



SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap
Område Landskapsutveckling

Energianalys av gravstenstillverkning

Life cycle inventory of gravestone manufacturing

Lilly Kristensen

Självständigt arbete 15 hp
Grundnivå C
Trädgårdsingenjörsprogrammet
Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU
Alnarp 2010

Energianalys av gravstenstillverkning

Life cycle inventory of gravestone manufacturing

Författare: Lilly Kristensen

Handledare: Adj. professor Kurt Johansson, SLU, Område landskapsutveckling

Biträdande handledare: Fil. lic. Ann-Britt Sörensen, SLU, Movium

Examinator: Docent Catharina Svala, SLU, Lantbrukets byggnadsteknik

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grund C
Kurstitel: Kandidatarbete i trädgårdsdesign
Kurskod: EX0381

Program/utbildning: Trädgårdsingenjörsprogrammet
Examen: Filosofie kandidat
Ämne: Landskapsplanering
Utgivningsort: Alnarp
Utgivningsår: 2010
Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU
Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: LCI, LCA, Vånga, energianalys, gravsten, granit, energiförbrukning, stenhuggeri

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap
Område Landskapsutveckling

FÖRORD

Jag vill tacka alla som på alla sätt och vis har bidragit till att detta arbete. Jag har intervjuat och e-postat ett antal människor både i och utanför branschen, många fler än de som nämns i arbetet. De har hjälpt till med att bland annat lämna uppgifter och kontrollräkna. Ingen nämnd, ingen glömd.

Alnarp den 9 juni 2010

Lilly Kristensen

SAMMANFATTNING

Arbetet är en energianalys av gravstenstillverkning där energiförbrukningen för hela livscykeln redovisas. Analysen gäller en så kallad funktionell enhet som består av gravsten och sockel av vångagranit som levereras till en kyrkogård i Malmö. Ett svenskt stenhuggeri har hjälpt till med att ta fram data för de olika tillverkningsmomenten. Förutom uppgifter om själva tillverkningen har även kompletterande uppgifter inhämtats som gäller till exempel transporter och inköpt material. Jämförelse görs mellan fyra olika bearbetningar av den funktionella enheten. Bearbetningarna är handhuggen gravsten, helpolerad gravsten, gravsten med polerad framsida samt avidentifierad och återanvänd gravsten. Jämförelse av energiförbrukningen har även gjorts mellan tillverkningsländerna Sverige och Kina. I arbetet har antagande gjorts att energiförbrukningen vid tillverkning i de båda länderna är lika stora. Energislagen som redovisas är fossila bränslen (olja och diesel), svensk elektricitet och kinesisk elektricitet.

Resultaten visar att för en gravsten producerad i Kina är energiförbrukningen mer än fyra gånger större än för en gravsten producerad i Sverige. Resultaten visar på att energiförbrukningen är nästan dubbelt så stor för en nytillverkad gravsten från Sverige vid jämförelse med en återanvänd gravsten. Vid jämförelse mellan en nytillverkad gravsten från Kina och en återanvänd gravsten är energiförbrukningen nästan sju gånger större. Bara att transportera en gravsten till eller från Kina förbrukar nästan 1,5 gånger mer energi än den totala energiförbrukningen under en hel livscykel för en nytillverkad svensk gravsten.

SUMMARY

This is a life cycle inventory regarding gravestone manufacturing where the total energy consumption for the whole life cycle is presented. The analysis is valid for a so called functional unit which includes a gravestone and a socle made of granite from Vånga. The functional unit is delivered to a cemetery in Malmö. A Swedish stonemasonry provided for the necessary manufacturing data. Additional data were also obtained, for example transports and purchased materials. Four different types of the functional unit are compared including a recycled gravestone. The total energy consumption was also compared between the two manufacturing countries Sweden and China. The assumption was that the manufacturing energy consumption was the same in the two countries. The energy calculations were made for fossil fuel, Swedish electricity and Chinese electricity.

The results shows that the energy consumption for a gravestone made in China is more than four times bigger than for a gravestone made in Sweden. The results also show that the energy consumption is almost two times bigger for a new gravestone manufactured in Sweden than for a recycled gravestone. The energy consumption is almost seven times bigger for a new gravestone manufactured in China than for a recycled gravestone. The energy consumption for a one way transport to China is almost 1,5 times bigger than the whole life cycle energy consumption for a new gravestone manufactured in Sweden.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. BAKGRUND	1
1.1 Mål	1
1.2 Syfte	1
1.3 Vångagranit	2
1.4 Livscykelanalyser för natursten	2
2. MATERIAL OCH METOD	3
2.1 Avgränsning	3
2.1.1 Funktionell enhet	4
2.1.2 Vid uteblivna värden för energiförbrukning	5
2.1.3 Fossila bränslen	5
2.1.4 Elektricitet	6
3. RESULTAT	7
3.1 Brytning av vångagranit	7
3.2 Bearbetning av sten	7
3.2.1 Blocksågning med klinga samt kantsågning	7
3.2.2 Slipning och polering	8
3.2.3 Handhuggen profil	9
3.2.4 Gravering, blästring, rengöring efter blästring och efterhuggning av text	9
3.2.5 Borrning av dubbhål och rostfria gravvårdsdubb	10
3.3 Fundament av lecabetong	11
3.4 Transporter för funktionella enheter tillverkade i Sverige	11
3.4.1 Transport från stenbrott till stenhuggeri	11
3.4.2 Interna transporter på stenhuggeri och transport av stendamm	12
3.4.3 Transporter från stenhuggeri till gravplats på kyrkogård i Malmö	12
3.4.4 Transport av inköpt material	12
3.5 Transporter för funktionella enheter tillverkade i Kina	13
3.5.1 Transport från stenbrott till stenhuggeri	13
3.5.2 Interna transporter på stenhuggeri och transport av stendamm	14
3.5.3 Transport från stenhuggeri till gravplats på kyrkogård i Malmö	14
3.5.4 Transport av inköpt material	15
3.6 Montering och underhåll av funktionell enhet	15
3.7 Utrangering av funktionell enhet	16
3.8 Exempel på bearbetning och energiförbrukning	17
3.8.1 Handhuggen funktionell enhet	17
3.8.2 Helpolerad funktionell enhet	19
3.8.3 Funktionell enhet med polerad framsida	22
3.8.4 Återanvänd funktionell enhet	24
4. DISKUSSION	27
4.1 Energiförbrukning vid tillverkning av funktionell enhet i Sverige	27
4.2 Jämförelse av energiförbrukning mellan Kina och Sverige	27
4.3 Jämförelse mellan ny och återanvänd funktionell enhet	30
4.4 Reflektioner	31
4.4.1 Publicerade livscykelanalyser för natursten	31
4.4.2 Metoderna energianalys och LCA	31
4.4.3 Arbetsmiljö	32
4.4.4 Växtskadegörare	32
5. SLUTSATSER	34
6. REFERENSER	35

Bilaga 1. Diagram: Sammanställning över energiförbrukning	1 sida
Bilaga 2. Fotografier på material och bearbetning av sten	3 sidor

1. BAKGRUND

Detta arbete ingår i en serie av examensarbeten i Moviums regi inom projektet ”Miljöaspekter på kyrkogårdar och begravningsplatser”. Projektets avsikt är undersöka vilken miljöpåverkan kyrkogårdsverksamhet medför. Klimat- och miljöpåverkan från kyrkogårdsdrift ur flera olika aspekter kommer att undersökas för att underlätta valet av metoder och produkter för bästa utfall för miljön (Movium n.d).

En viktig del av olika miljöaspekter på kyrkogårdar och begravningsplatser är användningen av natursten, hur den produceras och hur den kommer på plats. Ett sätt att undersöka miljöpåverkan från olika produkter och metoder är att göra en livscykelanalys (LCA) eller livscykelinventering (LCI). Dessa undersökningar kan göras olika och omfatta eller utesluta olika moment, men det viktigaste är att redovisa vilka moment och data som ingår. Livscykelbedömningar för olika produkter gör det möjligt att jämföra t ex om det ger mer miljöpåverkan från en gravrätt omgiven med gravram i natursten mot en gravrätt omgiven av buxbomshäck. Arbetet kan även användas som jämförelsematerial för till exempel livscykelinventeringar av gravstenar i betong eller glas.

1.1 Mål

1. Genom energianalys kartlägga energiförbrukningen vid tillverkning av gravstenar och socklar i Sverige.
2. Jämföra energiförbrukningen för gravstenar och socklar tillverkade i Kina respektive Sverige. Energiförbrukningen vid framställning av produkterna antas vara lika stor.
3. Jämföra energiförbrukningen för en ny gravsten med en återanvänd gravsten.

1.2 Syfte

I detta arbete undersöks det hur stor energiförbrukningen är under en livscykel, från vagga till grav, vid framställning av olika typer av gravstenar i natursten. Jämförelse görs även mellan gravstenar tillverkade i Sverige och gravstenar tillverkade i Kina. Undersökningen utgår både från nya och befintliga data.

1.3 Vångagranit

Vångagranit bryts från Vångaberget vid Ivösjöns nordvästra strand ungefär 2 mil nordöst om Kristianstad. Vångagraniten har en röd till rödgrå färg och är en medel- till grovkornig bergart (Länsstyrelsen i Skåne län 2008). Granit är en magmatisk bergart och har bildats genom stelning av smältor under jordskorpan (SGU n.d.). Vångagranit klassas som en gnejsgranit (Lundegårdh 1978) och består främst av mineralen kalifältspat och kvarts samt mindre mängder av biotit och plagioklas. Densiteten är 2620 kg/m^3 (Sveriges Stenindustriförbund 2002; Emmaboda Granit n.d.).

1.4 Livscykelanalyser för natursten

Vid sökning återfanns relativt få publicerade livscykelanalyser för natursten och ingen av dessa gällde gravstenar. De livscykelanalyser som återfanns beskrev brytning av natursten samt golv- och byggmaterial. För livscykelanalyser gällande brytning av natursten se Natural Stone Council (2008a; 2008b; 2008c; 2009). För livscykelanalyser gällande golvmaterial se Lindahl (1997; 2001b; 2001e; 2001f; 2001g), Nicoletti, Notarnicola & Tassielli (2002) och Petersen & Solberg (2003). För livscykelanalyser gällande byggmaterial se Lindahl (2001a; 2001c; 2001d; 2001h; 2001i).

2. MATERIAL OCH METOD

Vid framtagning av energianalysen är utförd enligt standard SS-ISO 14040-serien för livscykelanalys (Baumann & Tillman 2004) där faserna miljöpåverkansbedömning och tolkning av resultat medvetet har uteslutits. Ett svenskt stenhuggeri har hjälpt till med att ta fram data för de olika momenten vid tillverkning av funktionella enheter. Energislagen som redovisas är fossila bränslen (olja och diesel), svensk elektricitet och kinesisk elektricitet. De erhållna uppgifterna från det svenska stenhuggeriet utgjorde stommen till detta arbete. För att inhämta information om hur verksamheter förutom själva tillverkningen i Sverige går till intervjuades nio personer. Bland annat behövdes kompletterande uppgifter om inköpt material som gravvårdsdubbar, sågsegment och fundament. Även uppgifter om hur transporter vid export och import går till samt information om tillverkning av funktionella enheter i Kina inhämtades. Redan utförda livscykelanalyser för brytning av vångagranit, stål, betong, linoleum och båttransporter användes som dataunderlag för delar av detta arbete. Diagram för jämförelse av samtliga bearbetningar återfinns i bilaga 1. Bilder på material och tillverkning återfinns i bilaga 2.

2.1 Avgränsning

Vid framtagning av en livscykelanalys enligt ISO 14040 (1997) ingår de fyra faserna definition av mål och omfattning, inventeringsanalys, miljöpåverkansbedömning samt tolkning av resultat (Carlson & Pålsson 2008). Detta arbete är dock en partiell analys som är avgränsad till att gälla endast energiinsatser, en så kallad livscykelinventering, där arbetssättet och metoden att ta fram data på är samma som för en livscykelanalys. Faserna miljöpåverkansbedömning och tolkning av resultat har medvetet uteslutits (Baumann & Tillman 2004).

Vid tillverkning av flera olika produkter i samma anläggning fördelas andelar av det totala resursbehovet till den produkt eller produktion som ska beräknas (Carlson & Pålsson 2008).

Energiförbrukning för transporter av blästersand från grossist och transporter av fundament från tillverkaren tillkommer till energiberäkningarna. Energiförbrukning för transporter av sågsegment, gummiduk och gravvårdsdubbar anses vara inkluderade i energiberäkningarna.

Energiförbrukning för omlastning av gods i hamnarna Karlshamn, Bremen, Xiamen, Amsterdam och Göteborg togs inte upp i detta arbete.

Hänsyn har inte tagits till framställning av emballage. Svenska stenar transporteras fastsurrade på träpallar (Johansson 1999). Förpackningsmaterial från Kina antas gå till förbränning och anses därför vara energineutralt. Vid transport är vikterna avrundade uppåt för att även täcka in emballage, se tabell 1.

Tabell 1. Transportvikter inklusive emballage för olika enheter.

Enhet	Vikt (kg)	Anm.
Gravsten	110	För enhet tillverkad i Sverige
Gravsten och sockel	150	För enhet tillverkad i Kina
Gravsten, sockel och fundament	160	För enhet tillverkad i Sverige
Gravsten, sockel och fundament	170	För enhet tillverkad i Kina

2.1.1 Funktionell enhet

Arbetet avgränsades till att gälla en så kallad funktionell enhet (FE) vilken var en definierad storlek för det undersökta materialet (Carlson & Pålsson 2008). I detta arbete definierades den funktionella enheten som en gravsten med tillhörande sockel i vångagranit med mått enligt tabell 2. Energianalys utfördes för produkter producerade både i Sverige och i Kina. Samtliga funktionella enheter levererades till kyrkogård i Malmö. Jämförelse gjordes även mellan fyra olika bearbetningar av den funktionella enheten. Bearbetningarna var handhuggen gravsten, helpolerad gravsten, gravsten med polerad framsida samt aidentifierad och återanvänd gravsten, se tabell 3.

Tabell 2. Mått för gravsten och sockel som ingår i funktionell enhet.

Ingående enhet	Parameter	Mått	Anm.
Gravsten	Höjd	75 cm	
	Bredd	50 cm	
	Djup	10 cm	
	Vikt	100 kg	
	Area framsida	0,375 m ²	
	Total area exkl. undersida	0,95 m ²	(0,15*0,75*0,05) m ²
	Volym	0,0375 m ³	(0,75*0,5*0,1) m ³
Sockel	Höjd	10 cm	
	Bredd	60 cm	
	Djup	16 cm	
	Vikt	26 kg	
	Area ovsida	0,096 m ²	
	Total area exkl. undersida	0,248 m ²	(0,032*0,096*0,12) m ²
	Volym	0,0096 m ³	(0,1*0,6*0,16) m ³

Tabell 3. Undersökta bearbetningar och tillverkningsland för bearbetning av funktionell enhet.

Bearbetning	Bearbetad i Sverige	Bearbetad i Kina
Handhuggen FE	x	x
Helpolerad FE	x	x
FE med polerad framsida	x	x
Återanvänd FE	x	

2.1.2 Vid uteblivna värden för energiförbrukning

I samtliga fall saknas utförda livscykelanalyser för inköpt material och därmed uppgifter på energiförbrukningen vid tillverkning av materialet. I brist på data har två olika metoder använts för att få fram energiförbrukningen. I första hand har värden från livscykelanalyser för liknande material använts. I andra hand beräknades energiförbrukningen för produkten från försäljningspriset och att energikostnaden antas vara 1,00 kr/kWh. Det grundar sig på att om kostnaden för energiförbrukningen är för hög i förhållande till priset för produkten finns det ingen ekonomi i tillverkningen (Mattsson 2010). I detta arbete gjordes antagandet att energiförbrukningen var 25% av priset och beräkningen gjordes endast för blästersand. Uppgifter om hur mycket slipsegment som åtgår vid slipning och polering samt fräsning har inte framkommit ur erhållna underlag. Energiförbrukningen har därför räknats ut genom förhållandet mellan kostnaden för framställning av slipsegmenten och kostnaden för sågsegment för blocksågning. Vid tveksamhet om vilket energislag produkten förbrukar har energiförbrukningen räknats som elektricitet.

2.1.3 Fossila bränslen

Energiförbrukning för uppvärmning av lokalerna med eldningsolja för de olika tillverkningsmomenten erhöles i enheten kWh från stenhuggeriet. Värdena har endast räknats om från kWh till Joule, både för Sverige och Kina, utan att hänsyn har tagits till vilken typ av eldningsolja som förbrukas.

För diesel finns miljöklass 1, 2 och 3. Diesel av miljöklasserna 1 och 2 medför mindre utsläpp av till exempel partiklar, kolväten, svavelföreningar och kväveoxider. All diesel som säljs på bensinstationer i Sverige är av miljöklass 1. Miljöklass 3 motsvarar EUs krav, bland annat skiljer sig halterna av svavel och polyaromatiska kolväten mellan EU-kraven och de svenska kraven för miljöklass 1 (Transportstyrelsen 2009).

Energiinnehållet för diesel miljöklass 1 (Mk1) är 35,28 GJ/m³ och energiinnehållet för diesel miljöklass 3 (Mk3) är 35,82 GJ/m³ (Naturvårdsverket 2010). I detta arbete var antagandet att lastbilarna i Sverige drivs med diesel miljöklass 1 och att lastbilarna i Kina drivs med diesel miljöklass 3. Lastbilstransporter antogs ha en genomsnittlig förbrukning på 4,3 l/mil enligt Hammarström & Yahya (2000) om inget annat har angetts. Samtlig dieselförbrukning i kapitel 3.4 var beräknad för miljöklass 1.

2.1.4 Elektricitet

Eftersom sammansättningen av förnyelsebara energikällor och fossila bränslen skiljde sig vid energitillverkning mellan länderna har de separerats. Till exempel bestod 1,1% av Sveriges totala energiproduktion av kolkraft och 81% av Kinas totala energiproduktion av kolkraft (International Energy Agency n.d.a; n.d.b) . Den genomsnittliga verkningsgraden för kolkraftverk i Kina var 23% (Schilling 2004). Ländernas olika sammansättning av energikällor skulle ge utslag vid en eventuell miljöpåverkansbedömning.

3. RESULTAT

3.1 Brytning av vångagranit

Energiförbrukningen för brytning och neddelning av vångagranit hade inventerats av Lindahl (2001) där den funktionella enheten hade volymen 0,1 m³. Energiförbrukningen räknades om till detta arbetets funktionella enhet med volymen 0,0471 m³ samt 25% spill, se tabell 4.

Tabell 4. Energiförbrukning för brytning av vångagranit.

Moment/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Elektricitet (MJ)
Brytning	124,34	21,14

3.2 Bearbetning av sten

För att få fram den yta på den funktionella enheten kunden hade beställt bearbetades gravsten och sockel enligt kundens önskemål. Bearbetningen anpassades vilket innebär att alla tillverkningsmoment beskrivna nedan inte genomfördes för samtliga funktionella enheter.

Enligt den kinesiska tillverkaren Edurus (n.d.) som levererade funktionella enheter till bland annat Fonus höll stenhuggeriet i Kina svensk standard. Därmed ansågs energiförbrukningen i Sverige och Kina vara lika stora. Man ska dock ha i åtanke att svensk och kinesisk elektricitet separerades i arbetet.

3.2.1 Blocksågning med klinga samt kantsågning

De inköpta stenblocken från stenbrottet delades ner i mindre enheter för vidare bearbetning. Genom blocksågning erhöles stenskivor med tjockleken 10-11 cm för gravstenar och stenskivor med tjockleken 16-17 cm för socklar (Johansson 1999). Vid blocksågning av 1 m² med stora klingor av storleken 2500-3000 mm förbrukades 1,48 gram brons, totalt 8,4 gram av metallerna järn, nickel och koppar samt ca 1500 diamanthörn av storleken 35/45 mesh (Eriksson 2010a). Energiförbrukningen var 0,24 kWh vid tillverkning av sågsegment (Eriksson 2010b). För att såga ut tio ämnen ur blocket behövdes elva sågskär vilket gjorde att för varje sågskär antogs arean vara 110% . Antagandet för blocksågning med klinga var att 25% av stenblocket var spill. Energiförbrukningen för blocksågning med klinga var beräknad för lokaluppvärmning, ventilation, drift av såg och kylvatten samt tillverkning av klingans sågsegment.

Vid kantsågning erhöles raka kanter på både gravsten och sockel (Johansson 1999). Vid kantsågning av 1 m² med klingor av storleken 500-700 mm förbrukades 7,0 gram brons, totalt 7,86 gram av metallerna järn och koppar samt ca 2600 diamanthörn av storleken

50/70 mesh (Eriksson 2010a). Energiförbrukningen var 0,24 kWh vid tillverkning av sågsegment (Eriksson 2010b). Energiförbrukningen för kantsågning var beräknad för lokaluppvärmning, ventilation, drift av kantsåg, kylvatten samt tillverkning av klingans sågsegment. För energiförbrukning se tabell 5.

Tabell 5. Energiförbrukning för blocksågning med klinga och kantsågning.

Moment/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Elektricitet (MJ)
Blocksågning	0	54,00
Kantsågning	1,51	22,30

3.2.2 Slipning och polering

Beroende på beställning så slipades och polerades hela gravstenen eller bara framsidan. Var gravstenen helpolerad slipades och polerades även hela sockeln. Slipning och polering av fram- och baksida på gravstenen och ovansidan på sockel utgick från totalt antal m² som slipades under ett år. Slipning av gravstenskanter och de fyra övriga sidorna på sockeln utgick från tiden det tog att slipa stenen.

Vid slipning i åtta steg av 1m² vångagranit förbrukades 0,05 gram plast, totalt 0,26 gram av metallerna järn och koppar samt ca 1300 diamantkorn av storleken 35/45-3000 mesh (Eriksson 2010a). 25% av stenblocken antogs vara spill.

Både gravsten med polerad framsida och gravsten med handhuggen kant hade polerad framsida. Slipning och polering av gravstenarnas framsida utfördes i en slip- och polerautomat, en så kallad balja (Johansson 1999). Tillhörande sockel slipades och polerades inte. Energiförbrukningen för slipning och polering av framsida var beräknad för lokaluppvärmning, ventilation, drift av slip- och polerautomat, kylvatten samt energiförbrukning för tillverkning av slipsegment.

Vid tillverkning av helpolerad gravsten slipades och polerades framsidan, baksidan och även kanterna. Gravstenarnas fram- och baksida slipades och polerades i en slip- och polerautomat medan kanterna slipades och polerades i en kantslipmaskin (Johansson 1999). Energiförbrukningen för helpolering av gravsten var beräknad för lokaluppvärmning, ventilation, drift av slip- och polerautomat, kantslipmaskin, kylvatten samt antagen energiförbrukning för tillverkning av slipsegment. Till en helpolerad gravsten hörde en helpolerad sockel. Ovansidan på sockeln bearbetades i slip- och polerautomat, en så kallad balja, medan framsida och kortändar slipades och polerades i en kantslipmaskin (Johansson 2000). Energiförbrukningen var beräknad för lokaluppvärmning, ventilation, drift av slip- och

polerautomat, kantslipmaskin, kylvatten samt energiförbrukning för tillverkning av slipsegment. För energiförbrukning, se tabell 6.

Tabell 6. Energiförbrukning för slipning och polering.

Enhet/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Elektricitet (MJ)
Polerad framsida gravsten	7,07	6,78
Helpolerad gravsten	14,31	16,84
Helpolerad sockel	1,10	4,18

3.2.3 Handhuggen profil

Huggning av profil utfördes för hand och gravstenarna formades med hjälp av mejsel och slägga (Johansson 1999). Energiförbrukningen för huggning av profil var beräknad för lokaluppvärmning, ventilation, drift av maskin och kylvatten, se tabell 7.

Tabell 7. Energiförbrukning för handhuggning av kanter.

Moment/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Elektricitet (MJ)
Handhuggning	0,61	3,38

3.2.4 Gravering, blästring, rengöring efter blästring och efterhuggning av text

Samtliga gravstenar i detta arbete antogs vara försedda med nedsänkt text. Vid gravering av text ritades text och dekor på en gummiduk som var klistrad på gravstenen. Text och dekor skars ut ur gummiduken och överflödiga bitar petades bort. Vid efterföljande blästring kom blästersanden därmed åt att bearbeta den blottlagda ytan (Johansson 1999).

Ingen information om gummidukens sammansättning återfanns, istället användes en livscykelanalys för linoleum (Jönsson 1995) som grund för beräkning av energiförbrukning. Antagandet var att energiförbrukningen vid tillverkning av gummiduk var lika stor som vid tillverkning av linoleum. Vidare antogs det att 0,5m² gummiduk förbrukades per gravsten. Energiförbrukningen för gravering var beräknad för lokaluppvärmning, ventilation, drift av maskiner samt antagen energiförbrukning vid tillverkning av gummiduk.

Efter gravering blästrades gravstenarna i en blästerbox till dess att önskat blästringsdjup på text och dekor hade uppnåtts (Johansson 1999). Antaganden för blästersand var att det gick åt 0,095 kg/gravsten och 0,005 kg/sockel. Ingen livscykelanalys var utförd för blästersand och energiförbrukningen vid tillverkning av blästersand uppskattades till 25% av försäljningspriset. Energiförbrukningen för blästring var beräknad för lokaluppvärmning, ventilation, drift av maskin samt antagen energiförbrukning vid tillverkning av blästersand.

Efter blästringen tvättades blästersand och limrester bort från gravstenen med hjälp av högtryckstvätt innan efterföljande arbetsmoment påbörjades (Johansson 1999).

Energiförbrukningen var beräknad för lokaluppvärmning, ventilation, punktutdrag och drift av högtryckstvätt.

Efterhuggning utfördes efter blästring och rengöring för att finputs nedsänkt text och dekor (Johansson 1999). Energiförbrukningen var beräknad för lokaluppvärmning, ventilation, punktutdrag och drift av maskin. För energiförbrukning se tabell 8.

Tabell 8. Energiförbrukning för gravering, blästring, rengöring efter blästring och efterhuggning.

Moment/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Elektricitet (MJ)
Gravering	14,32	10,61
Blästring	2,85	73,84
Rengöring e blästring	0,10	2,44
Efterhuggning	0,43	3,37

3.2.5 Borring av dubbhål och rostfria gravvårdsdubb

Av stabilitetsskäl monterades gravsten och sockel på ett betongfundament med hjälp av gravvårdsdubb i syrafast stål, kvalitet SIS 14 23 24, på kyrkogården. För att kunna montera gravvårdsdubbarna borrades hål i både gravsten och sockel (Sveriges Stenindustriförbund 2005). Fyra gravvårdsdubbar med diametern 1,4 cm och längden 14 cm behövdes till en funktionell enhet (Rasmusson 2010). Gravvårdsdubbar liknande den svenska produkten tillverkades i Kina och levererades med i samma låda som den funktionella enheten till Sverige (Sundström 2010b).

Ingen svensk livscykelanalys återfanns för stålqualiteten SS 14 23 24. Eftersom SS 14 23 24 inte hade någon motsvarande europeisk norm (Norsk Stålförbund 2004) återfanns inte heller internationella uppgifter. Istället antogs energiförbrukningen vara likvärdig med framställning av stålqualitet S790 även kallad HSS-XS1 (Szegedi 2009). Endast värden för framtagning av stål har använts och vidareförädling har exkluderats. Energiförbrukningen utgick från Szegedis funktionella enhet 20 gram gängtapp och räknades om till fyra gravvårdsdubbar med den sammanlagda vikten 680 gram.

Energiförbrukningen var beräknad för lokaluppvärmning och ventilation per sockel och drift av maskin per tid samt antagen energiförbrukning för tillverkning av gravvårdsdubbar, se tabell 9.

Tabell 9. Energiförbrukning för borring av dubbhål och tillverkning av gravvårdsdubbar.

Moment/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Elektricitet (MJ)
Borring och dubb	4,71	38,91

3.3 Fundament av lecabetong

Av stabilitetsskäl monterades gravsten och sockel på ett fundament av lecabetong som grävdes ner i marken (Sveriges Stenindustriförbund 2005). Enligt uppgift från Karlsson (2010) passade ett fundament med måtten 25*60*12 cm till den funktionella enheten. För uppgifter om fundamentet enligt H K Markprodukter (n.d.), se tabell 10.

Tabell 10. Mått för fundament passande den funktionella enheten.

Parameter	Mått
Höjd	25 cm
Bredd	60 cm
Djup	12 cm
Vikt	27 kg

Ingen livscykelanalys hade utförts för fundamentet. Istället antogs energiförbrukningen vara likvärdig med framställning av vanlig betong. Energiförbrukningen utgick från Sjunnessons (2005) funktionella enhet 1 m³ betong med densiteten 2340 kg/m³ och räknades om till ett fundament på 27 kg där densiteten antogs vara samma. Dessutom antogs det att energiförbrukningen för att fylla en gjutform vara försumbar vid jämförelse med energiförbrukningen för framställning av betong.

Ett fundament liknande den svenska produkten tillverkades i Kina och levererades med i samma låda som den funktionella enheten till Sverige (Sundström 2010b). Eftersom inga data hade erhållits för det kinesiska fundamentet var antagandet att energiförbrukningen vid tillverkning i Kina var lika stor som vid tillverkning i Sverige. För energiförbrukning, se tabell 11.

Tabell 11. Energiförbrukning för tillverkning av fundament.

Enhet/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Elektricitet (MJ)
Fundament	10,96	2,08

3.4 Transporter för funktionella enheter tillverkade i Sverige

3.4.1 Transport från stenbrott till stenhuggeri

Transportsträckan för lastbil, maxlast 35 ton, från stenbrottet i Vånga till stenhuggeriet i Högsma var totalt 6 mil och lastbilen körde tom i retur (Rönökö 2010). Dieselförbrukningen antogs vara 4,3 l/mil och fyllnadsgraden 90%. För energiförbrukning per FE inklusive 25% spill, se tabell 12.

Tabell 12. Energiförbrukning för transport från stenbrott Vånga - stenhuggeri Högsma.

Transport/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)
Vånga-Högsma	4,55	0

3.4.2 Interna transporter på stenhuggeri och transport av stendamm

För att transportera den funktionella enheten på stenhuggeriets område mellan de olika bearbetningsmomenten gick det åt både diesel och elektricitet. Energiförbrukningen var beräknad för transporter inom stenhuggeriets område (Rönkkö 2010).

Vid bearbetning av de funktionella enheterna bildades stendamm som fångades upp och separerades ur både ventilations- och kylvattensystemet. Stendammet transporterades internt på stenhuggeriet för deponering (Rönkkö 2010). För energiförbrukning, se tabell 13.

Tabell 13. Energiförbrukning för interna transporter stenhuggeri.

Transport/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)
Internt stenhuggeri	21,17	3,60
Deponi stendamm	1,16	0

3.4.3 Transporter från stenhuggeri till gravplats på kyrkogård i Malmö

Total transportsträcka antogs vara 25 mil och 15 funktionella enheter inklusive fundament och gravvårdsdubbar lastades vid varje transport från stenhuggeriet till kyrkogården i Malmö och lastbilen körde tom i retur. Dieselförbrukningen vid lastbilstransport från stenhuggeriet i Högsma till kyrkogård i Malmö antogs vara 2 l/mil (Bengtsson 2010).

Transport av funktionella enheter från avlastningsplatsen på den svenska kyrkogården till den aktuella gravplatsen genomfördes med hjälp av en liten dieseldriven traktor med energiförbrukningen 0,1 liter diesel/FE (Bengtsson 2010). För energiförbrukning, se tabell 14.

Tabell 14. Energiförbrukning för transport från stenhuggeri Högsma - kyrkogård Malmö.

Transport/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)
Högsma-kyrkogård	117,60	0
På kyrkogård	3,53	0

3.4.4 Transport av inköpt material

Transport av blästersand mellan Norrtälje och Högsma antogs ske med en lastbil, maxlast 12 ton, från ett fraktbolag och som även var lastad med annat gods. Dieselförbrukningen antogs vara 4,3 l/mil och transportsträckan 60 mil. Antaganden för blästersand var att det gick åt 0,095 kg/gravsten och 0,005 kg/sockel.

Transport av fundament från leverantören i Dingle till stenhuggeriet i Högsma var beräknad för lastbil med maxlast 12 ton. Lastbilen antogs vara lastad med 550 stycken

fundament á 27 kg, 11340 kg, och vara tom i retur. Dieselförbrukningen antogs vara 4,3 l/mil och den totala transportsträckan 80 mil. För energiförbrukning, se tabell 15.

Tabell 15. Energiförbrukning för transport av inköpt material.

Moment/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)
Transport blästersand	0,76	0
Transport blästersand endast till gravsten	0,72	0
Transport fundament	22,07	0

3.5 Transporter för funktionella enheter tillverkade i Kina

För kapitel 3.5 var svenska lastbilstransporter beräknade för miljöklass 1 och kinesiska lastbilstransporter för miljöklass 3. Samtliga lastbilar antogs gå tomma tillbaka till ursprungsorten efter lossning av lasten.

För detta arbete antogs transporten Karlshamn-Bremen-Xiamen förbruka lika mycket energi som Xiamen-Amsterdam-Göteborg.

3.5.1 Transport från stenbrott till stenhuggeri

Vid export transporterades granitblocken först 4 mil med lastbil, maxlast 38 ton, från stenbrottet i Vånga till hamnen i Karlshamn för vidare transport med fartyg (Theander 2010). Lastbilen antogs återvända tom tillbaka till stenbrottet efter lossning av lasten. Beräknad energiförbrukning per FE inkluderade 25% spill. Antagen dieselförbrukning var 4,3 l/mil.

Granitblocken skeppades som bulk till Bremen där 26 ton sten lastades per 20-fots ISO-container för vidare transport till bland annat Xiamen, Kina (Theander 2010). Enligt Sjölin (2009) var energiförbrukningen för containerfartyg 4100 MJ/ton. Energiförbrukningen per FE inkluderade 25% spill.

Xiamen låg i ett distrikt med stenindustrier där bland annat gravstenar producerades. Kinesiska stenhuggerier köpte upp och förädlade granitblocken till färdiga produkter. Fonus stenhuggeri låg 10 mil från hamnen och transporten dit, inklusive container, genomfördes med lastbil (Sundström 2010a). Lastbilen antogs återvända tom tillbaka till stenbrottet efter lossning av lasten. Beräkning per FE inkluderade 25% spill och dieselförbrukningen antogs vara 4,3 l/mil. För energiförbrukning, se tabell 16.

Tabell 16. Energiförbrukning för transport från stenbrott till stenhuggeri i Kina.

Transport/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Svensk el (MJ)	Kinesisk el (MJ)
Vånga-Karlshamn	8,17	0	0
Karlshamn-Xiamen	645,75	0	0
Xiamen-stenhuggeri	20,73	0	0

3.5.2 Interna transporter på stenhuggeri och transport av stendamm

För att transportera den funktionella enheten på stenhuggeriets område mellan de olika bearbetningsmomenten gick det åt både diesel och elektricitet. Energiförbrukningen var beräknad för transporter inom stenhuggeriets område (Rönkkö 2010).

Vid bearbetning av de funktionella enheterna bildades stendamm som fångades upp och separerades ur både ventilations- och kylvattensystemet. Stendammet transporterades internt på stenhuggeriet för deponering (Rönkkö 2010). Det kinesiska stenhuggeriet antogs förbruka lika mycket energi som det svenska stenhuggeriet. För energiförbrukning, se tabell 17.

Tabell 17. Energiförbrukning för interna transporter på stenhuggeriet och transport av stendamm i Kina.

Transport/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Svensk el (MJ)	Kinesisk el (MJ)
Internt stenhuggeri	21,49	0	3,60
Deponi stendamm	1,18	0	0

3.5.3 Transport från stenhuggeri till gravplats på kyrkogård i Malmö

Vid leverans till Sverige fyllde stenhuggeriet en ISO-container med minst 70 funktionella enheter som transporterades till hamnen i Xiamen med lastbil. I Kina emballerades de funktionella enheterna i var sin låda och packades upp först på kyrkogården i Sverige (Sundström 2010a). I lådorna transporterades även tillhörande fundament och gravvårdsdubbar som även de var tillverkade i Kina (Sundström 2010b). Antagen transportvikt för en funktionell enhet, fundament, gravvårdsdubbar och emballage var 170 kg. Antagen dieselförbrukning var 4,3 l/mil och lasten var beräknad för 70 funktionella enheter.

Transport av lådor med funktionella enheter från Kina till Sverige genomfördes med containerfartyg från Xiamen till Göteborg. Energiförbrukningen för containerfartyget antogs vara 4100 MJ/ton (Sjölin 2009). Varje låda innehöll en funktionell enhet, ett fundament och tillhörande gravvårdsdubbar (Sundström 2010). Omlastning från containerfartyg till ett mindre fartyg ägde rum i Amsterdam (Sundström 2010b).

Efter att containern hade lastats av båten i Göteborg öppnades den och lådorna lastades på lastbilar och transporterades till respektive monteringsfirma. En bedömning var att tio lådor transporterades från Göteborg till Malmö vid varje tillfälle. Transporten antogs ske med en lastbil från ett fraktbolag som även var lastad med annat gods. Hos monteringsfirman öppnades transportemballaget och stenen kontrollerades och sorterades in logistiskt för att passa montörens arbetsordning (Sundström 2010b). Dieselförbrukningen antogs vara 4,3 l/mil och lastbilens maxlast 12 ton. Transportsträckan antogs vara 30 mil och lådornas vikt 170 kg.

Från monteringsfirman i Malmö transporterades lådorna med en funktionell enhet, fundament och gravvårdsdubbar ut till kyrkogården med lastbil för uppackning och montering (Sundström 2010b). Total transportsträcka antogs vara 2 mil, dieselförbrukningen 2 l/mil och 15 funktionella enheter levererades vid varje tillfälle.

Transport av funktionella enheter från avlastningsplatsen på den svenska kyrkogården till den aktuella gravplatsen genomfördes med hjälp av en liten dieseldriven traktor med energiförbrukningen 0,1 liter diesel/FE (Bengtsson 2010). För energiförbrukning, se tabell 18.

Tabell 18. Energiförbrukning för transporter från stenhuggeri till gravplats på kyrkogård i Malmö.

Transport/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Svensk el (MJ)	Kinesisk el (MJ)
Stenhuggeri-Xiamen	44,01	0	0
Xiamen-Göteborg	697,00	0	0
Göteborg-Malmö	64,47	0	0
Malmö-kyrkogård	9,41	0	0
På kyrkogård	3,53	0	0

3.5.4 Transport av inköpt material

Transporten av kinesisk blästersand antogs vara likadan som den svenska med skillnaden att energiförbrukningen beräknades för diesel miljöklass 3. Transport av blästersand antogs ske med en lastbil, maxlast 12 ton, från ett fraktbolag som även var lastad med annat gods. Dieselförbrukningen antogs vara 4,3 l/mil och transportsträckan 60 mil.

Transporten av kinesiska fundament ansågs vara likadan som den svenska med skillnaden att energiförbrukningen beräknades för diesel miljöklass 3. Transport av fundament var beräknad för lastbil med maxlast 12 ton. Lastbilen antogs vara lastad med 550 stycken fundament á 27 kg, 11340 kg, och vara tom i retur. Dieselförbrukningen antogs vara 4,3 l/mil och den totala transportsträckan 80 mil. För energiförbrukning, se tabell 19.

Tabell 19. Energiförbrukning för transport av inköpt material i Kina.

Moment/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Kinesisk elektricitet (MJ)
Blästring	0,77	0
Fundament	22,40	0

3.6 Montering och underhåll av funktionell enhet

På kyrkogården grävdes fundamentet ner för hand och den funktionella enheten monterades för hand (Johansson 2010). Därmed ansågs montering av gravsten inte förbruka energi i detta arbete.

Gravstenar bör regelbundet tvättas med vanligt vatten och inga rengöringsmedel behövs. För att få bort smuts kan man gnugga stenen med handen, med en svamp eller med en rotborste (Fonus 2008). Därmed ansågs inte underhåll av gravsten förbruka energi i detta arbete.

3.7 Utrangering av funktionell enhet

När en gravplats med gravsten återgått till upplåtaren och gravstenen tillfallit kyrkorådet, bedömde kyrkorådet om gravstenen skulle K-märkas enligt kulturminneslagen. I så fall blev den kvar på gravplatsen. De funktionella enheter som inte K-märktes flyttades till ett lager på kyrkogården (Sörensen 2010). Det fanns två alternativ för hur den utrangerade funktionella enheten togs om hand. Det första alternativet var att den deponerades av ett stenhuggeri och det andra alternativet var att den återanvändes efter viss bearbetning. Oavsett vilket transporterades den funktionella enheten från gravplatsen till lastplatsen på den svenska kyrkogården med hjälp av en liten dieseldriven traktor med energiförbrukningen 0,1 liter diesel/FE (Bengtsson 2010). Lastbilstransporten från kyrkogården till stenhuggeriet ansågs inte förbruka energi i detta arbete då funktionella enheter som returnerades transporterades på bekostnad av utlevererade nya funktionella enheter.

Vid deponi av en FE kördes den till ett stenhuggeri från kyrkogården. Innan deponering krossades gravstenen med slägga. Arbetsmomentet utfördes med handkraft och ansågs därför inte förbruka energi i detta arbete. Intern transport på stenhuggeriets område av den utrangerade funktionella enheten genomfördes från godsmottagningen till deponin.

Vid återanvändning transporterades den funktionella enheten till ett stenhuggeri. Där frästes den befintliga texten och någon centimeter av stenens framsida bort. Efter fräsningen utfördes arbetsmomenten polering av framsida, graving, blästring, rengöring och efterhuggning av text innan gravstenen transporterades tillbaka till kyrkogården. Den totala energiförbrukningen för samtliga bearbetningssteg var beräknad för lokaluppvärmning, ventilation, drift av punktutrug, interna transporter samt drift av samtliga berörda maskiner, se tabell 20. Transporten tillbaka ut på kyrkogården antogs ske enligt kapitel 3.4.3.

Tabell 20. Energiförbrukning för antingen transport för deponi eller återanvändning av FE.

Moment/Energislag	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)
Transport deponi	4,45	0
Återanvändning FE	42,11	166,29
Endast fräsning	1,62	22,44

3.8 Exempel på bearbetning och energiförbrukning

3.8.1 Handhuggen funktionell enhet

Tillverkningen av en handhuggen funktionell enhet utgick från ett stenblock transporterat från stenbrottet i Vånga. Energiförbrukningen för brytning av sten, 145,48 MJ, var lika stor för både det svenska och det kinesiska alternativet. Transport från stenbrott till stenhuggeri utgjorde 1% för det svenska alternativet medan motsvarande transport till Kina utgjorde 34% av den totala energiförbrukningen.

På stenhuggeriet utfördes först momentet blocksågning, efter det polerades framsidan och gravstenen kantsågades innan profilen höggs för hand. Text och dekor graverades och blåstrades in och efteråt rengjordes stenen. Efter rengöringen efterhögs text och dekor och dubbhål borrades. Sockeln blåstrades och försågs med dubbhål. Utöver energiförbrukningen vid bearbetning av den funktionella enheten tillkom energiförbrukning för ingående material och deras transporter till stenhuggeriet. Bearbetning, material och interna transporter utgjorde ca 53% av den totala energiförbrukningen för en funktionell enhet tillverkad i Sverige medan motsvarande siffra för tillverkning i Kina var ca 16%.

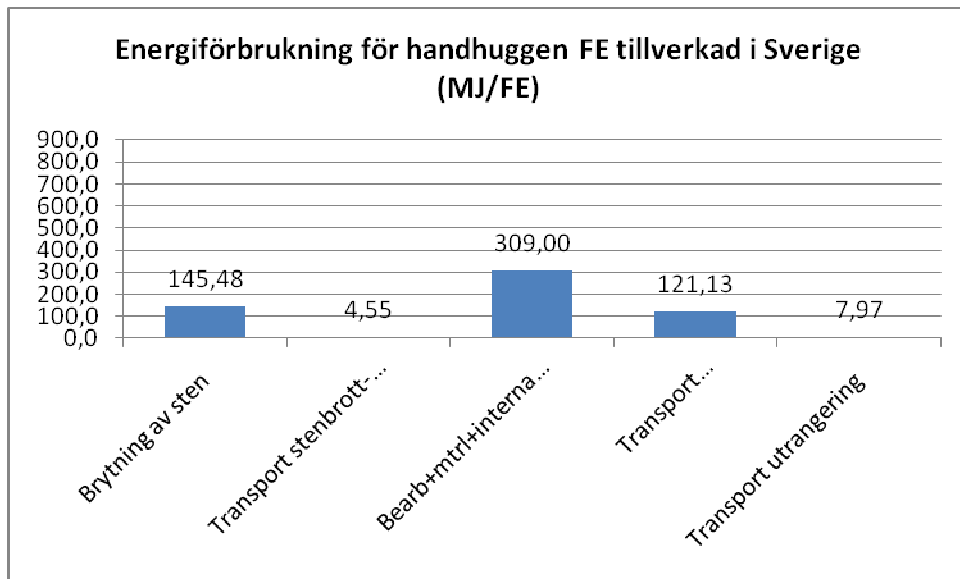
Den funktionella enheten transporterades från stenhuggeriet till kyrkogården i Malmö efter bearbetningen. För det svenska alternativet utgjorde den transporten ca 21% av den totala energiförbrukningen, motsvarande siffra för den kinesiska transporten var ca 42%. När den funktionella enheten var förbrukad transporterades den tillbaka till ett svenskt stenhuggeri för deponering och energiförbrukningen för transporten var lika stor, 7,97 MJ, för de två tillverkningsländerna. För beskrivning av ingående delar under hela livscykeln, se tabell 21. För åskådliggörande av energiförbrukning under hela livscykeln för handhuggen FE, se tabell 22 samt figur 1 och 2.

Tabell 21. Beskrivning av hela livscykeln för en handhuggen FE tillverkad i Sverige resp. Kina.

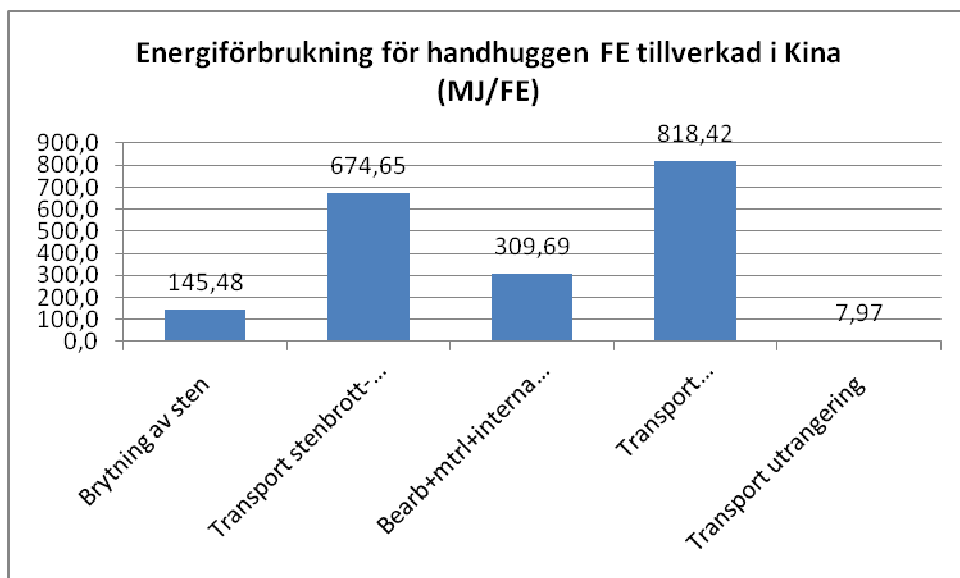
<i>Beskrivning</i>	FE tillverkad i Sverige		FE tillverkad i Kina	
	<i>Moment</i>	<i>Kapitel</i>	<i>Moment</i>	<i>Kapitel</i>
Stenbrytning	Brytning av sten	3.1	Brytning av sten	3.1
Transporter stenbrott-stenhuggeri	Transport från stenbrott till stenhuggeri	3.4.1	Transporter från stenbrott till stenhuggeri	3.5.1
Bearbetning, ingående material och interna transporter	Blocksågning och kantsågning	3.2.1	Blocksågning	3.2.1
	Slipning och polering framsida	3.2.2	Slipning och polering framsida	3.2.2
	Handhuggning	3.2.3	Handhuggning	3.2.3
	Gravering, blästring, rengöring och efterhuggning	3.2.4	Gravering, blästring, rengöring och efterhuggning	3.2.4
	Borrning dubbhål + dubb	3.2.5	Borrning dubbhål + dubb	3.2.5
	Fundament	3.3	Fundament	3.3
	Interna transporter och transporter för stendamm	3.4.2	Interna transporter transporter för stendamm	3.4.2
Transport av inköpt material	3.4.4	Transport av inköpt material	3.5.4	
Transporter stenhuggeri-kyrkogård	Transport från stenhuggeri till gravplats på kyrkogård i Malmö	3.4.3	Transport från stenhuggeri till gravplats på kyrkogård i Malmö	3.5.3
Utrangering	Transport för deponering	3.8	Transport för deponering	3.8

Tabell 22. Total energiförbrukning för handhuggen FE tillverkad i Sverige resp. Kina.

<i>Delbidrag/Energislag</i>	FE tillverkad i Sverige		FE tillverkad i Kina		
	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)	Kinesisk elektricitet (MJ)
Brytning av sten	124,34	21,14	124,34	21,14	0
Transport stenbrott-stenhuggeri	5,69	0	674,65	0	0
Bearbetning, material & transport	87,71	221,29	88,41	0	221,29
Transport stenhuggeri-kyrkogård	121,13	0	818,42	0	0
Transport utrangering	7,97	0	7,97	0	0
Summa	345,71	242,42	1713,79	21,14	221,29
Totalt	588,13		1956,22		



Figur 1. Energiförbrukning för handhuggen FE tillverkad i Sverige.



Figur 2. Energiförbrukning för handhuggen FE tillverkad i Kina.

3.8.2 Helpolerad funktionell enhet

Tillverkningen av en helpolerad funktionell enhet utgick från ett stenblock transporterat från stenbrottet i Vånga. Energiförbrukningen för brytning av sten, 145,48 MJ, var lika stor för både det svenska och det kinesiska alternativet. Transport från stenbrott till stenhuggeri utgjorde 1% för det svenska alternativet medan motsvarande transport till Kina utgjorde ca 34% av den totala energiförbrukningen.

På stenhuggeriet utfördes först momentet blocksågning, efter det polerades framsidan och gravstenen kantsågades innan polering av baksida och kanter utfördes. Text och dekor graverades och blåstrades in och efteråt rengjordes stenen. Efter rengöringen

efterhöggs text och dekor och dubbhål borrades. Hela sockeln polerades och försågs med dubbhål. Utöver energiförbrukningen vid bearbetning av den funktionella enheten tillkom energiförbrukning för ingående material och deras transporter till stenhuggeriet. Bearbetning, material och interna transporter utgjorde ca 53% av den totala energiförbrukningen för en funktionell enhet tillverkad i Sverige medan motsvarande siffra för tillverkning i Kina var ca 16%.

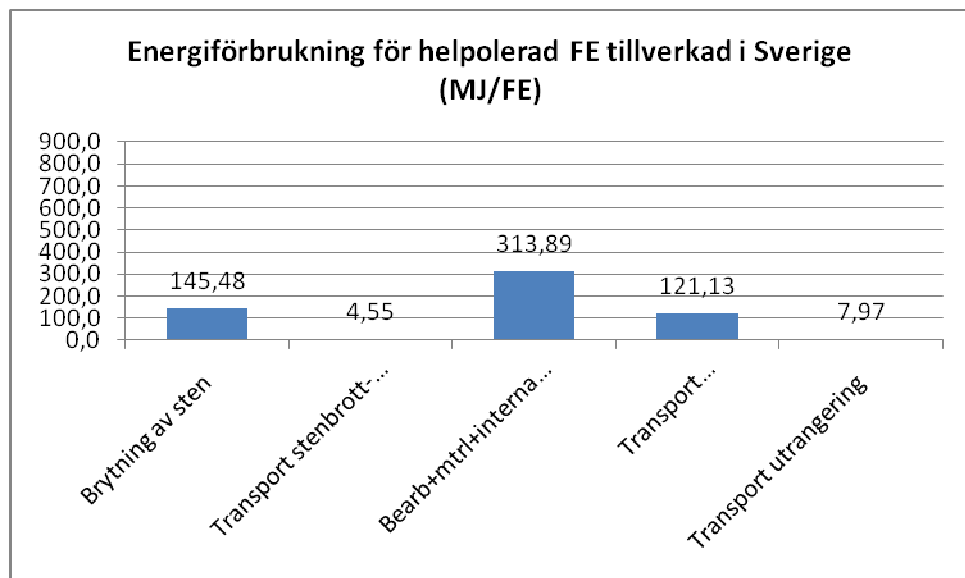
Den funktionella enheten transporterades från stenhuggeriet till kyrkogården i Malmö efter bearbetningen. För det svenska alternativet utgjorde den transporten ca 20% av den totala energiförbrukningen, motsvarande siffra för den kinesiska transporten var ca 42%. När den funktionella enheten var förbrukad transporterades den tillbaka till ett svenskt stenhuggeri för deponering och energiförbrukningen för transporten var lika stor, 7,97 MJ, för de två tillverkningsländerna. För beskrivning av ingående delar under hela livscykeln, se tabell 23. För åskådliggörande av energiförbrukning under hela livscykeln för helpolerad FE, se tabell 24 samt figur 3 och 4.

Tabell 23. Beskrivning av hela livscykeln för en helpolerad FE tillverkad i Sverige resp. Kina.

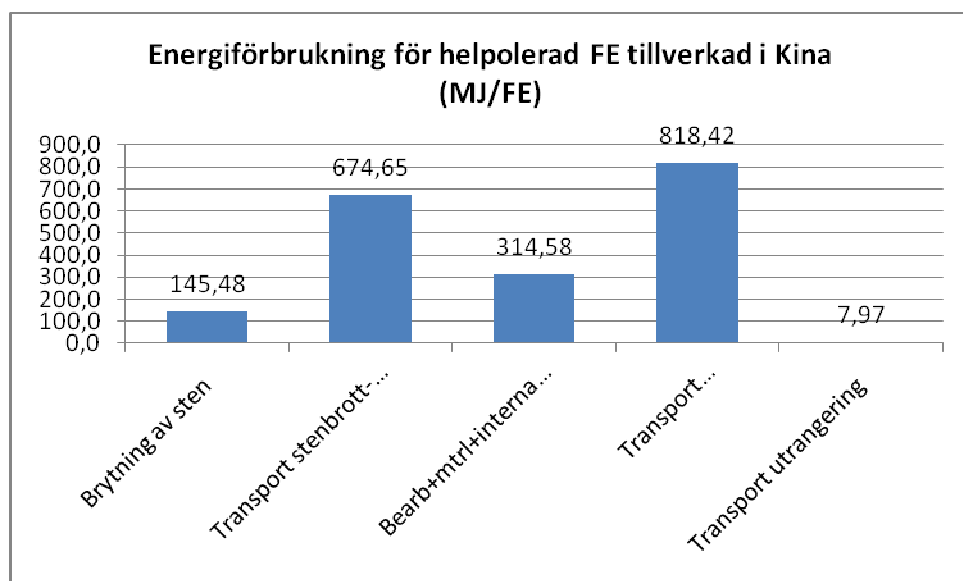
<i>Beskrivning</i>	FE tillverkad i Sverige		FE tillverkad i Kina	
	<i>Moment</i>	<i>Kapitel</i>	<i>Moment</i>	<i>Kapitel</i>
Stenbrytning	Brytning av sten	3.1	Brytning av sten	3.1
Transporter stenbrott-stenhuggeri	Transport från stenbrott till stenhuggeri	3.4.1	Transporter från stenbrott till stenhuggeri	3.5.1
Bearbetning, ingående material och interna transporter	Blocksågning och kantsågning	3.2.1	Blocksågning	3.2.1
	Slipning och polering hela	3.2.2	Slipning och polering hela	3.2.2
	Gravering, blästring, rengöring och efterhuggning	3.2.4	Gravering, blästring, rengöring och efterhuggning	3.2.4
	Borrning dubbhål + dubb	3.2.5	Borrning dubbhål + dubb	3.2.5
	Fundament	3.3	Fundament	3.3
	Interna transporter och transporter för stendamm	3.4.2	Interna transporter transporter för stendamm	3.4.2
	Transport av inköpt material	3.4.4	Transport av inköpt material	3.5.4
Transporter stenhuggeri-kyrkogård	Transport från stenhuggeri till gravplats på kyrkogård i Malmö	3.4.3	Transport från stenhuggeri till gravplats på kyrkogård i Malmö	3.5.3
Utrangering	Transport för deponering	3.8	Transport för deponering	3.8

Tabell 24. Total energiförbrukning för helpolerad FE tillverkad i Sverige resp. Kina.

Delbidrag/ Energislag	FE tillverkad i Sverige		FE tillverkad i Kina		
	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)	Kinesisk elektricitet (MJ)
Brytning av sten	124,34	21,14	124,34	21,14	0
Transport stenbrott- stenhuggeri	5,69	0	674,65	0	0
Bearbetning, material & transport	81,73	232,16	82,42	0	232,16
Transport stenhuggeri- kyrkogård	121,13	0	818,42	0	0
Transport utrangering	7,97	0	7,97	0	0
Summa	339,73	253,29	1707,8	21,14	232,16
Totalt	593,02		1961,10		



Figur 3. Energiförbrukning för helpolerad FE tillverkad i Sverige.



Figur 4. Energiförbrukning för helpolerad FE tillverkad i Kina.

3.8.3 Funktionell enhet med polerad framsida

Tillverkningen av en funktionell enhet med polerad framsida utgick från ett stenblock transporterat från stenbrottet i Vånga. Energiförbrukningen för brytning av sten, 145,48 MJ, var lika stor för både det svenska och det kinesiska alternativet. Transport från stenbrott till stenhuggeri utgjorde 1% för det svenska alternativet medan motsvarande transport till Kina utgjorde ca 34% av den totala energiförbrukningen.

På stenhuggeriet utfördes först momentet blocksågning, efter det polerades framsidan och gravstenen kantsågades därefter. Text och dekor graverades och blåstrades in och efteråt rengjordes stenen. Efter rengöringen efterhögs text och dekor och dubbhål borrades. Sockeln blåstrades och försågs med dubbhål. Utöver energiförbrukningen vid bearbetning av den funktionella enheten tillkom energiförbrukning för ingående material och deras transporter till stenhuggeriet. Bearbetning, material och interna transporter utgjorde ca 52% av den totala energiförbrukningen för en funktionell enhet tillverkad i Sverige medan motsvarande siffra för tillverkning i Kina var ca 16%.

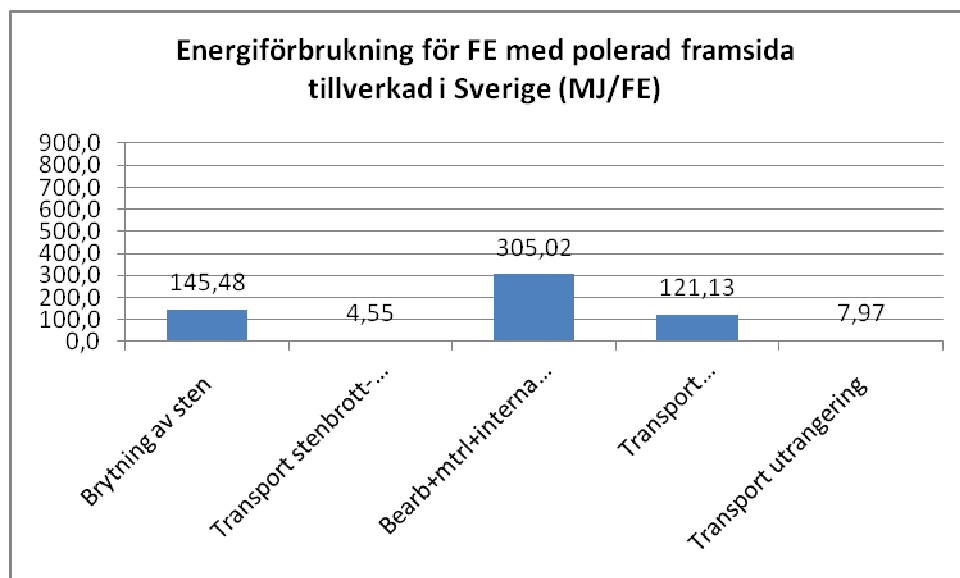
Den funktionella enheten transporterades från stenhuggeriet till kyrkogården i Malmö efter bearbetningen. För det svenska alternativet utgjorde den transporten ca 21% av den totala energiförbrukningen, motsvarande siffra för den kinesiska transporten var ca 42%. När den funktionella enheten var förbrukad transporterades den tillbaka till ett svenskt stenhuggeri för deponering och energiförbrukningen för transporten, 7,97 MJ, var lika stor för de två tillverkningsländerna. För beskrivning av ingående delar under hela livscykeln, se tabell 25. För åskådliggörande av energiförbrukning under hela livscykeln för FE med polerad framsida, se tabell 26 samt figur 5 och 6.

Tabell 25. Beskrivning av hela livscykeln för en FE med polerad framsida tillverkad i Sverige och Kina.

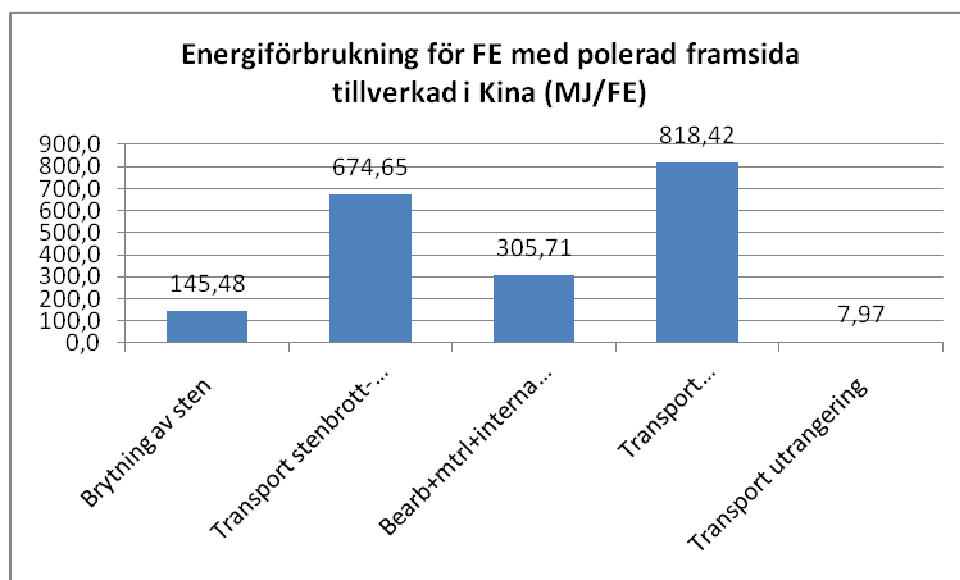
<i>Beskrivning</i>	FE tillverkad i Sverige		FE tillverkad i Kina	
	<i>Moment</i>	<i>Kapitel</i>	<i>Moment</i>	<i>Kapitel</i>
Stenbrytning	Brytning av sten	3.1	Brytning av sten	3.1
Transporter stenbrott-stenhuggeri	Transport från stenbrott till stenhuggeri	3.4.1	Transport från stenbrott till stenhuggeri	3.4.1
Bearbetning, ingående material och interna transporter	Blocksågning och kantsågning Slipning och polering framsida Gravering, blästring, rengöring och efterhuggning Borrning dubbhål + dubb Fundament Interna transporter och transporter för stendamm Transport av inköpt material	3.2.1 3.2.2 3.2.4 3.2.5 3.3 3.4.2 3.4.4	Blocksågning Slipning och polering framsida Gravering, blästring, rengöring och efterhuggning Borrning dubbhål + dubb Fundament Interna transporter transporter för stendamm Transport av inköpt material	3.2.1 3.2.2 3.2.4 3.2.5 3.3 3.4.2 3.5.4
Transporter stenhuggeri-kyrkogård	Transport från stenhuggeri till gravplats på kyrkogård i Malmö	3.4.3	Transport från stenhuggeri till gravplats på kyrkogård i Malmö	3.4.3
Utrangering	Transport för deponering	3.8	Transport för deponering	3.8

Tabell 26. Total energiförbrukning för FE med polerad framsida tillverkad i Sverige resp. Kina.

<i>Delbidrag/Energislag</i>	FE tillverkad i Sverige		FE tillverkad i Kina		
	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)	Kinesisk elektricitet (MJ)
Summa brytning	124,34	21,14	124,34	21,14	0
Transport stenbrott-stenhuggeri	5,69	0	674,65	0	0
Bearbetning, material och transport	87,11	217,91	87,80	0	217,91
Transport stenhuggeri-kyrkogård	121,13	0	818,42	0	0
Transport utrangering	7,97	0	7,97	0	0
Summa	345,11	239,04	1713,18	21,14	217,91
Totalt	584,15		1952,23		



Figur 5. Energiförbrukning för FE med polerad framsida tillverkad i Sverige.



Figur 6. Energiförbrukning för FE med polerad framsida tillverkad i Kina.

3.8.4 Återanvänd funktionell enhet

Bearbetningen av en återanvänd gravsten utgick från en grav med befintlig gravsten, antagandet var att gravstenen skulle tillbaks till den ursprungliga platsen. Gravstenen som skulle återanvändas lyftes av den befintliga sockeln som lämnades kvar på platsen (Aronsson 2010). På stenhuggeriet frästes den befintliga texten bort innan framsidan polerades. Ny text och dekor graverades och blåstrades in och efteråt rengjordes stenen. Efter rengöringen efterhögs text och dekor. Utöver energiförbrukningen vid omarbetning av gravstenen tillkom energiförbrukning för ingående material och deras transporter till stenhuggeriet. Bearbetning, material och interna transporter utgjorde ca 54% av den totala energiförbrukningen.

Gravstenen transporterades först på kyrkogården och sedan vidare till stenhuggeriet för bearbetning. Efter bearbetningen transporterades gravstenen tillbaks till samma kyrkogård. Energiförbrukningen av nämnda transporter utgjorde ca 43% av den totala energiförbrukningen.

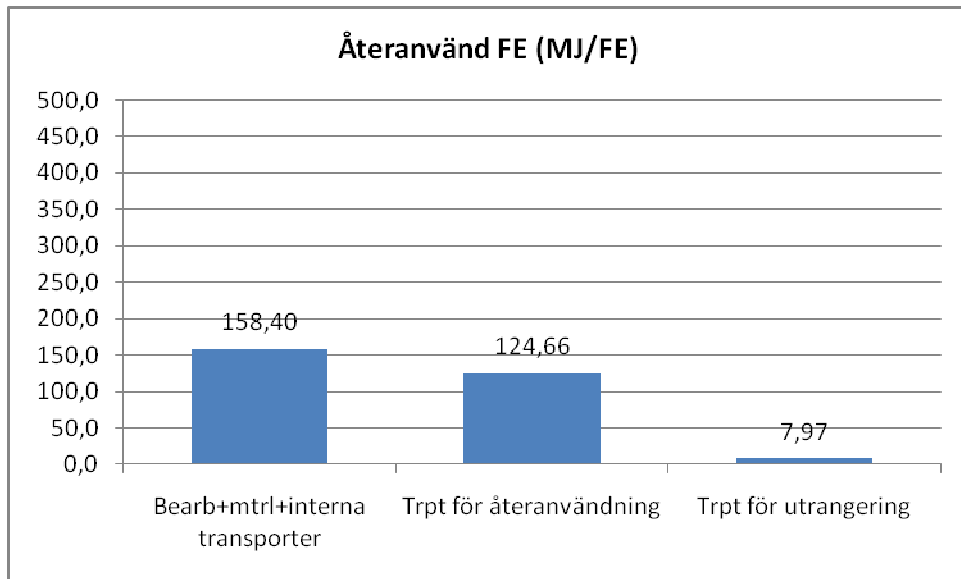
För beskrivning av ingående delar under hela livscykeln, se tabell 27. För åskådliggörande av energiförbrukning under hela livscykeln för återanvänd FE, se tabell 28 och figur 7.

Tabell 27. Beskrivning av hela livscykeln för en återanvänd FE.

<i>Beskrivning</i>	FE bearbetad i Sverige	
	<i>Moment</i>	<i>Kapitel</i>
Bearbetning, ingående material och interna transporter	Fräsning	3.8
	Slipning och polering	3.2.2
	Gravering, blästring, rengöring och efterhuggning	3.2.4
	Interna transporter och transporter för stendamm	3.4.2
	Transport blästersand gravsten	3.4.4
Transporter för återanvändning	Transport gravplats i Malmö - stenhuggeri tor	3.8
Utrangering	Transport för deponering	3.8

Tabell 28. Total energiförbrukning för återanvänd FE bearbetad i Sverige.

Delbidrag/ Energislag	FE bearbetad i Sverige	
	Fossila bränslen (MJ)	Svensk elektricitet (MJ)
Bearbetning, material & transport	42,11	116,29
Transport för återanvändning	124,67	0
Transport utrangering	7,97	0
Summa	174,75	116,29
Totalt	291,04	



Figur 7. Energiförbrukning för återanvänd FE.

4. DISKUSSION

4.1 Energiförbrukning vid tillverkning av funktionell enhet i Sverige

Den totala energiförbrukningen, enligt tabell 22, 24 och 26, för handhuggen FE, helpolerad FE och FE med polerad framsida är 588,13 MJ, 593,02 MJ respektive 584,15 MJ.

Differensen mellan det mest och det minst energikrävande alternativet är 8,87 MJ.

Delbidragen för brytning av sten, transport mellan stenbrott och stenhuggeri, transport mellan stenhuggeri och kyrkogård samt transport för deponering är lika stora för de tre olika alternativen. Delbidraget för bearbetning, material och transport skiljer sig något och de respektive bearbetningarna förbrukar 309,00 MJ, 313,89 MJ och 305,02 MJ. Räknat i procent av den totala energiförbrukningen står de tre olika bearbetningarna för 53%, 53% respektive 52%. Hur man bearbetar stenen verkar därmed inte ha någon större betydelse eftersom det ger ett relativt litet utslag i den totala energiförbrukningen.

Transporten mellan stenhuggeriet och kyrkogården är i arbetet avgränsat till att gälla mellan Högsma och Malmö, med sträckan 12,5 mil enkel resa. Ska den funktionella enheten levereras ännu längre kommer det att påverka beräkningarna. Den totala energiförbrukningen kommer att öka samtidigt som delbidraget transport mellan stenhuggeri och kyrkogård procentuellt sett blir större.

4.2 Jämförelse av energiförbrukning mellan Kina och Sverige

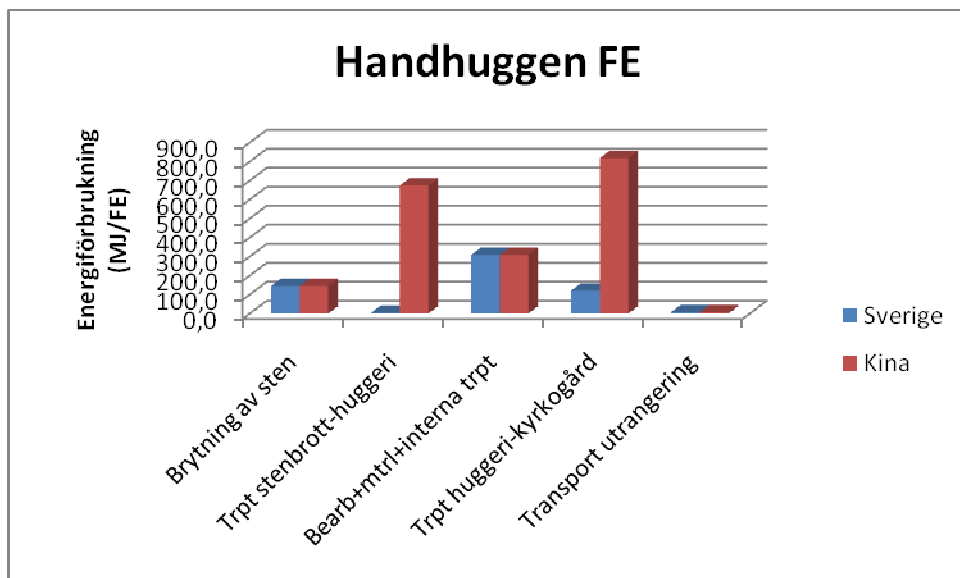
En förutsättning för att kunna räkna på funktionella enheter bearbetade i Kina i det här arbetet är att samma beräkningar och siffror används som för det svenska stenhuggeriet eftersom inga uppgifter har erhållits om hur stort företaget är eller hur tillverkningen sker. Men med hänsyn tagen till att energiförbrukningen för tillverkningen i Sverige är inventerad får detta anses vara en tillräckligt bra grund att stå på. Även Jönsson (1995) och Szegedi (2009) nämner att det är svårare att få tag på information från utlandet än från Sverige.

Jönsson (1998) menar på att en undersökning är begränsat geografiskt och resultaten gäller för ett land eller en region. Exempel på geografiska förenklingar i detta arbete är att klimatet på de två olika orterna anses vara lika. Detta stämmer sannolikt inte men antagandet gjordes eftersom inga uppgifter om kostnaderna för uppvärmning av lokaler i Kina fanns att tillgå. Även regional förenkling är gjord i detta arbete då antagandet är att energiförbrukningen bland annat ventilation och drift av maskiner vid tillverkning är lika stor i de båda länderna.

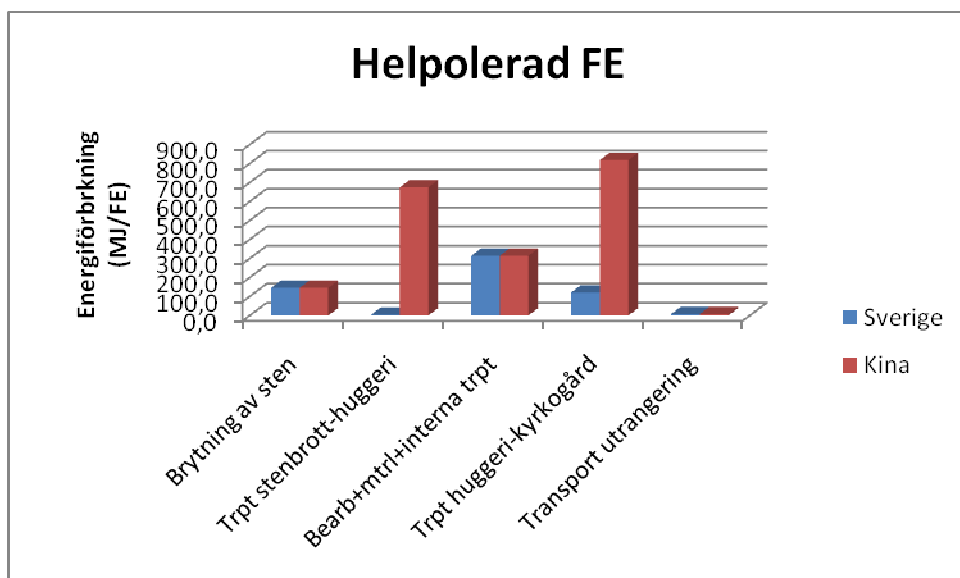
Även om energiförbrukningen för tillverkning i Kina respektive Sverige anses vara samma skulle en fullständig livscykelanalys där även en miljöpåverkansbedömning ingår visa på något helt annat. Sveriges produktion av elektricitet består till 53% av de förnyelsebara energikällorna vatten, vind, biomassa och sopor (International Energy Agency n.d.a). Kinesisk produktion av elektricitet består till 81% av kolkraft (International Energy Agency n.d.b) och kinesiska kolkraftverk har verkningsgraden 23% (Schilling 2004). Även om man räknar på världsgenomsnittet, 31%, för kolkraftverkens verkningsgrad (Schilling 2004) kommer de två ländernas produktionsmetoder vid framställning av elektricitet få olika resultat i en miljöpåverkansbedömning.

Vid jämförelse av de tre olika bearbetningarna visar det sig att den totala energiförbrukningen är mer än fyra gånger större för de kinesiska alternativen jämfört med de svenska alternativen. Energiförbrukningen för delbidragen brytning av sten och transport för deponering är lika stora för de två olika tillverkningsländerna. För delbidraget bearbetning, material och transport skiljer sig energiförbrukningen något på grund av att dieseln antas vara miljöklass 1 i Sverige och miljöklass 3 i Kina.

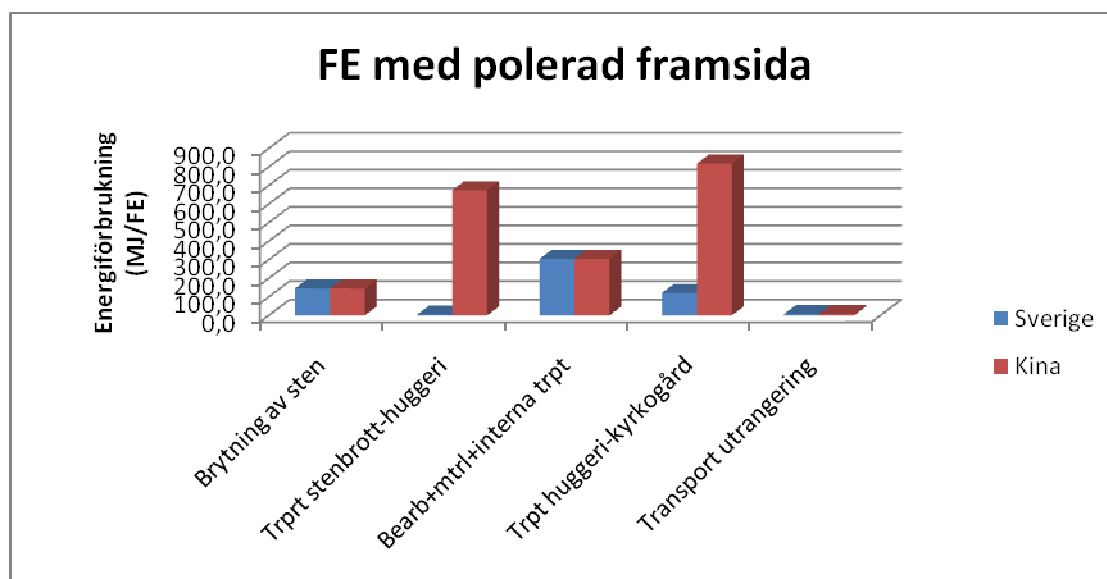
Energiförbrukningen för transport från stenbrottet till stenhuggeriet i Högsma är 5,69 MJ och för motsvarande transport till stenhuggeriet i Kina är energiförbrukningen 674,65 MJ, vilket är nästan 119 gånger mer än för det svenska alternativet. Energiförbrukningen för transport från stenhuggeriet i Högsma till kyrkogården i Malmö är 121,13 MJ och för motsvarande transport från stenhuggeriet i Kina är energiförbrukningen 818,42 MJ, vilket är nästan sju gånger mer än för det svenska alternativet. Bara att transportera en funktionell enhet från Kina till Sverige förbrukar nästan 1,5 gånger mer energi än den totala energiförbrukningen under en hel livscykel för en svensktillverkad funktionell enhet. För jämförelse av energiförbrukning mellan Sverige och Kina, se figur 8, 9 och 10.



Figur 8. Energiförbrukning för handhuggen FE. Jämförelse mellan Sverige och Kina.



Figur 9. Energiförbrukning för helpolerad FE. Jämförelse mellan Sverige och Kina.

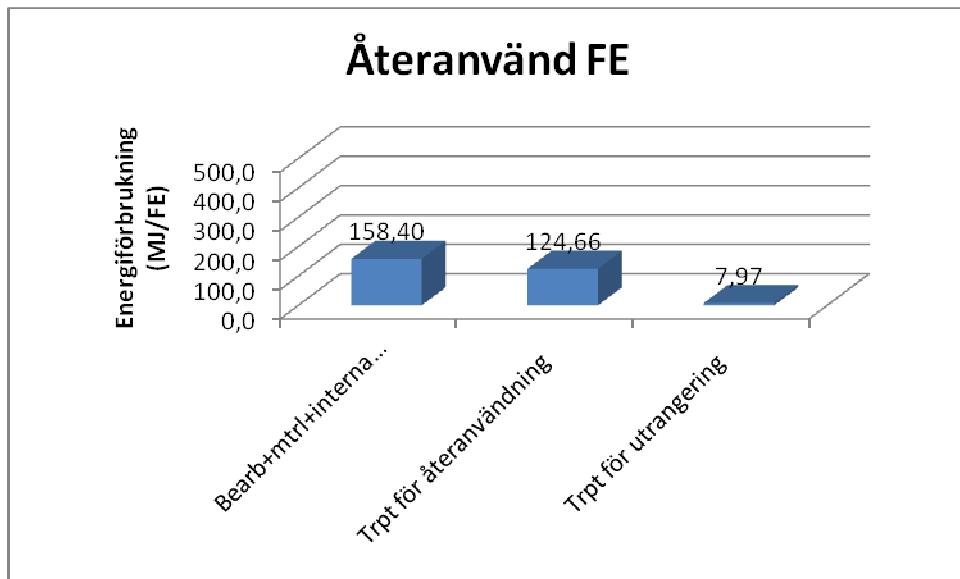


Figur 10. Energiförbrukning för FE med polerad framsida. Jämförelse mellan Sverige och Kina.

4.3 Jämförelse mellan ny och återanvänd funktionell enhet

Den totala energiförbrukningen för en återanvänd funktionell enhet är 291,90 MJ. Vid återanvändning ingår inte delbidragen brytning av sten och transport från stenbrottet till stenhuggeriet vilka tillsammans utgör 122,07 MJ.

En nytillverkad funktionell enhet från Sverige har en total energiförbrukning mellan 584,15-593,02 MJ vilket betyder att dubbelt så mycket energi krävs än för en återanvänd funktionell enhet. En nytillverkad funktionell enhet från Kina har en total energiförbrukning mellan 1952,23-1961,10 MJ vilket betyder att ca 6,5 gånger mer energi krävs än om en funktionell enhet återanvänds. Förutsatt att gravstenen klarar hanteringen är återanvändning det minst energikrävande alternativet.



Figur 11. Energiförbrukning för återanvänd FE.

4.4 Reflektioner

4.4.1 Publicerade livscykelanalyser för natursten

Det finns relativt få publicerade livscykelanalyser som gäller natursten. De livscykelanalyser som återfinns gäller brytning av sten samt sten till golv- och byggmaterial. Det kan bero på att det ekonomiska intresset är som störst för den typen av hantering och produkter.

En livscykelanalys behandlar känsligt datamaterial och företagshemlig information som rör tillverkningen och i förlängningen även företagets ekonomi. Om slutresultatet publiceras kan det få ekonomiska konsekvenser för företaget som har ställt upp i undersökningen. Konkurrenter som tar del av materialet har möjlighet att jämföra och se över den egna verksamheten för att till exempel öka vinsten eller marknadsandelarna. En livscykelanalys kan även medföra konsekvenser för branschen företaget är verksam i eftersom konkurrerande branscher kan utnyttja informationen till sin egen fördel.

4.4.2 Metoderna energianalys och LCA

Denna energianalys utgår från enheter med bestämda mått och förutsättningen är att alla stenar är exakt likadana. Går man in på en kyrkogård ser man att verkligheten är annorlunda och att gravstenar kan vara väldigt olika både vad gäller materialval och utformning. Det medför att olika krav ställs på till exempel tillverkning och transporter vilket det inte tas hänsyn till i arbetet.

En funktionell enhet bestäms av den enskilde författaren eller beställaren av en livscykelanalys vilket betyder att det kan skilja mellan olika undersökningar. Men så länge

den funktionella enhetens storlek och fakta som area, volym och densitet redovisas finns det möjlighet att räkna om och använda informationen till den egna analysen.

Efter att ha gjort denna energianalys och dessutom ha läst igenom ett antal livscykelanalyser konstaterades det att samtliga författare på ett eller annat sätt har varit tvungna att hantera ofullständiga uppgifter för sitt undersökta material. Lindahl (2001i) betonar i sitt arbete att en LCA alltid är en förenklad beskrivning av verkligheten. Vid avsaknad av data har överslagsberäkningar gjorts eller så har det ledet helt enkelt uteslutits vilket innebär att det finns osäkerheter i de presenterade siffrorna. I sämsta fall har författaren inte redovisat för de uteslutna delarna i undersökningen.

Hur författaren presenterar materialet har också betydelse. Om undersökningen är omfattande och ingen tolkning har gjorts kommer dokumentet att vara svårläst och nyttan därmed vara begränsad. Om resultaten har komprimerats för mycket kan inte användaren se de bakomliggande antagandena vilket kan leda till felaktig användning av materialet (Jönsson 1998). I sämsta fall är de redovisade resultaten förvirrande eller helt enkelt inte tolkningsbara och därmed inte möjliga att använda.

4.4.3 Arbetsmiljö

Metoderna livscykelinventering och livscykelanalys tar endast hänsyn till det undersökta materialets energiförbrukning och miljöpåverkan men ingen hänsyn tas till sociala frågor och arbetarnas villkor. Det blir istället det enskilda företags eller branschorganisationens ansvar att på eget initiativ utarbeta regler för vad som kan anses vara acceptabelt ur arbetsmiljöhänseende. Den kinesiska tillverkaren Edurus (n.d) som levererar gravstenar till bland annat Fonus skriver på sin hemsida att de tar hänsyn till arbetsmiljön och fackliga avtal. Fonus har i sin tur skrivit kontrakt gällande krav på arbetsmiljön med den kinesiske leverantören och deras underleverantörer. De kräver bland annat att inget barnarbete ska förekomma och att personalen ska ha tillgång till rätt arbetsmiljöredskap (Sundström 2010a). Även Svenska Stenindustriförbundet har gett ut ett policydokument gällande importerad sten. Bland annat tar policyn upp att arbetarna i det tillverkande landet ska ha en dräglig arbetsmiljö (Johansson 2006).

4.4.4 Växtskadegörare

Metoden livscykelanalys tar inte heller hänsyn till om det undersökta materialet påverkar den biologiska balansen i mottagarlandet. Som exempel finns risken att växtskadegörare följer med från Kina om hela eller delar av emballaget består av trä och inte har behandlats enligt

den internationella standarden ISPM15 (Jordbruksverket 2009). Exempel på växtskadegörare är asiatisk långhorning, *Anoplophora glabripennis* och *Anoplophora chinensis*, som är reglerade i EUs gemensamma växtskyddslagstiftning och varken skalbaggar eller larver får förekomma vid införsel till Sverige. Sommaren 2009 hittades en fullbildad skalbagge i en stenbutik i västra Skåne. Den hade kläckts ur träemballage för en sändning sten importerad från Kina flera månader tidigare. År 2003 hittades levande larver av den asiatiska långhorningen i Helsingborgs hamn. De återfanns i träemballage för en sändning granit från Kina. Vid misstanke om att man har hittat fullbildade skalbaggar eller spår efter asiatiska långhorningar ska detta anmälas till Jordbruksverket (Jordbruksverket 2010).

5. SLUTSATSER

1. Vilken typ av bearbetning man väljer för den funktionella enheten har ingen större betydelse eftersom energiförbrukningen vid bearbetning är likvärdig för de olika alternativen.
2. Energiförbrukningen för en funktionell enhet tillverkad Kina är mer än fyra gånger större än energiförbrukningen för en funktionell enhet tillverkad i Sverige.
3. En återanvänd funktionell enhet är det minst energikrävande alternativet.
4. Så länge ingående material och produkter inte är livscykelinventerade kommer delar av en livscykelanalys eller livscykelinventering att bygga på antaganden.

6. REFERENSER

Skriftliga källor

- Baumann H & Tillman A-M (2004) *The Hitch Hiker's Guide to LCA - An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Studentlitteratur: Lund
- Carlsson R & Pålsson A-C (2008) *Livscykelanalys – ringar på vattnet*. SIS Förlag: Kristianstad
- Edurus (n.d) *Our Chinese Operations*. [online] Tillgänglig: www.edurus.se [2010-06-01]
- Emmaboda Granit (n.d.) *Tekniska egenskaper – Faktablad, Vånga Ivö Granit*. [online] Tillgänglig: www.emmabodagranit.se/website1/sd_page/11/Faktablad%20Vånga.pdf [2010-04-17]
- Fonus (2008) *Skötsel av gravstenen*. [online] Tillgänglig: <https://fonus.se/bestaella/gravsten/skotsel-av-sten> [2010-04-16]
- Hammarström U & Yahya M.R. (2000) *Uppskattning av representativa bränslefaktorer för tunga lastbilar*. Väg- och transportforskningsinstitutet rapport nr 445. [online] Tillgänglig: www.vti.se/EPiBrowser/Publikationer/R445.pdf [2010-04-20]
- International Energy Agency (n.d.a) *Electricity/Heat in Sweden in 2007* [online] Tillgänglig: www.iea.org/stats/electricitydata.asp?COUNTRY_CODE=SE [2010-05-04]
- International Energy Agency (n.d.b) *Electricity/Heat in China, People's Republic of in 2007* [online] Tillgänglig: www.iea.org/stats/electricitydata.asp?COUNTRY_CODE=CN [2010-05-04]
- ISO 14040 (1997) *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*. International Organization for Standardization. Schweiz
- Johansson K (2006) *SSF:s förhållningssätt till importerad natursten*. Sten 3/2006 [online] Tillgänglig: www.sten.se/bilder/forhallningssatt.pdf. [2010-04-17]
- Johansson K (1999) *Stenteknik. Del 4. Gravstenstillverkning*. SFI & YFIND: Kristianstad
- Johansson K (2000) *Stenteknik. Del 3. Bearbetning*. SFI & YFIND: Kristianstad
- Jordbruksverket (2009) *Träemballage*. [online] Tillgänglig: www.jordbruksverket.se/amnesomraden/handel/traemballage.4.207049b811dd8a513dc8000337.html

- Jordbruksverket (2010) *Asiatiska långhorningar*. [online] Tillgänglig:
[www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtinspektion/vaxtskadegorare/
tradochbuskar/asiatiskalanhorningar.4.207049b811dd8a513dc8000782.html](http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtinspektion/vaxtskadegorare/tradochbuskar/asiatiskalanhorningar.4.207049b811dd8a513dc8000782.html)
[2010-05-22]
- Jönsson Å (1995) *Life cycle Assessment of Flooring Materials. A case study and
methodological considerations. Licentiate thesis*. Göteborg: Chalmers
- Jönsson Å (1998) *Life Cycle Assessment of Building Products. Case studies and
Methodology. PhD thesis*. Göteborg: Chalmers
- Lindahl M (1997) *Livscykelanalys av kalkstensgolv*. Inst. för teknik, Högskolan i Kalmar
- Lindahl P (2001a) *Om bedömning av miljöpåverkan från natursten och byggnadssten ur ett
livscykelperspektiv*. Centrum för miljöteknik, Högskolan i Kalmar
- Lindahl P (2001b) *Livscykelanalys av golvplattor av Offerdalskiffer. Företag: Skifferbolaget
AB*. Centrum för miljöteknik, Högskolan i Kalmar
- Lindahl P (2001c) *Livscykelanalys av råkilad blockstensmur. Bohusläns Kooperativa
Stenindustri ekonomiska förening*. Centrum för miljöteknik, Högskolan i Kalmar
- Lindahl P (2001d) *Livscykelanalys av mursten. Företag: Dala Stenindustri*. Centrum för
miljöteknik, Högskolan i Kalmar
- Lindahl P (2001e) *Livscykelanalys av 20 mm slipad golvplatta av Kolmårdsmarmor Ox.
Företag: Borghamns Stenförädling AB*. Centrum för miljöteknik, Högskolan i
Kalmar
- Lindahl P (2001f) *Livscykelanalys av golvplatta av Älvdalskvartsit från Wasasten AB.
Centrum för miljöteknik, Högskolan i Kalmar*
- Lindahl P (2001g) *Livscykelanalys av golvplatta av hyvlad kalksten tillverkat av: Thorsberg
Stenhuggeri AB*. Centrum för miljöteknik, Högskolan i Kalmar
- Lindahl P (2001h) *Livscykelanalys av kantsten. A P STEN Marksten AB*. Centrum för
miljöteknik, Högskolan i Kalmar
- Lindahl P (2001i) *Livscykelanalys av markhäll av granit. Företag: Emmaboda Granit AB.
Centrum för miljöteknik, Högskolan i Kalmar*
- Lundegårdh P H (1978) *The Vånga Granite in Southernmost Sweden*. SGU Ser C nr 749
årsbok 72 nr 11. SGU: Klippan
- Länsstyrelsen i Skåne län (2008) *Detaljavgränsning av riksintresset Vånga enligt 3 kap. 7 §
andra stycket miljöbalken*. [online] Tillgänglig:
www.sgu.se/dokument/om_sgu_remissor-2008/46-1783-2007.pdf [2010-04-17]

- Movium (n.d.) Projekttid: *Miljöaspekter på kyrkogårdar och begravningsplatser*. [online]
Tillgänglig: www.movium.slu.se/studenters/dokument/projektplan.pdf [2010-04-18]
- Natural Stone Council (2008a) *Granite Dimensional Stone Quarrying and Processing: A Life-Cycle Inventory* [online] Tillgänglig:
www.genuinestone.com/content/file/LCI%20Reports/Granite_LCIv1.pdf [2010-04-15]
- Natural Stone Council (2008b) *Limestone Quarrying and Processing: A Life-Cycle Inventory* [online] Tillgänglig:
www.genuinestone.com/content/file/LCI%20Reports/Limestone_LCIv1_October2008.pdf [2010-04-26]
- Natural Stone Council (2008c) *Sandstone Quarrying and Processing: A Life-Cycle Inventory* [online] Tillgänglig:
www.genuinestone.com/content/file/LCI%20Reports/Sandstone_LCIv1.pdf [2010-04-26]
- Natural Stone Council (2009) *Slate Quarrying and Processing: A Life-Cycle Inventory* [online] Tillgänglig:
www.genuinestone.com/content/file/LCI%20Reports/LCI_Slate_LCIv1_Sept2009.pdf [2010-04-26]
- Naturvårdsverket (2010) *Energiinnehåll och densitet för bränslen*. [online] Tillgänglig:
www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Minska-utslappen/Verktygslada-for-kommuner-och-foretag/Berakna-utslapp-av-vaxthusgaser/Energiinnehall-och-densitet-for-branslen/ [2010-04-22]
- Nicoletti GM, Notarnicola B & Tassielli G (2002) *Comparative Life Cycle Assessment of flooring materials: ceramic versus marble tiles*. Conference Information: 2nd National Conference on Life Cycle Assessment, FEB 23-24, 2000 Melbourne Australia. *Journal of Cleaner Production* 10 (3) 283-296
- Norsk Stålförbund (2004) *International Conversion Table For Stainless Steel* [online]
Tillgänglig: www.stalforbund.com/Fagomraader/Materialer/steel_stainless.htm [2010-05-22]
- Petersen AK & Solberg B (2003) *Substitution between floor constructions in wood and natural stone: comparison of energy consumption, greenhouse gas emissions, and costs over the life cycle*. *Canadian Journal of Forest Research* 33 (6) 1061-1075

- Schilling H-D (2004) *Wie haben sich die Wirkungsgrade der Kohlekraftwerke entwickelt und was ist künftig zu erwarten?* [online] Tillgänglig: www.energie-fakten.de/pdf/wirkungsgrade.pdf [2010-05-04]
- Szegedi Z (2009) *Livscykelanalys av en gängtapp*. [online] Tillgänglig: hh.diva-portal.org/smash/get/diva2:239904/FULLTEXT01 [2010-05-22]
- SGU (n.d.) *Bergartslära*. [online] Tillgänglig: www.sgu.se/sgu/sv/geologi/berg/bergart_s.htm [2010-04-17]
- Sjunnesson J (2005) *Life Cycle Assessment of Concrete*. Lunds Universitet, Institutionen för teknik och samhälle. [online] Tillgänglig: www.miljo.lth.se/svenska/internt/publikationer_internt/pdf-filer/LCA%20of%20Concrete.pdf [2010-05-01]
- Sjölin M (2009) *Sten- och trämaterial i landskapet sett ur ett hållbarhetsperspektiv*. Naturvetenskapliga fakulteten, Göteborgs universitet
- Sveriges Stenindustriförbund (2002) *En handbok om natursten*. Sverige Stenindustriförbund: Kristianstad
- Sveriges Stenindustriförbund (2005) *Gravvårdar*. Sverige Stenindustriförbund: Kristianstad
- Transportstyrelsen (2009) *Miljöklassade bränslen*. [online] Tillgänglig: www.transportstyrelsen.se/sv/Vag/Fordon/typer-av-fordon/Miljokrav/Avgaser/Miljoklassade-branslen [2010-04-22]

Opublicerade källor

- H K Markprodukter (n.d.) *Gravstensfundament - för rationell och enkel montering av gravsten*.

Muntliga källor

- Aronsson R (2010) Stenrådgivning Roland Aronsson. Telefonintervju 2010-05-20
- Bengtsson L-R (2010) GRF. Besök 2010-02-11
- Eriksson U (2010a) Husqvarna AB. Kontakt e-post 2010-04-28
- Eriksson U (2010b) Husqvarna AB. Kontakt e-post 2010-06-01
- Johansson K (2010) Stenindustriförbundet/SLU. Handledarträff 2010-02-11
- Karlsson H (2010) HK Markprodukter. Telefonintervju 2010-04-20
- Mattsson J-E (2010) SLU. Möte 2010-01-19
- Rasmusson B (2010) Bohus Sten AB Telefonintervju 2010-05-19
- Rönkkö A (2010) Naturstenskompaniet AB. Besök 2010-02-11

Sundström E (2010a) Stentorget. Telefonintervju 2010-04-16

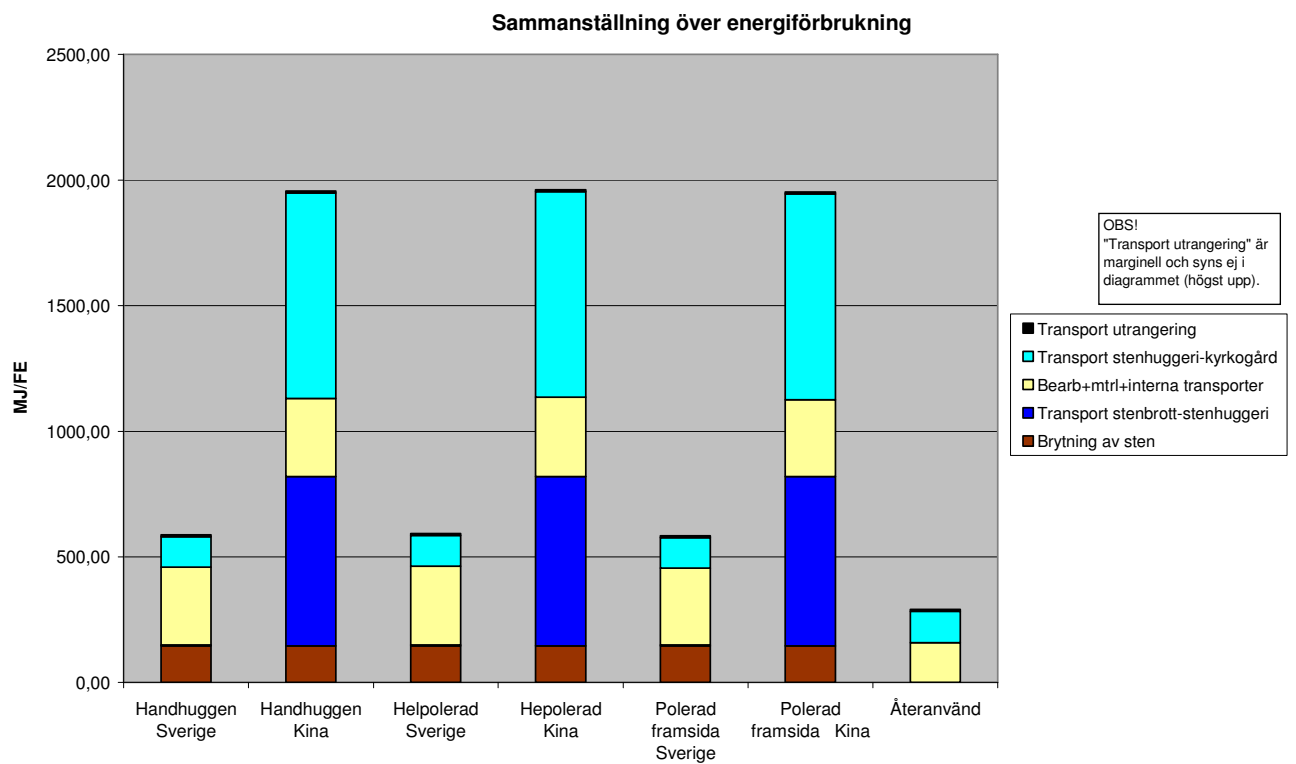
Sundström E (2010b) Stentorget. Telefonintervju 2010-05-10

Sörensen A-B (2010) SLU Movium. Kontakt e-post 2010-06-11

Theander B (2010) Emmaboda Granit AB. Telefonintervju 2010-05-03

Bilaga 1

Diagram: Sammanställning över energiförbrukning
Examensarbetet Energianalys av gravstenstillverkning



Bilaga 2

Fotografier på material och bearbetning av sten

Examensarbetet Energianalys av gravstenstillverkning



Foto L.Kristensen

Bild 1. Brytning av stenblock



Foto L.Kristensen

Bild 2. Neddelning av block.



Foto L.Kristensen

Bild 3. Blocksågning med klinga.



Foto L.Kristensen

Bild 4. Slip- och polerautomat för fram- och baksida på gravsten.



Foto L.Kristensen

Bild 5. Kantsågning av gravsten och sockel.



Foto L.Kristensen

Bild 6. Polering av kanter på gravsten och sockel.



Foto L.Kristensen

Bild 7. Graving. Text och dekor är inskuren i gummiduken.

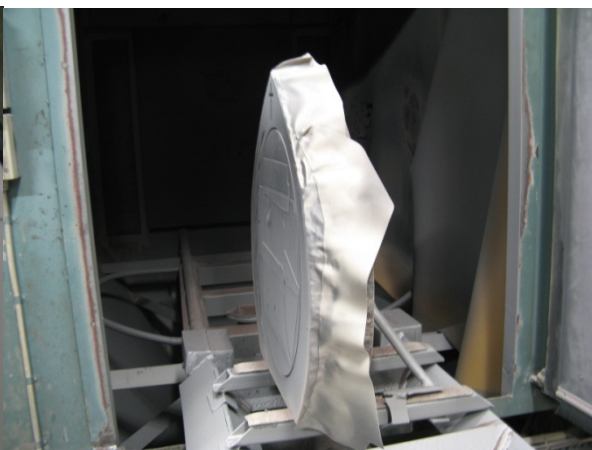


Foto L.Kristensen

Bild 8. Gravsten med gummiduk i blästerbox.



Foto L.Kristensen

Bild 9. Blästerbox för gravsten.



Foto K. Johansson

Bild 10. Efterhuggning av text.



Foto K. Johansson

Bild 11. Blästerbox för socklar.



Foto K. Johansson

Bild 12. Tillverkningslinje för socklar.



Foto K. Johansson

Bild 13. Borr för dubbhål i sockel.



Foto: L. Kristensen

Bild 14. Sockel med dubbhål.

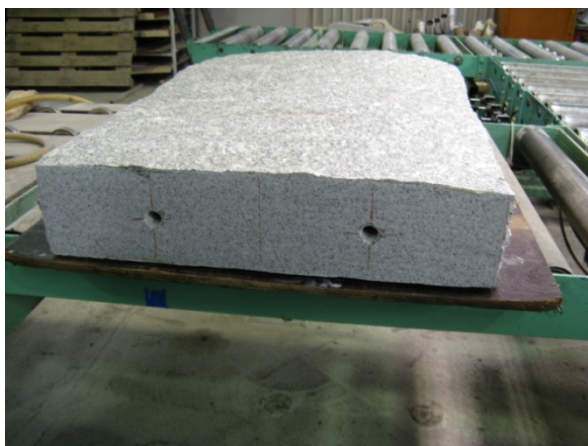


Foto: L. Kristensen

Bild 15. Gravsten med dubbhål.



Foto: L. Kristensen

Bild 16. Fundament av lecabetong med gravvårdsdubbar.