

CHALMERS



Vad kostar materialet, egentligen? Exempel för armeringsprodukter

PER-ERIK JOSEPHSON
THOMAS ERIKSSON
MIKAEL FRÖDELL

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för construction management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2011

Rapport 2011:2

Vad kostar materialet, egentligen?

- exempel för armeringsprodukter

Per-Erik Josephson, Thomas Eriksson och Mikael Frödell

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för construction management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2011

Vad kostar materialet, egentligen?
– exempel för armeringsprodukter

PER-ERIK JOSEPHSON, THOMAS ERIKSSON OCH MIKAEL FRÖDELL

©Per-Erik Josephson, Thomas Eriksson och Mikael Frödell

Rapport 2011:2

ISSN 1652-9162

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för construction management
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg, Sverige
Tel: +46 (31) 772 1000

Tryck: Chalmers Reproservice, Göteborg, Sverige 2011

Förord

Den här rapporten baseras på en studie som kom till efter ett samtal mellan Tore Bexér vid Celsa Steel Service och Per-Erik Josephson vid Chalmers tekniska högskola. Tore beskrev hur han och hans medarbetare upplever att byggtreprenörer i alltför stor utsträckning baserar sina köp av byggvaror – i det här fallet armeringsprodukter - på materialpriset och inte på kostnaden för hela leveransen. Per-Erik berättade om hur han och hans forskarkollegor drev studier med syfte att synliggöra hur processerna egentligen ser ut och var resurserna egentligen förbrukas. Eftersom materialflödet har stor betydelse för effektiv och säker produktion på byggarbetsplatser fanns intresse för nya studier, inte minst med utgångspunkt från materialleverantören.

Samtalet ledde till en gemensam studie där Thomas Eriksson vid Celsa genomförde datainsamlingen och Mikael Frödell och Per-Erik Josephson vid Chalmers valde studiemetoder och handledde datainsamlingen. En huvudfråga för studien var vad armeringsmaterialet kostar inklusive frakt, hantering och mellanlager på byggplatsen, samt slutmontering. För att nå svaret genomfördes värdeflödesanalyser, dvs en uppföljning av materialets ”resa” från lossning till slutmontering, och s k frekvensanalyser, dvs en uppföljning av vad armerare lägger sin arbetstid på.

I rapporten redovisar vi exempel från fyra projekt där Celsa Steel Service har levererat armeringsprodukter och reflekterar över hur totalkostnaden för armering kan minskas utifrån ett kundperspektiv. Det som överraskat oss mest under studien är det stora och uteslutande positiva bemötandet som armerarna gett. De gav oss mycket feedback och hade många idéer om hur man kan planera och genomföra armeringsarbete bättre. De var starkt engagerade i att vilja förbättra sin egen situation och uppskattade att någon hade tid att lyssna till deras synpunkter. Platscheferna och arbetsledarna visade också intresse av att utveckla processerna, men känner sig ofta tvingade att prioritera de kortsiktiga frågorna.

De råd som vi presenterar i rapporten baseras på studier av armeringsprodukter. Men vi bedömer att situationen är likartad för många andra byggvaror. Råden är därför riktade till byggtreprenörer såväl som till tillverkare och leverantörer av byggmaterial i allmänhet.

Arbetsgruppen har bestått av författarna, samt Tore Bexér och Magnus Lundgren vid Celsa Steel Service (www.celsa-steelservice.com). Arbetet har vidare utförts inom ramen för Styrkeområdet Produktion vid Chalmers (www.chalmers.se).

Vi vill här särskilt tacka följande:

- De byggföretag vid vars projekt data samlats in.
- De individer som intervjuats i samband med studien, bl a byggplatschefer, arbetsledare, armerare och förare som transporterat material till byggplatser.

Göteborg/Halmstad i januari 2011

Per-Erik Josephson

Thomas Eriksson

Mikael Frödell

Exekutiv sammanfattning

Den här rapporten handlar om vad byggmaterial egentligen kostar, dvs vad den totala kostnaden är för att få ett visst material tillverkat, fraktat och slutmonterat på plats i byggnaden eller anläggningen. Den baseras på fyra delstudier vid bygg- och anläggningsprojekt där armeringsprodukter av typ ILF har monterats. Vid varje delstudie har såväl materialflöden som armerares arbete följts upp.

I de fyra delstudierna är fraktkostnaden 522-948 kr/ton och hanteringen på byggplatsen 4375-15780 kr/ton. Genomsnittspriset för den ILF som levererades under 2010 är 6480 kr/ton. Kostnaden för att hantera armeringsmaterialet på byggplatsen kostar alltså i storleksordningen lika mycket som det kostar att tillverka samma material. Det innebär att byggentreprenörens produktionsplanering och samverkan med armeringsleverantören för att skapa effektiva materialflöden är mångfalt mer betydelsefullt än att förhandla om enstaka procent på materialpriset.

Den stora spridningen i resultaten kan delvis förklaras av att det är olika typer av projekt med olika logistiska förutsättningar, men också av hur materialet hanteras på byggplatsen. Det indikerar goda förbättringsmöjligheter. Uppföljningarna av armerare visar att 15-45% av deras arbetstid utgörs av tidsförluster. Uppföljningarna av materialflödet på byggplatsen visar att materialet mellanlagras 2-4 gånger innan slutmonteringen. Studierna visar vidare att problem ofta uppstår vid lossningen och att materialet ofta måste sorteras om på byggplatsen. Med grund i dessa delstudier är det sannolikt att (1) totalkostnaden för armeringsmaterial kan minskas med ca 20-40% vid majoriteten av alla bygg- och anläggningsprojekt och att (2) totaltiden på byggplatsen kan kortas med 60-90% vid många byggprojekt.

Förbättringsmöjligheterna blir än mer uppenbara då processen betraktas i ett större perspektiv. Då materialet slutmonterats kan det betraktas som att ligga i ännu ett mellanlager då det dröjer ytterligare lång tid innan produkten tas i bruk. Byggarbetet pågår i regel under 40 timmar per vecka, dvs ca 21% av tillgänglig tid. Det finns alltså många möjligheter med att utnyttja större andel av tiden. Kostnaden för tjänstemän, maskiner och utrustning, bod-etablering, energi mm har inte heller beaktats. Då hänsyn tas även till dessa kostnader blir vikten av planerat materialflöde än tydligare. I många projekt är armeringsarbetet kritiskt, dvs en försening i armeringsarbetet leder till förseningar i alla efterföljande aktiviteter.

Möjligheten att reducera den totala kostnaden för material bekräftas av de många idéer som de individer som hanterar materialet lämnat under studierna, bl a de förare som fraktar materialet och de armerare som tar emot, hanterar och monterar materialet på byggplatsen. Möjligheten understryks ytterligare av de åtgärder som Celsa Steel Service själva vidtagit baserat på studierna. Det råder alltså ingen tvekan om att det finns goda möjligheter att reducera totalkostnaden för armeringsmaterial. Armeringstillverkaren och byggentreprenören kan var och en vidta åtgärder, men den största potentialen ligger i att de tillsammans utvecklar lösningar för effektivare och säkrare materialflöden. Andra förslag är att öka prefabriceringsgraden, använda 3D-modellering med tydligt ritningsunderlag och tydlig märkning, förtydliga ansvarsområden och styra produktionen hårdare, samt att utföra visst armeringsarbete efter kl 16.

Innehåll

1	Varför studera kostnader för byggmaterial?.....	7
1.1	Syftet	7
1.2	Effektiva materialflöden	8
1.3	Metoder för datainsamlingen	9
1.4	Armeringsprodukter	10
2	Fyra leveranser	13
2.1	Projekt A: Bostadsrätter	13
2.2	Projekt B: Spårbro	16
2.3	Projekt C: Bostadsrätter	19
2.4	Projekt D: Tråg och betongtunnel	22
3	Resultat.....	25
3.1	Vad gör armeraren?	25
3.2	Hur effektivt är värdeflödet?.....	25
3.3	Vad kostar materialleveransen egentligen?.....	26
4	Slutsatser och rekommendationer.....	29
4.1	Slutsatser	29
4.2	Förslag på åtgärder.....	30
5	Referenser	33
	Bilaga 1: Data för fyra projekt	35
	Bilaga 2: Koder för frekvensstudien	37
	Bilaga 3: Utdrag ur observatörens anteckningar	39
	Bilaga 4: Relationskartläggning Projekt B.....	41
	Bilaga 5: Värdeflödesanalys Projekt B.....	43
	Bilaga 6: Vad har Celsa Steel Service lärt sig?	45

1 Varför studera kostnader för byggmaterial?

1.1 Syftet

Det pågår en ständig debatt om byggkostnader och hur snabbt dessa kostnader ökar. Särskilt hävdas en snabb prisutveckling för byggmaterial.

Byggföretagen fokuserar i regel på inköpspriset för byggmaterial. Tidigare studier om byggarbete ger dock fingervisningar om att kostnaden för att hantera materialet på byggplatsen kan vara väl så stor som inköpspriset. Hur en leverantör anpassar materialet till byggnaden eller anläggningen, hur det förpackas, transporteras, lossas och placeras på byggplatsen kan alltså vara av lika stor eller av större betydelse än priset för materialet.

Den här rapporten redovisar resultat från en studie av verkliga kostnader för byggmaterial och använder armeringsprodukter som exempel. Det övergripande syftet är dels att uppskatta totalkostnaden för armeringsmaterial, inklusive hantering på byggplatsen, och dels att öka kunskapen om de problem och svårigheter som uppstår under armeringsförloppet.

Rapporten förväntas därmed kunna utgöra ett underlag för såväl byggmaterialtillverkare som byggentreprenörer att utveckla effektivare processer med minskad totalkostnad som följd.

Delfrågor

- Hur ser värdeflödet ut för armeringsprodukter?
- Hur ser monteringsituationen ut och hur kan monteringsarbetet göras säkrare och effektivare?
- Vad kostar leveransen, inklusive slutmontering, och var ligger slöserierna?

Uppföljningen har gjorts vid fyra byggprojekt fördelade på olika produkttyper, till olika skeden i produktionen och i olika delar av Sverige. Projekten är valda av Celsa Steel Service i samförstånd med deras kunder och efter avstämning med forskarna. Det har varit en ambition att välja projekt med så olika förutsättningar som möjligt. Men tillgången till projekt och intresset hos arbetsledare och montörer att delta i studien har haft avgörande betydelse för vilka projekt som slutligen ingått. Projekten som studerats har anonymiserats och refereras till som Projekt A – D. Följande projekt ingår i studien:

- Projekt A - Bostadsrätter
- Projekt B - Spårbro med perronger
- Projekt C - Bostadsrätter
- Projekt D - Tråg och betongtunnel

Av praktiska skäl har endast kostnader som är direkt knutna till armeringen beräknats. Det innebär att kostnader för t ex kranar, bodetablering och gemensam administration *inte* ingår. Vidare har vissa antaganden gjorts för att räkna om direkta kostnader till kr/ton. Genomgående har dessa antaganden gjorts på ett sådant sätt att kostnaderna för att hantera materialet på byggplatsen *inte* överskattas.

Studien avser totala kostnader för byggmaterial, men begränsar sig till en uppföljning av vad som händer på byggplatsen. Materialpriserna i de olika projekten har varierat inbördes men i samtliga projekt redovisas 6480 kr/ton. Detta är snittpriset för all inläggningsfärdig armering (ILF) som Celsa Steel Service levererat under helåret 2010.

1.2 Effektiva materialflöden

Det råder ingen som helst tvekan om att byggprojekt är komplicerade. Utmaningen att med effektiv och säker montering uppnå slutkundens krav på produkten är uppenbar. Inte minst med tanke på det stora antalet företag och specialister som måste samordnas. Det råder inte heller någon som helst tvekan om att väl planerade och effektiva materialflöden har stor inverkan på dels hur effektivt byggnadsarbetet kan ske på byggplatsen och dels hur säkert monteringen kan ske. Det handlar om hur leverantören och distributören förpackar, märker och transporterar materialet. Det handlar också om hur byggtreprenören beställer, tar emot och hanterar materialet på byggplatsen. Störst effekt uppnås alltså om leverantören och byggtreprenören gemensamt kan utveckla arbets sätt för att minska risker för problem och för att minska mängden onödiga arbetsmoment.

Studier vid Chalmers visar att slöserier, dvs aktiviteter som innebär en onödig förbrukning av resurser, i byggandet är åtminstone 30-35% av det som slutkunden betalar (se bl a Josephson och Saukkoriipi, 2005). Vid närmare analyser av enskilda delprocesser identifieras i så gott som samtliga fall slöserier i samma storleksordning. I en uppföljande studie föreslås 31 rekommendationer för att minska slöserierna (se Josephson och Saukkoriipi, 2009). Rekommendationerna handlar om att standardisera komponenter/produkter ur ett helhetsperspektiv, precisera och standardisera processer, utveckla organisationer och dess kompetenser, disciplinera ledarskapet och driva successiva förbättringar. En rekommendation är att strukturera materialflödet för effektiv montering. Men även flera av de övriga rekommendationerna har direkt anknytning till materialflödet.

Materialadministration har uppmärksammats under lång tid, men fick särskilt stort utrymme i diskussioner om rationalisering i byggandet under 1980-talet, då även kostnadsaspekter beaktades. Ett exempel är Bell och Stukhart (1987), som intervjuade byggproduktionsledare i 20 amerikanska byggprojekt där materialadministration hade särskild prioritet. De fann att kostnaden för arbetskraft kunde minskas med 6% eller mer med särskilt utvecklade system för materialadministration. Ett annat exempel är Larsson (1983), som studerade materialförbrukning vid 12 svenska byggprojekt. Han fann att det i 35 av 73 fall förbrukades 15% eller mer i jämförelse med plan. Likartade resultat konstaterades i en uppföljande studie av Lindhe (1996).

Inspirerade av utvecklingen i annan industri svängde intresset senare över mot Just-in-time leveranser, dvs att rätt saker leveras vid rätt tid (se t ex Bertelsen och Nielsen, 1997), mot s k supply chain management, främst inriktat mot materialflöden från fabrik till byggplats (se t ex Agapiou m fl, 1998; Bankvall m fl, 2010) och senare lean-tänkande, dvs minimering av resurs-slöserier i materialflödet (se t ex Vrijhoef och Koskela, 2000).

En ny utvecklingstrend är att ta emot och lyfta in byggmaterial till monteringsstället efter ordinarie arbetstid. Ett skäl är att yrkesarbetarna på så sätt kan fokusera på monteringen. Ett annat skäl är att kranar, bygghissar och annan utrustning är ledig för intransporten vid denna tid. Lindén och Josephson (2010) har studerat intransporten av material vid några byggprojekt och konstaterat färre problem och störningar vid denna lösning.

Sammantaget har frågor som hanterar materialflödet inom byggandet liksom relationen mellan materialleverantörer och byggtreprenörer fått förvånansvärt liten uppmärksamhet inom forskningen. Särskilt med tanke på hur mycket material som levereras till byggplatsen

och hur många entreprenör-leverantörs-relationer som finns i varje bygg- eller anläggningsprojekt.

1.3 Metoder för datainsamlingen

Vid varje projekt har en armeringsleverans studerats särskilt. Datainsamlingen till totalkostnadsanalysen utfördes av Celsa Steels Service personal på plats under en arbetsvecka. Insamlingen bestod i huvudsak av två delar; frekvensstudie och värdeflödesanalys. För att fånga upp den administrativa processen i samband med köp och planering genomfördes även relationskartläggningar. Det samlade dataunderlaget är tillräckligt för att presentera exempel på hur materialflödet och materialhanteringen kan se ut vid olika projekt under olika skeden. Det är inte relevant att redovisa medelvärden eftersom förutsättningarna hos bygg- och anläggningsprojekt skiljer sig åt i många avseenden.

Frekvensstudie – att skapa insikt om armerarnas arbetssituation

Metoden handlar om att skapa en bild över vilka arbetsuppgifter som armerarna ägnar sig åt. Frekvensstudier handlar alltså om att förstå hur bra organisationen är, hur väl produktionen är planerad, och i vilken grad produktionen styrs av omgivande externa faktorer. I den här studien är det av särskilt intresse vilken betydelse materialet har, t ex hur det levereras, hur det förpackas, hur det märks upp osv. För kartläggningen har en särskild "observatör" följt armerarnas arbete ute på byggarbetsplatserna och var 60e sekund registrerat vilken slags arbetsuppgift som utfördes just då. Uppföljningen genomfördes 1-2½ hela arbetsdagar per projekt. Vid varje projekt följdes 1-5 armerare samtidigt. Totalt gjordes 5210 noteringar, vilket motsvarar ca 11 arbetsdagar.

Arbetstiden indelas i tre huvudgrupper

- *Monteringsarbete*, som innebär att armeringsmaterial kommer på slutlig plats i produkten, dvs det arbete som kunden betalar för.
- *Förberedelser (nödvändigt slöseri)*, som är aktiviteter som behövs för att kunna utföra monteringsarbetet. Exempel är förberedelser på arbetsstället, framtransport av armeringsmaterial och utrustning och arbetsplanering.
- *Tidsförluster (rent slöseri)*. Dessa aktiviteter kan i teorin tas bort utan att det påverkar monteringsarbetet eller förberedelserna. Exempel är omarbete, väntan och förflyttning med tomma händer.

Värdeflödesanalys - att skapa insikt om materialflödets effektivitet

Syftet med värdeflödesanalyser är att kartlägga verkliga situationer för att få insikt om hur materialflödet faktiskt ser ut och att därmed få underlag för förbättringar. I den här studien följdes väl avgränsade delar av materialleveranser från dess ankomst till byggplatsen, via lossning, hantering och mellanlagring till färdig montering. Tider, resurser och problem registrerades underhand. Materialets händelser illustrerades sedan i en "värdeflödeskarta". Vid varje projekt genomfördes en analys av värdeflödet.

Relationskartläggning - att identifiera kostnader för administrativa moment

Syftet med relationskartläggningen är att identifiera kostnader för de administrativa moment som gäller armeringsförfarandet. Kartläggningen utfördes genom intervjuer med platsledning. Tillsammans ritades en processkarta över aktiviteterna och informationsflödet. Tiden för att utföra de olika aktiviteterna uppskattades samt orsak och verkan av olika vanligt

förekommande problem dokumenterades. Ett exempel på relationskartläggning redovisas i bilaga 4.

1.4 Armeringsprodukter

Det finns en uppsjö olika armeringsprodukter ute på byggarbetsplatser. Det kan vara svetsade eller najade armeringskorgar, armeringsnät, rullarmering, lagerlängder som klipps och bockas på arbetsstället eller inläggningsfärdig armering (ILF), som är den mest förekommande produkten. Utöver detta finns det en mängd specialprodukter och tjänster, såsom distansstöd, armeringsskarvar, spiraler, ringar, färgmärkning, specificering mm. De produkter som har följts i denna studie tillhör följande grupp:

Inläggningsfärdig armering (ILF)

Inläggningsfärdig armering (ILF) är armering som levereras klippt och bockad till arbetsplatsen färdig för montering. Armeringen är buntad och märkt efter förtecknat litteranummer. Ett littera innehåller ett eller flera järn av samma geometriska form. Vid specificering av armering kan det anges om armeringsjärnens märkbricka ska kompletteras med en av 81 olika färgkombinationer som anger vilken byggnadsdel armeringen tillhör.

Inläggningsfärdigarmering kan i stor utsträckning ersättas av de mer förädlade armeringsprodukterna:

Svetsade eller najade armeringskorgar

ILF kan i många fall helt eller delvis ersättas av prefabricerade armeringskorgar. Korgarna byggs i fabriker där de enskilda armeringsjärnen fixeras till varandra genom svetsning eller najning. När korgarna levereras till byggarbetsplatsen kan de lyftas direkt ner i gjutformen. Transportmöjligheterna begränsar storleken på korgarna. En korg kan mäta uppemot 3,2 meter på bredden och 14 meter på längden utan särskilda transporttillstånd, och väga upp till 10 ton. I utmattningsbelastande konstruktioner är svetsning i armeringen normalt inte tillåten. Detta innebär att armeringskorgar i dessa fall endast kan användas om korgarna najas ihop i stället för att svetsas eller om konstruktören gör särskilda utmattningsberäkningar. En najad korg är betydligt instabilare än en svetsad korg, vilket medför svårigheter vid transporter och vid lyft av korgen. Det är därför ovanligt med hög prefabriceringsgrad vid exempelvis utmattningsbelastade brobyggnadskonstruktioner där armeringsinnehållet är högt och besparingspotentialen är stor.

Rullarmering

Rullarmering består av raka armeringsjärn som är fixerade till varandra genom tunna plåtband eller tvinnad ståltråd. Rullarmeringen levereras som ihoprullade mattor. Mattorna rullas sedan snabbt ut till skillnad mot rakjärn där varje enskilt järn ska placeras på plats ett i taget. Rullarna kan göras uppemot 15 meter breda med en vikt som bör ligga runt 1,5 ton. Mattorna kan innehålla ursparingar, vara sneda i en eller två kanter och innehålla avsnitt med extra armering. I utmattningsbelastade konstruktioner där svetsning inte är tillåten används SpinMaster, vilket innebär att järnen är fixerade till varandra genom tvinnad ståltråd. I annat fall används Bamtec där järnen är fixerade genom häftsvetsar på tunna plåtband.

Armeringsnät

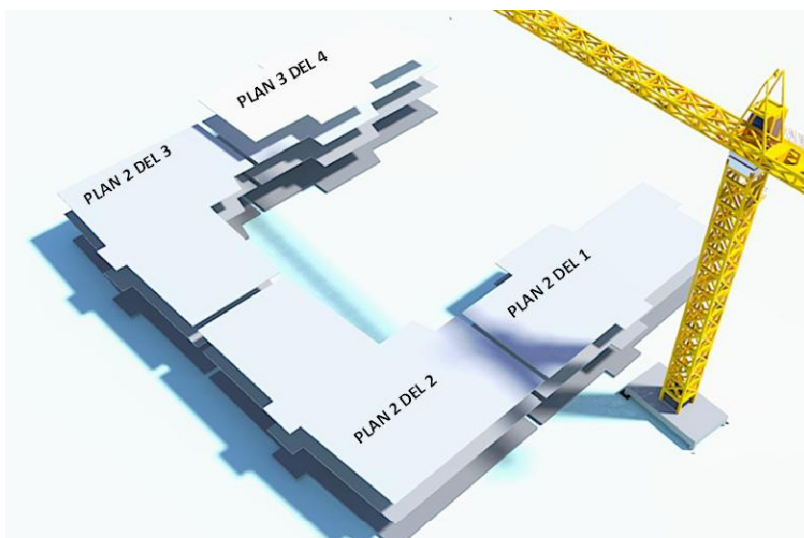
Armeringsnät kan tillverkas i alla önskade former och dimensioner. Det som sätter gränserna för storleken (bredd och längd) är möjligheterna att transportera näten. Nät kan snedklippas och bockas efter önskemål.

2 Fyra leveranser

2.1 Projekt A: Bostadsrätter

Projektet

Totalentreprenören bygger bostadsrätter i åtta plan, varav källarplanet är parkeringsgarage. Projektet startade i november 2009 och färdigställdes i augusti 2010 till en kostnad av 90 Mkr. Bottenplattan och källarplanet är platsgjutet medan övriga stommen är prefabricerad i hög grad. Plan 1 - 6 består av plattbärlag och skalväggar. Varje plan är uppdelat i fyra etapper. Totalt levererade Celsa Steel Service 130 ton klippt och bockad armering till projektet under perioden 2009-11-05 till 2010-06-21. Entreprenören är avtalskund hos Celsa Steel Service och parterna jobbar aktivt för att redan före projektstart föra en dialog om hur man på effektivast möjliga sätt bör hantera armeringen för att leverera en så bra produkt som möjligt till beställaren. Armeringsspecifikationerna har upprättats av prefabtilverkaren varefter avrop skett efter överrenskommen leveransplan. Under perioden 9 mars till 7 maj 2010 har man vad avser armering färdigställt 8,2 etapper (dvs delar) i 3 olika plan. Detta motsvarar ca 5 arbetsdagar per del.



Figur 1: Varje plan är uppdelat i fyra etapper, del 1-4, i projekt A.

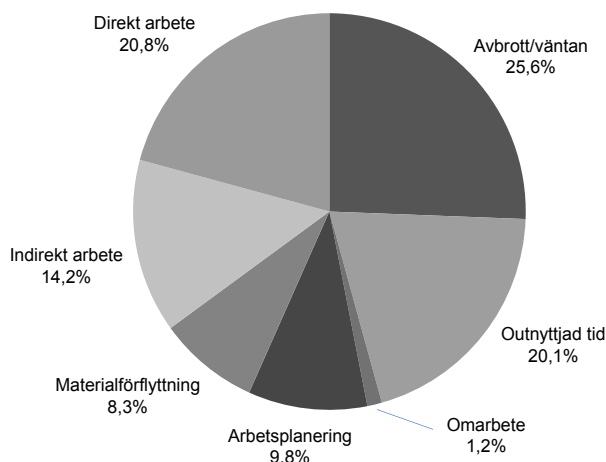
Armeringsarbetet

En armerare följdes under nästan 2½ arbetsdag vid montering av underkantsarmering A-järn i plattbärlag. Totalt gjordes 987 tidsregistreringar enligt metodik för frekvensstudie. Av arbetstiden ägnades 21% åt monteringsarbete och 32% åt förberedelser, se figur 2. Tidsförlusterna, dvs det rena slöseriet, motsvarade hela 47% av arbetstiden. Relativt mycket tid åtgick till förflyttning och avbrott p g a maskinbrist, men också p g a icke arbetsrelaterad diskussion. Detaljerade resultat redovisas i bilaga 1. Under studien noterades inläggningshastigheter på 70,8 kg/timma, inklusive förflyttning och sortering.

Då armeringsarbetet ligger på den tidskritiska tidslinjen i detta byggprojekt är konsekvensen av slöserierna betydligt större än kostnaden för den faktiska arbetstiden. Armeringsarbetet är tidskritiskt då UK-armering måste ligga på plats innan installationer kan monteras. Därefter är

ÖK-armering tidskritiskt då betongarbetaren väntar på att kunna gjuta. Det direkta arbetet, förberedande arbetet, materialförflyttningen och planeringen kan också reduceras betydligt genom andra produktionsmetoder, såsom prefabricerade armeringskorgar eller BAMTEC.

Vid frekvensstudien uppmärksammades också att armeraren då problem uppstår ofta avbryter andra yrkesgrupper, t ex snickare, elektriker eller ventilationsmontör, för att berätta vad som hänt. Det verkliga slöseriet är därför större än enbart det som relaterar till armeraren.



Figur 2: Vad armerarna ägnar sin arbetstid åt. Exempel från projekt A.

Värdeflödet

Värdeflödet studerades för 2767 kg blandade A-järn + byglar, 1210 jämnt fördelat på 27 olika littera, vilka monterades i bjälklaget. Den totala tiden från transportbilens ankomst till byggarbetsplatsen till dess att armeringen slutmonterats var 4467 minuter, dvs nästan två veckor. Materialet mellanlagrades tre gånger och sammanlagt under 88% av tiden. Det flyttades och förbereddes under 6% av tiden och slutmonterades 6% av tiden.

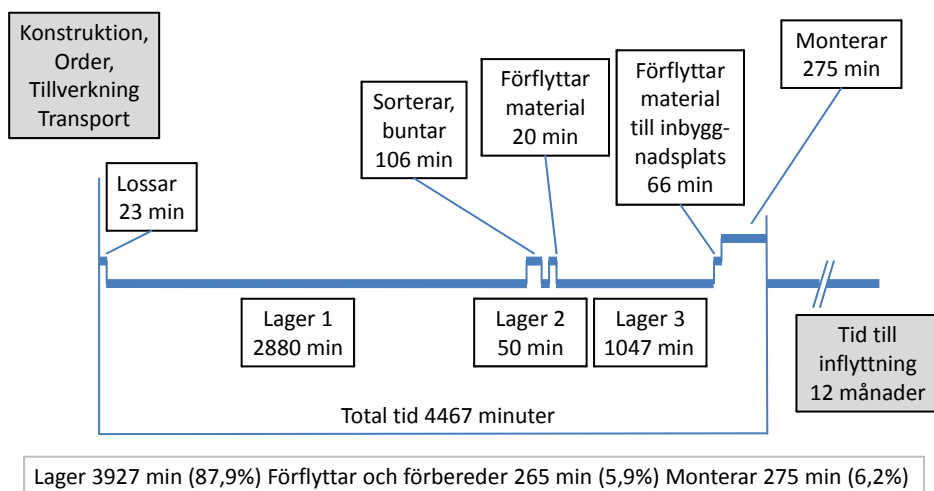
Problem uppstod p g a att den som specificerat materialet hade slagit ihop de poster som avsåg underkants- och överkantsarmering till en enda post. Det innebar att både underkants- och överkantsarmeringen kom levererat i en gemensam bunt. En armerare blev därför tvungen att mängda ut överkantsarmering och underkantsarmering från ritningar och därefter dela upp de större buntarna i mindre. För att underlätta det fysiskt hårda sorteringsarbetet togs tornkranen till hjälp.

Totalkostnaden

Den totala kostnaden för det studerade materialet var 11 803 kr/ton, varav materialet kostade 6480 kr/ton (55% av totalkostnaden), frakten 948 kr/ton (8%) och hanteringen på byggplatsen 4375 kr/ton (37%). Trots att tidsförlusterna i armerarens arbetstid var stora och att det tog två veckor från materialets ankomst till montering var kostnaden för hantering relativt låg. En förklaring till den låga kostnaden är att montering av plattbärlagsarmering är förhållandevis enkel. Montering sker på stora öppna ytor och armeringen består till största del av lätt-hanterliga raka armeringsjärn.

Materialflödet

2767kg blandande A-järn + byglar, 1210 järn fördelat på 27st olika littera.
Bjälklag

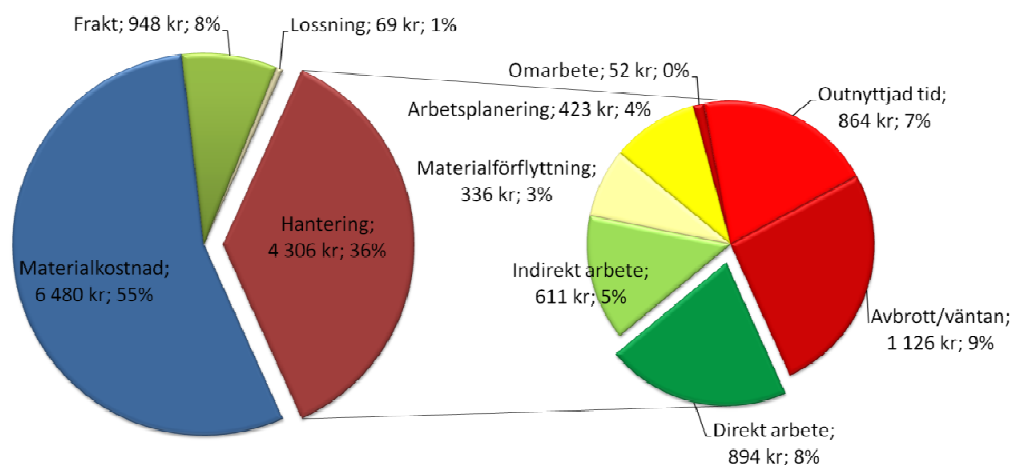


Figur 3: Materialflödet för armering. Exempel från projekt A.

Totalkostnadsfördelning (kr/ton)

Kostnader beräknas utifrån:

- ILF snittpris under 2010, 6480 kr/ton
- Frekvensstudie och armerares antagna timlön på 305kr
- Lossningstider enligt studie och antagna timlöner för delaktiga på 305 kr
- Noterade inlagda 70,8 kg/timme inkl förflyttning, sortering



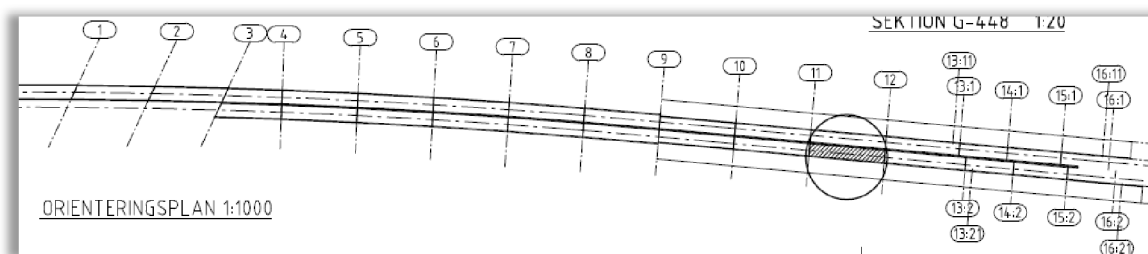
Figur 4: Total kostnad för armering, inkl montering. Exempel från projekt A.

2.2 Projekt B: Spårbro

Projektet

Totalentreprenören bygger bron i två etapper. Etapp 1 innefattar en spårbro med tillhörande perronger i en platsgjuten och efterspänd betongkonstruktion. Celsa Steel Service levererade totalt 371 ton ILF till Etapp 1 under perioden 2010-01-27 till 2010-10-20 med en leverans i veckan. Platsledningen består av entreprenörens egna medarbetare medan arbetsledning och yrkesarbetare huvudsakligen kommer ifrån en polsk underentreprenör. Utifrån 3D-modeller som entreprenören modellerat fås en automatiskt genererad armerings-specifikation som är i ett format som Celsa Steel Service direkt kan läsa in i sitt produktions-system. Arbetsmetoden är ny och man hoppas på att kunna utveckla och utvärdera den under projektiden.

Armeringskonstruktionen är speciellt komplex i brosektionernas början och slut där spännkablarna förankras. Den trånga gjutformen försvårar arbetet ytterligare. De olika brosektionerna är väldigt lika varandra och upprepbarheten i arbetet är hög.



Figur 5: Sektioner i bron.

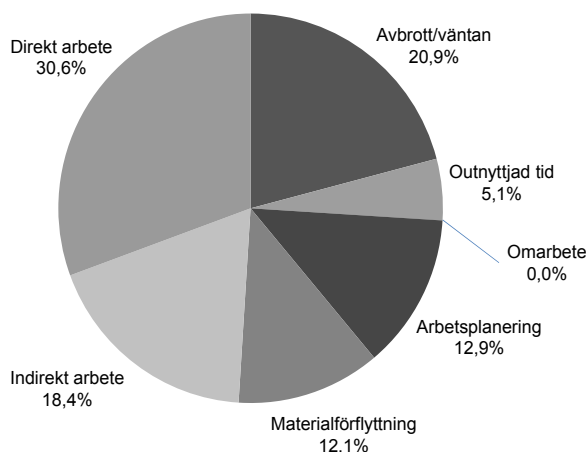
Monteringsarbetet

Upp till fyra armerare följdes parallellt under två arbetsdagar vid montering av prefabricerade ILF. Totalt gjordes 1764 registreringar. Av arbetstiden ägnades 31% åt monteringsarbete och 43% åt förberedelser, se figur 6. Tidsförlusterna, dvs det rena slöseriet, motsvarade 26% av arbetstiden. Det bestod i huvudsak av förflyttning, väntan utan synbarlig anledning och väntan på annan person. Detaljerade resultat redovisas i bilaga 1. Under studien noterades inläggningshastigheten 45 kg/timme.

Eftersom bron är en komplex konstruktion med hög armeringsdensitet ställs det höga krav på armerarens förmåga att läsa ritningarna och skapa sig en mental bild om hur resultatet ska se ut, utifrån olika tvärsnitt och planer. Varje järn ska monteras i rätt ordning och denna planering ska göras på arbetsstället. I detta moment ges mängdfördelar då armeraren kan memorera genomförandesequenser från tidigare sektioner. Då och då tas det hjälp från andra mer erfarna armerare, som då blir avbrutna i sitt eget pågående arbete. Osäkerheten kring armeringsförfarandet tycks sprida sig till andra armeringsarbeten i närheten, vilket registrerats som "Avbrott utan synbar anledning". Under studien monterades ca 44 kg armering per arbetad timme.

Under den period som studien genomfördes hade kranföraren oväntat tagit semester, vilket innebar att man delvis fick bära armeringen för hand. Mycket av förflyttningen är av sådan karaktär att olika förflyttningshjälpmiddel inte är möjliga att använda och kroppen följaktligen uppfattas vara det bästa verktyget. En bunte svajande armeringsjärn på 30 kg bars ofta på ena

axeln och rygglyften var många. Att armerarna då och då behövde ta pauser faller sig naturligt. En av armerarna flyttade huvuddelen av armeringen, men genom detta arbetsupplägg kunde arbetet hållas igång av övriga armerare. Arbetsplatsen var trång, varför armeringsupplaget hade en begränsad yta. Armerarna lade viss tid på att rycka och dra för att komma åt och få loss enskilda järn.



Figur 6: Vad armerarna ägnar sin arbetstid åt. Exempel från projekt B.

Värdeflödesanalys

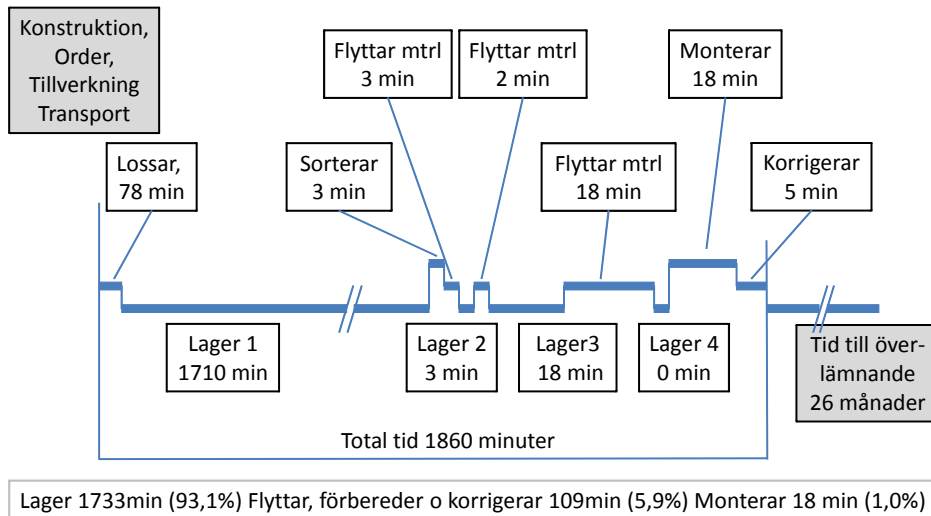
I värdeflödesanalysen följdes nio C-byglar som monterades i slutet av en brosektion. Tillsammans vägde byglarna 129 kg och motsvarade ungefär 1,1% av all armering i en brosektion. Den totala tiden från bilens ankomst till slutmonterat material var 1860 minuter, dvs nästan 4 arbetsdagar (8-timmars arbetsdagar). Materialet mellanlagrades under 93% av tiden. Det flyttades och förbereddes under 6% av tiden och slutmonterades 1% av tiden. Med utgångspunkt i planeringen med veckoleveranser monteras materialet i takt med plan. Anmärkningsvärt är att materialet mellanlagrades fyra gånger, varav det förflyttades tre gånger i snabb följd strax före monteringen. Värdeflödet redovisas mer detaljerat i bilaga 5.

Totalkostnaden

Den totala kostnaden för det studerade materialet var 14 319 kr/ton, varav materialet kostade 6480 kr/ton (45%), frakten 616 kr/ton (4%) och hanteringen på byggplatsen 7020 kr/ton (50%). Trots att arbetet på byggplatsen flöt väl var kostnaden för att hantera materialet på byggplatsen relativt hög. En förklaring är att det var ett stort arbetslag i en logistiskt svår arbetsmiljö med fysiskt mycket påfrestande arbetsmoment. En annan förklaring är den komplicerade armeringskonstruktionen som ställde stora krav på armerarens förmåga att läsa ritningar. Platsledningen uppskattade att monterings tiden kan halveras om armeraren har tydliga och mer pedagogiska arbetshandlingar, t ex vyer från 3D-modellen.

Materialflödet

ett littera 129kg C-byglar, 9st. Broavslut

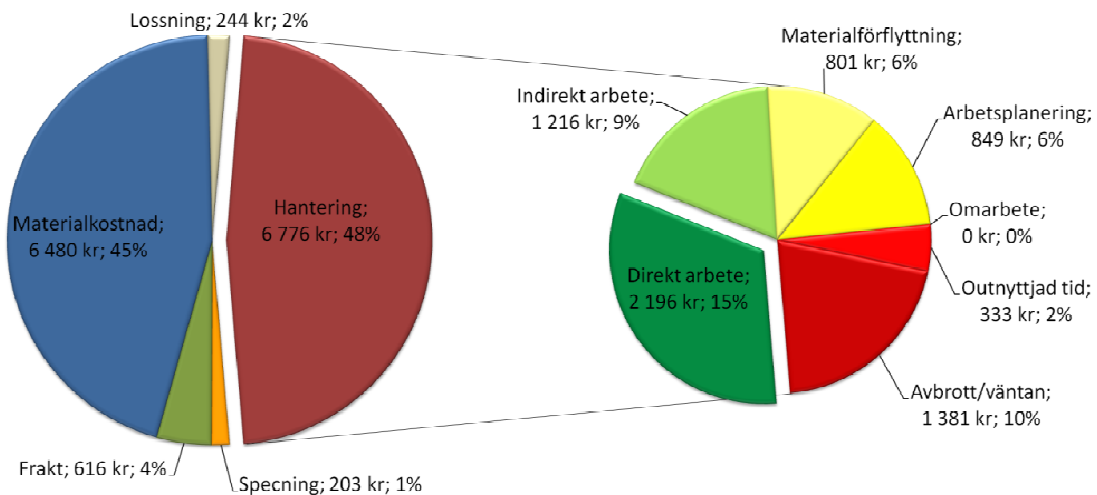


Figur 7: Materialflödet för armering. Exempel från projekt B.

Totalkostnadsfördelning (kr/ton)

Kostnader beräknas utifrån:

- ILF snittpris under 2010, 6480kr/ton
- Speciningskostnad enligt intervjuer under studien och antagen timlön på 305 kr
- Lossningstider enligt studie och antagna timlöner för delaktiga på 305 kr
- Frekvensstudie och armerares antagna timlön på 305 kr



Figur 8: Total kostnad för armering, inkl montering. Exempel från projekt B.

2.3 Projekt C: Bostadsrätter

Projektet

Entreprenören bygger 40 bostadsrätter. Arbetet påbörjades i maj 2010 och färdigställs under oktober 2011. Stommen består av betong med platsgjutna väggar och plattbärlag i fyra plan uppdelat på sex etapper. Entreprenadsumman är 55 miljoner kronor. Celsa Steel Service levererar totalt 63 ton ILF armering till arbetsplatsen under perioden 2010-05-04 till 2010-10-29.



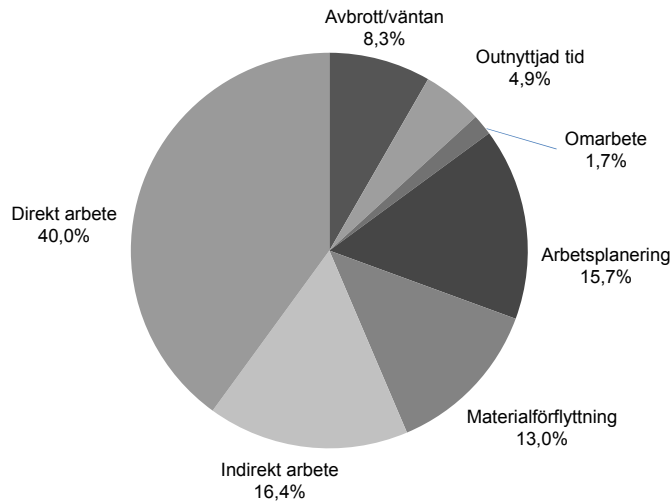
Figur 9: Samtidig armering, elinstallation och utsättning på plattbärlag i projekt C.

Armeringsarbetet

Upp till två armerare följdes parallellt under tre efter varandra följande dagar vid montering av bjälklagsarmering UK (skarvnät, byglar och rakjärn). Totalt gjordes 902 registreringar. Av arbetstiden ägnades 40% åt monteringsarbete och 45% åt förberedelser, se figur 10. Tidsförlusterna, dvs det rena slöseriet, motsvarade endast 15% av arbetstiden. Under monterings-tiden utfördes även tidsödande arbete med att fixera plåtar i väggen med hjälp av armering. Under denna period monterades 65,8 kg/timme noterades. Under den period då fixering av plåtar inte ingick i armeringsarbetet monterades 122 kg/timme. Anledningen till att armerarna är så effektiva beror, enligt platschefen, på lagbasens erfarenhet och förmåga att motivera yrkesarbetarna. En förklaring till att man har förhållandevis lite slöseri är att armerarna arbetar enskilt. Armerarna arbetar efter ackord precis som i övriga projekt. Detaljerade resultat redovisas i bilaga 1.

Värdeflödet

I värdeflödesanalysen följdes 277 kg blandande A-järn, 101 järn fördelat på sex olika littera. Den totala tiden från bilens ankomst till slutmonterat material var 391 minuter, dvs 6½ timma. Materialet mellanlagraades under 77% av tiden. Det flyttades och förbereddes under 14% av tiden och slutmonterades 9% av tiden. Trots att värdeflödet är kort och effektivt diskuteras möjligheter till ytterligare förbättringar.



Figur 10: Vad armerarna ägnar sin arbetstid åt. Exempel från projekt C.

Lastbilschauffören behöver ofta vänta vid fabriken i Halmstad på att armeringen ska bli färdig. Det leder till att chauffören antingen blir försenad till byggarbetsplatsen eller att det blir extra transporter i de fall man väntar med att lasta den armering som inte är färdig i produktion till ett senare tillfälle. Chauffören påpekar att planeringen underlättas om det finns information om när byggarbetsplatsen har raster. Vidare berättar han att lossningen skulle gått smidigare om han anlät klockan 07:00-07:30 eftersom arbeten inte kommit igång vid den tiden. Kranföraren har starka åsikter om hur materialet ska lastas vid fabriken. Han menar att det är "för jävligt" ibland och syftar då på lastningen av armering hos vissa tillverkare. Han berättar att det tar 3-4 timmar att lossa från en fellastad kapellbil. "Först måste man lossa allt material för att komma åt det som ska lämnas på byggplatsen. Sedan får man lasta på igen." En armerare förklarar att "vi skulle spara massor av tid om Celsa hade buntat materialet etappvis".

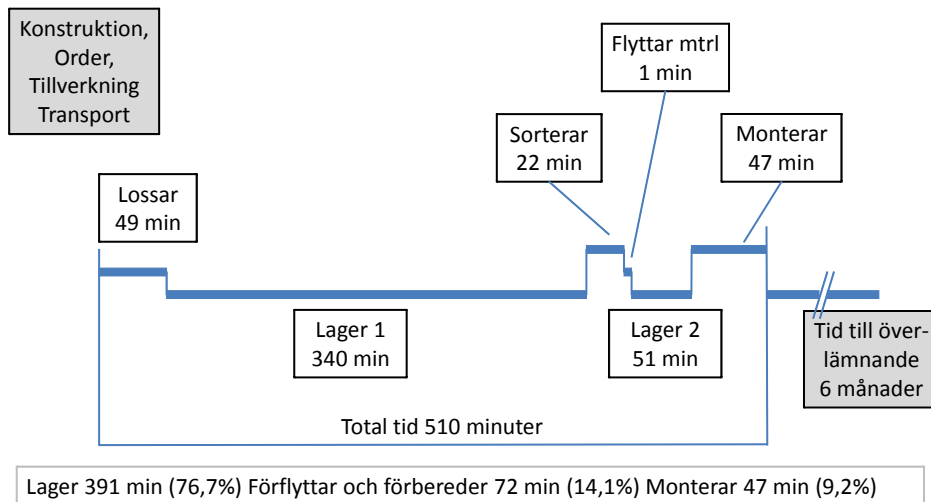
Under studien uppstår problem med de prefabricerade plattbärlagen. Armeringsstegen verkar vara felmonterade. Flera yrkesgrupper samlas och diskuterar problemet. Man är överens om att projekteringen är otroligt viktig, liksom att göra kollisionkontroller.

Totalkostnaden

Den totala kostnaden för det studerade materialet var 11 882 kr/ton, varav materialet kostade 6480 kr/ton (54%), frakten 522 kr/ton (4%) och hanteringen på byggplatsen 4680 kr/ton (40%). Den effektiva hanteringen på byggplatsen ger direkt utslag på totalkostnaden. Några förklaringar till den goda effektiviteten är god arbetsledning med aktiva lagbaser och en enkel konstruktion med okomplicerat monteringsförfarande.

Materialflödet

227kg blandande A-järn, 101 järn fördelat på 6st olika littera. Vagg

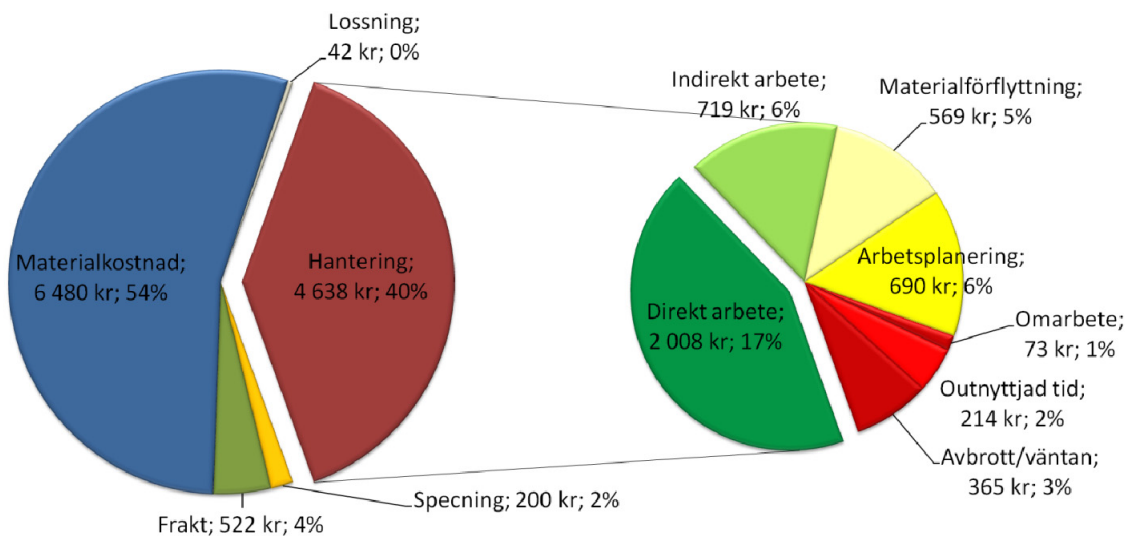


Figur 11: Materialflödet för armering. Exempel från projekt C.

Totalkostnadsfördelning (kr/ton)

Kostnader beräknas utifrån:

- ILF snittpris under 2010, 6480 kr/ton
- Frekvensstudie och armerares antagna timlön på 305kr
- Lossningstider enligt studie och antagna timlöner för delaktiga på 305 kr
- Antagen specningskostnad; 200 kr/ton
- Noterade inlagda 65,8 kg/timme inkl förflyttning, sortering



Figur 12: Total kostnad för armering, inkl montering. Exempel från projekt C.

2.4 Projekt D: Tråg och betongtunnel

Projektet

Entreprenören bygger en bro och en tråg/betongtunnel, arbetet är utförandeentreprenad och värdet av kontraktet är ca 440 miljoner kronor. Arbetet pågår under två års tid och påbörjades under 2009. Totalt har Celsa Steel Service levererat 640 ton klippt och bockad armering till byggarbetsplatsen. Platsledningen uppskattar kostnaden av betongarbeten till 120 miljoner kronor, varav armeringsarbeten utgör 30 miljoner kronor.



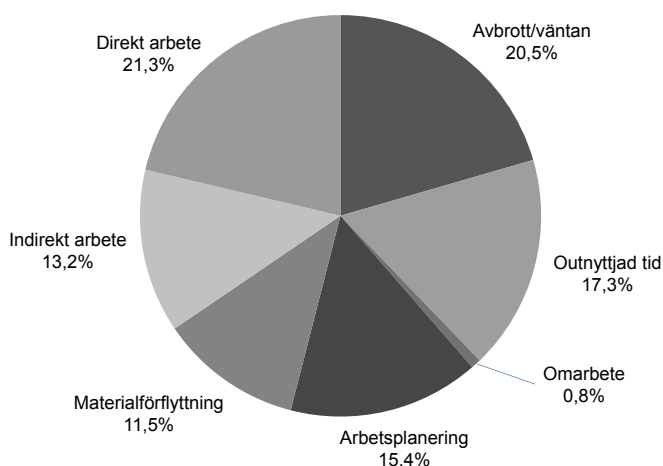
Figur 13: Balansering på armeringsjärn samtidigt som monteringsjärn najas på plats.

Monteringsarbetet

Fem armerare följdes under en eftermiddag vid montering av A-järn i bottenplatta och vägg. Totalt gjordes 1557 registreringar. Av arbetstiden ägnades 21% åt monteringsarbete och 40% åt förberedelser, se figur 13. Tidsförlusterna, dvs det rena slöseriet, motsvarade hela 39% av arbetstiden. Detaljerade resultat redovisas i bilaga 1. Under tidsstudien monterades endast 19,3 kg/timma.

I detta fall förekom felaktig specifikation, vilket ledde till extraarbete för att klippa och bocka armering på byggarbetsplatsen, extra telefonsamtal och extra möte med berörda aktörer. Felspecifikationen ledde till en extra arbetsdag för fyra armerare och extra tid för tjänstemän. För att lösa ersättningsfrågor användes ABM07 som underlag.

Under studietiden noterades onödig sortering och slöseri som berodde på att materialet var specificerat med samma färgkodning till olika byggnadsdelar och armeringen kom därför buntad tillsammans trots att den skulle till olika inbyggnadsställen. Med bättre kommunikation mellan den som specificerade armeringen och armerarna hade slöseri kunnat undvikas.



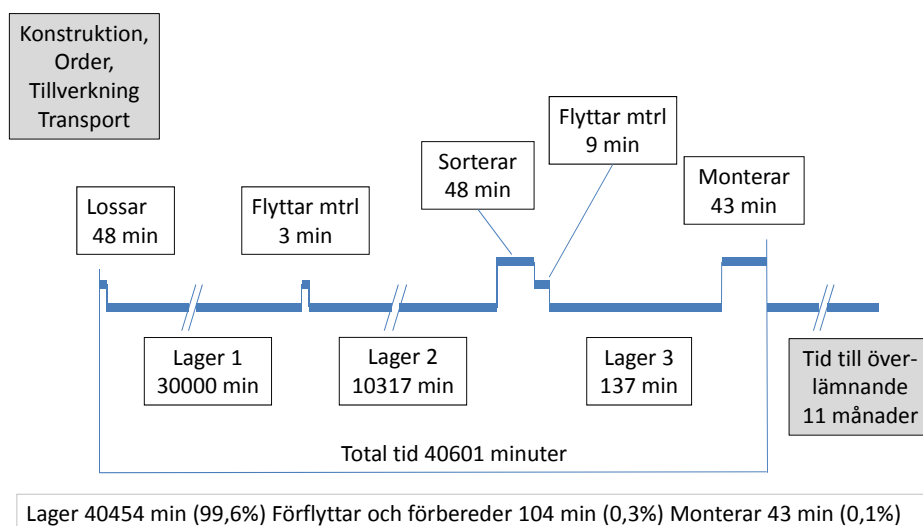
Figur 14: Vad armerarna ägnar sin arbetstid åt. Exempel från projekt D.

Värdeflödet

I värdeflödesanalysen följdes 30 st A-järn (96 kg) i differentierade längder sorterade i 10 grupper med 3 järn i varje grupp. Materialet lossades 19 maj och byggdes in 14 september, varför den totala tiden från bilens ankomst till slutmonterat var ca fyra månader (40601 minuter). Det medförde naturligtvis att tiden för mellanlagring dominerar och att tidsandelen för hantering och montering blir näst intill försumbar. Leveransen skedde inte enligt avtal med kranbil, vilket gav entreprenören extra arbete med lossning. Det fanns också synpunkter på hur armeringsarbetet på byggsplatsen kunde genomförts effektivare genom användning av rullarmering på flera områden.

Materialflödet

Vägg, Tråg (96 kg)



Figur 15: Materialflödet för armering. Exempel från projekt D.

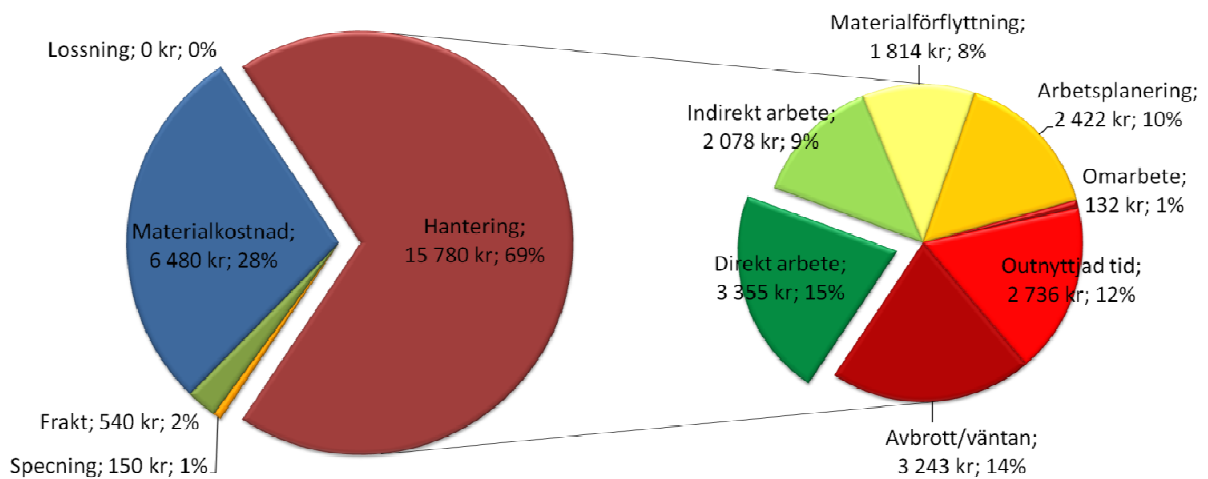
Totalkostnaden

Den totala kostnaden för det studerade materialet var 22 950 kr/ton, varav materialet kostade 6480 kr/ton (28%), frakten 540 kr/ton (2%) och hanteringen på byggplatsen 15 780 kr/ton (69%). Den höga kostnaden beror främst på det stora arbetslaget och bristande arbetsplanering samt en komplicerad gjutform som försvårade arbetet. Felleveranser och felspecifikationer i kombination med onödig sortering bidrog negativt till arbetsmoralen, som i sin tur ledde till långa raster. Om ett fel uppstår löser en eller två personer problemet, medan övriga i arbetslaget väntar. Bodarnas placering långt från arbetsstället är en ytterligare bidragande faktor till den höga kostnaden.

Totalkostnadsfördelning (kr/ton)

Kostnader beräknas utifrån:

- ILF snittpris under 2010, 6480 kr/ton
- Kostnader för lossning redovisas ej
- Frekvensstudie och armerares antagna timlön på 305kr
- Noterade inlagda 19,3 kg/timme inkl förflyttning, sortering och exkl.



Figur 16: Total kostnad för armering, inkl montering. Exempel från projekt D.

3 Resultat

3.1 Vad gör armeraren?

De studier som presenteras i rapporten är begränsade. De har genomförts under korta tidsperioder och fått karaktären av stickprovsundersökningar. Därför ska de betraktas som exempel på hur det kan se ut. De ger dock sammantaget en god fingervisning om hur arbets-situationen ser ut för de armerare som arbetar ute på byggplatser. Monteringsarbetet utgör i storleksordningen 20-30% av arbetstiden och förberedelserna 30-45% av arbetstiden, se figur 17. Bäst möjligheter att effektivisera arbetet och skapa en bättre arbetssituation är dock att söka reducera tidsförlusterna. Dessa varierar i hög grad, men utgör sannolikt i storleks-ordningen 20-40% av arbetstiden vid majoriteten byggprojekt.

Tidsförlusterna, som ofta underskattas, kan uppkomma av flera olika skäl. Avbrott och väntan uppstår huvudsakligen när många personer arbetar på ett begränsat utrymme, t ex när två armerare hjälps åt med moment som bara kan utföras av en i taget, och vid skifte av olika aktiviteter. Denna naturliga paus mellan aktiviteterna blir ofta betydligt längre än nödvändigt och fylls ofta med väntan, diskussion om arbetsutförandet eller t o m avbryter någon annan yrkesarbetare i sitt arbete. Vikten av jämna flöden är uppenbar.

Armeringsarbete är ett tungt arbete. På en byggplats bar, eller snarare balanserade, armerarna långa 32 mm järn om vardera 20 kg över axeln eller sträckt högt över huvudet då de gick uppför trappor. Alla armerare som intervjuades under studien hade ont på något ställe i kroppen, mest i axlarna.

Arbetsituationen är alltså i hög grad beroende av hur arbetet är planerat på byggplatsen och hur personalen informeras och stimuleras i arbetet. Den är också beroende av när materialet anländer till byggplatsen, hur det är packat på fordonet, huruvida det är sorterat eller inte, huruvida det är märkt eller inte, hur mottagningen och lossningen är planerad.

	<i>Projekt A</i>	<i>Projekt B</i>	<i>Projekt C</i>	<i>Projekt D</i>
	ILF – plattbärlag rakjärn, byglar	ILF - bro, byglar, rakjärn	ILF – plattbär- lag, skarvnät, byglar, rakjärn	ILF – tråg, rakjärn
<i>Antal observationer</i>	<i>987</i>	<i>1764</i>	<i>902</i>	<i>1557</i>
Monteringsarbete	20,8	30,6	40,0	21,3
Förberedelser	32,3	43,4	45,1	40,0
Tidsförluster	46,9	26,0	14,9	38,7

Figur 17: Hur armerarens arbetstid utnyttjas (% av arbetstid).

3.2 Hur effektivt är värdeflödet?

Vid uppföljningen av värdeflödet har en eller flera armeringstyper följts från den tidpunkt då transportbilen anländer till byggplatsen till den tidpunkt då materialet är monterat på dess slutliga plats. Trots att även värdeflödesanalyserna har varit begränsade och bör betraktas som enskilda exempel framträder också här tydliga tendenser. Värdeflödet längd, dvs tiden från

ankomst till slutmontage, varierar från en dag till 17 veckor. Antalet mellanlagringar på byggplatsen varierar från två till fyra.

Aktivitet	Projekt A	Projekt B	Projekt C	Projekt D
Montering	6,2%	1,0%	9,2%	0,1%
Lossning, flytt	5,9%	5,9%	14,1%	0,3%
Lager	87,9%	93,1%	76,7%	99,6%
Tid från ankomst till slutmontering	2 veckor	4 dagar	1 dag	17 veckor
Antal mellanlager	3	4	2	3

Figur 18: Värdeflödet (% av tid från ankomst till monterat.)

Analysen begränsas till tidsperioden från materialets ankomst till byggplatsen till dess att det monterats på dess slutgiltiga plats. Detta arbete föregås av en lång process med konstruktion, order, tillverkning och frakt. Arbetet efterföljs av en lång tidsperiod till dess att produkten tas i bruk. Under denna period kan materialet betraktas som vara mellanlagrat!

Värdeflödesanalysen baseras på fem åttatimmars arbetsdagar per vecka, dvs endast ca 21% av veckans tillgängliga tid. Är det möjligt att genomföra arbetsmoment efter kl 16 för att reducera de totala kostnaderna?

3.3 Vad kostar materialleveransen egentligen?

Studien visar att kostnaderna för att hantera materialet är ungefär lika stora som priset för materialet, se figur 19 och 20. I de olika projekten har priserna varierat inbördes, bl a beroende av stora prisrörelser på skrot, som är råvaran vid tillverkning vid armering. Prisskillnader i de olika inbördes projekten beror alltså nästan uteslutande på spekulativa indexrörelser och tillfälliga marknadsanpassningar. Därför redovisas snittpriset 6480 kr/ton, för all ILF Celsa Steel Service levererade under helåret 2010, i samtliga projekt. Detta snittpris ger en tydlig bild av Celsa Steel Service förädlingskostnader, råvarupris och marginaler tillsammans under helåret 2010.

Skillnaderna i fraktkostnaden i de olika projekten förklaras genom avståndet till Celsas närmaste produktionsanläggning. Men till största del beror priset på hur många ton armering som lastbilen transporterar vid det aktuella tillfället. Den ökade kostnaden per ton vid fler mindre leveranser förväntas vara större än de ökade kostnaderna för lager och hantering som större och färre leveranser innebär. Detta är anledningen till att man i de flesta fall har armeringen liggande på byggarbetsplatsen under långa tider innan det monteras.

De stora variationerna i hanteringskostnaden på arbetsplatsen beror på vilka förutsättningar armerarna ges och deras enskilda arbetsmoral. Det finns tydliga tendenser till att arbetsmiljön spelar stor roll i hur produktiv man är. I projekt B och D, där inläggningshastigheten är som lägst, förekommer många tunga lyft och direkt hälsofarliga arbetsställningar. Armeringsjärnen har stora dimensioner och är långa och tunga. En annan faktor som bidrar negativt i dessa projekt är de komplexa konstruktionerna. I projekt B är det högt armeringsinnehåll med många olika bygeltyper som ställer till svårigheter och i Projekt D är det en besvärlig gjutform som ökar monteringssvårigheten. I båda dessa projekt är armeringen mer tidskritisk än i projekt A

och projekt D, därför har man i dessa fall ett större arbetslag som monterar armering. De större arbetslagen bidrar snabbt till minskad produktivitet om det uppstår fel. Ett fel förstör för fem personer i stället för bara en om arbetslaget varit litet. För att öka produktiviteten i dessa två projekt bör antalet fel reduceras och arbetsmiljön förbättras. Detta kan ske genom att lägga mer resurser på planering av genomförandet och användningen av tekniska och maskinella hjälpmedel.

I projekt A och C är det små dimensioner på järnen som tillåter ett högt tempo utan längre pauser med vila. Armeringsjärnen monteras på stora fria arbetsytor som ger utmärkta förutsättningar. Då arbetsmiljön är god och tillåter flera yrkeskategorier att arbeta på samma ställe ställs höga krav på planering och styrning av arbetet och den egna disciplinen. Det syns tydligt genom de stora skillnaderna mellan produktiviteten i projekt A och C. För att öka produktiviteten i dessa projekt bör mer resurser läggas på planering av det logistiska flödet och samordna de olika yrkesgrupperna för att undvika produktionsstopp.

Lägg märke till att kostnadsredovisningen avseende hanteringen på byggplatsen endast tar hänsyn till kostnaden för armerarnas arbete, dvs byggtreprenörens kostnader för maskiner och utrustning, arbetsledning och etablering i övrigt ingår inte. Vi har t ex sett att materialet ibland lagras under lång tid på byggplatsen. Lång lagringstid medför kostnader i form av kapitalbindning, ökad administration liksom ökad risk för spill. Detta understryker de möjligheter till besparingar som ligger i att strukturera upp materialflöden och materialhantering.

	Projekt A	Projekt B	Projekt C	Projekt D
Material	6480	6480	6480	6480
Frakt	948	616	522	540
Arbete på byggplatsen	4375	7020	4680	15780
Totalt	11803	14116	11682	22800

Tabell 19: Bedömning av total kostnad (kr/ton) för armering, inkl montering.

	Projekt A	Projekt B	Projekt C	Projekt D
Material	55	46	56	29
Frakt	8	4	4	2
Arbete på byggplatsen	37	50	40	69
Totalt	100	100	100	100

Tabell 20: Bedömning av total kostnad (% av total kostnad) för armering, inkl montering.

4 Slutsatser och rekommendationer

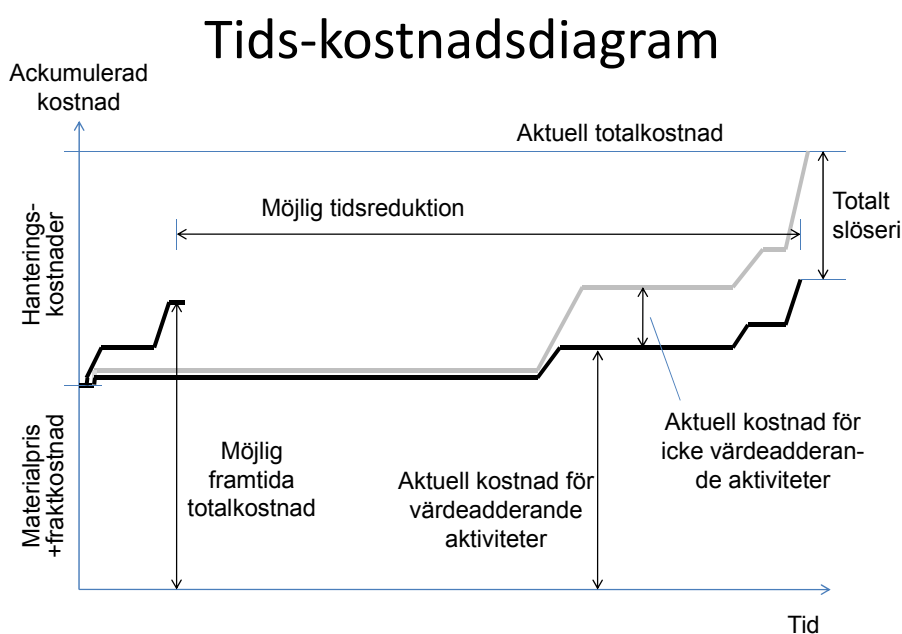
4.1 Slutsatser

Den här rapporten handlar om vad byggmaterial kostar egentligen, dvs vad den totala kostnaden är för att få ett visst material slutmonterat på plats i byggnaden eller anläggningen. Med exempel från armeringsprodukter av typ ILF som stöd kan det konstateras att kostnaden för att hantera materialet kostar i storleksordningen lika mycket som det kostar att tillverka samma material. I de fyra delstudierna är fraktkostnaden 310-948 kr/ton och hanteringen på byggplatsen 4375-15779 kr/ton. Variationerna i hanteringen på byggplatsen kan förklaras av vilka förutsättningar som råder på byggplatsen, inte minst av hur väl materialflödet planerats.

Kostnaden för att lossa, hantera och montera armeringsmaterial på byggplatsen kostar lika mycket som materialpriset.

Förbättringsmöjligheterna är uppenbara. Uppföljningarna av armerare visar att 15-45% av deras arbetstid utgörs av tidsförluster. Uppföljningarna av materialflödet på byggplatsen visar att materialet mellanlagras 2-4 gånger innan monteringen. Studierna visar vidare att problem ofta uppstår vid lossningen och att materialet ofta måste sorteras om på byggplatsen. I figur 21, som baseras på de fyra projekt som följts upp, redovisas hur kostnaden för armeringsmaterial ackumuleras över tiden.

Totalkostnaden kan sannolikt minska med ca 20-40% vid majoriteten av alla byggprojekt. Totaltiden på byggplatsen kan sannolikt kortas med 60-90% vid många byggprojekt.



Figur 21: Tids-kostnadsdiagram baserat på de fyra praktikfall som presenterats.

Förbättringsmöjligheten blir än mer uppenbar då processen betraktas i ett större perspektiv.

- Då materialet slutmonterats kan det betraktas som att ligga i mellanlager då det dröjer ytterligare lång tid innan produkten tas i bruk.
- Byggarbetet pågår i regel under 40 timmar per vecka, dvs ca 24% av tillgänglig tid. Det finns alltså många möjligheter med att utnyttja större andel av tiden.
- Kostnaden för tjänstemän, maskiner och utrustning, bodetablering, energi mm har ej beaktats. Då hänsyn tas även till dessa kostnader blir vikten av planerat materialflöde än tydligare.
- I många projekt är armeringsarbetet en tidskritisk aktivitet, dvs en försening i armeringsarbetet leder till förseningar i alla efterföljande aktiviteter.

Möjligheten att reducera den totala kostnaden för material bekräftas av de många idéer som de individer som hanterar materialet lämnat under studierna, bl a de förare som fraktar materialet och de armerare som tar emot, hanterar och monterar materialet på byggplatsen. Möjligheten understryks ytterligare av de åtgärder som Celsa Steel Service själva vidtagit baserat på studierna och som sammanfattas i bilaga 6.

Möjligheten att reducera den totala kostnaden för armeringsmaterial bekräftas av de många idéer som armerarna och lastbilsförarna berättat om under studierna.

Det råder alltså ingen tvekan om att det finns goda möjligheter att reducera totalkostnaden för armeringsmaterial. Armeringstillverkaren och byggentreprenören kan var och en vidta åtgärder, men den största potentialen ligger i att de tillsammans utvecklar lösningar för effektivare och säkrare materialflöden.

Den största potentialen ligger i att tillverkaren och byggentreprenören tillsammans utvecklar lösningar för effektivare och säkrare materialflöden.

4.2 Förslag på åtgärder

Här följer förslag på åtgärder för effektivare försörjningskedja av armering.

Långsiktiga och tidiga leverantörssamarbete

Då leverantören kan vara med i tidiga skeden finns goda möjligheter för entreprenören att hitta produkt- och tjänstelösningar för låga totalkostnader utifrån de förutsättningar som råder i det specifika projektet. Leverantören har specialkompetens att föreslå effektiva armeringsförfaranden grundade i totalkostnadsperspektiv. Entreprenören har planeringskunskap och överblick över hela projektet och alla försörjningskedjor. I långsiktiga samarbeten kan parterna gemensamt utveckla befintliga processer som gagnar vidareutveckling av såväl varor som tjänster. På så sätt kan de utveckla säkra rutiner för ett kvalitativt och resurseffektivt arbete som alla inblandade känner trygghet i. En utmaning att övervinna är att få alla inblandade parter att förstå betydelsen av att förlänga planeringsprocessen före byggstart. En extra planeringsvecka kan ge stora effekter.

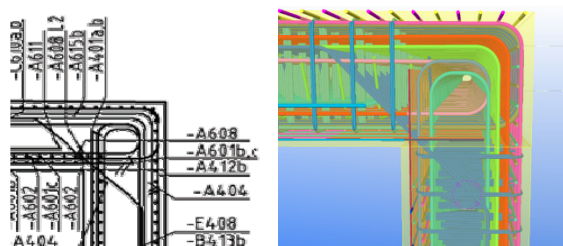
Ökad grad av prefabricering

Prefabricerade armeringsenheter kräver längre leveranstider än vad som gäller för ILF. Ökad prefabriceringsgrad kräver också bättre planering hos såväl leverantören som entreprenören. En tydlig fördel med ökad prefabricering är å andra sidan att en större andel av armeringsarbetet kan ske i skyddad fabriksmiljö. En annan tydlig fördel är att hanteringstiden på bygg-

platsen kortas. I praktiken kan armeringsenheten lyftas på plats så snart formen står färdig. För rullarmering är t ex utläggningstiden runt en tiondel av vad den är för konventionell metod.

3D-modellering av armeringen - för tydligare monteringsanvisningar och kvalitetssäkring

3D-modellering av armeringskonstruktionen med hjälp av BIM- verktyg kan användas för att underlätta både specifikationsförfarandet och monteringsförfarandet. När den person som specificerar modellerar konstruktionen i 3D kan en visuell kontroll enkelt genomföras för att se att armeringsjärnen är monterbara och har rätt geometrier. Efter modelleringen genereras armeringsspecifikationer automatiskt utan risk för mänskliga fel. Den person som specificerar ges därmed både mer tid och bättre möjlighet till kvalitetssäkring, identifiering armering som går att prefabricera och till att skapa produktionsvänliga handlingar.



Figur 22: Traditionell bygghandling av armering jämfört med en 3D-model.

Tydliga ansvarsområden och hård styrning

Armeringsarbetet löper effektivast när armeraren slutför ett arbetsmoment utan avbrott. Även till synes mindre avbrott för att hämta verktyg eller material, eller för att hjälpa en kollega, följs avbrottet av aktiviteter som klassas som rent slöseri. Dessutom avbryter ofta armeraren vid dessa tillfällen andra yrkesarbetare som är mitt uppe i sitt monteringsarbete. Det är därför viktigt med tydliga ansvarsområden och hård styrning.

Armeringsarbete efter kl 16

Allt armeringsarbete sker i huvudsak mellan klockan 07 och 16, dvs samtidigt som alla andra yrkesgrupper är på plats. Det blir ibland trångt på den arbetsyta som tilldelats och längs transportvägarna. Det vore intressant att prova att förskjuta arbetsdagen för armeringsarbetet några timmar för att minska trängseln och risken för störningar.

5 Referenser

Agapiou, A., Clausen, L.E., Flanagan, R., Norman, G., och Notman, D. (1998) The role of logistics in the materials flow control process. *Construction Management and Economics*. Vol. 16, No. 2, pp. 131–137.

Bankvall, L., Bygballe, L., Dubois, A., och Jahre, M. (2010) Interdependence in supply chains and projects in construction, *Supply Chain Management: An International Journal*. Vol. 15, No. 5, pp. 385-393.

Bell, L.C., och Stukhart, G. (1987) Costs and benefits of materials management systems, *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 113, No. 2, pp. 222-234.

Bertelsen, S., och Nielsen, J. (1997) Just-in-time logistics in the supply of building materials. *Proceedings of the 1st International Conference on Construction Industry Development: Building the future Together*. Singapore.

Josephson, P.-E., och Saukkoriipi, L. (2005) Slöseri i byggprojekt – behov av förändrat synsätt, FoU-Väst RAPPORT 0507, Sveriges Byggindustrier. Tillgänglig på www.chalmers.se/cmb.

Josephson, P.-E., och Saukkoriipi, L. (2009) 31 rekommendationer för ökad lönsamhet i byggandet – att minska slöseriet, FoU-Väst RAPPORT 0904, Sveriges Byggindustrier. Tillgänglig på www.chalmers.se/cmb.

Larsson, B. (1983) *Materialförbrukning på byggarbetsplatsen*, Report 11, Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, Chalmers tekniska högskola.

Lindén, S., och Josephson, P.-E. (2011) Understanding costs for on-site material handling in housing, Preliminärt accepterad för publicering i vetenskaplig tidskrift.

Lindhe, N. (1996) Effektivare materialanvändning på byggarbetsplatsen. En studie av materialspill, FoU-Väst-RAPPORT 9603, Sveriges Byggindustrier.

Vrijhoef, R., och Koskela, L. (2000) The four roles of supply chain management in construction. *European Journal of Purchasing & Supply Management*. Vol. 6, No. 3-4, pp. 169-178.

Bilaga 1: Data för fyra projekt

	<i>Proj A</i>	<i>Proj B</i>	<i>Proj C</i>	<i>Proj D</i>	<i>ALLA</i>
10 Direkt arbete	20,8%	30,6%	21,3%	40,0%	27,6%
11 Direkt arbete nyproduktion	20,8%	30,5%	21,3%	39,6%	27,5%
12 Förtillverkning	0,0%	0,1%	0,0%	0,4%	0,1%
20 Indirekt arbete	14,2%	18,4%	13,2%	16,4%	15,7%
20 Mätning för direkt arbete	0,8%	4,7%	2,9%	2,5%	3,1%
21 Hantering av material på arbetsstället	5,5%	6,8%	6,2%	7,3%	6,4%
22 Hantering av utrustn. på arbetsstället	3,1%	4,0%	1,5%	4,4%	3,2%
23 Mätning för förtillverkning	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%
24 Kontroll av utfört arbete	0,3%	0,8%	0,6%	0,7%	0,6%
25 Grovstädning	0,1%	0,1%	0,2%	0,0%	0,1%
26 Leta efter material/utrustning	0,2%	1,6%	0,3%	0,2%	0,7%
27 Provisorier, inkl skyddsarbeten	0,3%	0,2%	1,3%	0,0%	0,5%
28 Lossning/mottagning material	3,9%	0,2%	0,1%	1,1%	1,0%
30 Materialförflyttning	8,3%	12,1%	11,5%	13,0%	11,4%
31 Flytta material	5,0%	10,9%	10,8%	8,9%	9,4%
32 Flytta utrustning/provisorier	3,3%	1,2%	0,7%	4,1%	2,0%
40 Arbetsplanering	9,8%	12,9%	15,4%	15,7%	13,5%
41 Diskussion om arbetsutförande	3,7%	8,3%	8,9%	3,4%	6,8%
42 Ritningsläsning	2,8%	0,0%	0,8%	4,9%	1,6%
43 Arbetsplanering	0,8%	0,7%	1,5%	3,5%	1,4%
44 Samordning	0,7%	0,0%	0,1%	0,4%	0,2%
45 Planeringsmöten	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
46 Inspektion inför arbete	1,7%	3,9%	4,1%	3,4%	3,5%
50 Korrigering	1,2%	0,0%	0,8%	1,7%	0,8%
51 Direkt arbete korrigering	1,2%	0,0%	0,4%	1,3%	0,6%
52 Indirekt arbete korrigering	0,0%	0,0%	0,4%	0,3%	0,2%
60 Outnyttjad tid	20,1%	5,1%	17,3%	4,9%	11,5%
61 Personliga behov	2,5%	1,1%	0,6%	2,0%	1,4%
62 Icke-arbetsrelaterad diskussion	12,3%	3,3%	7,6%	2,0%	6,0%
63 Sen ankomst	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,1%
64 Tidig hemgång	4,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%
65 För lång rast	0,8%	0,7%	9,2%	0,4%	3,2%
70 Avbrott/Väntan	25,6%	20,9%	20,5%	8,3%	19,5%
71 Avbrott pga info-/samordningsbrister	0,3%	0,9%	1,3%	0,0%	0,7%
72 Avbrott pga materialbrist	1,6%	0,3%	0,3%	0,0%	0,5%
73 Avbrott pga maskinbrist	4,9%	0,3%	0,1%	0,9%	1,2%
74 Avbrott pga arbetsbrist	0,2%	0,1%	0,2%	0,0%	0,1%
75 Väntan på annan person	0,8%	5,5%	8,6%	1,4%	4,8%
76 Väntan utan synbar anledning	3,9%	6,5%	4,3%	1,3%	4,5%
77 Förflyttning	11,3%	7,1%	5,7%	4,4%	7,0%
78 Leta efter material pga oordning	2,6%	0,2%	0,1%	0,2%	0,6%

Bilaga 2: Koder för frekvensstudien

Monteringsarbete

- 11 Direkt monteringsarbete. Allt arbete som skapar ökat värde för kunden där materialet sitter fast i huset. Inkluderar även rivning av gamla rör.
- 12 Förtillverkning. Allt arbete som skapar ökat värde för kunden där materialet inte sitter fast i huset.

Indirekt monteringsarbete

- 20 Mätning för direkt arbete.
- 21 Hantering av material på arbetsstället. Då man släpper/plockar upp/flyttar material mindre än 10 meter eller 10 sekunder.
- 22 Hantering av utrustning på arbetsstället. Då man släpper/plockar upp/flyttar utrustning mindre än 10 meter eller 10 sekunder. Utrustning inkluderar allt som inte byggs in, bl a verktyg, penna, måttstock, hink, elsladd, lift, mm.
- 23 Mätning för förtillverkning. All tänkbar sorts mätning.
- 24 Kontroll av utfört arbete. Kontroll av att det egna arbetet blivit rätt utfört.
- 25 Grovstädning. All sorts städning som sker på arbetsplatsen.
- 26 Leta efter material/utrustning. Letande efter material eller utrustning då sakerna befinner sig i ordning.
- 27 Provisorier, inkl skyddsarbeten. Säkerhetsarbete, inkl att ta av och på sig skyddsutrustning (Provisorier förekom inte en enda gång).
- 28 Lossning/mottagning material.

Materialförflyttning

- 31 Flytta material. Då man släpper/plockar upp/flyttar material längre än 10 meter eller 10 sekunder.
- 32 Flytta utrustning/provisorier. Då man släpper/plockar upp/flyttar utrustning längre än 10 meter eller 10 sekunder.

Arbetsplanering

- 41 Diskussion om arbetsutförande. Diskussion om på vilket sätt ett arbete ska utföras.
- 42 Ritningsläsning.
- 43 Arbetsplanering. Då arbetaren stått på stället utan att göra något har detta tolkats som arbetsplanering och inte som "väntan utan synbar anledning" såvida inte kroppsspråket gör det mycket troligt att arbetsplanering inte sker.
- 44 Samordning. All diskussion om hur man ska samordna arbetet med andra yrkesgrupper (bortsett från planeringsmöten).
- 45 Planeringsmöten.
- 46 Inspektion inför arbete.

Omarbete

- 51 Direkt arbete korrigerig. Motsvarigheten till koderna 11-12, men då något korrigeras (oavsett vem som orsakat felet).
- 52 Indirekt arbete korrigerig. Motsvarigheten till koderna 21-46, men då något korrigeras.

Outnyttjad tid

- 61 Personliga behov. Toalettbesök, hantera sina kläder (bortsett från skyddsutrustning), justera musikspelare, mm.
- 62 Icke-arbetsrelaterad diskussion. All form av kommunikation som inte är kopplad till arbetet.
- 63 Sen ankomst.
- 64 Tidig hemgång.
- 65 För lång rast.

Avbrott/Väntan

- 71 Avbrott p g a info-/samordningsbrister.
- 72 Avbrott p g a materialbrist.
- 73 Avbrott p g a maskinbrist.
- 74 Avbrott p g a arbetsbrist.
- 75 Väntan på annan person. Väntan på annan person, oavsett om denna person utför arbete, förflyttar sig, svarar i telefon eller något annat.
- 76 Väntan utan synbar anledning.
- 77 Förflyttning. Förflyttning utan något i händerna.
- 78 Leta efter material p g a oordning. Letande efter material eller utrustning då sakerna inte befinner sig i ordning.

Rast mm

- 81 Avtalsenlig rast. Rasten räknas från det att montören passerar dörren till boden. Denna kod har inte använts i analysarbetet.
- 82 Diskussion med observatör. Denna kod har inte använts i analysarbetet.

Görs flera arbetsmoment samtidigt, t ex att montören diskuterar arbetsutförandet med arbetsledaren samtidigt som han/hon monterar, har det i första hand klassats som monteringsarbete (kod 11-12), i andra hand förberedelser (kod 21-46) och i tredje hand som tidsförlust (kod 51-78).

Då planering av arbetet har skett under den ordinarie rasten har inte detta registrerats, även om rasten senare har blivit för lång. Men då arbetsplanering skett i arbetsboden efter rastens slut, har detta kodats som arbetsplanering.

Bilaga 3: Utdrag ur observatörens anteckningar

Utdrag ur observatörens anteckningar vid frekvensstudien. Se bilaga 2 för koder.

Klockslag	Kod	Kommentarer
12:37	43	Pratar med kranförare om lyft
12:38	44	
12:39	62	
12:40	62	
12:41	73	Väntar på tornkran
12:42	73	
12:43	53	Hjälper till med annat för att kran ska bli ledig snabbare.
12:44	53	Om materialet lastats av direkt på arbetsställe hade förflyttning ej behövts
12:45	73	
12:46	53	
12:47	31	Bär förhand mtrl från upplag till arbetsstället
12:48	43	
12:49	78	
12:50	31	Plockar ihop material ifrån upplag och bär till rätt etapp
12:51	31	Svårigheter med hantering pga av buntning i stort knippe
12:52	31	
12:53	31	
12:54	31	
12:55	77	
12:56	43	
12:57	42	
12:58	42	
12:59	73	Kran krånglar
13:00	73	
13:01	42	
13:02	42	
13:03	21	Plockar isär bunten
13:04	77	
13:05	21	Sorterar material vid upplag
13:06	31	
13:07	77	
13:08	31	Bär för hand eftersom kran ej fungerar
13:09	31	Vid handlyft riskerar trilla, kroppsbelastning axel
13:10	73	
13:11	77	Om man varit två stycken hade arbetet inte gått fortare
13:12	31	
13:13	77	Förflyttning mellan arbetsställen
13:14	21	Lossar skarvnät på plats
13:15	22	Klar med torn kran går direkt till andra arbeten
13:16	41	Armeringsstick från balkong ligger fel

Bilaga 4: Relationskartläggning Projekt B

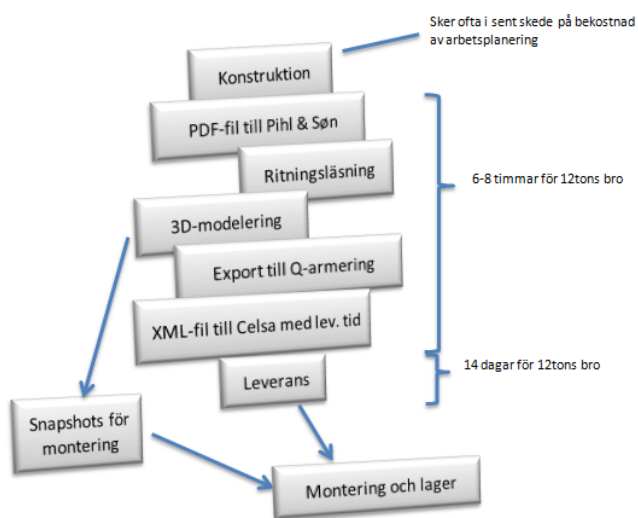
Följande text är ett utdrag ur observatörens beskrivning av värdeflödet i projekt B.

Tillsammans med byggföretagets platsledning uppskattades cykeltider och aktiviteter relaterade till administrativa delar. En relationskarta ritades. Det som är anmärkningsvärt är att informationsutbytet mellan Celsa och entreprenören är väldigt litet samt att felkällorna i specningsprocessen är få då stora delar av informationsförändlingen sker automatiskt i datorbaserade hjälpmedel. Den tid det tar att bygga en 3D-modell, upprätta byggbeskrivningar i 3D, göra visuell kvalitetskontroll och specificera

armeringen i Q-armeringsformat tar ungefär lika mycket tid som det tar att upprätta armeringsspecifikationer på traditionellt sätt med betydligt fler felkällor. En del i processen är dubbelarbete eftersom 3D-modelleringen sker ifrån pappersformat till digitaltformat trots att ritningsunderlaget redan finns i digitaltformat. Framöver kommer byggföretaget att använda sig av bilder (ritningar/snapshots) från 3D-modellen för att göra arbetsbeskrivningar till armerarna och man räknar då med kunna halvera byggtiden för en brosektion som man inte tidigare har erfarenhet av att bygga.

Celsa kommer sent in i armeringsprocessen, vilket motverkar Celsas och entreprenörernas vilja att tillsammans hitta de bästa armeringslösningarna ur ett totalkostnadsperspektiv. Detta är inte möjligt i det senare skede då Celsa vanligtvis kommer in i projektet. Anledningen till att Celsa inte är delaktiga i ett tidigare skede beror på att tiden mellan konstruktörens färdigställande av ritningar och byggstart är väldigt kort. Det finns helt enkelt begränsat med tid för vidare planering.

Entreprenören ritar upp 12 ton armeringen i en 3D modell under 6 timmar varpå man klickar på en knapp som skapar beställningsunderlag som man mailar till Celsa på 5min. Celsa bekräftar genom mail. Celsa skapar order utifrån materialet och levererar 14 dagar efter beställning. Allt sker enligt styrda avtal som inköpsorganisationen förhandlar fram. Mottagningskontroll tar ca 60 min för 8 ton armering. Entreprenören upplever problem med att man får handlingar från konstruktören sent, men det sägs att det inte påverkar Celsa.



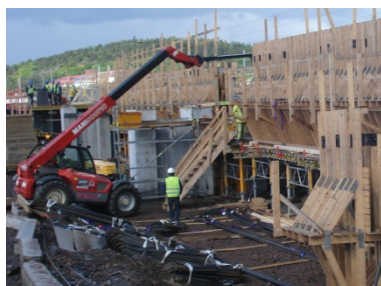
Bilaga 5: Värdeflödesanalys Projekt B

Följande text är ett utdrag ur observatörens beskrivning av värdeflödet i projekt B.

Lossning och fördelning. Den person som ansvarade för mottagningen hade på kort varsel tagit en dags ledighet, vilket innebar att chauffören fick spendera 20 minuter extra för att leta upp och få klarhet i var lossningen skulle ske. Chauffören hade ingen förhandsinformation om APD-plan och platsledningen saknade information om när på förmiddagen Celsas bil skulle dyka upp. Dessutom hade den polska föraren till den mobila kranen oväntat tagit semester och en lull fick rycka in istället. Följden blev en svårmanövrerad lossning. Man lossade materialet på marken i direkt anslutning till den brosektionen där armeringen skulle användas för att minska behovet av kommande transporter. Vid lossningen placerades armeringen så att vidare omfördelning och transport skulle underlättas.



Figur 1: Lossning med lull



Figur 2: Arbete som föranleder omflyttning

Lager på arbetsplats + Omflyttning + Lager på arbetsplats. Nästa tillfälle någon rörde armeringen var för att delar av den låg i vägen för lyft av en spännkabelspännare och man fick därför omorganisera armeringsupplaget. Därefter lagrades armeringen åter i några arbetsdagar utan att någon rörde den. För varje minut som materialet lagras på arbetsplatsen finns risk för att slöseri uppkommer som exempelvis onödiga omflyttningar eller skador.

Sortering av material + Mellanlager + Förflyttning. Innan materialet kan flyttas till inbyggnadsstället måste det material som ska användas sorteras ut och portioneras efter vad som ska användas i början av bron och i slutet av bron samt att stropa om det inför vidare förflyttning. Armeringen är märkt med små otydliga lappar som inte på ett tydligt sätt anger var armeringen ska användas. Det åtgår en del tid till att leta ibland ett 20-tal olika buntar för att hitta just den armeringen som ska användas. Efter att det har sorterats och stroppats lagras det innan nästa förflyttningen sker till nästa mellanlagring 10 meter bort. Förflyttningen sker med hjälp av lull och en armerare. Momenten repeteras uppskattningsvis ett 50-tal tillfällen för varje specifik armeringsdel. För varje repetition finns risk för att slöseri uppstår som exempelvis "Förflyttning" eller "Avbrott p.g.a. maskinbrist".

Lager inför handflytt + Förflyttning + Lager inför montering. Under tiden handförflyttningen sker mellanlagras materialet



Figur 3: Sorterat material inför förflyttning



Figur 4: Lager inför handflytt

ytterligare en gång. Den sista handförflyttningen är nödvändig eftersom lullen inte kommer åt att lyfta materialet på plats vid inbyggnadsstället. Samtidigt är det ont om plats vid inbyggnaden för att lagra allt material där. Förflyttningen skulle kunna ske maskinellt om mobilkranen varit operativ. Handförflyttningen är tung och slitsam som kräver kontinuerliga pauser. Endast ett armeringsjärn förflyttas i taget som gör att momentet uppskattningsvis repeteras ett 100-tal tillfällen. Vid varje repetition finns risk för att slöseri uppstår som exempelvis "Icke arbetsrelaterad diskussion" eller "Avbrott utan synbar anledning".

Montering + Färdiglager. Monteringens sker parallellt med ovan aktiviteter allteftersom första armeringsjärnet kommit till lager inför montering. Eftersom konstruktionen är komplex går mycket av monterings tiden åt till att fundera över hur armeringen ska monteras och hur ritningarna ska läsas. Monteringens försvåras ytterligare av att det är trångt i

formen där armeringen ska monteras. Dessutom ska det i varje ny sektion märkas ut var armeringen ska placeras och samma moment upprepas i varje ny sektion. Efter monteringen ansvarar entreprenören för att materialet inte påverkas kvalitetsmässigt innan gjutning samt för de kapitalkostnader som färdigvarulagret ger upphov till innan överlämnande sker till beställare.



Figur 5: Handflytt och montering

Bilaga 6: Vad har Celsa Steel Service lärt sig?

Celsa Steel Service understryker att de haft stor hjälp av studien i sitt utvecklingsarbete. Den har öppnat upp nya kontakter för att diskutera hur materialleveranser kan effektiviseras. Tillsammans med resultaten från studierna har dessa diskussioner lett till kunskap som de inte hade tidigare. Här berättar de själva om sina erfarenheter:

”Studien har väckt många tankar och idéer om hur armeringsprocessen kan utvecklas. Idéerna har inte kommit till oss då vi suttit på kammaren i Halmstad och studerat insamlade data eller totalkostnadsdiagram. Idéerna och insikterna har i stället kommit till oss när vi varit på plats ute hos våra kunder och studerat armeringsförfarandet och när vi suttit och ätit frukost, lunch och druckit eftermiddagskaffe med yrkesarbetare och arbetsledare. Diagrammen har i stället kommit till nytta som en bekräftelse av vad vi sett och upplevt på byggplatserna och av våra idéer. Diagrammen har också fungerat som ett utmärkt beslutsunderlag för oss eftersom de väl illustrerar rådande situationer.

Den kanske största effekten av studien - och förmodligen också den mest svårvärderade effekten - är värdet av alla de signaler initiativet till att genomföra studien har gett Celsas medarbetare. Signalerna har uppfattats som att Celsas ledning och medarbetare vill utvecklas och är beredda att investera i nytänkande förslag som är väl underbyggda av objektiv data.

3D-modellering, BIM förberedelser.

När vi besökte projekt B visade det sig att platsledningen hade 3D-modellerat all armeringen i bron och utvärderade funktioner för automatisk generering av specifikationer. Anledningen till att man gjorde detta var att man kunde göra en visuell kontroll av armeringen innan specificeringen gjordes automatiskt av datorn och att man kunde simulera produktionsförfarandet innan monteringen verkligen ägde rum. Platsledningen antog att tiden för montering kunde halveras om yrkesarbetare fick pedagogiska monteringsanvisningar i 3D i stället för att bara använda normala armeringsritningar. Frekvensstudien bekräftade att mycket tid går till just ritningsläsning och vid komplexare armeringskonstruktioner är det lätt att begå fel på otydliga handlingar.

Celsa beslutade att investera i verktyg för 3D-modellering, beslutet grundades på att, om några felaktiga specningar kunde undvikas genom visuell kontroll skulle investeringen direkt vara avbetalad. Vidare upplever Celsas specifikatörer att nuvarande arbetssätt är tidskrävande och inte särskilt stimulerande, men att det med nya 3D-verktyg skulle vara attraktivare arbete. 3D-modelleringen innebär att specifikatörer utför flera arbetssteg i ett bräde, man skapar produktionsritningar, specifikationer och utför en extra visuell kontroll. Dessutom får Celsa ett utmärkt material för att diskutera lösningar med kunder och ett material för att identifiera komplicerade prefabricerade armeringslösningar. Kunderna som mött Celsas säljare med 3D-materialet lovordar metoden och ser stort värde i den förbättrade kommunikationen som modellen skapar grund för.

Med 3D-modelleringsverktyg kommer Celsa differentiera sig från sina konkurrenter och kommer att kunna erbjuda helt nya tjänster och produkter.

Erfarenhetsbank

Efter studiens avslut kommer Celsa att använda resultat och kunskap från studien för att definiera nyckeltal som beskriver hur effektiv armeringsprocessen hos kunden varit. Celsa

kommer därefter dokumentera nyckeltal och kundens kommentarer från genomförda projekt. Den erfarenhetsbank som byggs upp på detta sätt ska användas till säljare som referens projekt och för att kunna följa en eventuell produktivitetsförbättring.

Dokumenthantering

Under studien framkom det att det ofta är problem som skapar extra arbete med alla dokument. Vissa dokument kommer med chauffören, vissa kommer per e-mail och vissa finns det olika revideringar av. Den senaste informationen finns bara tillgänglig på ett ställe, vilket skapar behov av extra kommunikation varje gång något dokument ändras. Celsa kommer att skapa funktionalitet för dokumenthantering i sitt nya verksamhetssystem där kunden själv kan ladda ner de senaste gällande dokumenten och skapa förfrågan om revidering. När systemet implementerats tror Celsa att kunden kommer att uppleva ett mervärde, att den egna administrationen kommer att minska och att några reklamationer kan undvikas.

Färgsortering

Under frekvensstudien noterades det att mycket tid går åt till att sortera och bunta om armering innan den kan lyftas på plats till inbyggnadsstället. Celsa har genomfört ett projekt där man manuellt buntat och sorterat armeringen efter färgkodning. Detta borde innebära högre produktivitet på byggarbetsplatsen. Fler projekt kommer att genomföras under våren som kommer att studeras med frekvensstudier och med kundintervjuer. Om utfallet är positivt kommer maskininvesteringar att göras för att hantera sorteringen hos Celsa.

Intern utbildning

Celsa har använt kunskaper från studien som utbildning vid marknadsmöten. Frekvensstudien visar att det bara är en liten del av armeringsarbetet som är faktiskt monteringsarbete. Armeringsarbetet är ofta tidskritiskt, dvs det påverkar totala tiden för projektets genomförande. Olika sorters slöserier, som presenteras i frekvensstudien, kan elimineras med de produkter och tjänster som Celsa erbjuder.

Budskapet, som Celsa vill förmedla, är att genom långsiktiga samarbeten och utveckling av processer, tjänster och produkter kan besparingen i projekt röra sig om hela procentenheter snarare än någon tiondels procentenhet av materialkostnaden för armeringen.

Information till beställare, entreprenörer och konstruktörer

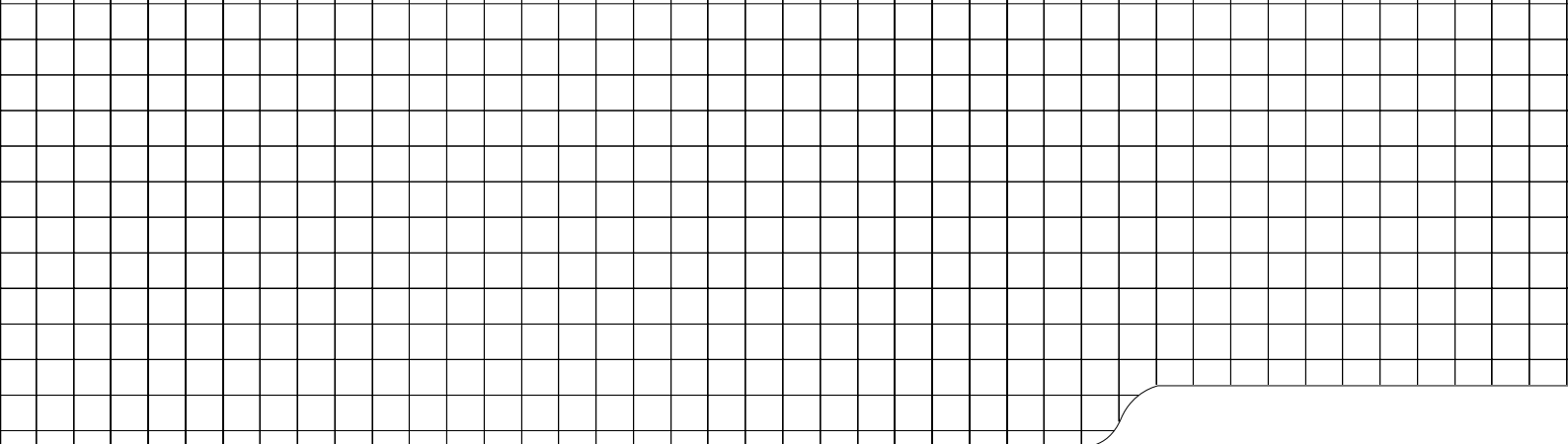
Celsa kommer i inledningen av 2011 att besöka beställare, entreprenörer och konstruktörer för att informera om besparingspotential vid en effektivare armeringsprocess. Rapporten som sammanfattar studien kommer att användas som grund vid presentationerna.

Med dessa aktiviteter vill Celsa flytta nuvarande fokus från materialkostnadsperspektiv och tillfälliga samarbeten till totalkostnadsperspektiv och långsiktiga samarbeten.

Idéer för vidareutveckling

Celsa kommer under 2011 att vidareutveckla och undersöka möjligheter för följande:

- egen standard för monteringsanvisningar i 3D
- tjänster för montering av armering efter ordinarie arbetstid
- samarbeten med företag som erbjuder logistiktjänster
- sortering och märkning av armering vid produktion förminskad sortering på arbetsplatsen"



CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
SE 412 96 Gothenburg, Sweden
Phone: + 46 - (0)31 772 10 00
Web: www.chalmers.se