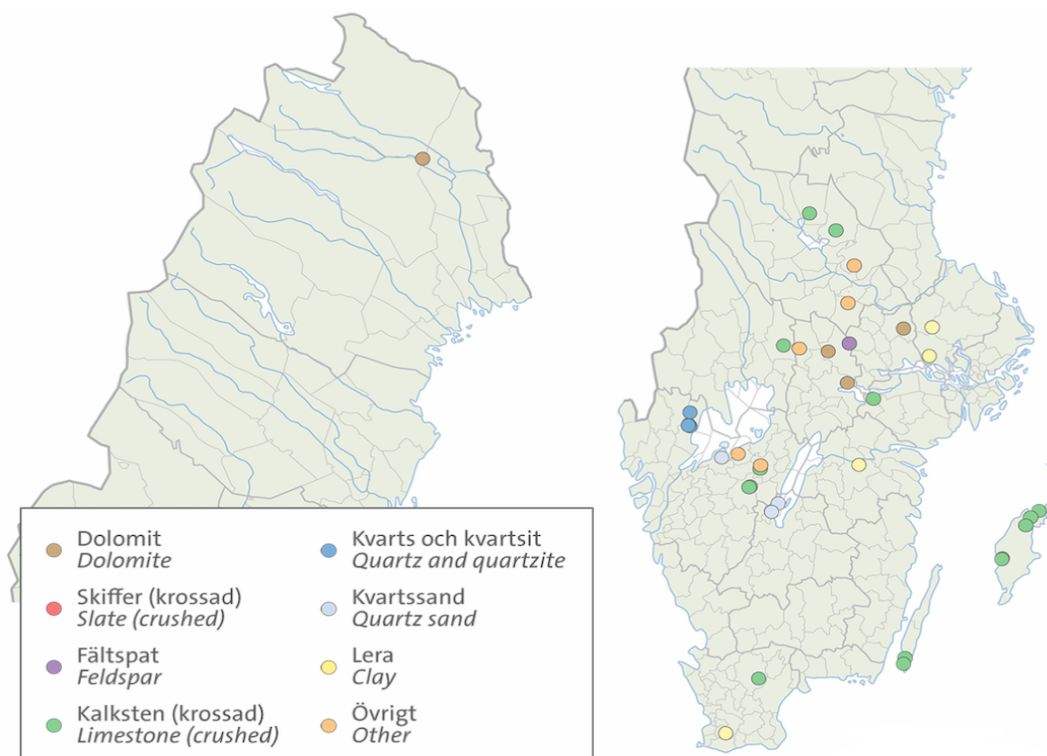
Bergarten har ett brett användningsområde, framförallt inom svensk byggindustrin. Kalksten används bland annat till att tillverka betong, asfalt, tegel och metall. Förutom produktion

användes kalksten inom jordbruk för att förbättra jordens egenskaper och vid sjö- och våtmarkskalkning för att balansera pH-värdet (Sma mineral, u.å.).

2.2.1 Kvaliteter och tillgång till kalksten

Sedimentär kalksten innehåller mellan 95-100% kalciumkarbonat, med spår av kisel och olika mineraler. Kristallin kalksten eller marmor är kalksten som varit under högt tryck en längre tid. Marmor är hårdare och tätare än sedimentär kalksten (Svenska kalkföreningen, 2020). Om halten kalciumkarbonat underskrider 50% för en sedimentär kalksten så kallas den för mörgelsten vilket är en blandning av kalksten och lera (Svenska kalkföreningen, 2020). I Sverige finns kalksten från Skåne till norra Dalarna och på Gotland och Öland. Kvalité och efterfrågan är viktiga faktorer för var företagen väljer att placera ut produktionsanläggningar (Svenska kalkföreningen, 2020). Årligen bryts cirka 8.8 miljoner ton kalksten i Sverige och ungefär hälften används i tillverkning av cement (Svenska kalkföreningen, 2020). Kalkstenen på Gotland är sedimentär och har väldigt hög renlighet (Sma mineral, u.å.).

Dolomit är en bergart som är besläktad med kalkstenen och finns i både sedimentär och kristallin form (Svenska kalkföreningen, 2020). Dolomit, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, är en blandning av magnesium och kalciumkarbonat. Det som gör dolomit så användbart är dess höga halt av magnesium, därför används det inom jordbruk men även som fyllnadsmedel inom färg- och plastindustrin (Zackrisson, u.å.). Gruvverksamheter styrs av var tillgångarna på dolomit- och kalksten finns i landet.



Figur 2. Karta över industrimineralproduktion i Sverige (Sveriges geologiska undersökning, 2020).

2.2.2 Byggbranschen och Slitebeslutet

I november 2021 meddelade regeringen att Cementas tillstånd för kalkstensbrytning skulle upphöra 31 december 2022 (Miljökansliet, 2021). Tillståndsansökan hade pågått sedan 2017 (tabell 1). Cementa producerar årligen 2,5 miljoner ton cement i Slite varav ungefär 300 000 ton transporteras till länder i Europa. Cementa producerar idag 60-75% av all cement som används i Sverige (Virgin, 2021). I motiveringen till Mark- och miljödomstolens avslag av Cementas ansökan om att utvidga kalkbrytningen i juli 2021 var brister i utgrävningsmetoder (Liljebäck, 2021), att gruvverksamheten påverkade grundvattnet och Natura-2000-området i närheten av kalktåkten. Ett Natura-2000-område är ett nätverk av områden inom EU som har ett skyddsvärde baserat på naturen eller viktiga arter i området (Naturvårdsverket, u.å.). Förändringar i grundvattnet skulle skada Natura-2000-området på ett sätt att det förmodligen inte skulle överleva (Liljebäck, 2021).

De viktiga intressenterna i konflikten är de boende i Slite på Gotland, Byggindustrin, länsstyrelsen, naturvårdsverket, mark- och miljödomstolen och regeringen. Många boende i närheten av Slite på Gotland ansåg att beslutet var riktigt och att Cementa skulle läggas ner för att rädda Gotland (Lindberg & Orre, 2021). Mark- och Miljödomstolens beslut ändrades av regeringen som gav Cementa tillstånd att fortsätta bryta kalksten under hela 2022 (Färlin, 2021). Beslutet från regeringen skapade oro bland byggföretagen som förutsåg en framtida brist på cement. Byggindustrin tillsammans med näringsministern Karl-Petter Torwaldsson började arbete för att hitta lösningar för en eventuell framtida kalkstensbrist (Färlin, 2021).

En omställningen till mer begränsad användning av cement skulle det kunna innebära bygg-stopp och problem med omställning av logistiken av cementtransporter med båt eller lastbil. Byggbranschens oro baserades på Statistik från SCB som visade att nybyggnation av bostäder kraftigt skulle minska om tillgång av cement begränsades. Prognosen visade att upp till 50 procent av planerade bostadsprojekt motsvarande ca 2 100 nya lägenheter kunde ställas in eller skjutas fram. Det skulle också påverka riksdagens satsning på offentligt byggande från 2020, det vill säga försvarets anläggningar som kaserner och utbildningslokaler (Boverket, 2021).

Tabell 1. Tidsplan från att cementa skickar in ansökan om utökad täktillstånd från 27 december 2017.

Datum	Beskrivning
27/12-2017.	Cementa AB ansökte om försätta samt utöka täktillstånd i Slite, Gotland (Boverket, 2021).
2019.	File Hajdar är en folkgrupp som överklagar tillsammans med bland annat länsstyrelsen, Naturvårdsverket och sakägare domen att ge Cementa tillstånd att driva sin verksamhet i Gotland (Lindberg & Orre, 2021).
17/01-2020.	Mark och miljödomstolen gav Cementa AB besked om att fortsätta bryta kalksten (Boverket, 2021).
1/04-2020.	Domen överklagade till Mark- och miljödomstolen (Boverket, 2021).
6/07-2021.	Domstol avvisade tillståndet för att företaget påverkar i miljö (Boverket, 2021).
22/07-2021.	Cementa AB överklagade domen och begära prövningstillstånd (Boverket, 2021).
10/08-2021.	Regeringen meddelade vid en presskonferens att den vill genomföra en ändring i miljöbalken för att ge Cementa tillstånd att fortsätta bryta kalksten i Slite.(Boverket, 2021).
29/09-2021.	Fältbiologerna samlade in 3000 namnunderskrifter från deltagare mot regeringens beslut om att ge Cementa AB ytterligare tid att fortsätta bryta kalksten i Slite (Natursidan. se 2021).
18/11-2021	Regeringen ge Cementa begränsade tid tillstånd fram till 31 december 2022. (Regeringskansliet, 2021).

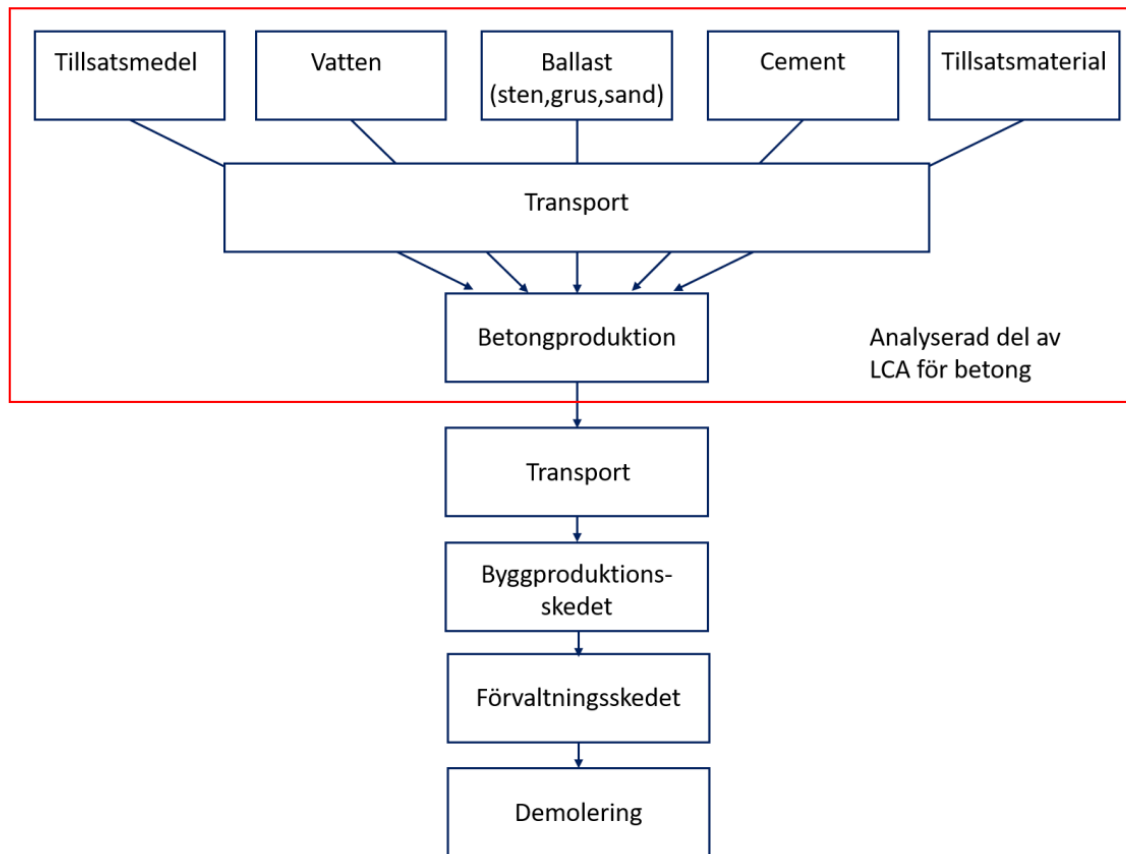
Ett alternativ för att hantera cementbristen skulle vara att importera cement. Fördelen med Cement från Gotland är att den bidrar med 30% lägre växthusgasutsläpp jämfört med cement från Europa eller Kina. Cementas mål för miljöarbetet är att bli klimatneutralt till år 2030 genom att sluta använda fossila källor i cementtillverkningen. Förutom att produktionen i andra länder är mindre effektiv än Cementas skulle transporterna bidra med mer växthusgaser.

2.3 Cement

Cement är en blandning av materialen kalksten, lera och gips. Kalkstenen krossas och mals ner till mjöl som blandas med märgelsten under upphettning till 1450 grader Celsius. Produkten från förbränningen kallas portlandklinker som också måste malas och blandas med cirka 5% gips. Gipsen hindrar betongen från att härda för fort (Cementa, u.å.). Den nya blandningen kallas för portlandcement och är ett hydrauliskt bindemedel (Nilsson & Lundgren, 2012). Ett hydrauliskt bindemedel innebär att portlandcement hårdnar när den reagerar med vatten och blir vattenbeständigt (Burström, 2006, s.207).

2.3.1 Livscykelperspektiv på kalkstenens miljöbelastning

Med livscykelanalys (LCA) menas att produkten beaktas från vagga till grav (Baumann & Tillman, 2004), det vill säga att produkten följs från kalkstensbrytningen till exempelvis ett flerbostadshus uppbyggt med betong rivs. Meningen med en livscykelanalys är att utvärdera och åtgärda en produkts miljöbelastning (Baumann & Tillman, 2004).



Figur 3. Flödesschema för de olika stegen inom betongens livscykel (Staffansson, 2019).

Målet med ett livscykel tänkande är att skapa en helhetsbild för att förtydliga och medvetandegöra hur en produkt kan påverka miljön (Europen, 2006). I detta fall har ett livscykel tänkande som mål att ändra tankesättet hos betongtillverkare och få dem att fatta mer miljövänligare beslut. Det är också viktigt att minskningen av miljöbelastning i ett skede i livscykeln inte ökar miljöbelastningen i ett annat skede (Europen, 2006).

Cement är en huvudingrediens i betongtillverkningen (Burström, 2006, s.207) och under betongens livscykel står cement för 90% av det totala koldioxidutsläppet (Svensk betong, 2017). Cementas bidrag av växthusgaser är årligen 1,4 miljoner ton koldioxidutsläpp i Sverige (Ljungkrant, 2012) Utsläppen sker främst i kalcineringsprocessen av tillverkning av portlandklinker där processen ger av 1 kg kalksten ett bidrag med 0,44 kg koldioxidutsläpp (Fagerlund, 2011). I hårdningen binder cement stenkross och grus vilket gör att cementen är svår att återvinna (Material Economics, 2018).

2.3.2 Resursförbrukning av ändliga material

Gruvbrytning bidrar ofta med stor miljöpåverkan på det omgivande landskapet som påverkar grundvattenförsörjning och den biologiska mångfalden. Tillverkningen av cement bidrar med stora koldioxidutsläpp. För att få tillåtelse för gruvverksamhet i Sverige måste produktionsprocesser utvärderas för miljöpåverkan. En godkänd verksamhet får ett miljötillstånd från Mark- och miljödomstolen. Ett krav i tillståndsprövningen i Sverige är att

utvärderingen har varit rejäl och pålitlig och att det genomförts en Miljökonsekvensbeskrivning (MKB). I MKB måste verksamhetsutövaren informera om den tänkta verksamheten och samla in synpunkter bland folk som bor runt omkring i området eftersom deras åsikt spelar stor roll. MKB innehåller en utvärdering av olika typer av påverkan på luft, mark, vatten och biologisk mångfald. I tillståndet ingår att göra regelbundna kontroller. Gruvbrytning i Sverige är ur ett globalt perspektiv bättre eftersom kontrollen är bättre i jämförelse med andra länder (Svenska kalkföreningen, 2020).

För att minska miljöbelastningen och behovet av kalksten går det att i produktionsfasen blanda tillsatsmedel i cement (Fagerlund, 2010). Men oavsett hur kontrollerad brytningen av metaller och mineraler är i Sverige måste företagen bli bättre på att hantera naturresurser, till exempel genom att använda tillsatsmedel, återvinna och återanvända betong. Att ändra cementets sammansättning med hjälp av tillsatsmedel kräver teknisk kvalitetssäkring vilket skulle kunna leda till ett byggstopp om brytningstillståndet inte förnyas. I dagsläget saknas data för cementkvaliteter som innehåller tillsatsmedel som kalcinerad lera och vulkanaska (Jacobs, 2022).

Portlandcement delas ofta in i 3 kategorier (Burström, 2006). CEM står för cement.

- CEM I är rent portlandcement utan tillsatsmedel.
- CEM II är kompositcement och innehåller minst 65% portlandklinker varav resterande kan vara silikastoft, flygaska eller masugnsslagg. Cementet är godkänt enligt svensk standard och därför kvalitetssäkrat.
- CEM III är slaggcement och innehåller som mest 65% och minst 20% portlandcement, resterande är masugnsslagg.

Tidigare har CEM I varit den mest populära betongen men på senare tid har tillverkningen av CEM II blivit alltmer använd. Det beror på att tillverkningsprocessen är mindre energikrävande och därmed mer miljövänligt (Burström, 2006). Det visar att tillsatsmedel har en positiv effekt på resursförbrukningen och miljön.

2.3.3 Tillsatsmedel och alternativ till kalksten

Det finns flera olika tillsatsmaterial för att påverka betongens egenskaper. De mest populära är silikastoft, flygaska och masugnsslagg som ersättning för kalksten i cementen (Burström, 2006). Silikastoft förbättrar betongens stabilitet och tätskikt och kan ersätta upp till 17% av cementets egenvikt vid tillverkning av betong. Användning av silikastoft ökar vattenbehovet vilket ökar behovet av vattenreducerande tillsatsmedel (Burström, 2006). Tillsats av flygaska i betongtillverkningen bidrar till att minska det totala utsläppet av koldioxid utan att påverka betongens beständighet, det vill säga hållfasthet eller livslängd negativt. Flygaska kan ersätta en viss andel cement vilket innebär att mängden portlandklinker och vattenbehovet vid tillverkning av betong minskar (Ali, 2020).

Tabell 2. Olika tillsatsmedel och dess effektivitet, uppkomst och egenskaper.

Tillsatsmedel	Effektivitet sfaktor	Förhållande	Uppkomst	Egenskaper
Silikastoft (Fagerlund, 2010), (Burström, 2006), (Engström & Örneskog 2021).	2	100 kg Portlandcement = 50 kg Silikastoft	Restmaterial vid tillverkning av kiseljärn eller metallisk kisel. Vanligtvis innehåller mellan 60-90% aluminiumsilikatglas	Förbättrar betongens stabilitet och tätskikt. Ersätter maximalt 17% av cementets totala egenvikt.
Flygaska (Fagerlund, 2010), (Andersson, 2020).	0.4	100 kg Portlandcement = 400 kg Flygaska	Restmaterial vid koldning i värmekraftverk.	Ersätter 20% portlandklinker i cement genom tillsättning av 15% flygaska och 5% kalksten. Minskar även utsläppen av koldioxid med 20%.
Masugnsslagg (Fagerlund, 2010), (Sandelin, u.å.)	0.6	100 kg Portlandcement = 600 kg Masugnsslagg	Restmaterial som uppstår vid tillverkning av tackjärn i masugn.	Ersätter 5-10% kalksten i portlandcement.
Kalcium-sulfo-alu- minatcement (Fagerlund, 2010).	-	-	Sintring av aluminiumhaltig restmaterial tillsammans med kalksten och gips.	Bidrar till att minska utsläppen av växthusgaser eftersom lägre temperaturer krävs vid framställning. Dessutom går mindre kalksten åt utan att hållfastheten ändras. Ersätter cement vid markstabilisering.
Kalcinerad lera (Ali & Lungberg, 2015)	-	-	Finns i södra Sverige och i speciella sprickzoner eller krosszoner i det svenska urberget.	Lägre temperaturer krävs vid framställning vilket minskar energiförbrukningen. Ersätter cement.
Vulkanaska (Thomas Concrete Group, 2022)	-	-	Bildas när lava från vulkaner stelnat.	Fri från tungmetaller och har väldigt lika egenskaper som vanligt cement. Ersätter cement

Masugnsslagg (så kallad Merit) ersätter cement i betong och har god potential att ersätta upp till 80% av kalkstenspulvret i cement i framtiden (Byggnadsarbetaren, 2021). Blandning med masugnsslagg bidrar till minskade koldioxidutsläpp eftersom produktionen av 1 ton producerad merit bidrar med 20-40 kilogram i koldioxidutsläpp, i jämförelse med 1 ton producerad cement som skapar 700-900 kilogram i koldioxidutsläpp (Byggnadsarbetaren, 2021). Tillgången på masugnsslagg är begränsad i Sverige och år 2022 var produktionen 50 000 ton per år (Byggvärlden, 2021). Målet är 200 000 ton per år vilket skulle motsvara 7 % av det totala behovet bindemedel i betong i Sverige (Byggvärlden, 2021).

I tillverkningen av tillsatsmaterialet kalcium-sulfo-aluminatcement används en mindre mängd kalksten i cement. Det innebär lägre temperatur för upphettningen av materialet än för cement, det vill säga 1200-1250 grader Celsius jämfört med portlandklinker som kräver 1450 grader Celsius (Cementa, u.å.). Energibesparingen är cirka 25%. Det finns inga skillnader i hållfastheten i jämförelse med Portlandcement men hållfasthetstillväxten är långsammare (Fagerlund, 2011). Materialet används inom exempelvis markstabilisering och injektering. Nackdelen med Kalcium-sulfo-aluminatcement är att den är dyr (Cwirzen, 2020).

Kalcinerad lera har funnits länge som tillsatsmaterial och använts sedan 1970-talet, ett exempel är Bhakra dammen i Indien. Kalcinerad lera tillverkas av lermineralet Kaolin. I

Sverige finns mineralet i begränsad mängd i södra Sverige och i sprick- eller krosszoner i urberget. Kalcinering av kaolin sker vid 650 - 800 grader Celsius (Ali & Lungberg, 2015).

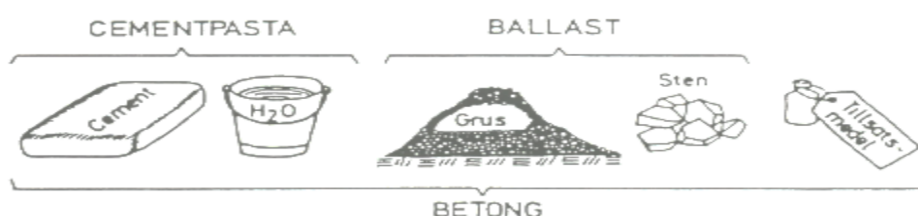
Vulkanisk material som Pimpsten eller naturliga Puzzolaner har cementliknande egenskaper och kan används i betong, exempelvis är Colosseum byggd med vulkanaska (Thomas Concrete Group, 2022). Mald pimpsten är en typ av vulkanaska som redan är godkänd i USA, Storbritannien och Grekland. Naturliga puzzolaner är godkänt i svensk standard (SS-EN 197-1). Materialet kan komma att användas byggbranschen.

2.4 Betong och olika användningsområden

Betong är ett viktigt byggnadsmaterial och har funnits i tusentals år (tabell 3) och är grunden för modernt samhällsbyggande på grund av egenskaper som lång livslängd och stabil hållbarhet (Svenska Betong, 2010). I dagsläget används betong till allt från bärande pelare till bärande konstruktioner, bärande balkar, betongrör, husgrunder och murblock som en del av bostäder, infrastruktur, vattenhantering och elförsörjning (Nobel, u.å.).

2.4.1 Användningsområden för betong och vattencementförhållandet

Betong är en blandning av cementpasta, ballast och tillsatsmedel (figur 3). Ballast består av grus och sten vilket utgör ungefär 60-75% av betongen och bidrar till hållfastheten. Tillsatsmedel används för att förbättra egenskapen hos betong (Burström, 2006).). Betong har samma grundegenskaper men genom att tillsätta olika tillsatsmedel kan betongen få ytterligare egenskaper beroende på användningsområde (Micke, 2020).

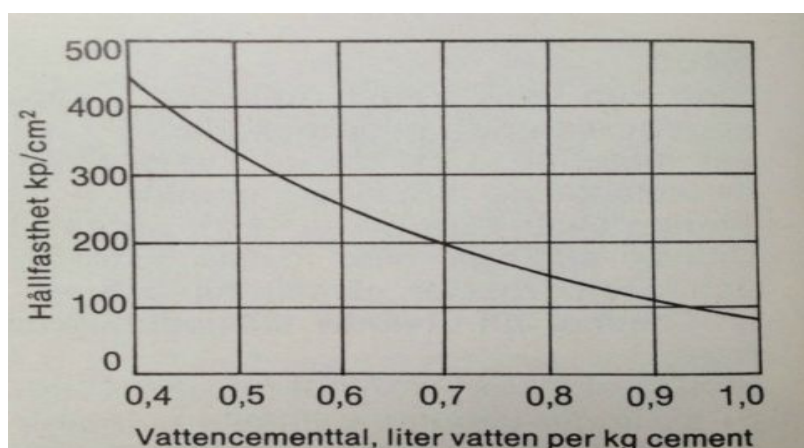


Figur 4. Beståndsdelar till betong (Burström, 2006).

Cementpasta är en blandning av cement och vatten och förhållandet mellan komponenterna bestämmer tryckhållfastheten. Förhållandet mellan cement och vatten beräknas med cementtalet, vct (Ekv 1)

$$vct = W/C \quad (1)$$

där W står för mängden vatten och C för mängden cement. Ju mer vatten cementpastan innehåller desto lösare (svagare) blir pastan och får ett lägre tryckhållfasthet och en längre torkningstid (Johansson, 2006). Hållfastheten avtar med mängden tillsatt vatten (figur 5).



Figur 5. Förhållande mellan hållfasthet och VCT (Micke, 2020).

Olika betongkonstruktioner kräver olika krav på tryckhållfasthet. Om betong i bärande konstruktioner utsätts för väder och vind eller finns i kemiskt belastade miljöer krävs högre tryckhållfasthet. Betong i utomhusmiljöer kräver också ett högre vct på cementpastan jämfört med betong i inomhusmiljöer (tabell 4). Kvaliteten på cementpastan påverkas också av vattenkvaliteten, ju renare vatten som används i blandningen desto bättre blir betongen. Detta blir extra viktigt i områden med närhet till havet eftersom salt försämrar blandningens kvalitet (Burström, 2006).

Tabell 3. Olika varianter av betong, dess egenskaper och användningsområde.

Typ av betong	Egenskaper	Användningsområde
Lättbetong (Burström, 2006, s.272).	Bärande och värmeisolerande.	Efterisolering av väggar.
Sprutbetong (Lagerblad, 2007).	Stabilisering, förstärkning och reparerande.	Bygge av tunnlar och stabilisering av berg. Reparation av betongkonstruktioner som exempelvis broar.
Anläggningsbetong (Norsjö betong, 2022).	Hög beständighet och bra tätskikt.	Gjutning av grova konstruktioner främst broar, tunnlar och anläggningar där det förekommer kemiska påfrestningar.
Flytbetong (Micke, 2020).	Sprids enkelt och lättarbetad.	Gjutning av komplicerade husdelar.
Snabbtorkande betong (Byggbetong, u.å.).	Stelnar snabbare.	Främst i brist på tid.

Betong som används som byggdelar har olika exponeringsklasser beroende på hur mycket byggdelen exponeras för väder, vind eller vatten. En loftgång får olika klassning beroende på

om det är en under- eller översida och hur den är utsatt för väder och vind. I tabellen ser vi att loftgång översida har exponeringsklassen XD3+XF4 medan loftgång undersida har exponeringsklass XC3+XF1. Tittar man längre ner i tabellen är VCT kravet olika för XD3 som är 0.4 och XC3 0.55. Det innebär att loftgång undersida kan byggas med högre VCT vilket innebär lägre tryckhållfasthet.

Tabell 4. Olika konstruktionsdelar och dess exponeringslägen, exponeringsklass samt krav på VCT och lägsta tryckhållfasthet (Thomas betong, u.å.).

KONSTRUKTIONSTYP/KONSTRUKTIONSDDEL	BETONGYTANS EXPONERING, LÄGE M.M.	EXP. KLASSER
OARMERADE KONSTRUKTIONER		
Grundkonstruktioner på frostfritt djup		X0
Grundkonstruktioner ovan frostfritt djup		XF3
HUSBYGGNADER (Bostäder, kontor etc.)		
Invändig konstruktionsdel ¹⁾	Normala bostads- och kontorsutrymmen o.d.	X0
	Badrum, tvättstugor o.d.	XC1
Yttervägg o.d.	Vertikala ytor	XC4+XF1
	Horisontella ytor (t.ex. fönsternisch)	XC4+XF3
Balkong o.d.	Översida	XC4+XF3
	Undersida	XC3+XF1
Yttertrappa, loftgång o.d.	Översida (tösaltad)	XD3+XF4
	Undersida	XC3+XF1
Sockel o.d.	Ej utsatt för tösalt	XC4+XF3
	Utsatt för stänk av tösalt	XD3+XF4
INDUSTRIBYGGNADER O.D.		
Invändig konstruktionsdel ¹⁾	Torr uppvärmd inomhusmiljö	XC1
	Uppvärmad inomhusmiljö med måttlig, hög luftfuktighet eller väta	XC3
	Icke uppvärmd inomhusmiljö	XC3+XF1
Yttervägg o.d.	Vertikala ytor	XC4+XF1
Yttertrappa, lastkaj o.d.	Översida (tösaltad)	XD3+XF4
Sockel o.d.	Ej utsatt för tösalt	XC4+XF3
	Utsatt för stänk av tösalt	XD3+XF4

STYRANDE EXPONERINGSKLASS	VCT _{ekv}	PRODUKTTYP	LÄGSTA TRYCKHÅLLFASTHET
TORRA MILJÖER – INOMHUSKONSTRUKTIONER			
XC1	0.90	Betong med krav på hållfasthet	C25/30
FUKTIGA ELLER VÅTA MILJÖER UTAN KLORIDER OCH INGEN RISK FÖR FRYSNING			
XC1	0.90	Betong med krav på hållfasthet	C25/30
XC2	0.60	Betong med krav på vct	C28/35
XC3	0.55	Betong med krav på vct	C30/37
XC4	0.55	Betong med krav på vct	C30/37
FUKTIGA ELLER VÅTA MILJÖER MED KLORIDER OCH INGEN RISK FÖR FRYSNING			
XD1	0.45	Betong med krav på vct	C35/45
XD2	0.45	Betong med krav på vct	C35/45
XD3	0.40	Betong med krav på vct	C40/50
FUKTIGA ELLER VÅTA MILJÖER UTAN KLORIDER MED FRYSNING			
XC3/XC4 + XF1 ¹⁾	0.55	Betong med krav på vct	C30/37
XF3 + XC/XC3/XC4	0.55	Betong med garanterad lufthalt	C28/35
FUKTIGA ELLER VÅTA MILJÖER MED KLORIDER MED FRYSNING			
XD1 + XF2	0,45	Betong med garanterad lufthalt	C32/40
XS1 + XF2	0,45	Betong med garanterad lufthalt	C32/40
XD2/XS2 + XF4	0,45	Frysprovad betong (enl. SS 137244)	C32/40
XD3/XS3 + XF4	0,40	Frysprovad betong (enl. SS 137244)	C35/45

2.5 Design för avfallshantering av betong

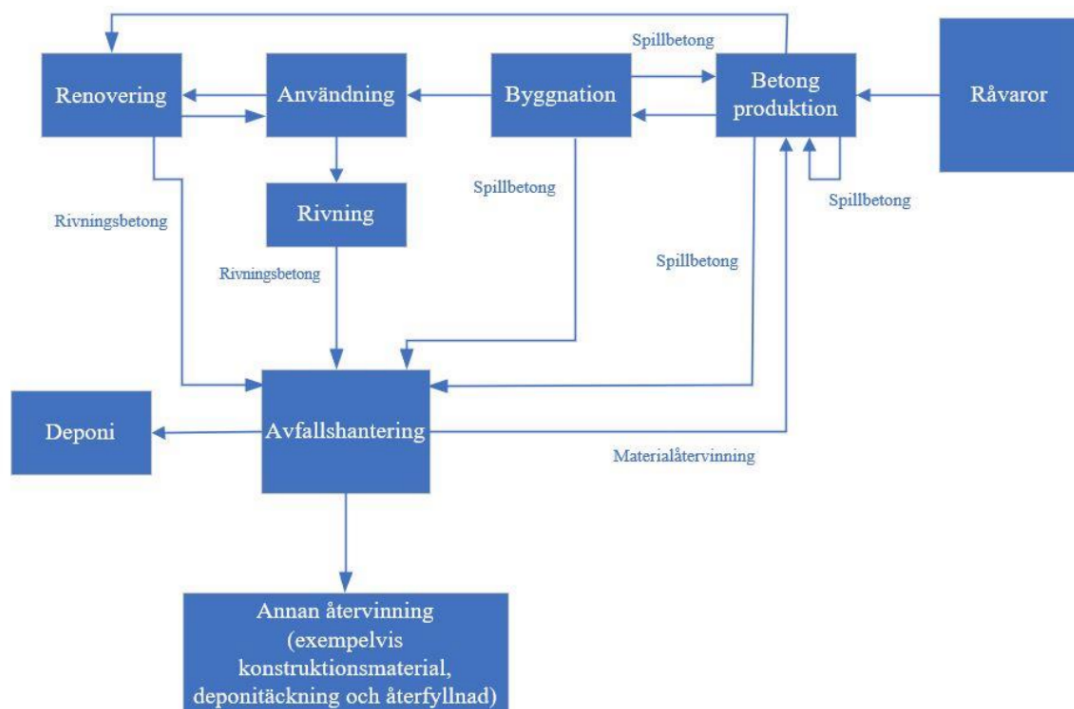
Årligen uppstå ungefär 960 000 ton betongavfall från husrivningar och husrenovering, där ca 75% används som fyllningsmedel till vägar och cykelbanor, 5% deponeras och 20% återvinns som vägbyggnadsmaterial (Boverket, 1997).

2.5.1 Avfallsbetong

Återvinningen av betong sker oftast av rest- eller rivningsbetong och spillbetong. Rest- eller rivningsbetong är återvunnen krossad betong från rivna hus, broar och anläggningar.

Betongen kan materialåtervinnas i vägkonstruktioner och som ballast om kvaliteten är god vilket beror på betongens renhet och ålder. Betong av hög kvalitet har större bärförmåga än krossat berg. Renheten i betongen beror på om den innehåller miljöbelastande ämnen, exempelvis PCB (polyklorerade bifenyl) eller PAH (polycykliska aromatiska) (Vägverket, 2004). I dagsläget används 5% av betongen från restbetong som ballast i ny betong. För att återvinna restbetong behövs ett ballastfack på betongfabriken och plats för att lagra resterna. Större återvinning än 5% blir enligt en kostnadsanalys för dyrt att återvinna på grund av transport och hantering (Jepsson & Nyberg, 2017).

Spillbetong uppstår vid betongproduktion eller vid byggnation när betong som inte använts på grund av att det blivit över från beställaren, betongen som hamnat i botten av betongbilar eller i slangar (figur 5). Betongen kan användas som ny betong i betongproduktionen, vid avfallshantering eller som fyllningsmedel. (Karlsson & Johansson, 2018).



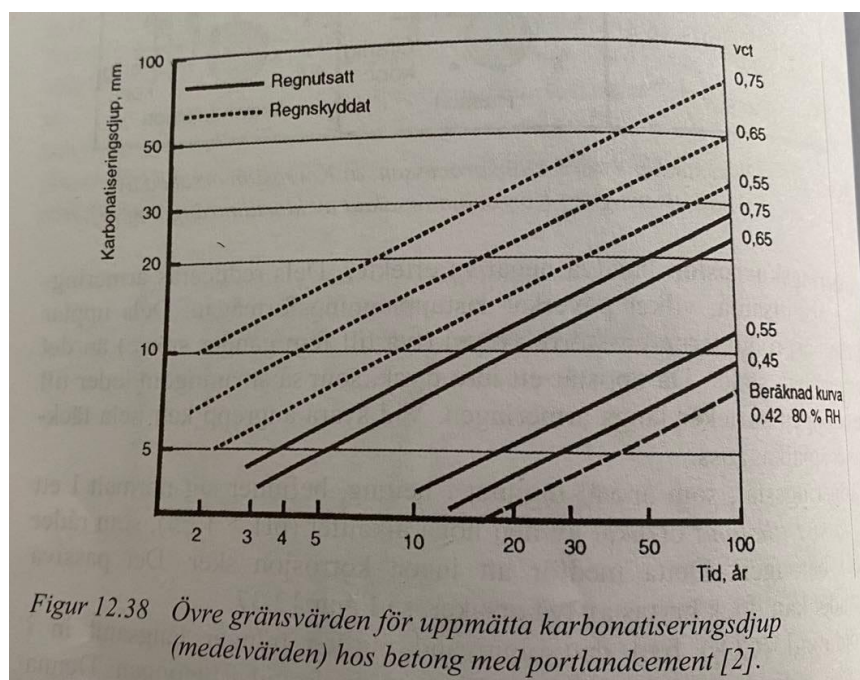
Figur 6. Flödesschema för avfallshantering (Söderlund & Avazpour, 2019).

2.5.2 Olika faktorer som bidrar till att försämra betongen

Betongkonstruktioner påverkas av partiklar från den omgivande miljön som exempelvis kloridjoner och koldioxid. Beroende på halten kloridjoner i luften kan kloridjoner tränga in i betongen. Höga halter kloridjoner i luften är vanligt i havsnära områden med saltvatten. Höga kloridkoncentrationer kan bidra till rost i betongarmeringen (Burström, 2006).

Koridinträngningen minskar betongkonstruktionens livslängd genom att när armeringen börjar rosta ökar volymen vilket skapar tryck i betongkonstruktionen som leder till att betongen spricker och faller sönder (Sustend, 2019). Enligt Svenska Standard (SS 1370 10) får maximala sprickvidden på betong efter 5 år vara 0.2 mm och betongkonstruktioner under saltvatten har maximal sprickvidd på 0.15 mm (Fagerlund & Manouchehr, 2012).

Karbonatiseringen påverkar också betongkonstruktioner. I karbonatisering reagerar koldioxid med kalciumhydroxiden i betongkonstruktioner och bildar kalciumkarbonat (Olausson, 2021). Betongkonstruktioner brukar absorbera mellan 10-20 % koldioxid under sin livstid. Restprodukten från den kemiska processen är vatten som kan absorbera kloridjoner vilket bidrar till att pH-värdet i betongen sjunker och att armeringen kan börja rosta (Ljungkrantz, 2012). Ju lägre vct betongen har, desto bättre skydd har konstruktionen mot karbonatisering (figur 6) på grund av betongens täthet (Burström, 2006).



Figur 7. karboniseringsdjup hos betong (Burström, 2006, s.250).

2.5.3 Prefab - ett alternativ

För att kunna öka möjlighet att återanvända betongelement krävs nya tillverkningsmetoder (Söderlund & Avazpou, 2019). Produktion av betongelement sker på två sätt. Det ena sättet är att färsk betong transporteras med betongbil till byggarbetsplatsen där den pumpas direkt ut i

konstruktionen vilket kallas för platsgjuten betong. Det andra sättet är prefabricerade betongelement som är tillverkade efter bestämda mått och former i industrin.

Betongelementen transporteras direkt till byggarbetsplatsen och monteras ihop (Svenska betong, 2015). Byggdelarna monteras med hjälp av olika fästordningar, som till exempel svetsplåtar, kramlor, skruvfästen och ankarskenor för balkar (Svensk Betong, u.å). Vanliga prefabricerade element är exempelvis håldäck, skalväggar, sandwichväggar och massiva plattor (Svenska Betong, u.å). Betongelementen är ofta prefab för att påskynda arbetsprocessen (Osbäck, 2021).

I avfallshanteringen skulle Prefab kunna demonteras enligt principen (design för demontering). De viktigaste hindren för demontering är materialets kvalitet på byggelement och tidsåtgången (Tleuken m.fl, 2022). För att förbättra cirkulära ekonomin och minska resursanvändningen behövs en tidig och smart projektering och komponenter i rätt storlek för att enkelt och snabbare demontera utan specialverktyg (Hull & Segerberg, 2019). Andra principer som underlättar demontering i slutskedet av byggnadens livscykel är:

- Dokumentation för material och demontering, till exempel byggnadskomponenter, tillverkningsprocess, brandklass, lastkapacitet och materialkvalitet.
- Minskning av kemiska kopplingar, till exempel bindemedel som lim och tätningsmedel som komplicerar separation vid återanvändning.

3 Metod

Kapitlet presenterar tillvägagångssättet för att besvara syftet med arbetet. Baserat på litteraturstudier och intervjuer samlades fakta för att besvara frågeställningar kring situationen i Slite på Gotland.

3.1 Datainsamling

Datainsamlingen genomfördes med avseende på gruvverksamheten som bidragit till konflikten på Slite. I datainsamlingen genomfördes intervjuer med intressenter från byggbranschen för att undersöka hur intressenterna hanterade situationen om det skulle uppstå kalkbrist. Det skapade en bra grund till att resonera fram eventuella lösningar och därför genomfördes en kvalitativ datainsamling (Björklund & Paulsson, 2012).

3.1.1 Litteratursökning och annat material

Litteraturstudien blev en viktig del av arbetet, bland annat mediearkivet på Chalmers biblioteket, svenska dagstidningar, fackpress och nyhetsbyråer.

Scopus och Google scholar användes för sökningar av vetenskapliga artiklar. För information om kalksten användes sökord som kalksten, tillgång till kalksten, kvaliteter på kalksten, tillsatsmedel. Tillverkning av cement, ballast, betong, olika typer av betong. Sökord för tillsatsmedel var silikastoft, masugnsslagg, flygaska, kalcinerad lera, vulkanaska, och kalcium-sulfo-aluminatcement. Sökord för livscykelräkande för betong var begränsningar, återvinning av betong, ansvar för resursförbrukning, begränsningar vid återvinning av betong, vct, prefab, kloridinträngning och karbonatisering. Sökord för intressentteori var Naturskyddsförening, Miljödömdomstol, Byggbransch och privatpersoner angående cementproduktion för Cementa i Slite. Google användes också för att hitta nyhetsartiklar, kontaktuppgifter till representanter för intervjuer, namn på böcker, artiklar, dokument men även allmän information om Cementa i Slite, Gotland.

3.1.2 Intervjuer och mejlkontakter

För att komplettera litteraturstudien intervjuades även personer med olika åsikter om konflikten i Slite. Intervjuerna genomfördes via mail, på Zoom och personligt på CHARM som är en arbetsmessa på Chalmers. Identifieringen av respondenterna genomfördes på två sätt. Det ena var googlesökningar på betongföretag med sökorden "betongentreprenörer i Sverige". Det andra sättet var ett besök på arbetsmarknadsmässan CHARM, 4-5 april 2022 på Chalmers.

De identifierade företagen kontaktades med en intervjuförfrågan. De flesta av deltagarna befann sig utanför Göteborg vilket gjorde det svårt att genomföra intervjuerna på plats. Intervjuerna genomfördes på Zoom och båda författarna deltog vid intervjutillfället för att lättare fånga upp relevant information. Innan intervjun började fick respondenten svara på en fråga om samtycke för inspelning. Intervjuerna genomfördes 31 mars och 4 april och varade i 25-30 minuter.

Inför arbetsmarknadsdagen CHARM identifierades företag som deltog i arbetsmarknadsdagen och som hade relevans för arbetet. En del av de intervjuade hade cement- och betongverksamhet, andra sålde cementsäckar till kunder. Många av företagen som identifierats hade inte ansvarig personal för deras betongverksamhet på plats vilket gjorde att en intervju inter kunde genomföras. Däremot gav företagen kontaktuppgifter till ansvariga men vid kontakt så blev det inget resultat.

Intervjuerna genomfördes semi-strukturerat där frågorna var förutbestämda, ställdes i ordning, men med möjligheten att ställa följd- eller fördjupande frågor under intervjun (Björklund & Paulsson, 2012). Intervjufrågorna handlade om vad de arbetar med, vilka tillsatsmedel de använder sig utav i betongtillverkningen, återvinning och återanvändning av betong. Respondenterna fick också frågor om konflikten i Slite, deras åsikt om konflikten, och sätt att hantera tillgången på cement om Cementa tvingas lägga ner.

Förutom intervjuerna på Zoom och på CHARM genomfördes en intervju via mejl eftersom respondenten inte hade möjlighet till delta via zoom eller på plats. Dessa aktörer sammanfattas i tabell 5. Frågorna lades ut på en hemsida som heter Survio och respondenten fick en länk till frågorna. Frågorna var samma i CHARM intervjuerna och med betongverksamheterna. Svar på frågorna fick togs emot 8e maj 2022.

Tabell 5. Intervjuer med olika aktörer inom byggindustrin som arbetar med betong.

Företag	Typ av företag	Befattning	Typ av intervju	Plats
1	Betongtillverkare	Teknisk chef	Zoom	Chalmers (grupprum)
2	Utveckling, tillverkning och försäljning av betongelement	Kvalitets och miljöchef	Zoom	Chalmers (Grupprum)
3	Utveckling, tillverkning och försäljning av betongelement	Betongexpert	Zoom	Chalmers (Grupprum)
4	Byggföretag	Projektledare	På plats	Chalmers (CHARM)
5	Byggföretag	Kundansvarig säljare	På plats	Chalmers (CHARM)
6	Byggföretag	Projektledare	På plats	Chalmers (CHARM)
7	Leverantör av betongimpregnering och hydrofobering av betong	VD	Mejl	Survio

3.2 Datahantering

Transkriberingen genomfördes av båda skribenterna för att få en bättre översikt på vad som diskuterades. Resultaten från intervjuerna sammanfattades och tabeller skapades för att enkelt lokalisera hur dessa företag arbetar och vem som gör vad.

3.2.1 Inventering av attityder hos aktörerna och indikatorer

Frågorna under intervjun ställdes alltid i samma ordning men eftersom det kunde dyka upp frågor under intervjuens gång så ställdes dessa vid olika tillfällen. Svaren sammanställdes med utgångspunkt från betongtillverkningen, avfallshanteringen och hur de uppfattade situationen med ett produktionsstopp för kalkbrytningen i Slite. Uppföljningsfrågorna var oftast olika vid de olika intervjutillfällena. I de flesta intervjuerna återkom ofta samma ämne och dessa redovisades som återkommande teman i resultaten.

3.3 Analysstrategi

Utöver frågeställningarna som besvaras i rapporten så analyseras ytterligare frågor som dykt upp under arbetets gång. Som analysstrategi jämfördes teorin med resultat från intervjuerna.

3.3.1 Möjlighet och hinder för en hållbar resurshantering

Utredar vilka möjligheter som finns för en bättre resurshantering av kalksten i byggbranschen genom att identifiera möjligheter, till exempel import och att ersätta kalksten i cement.

3.3.2 Vad skulle en hållbar resurshantering innebära?

Med utgångspunkt från intressenternas syn på konflikten utreds möjliga steg för en ökad resurseffektivitet.

4 Resultat

Resultaten redovisas som attityder hos aktörerna för olika tillsatsmedel, deras förhållningssätt till återvinning och återanvändning. Kapitlet redovisar också återkommande tema som företagen tog upp under intervjuerna.

4.1 Attityder hos aktörerna

Enligt företagen i intervjustudien kommer alla påverkas på ett eller annat sätt om Cementa behöver lägga ner sin verksamhet i Slite på Gotland.

4.1.1 Tillgången på resurs

Behovet av kalksten var stort i byggbranschen och en allmän uppfattning var att det inte var någon brist på cement. Den huvudsakliga anledningen till det stora behovet var kostnadsbesparingar och intäkter. En av respondenterna förklarade att många företag beställde mer cement än vad de behövde eftersom ett större inköp var mer kostnadseffektivt än små inköp. Det uppfattades också som en garanti för att ha tillgång till cement och ett sätt att undvika förseningar i arbetet. En annan respondent förklarade att det stora behovet av kalksten berodde på att företag ville skynda på byggprojekt med anledningen att tjäna mer pengar. Detta innebar att de använde betong med lägre vct för att få snabbare torktid av betongen. Lägre vct innebar en större mängd cement i betongen och mindre vatten.

4.1.2 Tillsatsmedel

Tillsatsmedlet flygaska användes i 3 av 7 företag för att ersätta en viss mängden cement (tabell 6). Företagen angav också att tillgången var begränsad samtidigt som de ansåg att tillsatsmedlet inte var hållbara eftersom det framställdes genom förbränning av kol.

Tillsatsmedlet masugnsslagg används i 2 av 7 företag. Masugnsslagg skulle kunna ersätta en stor mängd cement. Ett av företagen som intervjuades hade tre olika miljömärkta cementprodukter med olika mängd masugnsslagg. Cementprodukter var Bio 1 med 10% CO₂ reduktion, Bio 2 med 25% CO₂ reduktion och Bio 3 med 40% CO₂ reduktion. I Bio 3 hade mer än 50% av cementen ersatts med masugnsslagg.

Tabell 6. Företagens användning och framtida rekommendationer av tillsatsmedel.

Företag	Silikastoft	Flygaska	Masugnsslagg	Annat
1	Ja	Ja	Nej	Kalcium-sulfo-aluminatcement
2	Nej	Ja	Ja	Kalcinerad lera och vulkanaska
3	Ja	Nej	Ja	-
4	Oklart	Ja	Nej	Oklart
5	Nej	Nej	Nej	-

6	Nej	Oklart	Nej	-
7	Ja	Nej	Nej	-

Silikastoft användes i 3 av 7 företag som tillsatsmedel. Företagen var överens om att produkten var dyr men att tillsatsen bidrog med nya och förbättrade egenskaper. Silikastoft användes för att ge betongen ett starkare ytskikt och för att minska mängden cement för att minska betongens ekologiska fotavtryck.

De flesta av företagen använde tillsatsmedel men 2 av 7 företagen hade pågående forskning efter nya tillsatsmedel som ersättning för kalksten i cement till exempel kalcium-sulfo-aluminatcement, kalcinerad lera och vulkanaska. Företaget som undersökte kalcium-sulfo-aluminatcement ansåg att tillsatsmedlet hade bättre egenskaper än befintliga tillsatsmedel och använde det främst inom markstabilisering och injektering. Tillsatsmedlet var förhållandevis dyrt och ansågs inte få någon mer generell användning inom byggnation. Det andra företaget undersökte kalcinerad lera och vulkanaska. Båda ansågs ha goda egenskaper och används internationellt. Det fanns förhoppningar om att tillsatserna snart skulle bli godkända som svensk standard.

4.1.3 Återvinning av betong

Alla 7 företag var positivt inställda till återvinning men av företagen hade 3 företag pågående återvinningsaktiviteter (tabell 7). De främsta skälen till att företagen saknade återvinningsaktiviteter var att de inte kunde eller saknade kapacitet. Ett av företagen beskrev att sprutbetong som använts i tunnlar och på broar var tekniskt svårt att återvinna och att betongen hade haft höga exponeringsklasser. Företagen som arbetade med återvinning av betong använde framförallt rivningsbetong som ballast i vägkonstruktioner. Ett annat företag återvann järnvägsslipers som var mellan 15-20 år gamla. Företaget producerade järnvägsslipers vilket gjorde att materialinnehållet var känt och bidrog till att 5-10% av materialet återanvändes som ballast i nya betongrecept.

Tabell 7. Vilken inställning företagen vi intervjuat har kring återvinning av betong. + = Positivt inställd, - = negativt inställd, 0 = Neutral inställd.

Företag	Typ av företag	Återvinner	Inställning
1	Betongtillverkare	Nej	+
2	Utveckling, tillverkning och försäljning av betongelement	Ja	+
3	Utveckling, tillverkning och försäljning av betongelement	Ja	+
4	Byggföretag	Ja	+
5	Byggföretag	Nej	+

6	Byggföretag	Nej	+
7	Leverantör av betongimpregnering och hydrofobering av betong	Nej	+

4.1.4 Återanvändning av betong

Företagen var generellt positiva till återanvändningen av betong som en bra åtgärd för att förbättra resurshanteringen men bara 1 av 7 företag hade återanvändning av materialet (tabell 8). De såg generellt miljöfördelar med återanvändningen eftersom det bidrog till att spara resurser. De främsta nackdelarna uppfattades vara ökade kostnader för och att demonteringen av betongelementen var mer tidskrävande än att bara krossa betongelementen. En annan uppfattning var att de inte längre byggde hus som under miljonprogrammet. Det var vanligare att husen byggdes fyrkantigt snarare än att de anpassades till tomten. Dessutom ansågs betongelement var svåra att flytta mellan projekt vilket skulle gå att lösa genom att anpassa betongelementen för att underlätta demonteringen. På så sätt kunde man undvika att krossa 10-15 år gamla byggnader som tillslut bara blir avfall. Allt skulle kräva bra planering.

Tabell 8. Vilken inställning företagen vi intervjuat har kring återanvändning av betong. + = Positivt inställd, - = negativt inställd, 0 = Neutral inställd.

Företag	Typ av företag	Återanvänder	Inställning
1	Betongtillverkare	Nej	+
2	Utveckling, tillverkning och försäljning av betongelement	Nej	+
3	Utveckling, tillverkning och försäljning av betongelement	Nej	+
4	Byggföretag	Ja	+
5	Byggföretag	Nej	+
6	Byggföretag	Nej	+
7	Leverantör av betongimpregnering och hydrofobering av betong	Nej	+

4.2 Återkommande teman

Under intervjuerna upptäcktes några återkommande teman bland respondenterna, bland annat konsekvensen av ett produktionsstopp om Cementas tillstånd i Slite inte skulle förlängas, import av kalksten och hur importen skulle försämra miljö.

4.2.1 Produktionsstopp i byggbranschen

Företagen var inte helt överens om konsekvenserna av en eventuell nedläggning av Sliteanläggningen (tabell 9). Huvudargumenten för produktionsstopp i byggbranschen vara att det skulle bli brist på cement på kort sikt. Cementa producerar idag 60-75% av alla cement som används i Sverige och ett avbrott skulle kunna innebära ett totalstopp för många byggprojekt och att många privatpersoner förlorar sina jobb. Detta skulle i sin tur påverka samhällsekonomin negativt. Uppfattningen var också att det fanns lösningar till problemet men att det skulle behövas tid för att anpassa sig till en stor förändring. Företagen ville ha en fortsatt produktion i Slite, även om 4 av 7 företag har börjat undersöka alternativ till kalksten i cement.

Tabell 9. Företagen uppfattning om produktionsstopp om anläggningen i Slite stängs.

Företag	Typ av företag	Påverkan	Produktionsstopp?	Åtgärd
1	Betongtillverkare	Ja	Tror inte det	Ja
2	Utveckling, tillverkning och försäljning av betongelement	Ja	Ja	Ja
3	Utveckling, tillverkning och försäljning av betongelement	Ja	Ja	Ja
4	Byggföretag	Ja	Tror inte det	Ja
5	Byggföretag	Ja	Vet ej	Nej
6	Byggföretag	Ja	Vej ej	Nej
7	Leverantör av betongimpregnering och hydrofobering av betong	Ja	Ja	Nej

4.2.2 Import av kalksten

Företagen var generellt negativa till import av kalksten (tabell 10). De viktigaste argumenten var kostnaden, tillgängligheten av cement och standarden för cement. Det var dyrt med import av cement och det var osäkert hur mycket cement som finns tillgängligt för försäljning. Det fanns inga stora cementöverskott och länder som kunde tänkas sälja cement behövde den oftast själv. Det skulle ta tid att förhandla nya kontrakt och leverantörskedjor blev långa.

Ett argument för en inhemsk cementproduktion var oroligheterna i Europa. Risken att kriget i Ukraina skulle sprida sig innebar att företagen ville vara oberoende av import av cement från andra länder som exempelvis Kina, Algeriet och Turkiet. Dessutom uppfattades utländsk cement inte lika ren som den svenska vilket innebar att den inte skulle följa svensk standard. Uppfattningen var vidare att det skulle ta långt tid att genomföra tester på importerad cement vilket också kunde leda till produktionsstopp i byggbranschen. Däremot fanns det två företag

som var positivt inställda till en import av kalksten och dessa har redan påbörjat förhandlingar med eventuella exportländer.

Tabell 10. Vilken inställning företagen vi intervjuat har kring import av cement. + = Positivt inställd, - = negativt inställd, 0 = Neutral inställd.

Företag	Import
1	+
2	-
3	-
4	+
5	0
6	0
7	0

4.2.3 Ökad miljöbelastning

Företagen ansåg att kalksten vara mycket viktigt och hade många användningsområden i samhället. Cementas verksamhet var en av de mest miljöanpassade fabrikerna i Europa. En import av cement skulle därför innebära en försämring av miljön eftersom andra länders cementproduktion hade sämre tillverkningsmetoder, exempelvis Kina, Algeriet och Turkiet. Ett av företagen argumenterade att avståndet till importländerna skulle ytterligare bidra till utsläpp av växthusgaser. Eftersom Sveriges lagstiftning var tuffare än lagstiftningen i andra länder skulle import av cement från dessa länder innebära att Sverige medvetet skulle påverka miljön negativt (Svenska kalkföreningen, 2020).

Cementas verksamhet i Slite förstörde naturen och grundvattnet i närområdet till utgrävningsområdet. Cementa kände till den låga grundvattennivån och svårigheter med dricksvattenförsörjningen, speciellt på sommaren när många turistade på Gotland. Det är en stor skillnad på vattenförsörjningen på sommaren och på vintern. Cementa har erbjudit att bygga en damm som hjälper till att reglera vattenförsörjningen året runt.

5 Analys

I detta kapitel analyseras resultatet med hänsyn till syftet och frågeställningarna.

5.1 Möjligheter och hinder för en hållbar resurshantering

Texten sammanfattar olika strategier att hantera en eventuell cementbrist. Man kan dels delvis ersätta kalksten med andra material och dels försöka återanvända betongen. Det finns både möjligheter och hinder för de olika strategierna.

5.1.1 Kan tillsatsmaterialen ersätta kalkstenen

En import av cement skulle troligen vara begränsad med logistiska utmaningar och anpassad till andra tekniska krav (Svensk betong, 2021). Det skulle ta flera år att få det fungera på grund av utmaningar som att Sverige saknar hamnar, depåer eller terminaler som skulle kunna klara en ökad import. Den importerade cementen skulle dessutom ha andra tekniska krav eftersom kraven är olika i olika länder på grund av olika byggstandarder. Att anpassa importerad cement till svensk standard skulle också öka kostnaderna (Svensk betong, 2021).

Tillsatsmaterialen som kan ersätta kalksten skulle bidra till en bättre resurshantering men utbudet av ersättningsmaterial är begränsade och ofta dyra men det fanns utvecklingsarbete för nya och lämpliga material. Vissa material var restprodukter som flygaska från kolkraftverk och masugnsslagg från ståltillverkning. Andra var naturresurser som kalcinerad lera, vulkanaska och kalcium-sulo-aluminatcement. Restmaterialen fanns i Sverige men vulkanaska och kalcinerad lera var naturmaterial och skulle behöva importeras (Westerholm, 2021). Kalcinerad lera (kaolin) fanns i begränsad mängd i Sverige och skulle kunna brytas men det saknades tillstånd för gruvverksamhet. Produktionen av masugnsslagg var år 2022 ca 50 000 ton (Byggvärlden, 2021).

Det fanns ingen brist på cement i Sverige så länge som Cementa fortfarande bedrev kalkbrytning. Det fanns å andra sidan anledningar till att byta ut kalksten mot en tillsats till exempel betongens klimatpåverkan som huvudsakligen kom från kalcineringsprocessen. Flera av studiens deltagare undersökte olika tillsatser som ett sätt att klimatanpassa produktionen av cement genom att minska andelen kalksten i cementen. Skulle det bli en cementkris skulle ersättningsmaterialen bli mycket viktigare för byggindustrin. Kalcinerad lera var väldokumenterad eftersom materialen använts länge i till exempel Indien och Brasilien och ansågs generellt ha goda egenskaper (Ali & Lungberg, 2015). Att byta ut kalksten mot masugnsslagg fungerade men det skulle också kräva ett högre vct på cementen för en bättre resurshantering.

5.1.2 Prefab betongelement

Enligt byggföretagens konsekvensanalys skulle en resursknapphet på kort sikt kunna hota 175 000 jobb inom bygg- och anläggningsbranschen (Byggföretagen, 2021). Samtidigt återanvändes 5% av återvunnen restbetong som ballast i ny betong (Jepsson & Nyberg,

2017). Ett sätt att skapa resurseffektiv materialhantering skulle vara Prefab betongelement som många av respondenterna var positiva till. Kritiken mot Prefab betongelementen var att det saknade flexibilitet. Kritiken borde inspirera till ett utvecklingsarbete under ett hot om resursknapphet.

Återanvändningen av prefab betongelement beror på betongens ålder, eventuella skador och designen för avfallshanteringen. Flera respondenter ansåg att några år gamla betongelement och som var utan skador kunde återanvändas. Respondenterna ansåg också att det var viktigt att identifiera var i konstruktionen betongelementen suttit eftersom vanliga skador var kloridinträngning och karbonatisering. För att öka återanvändningen av betongelement behövde monteringen av betongelementen utvecklas. En vanlig uppfattning var att betongelement inte var lika lätta att demontera som de var att montera. Demonteringsprocessen tog lång tid vilket minskade lönsamheten. Att tillverka betongelement som är anpassade för både montering och demontering skulle bidra till en ökad resurshantering.

”Kan man bara lägga lite resurser på att klura ut hur man kan göra demonteringen av betongelement mer effektiv så kan man spara väldigt mycket resurser”

5.2 Intressentrelationer och steg för en hållbar resurshantering

Byggbranschen har varit fartblinda vilket bidragit till en överkonsumtion och att de inte varit riktigt uppmärksamma på intressenternas behov av färskvatten. Överkonsumtionen av cement har utvecklats över tid och det börjar bli dags för byggbranschen att i högre utsträckning återgå till att använda beprövad erfarenhet och praxis.

5.2.1 Intressenter och hållbarhetsfrågan

Hållbarhetsfrågan på Slite handlade om prioriteringen mellan en industris resursbehov och lokala försörjningsbehov av dricksvatten och lokala naturvärden. Intressenternas problembeskrivning blev olika beroende på behov och drivkrafter. Cementas affärsverksamheten innebar stora intrång i naturmiljön med effekter på grundvattenförsörjning, naturvärden och biologisk mångfald. Svensk byggindustrins stora behov av cement, som uppfattades som en färskvara (Svensk Betong 2021), skapade stora behov och utsatthet om gruvverksamheten skulle upphöra vid årsskiftet 2022. Argumenten var att det skulle bli produktionsstopp på grund av cementbrist eftersom 60-75% av cementen i byggindustrin kom från Slite (Virgin, 2021). Gotlandsbornas behov av dricksvatten och tillgång till naturvärden drog åt motsatt håll med argumenten att gruvverksamheten borde läggas ner för att säkra dricksvattenförsörjningen och naturvärden. Tillsammans med länsstyrelsen och naturvårdsverket gick de från sekundärintressenter till primärintressenter och på så sätt fick de sin röst hörd. Det var tydligt att studiens deltagare var medvetna om konflikten, höll med om konsekvenserna för grundvattnet och den biologiska mångfalden och att det skulle bli produktionsstopp om gruvverksamheten lades ner.

Turerna i konflikten kan med utgångspunkt från intressentteori visa att konflikten i mångt och mycket handlar om legitimitet och maktförhållanden. Gotlandsregionen ifrågasatte legitimiteten av Cementas verksamhet genom att ifrågasätta åtgärder för att säkerställa dricksvattenförsörjningen. Regeringen påverkade konflikten genom att bekräfta Svensk Betongs konsekvensanalys och ge Cementa ett förlängt tillstånd som bekräftade byggindustrins direkta beroende av cement från Slite. Regeringens intresse handlade om åtgärder för att undvika massarbetslöshet och ökad bostadsbrist men innebar samtidigt stöd till Cementa. Regeringens ingripande innebar att Mark och Miljödomstolens beslut underkändes och Gotlandregionens behov värderades ner. Regeringens ingripande i konflikten ifrågasattes av Länsstyrelsen, Naturvårdsverket, Naturskyddsföreningen, WWF med flera frivilligorganisationer. De ojämna styrkeförhållandena mellan Gotlandsregionen, Mark och Miljödomstolen och Regeringen skapade förutsättningarna för Cementas förlängda tillstånd.

5.2.2 Tid och materialresurshantering

Många företag prioriterade en snabb byggprocess över resurseffektiv materialhantering. Skulle kalkbrytningen i Slite upphöra skulle byggföretagen tvingas till högre resurseffektiv materialhantering. Hittills har tillgången varit stor och kostnaden låg för cement vilket bidragit till ett ointresse för att hantera cementen mer effektivt. Det fanns i intervjuerna uppfattningen om en byggnorm som bidrog till ökad materialanvändning även om det fanns redskap som vct och exponeringsklasser. Redskap som skulle säkerställa konstruktionens hållfasthet och samtidigt innebära en resurseffektivare materialhantering.

”Man bygger ett vanligt flerbostadshus med samma hållfasthet som Öresundsbron. Man blandar in mycket cement bara för att det ska torka snabbt så att byggprocessen går snabbare.”

Att den nya byggnormen ledde till överkonsumtion av cement var det inte många som tänkte på. Intervjuerna beskrev hur företagen köpte på sig extra betong för att vara säkra på att aldrig vara utan. En möjlig förklaring var stressen i byggprocessen. Normen har också inneburit att bruket att anpassa konstruktionernas byggdelar har delvis försvunnit. Ett första steg för bättre resurshantering skulle vara att anpassa konstruktionens byggdelar efter exponeringsklasser, det vill säga ett krav på minsta vct för olika betongelement (tabell 4).

”Allt kostar pengar, exempelvis personal på plats så det man måste göra är att tänka annorlunda, kanske till och med byta ordningen på själva byggmomentet.”

5.2.3 Cirkularitet

Cement är ett bindematerial som inte går att återvinna eftersom det är en del av betongen (Nilsson & Lundgren, 2012). En ökad återvinning av betong skulle bidra till det globala målet Hållbar konsumtion och produktion (SDG 12). Det skulle också vara ett bidrag att bekämpa klimatförändringarna (SDG 13) och skydda ekosystem och den biologiska mångfalden (SDG

15). Fortsatt kalkbrytning skulle innebära att Cementa och Byggindustrins skulle sakna anledning till en mer hållbar materialhantering av cement.

Betongens torkningstid har varit ett viktigt mått på byggprocessens effektivitet. Mer cement och mindre mängd vatten gör att betongen torkar snabbare vilket blir en kvalitetsgaranti för att minska antalet fel som kan uppstå. Fel som kan skapa förseningar. Kraven på tidseffektivitet i byggprocessen har utvecklats över tid och det har inneburit en sämre resurseffektivitet och en lägre medvetenhet om olika bygghandels behov av hållfasthet i konstruktionen.

“Man kan inte gå ner hur mycket som helst men som det ser ut idag så brukar vct för cementen ligga på 0.35 och ibland 0.25. Istället skulle de kunna ligga på 0,55 , 0,60 och 0,70, men det görs inte längre eftersom att man tycker det ska gå snabbt helt enkelt.

Ett första steg borde för byggindustrin vara att bryta tidseffektiviseringstrenden och skapa realistiska byggprocesser som tillåter en byggteknik som är resurseffektiv. Byggteknik som utgår från exponeringsklasser.

Nästa steg skulle vara att utforska möjligheterna till att ersätta delar av kalksten i cement med ett tillsatsmedel. Förutom en ökad resurshantering bidrar åtgärderna till minskad klimatpåverkan och ett ökat skydd av biologisk mångfald.

Ett tredje steg skulle vara en ökad återanvändning och återvinning av betong, exempelvis prefabricerat betongelement och att ta tillvara spillbetong. I dagsläget medger svensk standard att 5% av restbetongen kan användas som ballast i ny betong. Det går att återanvända mer men transporterna och hanteringen av avfallet innebär att kostnadsanalysen blir ekonomiskt ohållbar för företagen (Jepsson & Nyberg 2017). Skulle en cementkris uppstå skulle förmodligen intresset för återvinning och design för avfallshantering förändra attityden för en hållbar resurshantering av cement.

6 Diskussion

I detta avsnitt diskuteras resultat och dess analyser kopplat till teori samt tidigare forskning. Dessutom diskuteras och redogörs den valda metodens styrkor samt svagheter och även förslag på fortsatt forskning inom ämnet.

6.1 Styrkor och svagheter

Detta arbete baseras på en kvalitativ studie som innebär en del litteraturstudier och intervjuer. Arbetet har både styrkor och svagheter.

6.1.1 Litteratur

De vetenskapliga källorna var främst hämtade från Chalmers databaser och från Google scholar. I övrigt var källorna en blandning av hemsidor, nyhetsartiklar och företagsinformation. De vetenskapliga källorna uppfattades som pålitliga. Företagsinformationen, hemsidorna och nyhetsartiklarna saknade ibland författare men var viktiga för att få en överblick till att förstå situationen i Slite, identifiera intressenter och ta reda på hur beslutet om Cementas tillstånd gick till. Företagsinformationen var viktig för att identifiera nackdelar, hinder och möjligheter med en potentiell cementkris i Sverige. Det fanns en risk att företagsinformationen kunde vara vinklad och felaktig. Vi valde att använda källorna ändå eftersom de bekräftade information vi fick från intervjuer, information som inte gick att hitta hos andra källor. Detta kunde bland annat vara information om vilka konsekvenser nedläggningen av Cementas verksamheter kan ha på samhället, hur byggbranschen förbereder sig inför en potentiell cementkris, vilka länder som möjligtvis var tänkt att förhandla med och vilka konsekvenser en import från dessa länder skulle innebära.

Information som vi samlat in via litteraturstudien har till största del hämtats från andra vetenskapliga artiklar vilka är väldigt trovärdiga. Dessutom har vi använt mindre trovärdiga källor som artiklar via sökmotorn Google, men dessa har använts då informationen stämde bra överens med den vi fick via intervjuerna. Datan vi samlade in via intervjuerna har också gjorts på ett bra sätt

6.1.2 Intervjuer

Intervjuerna var strukturerade på ett väldigt bra sätt eftersom frågorna redan var planerade innan intervjun genomfördes. Vi hade också sökt upp information om företagen innan intervjuerna vilket gjorde oss mer förberedda på eventuella frågor utöver våra planerade. Informationen vi fick från intervjuerna var trovärdig eftersom respondenter var kunniga inom ämnesområdet. Det hade styrkt studien om vi hade intervjuat fler personer eftersom resultatet hade blivit mer tydligt och vi hade fått fler synpunkter om Slite, tillsatsmedel och byggbranschens omställning.

Det var stor skillnad på intervjuerna som genomfördes på zoom och de som genomfördes under Charm. Intervjustudien på CHARM hade blivit bättre om de varit förberedda på våra

frågor och att vi befunnit oss i en lugnare miljö. Charm är en mäsas och där var mycket folk och hög ljudnivå. Under bättre förhållanden hade troligen svaren blivit mer koncentrerade och utförliga.

Det hade också varit intressant att göra ett studiebesök på Slite innan vi börja skriva arbetet för att själva se hur landskapet såg ut runt om gruvanläggningen och se hur Cementa arbetar. Det hade också varit bra att intervjua personer som bor i närområdet och få veta vad de tycker och tänker.

6.2 Syfte och metod

Detta arbete genomfördes med hjälp av en kvalitativ studie vilket vi ansåg var tillräckligt för att uppfylla syftet. Syftet var att undersöka hur resursknappheten av kalksten kunde påverka byggindustrin, vilka lösningar det finns och möjliga strategier för en bättre resurshantering av kalksten. Därför behövde vi använda oss utav en litteraturstudie och intervjuer för att samla in information om kalksten, cement och betong men även ta reda på vilka attityder byggbranschen har kring regeringens beslut om Cementas framtid i Slite, på Gotland.

En kvantitativ studie hade också kunnat genomföras i samband med vår kvalitativa studie men det var inte nödvändigt och därför valde vi att inte genomföra en sådan. Om vi hade genomfört en kombination av båda metoderna så hade vi kanske fått mer exakta siffror som exempelvis, hur stor påverkan nedläggningen av Cementa i Slite, på Gotland skulle ha på olika företag. Detta hade vi genomfört med hjälp av enkäter som istället hade skickats ut till flera byggföretag som använder sig av cement.

6.2.1 Antaganden och avgränsningar

Tanken med arbetet var att först samla ihop så mycket fakta som möjligt med avseende på kalksten. Vi ville veta vad det är, vad det används till och vad man kan göra för att bättre hantera resursen. Därför behövde vi även förstå avfallshanteringen av betong, vilka faktorer som hade betydelse och varför betong inte kunde återanvändas efter ett antal år. Vi behövde därför kolla upp orsaker som kloridinträngning och karbonatisering.

Studien har varit avgränsad till samhällsbyggnadsteknik och byggbranschens hantering av ett eventuellt stopp för Cementas gruvverksamhet på Gotland. Det innebär att studien antagit att tillgången på tillsatser och ersättningsmaterial för kalksten bara används i byggindustrin. Vi ville även ta reda på möjliga lösningar dessa företag har nu när Cementa möjligtvis lägger ner sina verksamheter i Slite, på Gotland vid årsskiftet.

6.2.2 Tillförlitlighet och trovärdighet till studien

I detta avsnitt beskrivs studiens kvalitet i förhållande till validitet och reliabilitet. Insamlade data bygger på intervjuer med yrkesverksamma i byggbranschen. De intervjuade personerna har positioner och uppdrag i sina organisationer som bidragit med värdefull information och kunskap och som haft relevans för studiens syfte. Deras positioner inom forskning och

utveckling bidrog till att informationen uppfattades som både tillförlitlig och trovärdig. Detta var speciellt tydligt i intervjuerna om tillsatsmedel och ersättningsmaterial för kalksten. Att flera respondenter tog upp samma sak under intervjuerna bidrog ytterligare till tillförlitlighet och trovärdighet. Transkriberingen av intervjuerna och dokumenteringen av samtalen bidrog med trovärdigheten i data.

6.2.3 Generaliserbarhet

Under studien har vi pratat med representanter för ett begränsat antal företag och i resultatet har svaren från företagen generaliserats till representativa åsikter för hela branschen.

Resultaten stärks av litteraturstudien där de flesta perspektiven finns beskrivna. I studien har fokus varit på byggindustrin och hur andra branscher upplever konflikten i Slite har varit en avgränsning. Det är möjligt att andra industrier som färg- eller stålindustrin och som använder kalksten upplever situationen på liknande sätt. Det är också möjligt att de förutsett en framtida knapphet och börjat en omställning till nya material.

6.3 Kunskap som studien bidragit med

Studien har bidragit med kunskap om byggbranschen omställning och att det vid tidpunkten för studien pågick vissa utvecklingsaktiviteter. Branschen som helhet var ganska oförberedd på en situation med begränsad tillgång på cement. De företag som hade aktiviteter fokuserade på tillsatsmedel som kunde ersätta kalksten i cement som kalcinerade lera och vulkanaska.

Studien har också bidragit med att belysa hur byggföretag gått ifrån byggsätt där betongtillverkningen anpassas efter konstruktionen och byggteknik anpassas efter betongens torktid, det vill säga att man tillverkar betong med för lågt vct. Byggsättet bidrar till en överkonsumtion av cement.

6.3.1 Resultat som styrker eller motsäger slutsatsen

Representanten för företaget som producerar järnvägsslipers hävdade att de kunde återvinna betong och att i deras betong var 5-10% av den nya betongen återvunnen betong. Litteraturen beskriver att det är vanligt att den betong som återvinns innehåller 5% återvunnen betong eftersom det är standard. Det styrks av Jepsson & Nyberg, 2017 eftersom kostnaderna för återvinningen är hög.

7 Slutsats

Resursknappheten kommer att påverka byggindustrin och industrin kommer att behöva utveckla mer resurseffektiv hantering av cement. Den viktigaste strategin är att minska överkonsumtionen av cement.

På kort sikt kan resursknapphet leda till byggstopp som har konsekvenser för både företag och samhälle. På längre sikt kommer industrien behöva ställa om mot en mer hållbar resurshantering.

För att förbättra resurshanteringen bör byggindustrin återgå till ett byggsätt där betongkvaliteten anpassas efter exponeringsklass på konstruktionen. En annan strategi är att ersätta en del av kalkstenen i cementen med en tillsats. På längre sikt bör strategin inriktas mot utveckling av prefab betongelement som både är lätta att montera och gjorda för att demontera så att betongen kan återanvända.

Förslag till fortsatta studier

- Undersöka vilken VCT betongföretag använder vid tillverkning av olika betongelement och hur mycket cement man sparar ifall man följer betongrecept för olika betongelement.
- Undersöka varför inte kalcinerad lera och vulkanaska används som tillsatsmedel i betong i Sverige?

Källförteckning

- Ali, A. (2020). *Koldioxidreducerad betong Med betongens egenskaper bibehållna*. (Examensarbete, AKADEMIN FÖR TEKNIK OCH MILJÖ Avdelningen för bygg-, energi- och miljöteknik i Gävle högskolan). Hämtade från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1455640/FULLTEXT01.pdf>
- Andersson, M. (2020). *Mindre utsläpp med flygaska i betongen*. Recycling. Hämtade från https://www.recyclingnet.se/article/view/719853/mindre_utslapp_med_flygaska_i_betongen
- Andersson, Sara. (2012). *Införande av ISO 14001 i en verksamhet* (kandidatuppsats Miljövetenskap 2012. Miljövetenskapliga institutionen, Lunds Universitet). Hämtade från <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=3364943&fileId=3364947>
- Bergerheim, J & Hadzic, A. (2017), INTRESSENTERNAS BETYDELSE I ARBETET MED HÅLLBARHETSREDOVISNING. Hämtad från https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1184769/FULLTEXT01.pdf?fbclid=IwAR2cV5q56Q_0u1RAi0ggXuAJMvTJcVsvEiGCNmmumrzPP79DwNnFCoB16YwE
- Baumann, H & Tillman, A. (2004). *LCA i ett nötskal*. Hämtad från https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/198075/local_198075.pdf
- Baumann, H., Gluch, P., Thuvander, L., Gustafsson, M. (2012) *Byggsektorns miljöarbete kan skapa nya affärer* (Husbyggaren Nr 55). Chalmers. Hämtade ifrån https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/163469/local_163469.pdf
- Björklund, M. & Paulsson, U. (2012). *Seminarieboken: Att skriva, presentera och opponera. Studentlitteratur AB, Lund*.
- Boverket. (1997). *Betong i vägar – förstudie: om möjligheterna att återvinna betong från husrivning* (B6017-2608/96). Karlskrona
- Boverket. (2021). *Underlag till SGU med anledning av det avvisade täktillståndet för kalkbrytning i Slite*. Hämtad från <https://www.sgu.se/globalassets/om-sgu/nyheter/2021/bilaga-1.-boverkets-underlag-till-sgu-med-a.pdf>
- Boverket. (2021). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*. Hämtad 2022-04-01 från <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---a-ktuell-status/vaxthusgaser/>
- Boverket. (2019). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*. Hämtad 2022-04-01 från <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>

Bryson, J. (2007). *What to do when Stakeholders matter: Stakeholder Identification and Analysis Techniques*. Public Management Review, 6:1 sidan 21-53.

Bygg för hälsa och miljö. (1998). *Betong i vägar-korsstudie: Om möjlighet att återvinna betong från husrivning*. Boverket, byggavdelning.

Byggnadsarbetaren. (2021). *Cementkris – det här kan bli räddningen: "Kraftfullt alternativ"* Bygg. Hämtade från <https://www.byggnadsarbetaren.se/cementkris-det-har-kan-bli-raddningen-kraftfullt-alternati/>

Byggbetong AB (u.å.). *Betongsorter Snabbtorkande betong*. Hämtade från <https://byggbetong.se/snabbtorkande-betong/>

Byggvärlden. (2021). *Stor efterfrågan på slagg som alternativ till cement*. Hämtad från <https://www.byggvarlden.se/stor-efterfragan-pa-slagg-som-alternativ-till-cement/>

Byggföretagen, (2021). *Regeringen borde ha valt en betydligt längre tidsperiod*. Hämtad från <https://via.tt.se/pressmeddelande/regeringen-borde-ha-valt-en-betydligt-langre-tillstandsperiod?publisherId=2006823&releaseId=3311273>

Cementa. (u.å.). *Så här tillverkas cement*. Cementa Heidelberg Cement Group. Hämtad från <https://www.cementa.se/sv/tillverkning-av-cement>

Cementa. (u.å.). *Anläggningscement FA*. Hämtade från <https://www.cementa.se/sv/anlaggningscement-fa>

Charlotte, F. & Benipoor, S. (2003). *ISO 14001 Hinder eller möjligheter*. (Examensarbete MALMÖ HÖGSKOLA Teknik och Samhälle Miljövetenskap Människa, Miljö och Samhälle). Hämtade från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1481382/FULLTEXT01.pdf>

Deegan, C. & Unerman, J. (2011). *Financial accounting theory*. Maidenhead: Mc Graw-Hill Education.

Donaldson, T. & Preston, L. E. (1995). *The Stakeholder Theory of the Corporation: Concepts, Evidence, and Implications*. The Academy of Management Review, 20(1), ss. 65–91, doi:10.2307/258887.

Engström, F. & Örnescog, E. (2021) *Receptoptimering av betong* (Examensarbete, byggingenjörsprogrammet, Örebro). Hämtade från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1647035/FULLTEXT01.pdf>

Europen, (2006). *Understanding the differences between life cycle thinking and life cycle assessment*. Hämtad från

https://proyectaryproducir.com.ar/public_html/Seminarios_Posgrado/Material_de_referencia/Differences%20between%20LCT%20and%20LCA.pdf

Fagerlund, G. (2010). *Mineraliska tillsatsmedel i cement*. Hämtad: 2022-04-26 från <https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/16298566/4113107.pdf>

Fagerlund, G. (2011). *Novacem magnesiumbaserat cement med gynnsam miljöprofil*. *Bedömning av cementets potential*: lunds tekniska högskola, avdelning byggnadsmaterial. hämtade från <https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/34edb037-2f96-41d6-bcf2-47ea767c270d/FinalReport/SBUF%2012364%20Slutrapport%20Novacem%20.pdf>

Fagerlund, G. (2011). *Magnesiumbaserat cement med gynnsam miljöprofil - bedömning av cementets potential*. Lund university. Hämtade från <https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/3825061/2213303.pdf>

Färlin, M. (2021). *Byggföretagen larmar om cementbrist: "Kommer inte kunna bygga"*. SVT Nyheter. Hämtade från <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/ost/bygforetagen-larmar-om-totalstopp-kommer-inte-kunna-bygga>

Globala målen, (2021). *12 hållbar konsumtion och produktion säkerställa hållbara konsumtions- och produktionsmönster*: globala målen. hämtade från <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-12-hallbar-konsumtion-och-produktion/>

Gray, R., Owen, D. & Adams, C. (1996). *Accounting & accountability*. London: Prentice Hall.

Gunnarsson, R. (2020). *Validitet och reliabilitet*. INFOVOICE.SE FORSKNINGSMETODIK PÅ ETT ENKLARE SÄTT. Hämtade från <https://infovoice.se/validitet-och-reliabilitet/>

Hull, K. & Segerberg, D. (2019). *Projektering för demontering och återanvändning -En undersökning av prefabricerade stomelement i betong*. (Examensarbete, MALMÖ UNIVERSITET Fakulteten för teknik och samhälle). Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1480535/FULLTEXT01.pdf>

Jacobs, D. (2022). *Ny cementkris på väg: "Risk för långt byggstopp"*. TEKNIKDYGNET. Hämtad från <https://www.dagensps.se/teknik/ny-cementkris-pa-vag-risk-for-langt-byggstopp/>

Johansson, J. (2016). *Vattens påverkan på betongdammar*. (Examensarbete inom Landskapsingenjörsprogrammet. 2006:16 ISSN 1651-8160). Hämtade från https://stud.epsilon.slu.se/11256/1/johansson_j_171012.pdf

Johansson, Å. (2022) *Sedimentära bergarter*: Naturhistoriska riksmuseet. Hämtad från <https://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/geologi/bergarterochmalmer/sedimentarabergarter.1603.html>

- Karlsson, K. & Johansson, J. (2018). *ÅTERVINNING AV RESTBETONG FRÅN FABRIKSTILLVERKNING I NY BETONG*. (Examensarbete, Högskoleingenjörsutbildning i byggt teknik Byggingenjör Borås Högskolan). Hämtad från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1327957/FULLTEXT01.pdf>
- Lansstyrelsen. (2021). *Länsstyrelsens yttrande över Cementas ansökan*. Hämtade från <https://www.lansstyrelsen.se/gotland/om-oss/nyheter-och-press/nyheter---gotland/2021-10-14-lansstyrelsens-yttrande-over-cementas-ansokan.html>
- Lagerblad, B. (2007). *Livslängdsbedömning av sprutbetong i tunnlar: Cement och betong* Institutet och KTH. Hämtade från https://www.researchgate.net/profile/Bjoern-Lagerblad/publication/266591221_Livslängdsbedömning_av_sprutbetong_i_tunnlar/links/55c226b108aea2d9bdbfe097/Livslängdsbedömning_av_sprutbetong_i_tunnlar.pdf
- Lindberg, S. & Orre, P. (2021). *Runt om i Sverige växer konflikterna i klimatomställningens spår. Minskade utsläpp ställs mot förstörd natur*. AFTONBLADET. Hämtade från <https://www.aftonbladet.se/nyheter/a/0Kdl4G/cementjattens-planer-vacker-oro-hotar-gotland>
- Liljebäck, P. (2021). *Cementas ansökan avvisades: "Gröna omställningen nu i riskzonen"*. NATURVETARNA: Hämtad från <https://www.naturvetarna.se/nyheter/2021/fastlast-lage-i-kalkbrottet/>
- Ljungkrantz, C. (2012). *Kemisk process gör att betong suger upp koldioxid: Byggindustrin*. Hämtade från https://www.svenskbetong.se/images/pdf/Betong_suger_upp_klimatgaser_Byggindustrin_okt_2012_1.pdf
- Mark, S. (2008). *Stakeholders participation for environmental management*. Hämtad från <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014>
- Material Economics. (2018). *Ett Värdebeständigt Svenskt Materialsystem En rapport om materialanvändning ur ett värdeperspektiv*. Hämtade från <http://databas.resource-sip.se/storage/vardebestmtrlssystemrapport180118.pdf>
- Micke. (2020). *ALLT OM GJUTNING AV BETONG Min vision: Använd betong på rätt sätt med rätt mängd för miljöns skull*. Husgrunder.com. Hämtade från <https://www.husgrunder.com/betong/gjutning-betong-grunder-betongplatta/#betong-typer-flytbetong>
- Mitchell, R. K., Agle, B. R. & Wood, D. J. (1997). Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts. *The Academy of Management Review*, 22(4), ss. 853–886, doi:10.2307/259247.

Naturvårdsverket. (u.å.). *Natura 2000-områden*. Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/skyddad-natur/olika-former-av-naturskydd/natura-2000-omraden/>

Naturvårdsverket. (2021). *Beslut om avvisning avseende Cementas ansökan om täktillstånd vid Slite på Gotland*. Hämtade från <https://www.naturvardsverket.se/lagar-och-regler/provningsarenen/takter/beslut-om-avvisning-avseende-cementas-ansokan-om-takttillstand-vid-slite-pa-gotland>

Natursidan. se. (2021). *Protester inför riksdagens omröstning om Cementa*. Hämtade från <https://www.natursidan.se/nyheter/protester-infor-riksdagens-omrostning-om-cementa/>

Nilsson, D.& Lundgren, L. (2012). *Betongens hållfasthetsutveckling vid användning av olika ersättare för portlandklinker, En laborativ studie*. (Examensarbete inom byggt teknik och design, KTH). Hämtad från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:548500/FULLTEXT01.pdf>

Norsjö betong. (2022). *Byggbetong Betong*. Hämtade från <https://norsjobetong.se/byggbetong-betong-standardbetong-anlaggningsbetong>

Osbäck, A. (2021). *Betong prefabricera eller platsbygga*. (Examensarbete inom bygg och anläggning, Luleå tekniska universitet). Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1533864/FULLTEXT01.pdf>

Portal, N. Flansbjer, M. Lopez, D. Fernandez, I. (2020). *Analysis of tensile behavior of recycled aggregate concrete using acoustic emission technique*. RILEM Technical Letters (2020) 5:13114. Hämtad från <https://letters.rilem.net/index.php/rilem/article/view/121/124>

Regeringskansliet. (2021). *Regeringen ger Cementa AB ett tidsbegränsat tillstånd till fortsatt täktverksamhet i Slite på Gotland*. Hämtad från <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2021/11/regeringen-ger-cementa-ab-ett-tidsbegransat-tillstand-till-fortsatt-taktverksamhet-i-slite-pa-gotland/>

Rex, E. (u.å.). *Tillämpat livscykel tänkande för hållbara värdekedjor*. RISE. Hämtade från <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/expertiser/tillampat-livscykel-tankande>

Rois, F. & Chong, W. & Gru, D. (2015). *Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities*. *Procedia Engineering*. Volume 118, 2015, Pages 1296-1304. Hämtade från <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815021402?via%3Dihub>

Sandelin, S. (u.å.). *Nya cementrecept för minskad klimatpåverkan*. Cementa Heidelberg Cement Group. Hämtad från <https://www.cementa.se/sv/nya-cementrecept-for-minskad-klimatpaverkan>

Skolkemi (u.å.). *Luftfuktighet och rostbildning*. Hämtad från <http://chem-www4.ad.umu.se:8081/Skolkemi/Experiment/experimentfordjupning.jsp?id=225>

Skandinavisk industriutveckling. (2020). *Renovera och ytskydda betong*. Hämtad från <https://ytskyddsakademien.se/wp-content/uploads/2020/04/betong.pdf>.

Staffansson, F. (2019). *En studie om konstruktörer kan minska klimatpåverkan av koldioxid från betong via kravspecifikation*. (Examensarbete inom byggnadsteknik, Jönköpings universitet). Hämtad från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1335079/FULLTEXT01.pdf>

Sustend. (2019). *Varför spricker betong?* Hämtad från <https://sustend.se/varfor-spricker-betongen/>

Svenska Kalkföreningen. (u.å). *KALK OCH DOLMITSTEN*. Vad är kalk. Hämtade från <https://kalkforeningen.se/produkter/kalk-och-dolomit/>

Svenska betong. (2010). *Varför behöver vi betong?*. Hämtad 2020-03-19 från <https://www.svenskbetong.se/varfor-behoover-vi-betong>

Svenska betong. (2015). *Produktionsmetoder*. Hämtad 2022-03-22 från <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/allmant-om-betong/produktionsmetod>

Svensk betong. (2017). *Betong och klimat: En rapport om klimatneutral betong*. Hämtad från <https://www.svenskbetong.se/klimatrapport>

Svenska betong. (u.å). *Återvinning*. Hämtad från <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/hallbart-byggande/bestandighet-och-livslangd-2>

Svenska Betong. (u.å). *Infästningar och hål i balkar*. Hämtade från <https://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/statik/balkar/infastning-och-hal-i-balkar>

Svenska kalkföreningen. (2020). *PRODUKTIONSPLATSER OCH KALKBROTT. PRODUKTIONSPLATSER*. Hämtad från <https://kalkforeningen.se/produkter/produktionsplatser/>

Svenska kalkföreningen. (2020). *Miljötillstånd*. Hämtade från <https://kalkforeningen.se/produkter/miljotillstand/>

Sveriges geologiska undersökning. (2020). *Industrimineral*. Figur 1. Hämtade från <https://www.sgu.se/mineralnaring/industrimineral/>

Sma mineral AB. (u.å.). *Därför kalk*. Bakgrund och plan. Hämtade från <https://smamineral.se/sv/klintebys/bakgrund-och-plan/>

Söderlund, E & Avazpour, F. (2019). *Cirkulär ekonomi för rivningsbetong Med fokus på återvinning*. (Examensarbete, högskoleingenjörsprogrammet, samhällsbyggnadsteknik, Chalmers). Hämtade från https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/300601/1/E2019_125.pdf

Thomas concrete group. (2022) *Först ut i Sverige med vulkansten i betong*. Hämtad 2022-04.26 från <https://thomasconcretegroup.com/se/senaste-nyheter/foerst-ut-i-sverige-med-vulkansten-i-betong>

Tleuken, A. & Torgautov, B. & Zhanabayev, A. & Turkyilmaz, A. & Mustafa, M. & Karaca, F. (2022). *Design for Deconstruction and Disassembly: Barriers, Opportunities, and Practices in Developing Economies of Central Asia*. ScienceDirect. Hämtade från <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2212827122001494?token=40C6BB206B0D22A9146748D34BC8116C684D8BBB02F16AC60681287F1737A757BE35E074C25D225B91C88FF30F5EF32F&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220517144550>

Vägverket. (2004). *Allmän teknisk beskrivning Krossad betong i vägkonstruktioner: Enheten för Samhälle och Trafik Teknikavdelningen Vägtekniksektionen*. Hämtade från https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10592/RelatedFiles/2004_11_atb_krossad_betong_i_vagkonstruktioner.pdf

Virgin, K. (2021). *Akademikerna på Cementa: "Vi känner hopp"*. Ingenjören Medlemstidning för Sveriges Ingenjörer. Hämtad från <https://www.ingenjoren.se/2021/08/27/akademikerna-pa-cementa-vi-kanner-hopp/>

Westerholm, M. (2021). *Kalcinerad lera utvärderas som ersättningsmaterial i cement*. Cementa Heidelberg Cement Group. Hämtad från <https://www.cementa.se/sv/kalcinerad-lera-utvarderas-som-ersattningsmaterial-i-cement>

Waddock, S. (2013). *Berkshire Essentials: Business Strategies and Management for Sustainability: Stakeholder Theory*, ss 102-106.

Zackrisson, M. (u.å.) *Dolomit*. Hämtad från <https://smamineral.se/sv/product/dolomit/>



CHALMERS