

# Uppföljning av tidsutnyttjande och byggkostnad för platsgjuten stombyggnad



**Fredrik Lindén**  
**Erik Wahlström**

---

Avdelningen för Konstruktionsteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
Lunds Universitet, 2008

Rapport TVBK - 5161

Avdelningen för Konstruktionsteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
Box 118  
221 00 LUND

Department of Structural Engineering  
Lund Institute of Technology  
Box 118  
S-221 00 LUND  
Sweden

## **Uppföljning av tidsutnyttjande och byggkostnad för platsgjuten stombyggnad**

Documentation of time usage and costs for  
in-situ concrete frameworks

Fredrik Lindén  
Erik Wahlström

2008

Rapport TVBK-5161  
ISSN 0349-4969  
ISRN: LUTVDG/TVBK-08/5161+107p

Examensarbete  
Handledare: Robert Larsson  
Mars 2008

## Förord

Detta examensarbete är utfört vid Lunds Tekniska Högskola för avdelningen konstruktionsteknik tillhörande ämnesområdet väg- och vattenbyggnad. Arbetet är ett led i den 4,5 åriga civilingenjörsutbildningen och utgör en del i ett pågående doktorandprojekt som bedrivs av handledare Robert Larsson. Författarna svarar själva för framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Ett stort tack vill framföras till handledare Robert Larsson för god handledning samt värdefullt stöd i processen att sammanställa examensarbetet.

Vidare vill vi även tacka platschef Krister Lindqvist med arbetsledning och yrkesarbetare för gott omhändertagande vid utförande av mätningar samt för information som gjort examensarbetet möjligt att genomföra.



## Summary

The construction of apartment blocks represents a major part of the entire building sector each year. Currently about 19 000 apartments are being built every year in Sweden. There is a focus on developing and improving the construction process in order to decrease costs and increase the productivity and quality of the building. The structure of the building has become in focus, especially when different construction methods are being analyzed and compared to each other. The prevailing way of constructing apartment blocks today is to cast the concrete framework at the building site.

The purpose of the diploma work is to study how working time is spent on different activities and to document the costs associated with the construction of an in-situ cast concrete framework. To be able to compare the costs followed up in the diploma work with other projects, the work includes an examination of previously documented costs made by BetongBanken. Additionally, the purpose is to, from all the gathered knowledge and data, make an evaluation of the areas that can be improved in the production.

In the end of 2007, measurements of time usage for selected construction activities of the framework erection took place in an ongoing project. Existing project documentation and interviews with the site manager were the principal sources used to follow up the costs. Before the measuring took place, a method for time-sampling was prepared, as well as a scheme to make a cost documentation of the framework. The time sampling method is based on a statistic measurement method called Activity Sampling. Furthermore, the scheme for the cost follow-up has been designed to enable a comparison with the projects followed up by BetongBanken.

The placing of the reinforcement in the bottom and at the top of the slab, together with the placement of the installation systems, are the activities that have the longest duration of all activities subjected to the concrete slab. Of these activities, placement of bottom and top reinforcement are subjected to a higher degree of disturbances. It is concluded from this specific project that placement of installation systems and reinforcement are activities with a high potential to improve its efficiency. To achieve this, it is important to improve the communication between the involved designers and the building contractor in order to avoid problems in the design and planning of the installations, which can cause rework at the building site.

Seven working days are required to complete the walls casted on-site for each floor. These seven days contains six wall sequences and one day used for transporting the temporary formwork to the next building, where preparation for the next wall sequence is started. To be able to increase the construction rate for the walls casted on-site more walls needs to be constructed each working day. This is only possible if the quantity of formwork and workers are increased.

The cost of the structure for the project studied in the diploma work was calculated to 1591 SEK per square meter of slab area including crane and installations embedded into the concrete framework. A comparison of calculated cost with other similar in-situ concrete frameworks documented by BetongBanken showed on high resemblance regarding labour and material costs for formwork, reinforcement and concrete activities.

*Keywords: In-situ concrete framework, Activity Sampling, Construction cost*

## Sammanfattning

Byggandet av flerbostadshus utgör en ansevärd del av det totala byggandet varje år. Det byggs idag ca 19 000 lägenheter per år och det råder stort fokus på att utveckla och förbättra byggandet av flerbostadshus i syfte att minska kostnader, öka produktiviteten och förbättra kvaliteten. Byggnadens stomme har i detta sammanhang hamnat i centrum, speciellt då olika byggmetoder analyseras och jämförs mot varandra. Den idag dominerande byggmetoden för flerbostadshus innebär att gjuta stommen av betong på byggarbetsplatsen.

Syftet med examensarbetet är att mäta utnyttjande av arbetstid samt dokumentera kostnader för en platsgjuten stomme i ett pågående byggprojekt. I arbetet ingår att undersöka tidigare genomförd kostnadsuppföljning av platsgjutet stombyggande utförd av BetongBanken, en kunskapsbank för platsgjutna stommar, och jämföra denna med kostnadsuppföljningen av stommen som studeras i detta examensarbete. Vidare är syftet även att utifrån insamlad kunskap och data göra en utvärdering av möjliga områden för förbättring av produktionen.

Under veckorna 45-47 2007 utfördes mätning av tidsåtgång för utvalda stomarbeten för ett pågående byggprojekt. Uppföljning av kostnader genomfördes huvudsakligen genom tillgång till aktuella projekthandlingar samt genom intervju av platschef.

Innan mätningarna genomfördes utarbetades en metod för tidsuppföljning samt en mall för kostnadsuppföljning för stommen. Metoden för tidsuppföljning bygger på en statistisk mätmetod kallad Activity Sampling. Mallen för kostnadsuppföljning har utformats så att även en jämförelse med BetongBankens projekt kan utföras.

För arbetet med bjälklaget är det aktiviteterna armering underkant och överkant av bjälklaget samt installationer som upptar störst tid. Effektiviseringspotentialen är därför störst här. För att öka denna bör man i första hand förbättra kommunikationen mellan inblandade projektörer och byggentreprenören för att undvika fel i installationsprojekteringen vilket leder till omarbete på byggarbetsplatsen.

De platsgjutna väggarna för ett våningsplan ska färdigställas under sju arbetsdagar. Dessa sju dagar fördelar sig på sex väggyklar och en dag då formarna flyttas över till nästa hus där förberedning inför kommande väggykel inleds. För att kunna öka byggtakten för de platsgjutna väggarna behöver man gjuta fler väggar per arbetsdag. Detta är endast möjligt om man ökar formmängden och antalet träarbetare.



Kostnaden för stommen i studerat projekt uppgick till 1591 kr per kvadratmeter bjälklagsyta inklusive ingjutna installationer och kran. Kostnaden för stommen i det pågående byggprojektet är i samma nivå som andra liknande projekt med platsgjuten betongstomme vilka studerats av BetongBanken. Ett av dessa projekt visar på god överensstämmelse med det pågående projektet vad gäller produktionsmetod samt fördelning mellan kostnadsposterna form, armering och betong.

Nyckelord: *Activity Sampling, kostnadsuppföljning, platsgjuten betongstomme*

## Förklaring av begrepp

Avstängare – Bygghet i form av exempelvis plywoodskiva och/eller träreglar som avslutar valv- eller väggform och hindrar betongläckage vid gjutning

Ballast – Sten, grus och sand

Bockrygg – Balk, ofta i trä, som fördelar laster från ovanliggande valvform till stämp

BTA – Bruttoarea, area av våningsplan begränsad av omslutande väggars utsida

Distans – Klossar eller hjul av plast som monteras i gjutform för att medge placering av armeringsjärn på rätt nivå

Dubbling – Montering av andra sidan av väggform

Enkling – Montering av första sidan av väggform

Fillermaterial – Finkornigt mineraliskt material

Förtagningsjärn – Armeringsjärn som sticker upp från underliggande våningsplan vilka najas samman med ovanliggande våningsplans bjälklag och/eller väggar

Glättning – Avjämning av betongytan som görs efter gjutning

ILF – Inläggningsfärdig armering

LL – Lagerlängder för armering

Najning – Sammanbindning av armeringsjärn med hjälp av metalltråd

Programskede – Det inledande skedet i byggprocessen där endast förslagshandlingar för aktuellt objekt är framtagna

Pågjutning – Gjutning av plattbärlag till färdigt bjälklag

Sloda – Verktyg som används vid gjutning av betong för att avjämna ytan

Stämp – Justerbara rör av metall för att ta upp (oftast) vertikala laster från ovanliggande valvform

Ursparing – Framtida hål i en betongkonstruktion vilket förbereds genom att spika/skruva reglar eller plywood i gjutformen innan gjutning

Vct – vattencementtal, d.v.s. viktkvoten mellan vattenmängd och cementmängd i betong

Vs – värme och sanitet

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning.....</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrund och problemställning .....	1
1.2 Syfte .....	3
1.3 Avgränsningar .....	3
<b>2. Metod.....</b>	<b>5</b>
2.1 Vetenskaplig metodik.....	5
2.2 Tillvägagångssätt.....	6
<b>3. Produktionsmetoder för platsgjutet stombyggnad.....</b>	<b>9</b>
3.1 Definition av platsgjuten stomme.....	9
3.2 Byggteknik .....	9
3.3 Formsysteem .....	10
3.4 Armering .....	15
3.5 Installationsdragning i stommen.....	19
3.6 Betong .....	21
3.7 Gjutmetoder.....	23
3.8 Vädskydd.....	25
3.9 Internationell utblick .....	26
<b>4. Metod för tidsuppföljning.....</b>	<b>29</b>
4.1 Activity Sampling.....	29
4.2 Anpassning av mätmetod för platsgjutet byggnad.....	31
<b>5. Uppföljning av stomkostnader .....</b>	<b>37</b>
5.1 Kostnader för bostadsprojekt.....	37
5.2 Kostnadsuppföljning enligt BetongBanken.....	38
5.3 Metod för uppföljning av stomkostnader .....	41
<b>6. Fallstudie – platsgjutet stombyggnad .....</b>	<b>45</b>
6.1 Allmänt.....	45
6.2 Stombeskrivning.....	45
6.3 Beskrivning av stombyggnadsprocessen .....	47
6.4 Genomförda mätningar.....	50
<b>7. Resultat.....</b>	<b>51</b>
7.1 Resultat från Activity Sampling av bjälklag .....	51
7.2 Resultat från Activity Sampling av platsgjutna väggar .....	59
7.3 Resultat från Activity Sampling över kranaktiviteten .....	65
<b>8. Resultat från kostnadsuppföljning.....</b>	<b>69</b>
8.1 Stombeskrivning för flerbostadshus i Lund.....	69
8.2 Jämförelse med BetongBankens projekt .....	73
<b>9. Analys och diskussion.....</b>	<b>79</b>
9.1 Osäkerheter vid Activity Sampling .....	79
9.2 Activity Sampling av bjälklag.....	80
9.3 Activity Sampling för platsgjutna väggar.....	82
9.4 Activity Sampling av kranaktiviteten .....	84
9.5 Kostnadsuppföljning .....	84

<b>10. Slutsats</b> .....	<b>87</b>
<b>11. Referenser</b> .....	<b>89</b>
11.1 Intervjuer .....	89
11.2 Tryckt material .....	89
11.3 Digitalt material.....	91
<b>Bilagor</b> .....	<b>93</b>
Bilaga 1: Utdrag ur Activity Sampling för platsgjutna väggar.....	93
Bilaga 2: Kostnadsuppföljning av bjälklag och väggar för ett våningsplan.....	94
Bilaga 3: Sammanställning av BetongBankens tre projekt .....	95

# 1. Inledning

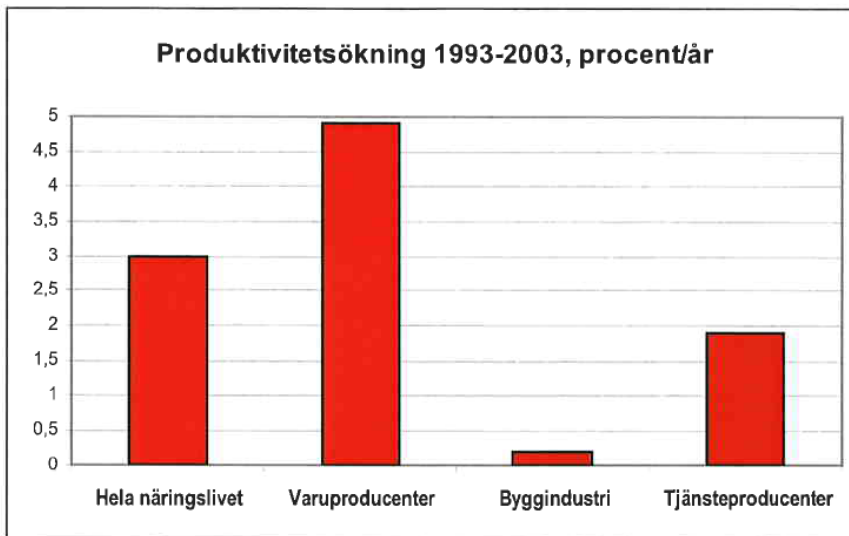
## 1.1 Bakgrund och problemställning

Byggsektorn omsätter ca 220 miljarder varje år och 2004 sysselsatte byggbranschen ca 240 000 personer. Detta gör byggsektorn till den nästa största i landet och den har därför stor betydelse för samhällsekonomin (Byggnads, 2006).

För ett byggprojekt upptar byggkostnaden ca hälften av hela produktionskostnaden. Här tillkommer även kostnader för mark och anslutningsavgifter. Utöver detta ska byggherren också betala för projektering, kontroll, besiktning, garanti, försäkring och räntor. Slutligen läggs moms på (Byggnads, 2006).

De flerbostadshus som uppförs idag kan antas ha en livslängd på 100 år vilket innebär att 40 000 lägenheter måste byggas per år för att antalet inte ska minska. Detta har medfört att flerbostadshus numera uppförs under stor tidsbrist. För att tjäna tid påbörjar man ett bygge innan alla specifikationer och ritningar är färdigställda. Förfarandet leder till att onödiga fel uppstår vilket i sin tur resulterar i att både tid och pengar går förlorade. Undersökningar utförda på Chalmers Tekniska Högskola visar på att 5-15 % av produktionskostnaden utgörs av kostnaden för att åtgärda fel som uppkommer av ovanstående anledning (Byggnads, 2006).

Under den senaste tioårsperioden ökade produktiviteten i hela näringslivet årligen med 3 %, för varuproducerande delar ökade produktiviteten årligen med 5 %. Byggsektorn erhöll endast en ökning på 0,2 %. Möjligtvis kan valet av tidsperiod för jämförelsen ha viss betydelse, den ekonomiska kris som inträffade under 1990-talet drabbade olika sektorer i olika grad. På senare år har byggsektorn haft en snabbare ökning i produktiviteten. Man kan dock med all rätt ställa sig frågan varför byggsektorn utvecklas så långsamt (Byggnads, 2006).



Figur 1.1 Produktivitetsökning 1993-2003, procent/år (Byggnads, 2006)

Byggandet av flerbostadshus utgör en anseelig del av det totala byggandet varje år. Det byggs idag ca 19 000 lägenheter per år och det råder stort fokus på att utveckla och förbättra byggandet av flerbostadshus i syfte att minska kostnader, öka produktiviteten och förbättra kvaliteten. Byggnadens stomme har i detta sammanhang hamnat i centrum, speciellt då olika byggmetoder analyseras och jämförs mot varandra. Den idag dominerande byggmetoden för flerbostadshus innebär att gjuta stommen av betong på byggarbetsplatsen. I en undersökning gjord under 2006 framgick att drygt hälften av alla flerbostadshus byggdes med en platsgjuten betongstomme (Andersson & Larsson, 2007).

Liksom för andra byggmetoder är det angeläget att kontinuerligt utvärdera metoden avseende både tidsåtgång och kostnad, detta för att identifiera möjlig förbättringspotential. Slutsatser om vilka delar av produktionen där det finns störst förbättringspotential kan dras efter att man mätt hur arbetstiden utnyttjas i relation till producerad mängd stomme.

Inom ramen för detta examensarbete kommer därför uppföljning av tid- och kostnad att dokumenteras i ett pågående projekt.

Kostnader är vanligtvis svåra att jämföra mellan olika byggprojekt då det ofta är svårt att renodla kostnader så att de blir jämförbara. En platsgjuten betongstomme får dock anses vara relativt renodlad varför en jämförelse kan vara relevant. Inom BetongBanken har kostnaden för platsgjutna stommar i flerbostadshus dokumenterats under många år. Under 2007 genomförde BetongBanken en uppföljning av stomkostnaden i fyra projekt vilka finns redovisade i rapporten *Uppdatering av tider och kostnader för BetongBanken* (Boverket, 2007). Dessa projekt kan således vara ett intressant underlag vid verifiering av insamlade kostnader i aktuellt projekt.

Ovanstående resonemang resulterar i följande problemställningar.

- Hur fördelar sig tid och kostnad vid uppförandet av den platsgjutna stommen för flerbostadshus?
- Vilka aktiviteter för bjälklag och väggar har störst effektiviseringspotential, d.v.s. vilka aktivitetens varaktighet kan minskas för att öka byggtakten?

## **1.2 Syfte**

Syftet med examensarbetet är att mäta utnyttjande av arbetstid samt dokumentera kostnader för en platsgjuten stomme i ett pågående byggprojekt. I arbetet ingår att undersöka tidigare genomförd kostnadsuppföljning av platsgjutet stombyggande och jämföra dessa med kostnadsuppföljning för projektet som studeras i detta examensarbete. Vidare är syftet att utifrån insamlade data göra en utvärdering av möjliga områden för förbättring av produktionen.

## **1.3 Avgränsningar**

I examensarbetet studeras enbart produktionen av den platsgjutna stommen i ett flerbostadshus. Eftersom byggandet av stommen sker under en längre tidsperiod avgränsas tidsstudien till att omfatta en bjälklagscykel samt två väggcykler. Kostnader för stommen dokumenteras i detalj för ett av våningsplanen men är representativa då övriga våningsplan är likartade i utformning och standard. De kostnader som samlas in från det pågående byggprojektet är direkt knutna till stommen, d.v.s. att de består av material- och utrustningskostnad samt arbetskostnad för använd produktionsmetod. Den enda arbetsplatsomkostnaden som tas med i uppföljningen är kostnaden för kranen samt dess förare, hyrkostnad för byggbodar och dylikt lämnas utanför kostnadsuppföljningen.





## 2. Metod

### 2.1 Vetenskaplig metodik

#### 2.1.1 Kvalitativ eller kvantitativt angreppssätt

När man i forskningssammanhang samlar in data till en undersökning kan man använda sig av ett kvalitativt eller kvantitativt angreppssätt eller en kombination av dessa. Vilket av angreppssätten som lämpar sig bäst beror bland annat på undersökningens problemställning, till undersökningen tillgängliga resurser samt forskarens erfarenhet (Holme och Solvang, 1991).

Ett kvalitativt angreppssätt kännetecknas av att forskaren tolkar insamlad data ur eget perspektiv. Metoden är flexibel varpå undersökningens tillvägagångssätt utvecklas i takt med utförandet av denna. Fördelen med det kvalitativa angreppssättet är att en bredare förståelse för det som studeras erhålls. Ett kvantitativt angreppssätt däremot kännetecknas av att insamlad data behandlas med hjälp av siffror och mängder varpå en statistisk analys äger rum. Inledningsvis uppställda frågeställningar ger forskaren ett tydligt perspektiv över vilka förhållanden som är intressanta att kartlägga i undersökningen. Bearbetning av data blir också enklare vid användandet av ett kvantitativt angreppssätt beroende på att undersökningen har en färdig struktur i problemformuleringsfasen (Repstad, 1988).

Ingen av ovan nämnda angreppssätt är problemfria. Användandet av en kvalitativ metod kan, beroende på dess fria utformning, leda till att forskaren misstolkar undersökningsobjektet. Vidare kan även den kvantitativa metoden leda till misstolkning av undersökningens resultat beroende på den tillit som människor ofta har till siffror.

Examensarbetet har huvudsakligen ett kvalitativt angreppssätt då vi inledningsvis endast har definierat riktlinjer för utförandet. Eftersom arbetet inkluderar att utforma en metodik för tids- och kostnadsuppföljning är en detaljplanering av utförandet svår att genomföra. Anledningen till detta är att diskussionen kring vad som är intressant att kartlägga kan variera under examensarbetets gång vilket leder till att utrymme måste finnas för en viss omstrukturering i undersökningarna. Vid redovisning av tids- och kostnadsuppföljningarna används dock ett kvantitativt angreppssätt då resultaten redovisas i siffror som procentandelar. Det kvalitativa angreppssättet tillämpas återigen i diskussionen av resultatet då vi pekar på vilka arbetsmoment som vi tycker har potential att förbättras samt osäkerheter i vår kostnadsuppföljning. Examensarbetet består således av en kombination av de ovan nämnda angreppssätten.

## **2.1.2 Reliabilitet och validitet**

Med reliabilitet menas att genomförda mätningar är riktigt utförda, det vill säga att de är tillförlitliga. Om en mätning har god reliabilitet innebär detta att den kan genomföras av en annan forskare som då kommer fram till samma resultat (Thurén, 2003).

Med validitet menas att man har undersökt det som från början var avsikten att undersöka och inget annat (Thurén, 2003). En mätning kan ha god reliabilitet men om validiteten visar sig obefintlig är mätningen värdelös oberoende av hur exakta mätningar som utförts. Mätningarna som utförs i examensarbetet är dels en tidsuppföljning av delar av uppförandet av en platsgjuten stomme i ett utvalt projekt och dels en kostnadsuppföljning för stommen. Innan mätningarna utfördes skapades mallar för hur de skulle genomföras och vilken data som skulle samlas in. Validiteten i mätningarna är således riktig eftersom att datainsamlingen skett enligt mallarna. Utöver detta valde vi även att med videokamera dokumentera vissa delar av mätningarna för att på så sätt kunna verifiera dem i efterhand gällande osäkerheter i validiteten. Vid genomförandet av tidsstudierna är det väldigt viktigt att vara objektiv och att konsekvent följa den uppsatta mallen för att på byggarbetsplatsen klassificera arbetet i rätt indelning. Följs ovanstående resonemang kan en god reliabilitet uppnås varpå mätningarna kan jämföras med resultat från undersökningar på andra byggarbetsplatser.

## **2.2 Tillvägagångssätt**

### **2.2.1 Litteraturstudier och intervjuer**

Examensarbetet inleddes med att studera litteratur avseende formsystem, armeringsmetoder, betongtyper och gjutmetoder som förekommer i dagens byggande. Litteraturstudier kompletterades med intervjuer med leverantörer av formsystem, armering, betong samt väderskydd. Vidare intervjuades platschefer med erfarenhet av platsgjuten stombyggnad samt även en konstruktör och en installationssamordnare för att få kunskap om projekteringsprocessen samt tekniska och utförandemässiga aspekter gällande installationssystemens placering i stommen.

Litteraturstudierna omfattade även att studera en metod för att mäta andelen tid mellan olika arbetsmoment.

För att få en djupare kunskap om kostnader och hur dessa fördelas för en platsgjuten stomme, gjordes en genomgång av kunskapsbank innehållande kostnadsdata för ett antal genomförda projekt byggda med en platsgjuten stomme. Dessutom har vi under examensarbetet haft ett kontinuerligt utbyte av information med en person verksam inom BetongBanken som har en mångårig erfarenhet gällande uppföljning av stomkostnad.

## **2.2.2 Utveckling av metod för tids- och kostnadsuppföljning**

I nästa steg utvecklades en metod för tidsuppföljning samt en mall för insamling av kostnadsdata. Metoden för tidsuppföljning bygger på en statistisk mätmetod kallad Activity Sampling. Metoden har utvecklats i samarbete med ett parallellt pågående examensarbete (Lundström & Runquist, 2008). Mallen för kostnadsuppföljning har utformats för att även kunna göra jämförelser med BetongBankens projekt.

## **2.2.3 Empirisk datainsamling**

Under två veckors tid utfördes mätning av tidsåtgång för utvalda stomarbeten för ett pågående projekt. Uppföljning av kostnader genomfördes huvudsakligen genom tillgång till aktuella projekthandlingar samt genom intervju av ansvarig platschef.

## **2.3.4 Sammanställning och analys**

Resultatet från fallstudien sammanställdes och analyserades baserat på författarnas egna referensramar grundade på den kunskap som erhållits via litteraturstudier samt genom arbetsplatsobservationer och samtal med arbetsplatspersonal.



## 3. Produktionsmetoder för platsgjutet stombyggande

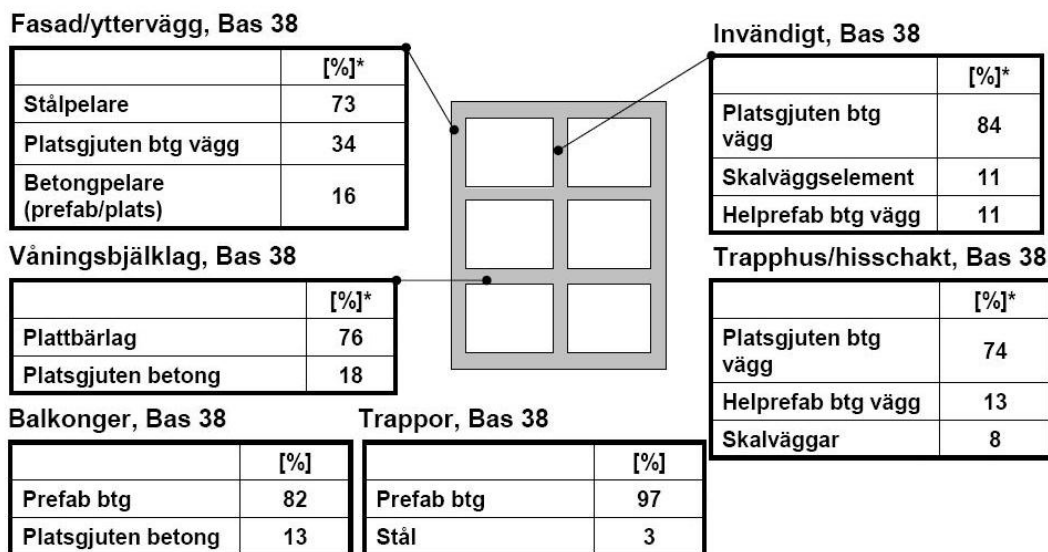
### 3.1 Definition av platsgjuten stomme

Stommen definieras här som ett system av bärande vertikala och horisontella byggnadselement (t.ex. väggar, pelare, balkar, bjälklag) som tillsammans tar upp, fördelar och för ner laster till grunden. Med platsgjuten stomme menas här att väggar och bjälklag gjuts av betong på byggarbetsplatsen. I begreppet ingår dock kvarsittande formsystem av betong som t.ex. plattbärlag och skalväggar.

Som tidigare nämns i rapportens inledning så begränsas detta examensarbete till platsgjutna betongstommar i flerbostadshus vilket också vägs in då begreppet platsgjuten stomme används vidare i rapporten.

### 3.2 Byggteknik

Att platsgjuta stommen av betong är den vanligaste metoden för flerbostadshus. En uppföljning av 38 projekt i slutet av 2006 visade att en typisk lösning för den platsgjutna stommen innebär att innerväggar och trapphus- samt hisschaktväggar platsgjuts. Till största delen bestod bjälklagen av plattbärlag som pågöts i efterhand (Larsson, 2007). I figur 3.1 visas en översiktlig sammanställning av den byggtekniska utformningen för stommen.



\* Flera svarsalt. möjliga

Figur 3.1 Resultat från undersökning av produktionsmetod för 38 projekt (Larsson, 2007)

## 3.3 Formsystem

### 3.3.1 Traditionell bjälklagsform

Formsystem för bjälklag brukar normalt delas in i grupperna *traditionell lösvirkesform*, *luckform* och *formbord*.

*Traditionell lösvirkesform* består av stämp, bockrygg, ströregel och plywoodskivor. Eftersom formen platsbyggs är det enkelt att anpassa formen efter väggarnas utformning. Den goda flexibiliteten har dock en negativ inverkan på produktiviteten eftersom mer arbete krävs för att bygga formen jämfört med då förtillverkade formsystem används.

*Luckformar* består av förtillverkade luckor som monteras på stämp. Luckorna är försedda med inbyggda utbytbara plywoodskivor som sammanfogas till större enheter. Luckformen kan monteras med och utan bockryggar, s.k. nollbalksystem. Luckformen kan monteras något snabbare jämfört med traditionell lösvirkesform men har dock något sämre flexibilitet.



Figur 3.2 Luckform utan bockryggar (s.k. nollbalksystem) (Hünnebeck, 2008)

*Formbord* består av förtillverkade flak med storlek upp till ca 35-40 m<sup>2</sup>. Varje flak byggs upp av stämp, bockryggar, ströreglar, plywood, avstängare och skyddsräcken. Användning av metoden lämpar sig vid gjutning av stora bjälklagsytor med en enkel utformning utan större inslag av variation i geometrisk utformning. Formbord möjliggör dock vid rätta förutsättningar en mycket snabb formsättning.

För att hantera luckform eller formbord på byggarbetsplatsen krävs normalt två personer samt tillgång till kran eller hjullastare (Hamrén, 2007).

För att minimera olycksfall vid arbete uppe på formen är det viktigt att säkerställa att skyddsräcken monteras (Hamrén, 2007).

### 3.3.2 Plattbärlag

Plattbärlaget är ett halvprefabricerat betongelement bestående av en armerad betongplatta (normalt 45 mm) som är gjuten mot stålform i fabrik vilket ger en slät och porfri undersida på betongplattan. Den övre sidan av betongplattan är räfflad för att en god konstruktiv samverkan ska uppnås mellan plattbärlaget och betongen som tillförs på byggarbetsplatsen (Abetong AB, 2007). Plattbärlaget innehåller bjälklagets konstruktiva underkantsarmering samt ingjutna armeringsstegar vars uppgift är att förstyva elementen under transport och montering samt verka som kraftöverförande armering mellan plattbärlaget och pågjutningen. En annan uppgift för armeringsstegarna är att fungera som distans för överkantsarmering.



*Figur 3.3 Montering av plattbärlag (BetongBanken, 2008)*

Elementens standardutförande har en bredd på 2,4 m och en längd på 6-8,5 m. Med förspända plattbärlagselement är det dock möjligt att klara spännvidder upp till 12 m. Plattbärlagen kan redan på fabriken förberedas med ingjutna installationer och ingjutningsgods samt håltagningar för installationsgenomföringar etc. (Eriksson och Fieber, 2007). Plattbärlagen levereras på lastbil som kan innehålla ca 280-340 m<sup>2</sup> per lass. På byggarbetsplatsen lossas elementen från lastbil och lyfts med byggentreprenörens kran vid montering. Normalt kan 2-3 yrkesarbetare montera 560-680 m<sup>2</sup> plattbärlag under en arbetsdag.



Leveranstiden (projektering och tillverkning) för plattbärlagen är starkt beroende på tillverkarnas produktionskapacitet och rådande efterfrågan. Under normala förhållanden är leveranstiden ca 2-3 månader (Eriksson och Fieber, 2007).

Den största risken vid montering av plattbärlag är då elementen lyfts med kran. Vidare finns risk för klämskador vid inpassning av elementen. Då plattbärlagen monterats är det viktigt att man så fort som möjligt upprättar ett skyddsräcke runt våningsplanet samt runt större hål för att undvika fallolyckor (Abetong AB, 2004).

Montering av plattbärlag kan påverkas av rådande vindförhållanden beroende på att kranarbete ej får utföras vid vindhastigheter överstigande 15m/s (Eriksson och Fieber, 2007).

### 3.3.3 Formsystem för väggar

Formsystem för gjutning av väggar brukar vanligtvis delas in i *traditionell lösvirkesform*, *luckform* och *bostadsform*.

*Traditionell lösvirkesform* byggs upp av regler och plywoodskivor. Eftersom formsystemet är platsbyggt ges en flexibel utformning men nackdelen är att det tar lång tid att bygga formen jämfört med förtillverkade formsystem. Det är idag relativt sällsynt att stommar i flerbostadshus formsätts med hjälp av lösvirkesform förutom då som komplement vid trånga och komplicerade ytor, t.ex. vid formning kring trapphus.

*Luckform* används i projekt där produktionen framförallt kräver en snabb omställning av formen på grund av förändringar i etapplängder och vägghöjd. Luckformen består av utbytbara plywoodskivor som fästs på en metallram. Luckorna finns i olika storlekar och kan snabbt sammanfogas till större sjok vilket medför en snabbare formsättning .

*Bostadsform* är en typ av formsystem specialanpassat för bostadsproduktion. Formsystemet används vid enklare typer av produktion där väggar har en och samma höjd. Formtypen har samma uppbyggnad som luckform och kan även kombineras med denna vid vägglut där mindre passbitar krävs. Bostadsform möjliggör en rationell formsättning jämfört med lösvirkesform och luckform.



Figur 3.4 Luckform och bostadsform (Peri, 2008)

Dimensioner för väggformsystem redovisas i tabell 3.1 nedan.

*Tabell 3.1 Dimensioner för ovan nämnda formsystem*

Formtyp	Höjd (m)	Bredd (m)
Luckform	1.2, 2.7, 3.0 och 3.3	0.3-3.4
Bostadsform	2.7	6

Vid gjutning av betongväggar är det önskvärt att utnyttja tillgängligt formsystem så effektivt som möjligt för att på så vis minimera formkostnaden. I praktiken innebär detta att väggar delas in i flera gjutetapper där en etapp gjuts under en dag och där formsystemet vandrar mellan de olika etapperna utan onödig mellanlagring på byggarbetsplatsen. För ett flerbostadshus med normal utformning kan ca 25-30 m vägg formas och gjutas på en och samma dag (Lindqvist, 2007).

### 3.3.4 Skalväggar

Ett skalväggselement är ett halvprefabricerat betongelement bestående av två armerade betongskivor som är sammanbundna av ingjutna armeringsstegar. Elementen är gjutna mot stålform i fabrik vilket ger en slät betongyta. Skalväggselementen kan fås i ett visst antal standardstorlekar. I tabell 3.2 redovisas en sammanställning av maximal dimension, total vägg tjocklek samt genomsnittlig vikt för skalväggar baserat på information från tre olika leverantörer. Maximal elementstorlek begränsas normalt av gjutformens storlek på fabrik (Abetong AB, 2007).

*Tabell 3.2 Maximal dimension, total vägg tjocklek samt genomsnittlig vikt för skalväggselement*

	Maximal dimension (mm <sup>2</sup> )	Tjocklek (mm)	Vikt (kg/m <sup>2</sup> )
Leverantör 1	3000x7400	160-350	260
Leverantör 2	3600x10000	180-400	285
Leverantör 3	Anpassas efter projekt	180-300	270

Skalväggarna är vid leverens förberedda med ursparingar för fönster och dörrar samt genomföringar för installationer. Ingjutningsgods som exempelvis eldosor är ingjutet i elementskivorna.



*Figur 3.5 Monterade skalväggar (Färdig Betong AB, 2008)*

Eftersom felaktigt placerade hål och ingjutningsgoods kan vara kostsamma åtgärda är det därför viktigt med en noggrann projektering där stor vikt läggs på att ursparingar, hål och ingjutningsgoods hamnar på rätt plats.

Leveranstiden (projektering och tillverkning) för skalväggarna är starkt beroende på tillverkarnas produktionskapacitet och rådande efterfrågan på marknaden. Vid normala tillstånd är leveranstiden ca 2-3 månader (Eriksson och Fieber, 2007). En billast rymmer ca 120-140 m<sup>2</sup> skalvägg och 2-3 personer kan lossa och montera 25-30 skalväggselement under en arbetsdag (Eriksson och Fieber, 2007).

De största riskerna vid hantering av skalväggar är klämskador vid montering. Det är också extra viktigt att kontrollera att väggstagen förankras vid montage på föreskrivet sätt för att undvika att skalväggselementet välter (Eriksson och Fieber, 2007).

Montering av skalväggarna kan påverkas av vindförhållanden då kranarbete inte får utföras vid vindhastigheter över 15 m/s.

Vid vinterförhållanden måste skalväggselementen värmas innan och efter pågjutning (Abetong AB, 2004).

## **3.4 Armering**

### **3.4.1 Lagerlängder (LL)**

Armeringsstänger som levereras till byggarbetsplatsen i standardiserade längder benämns ofta som armering i lagerlängder (LL) eller lösjärn.

Användning av lösjärn är en flexibel metod där armeringen kan levereras ett par dagar efter beställning. Det är dock en tidskrävande metod eftersom varje armeringsstång måste placeras ut och sedan najas ihop (Ekelöf, 2007).

Armeringen levereras normalt i 12-meters längder som klipps och bockas till rätt utformning på byggarbetsplatsen. Armeringen levereras normalt i buntar om 1 ton och märks noga med märkbrickor med information om stålqualität, dimension, mängd mm. För att transportera armering på byggarbetsplatsen är det nödvändigt att ha tillgång till lyftkran. Det är viktigt att kranens placering och räckvidd möjliggör en effektiv förflyttning av armering mellan lager, eventuell klipp- och bockningsmaskin samt till montagestället (Lundgren, 2007).

Ur arbetsmiljösynpunkt är armering med lösjärn ett tungt arbete som sliter på yrkesarbetarna (Ekelöf, 2007). Vidare är det också viktigt att förse uppstickande järn med ett skyddande plasthölje för att skydda vid eventuella fallolyckor (Ekelöf, 2007).

### **3.4.2 Inläggningsfärdig armering**

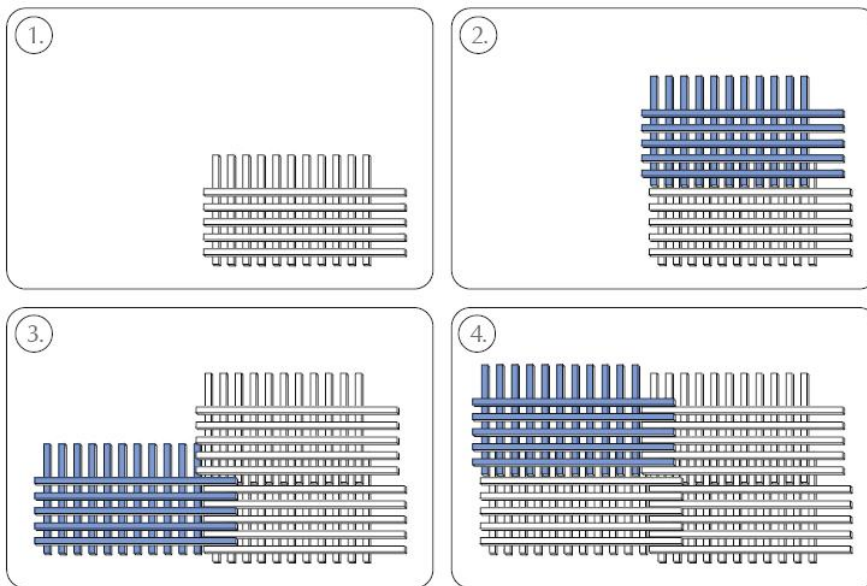
Inläggningsfärdig armering (ILF) innebär att armering levereras klippt och bockad, färdig för att monteras i gjutformen. Armeringen buntas ihop och märks med en märkbricka. Brickan kan ha olika färger som indikerar vilken konstruktionsdel och gjutetapp som armeringsbuntens tillhör för att på så vis förenkla hanteringen på arbetsplatsen (Celsa Steel Service, 2008).

Användning av ILF ställer större krav på projektering och planering då leveranstiden är längre jämfört med armering i lagerlängd. Tiden från det att komplett armeringsförteckning finns hos tillverkaren till leverans är ca 2 veckor. Inläggningsfärdig armering kan fås i många olika bockningstyper med olika form. Detta innebär att bockade järn, och speciellt vissa typer, kan vara skrymmande vid transport (Lundgren, 2007).

Metoden innebär att behovet av förberedande arbete på arbetsplatsen i form av klippning och bockning minimeras vilket även minskar behovet av internt transporter på arbetsplatsen. Själva montaget av armeringen är dock desamma som vid användning av armering i lagerlängd (Lundgren, 2007).

### 3.4.3 Armeringsnät

Armeringsnät består av maskinellt hopsvetsade armeringsstänger som formar ett rektangulärt nät. Näten tillverkas med olika dimensioner på stängerna och finns i två varianter, lagernät respektive fingerskarvade nät. De fingerskarvade näten är uppbyggda så att stängerna i kanterna är bortplockade på två sidor för att undvika att näten bygger på höjden vid skarvning. På så sätt kan armeringskravet uppfyllas samtidigt som vikten hålls nere.



Figur 3.6 Schema för utläggning av fingerskarvade nät för bjälklag (Tibnor, 2007)

Nätarmering kan användas både till väggar och valv. Det finns dock ett speciellt vägnät som är skarvat bara på sidan till skillnad från andra fingerskarvade nät som är skarvade på två sidor (Ekelöf, 2007). Armeringsnät möjliggör en högre produktivitet jämfört med lösarmering och ILF eftersom många stänger är hopsvetsade och stora ytor kan således armeras på kortare tid (Ekelöf, 2007).

Vid användning av plattbärlag och skalväggar använder man sig av speciella skarvnät mellan elementen för att vid gjutning få bättre homogenitet i konstruktionen.

För armering av överkant i bjälklag finns specialutformade nät med böjda ändar som vilar mot formen, se figur 3.7. På detta sätt får nätet rätt höjd direkt utan inpassning. Armeringsarbetet fungerar på samma sätt som med vanliga nät, d.v.s. att de placeras ut och därefter najas samman. Användning av specialnät möjliggör tidsbesparing i armeringsarbetet.



*Figur 3.7 Armeringsnät för överkant i bjälklag (Celsa Steel Service, 2008)*

Lagnät kan levereras inom ett par dagar efter beställning medan motsvarande tid för specialnät är ca 3 veckor. Det är därför viktigt att tidigt bestämma sig för vilken sorts nät man ska använda sig av. Nätens utformning och placering spelar stor roll vid transport. Vanligtvis är det volymen som är den begränsande faktorn men genom att vända vartannat nät kan utrymme sparas vid transport (Lundgren, 2007).

De manuella arbetsmomenten vid användandet av armeringsnät är att placera ut distanser och därefter näten för att slutligen naja ihop dem med varandra (Ekelöf, 2007). Armeringsnäten måste dock klippas ibland för att passa in vid kanter eller andra hinder vid armeringsarbetet (Lundgren, 2007). Näten har olika storlek och vikt vilket ställer olika krav på behovet av resurser. Exempelvis väger en typ av vägnät 29 kilo vilket innebär att det kan hanteras av en arbetare. Armeringsnät för bjälklag kan däremot väga uppemot 150 kilo vilket kräver flera arbetare och lyftkran vid förflyttning och montage.

Ur kvalitetssynpunkt är det viktigt att armeringen najas ihop ordentligt så att den inte rubbas under gjutning (Ekelöf, 2007). Vidare är det viktigt att svetsarna är ordentligt utförda så att de klarar påfrestningar vid lastning, lossning och montage (Lundgren, 2007).

#### **3.4.4 Rullarmering**

Rullarmering är en förhållandevis ny metod som innebär att armeringen rullas ut på en bottenplatta eller ett bjälklag. Grundprincipen för tillverkning är att armeringsjärn läggs ut och svetsas mot ett stålband som sedan rullas upp på cirkulära stöd. Rullarna har en maxvikt på två ton och eftersom vanliga armeringstångar används är den maximala längden 12 meter (Ekelöf, 2007).



*Figur 3.8 Utrullning av rullarmering (Tibnor, 2007)*

Rullarmering används oftast i tjocka grundplattor som kräver stora armeringsmängder. Speciellt för rullarmering är att den endast kan användas på plana ytor utan uppstickande armeringsjärn. Vid användning som överkantsarmering på bjälklag kan det därför bli aktuellt att inte rulla armeringen ända ut till fasadkant där man i stället kompletterar med annan armering för att undvika de uppstickande stängerna. Användning som bjälklagsarmering sker då bjälklaget ska förses med stora armeringsmängder. Vid mindre armeringsmängder är ofta armeringsnät ett lämpligare alternativ.

Fördelarna med rullarmering i förhållande till konventionell armering är att armeringsarbetet går snabbare samt att arbete i obekväma ställningar och tunga lyft är mindre frekventa. Med rullarmering kan upp till 12 ton per timme läggas ut jämfört med ca 4-5 ton per timme för konventionell armering (Tibnor, 2007).

Tid för tillverkning och leverans av rullarmering till ett normalstort flerbostadshus varierar mellan 10-15 arbetsdagar beroende på fabriken beläggning. Vid projektering och planering av rullarmering är det viktigt att beakta vilken gjutordning som önskas på byggarbetsplatsen eftersom det kan påverka rullarnas utseende och utrullningsordning (Lundgren, 2007).

Armeringsarbetet kräver normalt två betongarbetare och en lyftkran med förare. Armeringsrullen placeras ut med kran och justeras av betongarbetarna så den hamnar rakt. Efter utrullning ska armeringen sträckas så att den får sin fulla längd och så att stängerna hamnar på rätt ställe. Från det att rullen lyfts upp till att den är utrullad och sträckt tar det endast 15 minuter (Ekelöf, 2007). För att få bärlighet i båda riktningarna i ett bjälklag rullar man ut två armeringsrullar vinkelrätt mot varandra varefter dessa sedan najas ihop. Därefter kan distanser placeras varpå samma procedur upprepas för överkantsarmeringen.

### **3.5 Installationsdragning i stommen**

De installationer som normalt förekommer i flerbostadshus är el, ventilation, värme, sanitet samt data och tele. Av dessa är det ventilations- och avloppsledningar som kräver störst utrymme i stommen. Beslut angående installationernas placering i stommen fattas tidigt i ett projekt. Det främsta kravet som styr placeringen av installationer är utrymmet som finns tillgängligt i den del av stommen som installationerna ska byggas in i (Svensson, 2007). Vid projektering av installationer bör mängden ingjutna installationer i väggar och bjälklag minimeras i största möjliga utsträckning (Svensson, 2007).

Placering av installationer kan variera från projekt till projekt (Svensson, 2007). Normalt brukar inblandade parter i projektet träffas innan installationsarbetet påbörjas för att diskutera eventuella krockar som kan uppstå samt vilka installationer som kräver störst utrymme (Svensson, 2007).

De vertikala installationsdragningarna placeras antingen i schakt som ansluter till våtrum eller kök, alternativt i lägenhetsavskiljande väggar som har tillräcklig tjocklek. De installationer som normalt förekommer i väggar är elledningar, ventilationsgenomföringar samt tappvattenrör för handfat och duschar. Här är risken för krockar liten vilket medger att arbetet kan utföras i obestämd ordning (Lindqvist, 2007).

Elledningar som placeras i lägenhetsavskiljande väggar måste läggas i vp-rör både för vertikala och horisontella dragningar. Ventilationskanaler som placeras i samma schakt som vattenrör av plast måste av brandskäl isoleras eller läggas i separata schakt (Hamrebjörk, 1994).

De horisontella installationerna gjuts vanligtvis in i betongbjälklaget där installationsrör och kopplingar fixeras antingen på en traditionell gjutform eller på plattbärlag. I fallet med plattbärlag krävs en minsta pågjutning motsvarande 180 mm (Hamrebjörk, 1994). I bjälklag förekommer i princip alla av de ovan nämnda installationerna. En tumregel som ofta tillämpas är att man bör inleda arbetet med att placera grövre rör som exempelvis ventilationsrör och avloppsledningar eftersom att erforderligt täckande betongskikt är svårast att uppnå för dessa. Det är också viktigt att undvika att ovan nämnda rör korsar varandra eftersom det inte finns tillräckligt utrymme för detta, speciellt vid användandet av plattbärlag. För övrigt måste avloppsledningarna ligga i fall vilket är svårt att åstadkomma om andra rör ligger under (Lindqvist, 2007).





*Figur 3.9 Prefabricerad avloppsenhet monterad på plattbärlag*

Fördelen med ingjutna installationer är att man sparar utrymme i byggnaden. Man har exempelvis större våningshöjd till förfogande. Nackdelen är att installationerna ej går att anpassa till framtida förändringsbehov. Kopplingar mellan rör måste dock alltid vara synliga av inspektionstekniska skäl (Svensson, 2007).

Fördelen med synliga installationer är följaktligen att de går att anpassa till framtida förändringsbehov och att inspektionen också underlättas. Nackdelen är förlorat utrymme i byggnaden vilket i vissa fall kan ha stor betydelse. Som exempel är det inte ovanligt för flervåningshus att en hel våning förloras då man väljer synliga installationer framför ingjutna i bjälklaget (Hamrebjörk, 1994).

Prefabricerade vårumsenheter är en lösning som idag blir alltmer vanlig.

Vårumsenheterna kan utgöras av helt färdiga badrumsmoduler (volymsenheter) eller vårumsväggar/våtkassetter som består av rörstammar, anslutningsledningar och fixturer, t.ex. WC-stol, duschblandare och tvättställ. Badrumsmodulerna prefabriceras under kontrollerade former på fabrik både genom maskinella och manuella tillverkningsmetoder. När badrumsmodulerna levereras är de färdiga för användning med toalett, dusch och badrumsskåp anpassade efter kundens önskan (Partab, 2007). Lösningen innebär att byggnadens installationer för vatten, avlopp och el endast behöver kopplas ihop med badrummets förberedda röranslutningar vilket förenklar installationsarbetet.

Då färdiga badrumsmoduler används, krävs en lokal sänkning av bjälklagets yta med ca 50 mm. Det är också viktigt att man enkelt kan komma åt schaktet för vertikala VA-dragningar. Detta åstadkoms t.ex. med hjälp av en lucka i badrumsväggen. Monteringen av badrumsenheterna sker ofta i takt med montaget av bjälklaget. Enheterna är då förseglade och öppnas inte förrän stomkompletteringen inleds. Samtliga installationer har då i ett tidigare skede redan anslutits via badrumsenhetens utsida (Hamrebjörk, 1994).

## **3.6 Betong**

Betong består av cement, ballast och vatten samt eventuella tillsatsmedel. Sammansättningen kan justeras påtagligt vilket ger upphov till betong med olika egenskaper både i färskt och hårdnat tillstånd.

### **3.6.1 Självkompakterande betong**

Skillnaden mellan självkompakterande betong och traditionell betong är att den självkompakterande betongen fyller ut gjutformen och omsluter armeringen utan vibrering (Retelius, 1993). Självkompakterande betong innehåller en större mängd fyllermaterial samt tillsatsmedel vilket gör den mer lätttröglig samtidigt som betongen förmår att undvika separation av de ingående beståndsdelarna (Fagerlund, 1999).

Den självkompakterande betongen får därmed mycket goda gjutegenskaper samtidigt som den eliminerar vibreringsarbetet. Detta gör att gjutningen går snabbare och kräver mindre arbetskraft samtidigt som hyrkostnaderna för vibreringsutrustning försvinner samt att kvaliteten på ytan förbättras vilket medför mindre behov av efterarbeten (Retelius, 1993). Självkompakterande betong är dyrare än vanlig betong, men på grund av besparing av gjuttid och yrkesarbetare kan den i många fall vara ett bra val både för produktiviteten och för byggkostnaden (Fagerlund, 1999). Speciellt vid gjutning av väggar och andra komplicerade utrymmen där det är omständigt att komma åt och vibrera. För att få bra gjutresultat med självkompakterande betong krävs en noggrannare planering. Det är viktigt för betongfabriken att känna till byggarbetsplatsens förutsättningar för att rätt betongrecept ska kunna tas fram. Vid gjutning är det viktigt att ha en långsam men jämn tillförsel av betong för att förhindra att luftbubblor bildas (Retelius, 1993). Pauser i betongtillförseln kan leda till att så kallade gjutveck bildas i ytan vilket resulterar i omarbete för att uppnå en bra ytfinish.

### **3.6.2 Högpresterande betong**

Högpresterande eller snabbtorkande betong har mycket goda uttorkningsegenskaper vilket möjliggör att tidpunkten för t ex golvläggning kan förkortas väsentligt. Betongen har ett lågt vct tal, d.v.s. att betongen innehåller mycket cement och lite vatten. När cementet reagerar med blandningsvattnet binds vatten kemiskt. Denna process kallas självuttorkning och sker utan att vattnet lämnar betongen. Självuttorkningens storlek beror bara på betongsammansättningen och ger samma resultat oberoende av konstruktionstjockleken (Nilsson et al, 2000).

Eftersom betongen har ett lågt vct blir den även mycket tät vilket gör att uttorkningen inte heller påverkas av nederbörd i samma utsträckning som betong med högre vct. Den snabbtorkande betongen har i princip samma gjutegenskaper som vanlig betong. Betongen innehåller dock tillsatser som gör den mer lättflytlig för att kompensera för den minskade vattenmängden.

Den ökande mängden cement gör att betongen härdar snabbare och får en högre hållfasthet. Detta är en fördel vid produktion av bjälklag eftersom att formen kan rivas redan efter ett till två dygn även vid låga temperaturer (BetongBanken, 2008).

### 3.6.3 Fiberarmerad betong

Fiberarmerad betong är konventionell betong där stålfibrer tillsatts vid blandning. Fibrerna finns i olika former och storlekar och är tillverkade av dragen stål av hög kvalitet (Thorsén, 1993). Fibrerna blandas in i betongen och fördelas med ca 10 millimeters avstånd i betongen. På detta sätt blir armeringen tätare vilket leder till minskade sprickbredder i betongen. Den får fler men tunnare sprickor (Thorsén, 1993). På grund av att fibrerna är fördelade i hela betongmassan kommer det även att finnas fibrer i ytan och i täcksiktet. Dessa fibrer kommer att rosta och synas som bruna fläckar på betongytan. Det har inte helt fastlagts om betongen kommer att skadas då fibrerna rostar och därmed ökar i storlek. Det finns dock rostskyddade fibrer att tillgå för att undvika problemet.



*Figur 3.10 Vanlig stålfiber för inblandning i betong (Bekaert, 2008)*

Fiberarmerad betong kan både pumpas och gjutas med kran och bask. Den vanligaste tillämpningen för flerbostadshus är i bottenplattor (Swerock, 2008). Fördelen med fibrer i betongen är att dessa kan ersätta en del av den konventionella armeringen och på så sätt minska armeringsarbetet (Betongindustri, 2008).

Fibrer av plast (fibre-reinforcement plastic) kan också användas för att skydda betongen mot tidiga krympsprickor som bildas av kraftig vind eller varmt väder. Speciellt utsatta är oskyddade bjälklag och plattor (Betongindustri, 2008).

## 3.7 Gjutmetoder

### 3.7.1 Pumpning

Betongpumpar finns i tre olika varianter, nämligen, stationära, mobila och rotpumpar (Betongindustri, 2007). Stationära pumpar används ofta vid arbeten som pågår under en längre tid. Den stationära pumpen kan även kompletteras med en fördelarmast för att kunna försörja stomdriften allt eftersom byggnaden växer på höjden. Mobila pumpar består av en betongpump som monterats på ett lastbilschassi tillsammans med en fördelarmast. Mobila betongpumpar medför en större flexibilitet då de kan flyttas mellan byggarbetsplatser dag för dag. Med rotpump menas att en liten betongpump monterats på en roterbil (betongbil). En roterbil med pump kan lasta mellan 3-5 m<sup>3</sup> betong medan en traditionell betongroterbil kan lasta mellan 5-7,5 m<sup>3</sup> (Betongindustri, 2007). Rotpumpar lämpar sig därför enbart för mindre gjutningar. Krävs mer betong till gjutningen kan pumproterbilen fyllas på från en traditionell roterbil, vilket gör pumproterbilen till en flexibel lösning (Sydsten, 2007).

Vid planering för vilken gjutmetod som ska användas är det viktigt att ta fram så mycket information som möjligt om gjutningen och rådande förutsättningar. Gjutning av ett bjälklag på ca 450 m<sup>2</sup> tar ca ett dygn att gjuta med normal betong då kran och bask används. Samma gjutning kan klaras av under arbetsdagens åtta timmar om gjutning sker med pump (Lindqvist, 2007). Tiden är ofta en viktig parameter vilket innebär att merkostnaden för betongpumpen ofta kan tjänas in i form av en kortare gjuttid. Platsgjutning av väggar sker normalt med kran och bask men om kranen är hårt belastad med annat arbete kan pumpning vara ett alternativ (Huusko, 2007).



Figur 3.11 Gjutning av bjälklag med pump (Fotograf Daniel Hertzell)

Betongpump och roterbilar tar stor plats och kräver ofta planering av utrymmet på arbetsplatsen. Trånga arbetsplatser kan leda till att en pump av mindre modell måste användas för att gjutningen ska kunna genomföras.

Olika betongsorter kräver olika mycket arbete. Även arbetsuppgifterna blir annorlunda beroende på vilken betong som väljs. Vid gjutning av bjälklag med pump och normal betong krävs vanligtvis tre betongarbetare. Vid gjutning med självkompakterande betong kan arbetsstyrkan minskas till två arbetare (Lindqvist, 2007).

Vid gjutning av väggar är det viktigt att inte formen fylls för snabbt då det kan ge upphov till höga formtryck med risk för kollaps. Det är samtidigt viktigt att genomföra noggrann kontroll av stämp och formstag så att inga brister förekommer. Vid gjutning av bjälklag är det viktigt att följa ritningar och anvisningar vad det gäller mängd och placering av stämp, bockryggar och formstag.

### 3.7.2 Kran och bask

Gjutning med kran och bask är en mer utdragen process än pumpning. En av fördelarna är dock att utrustningen redan finns tillgänglig på arbetsplatsen. Normalt gjuts väggar med kran och bask där en normal väggetapp motsvarande 30 meter vägg kan gjutas under en dag. Användning av kran och bask vid stora gjutningar ställer större krav på planering för att säkerställa att kranen kan låsas till väggjutning under en längre period utan att övriga aktiviteter avstannar.



*Figur 3.12 Gjutning av bjälklag med kran och bask (Fotograf Daniel Hertzell)*

Vid gjutning är kranföraren delaktig med att styra basken mellan roterbil och gjutplats. Eftersom roterbilföraren fyller upp basken behöver bara en betongarbetare vara delaktig vid gjutning av väggar. Vid gjutning av bjälklag krävs normalt samma antal betongarbetare som vid pumpning.

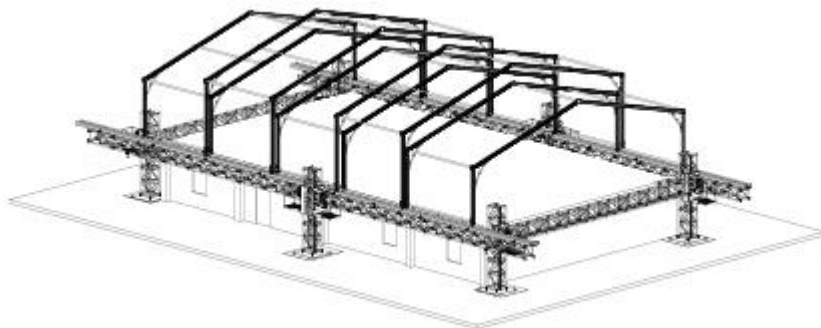
Gjutning med kran och bask medför väntetid för betongarbetarna då basken ska återfyllas med betong. Denna fördröjning är till viss del positiv vid gjutning av väggar då det finns bestämmelser för hur snabbt betongen får stiga i väggformen. Vid gjutning av bjälklag är denna fördröjning inte lika positiv utan skapar i stället onödiga pauser som förlänger arbetet.

### 3.8 Väderskydd

Att använda väderskydd för att skapa en väderoberoende arbetsmiljö har många fördelar, t.ex. förbättrad arbetsmiljö, förkortad byggtid, snabbare uttorkning av betong, skydd av känsliga material mot fuktpåverkan etc. (Larsson och Söderlind, 2006). Metoden är trots påvisade fördelar relativt ovanlig vid byggnation av flerbostadshus. Ett argument mot systemet är att det är svårt att påvisa en ekonomisk nytta med att använda systemet vilket gör att entreprenören ofta väljer bort metoden (Larsson och Söderlind, 2006). Det finns dock studier som visar på motsatsen. Enligt *Väderskyddad produktion* (Larsson och Söderlind, 2006) visar uppföljning av projekt att kostnaden för väderskyddet endast utgör 1-2 % av den totala produktionskostnaden och att denna kostnad kortsiktigt kan fås igen genom intäkter i form av exempelvis en ökad produktivitet.

Det finns idag ett antal väl utvecklade system för väderskydd som används i samband med uppförandet av flerbostadshus. Man brukar skilja på fasadväderskydd och takväderskydd. Fasadväderskydd består av duk eller genomskinliga skivor som förankras till en fasadställning (Larsson och Söderlind, 2006). Takväderskyddet består av en duk eller genomskinliga skivor som monteras på en bärande konstruktion. De system som finns tillgängliga idag medger spännvidder mellan 25 och 50 m. Behovet av att lyfta in material i byggnaden har medfört en utveckling av öppningsbara takväderskydd (Larsson och Söderlind, 2006).

Det finns även takväderskyddssystem som kan flyttas med byggnaden allt eftersom den växer på höjden. Sådana väderskyddssystem monteras på kuggförsedda master som med hjälp av elmotorer lyfter upp väderskyddet i takt med att våningarna färdigställs. Dessa väderskyddssystem är också försedda med en integrerad arbetsplattform vilken ersätter konventionell fasadställning. I takt med att byggnaden växer på höjden placeras fasadväderskydd utanför arbetsplattformarna.



Figur 3.13 Takväderskyddssystem som kan följa med byggnaden upp på höjden (Hallbyggarna Jonserseds, 2008)

För att få ett så bra resultat som möjligt av väderskyddet bör man involvera väderskyddsleverantören redan under programskedet. Detta ger väderskyddstillverkaren möjlighet att anpassa väderskyddet till projektet. Avsikten är att väderskyddet ska finnas från byggstart av stommen fram tills att husets klimatskal är färdigt (Ferkinghoff, 2007).

### **3.9 Internationell utblick**

I detta avsnitt ges en kort överblick av användning av form, armering och betong i ett internationellt perspektiv och även en kort beskrivning av den utveckling som pågår inom dessa områden.

Utveckling av formsystem drivs till stor del av att öka produktiviteten vilket för formsystem innebär lättare system, standardiserade och förtillverkade moduler. Exempelvis har formsystem av stål ersatts av aluminium för att underlätta transport och hantering på arbetsplatsen (Jongbloed et al).

I Europa finns olika traditioner vad det gäller användningen av formsystem för platsgjutning av betongkonstruktioner. De metoder som används är alltifrån traditionell lösvirkesform och förtillverkade systemformar av stål till kvarsittande formsystem som t.ex. plattbärlag och skalväggar. Patentskyddade leverantörsspecifika formsystem förekommer också (Proverbs et al, 1999a).

För väggformar är spridningen stor mellan de olika formsystemen. I England används exempelvis i stor utsträckning formsystem med plywood-skivor med trä eller stålram (Winch och Carr, 2001). I Frankrike och Tyskland används däremot patentskyddade system i en större utsträckning (Proverbs et al, 1999b). I Frankrike är spridningen av metoder stor på grund av att det är mer vanligt att byggentreprenörerna äger sina egna formar tillskillnad från Tyskland där det är mer vanligt att det mest lämpade formsystemet hyrs in för varje projekt (Proverbs et al, 1999a).

Användning av formsystem för bjälklag är ungefär likartad i de tre länderna där formsystemen oftast är förtillverkade och hyrs från en formtillverkare (Proverbs et al, 1999b). Kvarsittande formsystem, t.ex. plattbärlag används i en allt större utsträckning både i England och Frankrike vilket troligtvis är ett resultat av strävan att utveckla snabbare och mer rationella byggmetoder (Winch och Carr, 2001).

Ett område där det skett utveckling inom armeringsområdet är armering med högre stålqualität. Med starkare stål kan armeringsmängden minskas och därmed också armeringsarbetet. Rullarmering anses även internationellt ha stora fördelar i form av ett mindre resursbehov och en bättre arbetsmiljö för yrkesarbetarna (Jongbloed et al).

Ett annat viktigt område med potential att öka produktiviteten är att öka användningen av fiberarmerad betong. Internationellt sker utvecklingsarbete med syftet att ersätta stålfibrer med plastfibrer som är mera lämpligt för betongkonstruktioner i utsatta miljöer (Jongbloed et al).

Högpresterande betong används oftast till konstruktioner som kräver mycket hög hållfasthet. Högpresterande betong är betong med en hållfasthet större än 80 MPa och med ett vattencementtal lägre än 0,4 (Peterson, 2003). Inom husbyggnad kan fördelar som tunnare vägg- och bjälklagskonstruktioner bli resultatet om högpresterande betong används. En viktig egenskap är att betongen möjliggör en avsevärt kortare uttorkningstid och påskyndar tidpunkten för golvläggning (Jongbloed et al).

Självkompakterande betong växer i andel över hela Europa. Dess fördelar är att den har ett mindre resursbehov då ingen vibrering krävs. Detta är också positivt ur arbetsmiljösynpunkt. Vidare fås bättre ytor vilket minskar behovet av efterbehandling och efterlagning. Ytterligare en fördel är att betongen fyller ut formen på ett bättre sätt vilket kan vara problematiskt vid användning av vanlig betong i armeringstäta konstruktioner (Jongbloed et al).





## **4. Metod för tidsuppföljning**

### **4.1 Activity Sampling**

#### **4.1.1 Allmänt**

Activity Sampling är en internationellt vedertagen metod för att mäta hur tiden används för olika arbetsuppgifter (Winch och Carr, 2001). Activity Sampling brukar på svenska översättas till frekvensstudieanalys men eftersom den engelska benämningen är internationellt accepterad valdes att använda denna fortsättningsvis i detta arbete. Metoden bygger på kontinuerliga och i tiden slumpmässiga observationer, där pågående arbete på en arbetsplats registreras. Activity Sampling bygger på antagandet att om tillräckligt många observationer görs under en begränsad mätperiod så är dessa representativa för arbetet under lång tid. Enligt tidigare studier kan ett relativt säkert resultat utläsas efter 5 000 observationer (Jenkins och Orth, 2004). Anledningen till att inte konstanta observationer utförs är för att inte påverka det arbete som studeras. Vidare är det viktigt att ha klart för sig att det inte är produktiviteten i arbetet som mäts utan istället hur tiden används vid olika typer av arbeten inom ett specifikt arbetsområde (Winch och Carr, 2001). Resultatet av mätningen innebär att, i procent, redovisa hur mycket respektive aktivitet tar upp av den totala arbetstiden och vad denna består av i form av värdehöjande respektive icke värdehöjande arbete (Winch och Carr, 2001). Detta ger exempelvis möjlighet till diskussion kring specifika problem i produktionen eller som underlag för jämförelse mellan olika arbetsplatser.

#### **4.1.2 Beskrivning av metod**

Planeringen inför en Activity Sampling innebär att först dela in arbetet i kategorier. Normalt används de tre huvudkategorierna direkt arbete, indirekt arbete respektive störningar (Winch och Carr, 2001). Dessa delas i sin tur in i underkategorier som är anpassade för arbetsplatsen i fråga samt de arbetsmoment som ska studeras. Vid genomförandet av mätningen går en observatör runt på arbetsplatsen och registrerar vilken typ av arbete som utförs vid en första kontakt med arbetaren. Det är viktigt att vara konsekvent då observationer utförs och registreras för att undvika systematiska fel och osäkerheter kring hur resultaten ska tolkas. Förutom att genomföra observationerna slumpmässigt är det därför viktigt att observatören ändrar sitt mönster och inte går samma runda vid varje observation. Vidare bör observatören vara insatt i det arbete som studeras men samtidigt okänd för de observerade arbetarna (Winch och Carr, 2001).

### 4.1.3 Användningsområde

Activity Sampling kan i princip användas på vilken arbetsplats som helst. Det bör dock nämnas att metoden lämpar sig bättre för registrering av fysiskt arbete eftersom det här är enklare att särskilja mellan olika typer av arbete. Lämpliga tillämpningsområden är exempelvis arbete på byggarbetsplatser, arbete i industrier och arbete på sjukhus. Activity Sampling har tidigare använts för att studera användning av tid på byggarbetsplatser. Jenkins och Orth (2004) redovisar resultat från en mätning i samband med nybyggnation av ett laboratorieområde där resultaten visade att arbetarna utförde aktivt arbete under 29 % av arbetsdagen. Den procentuella andelen tid som spenderades på hantering av material och att vänta på leveranser var 18 % respektive 17 %. I en annan studie (Winch och Carr, 2001) användes Activity Sampling som metod för att jämföra andelen produktiv tid på byggarbetsplatser i Frankrike och England. Studien omfattade mätning av arbetet med att gjuta golv, väggar och pelare. Resultatet av studien visade att det utfördes aktivt arbete under ca 60 % av arbetsdagen på de franska arbetsplatserna jämfört med ca 50 % på arbetsplatserna i England. Den ökade andelen aktivt arbete i Frankrike förklaras genom användning av mera avancerade metoder för formning och gjutning.

Activity Sampling har även utförts på byggarbetsplatser i Sverige, bl.a. vid nybyggnation av bostäder (Josephson och Saukkoriipi, 2005). Mätningen utfördes under 22 arbetsdagar då arbetet som utfördes av byggnadsarbetare, byggnadsledare, arkitekter och installationskonsulter registrerades. Arbetet delades in i de tre kategorierna direkt arbete, förberedelser och rent slöseri. För byggnadsarbetarna resulterade arbetet i 17,5 % direkt arbete, 45,4 % förberedelser och 33,4 % rent slöseri. Författarna anser att andelen direkt arbete är låg i jämförelse med internationella studier. En viktig skillnad som enligt författarna är värd att beakta är att de i mätningens förutsättning har dragit en tydlig gräns mellan vad som faktiskt är värdeskapande arbete och inte (Josephson och Saukkoriipi, 2005).

### 4.1.4 Begränsningar

Eftersom Activity Sampling bygger på slumpmässiga observationer krävs ett stort antal observationer för att erhålla god tillförlitlighet. Vidare är metoden inte alltid det bästa alternativet för alla arbetsplatser för att få en uppfattning om aktivitetsfördelningen.

## **4.2 Anpassning av mätmetod för platsgjutet byggande**

### **4.2.1 Allmänt**

I detta avsnitt beskrivs hur Activity Sampling har anpassats för att kunna användas i detta examensarbete för att mäta användning av tid vid platsgjutet stombyggande. Syftet är att mäta hur olika typer av arbete fördelas tidsmässigt i samband med byggandet av en platsgjuten stomme samt även hur kranen används. Framförallt består anpassningen av att identifiera det arbete som förekommer i samband med platsgjuten stombyggnad samt att kategorisera dessa i grupperna direkt arbete, indirekt arbete respektive störningar. Anpassning av metoden har gjorts i samarbete med ett annat pågående examensarbete i vilken Activity Sampling också har använts i ett liknande syfte (Lundström och Runquist, 2008).

Föregående avsnitt beskrev det allmänna tillvägagångssättet för hur en Activity Sampling bör utföras. Metoden och genomförandet som används i examensarbetet skiljer sig något från denna. Eftersom mätningarna inte kunde påbörjas förrän i ett sent skede av arbetet minskade den tillgängliga tiden för observationerna, därför beslutades att observationerna skulle utföras med två minuters mellanrum för att öka tillförlitligheten i mätresultatet. Byggarbetsplatsen tillåter så täta observationer eftersom att stommen fortfarande är i inledningskedet av uppförandefasen samt att den tänkta observationsplatsen är belägen i nivå med våningsplanet som ska studeras. Genom att konsekvent registrera pågående arbete varannan minut kan avsteg på krav från slumpmässighet tillåtas. Vidare anses avståndet mellan observationsområdet och observationsplatsen vara tillräckligt långt ifrån varandra för att arbetarna inte ska påverkas under mätningarna.

För att kunna registrera de aktiviteter som utförs under mätperioden delas arbetet in i huvudkategorierna "Direkt arbete", "Indirekt arbete" och "Störningar". Vidare delas varje huvudkategori in i ett antal underkategorier som har olika betydelse beroende på om det är bjälklagsarbete eller väggarbete som studeras. Huvudkategorin "Störningar" har dock samma innebörd för både bjälklags- och väggarbeten. Med "Indirekt arbete" avses allt förberedande arbete vilket omfattar materialhantering, utrustningshantering, städning och säkerhetsåtgärder. Klassificering av arbete omfattar även arbete som inte ingår i det projekt som kommer att studeras. Anledningen till detta är att metoden ska kunna vara mer generell tillämpbar för mätning av platsgjutet stombyggande.

Nedan ges ett utdrag från det protokoll som användes vid mätningarna. I de två följande avsnitten redovisas hur arbetet kategoriseras för bjälklag och vägg.

Datum:	Direkt arbete	Indirekt arbete						Störningar				Kran		Kommentarer		
Väder:	Värdeskapande arbete	Förberedande arbete	Materialhantering	Utrustningshantering	Städning	Säkerhetsåtgärder	Stillesåndstid	Ej schemalagd rast	Restid	Missing in action	Produktionsstopp					
Tid:															Aktiv	Ej aktiv
Träarbetare																
Betongarbetare																
Installatör																

Figur 4.1 Protokoll som används vid mätningarna oberoende av vilken del av stommen som studeras

## 4.2.2 Klassificering av bjälklagsarbete

### Direkt arbete

I denna kategori inkluderas allt det arbete som är anses vara värdeskapande för slutprodukten, d.v.s. stommen.

#### Montering formsystem

- Montage av kvarsittande plattbärlag inklusive arbete med justering i efterhand. Till direkt arbete räknas även tiden för transport av plattbärlagen från lastbil till montageplats.
- Montage och demontage av traditionella formsystem
- Montering och rivning av stämp och bockryggar
- Montage av avstängare

#### Armering underkant

- Klippning och bockning av armering
- Utläggning och montage av underkantsarmering
- Utläggning av distanser
- Utläggning av armeringsnät över plattbärlagsskarvar
- Najning av armeringsjärn
- Här inkluderas även tätning av plattbärlagsskarvar samt formning runt trapphus och hisschakt

#### Armering överkant

- Klippning och bockning av armering
- Utläggning och montage av överkantsarmering
- Najning av armeringsjärn

#### Installationer

- Utläggning och montage av installationer för el, tele, värme, vatten, avlopp och ventilation. Om förberedande montage sker i nära anslutning till montagestället räknas detta som direkt arbete.

### ***Gjutning***

- Utläggning, vibrering, höjdkontroll, slodning
- Placering av gjutform vid försänkningar i bjälklaget
- Bevattning och eventuell täckning av betongytan
- Eventuell glättning av betongytan

### ***Övriga montagearbeten***

- Montage av trappor, balkonger, pelare

### **Indirekt arbete**

#### ***Förberedande arbete***

Förberedande arbete i form av ritningsläsning, mottagande av instruktioner från arbetsledare, mätning och utsättning klassas här som förberedande arbete.

#### ***Material- och utrustningshantering***

I denna kategori ingår transport och flytt av material och utrustning. Till detta räknas även kapning och sågning av skivor och brädor avsedda för formarbeten vid bjälklagsgjutning. Transport, flytt samt rengöring av verktyg och annan utrustning avsedda för bjälklagsarbete.

#### ***Städning***

Städning av arbetsplatsen innebär sopning och undanröjning av skräp och spillmaterial.

#### ***Säkerhetsåtgärder***

Säkerhetsåtgärder innebär uppsättning av skydd samt övriga säkerhetsanordningar, exempelvis uppsättning av skyddsräcke i fasadlinjen samt runt trappa och hisschakt. Till kategorin ingår även skyddsronder och andra säkerhetsgenomgångar.

## **4.2.3 Klassificering av väggarbeten**

### **Direkt arbete**

#### ***Formning***

- Nedmontering av väggform
- Förflyttning av väggform från en väggetapp direkt till nästa
- Rengöring och oljning
- Montage av väggform (enkling och dubbling)
- Montage av avstängare

#### ***Armering***

- Montering av armeringsnät och lösjärn
- Placering av distanser
- Najning av armeringsjärn

### ***Installationer***

- Dragning av installationer t.ex. montering av vp-rör och eldosor

### ***Gjutning***

- Tömning av betong i väggform
- Vibrering
- Kontroll av gjuthöjd

### **Indirekt arbete**

#### ***Förberedande arbete***

Förberedande arbete i form av ritningsläsning, mottagande av instruktioner från arbetsledare samt mätning och utsättning klassas här som förberedande arbete.

#### ***Material- och utrustningshantering***

I denna kategori ingår transport och flytt av material och utrustning. Till detta räknas även kapning och sågning av skivor och brädor avsedda för formarbeten vid väggjutning. Transport, flytt samt rengöring av verktyg och annan utrustning avsedda för väggarbete.

Om väggform flyttas till annan plats än till montageplatsen klassas detta som utrustningshantering.

#### ***Städning***

Städning av arbetsplatsen innebär sopning och undanröjning av skräp och spillmaterial.

#### ***Säkerhetsåtgärder***

Säkerhetsåtgärder innebär uppsättning av skydd, exempelvis fallskydd, samt övrigt säkerhetsanordningar. Till kategorin ingår även skyddsronder och andra säkerhetsgenomgångar.

## **4.2.4 Störningar**

### ***Stilleståndstid***

Här ingår all den tid där det inte utförs något synbart arbete på grund av exempelvis väntan på material eller utrustning eller på att andra arbetare ska bli klara med sitt arbete.

### ***Ej schemalagd rast***

Raster som uppkommer under arbetstid som inte beror på väntetid. Hit räknas även försening på morgonen eller efter rast, tidigt avslut inför rast eller kvällen samt ej arbetsrelaterade diskussioner med kollegor.

### ***Restid***

Transporter inom arbetsplatsen som inte kan kategoriseras som indirekt arbete, t.ex. då arbetare är i rörelse utan att bära med sig material eller utrustning mellan arbetsställe och verktygscontainrar eller materialupplag.

### ***Missing in action***

Denna kategori används då arbetare saknas vid observationstillfället. Kategorin används även då arbetare som borde befinna sig vid arbetsområdet men som exempelvis är sjuka eller har övergått till arbeten inom andra delar av arbetsplatsen trots att de i planeringen är inräknade som en resurs på observationsplatsen.

### ***Produktionsstopp***

Avbrott i arbetet som exempelvis beror på dåligt väder, utebliven eller försenad leverans eller trasiga verktyg. Kategorin används endast då det inte är möjligt att gå över till annat arbete.

## **4.2.5 Kranarbete**

Kranaktiviteten registreras vid varje observation. Här tillämpas kategorierna:

### ***Aktiv***

Kranen är sysselsatt med arbete kopplat till stommen som ingår i studien. Vid formarbete och väggjutning kan kranen exempelvis stå stilla under en tid samtidigt som den är kopplad till formen respektive basken. Detta arbete klassificeras som aktivt eftersom kranen är upptagen och inte kan användas till annan aktivitet.

### ***Aktiv vid annan del av bygget***

Kranen är sysselsatt med arbete som ej ingår i den studerade delen av bygget.

### ***Ej aktiv***

Kranen står stilla och är tillgänglig för arbete.



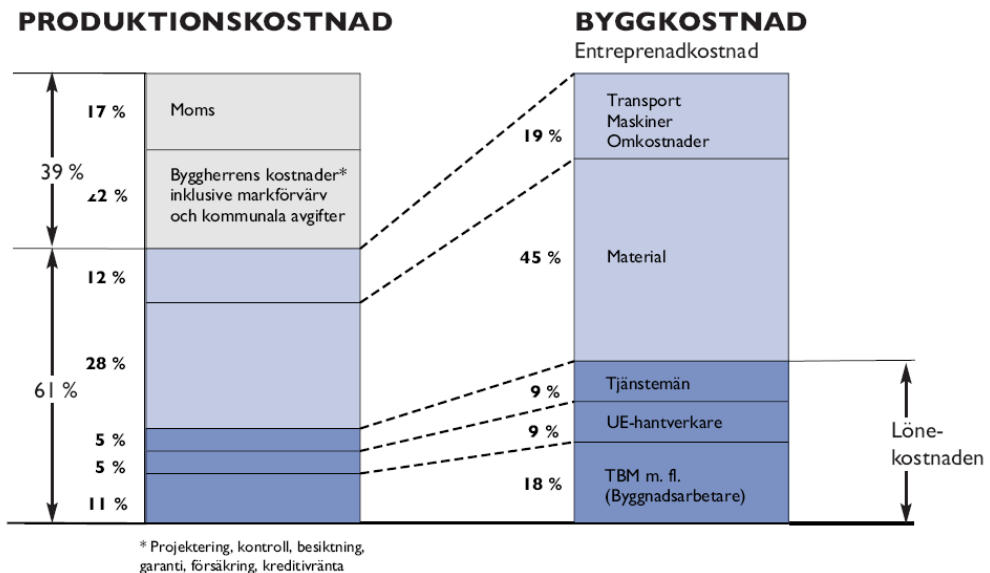


## 5. Uppföljning av stomkostnader

I detta avsnitt redovisas erfarenheter av kostnadsuppföljning utförd av BetongBanken samt beskrivning av metodik och struktur för insamling av kostnadsdata för en platsgjuten stomme.

### 5.1 Kostnader för bostadsprojekt

Produktionskostnaden för ett byggprojekt innebär totalkostnaden för projektet, d.v.s. kostnaden för alla delar i byggprocessen. Produktionskostnaden kan i sin tur delas upp i markkostnad, byggherrekostnad samt byggkostnad. Markkostnad är kostnaden för markförvärvet och byggherrekostnaden ges huvudsakligen av projektering och byggherrens administration. Byggkostnaden som är huvuddelen av produktionskostnaden omfattas av mark- och schaktarbeten, uppförandet av byggnaden samt installationskostnader (Sveriges Byggindustrier, 2007).



Figur 5.1 Kostnader i ett bostadsprojekt (Sveriges Byggindustrier, 2007)

## **5.2 Kostnadsuppföljning enligt BetongBanken**

### **5.2.1 Allmänt**

BetongBanken är en kunskapsbank för platsgjutet byggande. Här finns en samlad kunskap kring projektering och utformning av konstruktionslösningar samt en samlad redovisning av kostnader vilka bygger på uppföljning av genomförda projekt. Kostnadsdata finns för både flerbostadshus och kontorsbyggnader (BetongBanken, 2007).

### **5.2.2 Definition av stomkostnad**

För att möjliggöra uppföljning och jämförelser av kostnader för stommen krävs att det är tydligt framgår vilka kostnader som ingår och hur dessa är definierade.

I stomkostnaden ingår enligt BetongBankens definition, kostnader material och utrustning för att producera stommen. I kostnaden ingår material, utrustning och arbetskostnader för formsättning, armering och gjutning. Det ingår även kostnader för arbete som avser efterlagning av betongytor samt kostnad för eventuell betongpump samt kostnader för trappor, balkonger och ståpelare. Dessutom redovisas även arbetsplatsomkostnader vilket inkluderar bl.a. krankostnad och arbetsledning. Stomkostnader redovisas även renodlade från arbetsplatsomkostnaden. Delsystem som t.ex. utfackningsväggar, fasadbeklädnad, installationssystem, flytspackel och ytskikt samt centraladministration och vinstpåslag ingår inte i stomkostnaden.

För att kunna jämföra olika objekt följer man upp kostnaderna för enbart stommen över bottenplattans överkant alternativt källarstommens överkant. Anledningen till detta är att markförutsättningarna anses ha en alltför stor inverkan på kostnadsbilden och därmed riskera felaktiga jämförelser (Boverket, 2007).

### **5.2.3 Insamlingsmetod**

Vid insamlingen av kostnaderna för stommen utgår man från aktiviteterna formsättning, armeringsinläggning, betonggjutning och efterlagning. För respektive aktivitet samlas information in om enhetskostnad för material och utrustning. I kostnaden inkluderas eventuellt materialspill. Kostnader för förtillverkade element som trappor och ståpelare tas också med i insamlingen. Uppgifter om aktivitetens enhetstider för det aktuella projektet samlas också in. Slutligen ingår att bedöma hur stor del av arbetsplatsomkostnaderna som kan hänföras till stommen under tiden då denna uppförs (Johansson, 2007).

BetongBanken använder standardiserade mallar för att samla in kostnadsdata för stommen. En representant för BetongBanken går tillsammans med entreprenörens platschef igenom mallen och hur denna ska tolkas och vilka uppgifter som ska anges. Därefter ansvarar byggtreprenörens platschef och arbetsledare för att ta fram de kostnadsdata som efterfrågas enligt mallens struktur. De kostnader som redovisas baseras

således på byggtreprenörens uppgifter och uppriktighet (Johansson, 2007). Uppenbara avvikelser brukar dock upptäckas och korrigeras vid sammanställning och bearbetning.

### 5.2.4 Uppföljning av tre aktuella projekt

Under 2004 - 2005 genomfördes en uppföljning av kostnaden för den platsgjutna betongstommen i fyra flerbostadshusprojekt. Projekten tillsammans med uppföljda kostnader finns redovisade i detalj i *Uppdatering av tider och kostnader för BetongBanken* (Boverket, 2007). Tre av dessa projekt används som jämförelse med det projekt som ingår i detta examensarbete. Det fjärde projektet tas inte med då detta hade en avvikande produktionsmetod jämfört med övriga projekt.

Nedan presenteras de tre projekten i korthet. Uppföljda kostnader redovisas sedan i avsnitt 8.2 tillsammans med uppföljda kostnader som genomförts inom ramen av detta examensarbete. En kortfattad sammanställning av konstruktionsteknik och produktionsfakta för de tre projekten redovisas i bilaga 3.

#### ***Flerbostadshus Ängelholm***

Kvarteret Betvågen, fortsättningsvis kallad "Flerbostadshus Ängelholm", består av en huskropp uppdelad i sex sammanhängande husdelar. Huskroppens våningsplan upptar sammanlagt en yta av 5800 m<sup>2</sup> BTA. Husdelarna har en varierande höjd på tre till sex våningar. Bjälklagen är formsatta med slakarmerade plattbärlag som efter pågjutning ger en bjälklagstjocklek på 240 mm. I bjälklaget används inläggningsfärdig armering samt armeringsnät över plattbärlagsskarvar. Varje våningsplan delas in i sex gjutetapper på vardera 270 m<sup>2</sup> (cirka 55 m<sup>3</sup> betong). Gjutning äger rum var fjärde dag och utförs till 95 % med kran och bask. Invändigt består byggnaden av bärande platsgjutna väggar med tjocklekarna 150 respektive 200 mm. Gavelväggar består av 180 mm platsgjuten betong och övrig fasad består av bärande stålpelare som kompletteras med utfackningsväggar. De platsgjutna väggarna formsätts med bostadsform och luckform. Total mängd disponibel dubbelsidig form är 35 m. Vid gjutning av väggar, som genomförs med kran och bask, åtgår ca 13 m<sup>3</sup> betong per gjutetapp. Varje husdel består av 3-4 väggetapper. I väggarna används både inläggningsfärdig armering och lösarmering (Boverket, 2007).



Figur 5.2 Flerbostadshus i Ängelholm (BetongBanken, 2008)

### **Flerbostadshus Stockholm**

Kvarteret Perstorp 4, fortsättningsvis kallad ”Flerbostadshus Stockholm”, består av två femvåningshus bestående av 64 lägenheter sammanlagt. Uppföljning av stomkostnaden har genomförts för en av de två huskropparna. Total bruttoarea för de båda huskropparna är 6257 m<sup>2</sup>. Bjälklagen är formsatta med slakarmerade plattbärlag som efter pågjutning ger en bjälklagstjocklek på 250 mm. I bjälklaget används inläggningsfärdig armering i överkant samt armeringsnät över plattbärlagsskarvar. Varje bjälklag delas in i två gjutetapper på vardera 260 m<sup>2</sup> (cirka 52 m<sup>3</sup> betong). Gjutning, som utförs med pump, sker var annan dag följt av ett mellanrum på sju arbetsdagar till nästa gjutetapp på nästa våningsplan. Invändigt består byggnaden av bärande platsgjutna väggar med tjockleken 200 mm. Yttreväggar består av bärande stålpelare samt utfackningsväggar med puts. De platsgjutna väggarna formsätts med bostadsform. Mängden disponibel dubbelsidig form är 20,5 löpmeter. Vid gjutning av väggarna, som genomförs med kran och bask, åtgår cirka 10 m<sup>3</sup> betong per väggetapp. Varje våningsplan består av 4 väggetapper. Inläggningsfärdig armering används vid armering av väggar (Boverket, 2007).



*Figur 5.3 Flerbostadshus i Stockholm (BetongBanken, 2008)*

### **Flerbostadshus Karlstad**

Kvarteret Vågmästaren, fortsättningsvis kallad ”Flerbostadshus Karlstad”, består av 16 huskroppar. Uppföljning av stomkostnaden har genomförts för en av huskropparna bestående av 11 våningar ovan mark med totalt 34 lägenheter. Huskroppens sammanlagda bruttoarea är 4 420 m<sup>2</sup>. Bjälklagen är formsatta med slakarmerade plattbärlag som efter pågjutning ger en bjälklagstjocklek på 240 mm. I bjälklaget används lösarmering samt nätarmering över plattbärlagsskarvar. Varje våningsbjälklag består av en gjutetapp på 430 m<sup>2</sup> (cirka 95 m<sup>3</sup> betong). Gjutning av bjälklag sker var 17:e arbetsdag och utförs med pump. Invändigt består byggnaden av bärande platsgjutna väggar med tjockleken 220 mm. I fasadlinjen utgörs hälften av yttreväggsarean av platsgjutna betongväggar med en tjocklek på 200 mm och den resterande hälften består av bärande stålpelare och utfackningsväggar. De platsgjutna väggarna är uppförda med bostadsform.

Total mängd disponibel dubbelsidig form är 24 löpmeter. Varje våningsplan innehåller 7 väggetapper. Gjutning av väggar sker med kran och bask och för varje väggetapp åtgår cirka 7 m<sup>3</sup> betong. Som armering i väggar används lagernät och lösarmering samt på arbetsplats förtillverkade armeringsenheter över fönster (Boverket, 2007).



Figur 5.4 Flerbostadshus i Karlstad (BetongBanken, 2008)

### **5.3 Metod för uppföljning av stomkostnader**

I detta avsnitt beskrivs den metod som använts i detta examensarbete för insamling av kostnadsdata.

#### **5.3.1 Definition av stomkostnader**

Vid uppföljning av kostnaderna definieras stommen över bottenplattan på samma sätt som BetongBanken (Boverket, 2007), d.v.s. system av bärande komponenter ovanför bottenplatta eller källarkonstruktion. Anledningen till denna avgränsning är att möjliggöra kostnadsjämförelse med uppföljda projekt redovisade i *Uppdatering av tider och kostnader för BetongBanken* (Boverket, 2007). I Stomkostnaden, som är en del av byggkostnaden, ingår således kostnader för arbete, material och utrustning för form, armering och betong. Vidare ingår även kostnader för förtillverkade elementen trappor, balkonger och stålpelare. Ingjutna installationer och krankostnad ingår dessutom men bryts ut vid jämförelse med BetongBankens projekt. Kostnader för utfackningsväggar och andra icke bärande delar ingår inte i stomkostnaden.

#### **5.3.2 Insamlingsmetod och beräkningsförutsättningar**

Arbetskostnaden grundar sig i första hand på observationer av arbetet för en bjälklagscykel och två väggcykler. Observationerna har använts för att beräkna antalet mantimmar som studerade aktiviteter förbrukade. Eftersom två av sex väggcyklar för våningsplanet har följts är inte underlaget fullständigt utan en del

uppskattningar av antalet mantimmar har gjorts. För de aktiviteter som ej observerats, bland annat montage av stämp och bockryggar, grundar sig arbetskostnaden på uppgifter lämnade av produktionspersonal.

Utrustning som ger en betydande kostnad eller som används under stora delar av byggtiden finns med i kostnadsuppföljningen. Vanlig standardutrustning för yrkesarbetarna lämnas utanför. Tiden som utrustningen utnyttjas för respektive aktivitet grundar sig på utförd Activity Sampling medan kostnaden fås av byggledningen. För betongbasken har dock kostnaden tagits från ett uthyrningsföretag (Hyrman, 2007).

Byggmaterialet som används till den observerade stomdelen mängdas upp från ritningar och andra projekthandlingar tilldelade av byggledningen. Viss information fås även muntligen. Kostnaderna på de efterfrågade materialen tilldelas av byggledningen förutom material knutna till installationer som i stället fås av en extern person med god kunskap i att kostnadsberäkna installationssystem i byggprojekt (Rolfson, 2007). Här tillhandahålls kostnader både genom kostnadsuppföljningar för referensprojekt samt genom en dialog där det aktuella projektets installationsmässiga lösningar diskuterades. Då materialet mängdas från ritning överensstämmer mängden inte alltid med beställd mängd eftersom spill inte är medräknat.

### **5.3.3 Ingående kostnadsposter**

I tabell 5.1–5.3 redovisas mera ingående kostnadsposterna för de olika aktiviteterna med tillhörande resurser. De ingående kostnadsposterna redovisas uppdelat på bjälklag, väggar och förtillverkade element. Varje aktivitet redovisas med respektive kostnadsposter. Vidare anges i tabellen på vilket sätt kostnadsdata har erhållits.

Tabell 5.1 Aktiviteter och kostnadsposter för bjälklag

Aktivitet	Kostnadsposter	Kostnadsinsamlingsmetod
Montage av stämp och bockryggar	Stämp och bockryggar	Erhållet av platschef
	Hjälpstämp	Erhållet av platschef
	Träarbetare	Erhållet av platschef
Montage av plattbärlag	Plattbärlag inkl ingjutningsgods	Erhållet av platschef
	Betongarbetare	Erhållet av platschef
Underkantsarmering	Armeringsstänger	Erhållet av platschef
	Skarvnät	Erhållet av platschef
	Betongarbetare	Erhållet av platschef
Elinstallationer	VP-rör inkl. elledning	Erhållet av installationskalkylator
	Elinstallatör	Antagen timkostnad
VS-installatör	Avloppsrör	Erhållet av installationskalkylator
	Golvbrunn	Erhållet av installationskalkylator
	Vatten-/värmeledning	Erhållet av installationskalkylator
	Rörläggare	Antagen timkostnad
Ventilation	Ventilationsrör	Erhållet av installationskalkylator
	Ventilationsinstallatör	Antagen timkostnad
Överkantsarmering	Armeringsstänger	Erhållet av platschef
	Betongarbetare	Erhållet av platschef
Formning av ursparingar och skarvar	Träarbetare	Erhållet av platschef
Gjutning av bjälklag	Betong	Erhållet av platschef
	Betongpump	Erhållet av platschef
	Vibrostav	Erhållet av platschef
	Betongarbetare	Erhållet av platschef
	Träarbetare	Erhållet av platschef

Tabell 5.2 Aktiviteter och kostnadsposter för platsgjutna väggar

Aktivitet	Resurser	Kostnadsinsamlingsmetod
Formsättning av väggar	Form	Erhållet av platschef
	Formolja	Erhållet av platschef
	Träarbetare	Erhållet av platschef
Armering av vägg	Armeringsnät	Erhållet av platschef
	Armeringsstick	Erhållet av platschef
	Betongarbetare	Erhållet av platschef
Elinstallationer i vägg	Apparatdosor	Erhållet av installationskalkylator
	VP-rör	Erhållet av installationskalkylator
	Elinstallatör	Antagen timkostnad
Gjutning av vägg	Betong	Erhållet av platschef
	Bask	Erhållet av uthyrningsföretag
	Betongarbetare	Erhållet av platschef



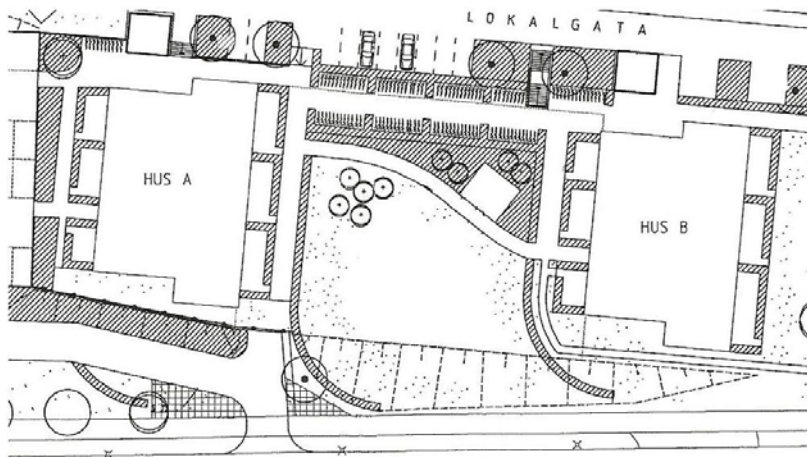
*Tabell 5.3 Aktiviteter och kostnadsposter för förtillverkade element*

<b>Aktivitet</b>	<b>Resurser</b>	<b>Kostnadsinsamlingsmetod</b>
Montage av stålpelare	Stålpelare 100x150mm	Erhållet av platschef
	Stålpelare diameter 250mm	Erhållet av platschef
	Smed	Antagen timkostnad
Montage av balkonger	Stämp och bockryggar	Erhållet av platschef
	Prefabricerade balkonger	Erhållet av platschef
	Betongarbetare	Erhållet av platschef
Montage av trappa	Prefabricerad trappa	Erhållet av platschef
	Betongarbetare	Erhållet av platschef

## 6. Fallstudie – platsgjutet stombyggnade

### 6.1 Allmänt

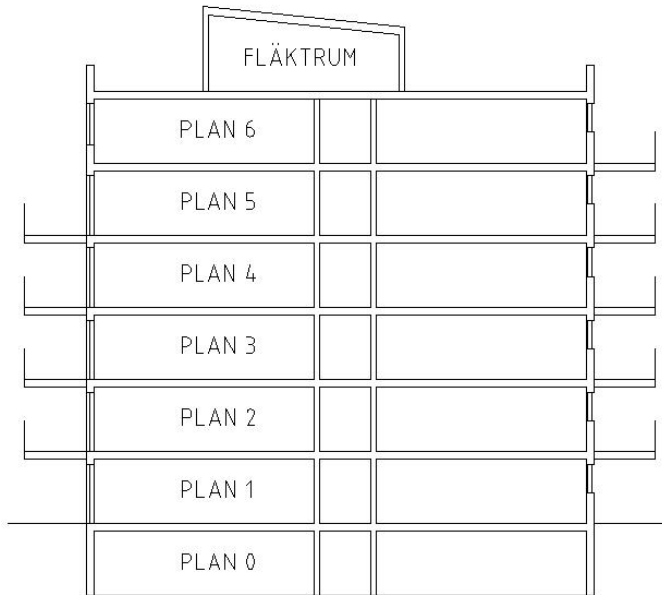
Projektet som studeras i detta examensarbete avser en nybyggnation av två stycken flerbostadshus belägna i Lund. Husen byggs av byggföretaget MVB AB som totalentreprenad. Husen är två likadana punkthus med vardera 6 våningar plus källare. Varje våningsplan rymmer sex lägenheter förutom det översta som enbart rymmer fyra vilket innebär totalt 34 lägenheter per hus. På översta våningen ska ett fläktrum placeras. Varje hus har två entréer samt ett trapphus och en hiss. Alla lägenheter förutom de belägna på nedersta våningen är utrustade med balkong. I entreprenaden ingår också ett underjordiskt garage som ska vara placerat mellan husen.



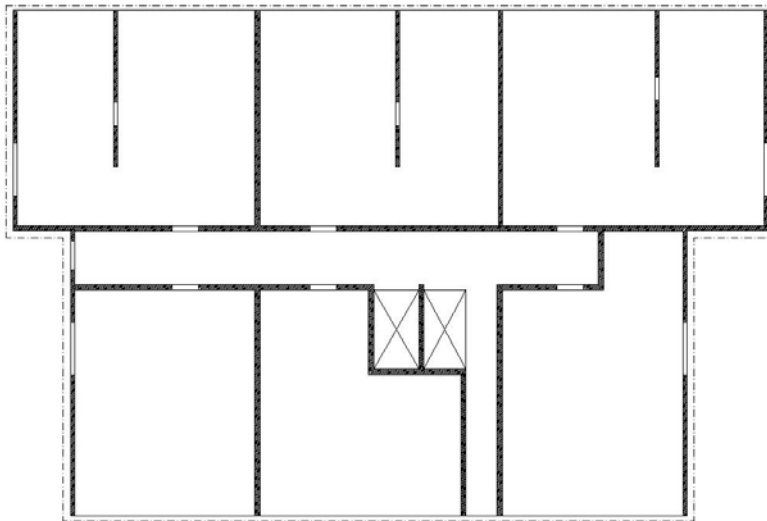
Figur 6.1 Situationsplan över de två flerbostadshusen (Lindqvist, 2007)

### 6.2 Stombeskrivning

Byggnadens stomme består av invändigt platsgjutna betongväggar. Fasaden består delvis av platsgjutna betongväggar och delvis av stålpelare som kompletteras med utfackningsväggar. Våningsbjälklagen består av plattbärlag som pågjuts med betong. Plattbärlagen vilar direkt på de platsgjutna betongväggarna och stålpelarna i fasaden. På det nedersta planet vilar dock plattbärlagen på källarens platsgjutna betongväggar (Lindqvist och Rietz, 2007).



Figur 6.2 Sektion över stommen för aktuell byggnad. Bearbetad från (Lindqvist, 2007)



Figur 6.3 Plan över studerad våningsplan. Bearbetad från (Lindqvist, 2007)

I våningsbjälklagen gjuts installationer för vs, ventilation och el in. Installationerna för vs består av ledningar till tappvattenheter, vattenklosett och vattenburna radiatorer, avloppsledningar och golvbrunnar. För ventilation består installationerna av isolerade och oisolerade horisontella kanaler av cirkulärt tvärsnitt samt vertikala genomföringar. Elinstallationerna i bjälklagen består av

horisontella vp-rör som i förväg är utrustade med elledningar och som kopplas till takdosor ingjutna i plattbärlagen. I de platsgjutna väggarna förekommer vp-rör och apparatdosor.

### **6.3 Beskrivning av stombyggnadsprocessen**

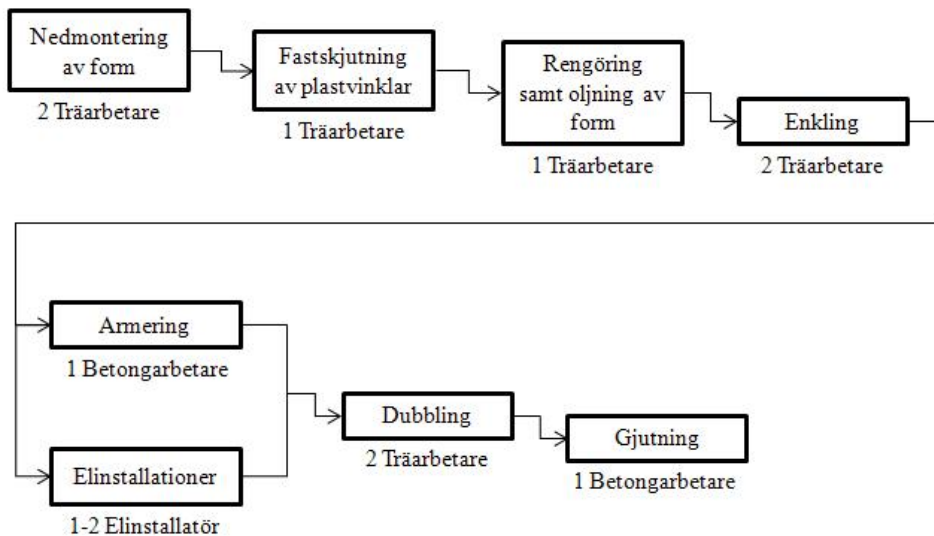
Byggnaderna uppförs i ett tätbebyggt område vilket innebär att det inte finns mycket utrymme för transportvägar och lagring av material. För att göra byggarbetsplatsen så stor som möjligt har man temporärt tagit en intilliggande cykelväg till förfogande under byggtiden. Intill cykelvägen är byggets två kranar placerade. I projektet övervägdes om en stor eller två mindre kranar skulle användas. Kostnaden för de två mindre kranarna är densamma som för en stor kran men det tillkommer dock extra kostnad för ytterligare en kranförare. Men denna merkostnad beräknas kunna sparas in genom en ökad effektivitet av att använda två kranar där gjutning av väggar kan utföras på det ena huset samtidigt som plattbärlag monteras på det andra huset. Stommen i de båda husen uppförs parallellt med ett arbetslag som monterar plattbärlag och pågjuter dessa samt ett arbetslag som formar och gjuter väggar. Arbetslagen förflyttas växelvis mellan byggnaderna. Produktionsmetoden är likartad för samtliga våningar för de båda husen (Lindqvist, 2007).

MVB:s ledning på byggarbetsplatsen utgörs av en platschef och tre arbetsledare. En av arbetsledarna är ansvarig för markarbetet. De två övriga assisterar platschefen med uppförandet av stommen. Enligt ansvarig platschef anses byggnaderna vara representativa för dagens byggande och de är också relativt väl anpassade för en rationell produktion (Lindqvist, 2007).

Vardera våningsplan i byggnaden innehåller sex väggetapper. En väggetapp, som består av 25-30 m vägg, formas och gjuts per dag. Således krävs sex arbetsdagar för att gjuta alla väggar på ett våningsplan. Dessutom tillkommer även en dag som ägnas åt att flytta över formarna till den andra byggnaden samt att förbereda inför formning och gjutning av väggarna på nästkommande våningsplan. Vid gjutning används självkompakterande betong vilket leder till att arbetsmomentet vibrering elimineras (Lindqvist, 2007).

Formsystemet som används för väggarna är luckformen Peri Trio och bostadsformen Peri Housing som också är det formsystem som används mest. Formelementen i Housing-systemet har höjden 2,7 m och bredderna 1,8, 2,7, 3,6 samt 5,4 m. Där väggarnas utformning tillåter användning av Housing-systemet möjliggörs en rationell formsättning. Vid trånga utrymme med t.ex. många hörn och dimensionsförändringar används passbitar från Trio-systemet. Val av formsystem har gjorts av platschefen som har god erfarenhet av systemet från tidigare projekt (Lindqvist, 2007).

Arbetet med att uppföra de platsgjutna väggarna inleds med utsättning vilket innebär att man på bjälklagets yta markerar samtliga av våningsplanets framtida väggars begränsningslinjer. Samtidigt som detta arbete pågår sker nedmontering av form från tidigare gjutning. Formen rengörs och oljas inför den kommande gjutningen. Då utsättningen av väggen är klar skjuts plastvinklar fast i bjälklaget för att göra inpassning av formen möjlig. Efter detta monteras den ena formsidan (enkling) varpå den kommande väggen armeras och förses med el-installationer. Om väggen ska innehålla öppningar för dörrar och fönster måste uppregling på formsidan göras innan armerings- och installationsarbetet kan påbörjas. Då detta arbete är slutfört monteras den andra formsidan (dubbling) varpå gjutning av väggen kan ske. Som regel gjuts väggar på eftermiddagen.

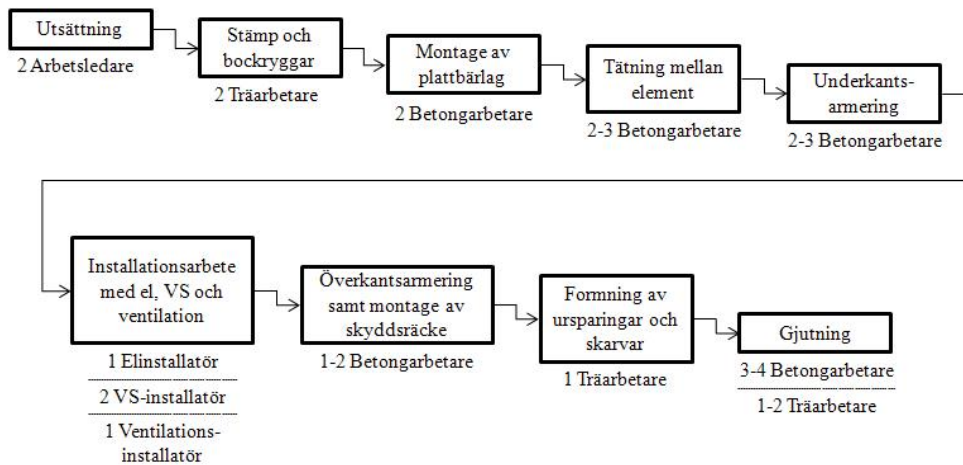


Figur 6.4 Processkarta för arbete med en väggcykel

Bjälklaget för varje våning gjuts som en etapp och motsvarar ca 116 m<sup>3</sup> betong. Tiden för bjälklagsarbeten på ett våningsplan är sju dagar. Omloppstiden för ett våningsplan, d.v.s. väggar och bjälklag är således 14 dagar.

Innan elementen anländer till byggarbetsplatsen görs utsättning vilket innebär att man markerar startlinjen för monteringen av plattbärlageelementen. Därefter placeras bockryggar och stämp ut enligt de konstruktionsritningar som elementtillverkaren tillhandahåller. Montering av plattbärlagen sker enligt en monterigeriting som visar orienteringspilar och monteriktning. Två betongarbetare riktar in markering på elementet mot den tidigare utsatta markeringen varefter elementet sänks och finjusteras i längd- och tvärriktning innan det läggs an mot bockryggar och väggupplag. Då plattbärlagen är monterade återstår en del kompletteringar innan pågjutning kan ske. Inledningsvis tätas elementskarvar varpå skarvnät läggs över dessa. På vissa ställen blir det även aktuellt att komplettera med armering i underkant. Därefter påbörjas ventilations-

vs- och elarbeten. I takt med att installationsarbetena börjar bli klara påbörjas utläggning av överkantsarmering. Uppstickande järn från underliggande väggar bockas ner tillsammans med överkantsarmeringen. Återstående arbete innan pågjutning är att forma kring ursparningar och sätta upp avstängare. Själva pågjutningen av plattbärlaget sker med pump och arbetet utförs av tre betongarbetare, en som sköter pumplingsen och själva utläggningen, en som vibrerar betongen och kontrollerar gjuthöjd samt en som avjämnar betongytan. Pågjutningen tar en dag och man använder sig av vanlig betong med kvalitet C28/35 (Lindqvist, 2007).



Figur 6.5 Processkarta för arbete med en bjälklagscykel

I byggnadens stomme ingår också de förtillverkade elementen trappor, balkonger och stålpelare. Utöver arbetena med valvet som redovisas i figur 6.5 sker också ett antal parallella arbeten såsom montering av balkonger, stålpelare och trappor. Balkonger och stålpelare till underliggande våningsplan monteras andra dagen i bjälklagscykeln, d.v.s. efter montering av plattbärlagen. Trappan till underliggande våningsplan monteras tredje dagen i väggykeln (Lindqvist, 2007).

## 6.4 Genomförda mätningar

Inom ramen för examensarbetet studeras det ena av de två husen. Eftersom produktionen pågår under en längre tid begränsas studien till ett våningsplan där en bjälklagscykel och två av sex väggcykler studeras. Mätningarna inkluderar således arbete med form, armering, installationer och gjutning både för väggar och bjälklag. De arbeten som av tidsmässiga skäl inte kunde inrymmas i mätningarna var montering och rivning av stämp och bockryggar samt montering av balkonger, trappor och stålpelare.

Mätningarna ägde rum under en tre veckors period. Totalt gjordes observationer under 9 dagar. Observationerna över arbetet genomfördes kontinuerligt under arbetsdagen med två minuters mellanrum.

I tabell 6.1 redovisas en sammanställning av materialmängder för väggar och bjälklag för det studerade våningsplanet. Framtagna mängder gäller för hela våningsplanet.

Tabell 6.1 Mängder av material för väggar och bjälklag för studerat våningsplan

<b>Väggar:</b>	<b>Enhet</b>	<b>Mängd</b>	<b>Kommentar</b>
Formsättning vägg	m <sup>2</sup>	345	Två av sex väggcykler studeras
Armering			
- Väggnät	kg	1745	Två av sex väggcykler studeras
- Lösjärn	kg	1120	Två av sex väggcykler studeras
Elinstallationer			
- Vp-rör	m	73	Två av sex väggcykler studeras
- Apparatdosa	st	68	Två av sex väggcykler studeras
Gjutning betong	m <sup>3</sup>	62	Två av sex väggcykler studeras
<b>Bjälklag:</b>			
Stämp	m <sup>2</sup>	463	Studeras inte i mätning
Bockrygg	m <sup>2</sup>	463	Studeras inte i mätning
Plattbärlag	m <sup>2</sup>	463	
Valv och avstängare	lpm	115	Endast avstängare runt trappa och hisschakt studeras
Armering			
- Skarvnät plattbärlag	kg	521	Studeras i mätning
- Underkant	kg	85	Studeras i mätning
- Överkant	kg	1934	Studeras i mätning
Elinstallationer			
- Vp-rör	m	615	Studeras i mätning
Vs-installationer			
- Tappvattenledning	m	133	Studeras i mätning
- Värmeledning	m	128	Studeras i mätning
- Avloppsenshet	st	6	Studeras i mätning
- Golvbrunn	st	6	Studeras i mätning
Gjutning betong	m <sup>3</sup>	116	Studeras i mätning
Trappa	st	1	Studeras inte i mätning
Balkong	st	6	Studeras inte i mätning
Stålpelare	st	4	Studeras inte i mätning

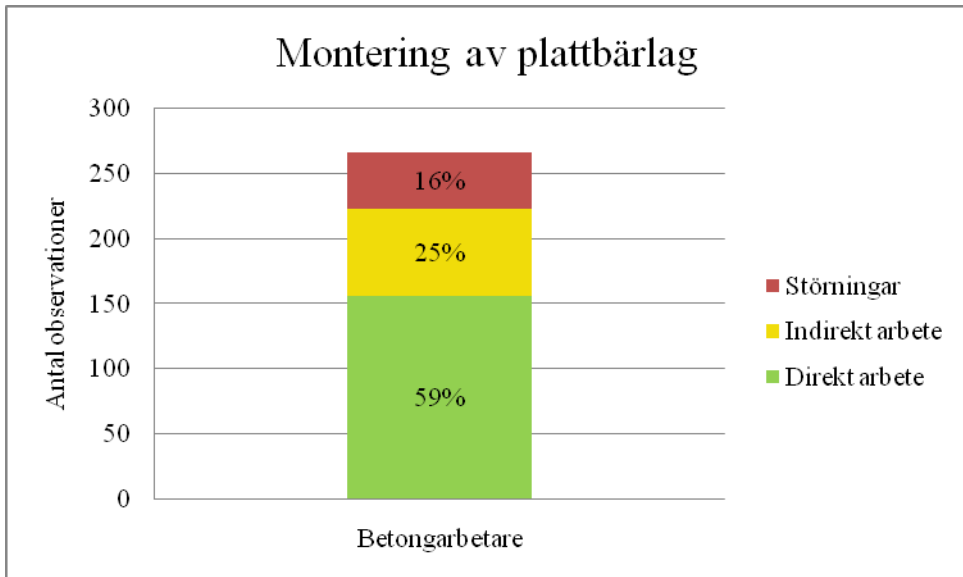
## 7. Resultat

### 7.1 Resultat från Activity Sampling av bjälklag

#### 7.1.1 Montering av plattbärlag

Mätningarna avser montage av plattbärlagelement, det vill säga förflyttning av dessa från lastbil till aktuell plats i byggnadens stomme samt slutlig inpassning. Arbetet utförs av två betongarbetare under en förmiddag och resulterar i en total arbetsinsats på nio mantimmar.

Resultatet av mätningarna redovisas i figur 7.1. Som figuren visar utgjordes det totala arbetet av 59 % direkt arbete, 25 % av indirekt arbete och 16 % utgjordes av störningar vilka i huvudsak berodde på stilleståndstid för arbetarna som uppstod då plattbärlagen lossades från lastbilen.



Figur 7.1 Fördelning över monteringsarbetet för plattbärlaget

I tabell 7.1 och 7.2 redovisas fördelning av arbetet för indirekt arbete respektive störningar enligt avsnitt 4.2.2. Huvuddelen av det indirekta arbetet utgjordes av förberedande arbete och i viss mån utrustningshantering. Störningarna utgjordes till största delen av stilleståndstid samt en del restid.



Tabell 7.1 Fördelning av indirekt arbete för montering av plattbärlag

Indirekt arbete	[%]
Förberedande arbete	72
Materialhantering	0
Utrustningshantering	28
Städning	0
Säkerhetsåtgärder	0

Tabell 7.2 Fördelning av störningar för montering av plattbärlag

Störningar	[%]
Stilleståndstid	84
Ej schemalagd rast	0
Restid	16
Missing in action	0
Produktionsstopp	0

### Kommentar till observationer

Beroende på svårigheter att tyda montageritningar monterades ett element inledningsvis fel och flyttades vid ett senare tillfälle till rätt plats. Vid leverans upptäcktes att tre av elementen var sneda och behövde kapas för att erhålla rätt passform. Ett av elementen visade sig även vara ca 200 mm för kort, vilket krävde en kompletterande form under detta element. Då samtliga element var monterade gjordes en kontroll av dess läge samt efterjustering av vissa stämp. Detta arbete registrerades som indirekt arbete.

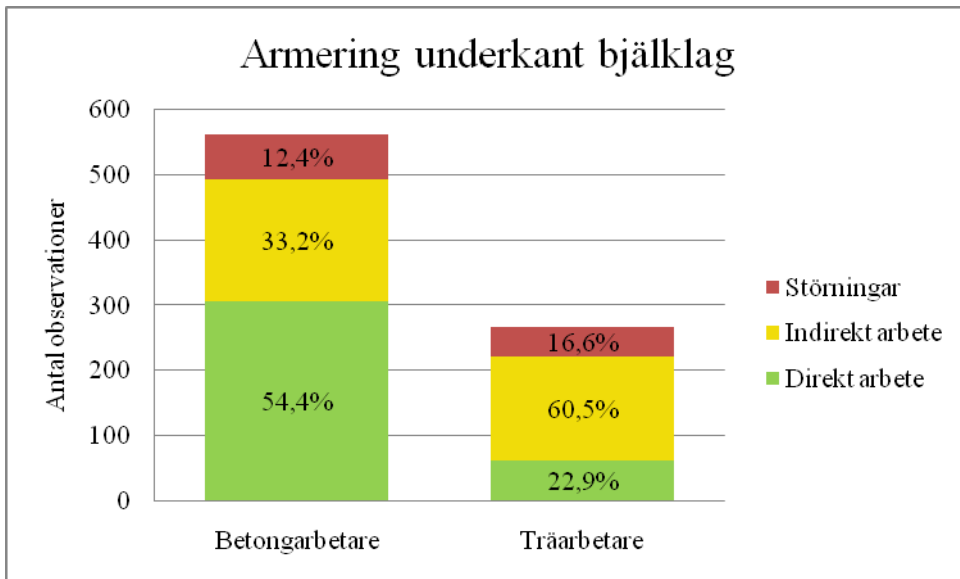
### 7.1.2 Armering underkant bjälklag

Mätningarna avser arbetet med att täta plattbärlagsskarvar, utläggning av skarvnät och kompletterande underkantsarmering samt formning kring trapphus och hisschakt. Tätning av plattbärlagens längsgående skarvar utfördes av en betongarbetare genom att applicera en limfog i skarven. Bruk användes för att täta utrymmet mellan väggupplag och plattbärlageelementets kortsidor och utfördes av två betongarbetare. Sammanlagt ägnades 8,5 mantimmar på arbetet med tätningen.

Utläggning av skarvnät och kompletterande underkantsarmering utfördes av två betongarbetare och arbetet omfattade 21 mantimmar. Huvuddelen av arbetet bestod i att placera ut skarvnät över elementskarvar. Eftersom plattbärlagen innehöll huvuddelen av bjälklagets underkantsarmering behövdes endast kompletterande underkantsarmering där underliggande stöd saknades. Formning kring trapphus och hisschakt utfördes av en träarbetare och resulterade i en arbetsinsats motsvarande 14 mantimmar.

Resultatet av mätningarna redovisas i figur 7.2. Som framgår av figuren utgjordes arbetet med tätning och armering av 54,4 % direkt arbete, 33,2 % indirekt arbete och 12,4 % störningar. Träarbetarnas arbete utgjordes av 60,5 % indirekt arbete vilket berodde på att största delen av arbetet ägnades åt att förtillverka formarnas delar vid en redskapsbod på

en annan del av bygget. En del av formarna kommer att återanvändas till trapphus och hisschakt för resterande våningar. Vidare ges av figur 7.2 att andelen direkt arbete för träarbetarna uppmättes till 22,9 % vilket bestod i att montera formdelarna vid plattbärlaget. Andelen störningar var 16,6 %.



Figur 7.2 Fördelning över arbetet med underkantsarmering för bjälklaget

I tabell 7.3 och 7.4 redovisas fördelning av arbetet för indirekt arbete respektive störningar enligt avsnitt 4.2.2. För betongarbetarna utgjordes huvuddelen av det indirekta arbetet av material- och utrustningshantering medan det utgjordes av förberedande arbete för träarbetarna. Störningarna fördelar sig mellan restid, stilleståndstid och ej schemalagd rast för betongarbetarna medan endast restid och ej schemalagd rast förekommer för träarbetarna.

Tabell 7.3 Fördelning av indirekt arbete för armering underkant bjälklag

Indirekt arbete	Betongarbetare [%]	Träarbetare [%]
Förberedande arbete	17	94
Materialhantering	48	4
Utrustningshantering	27	2
Städning	2	0
Säkerhetsåtgärder	6	0

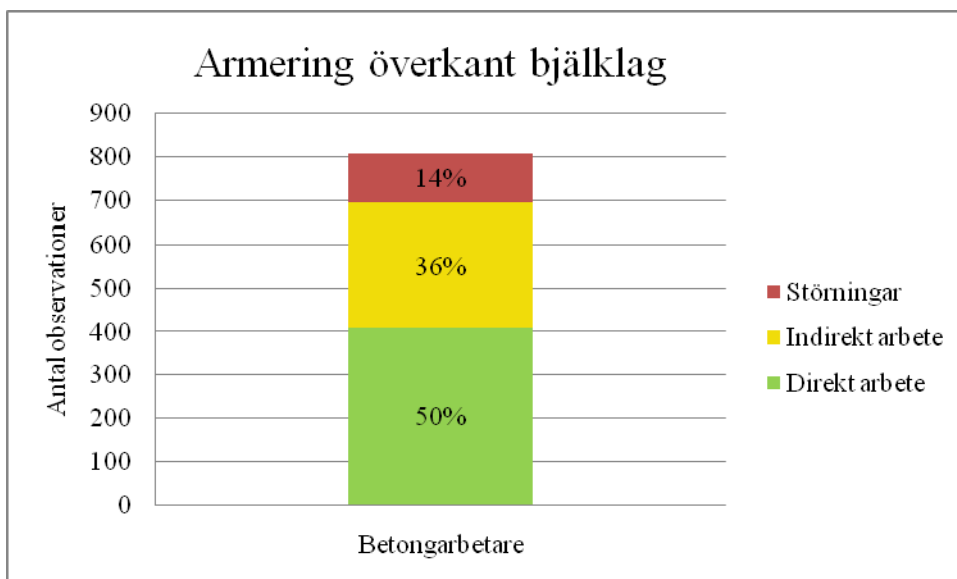
Tabell 7.4 Fördelning av störningar för armering överkant bjälklag

Störningar	Betongarbetare [%]	Träarbetare [%]
Stilleståndstid	30	0
Ej schemalagd rast	26	42,5
Restid	44	57,5
Missing in action	0	0
Produktionsstopp	0	0

### 7.1.3 Armering överkant bjälklag

Observationerna avser här utläggning av överkantsarmering, nedbockning av uppstickande armering från underliggande väggar samt montering av skyddsräcke. Utläggning av överkantsarmering utfördes av 1-2 betongarbetare. Inledningsvis utfördes arbetet av en betongarbetare samtidigt som installationsarbetet pågick. Det slutförande arbetet med utläggning av överkantsarmeringen utförs av två betongarbetare. I takt med att överkantsarmeringen placerades, bockades uppstickande armering ner tillsammans med bjälklagets överkantsarmering. Därefter monterades ett skyddsräcke runt omkring våningsplanet. Arbetet utfördes av 1-2 betongarbetare. Sammanlagt ägnades 40 mantimmar på arbetet med utläggning av överkantsarmering, nedbockning av armeringsstick samt montering av skyddsräcke.

Resultatet av mätningarna redovisas i figur 7.3. Som framgår av figuren utgjordes det totala arbetet av 50 % direkt arbete, 36 % indirekt arbete och 14 % störningar.



Figur 7.3 Fördelning över arbetet med överkantsarmering för bjälklaget

I tabell 7.5 och 7.6 redovisas fördelning av arbetet för indirekt arbete respektive störningar enligt avsnitt 4.2.2. Det indirekta arbetet bestod till största del av förberedande arbete. Arbete i form av material- och utrustningshantering samt säkerhetsåtgärder förekommer också. Störningarna utgjordes till största delen av restid och ej schemalagd rast.

*Tabell 7.5 Fördelning av indirekt arbete för armering överkant bjälklag*

<b>Indirekt arbete</b>	<b>[%]</b>
Förberedande arbete	57
Materialhantering	16,5
Utrustningshantering	18,9
Städning	0
Säkerhetsåtgärder	7,6

*Tabell 7.6 Fördelning av störningar för armering överkant bjälklag*

<b>Störningar</b>	<b>[%]</b>
Stilleståndstid	12,5
Ej schemalagd rast	35,7
Restid	51,8
Missing in action	0
Produktionsstopp	0

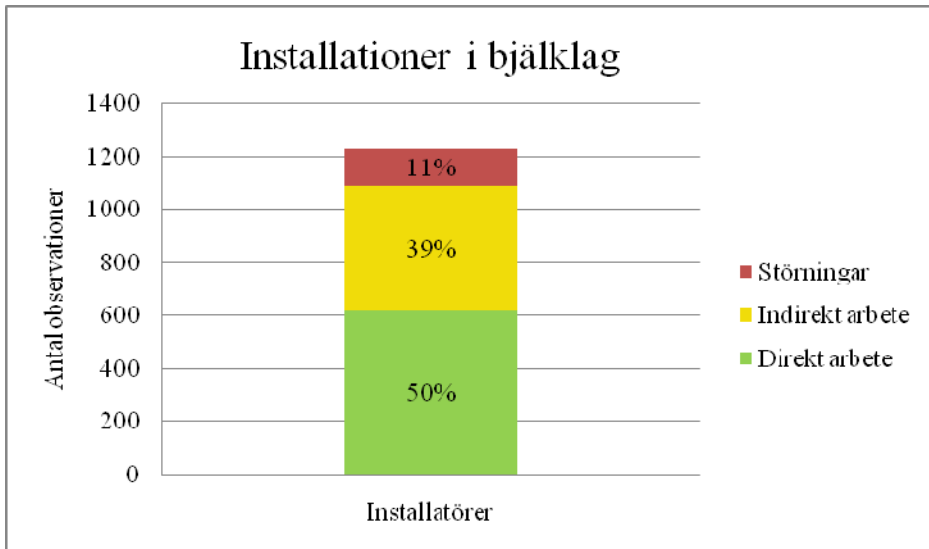
### **Kommentar till observationer**

Då endast en mindre del av överkantsarmeringen hade lagts ut upptäcktes att en del underliggande installationer var felplacerade och behövde flyttas. Eftersom detta upptäcktes innan alltför mycket armering hade hunnit läggas ut innebar detta ett relativt litet omarbete för betongarbetarna. Omarbetet registrerades som direkt arbete men anses inte påverka mätresultatet i någon större utsträckning eftersom arbetsmomentet endast hade en varaktighet på ca 15 minuter.

### **7.1.4 Installationer i bjälklag**

Mätningarna avser samtliga arbetsmoment som utförs av installatörer för värme och sanitet (vs), ventilation och el. Arbetet som utfördes av rörläggaren bestod av utläggning av tappvattenledningar för kall- och varmvatten, värmeledningar till radiatorer samt prefabricerade avloppsenheter till badrum och kök. Arbetet utfördes av två rörläggare och omfattade 42 mantimmar. Arbetet som utfördes av ventilationsinstallatören bestod i att placera ut sex stycken vertikala rörgenomföringar vilket omfattade två mantimmar. Elektrikerns arbete bestod i att koppla samman elledningar med ingjutna eldosor och uppstickande vp-rör från underliggande källarvåning. Totalt omfattade elektrikerns arbete 13,5 mantimmar.

I figur 7.4 redovisas arbetet summerat för alla installatörer. Arbetet som utfördes av installatörerna utgjordes av 50 % direkt arbete, 39 % indirekt arbete och 11 % störningar.



Figur 7.4 Fördelning över arbetet med installationer för bjälklaget

I tabell 7.7 och 7.8 redovisas fördelning av arbetet för indirekt arbete respektive störningar enligt avsnitt 4.2.2. Den största delen av det indirekta arbetet utgjordes av förberedande arbete för installatörerna. Det förekommer även hantering av material och utrustning. Störningarna fördelas mellan stilleståndstid, restid och ej schemalagd rast.

Tabell 7.7 Fördelning av indirekt arbete för installationer i bjälklag

Indirekt arbete	[%]
Förberedande arbete	74,6
Materialhantering	16,8
Utrustningshantering	7,6
Städning	1
Säkerhetsåtgärder	0

Tabell 7.8 Fördelning av störningar för installationer i bjälklag

Störningar	[%]
Stilleståndstid	44,1
Ej schemalagd rast	18,9
Restid	37
Missing in action	0
Produktionsstopp	0

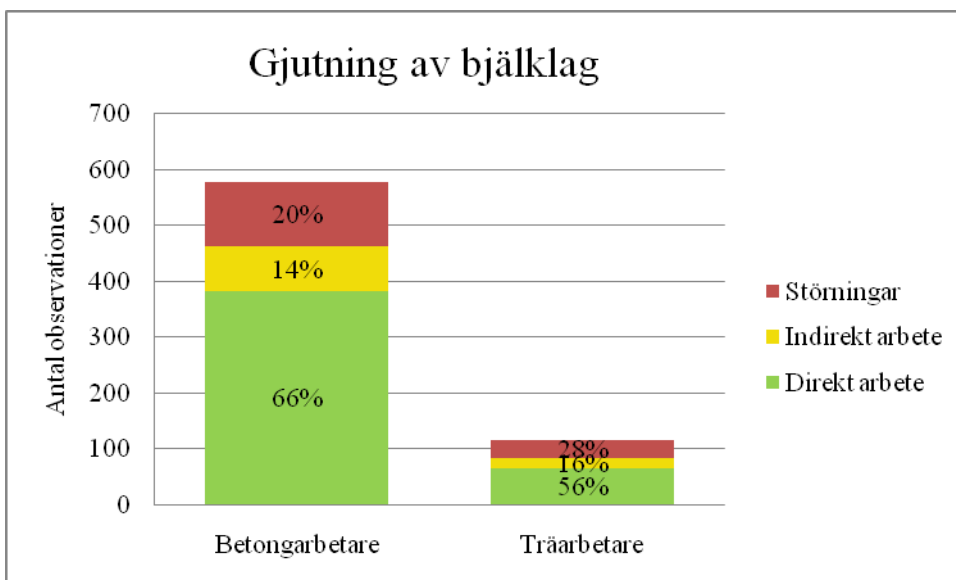
## **Kommentar till observationer**

Efter att installationsarbetet slutförts upptäcktes att tre av våningsplanets sex avloppsenheter hade placerats fel. Orsaken till felet berodde på att under ett tidigare projekteringsmöte hade beslut tagits om att avloppsenheterna skulle spegelvändas för att undvika krock med ventilationsdragning på ovanliggande våningsplan. Ändringen hade emellertid inte genomförts på ritningarna varför rörläggaren arbetade efter den ursprungliga utformningen av avloppsenheterna. Projekteringsfelet ledde till 12 mantimmars extra arbete för rörläggaren där denne fick ta bort tre av de prefabricerade avloppsenheterna och ersätta dessa med ett platsbyggt system. Tilläggsarbetet har inte inkluderats i mätningarna. Under arbetets gång upptäcktes även att sex av håltagningarna i plattbärlagen för installationsgenomföringar var felplacerade vilket innebar att en håltagare fick tillkallas och borra nya hål. Under tiden som de nya hålen borrades registrerades ventilationsinstallatörens arbete som förberedande arbete. Håltagarens arbete har inte registrerats i mätningarna.

### **7.1.5 Gjutning av bjälklag**

Mätningarna avser pågjutning av plattbärlag. Gjutningen utfördes med betongpump av tre betongarbetare. Dessutom var två träarbetare involverade i gjutningen då de hade i uppgift att placera ut förtillverkade formar kring de delar av bjälklaget som skulle ha en lägre höjd än bjälklaget i övrigt, t.ex. korridor och badrum. Betongarbetarna delade upp sitt arbete så att en skötte pumpslangen och utläggningen, en vibrerade betongen och kontrollerade gjuthöjd och den tredje avjämnade ytan. Betong- och träarbetarna spenderade 26,5 respektive 4 mantimmar under gjutningen.

Resultatet av mätningarna visar att betongarbetarnas arbete utgjordes av 66 % direkt arbete, 14 % indirekt arbete och 20 % störningar, se figur 7.5. Motsvarande fördelning för träarbetarna är 56 % direkt arbete, 16 % indirekt arbete och 28 % störningar.



Figur 7.5 Fördelning över arbetet med gjutningen av bjälklaget

I tabell 7.9 och 7.10 redovisas fördelning av arbetet för indirekt arbete respektive störningar enligt avsnitt 4.2.2. Både för betong- och träarbetare bestod den större delen av det indirekta arbetet av förberedande arbete samt i viss mån utrustningshantering. För störningar är huvuddelen stillståndstid för både betong- och träarbetare.

Tabell 7.9 Fördelning av indirekt arbete för gjutning av bjälklag

Indirekt arbete	Betongarbetare [%]	Träarbetare [%]
Förberedande arbete	82,5	84,2
Materialhantering	0	0
Utrustningshantering	17,5	15,8
Städning	0	0
Säkerhetsåtgärder	0	0

Tabell 7.10 Fördelning av störningar för gjutning av bjälklag

Störningar	Betongarbetare [%]	Träarbetare [%]
Stilleståndstid	89,7	96,9
Ej schemalagd rast	4,3	0
Restid	6	3,1
Missing in action	0	0
Produktionsstopp	0	0

### Kommentar till observationer

Den förhållandevis höga andelen störningar i betong- och träarbetarnas arbete beror till största delen på den väntetid som ges mellan betongleveranserna.

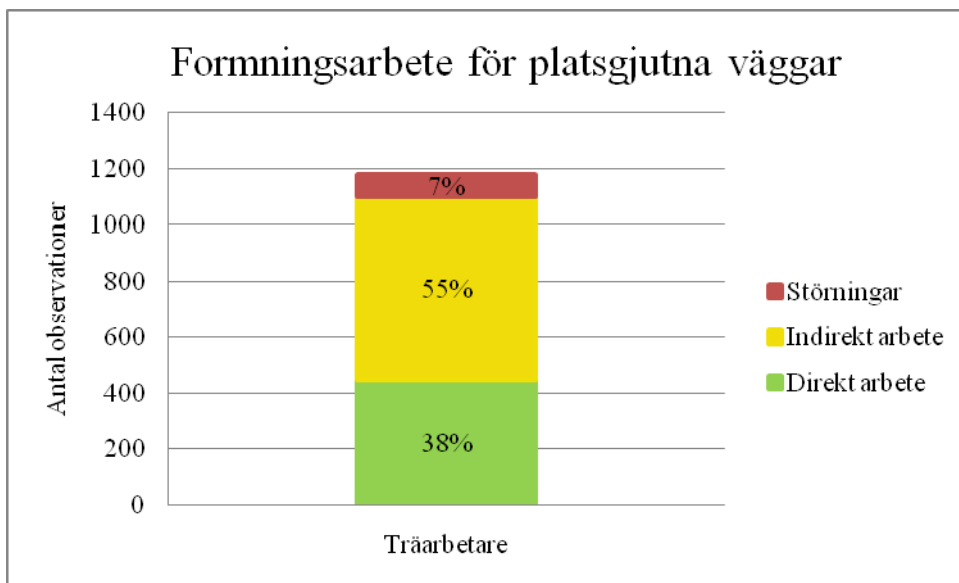
## 7.2 Resultat från Activity Sampling av platsgjutna väggar

Resultatet baseras på mätningar av två kompletta väggcykler.

### 7.2.1 Formningsarbete för platsgjutna väggar

Mätningar avser all hantering och arbete med väggform, d.v.s. nedmontering från föregående gjutning, rengöring, inoljning, montering av de båda formsidorna samt slitsar och avstängare. Arbetet utfördes av två träarbetare som vid enstaka tillfällen stöttades av ytterligare en träarbetare. Sammanlagt spenderade träarbetarna 41,5 mantimmar på de två väggcyklarna.

Figur 7.6 visar på 38 % direkt arbete samt 55 % indirekt arbete vilket beror på att mycket förberedande arbete samt hantering av utrustning skett i form av nedmontering, förflyttning, rengöring och oljning innan formarna monterades på plats. Störningarna uppgick till 7 %.



Figur 7.6 Fördelning över formarbetet för väggar

I tabell 7.11 och 7.12 redovisas fördelning av arbetet för indirekt arbete respektive störningar enligt avsnitt 4.2.3. Större delen av det indirekta arbetet fördelades mellan förberedande arbete och utrustningshantering. Störningarna bestod till största del av restid samt stilleståndstid.



Tabell 7.11 Fördelning över det indirekta arbetet för formningsarbete för de platsgjutna väggarna

Indirekt arbete	[%]
Förberedande arbete	50,7
Materialhantering	1,8
Utrustningshantering	45,9
Städning	1,6
Säkerhetsåtgärder	0

Tabell 7.12 Fördelning över de observerade störningarna vid formningsarbetet av de platsgjutna väggarna

Störningar	[%]
Stilleståndstid	36
Ej schemalagd rast	11
Restid	53
Missing in action	0
Produktionsstopp	0

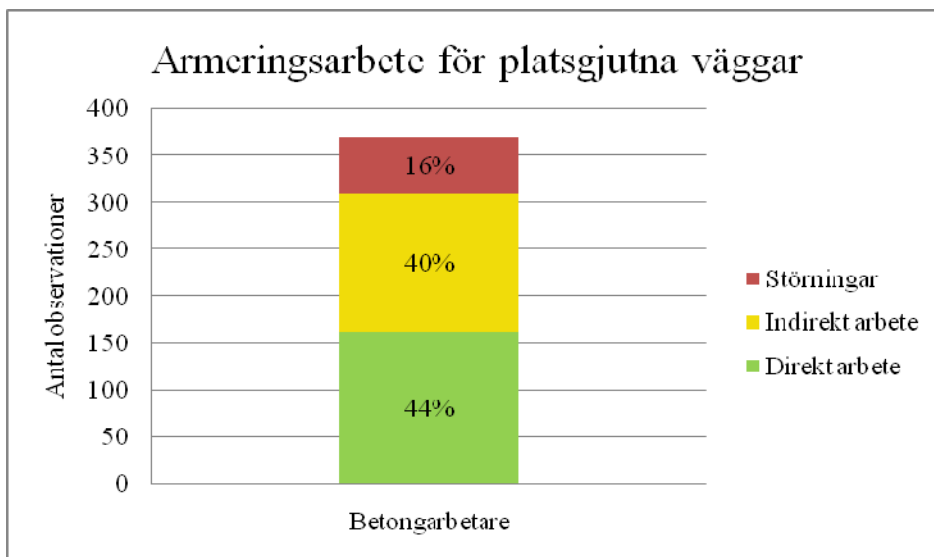
### Kommentar till observationer

De två väggcyklerna som observerades innehöll två komplikationer. Den ena innebar att i ett snitt där väggstjockleken skulle minskas från 200 till 150 mm placerades formarna fel vilket ledde till att betongen inte räckte till vid gjutning. Detta innebar i sin tur till att ovankanten på väggen behövde formas om dagen efter och gjutas på nytt. Arbetet med att tillverka nya formar utfördes till största delen på andra sidan byggarbetsplatsen och har därför inte registrerats i mätningarna. Den andra störningen som inträffade var att formen inte var helt tät i underkant och betong läckte ut under gjutningen och resulterade i att sju arbetare blev sysselsatta med att täta formen och samla upp betongen. Det extra arbetet som krävdes har inte registrerats som någon störning då framtagna mätmetoder inte möjliggör detta.

### 7.2.2 Armeringsarbete för platsgjutna väggar

Mätningar avser armering av väggar och inkluderar förflyttning samt montering av armeringsnäten och armeringssticken. Arbetet utfördes till största del av en betongarbetare som under kortare perioder stöttades av en betonglärling. Tidsåtgången för de två väggcyklerna som studerats uppgick till 14 mantimmar.

Figur 7.7 visar på en relativt jämn fördelning mellan direkt arbete på 44 % och indirekt arbete på 40 % vilket innebär att det förberedande arbetet tar ungefär lika lång tid som själva monteringen av armeringen. Störningarna uppgick till 16 %.



Figur 7.7 Fördelning över armeringsarbetet för väggar

I tabell 7.13 och 7.14 redovisas fördelning av arbetet för indirekt arbete respektive störningar enligt avsnitt 4.2.3. Huvuddelen av det indirekta arbetet utgjordes av förberedande arbete. Det ägnades även mycket tid åt utrustnings- och materialhantering. Störningarna fördelas mellan stilleståndstid, restid samt ej schemalagd rast.

Tabell 7.13 Fördelning över det indirekta arbetet för armeringsarbetet av de platsgjutna väggarna

Indirekt arbete	[%]
Förberedande arbete	50,3
Materialhantering	15
Utrustningshantering	29,2
Städning	4,1
Säkerhetsåtgärder	1,4

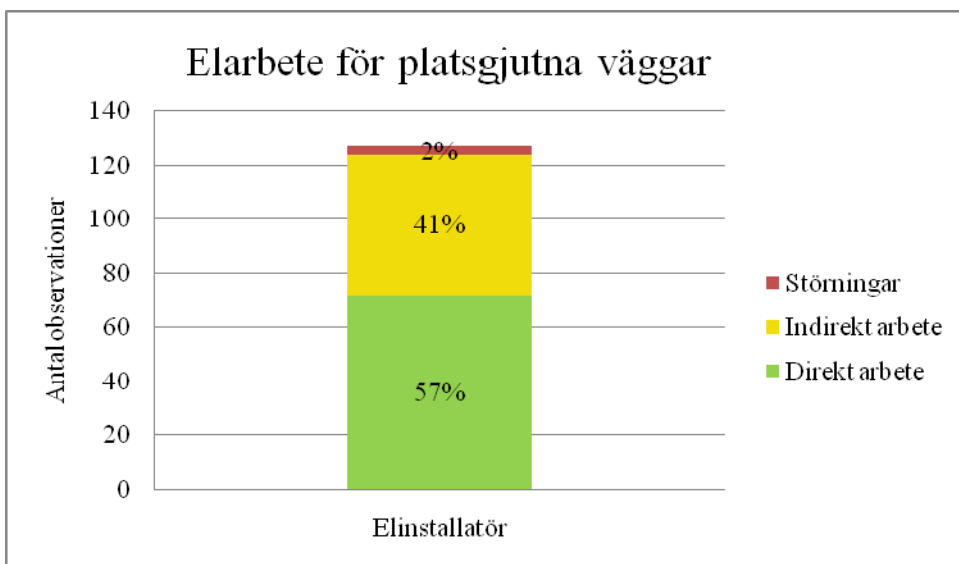
Tabell 7.14 Fördelning över de observerade störningarna vid armeringsarbetet av de platsgjutna väggarna

Störningar	[%]
Stilleståndstid	44
Ej schemalagd rast	20
Restid	36
Missing in action	0
Produktionsstopp	0

### 7.2.3 Elarbete för platsgjutna väggar

Mätningarna avser placering av eldosor och vp-rör. Arbetet var inte speciellt omfattande men behövde utföras varje dag innan dubbling av form kunde ske. Under den första cykeln som observerades var två elinstallatörer på plats eftersom de hade blivit lite försenade och tiden för arbetet var knapp. Under andra cykeln var bara en elinstallatör närvarande och utförde elarbetet på ca 1,5 timme. Antalet mantimmar för de två cyklerna uppgick till 3,5 timmar.

Resultatet av observationerna redovisas i figur 7.8. Direkt arbete var 57 % och 41 % för det indirekta arbetet. Störningar förekom endast i 2 % av det totala antalet observationer för dragning av el i väggar.



Figur 7.8 Fördelning över elarbetet för väggar

I tabell 7.15 och 7.16 redovisas fördelning av arbetet för indirekt arbete respektive störningar enligt avsnitt 4.2.3. Den största delen av det indirekta arbetet utgjordes av förberedande arbete i form av ritningsläsning och utsättning på väggformarna. Det övriga indirekta arbetet bestod av utrustnings- samt materialhantering. Störningarna som endast utgjorde 2 % av arbetstiden bestod av ej schemalagd rast och restid.

Tabell 7.15 Fördelning över det indirekta arbetet vid elarbete för platsgjutna väggarna

Indirekt arbete	[%]
Förberedande arbete	85
Materialhantering	2
Utrustningshantering	13
Städning	0
Säkerhetsåtgärder	0

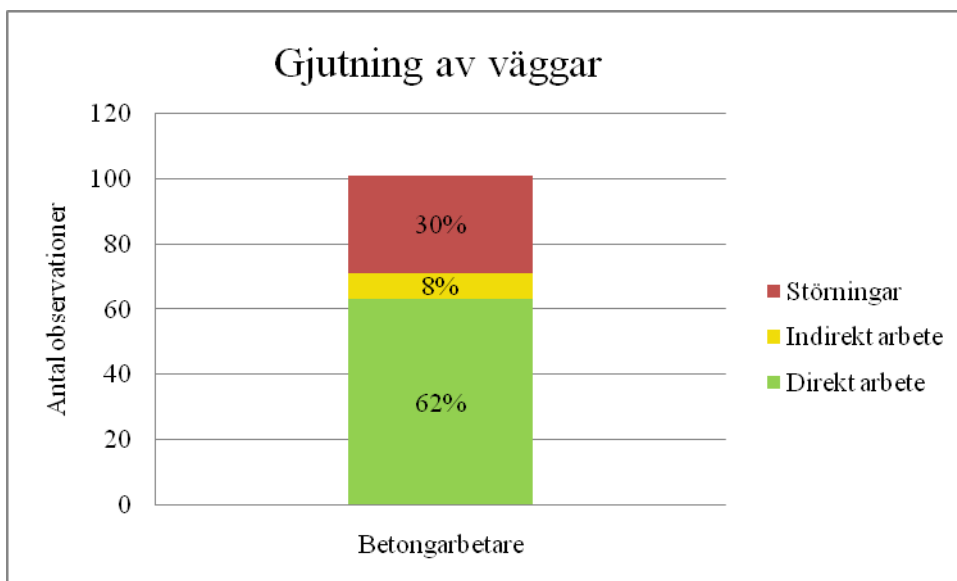
Tabell 7.16 Fördelning över de observerade störningarna vid elarbetet av de platsgjutna väggarna

Störningar	[%]
Stilleståndstid	0
Ej schemalagd rast	66,6
Restid	33,3
Missing in action	0
Produktionsstopp	0

## 7.2.4 Gjutning av väggar

Mätningarna avser gjutning av vägg. Gjutningsarbetet innebar att en betongarbetare tömde basken med betong mellan de uppsatta formsidorna. Därefter avjämnade betongarbetaren ytan för att underlätta montering av ovanliggande plattbärlag. Eftersom självkompakterande betong användes behövdes ingen vibrering. Fyra mantimmar krävdes för att gjuta de två väggetapperna.

Figur 7.9 visar på hela 62 % direkt arbete men även på 30 % störningar som beror på den väntetid som uppstod mellan tömningarna då basken återfylldes. Andelen indirekt arbete var 8 % och bestod till stor del av förberedande arbete mellan tömningarna.



Figur 7.9 Fördelning över gjutning av väggar

I tabell 7.17 och 7.18 redovisas fördelning av arbetet för indirekt arbete respektive störningar enligt avsnitt 4.2.3. Det indirekta arbetet bestod av förberedande arbete och i viss mån utrustnings- och materialhantering. Huvuddelen av störningarna utgjordes av stilleståndstid i väntan på att betongbasken skulle anlända.

Tabell 7.17 Fördelning över det indirekta arbetet för gjutning av väggarna

Indirekt arbete	[%]
Förberedande arbete	67
Materialhantering	11
Utrustningshantering	22
Städning	0
Säkerhetsåtgärder	0

Tabell 7.18 Fördelning över de observerade störningarna vid gjutning av väggarna

Störningar	[%]
Stilleståndstid	87
Ej schemalagd rast	3
Restid	10
Missing in action	0
Produktionsstopp	0

### Kommentar till observationer

Komplikationer uppstod vid gjutning av den andra observerade väggcykeln då betong läckte ut genom formen. Läckaget var till en början inte så omfattande men efter ett tag läckte upp till en kubikmeter betong ut på bjälklaget trots att gjutningen stoppats i ett tidigt skede. Betongen som läckte ut kunde skyfflas upp igen och återanvändas efter det att formen tätats. Resultatet av läckan innebar en fördröjning av gjutningsarbetet men arbetet blev klart under ordinarie arbetstid och utan förlust av betong. Det extra arbetet som krävdes har inte registrerats som någon störning då mätmetoden inte möjliggör detta.

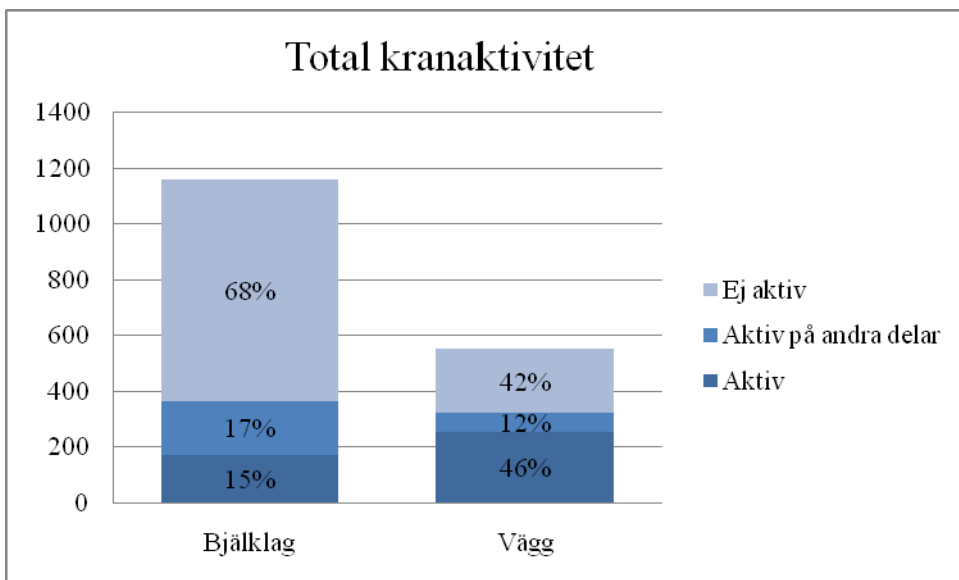
## 7.3 Resultat från Activity Sampling över kranaktiviteten

I detta avsnitt redovisas arbetet för den kran som försörjde huset som studerades i detta examensarbete.

### 7.3.1 Total kranaktivitet över bjälklags- samt väggcykel

Figur 7.10 redovisar hur stor andel av tiden som kranen varit aktiv i arbetet med bjälklag- respektive väggarbeten. Dessutom redovisas hur stor del av tiden som kranen använts till andra delar av byggarbetsplatsen, det vill säga arbete som ej är knutet till stommen för det observerade huset. Med aktiv kran menas tiden då kranen är i rörelse eller att den är kopplad till något. Vid formarbete och väggjutning kan den exempelvis stå stilla under en tid samtidigt som den är kopplad till formen respektive basken, detta arbete klassificeras som aktivt eftersom kranen är upptagen och inte kan användas till annan aktivitet.

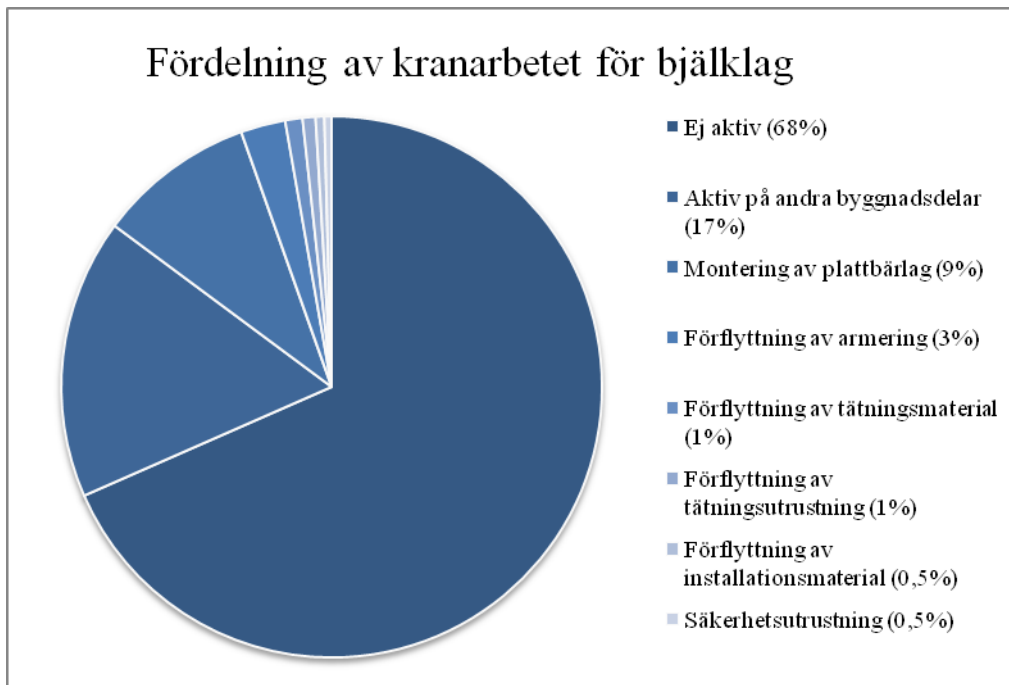
Sett över hela bjälklagscykeln är kranen aktiv 15 % av tiden. Andel tid där kranen är aktiv med andra, ej bjälklagsrelaterade arbeten är 17 %. Övrig del är dock kranen inaktiv, det vill säga 68 % av hela bjälklagscykeln. Sett över väggcykeln är kranen aktiv 46 % av tiden och 12 % är den aktiv med arbete ej relaterat till väggarbeten. Den inaktiva andelen uppgår till 42 % under väggcykeln.



Figur 7.10 Fördelning över totalt kranarbete för bjälklags- respektive väggcykel

### 7.3.2 Kranaktivitet för bjälklagscykeln

I figur 7.11 redovisas kranaktiviteten för bjälklagscykeln där den aktiva delen från figur 7.10 delats upp i olika typer av arbetsmoment. Figuren visar på en väldigt stor inaktivitet, då kranen ej används vid arbetet. Kranens aktivitet vid andra bygghälsdelar har ej delats upp i aktiviteter då de ej är av intresse för stombyggnationen. Det framgår dessutom tydligt av figuren att efter att plattbärlaget är monterat används inte kranen i någon större utsträckning. Kranen används 9 % av den totala bjälklagscykeln till att lyfta plattbärlag, 3 % till att lyfta armering och 1 % till att lyfta material och utrustning för formtätning. En halv procent av tiden används till att lyfta installationsmaterial samt till lyft av säkerhetsutrustning.

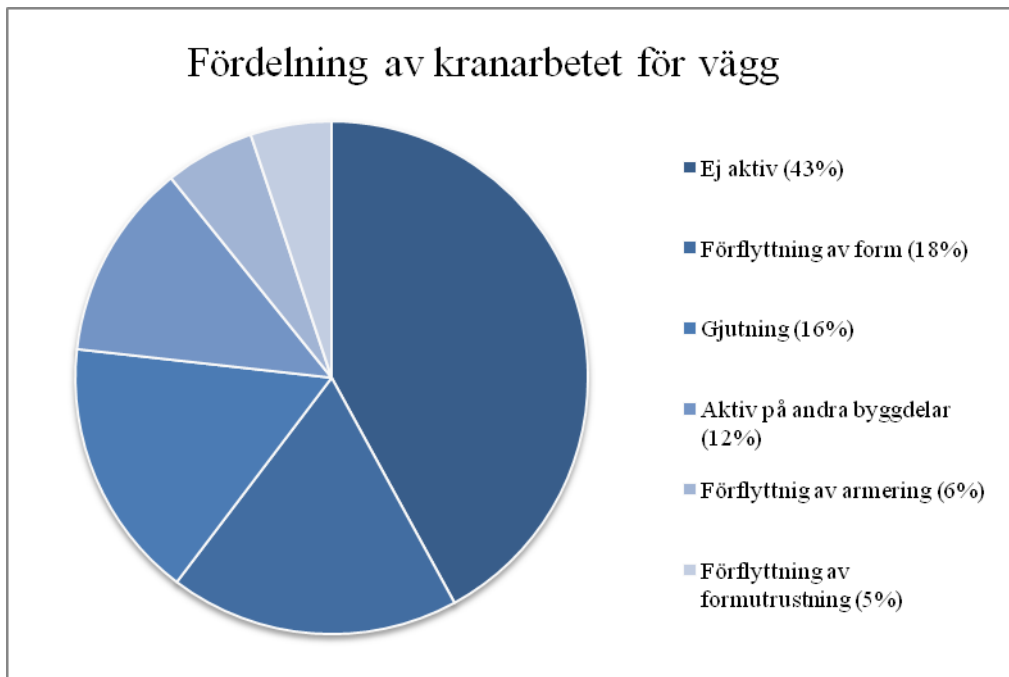


Figur 7.11 Fördelning över kranaktiviteten för bjälklag

### 7.3.3 Kranaktivitet för väggcykeln

I figur 7.12 redovisas kranaktiviteten för de platsgjutna väggarna där man vid jämförelse med figur 7.11 kan se att aktiviteten är högre vid väggarbete än vid bjälklagsarbete. Vid förflyttning av form menas den tid då formen är kopplad till kranen. Resultatet baseras på observationer från två kompletta väggcykler samt en halv dags arbete med att flytta form och armering.

Kranens används 18 % av den totala tiden för studerade väggcykler till att lyfta väggform, 16 % till att lyfta bask vid gjutning, 6 % till att lyfta armering och 5 % till att lyfta formutrustning.



Figur 7.12 Fördelning över kranaktiviteten för väggar





## **8. Resultat från kostnadsuppföljning**

### **8.1 Stomkostnadsfördelning för flerbostadshus i Lund**

För att kostnaden för flerbostadshuset i Lund ska kunna jämföras med BetongBankens uppföljda projekt har kostnaderna för bjälklag och väggar räknats om till kostnad per kvadratmeter bjälklagsyta. Eftersom stombyggnationen var i ett tidigt skede då examensarbetet utfördes användes det studerade våningsplanet som ett idealplan för att uppskatta arbetskostnaden för ovanliggande våningsplan.

Kostnadsfördelning för stommen innebär att kostnaderna för både bjälklag och väggar vävs samman och delas in i nedan beskrivna kostnadsposter. Arbetskostnader baseras i de flesta fall på genomförda mätningar och avser faktiskt förbrukade mantimmar per aktivitet. Arbetskostnaden inkluderar således inte kostnaden för det arbete som exempelvis trä- och betongarbetare utför för andra ej stomrelaterade arbeten.

#### **Förtillverkade element**

Innebär material- och arbetskostnad för balkonger, trappor, ståpelare samt väggskivor, d.v.s. element som ingår i stommen men som anländer färdigställda till byggarbetsplatsen. Materialkostnaden för balkongerna anges inklusive kostnader för balkongstämp.

#### **Betong**

Materialkostnad för betong samt arbets- och utrustningskostnad för pågjutning av plattbärlag och gjutning av väggar.

#### **Installationer**

Material- och arbetskostnad för el, vs samt ventilation för bjälklag. För väggar ingår endast material- och arbetskostnad för el.

#### **Armering**

Armering för bjälklaget innebär material- och arbetskostnad för skarvnät samt övrig under- och överkantisarmering. För väggarna kommer kostnader för denna post från material- och arbetskostnad för vägnät samt armeringsstick.

#### **Form**

Formkostnaderna för bjälklaget består av material- och arbetskostnad för plattbärlag inklusive ingjutningsgods, stämp och bockryggar samt avstängare runt bjälklaget. För väggarna avser kostnader material-, utrustnings- och arbetskostnad för väggformarna.

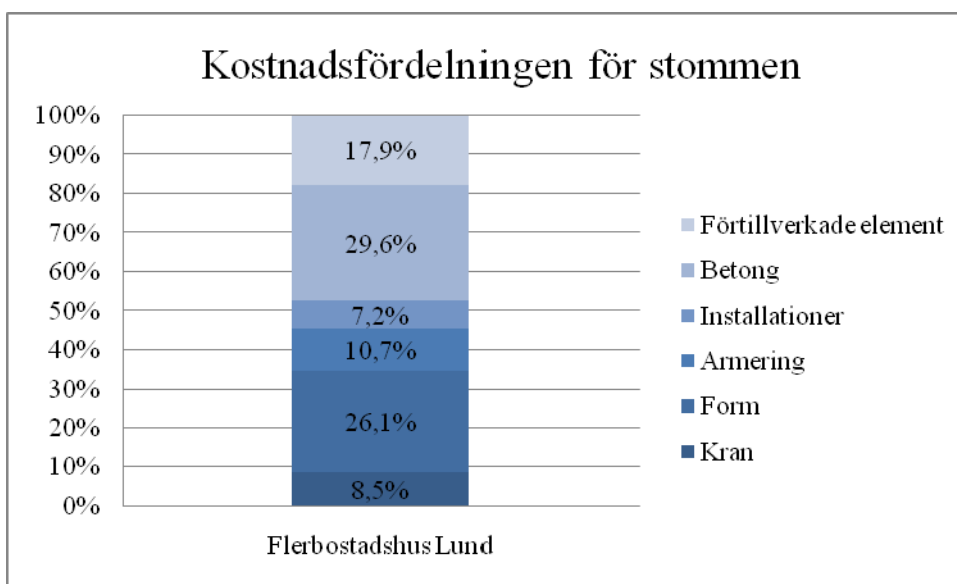
## Kran

Krankostnaden för bjälklag utgår från de sju arbetsdagar som det tar att färdigställa en bjälklagscykel. För väggarna utgår krankostnaden från de sju arbetsdagar som det tar att färdigställa väggarna på ett våningsplan. Tiden som kranen ägnar åt andra byggnadsdelar under bjälklagscykeln och väggycklerna har dock räknats bort.

I tabell 8.1 redovisas kostnaden för stommen inklusive och exklusive kostnaden för installationer och kran. Där den senare kostnadsposten motsvarar vad BetongBanken kallar stomkostnad netto. Mer detaljerad kostnadsdata redovisas i bilaga 3.

Tabell 8.1 Kostnad per kvadratmeter bjälklagsyta för flerbostadshuset i Lund

Stomkostnad/m <sup>2</sup> bjälklag	(kr/m <sup>2</sup> )
Inkl kran- och installationskostnad	1591
Exkl kran- och installationskostnad (stomkostnad netto)	1353



Figur 8.1 Kostnadsfördelningen för stommen för flerbostadshuset i Lund

Tabell 8.2 Fördelning av kostnaderna för material och utrustning samt arbetskostnad för stommen för flerbostadshus i Lund

Stommen för flerbostadshus i Lund	Formsättning	Armering	Betong	Installationer
Material och utrustning (%)	79	56	94	57
Arbetskostnad (%)	21	44	6	43

Som framgår av figur 8.1 utgör kostnad för form och betong de största kostnadsposterna. Installationer ingjutna i stommen utgör den minsta kostnadsposten.

## Resultat från kostnadsuppföljning av bjälklag

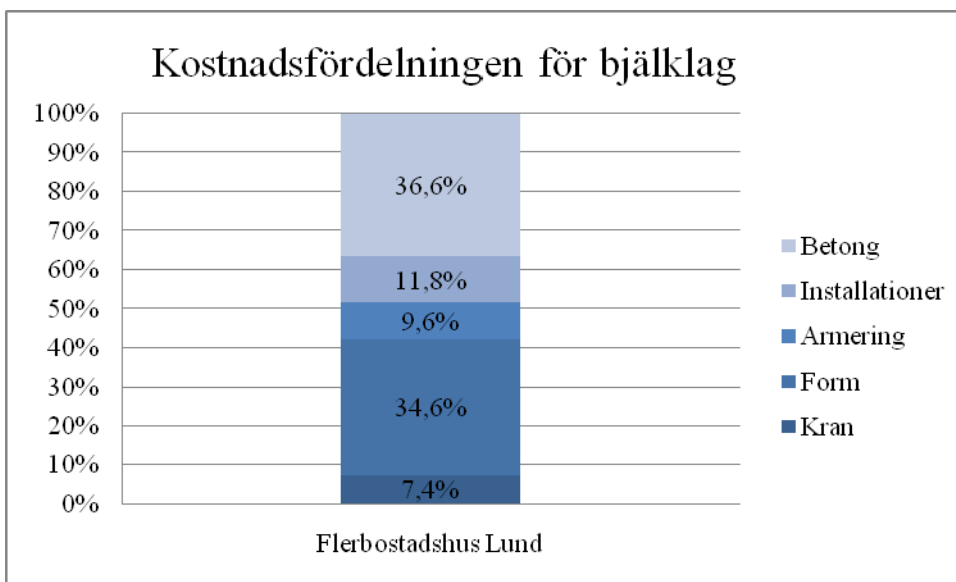
Kostnadsfördelning för bjälklag innebär att kostnaderna för endast bjälklaget sammanställs. De ingående kostnadsposterna redovisas i avsnittets inledning.

I tabell 8.3 redovisas kostnaden för samtliga aktiviteter som förekommer i bjälklagsarbetet uttryckt i kostnad per kvadratmeter bjälklag.

Tabell 8.3 Kostnad för bjälklag per m<sup>2</sup>

Kostnad/m <sup>2</sup>	(kr/m <sup>2</sup> )
Bjälklag	849

I figur 8.2 redovisas kostnadsfördelning mellan olika aktiviteter för bjälklaget. I tabell 8.4 redovisas procentuell fördelning mellan material-, utrustnings- och arbetskostnad.



Figur 8.2 Kostnadsfördelning för bjälklaget i flerbostadshuset i Lund

Tabell 8.4 Fördelning av kostnaderna för material och utrustning samt arbetskostnad för bjälklaget för flerbostadshus i Lund

Bjälklag för flerbostadshus i Lund	Formsättning	Armering	Betong	Installationer
Material och utrustning (%)	93	45	94	59
Arbetskostnad (%)	7	55	6	41

Som framgår av figur 8.2 utgör kostnaden för formsättning och pågjutning de största kostnadsposterna. Av tabell 8.4 framgår att formsättning och betonggjutning innehåller relativt sett en liten andel arbetskostnad i förhållande till materialkostnad medan för armering och installationer är förhållandena mera jämlika.

## Resultat från kostnadsuppföljning av platsgjutna väggar

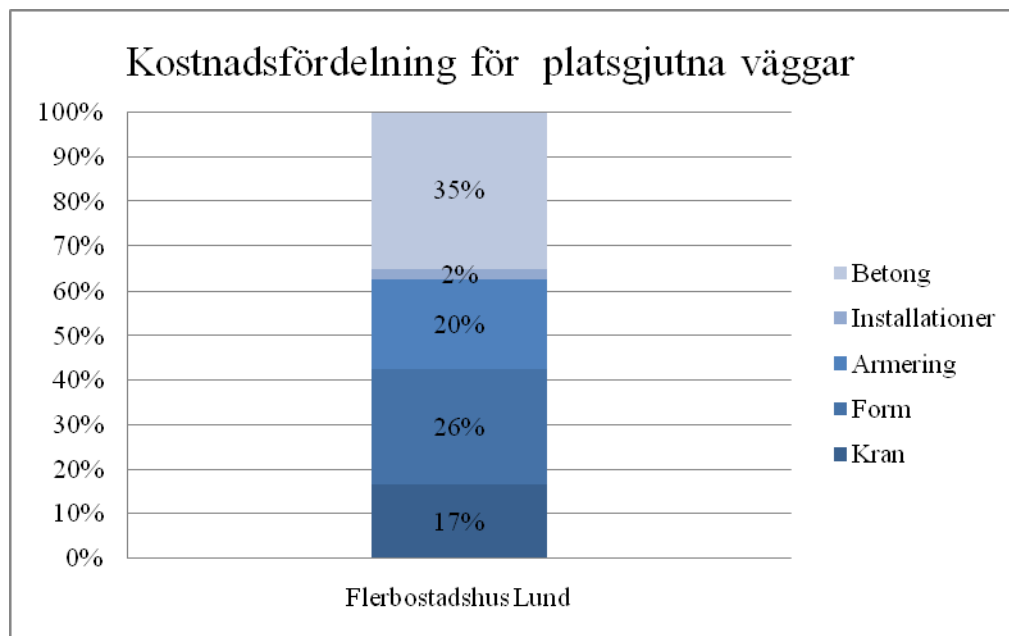
Kostnadsfördelning för platsgjutna väggar innebär att kostnaderna som de platsgjutna väggarna ger upphov till sammanställs. De ingående kostnadsposterna redovisas i avsnittets inledning.

I tabell 8.5 redovisas kostnaden för samtliga aktiviteter som förekommer i arbetet med väggarna uttryckt i kostnad per kvadratmeter vägg.

Tabell 8.5 Kostnad för vägg per m<sup>2</sup>

Kostnad/m <sup>2</sup>	(kr/m <sup>2</sup> )
Vägg	538

I figur 8.3 redovisas kostnadsfördelning mellan olika aktiviteter för de platsgjutna väggarna. I tabell 8.6 redovisas procentuell fördelning mellan material-, utrustnings- och arbetskostnad.



Figur 8.3 Kostnadsfördelning för de platsgjutna väggarna i flerbostadshuset i Lund

Tabell 8.6 Fördelning av kostnaderna för material och utrustning samt arbetskostnad för de platsgjutna väggarna för flerbostadshus i Lund

Väggar för flerbostadshus i Lund	Formsättning	Armering	Betong	Installationer
Material och utrustning (%)	34	70	94	34
Arbetskostnad (%)	66	30	6	66

Som framgår av figur 8.3 utgör kostnaden för gjutning av betong den största kostnadsposten och därefter är kostnaderna för armering, form och kran ungefär lika stora. Installationskostnaden utgör endast en liten del av totalkostnaden för väggarna. Kostnaden för betong och armering domineras av materialkostnad medan arbetskostnaden för formsättning är större än materialkostnaden.

## 8.2 Jämförelse med BetongBankens projekt

### 8.2.1 Jämförelse av nyckeltal

En sammanställning över stomkostnad netto vilket innebär kostnad per kvadratmeter bjälklagsyta exklusive kostnader för installationer och kran redovisas nedan. Tabell 8.8 innehåller dels kostnaden för flerbostadshuset i Lund samt BetongBankens uppföljda projekt. Då BetongBankens projekt har en stomkostnad med kostnadsläge från augusti till december 2005 måste denna korrigeras för att jämförelse mot flerbostadshuset i Lund, med kostnadsläge december 2007, ska kunna göras. Vid kontakt med Statistiska Centralbyrån råddes vi att använda faktorprisindex för flerbostadshus då detta mäter kostnadsutvecklingen för de produktionsfaktorer som en entreprenör använder i ett byggnadsprojekt (Walestad, 2008).

Tabell 8.7 Faktorprisindex (1968 = 100) för aktuella kostnadslägen

Kostnadsläge	Faktorprisindex	Förändring (%)
Aug-05	927,7	13,49
Dec-05	936,3	12,44
Dec-07	1052,8	0

Av tabell 8.8 framgår att flerbostadshuset i Lund har lägst stomkostnad per kvadratmeter bjälklagsyta. Det är dock viktigt att poängtera att skillnader i utformning av byggnader, komplexitet samt specifika projektförhållanden gör att kostnadsjämförelsen bör ses med viss försiktighet. Jämförelsen bör mer ses som en indikation på att uppföljda kostnader i detta examensarbete är i samma storleksordning som för andra platsbyggnadsstommar.

Tabell 8.8 Jämförelse mellan kostnad per kvadratmeter bjälklagsyta för flerbostadshuset i Lund och BetongBankens uppföljda projekt

Projekt	Kostnadsläge	Stomkostnad netto (kr/m <sup>2</sup> )	Stomkostnad netto (kr/m <sup>2</sup> ) Kostnadsläge dec-07
Flerbostadshus i Lund	Dec-07	1353	1353
Flerbostadshus i Ängelholm	Aug-05	1460	1657
Flerbostadshus i Stockholm	Dec-05	1220	1372
Flerbostadshus i Karlstad	Aug-05	1285	1458

## 8.2.2 Jämförelse av stommens kostnadsfördelning

Då en kostnadsjämförelse mellan Flerbostadshus i Lund och BetongBankens uppföljda projekt görs har kostnadsposterna förenklats något i form av att krankostnader samt installationskostnader har tagits bort. Detta har skett då BetongBanken inte redovisar installationskostnader för sina projekt samt att krankostnaden inte är särskiljd från redovisade arbetsplatsomkostnader.

### Förtillverkade element

Material- och arbetskostnad för balkonger, trappor, stålpelare samt väggskivor, d.v.s. element som ingår i stommen men som anländer färdigställda till byggarbetsplatsen. Samtliga av ovan nämnda element återkommer inte i de redovisade projekten utan skiljer sig något.

### Betong

Materialkostnad för betong samt arbets- och utrustningskostnad för pågjutning av plattbärlag och gjutning av väggar.

### Armering

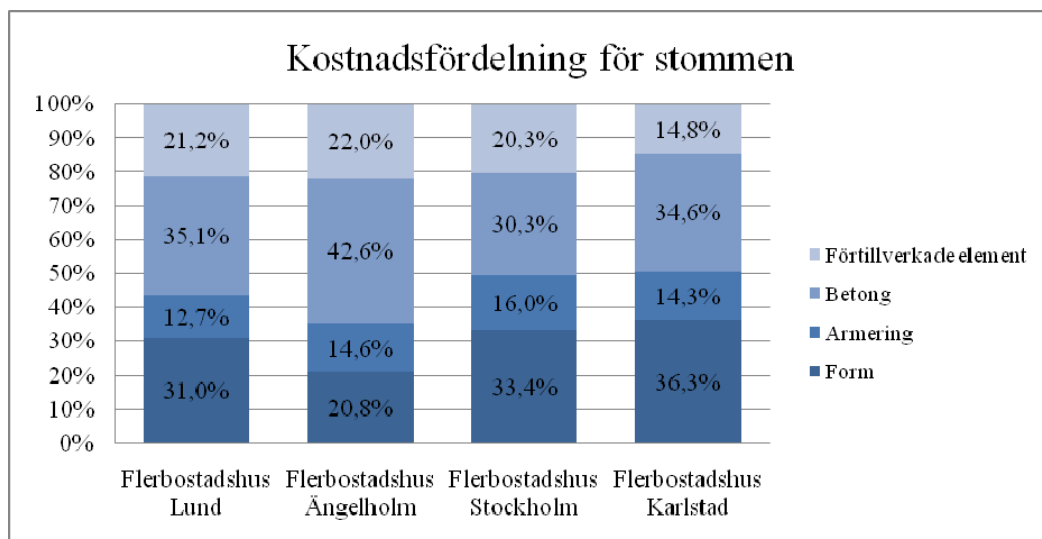
Armering för bjälklaget innebär material- och arbetskostnad för skarvnät samt övrig under- och överkantsarmering. För väggarna kommer kostnader för denna post från material- och arbetskostnad för väggnät samt armeringsstick.

### Form

Formkostnaderna för bjälklaget består av material- och arbetskostnad för plattbärlag inklusive ingjutningsgods, stämp och bockryggar samt avstängare runt bjälklaget. För väggarna kommer kostnader för denna post från material-, utrustnings- och arbetskostnad för formsättning av väggarna.

### Kostnadsfördelning för stommen

Kostnadsfördelning för stommen innebär att kostnaderna för både bjälklag och väggar vägs samman och redovisas i figur 8.4 nedan. Detta följs av tabell 8.9 som visar fördelningen av material-, utrustnings- och arbetskostnader för respektive projekt.



Figur 8.4 Jämförelse mellan kostnadsfördelningen för stommen mellan flerbostadshuset i Lund och BetongBankens projekt

Tabell 8.9 Redovisning av fördelningen mellan material- och arbetskostnader för stommen i flerbostadshuset i Lund och BetongBankens projekt

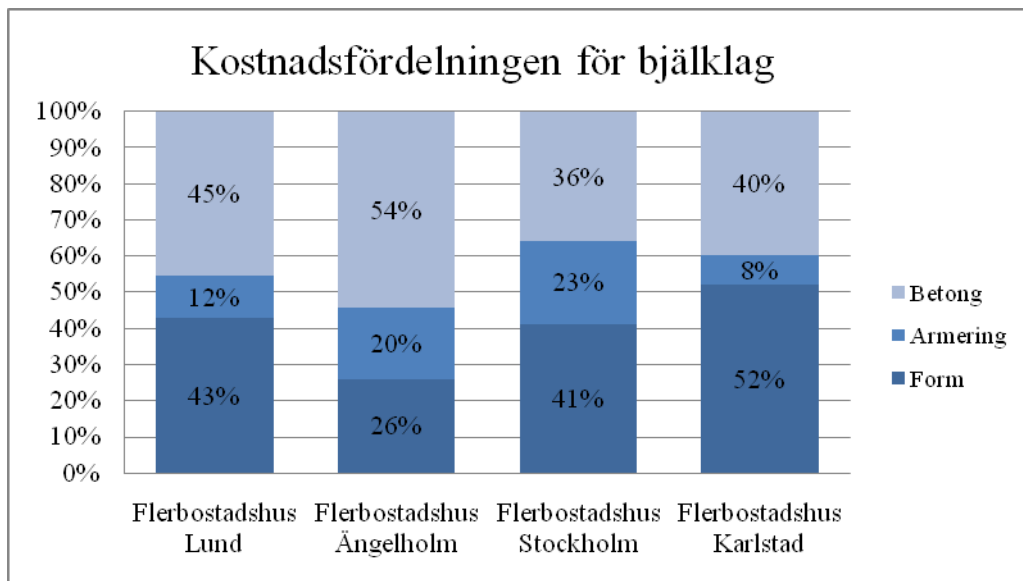
Flerbostadshus Lund	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning exkl spill (%)	79	56	94
Arbetskostnad (%)	21	44	6
Flerbostadshus Ängelholm	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning inkl spill (%)	55	73	75
Arbetskostnad (%)	45	27	25
Flerbostadshus Stockholm	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning inkl spill (%)	69	52	90
Arbetskostnad (%)	31	48	10
Flerbostadshus Karlstad	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning inkl spill (%)	74	46	91
Arbetskostnad (%)	26	54	9

Som framgår av figur 8.4 så är fördelningen mellan kostnadsposterna för de olika projekten relativt likartade. Störst skillnad föreligger för kostnadsposterna betong och form. Av tabell 8.9 framgår att flerbostadshus Lund och Karlstad har likartad fördelning mellan material, utrustning och arbetskostnad för aktiviteterna form, armering och betong.



## Kostnadsuppföljning av bjälklag

Nedan särredovisas kostnaden för bjälklag för flerbostadshuset i Lund och BetongBankens projekt figur 8.5. Detta följs av tabell 8.10 som redovisar fördelning av material- och arbetskostnader för respektive projekt.



Figur 8.5 Jämförelse mellan kostnadsfördelningen för bjälklaget mellan flerbostadshuset i Lund och BetongBankens projekt

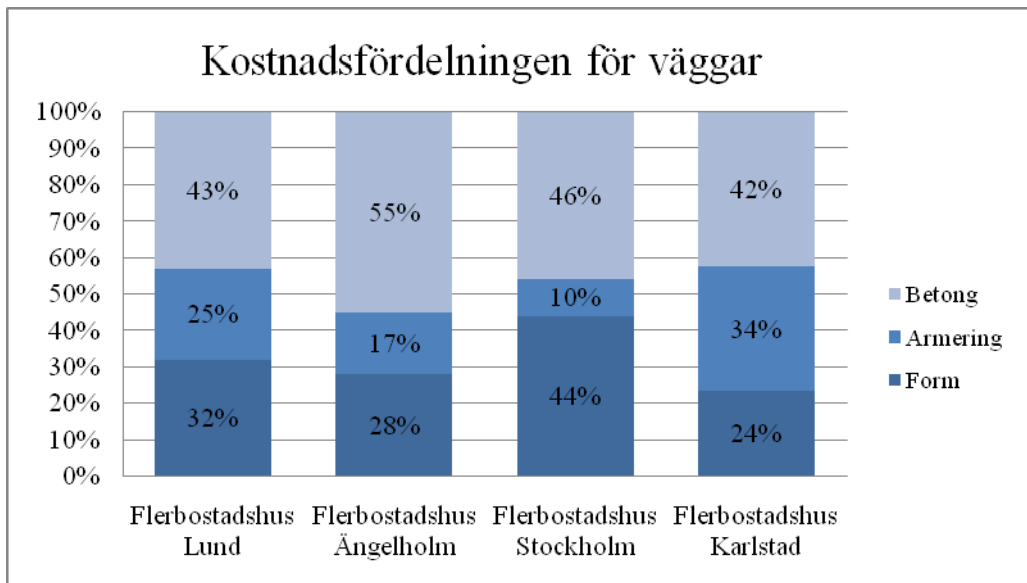
Tabell 8.10 Redovisning av fördelningen mellan material- och arbetskostnader för bjälklag i flerbostadshuset i Lund och BetongBankens projekt

Flerbostadshus Lund	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning exkl spill (%)	93	45	94
Arbetskostnad (%)	7	55	6
Flerbostadshus Ängelholm	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning inkl spill (%)	79	59	87
Arbetskostnad (%)	21	41	13
Flerbostadshus Stockholm	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning inkl spill (%)	82	51	90
Arbetskostnad (%)	18	49	10
Flerbostadshus Karlstad	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning inkl spill (%)	86	52	94
Arbetskostnad (%)	14	48	6

Som framgår av figur 8.5 är fördelningen mellan kostnadsposterna för de olika projekten relativt likartade. Störst skillnad föreligger för kostnadsposterna betong och form. Av tabell 8.10 framgår att flerbostadshus Lund och Karlstad har likartad fördelning mellan material, utrustning och arbetskostnad för aktiviteterna form, armering och betong.

### Kostnadsuppföljning av platsgjutna väggar

Nedan särredovisas kostnaden för platsgjutna väggar för flerbostadshuset i Lund och BetongBankens projekt i figur 8.6. Detta följs av tabell 8.11 som redovisar fördelning av material- och arbetskostnader för respektive projekt.



Figur 8.6 Jämförelse mellan kostnadsfördelningen för väggarna mellan flerbostadshuset i Lund och BetongBankens projekt

Tabell 8.11 Redovisning av fördelningen mellan material- och arbetskostnader för väggar i flerbostadshuset i Lund och BetongBankens projekt

Flerbostadshus Lund	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning exkl spill (%)	34	70	94
Arbetskostnad (%)	66	30	6
Flerbostadshus Ängelholm	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning inkl spill (%)	14	47	83
Arbetskostnad (%)	86	53	17
Flerbostadshus Stockholm	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning inkl spill (%)	26	56	89
Arbetskostnad (%)	74	44	11
Flerbostadshus Karlstad	Formsättning	Armering	Betong
Material och utrustning inkl spill (%)	15	43	87
Arbetskostnad (%)	85	57	13

Som framgår av figur 8.6 är fördelningen mellan kostnadsposterna för de olika projekten relativt likartade. Störst skillnad föreligger för kostnadsposterna armering och form. Av tabell 8.11 framgår att andelen material- och utrustningskostnader för samtliga kostnadsposter är större för flerbostadshus Lund än för flerbostadshus Karlstad. Arbetskostnaden är för samtliga kostnadsposter därmed även lägre för flerbostadshus Lund än för flerbostadshus Karlstad.

## 9. Analys och diskussion

### 9.1 Osäkerheter vid Activity Sampling

Mätningarna utfördes från ett parkeringsdäck i samma nivå som det studerade våningsplanet vilket gjorde arbetet lätt att följa. Nackdelen med upplägget var dock att det var svårt att följa yrkesarbetarna då de lämnade arbetsplatsen vid hus A. Då det varit oklart vilken typ av arbete som utförts bortom det studerade våningsplanet har detta inte inkluderats i mätningarna. Troligt är i många fall att arbetaren i fråga gått över till hus B för att fortsätta sitt arbete där. I våra mätningar har vi en underkategori i kategorin ”Störningar” vid namn ”Missing in action” som skulle ha använts då arbetarna försvann tillfälligt. Men då arbetarna ofta växlade sysslor och förflyttade sig mellan husen har det varit svårt att utnyttja denna klassificering och den har inte använts vid mätningarna.

Mätningarna för bjälklaget var lätta att följa då arbetet utfördes utan synliga hinder och i samma nivå som observationsplatsen. I källaren utfördes dock tilläggsformning av plattbärlagens undersida. Detta arbete har inte gått att följa i utförd Activity Sampling men antalet mantimmar har uppskattats för att ge en korrekt arbetskostnad.

Vid mätningarna för den andra väggykeln var sikten dålig eftersom väggarna från den första väggykeln hindrade oss från att ha alla yrkesarbetare under konstant uppsikt. Mätplatsen flyttades till våningsplanets ena kortsida för att ge maximal sikt. Mindre förflyttningar ägde även rum under dagen för att göra mätningen så fullständig som möjligt.

Vid de flesta arbetsmoment har även lärlingar förekommit i arbetet. Lärlingarna har betydligt mer observationstid i sitt arbete som inte inkluderats i mätningarna. Men då de utför aktivt arbete har detta registrerats p.g.a. att arbetet annars skulle ha utgått ur mätningarna.

Då det inte har varit möjligt att bokföra omarbete under störningar har detta i stället räknats som direkt arbete p.g.a. att ett direkt arbete enligt mätningarnas förutsättningar utförs. Detta hade varit möjligt att undvika om det funnits en underkategori i störningar vid namn omarbete. För att resultatet ska stämma bättre överens med det följda arbetet har större omarbeten som registrerats under aktivt arbete plockats bort ur resultatet. På detta sätt stämmer resultatet mer överens med verkligheten med undantag att omarbeten har utgått ur mätningarna och istället kommenterats i resultatdelen. För framtida mätningar bör därför omarbete ingå under störningar för att ge en tydligare bild av arbetsfördelningen.

## **9.2 Activity Sampling av bjälklag**

### **9.2.1 Montering av plattbärlag**

Montering av plattbärlag utgjordes av 59 % direkt arbete, 25 % indirekt arbete och 16 % störningar. Betongarbetarna hade stor erfarenhet av arbetsmetoden sedan tidigare och vid monteringsstidpunkten hade man i förväg förberett sig genom att studera montageritningen och elementens ordningsföljd vid monteringen.

Andelen störningar på 16 % beror huvudsakligen på den stilleståndstid som uppstod då betongarbetarna väntade på att plattbärlagselementet lossades från lastbilen. Enligt avsnitt 4.2.2 klassificerades denna tid då betongarbetarna tvingades vänta på att plattbärlagselementen lyftes från lastbil till montagestället som direkt arbete. Denna klassificering valdes eftersom tiden mellan lyft från lastbil till montageställe var relativt kort och betongarbetarna hade ingen möjlighet att utföra något annat arbete. I ett annat examensarbete genomfördes samma typ av mätning vid uppförandet av en platsgjuten stomme i ett flerbostadshus (Lundström och Runquist, 2008). Här utfördes mätningen på ett våningsplan beläget högre upp vilket innebar att tiden från att elementet lyftes från lastbil till montageställe var betydligt större och det var således mer naturligt att klassificera den väntetiden som uppstod som en störning. Resultatet av denna mätning visade på en större andel störningar och en mindre andel direkt arbete än vad som var fallet enligt våra mätningar. Emellertid anser vi att våra mätningar ger ett realistiskt resultat för det studerade våningsplanet. Det kan dock vara rimligt att vid mätning av arbete på ett våningsplan beläget högre upp, klassificera den väntetid som uppstår vid lyft av plattbärlag som en störning.

För övrigt observerades, vid monteringen, att några av plattbärlagselementen hade blivit sneda vid tillverkning på fabrik samt att ett element var 200 mm för kort. Det är således viktigt att säkerhetsställa att projekteringen är korrekt utförd samt att plattbärlagen tillverkas inom tillåtna toleranskrav. Felen åtgärdades genom att på plats såga till de sneda elementen samt forma undertill för det element som var för kort. Detta innebär att en del extraarbete behövde utföras. Detta alternativ var dock enklare än att ta kontakt med plattbärlagsleverantören för att be denne åtgärda problemet. En av de slutsatser som vi drar från våra observationer är att om ett problem som upptäcks på arbetsplatsen är någorlunda lätt att åtgärda och kräver en tidsmässigt liten arbetsinsats väljer byggtreprenören att lösa problemet på egen hand istället för att ta kontakt med aktuell leverantör. Detta kan ju vara en enkel lösning men resulterar samtidigt i att leverantören aldrig uppmärksammas på problemet och ges möjlighet att korrigera sina processer för att undvika att liknande fel uppstår fortsättningsvis.

### 9.2.2 Armering underkant

Utläggning av underkantsarmeringen utgjordes av 54,4 % direkt arbete, 33,2 % indirekt arbete och 12,4 % störningar. I mätningarna ingick även träarbetarnas arbete med att montera form kring trappa och hisschakt. Detta arbete bestod av 22,9 % direkt arbete, 60,5 % indirekt arbete och 16,6 % störningar. Andelen indirekt arbete är tämligen stor och orsaken till detta är att formdelarna tillverkades vid en arbetsstation belägen på andra sidan byggarbetsplatsen. Tittar man närmare på underkategorierna för indirekt arbete och störningar kan man se att det förberedande arbetet och restiden har en andel på 94 respektive 57,5 %. I takt med att stommen växer kommer man att återanvända formarna till trappa och hisschakt vilket bör minska restiden och i synnerhet det förberedande arbetet för detta arbetsmoment. Arbetet med avstängare runt bjälklagskanten kan dock elimineras genom att plattbärlagen levereras med färdiga avstängare runt trappa och hisschakt.

### 9.2.3 Armering överkant

Arbetet med att montera överkantarmeringen resulterade i 50 % direkt arbete, 36 % indirekt arbete och 14 % störningar. Vad som bör nämnas här är att kategorin störningar i sin tur består av 51,8 % restid. Denna andel är tämligen hög och beror på att betongarbetarna under arbetets gång var tvungna att med hjälp av lyftkran förflytta armering från marknivå till studerat våningsplan vilket gav upphov till onödiga rörelser i arbetet. Normalt förfarande hade varit att man vid ett och samma tillfälle lyfta upp all armering på våningsplanet men eftersom att det vid aktuell tidpunkt försiggick ett antal andra aktiviteter på bjälklaget kunde detta inte genomföras. Det fanns, då mätningarna ägde rum, inte heller någon ställning runt våningsplanet vilken man i så fall kunnat förvara armeringen på. Fortsättningsvis kommer man dock att ha en ställning runt ovanliggande våningsplan. Denna kommer då bland annat att fungera som en lagringsplats för material vilket borde leda till att de onödiga transporter i arbetet för arbetsmomentet mer eller mindre kan elimineras. Genom att lagra armeringen på en bestämd plats på ställningen borde framkomligheten på denna inte påverkas nämnvärt. Det är dock viktigt att förankra armeringen så att den inte kan rasa ner från sin lagringsplats.

### 9.2.4 Installationer

Den fördelning av installationsarbetet som redovisas i resultatsammanställningen, är sammanslagen för installationsarbete för el, vs och ventilation. Fördelningen ger 50 % direkt arbete, 39 % indirekt arbete och 11 % störningar. Det indirekta arbetet består av 74,6 % förberedande arbete vilket huvudsakligen grundar sig på ritningsläsande. Andelen störningar är förhållandevis låg. Det bör dock nämnas att det omarbete som uppstod på grund av felaktigt placerade installationer inte är inkluderad som en störning i mätningarna. Störningarna som uppmättes består dock av 44,1 % stilleståndstid och orsaken till detta var till stor del beroende på utrymmesbrist då alla installatörer bitvis samsades om samma utrymme på bjälklaget.

Orsaken till problemen med ventilationsgenomföringarna och avloppsenheterna är enligt vår mening bristande kommunikation i projekteringen av plattbärlagen mellan inblandade projektörer.

## **9.2.5 Gjutning betong**

Arbetet med att gjuta bjälklaget uppgick till en arbetsdag och utfördes av tre betongarbetare. Två träarbetare var sysselsatta med att placera formar kring försänkningar av våtrum och korridorer i bjälklaget. Arbetet med att gjuta betong bestod av 66 % direkt arbete, 14 % indirekt arbete och 20 % störningar för betongarbetarna. Formarbetet bestod av 56 % direkt arbete, 16 % indirekt arbete och 28 % störningar. Störningarna utgjordes till 89,7 % av stilleståndstid för betongarbetarna och 96,9 % för träarbetarna. Orsaken till stilleståndstiden var väntetid på kommande betongleverans. På morgonen anlände betongbilarna enligt avtalad tid men framåt förmiddagen uppstod en viss förskjutning beroende på bilköer i trafiken. Vad som också bör nämnas är att det samtidigt med valvgjutningen pågick montage av HDF-plattor på det angränsande parkeringsgaraget. Leverantören av HDF-plattorna och betongleverantören fick periodvis samsas om utrymmet på arbetsplatsen vilket stundtals gav upphov till en viss förskjutning i gjutningen.

## **9.3 Activity Sampling för platsgjutna väggar**

### **9.3.1 Formningsarbeten**

Formningen av de platsgjutna väggarna bestod av 38 % direkt arbete, 55 % indirekt arbete och 7 % störningar. Den höga andelen indirekt arbete bestod av förberedande arbete som måste utföras innan enkling och dubbling kan ske. Bostadsformarna som användes underlättar både vid enkling och dubbling samt vid förflyttning. Eftersom observationerna utfördes tidigt i stombyggnadsskedet var inte yrkesarbetarna tillräckligt vana vid formsystemet vilket delvis förklarar de incidenter som uppstod i samband med väggjutningen. Detta bör troligen förbättras i takt med att fler väggetapper är genomförda och träarbetarna är mer vana med formsystemet.

Av observationerna framgick att formningsarbetet var intensivt och krävande för träarbetarna. Arbetet bestod av många olika arbetsmoment som pågick parallellt då de olika formdelarna monterades ned och förbereddes inför ett nytt montage. Även tidspressen som formningsarbetet innebar, det vill säga att ha formarna färdigmonterade när betongbilen anlände, är en trolig anledning till problemen med väggjutningarna som uppstod.

### **9.3.2 Armeringsarbete för platsgjutna väggar**

Armeringsarbetet utfördes med nät samt färdigkapade armeringsstick och arbetet bestod av 44 % direkt arbete, 40 % indirekt arbete och 16 % störningar. Armeringsarbetet utfördes efter det att formarna förberetts och ena formsidan monterats, så kallad enkling. Arbetet är en del av väggykeln och kräver att betongarbetaren är på plats för att armera väggarna i tur och ordning efter det att formsidorna enklats, för att förhindra att formningsarbetet stannar upp. Det aktiva armeringsarbetet i form av montering och najning av näten går fort. Eftersom förberedelse av arbetet samt förflyttning av näten upptar samma tid blir arbetsfördelningen likartad. Att minska denna tid är svårt då näten flyttas med lyftkran. Längden på transporten spelar inte så stor roll då den största tiden går till att koppla näten till kranen.

De uppmätta störningarna fördelas på stilleståndstid, ej schemalagd rast samt restid vilket delvis visar på att betongarbetaren måste invänta föregående arbete, d.v.s. enkling av form. Betongarbetaren är även borta från arbetet vid hus A under stora delar av dagen för att assistera vid arbetet i hus B. Dessa förflyttningar mellan de två husen innebär att en stor del av arbetstiden går förlorad i form av restid och förberedande inför nya arbetsmoment.

Ett alternativ till utnyttjande av arbetskraften hade varit att låta betongarbetaren i fråga stanna kvar vid hus A och stödja arbetet med formningen för de platsgjutna väggarna. Detta hade troligtvis minskat stressen för träarbetarna och därmed lett till att bristerna i formningen kunnat undvikas. Detta kan dock ge upphov till att arbetet måste justeras vid hus B. Omfattningen på arbetet som utfördes där är oviss då endast hus A följts i mätningarna.

### **9.3.3 Elarbete för platsgjutna väggar**

Resultatet från Activity Sampling för montering av elinstallationer i väggarna visar på 57 % direkt arbete, 41 % indirekt arbete och endast 2 % störningar. En trolig anledning till den höga andelen direkt arbete och den låga andelen störningar är att installatören har god tid på sig att förbereda arbetet innan arbetet utförs. Då elektrikern inte har någon byggbod på arbetsplatsen används troligtvis en stor del av arbetsdagen till förberedning av material och arbete på firman. Eftersom arbetsomfattningen är låg för flerbostadshuset i Lund utförs antagligen även jobb på andra byggarbetsplatser parallellt.

Arbetsomfattningen av endast 1,5 timme för respektive väggykel innebär att installatören kunde arbeta relativt ostört och därmed mera produktivt med minimalt inslag av störningseffekter. Det indirekta arbetet utgjordes av 85 % förberedande arbete i form av ritningsläsning och utmätning. Detta arbete går inte att planera bort då uppmätningen måste ske direkt på formen inför uppsättningen av installationerna.



### **9.3.4 Gjutning av väggar**

Arbetet med gjutning av väggarna bestod av 62 % direkt arbete, 8 % indirekt arbete samt 30 % störningar. Då gjutning av väggarna gjordes med kran och bask är det naturligt med störningar i form av stilleståndstid då basken fylls på med betong. Störningarna som till 87 % består av stilleståndstid kommer troligtvis att öka successivt i takt med att avståndet mellan väggarna som ska gjutas och betongbilen ökar för varje våningsplan. Dessa störningar är en av nackdelarna med gjutmetoden och kan inte undvikas. Alternativet är att använda en betongpump. Merkostnaden för betongpumpen måste dock vägas mot mindre stilleståndstid för betongarbetaren.

## **9.4 Activity Sampling av kranaktiviteten**

Eftersom det finns två lyftkranar på byggarbetsplatsen är alltid en kran tillgänglig till respektive hus. Om istället en stor kran valts med kapacitet att försörja båda husen hade troligen pågående arbete drabbats av flera avbrott på grund av att kranen inte samtidigt kunnat försörja parallellt pågående aktiviteter. Att två kranar används får dock följderna att kranen inte utnyttjas under så stor del av arbetsdagen. Detta syns tydligast för bjälklaget där kranen är stilla 68 % av bjälklagscykeln. Vägncyklerna som upptar lika stor del av stombyggnaden som bjälklaget visar dock på en betydligt större krananvändning.

## **9.5 Kostnadsuppföljning**

### **9.5.1 Kostnadsuppföljning för flerbostadshuset i Lund**

De mängder av material som tas fram för studerad stomme i fallstudien är baserade på ett så kallat idealt våningsplan, det vill säga våningsplan 2-5 som konstruktions- och installationsmässigt är snarlika. Det nedersta och översta våningsplanet har en något annorlunda utformning än de resterande våningsplanen. Dock antas samtliga våningsplan ha samma utformning som det ideala våningsplanet vilket ger en något högre materialkostnad än det verkliga utfallet. Vidare var det plan 1 som studerades i Activity Samplingen och därmed låg till grund för antalet mantimmar som lades på de förekommande arbetsmomenten. Bjälklaget på plan 1 tas dock inte med i kostnadsuppföljningen eftersom att det är stomme ovan källarbjälklagets överkant som studeras. Troligtvis kommer antalet mantimmar för respektive arbetsmoment på de ovanliggande våningsplanen att vara färre än de antal mantimmar som erhöles för det studerade våningsplanet beroende på att inkörningseffekten ökar. Fel som inträffade under uppförandet av det första våningsplanet kommer troligtvis också att elimineras för ovanliggande våningsplan. Detta innebär att vi i vår kostnadsuppföljning har något större arbetskostnad än det verkliga utfallet.

Mängdning av material görs utifrån ritningar vilket innebär att spill inte tas med i kostnadsuppföljningen. Vidare ges en viss osäkerhet i mängder av ytor och volymer vilket kan resultera i en något mindre eller större materialkostnad än det verkliga utfallet.

I kostnadsuppföljningen antogs timkostnaden inklusive sociala avgifter vilket erhållits av entreprenören vara samma för alla underentreprenörer. I praktiken kan denna variera något mellan de olika underentreprenörerna. Antal mantimmar för vissa arbetsmoment kunde inte fås från Activity Samplingen och samlades därför in från byggledningen innan arbetet hade utförts, möjligtvis kommer dessa mantimmar skilja sig från det verkliga utfallet.

Vad som också är värt att nämna är att BetongBanken samlar in kostnader i takt med eller efter stommens uppförande medan kostnadsinsamlingen som görs i examensarbetet äger rum innan merparten av stommen är uppförd. Ur denna aspekt borde de kostnader som redovisas för BetongBankens uppföljda projekt ha en något större noggrannhet än de vi samlat in för aktuell fallstudie.

### **9.5.2 Jämförelse mellan flerbostadshus Lund och ett av BetongBankens objekt**

Kostnadsjämförelser mellan olika objekt måste alltid göras med viss försiktighet. I detta examensarbete har stomkostnaden för studerat objekt jämförts med BetongBankens projekt. Det av BetongBankens objekt som anses vara mest likartat flerbostadshuset i Lund är flerbostadshuset i Karlstad. Denna slutsats har diskuterats och verifierats med ansvarig person för uppföljning av BetongBankens projekt (Johansson, 2008).

Om man ser till kostnadsuppföljningen för stommen så är fördelningen mellan de ingående kostnadsposterna snarlika. Den största skillnaden uppkommer för förtillverkade element där flerbostadshuset i Lund har en andel på 21,2 % och flerbostadshuset i Karlstad har en motsvarande andel på 14,8 %. För flerbostadshuset i Lund består de förtillverkade elementen av balkonger, trappor och stålpelare medan de för flerbostadshuset i Karlstad endast består av trappor och stålpelare. Här har man valt att använda utkragande plattbärlageelement, som sedan pågjuts och bildar balkonger. Detta borde förklara den större andelen på 52 % för kostnadsposten form som kan urskiljas vid särredovisning av bjälklag för flerbostadshuset i Karlstad. Motsvarande andel för flerbostadshuset i Lund ligger på 43 %. För övrigt är andelarna för de resterande kostnadsposterna betong och armering likartade.

I särredovisningen av de platsgjutna väggarna kan utläsas att för kostnadsposten armering har flerbostadshuset i Karlstad en andel på 34 % medan flerbostadshuset i Lund har en andel på 25 %. I kostnadsuppföljningen för flerbostadshuset i Karlstad är även platsgjutna pelare medtagna. Dessutom består flerbostadshuset i Karlstad av 11 våningar ovan mark till skillnad från flerbostadshuset i Lund som endast består av 6 våningar ovan mark. Detta innebär att armeringsmängden i de platsgjutna väggarna i flerbostadshuset i Karlstad är betydligt större än i de platsgjutna väggarna i flerbostadshuset i Lund. För flerbostadshuset i Karlstad är armeringsmängden  $141 \text{ kg/m}^3$  betong i ytterväggarna och  $88 \text{ kg/m}^3$  betong i innerväggarna medan armeringsmängden är  $46 \text{ kg/m}^3$  betong för

väggarna i flerbostadshuset i Lund. För övrigt är det samma typ av armering som används i väggarna.

### **9.5.3 Möjlig effektivisering av stomdrift**

För arbetet med bjälklaget är det aktiviteterna armering underkant och överkant av bjälklaget samt installationer som upptar mest tid. För att öka byggtakten för stommen bör man därför försöka minimera ovanstående aktiviteters varaktighet. De fel som uppstod i samband med installationsarbetet bör således undvikas eftersom sådana fel är onödiga och orsakar extraarbete och störningar för t.ex. armeringsarbeten. Frekvent och tydlig kommunikation mellan entreprenör och inblandade projektörer är viktigt för att undvika dessa problem. Eftersom utläggning av armering och dragning av installationer pågår under större delen av bjälklagscykeln finns här möjlighet att hämta in förseningar i andra aktiviteter. Vidare anses montering av plattbärlagen samt pågjutningen av dessa inte kunna påverkas i lika stor grad som armerings- och installationsarbetet eftersom att de upptar tämligen kort tid av bjälklagscykeln. Montering av plattbärlagen kan vara en kritisk aktivitet eftersom många efterföljande arbeten inte kan påbörjas förrän plattbärlagen ligger på plats. En försening av plattbärlagen senarelägger starten för en rad efterföljande arbeten.

Arbetet med de platsgjutna väggarna för ett våningsplan utgörs av sex väggcykler där en väggcykel genomförs per arbetsdag. Till dessa sex arbetsdagar tillkommer en arbetsdag då man flyttar väggformarna till nästa våningsplan och förbereder inför kommande väggcykel. Aktiviteterna formning, armering, elarbete och gjutning som förekommer under en väggcykel upptar inte lika stor tid som aktiviteterna som genomförs för bjälklaget. För att kunna öka byggtakten för de platsgjutna väggarna måste i första hand fler väggar behöva gjas per arbetsdag. Detta är endast möjligt om man ökar formmängden och antalet träarbetare. Alla aktiviteter innan gjutning är kritiska, d.v.s. försening av en aktivitet leder till försening av nästkommande aktivitet. Ingen av aktuella aktiviteter innehåller därför utrymme till att hämta in förseningar från föregående aktivitet.

Eftersom två identiska flerbostadshus uppförs parallellt är det viktigt att påpeka att tiden för en bjälklagscykel respektive tiden för färdigställandet av väggarna för ett våningsplan måste vara samma. För att kunna minska tiden för de platsgjutna väggarna för ett våningsplan krävs därför att man även gör detta för bjälklagscykeln.

## 10. Slutsats

För arbetet med bjälklaget är det aktiviteterna armering underkant och överkant av bjälklaget samt installationer som upptar störst tid. Effektiviseringspotentialen är enligt vår mening störst här. För att öka denna bör man i första hand förbättra kommunikationen mellan inblandade projektörer och byggentreprenören för att undvika fel i installationsprojekteringen vilket leder till omarbete på byggarbetsplatsen. De bjälklagsaktiviteter som har störst inslag av störningar är montering av plattbärlag, armering och pågjutning. Störningarna som uppkommer vid montering av plattbärlag beror till största delen på den stilleståndstid som uppkommer då plattbärlag lossas från lastbil och är därför tämligen svåra att eliminera. De störningar som uppkommer vid pågjutningen beror huvudsakligen på den stilleståndstid som ges vid väntan på kommande betongleveras, även denna störning är svår att eliminera. Störningarna som uppkommer i armeringsarbetet beror till största delen på restid vilken bör minska i takt med att inkörningseffekten ökar.

De platsgjutna väggarna för ett våningsplan ska färdigställas under sju arbetsdagar. Dessa sju dagar fördelar sig på sex väggyckler och en dag då formarna flyttas över till nästa hus där förberedning inför kommande väggyckel inleds. För att kunna öka byggtakten för de platsgjutna väggarna behöver man gjuta fler väggar per arbetsdag. Detta är endast möjligt om man ökar formmängden och antalet träarbetare. De väggaktiviteter som har störst inslag av störningar är armering och gjutning. Störningarna som uppkommer i armeringsarbetet beror huvudsakligen på stilleståndstid och restid. Stilleståndstiden ges av att betongarbetaren måste vänta in träarbetarna då dessa monterar väggformarna och bör minskas i takt med att träarbetarnas inkörningseffekt ökar. För gjutningen består störningarna av den stilleståndstid som ges då betongarbetaren väntar på att basken fylls med betong, ett moment som är svårt att eliminera.

Valet att använda två mindre lyftkranar istället för en stor på byggarbetsplatsen är positivt då detta förhindrar stopp i arbetet beroende på för hög kranbelastning. Den kostnad som tillkommer för en extra kranförare är enligt vår mening en acceptabel kostnad för att kunna öka produktiviteten.

Kostnaden för stommen i studerat projekt uppgick till 1591 kr per kvadratmeter bjälklagsyta inklusive ingjutna installationer och kran. Framräknad kostnad är i samma nivå som andra liknande projekt med platsgjuten betongstomme vilka studerats av BetongBanken. En jämförelse med flerbostadshus i Karlstad, som är det projekt som anses vara mest likartat det som undersöks i examensarbetet, visar på god överensstämmelse vad gäller kostnadsfördelningen mellan form, armering och betong.

Viktigt att tänka på vid jämförelse av stomkostnadsfördelningen för flerbostadshusen i Lund och Karlstad är de osäkerheter som ges i examensarbetets och BetongBankens kostnadsuppföljning.



## **11. Referenser**

### **11.1 Intervjuer**

Ekelöf Bertil, Tibnor Armering, Malmö, 2007-10-16

Eriksson Lars, Fieber Per, Abetong AB, Dalby, 2007-09-26

Ferkinghoff Max, Hallbyggarna-Jonsereds, Malmö, 2007-10-15

Hamrén Mats, Hünnebeck, Örebro, 2007-10-05 och 2007-10-19

Huusko Stefan, Viedekke, Malmö, 2007-10-05

Johansson Frank, BetongBanken, 2007-11-13 och 2008-01-23

Lindqvist Krister, Platschef MVB AB, Lund, 2007-10-25

Lindqvist och Rietz, MVB AB, Lund, 2007-10-18

Lundgren Magnus, Celsa Steel Service, Halmstad, 2007-10-22

Rolfson Bo, NCC, 2008-01-17

Svensson Per-Eric, NCC, 2007-10-17

Walestad Magnus, Statistiska Centralbyrån, 2008-01-25

### **11.2 Tryckt material**

Abetong AB (2004), *Montagehandbok Preconformsystemet*, Hallstahammar, 2004

Andersson R., Larsson R. (2007), (Sammanställt av Bjerseth Jan), *Förstudie flerbostadshus 2005 – BICT*, GfK-rapport, GfK Group, Lund, 2007

Blücher D., Öjmertz B. (2004), *Utmana dina processer!*, IVF Industriforskning och utveckling, Mölndal, 2004

Boverket (2007), *Uppdatering av tider och kostnader för BetongBanken*, Karlskrona, Augusti 2007

Byggnads (2006), *Vi bygger för livet – en framtidsrapport till Byggnads kongress 2006*, 2006

- Fagerlund G. (1999), *Betong och miljö*, AB Svensk Byggtjänst, Trelleborg, 1999
- Hamrebjörk L. (1994), *Samordning stomme och installationer – Nu och i framtiden*, Stålbyggnadsinstitutet, 1994
- Hicks, B. (2007), *Lean information management: Understanding and eliminating waste*, International Journal of Information Management, 2007
- Holme I. och Solvang B. (1991), *Forskningsmetodik – om kvalitativa och kvantitativa metoder*, Studentlitteratur, Lund, 1991
- Hyrman AB (2007), *Prislista – För uthyrning av byggnadsmaskiner*, September 2007
- Jenkings L. James, Orth L. Daryl, *Productivity Improvement Through Work Sampling*, Purdue University, 2004
- Jongbloed J., Schuurmans A., Eymael M., *State of the art on concrete*, Innovation by concrete impulse package, Nederländerna
- Larsson B. och Söderlind L. (2006), *Väderskyddad produktion*, Göteborg, 2006
- Larsson, R. (2007), *Effektivt platsgjutet stombyggande*, Föredrag Betongfeber 21 november 2007, Stockholm
- Lundström M., Runquist L. (2008), *Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande*, Examensarbete, Konstruktionsteknik LTH, 2008
- Nilsson L-O., Hedenblad H., Norling-Mjörnell K., (2000), *Betonghandbok högpresterande betong*, Material och utförande, 2000
- Peterson, M. (2003), *New concrete materials technology for competitive house building*, Licentiat avhandling, Lunds Tekniska Högskola, avd byggnadsmaterial, Lund, 2003
- Proverbs, Holt och Olomolaiye (1999a), *Construction resource/method factors influencing productivity for high rise concrete construction*, University of Wolverhampton, 1999a
- Proverbs, Holt och Olomolaiye (1999b), *Factors impacting construction project duration: a comparison between France, Germany and the U.K.*, University of Wolverhampton, 1999b

Repstad P. (1988), *Närhet och distans – kvalitativa metoder i samhällsvetenskap*, Studentlitteratur, Lund, 1988

Retelius A. (1993), *Självkompakterande betong*, Cementa, 1993

Sveriges Byggindustrier (2007), *Fakta om byggandet*, Stockholm, 2007

Thorsén Å. (1993), *I fiberbetongens värld*, Uppsala, 1993

Thurén T. (2003), *Vetenskapsteori för nybörjare*, Malmö, 2003

Winch G. och Carr B. (2001), *Benchmarking on-site productivity in France and the UK: a CALIBRE approach*, Department of civil and construction engineering, Manchester, 2001

### **11.3 Digitalt material**

Abetong AB(2007), [www.abetong.se](http://www.abetong.se), information hämtad 2007-09-13

Bekaert (2008), [www.bekaert.com/building](http://www.bekaert.com/building), information hämtad 2008-01-28

BetongBanken (2007), [www.betongbanken.com](http://www.betongbanken.com), information hämtad 2007-10-31

BetongBanken (2008), [www.betongbanken.com](http://www.betongbanken.com), information hämtad 2008-01-27

Betongindustri (2007), Heidelberg Cement Group, [www.heidelbergcement.com/se/sv/betongindustri](http://www.heidelbergcement.com/se/sv/betongindustri), information hämtad 2007-11-01

Betongindustri (2008), Heidelberg Cement Group, [www.heidelbergcement.com/se/sv/betongindustri](http://www.heidelbergcement.com/se/sv/betongindustri), information hämtad 2008-01-21

Celsa Steel Service (2008), [www.celsa-steelservice.com](http://www.celsa-steelservice.com), information hämtad 2008-01-28

Färdig Betong AB (2008), [www.fardigbetong.se](http://www.fardigbetong.se), information hämtad 2008-01-28

Hallbyggarna Jonsereds (2008), [www.nns-sverige.se](http://www.nns-sverige.se), information hämtad 2008-01-28

Hünnebeck (2008), [www.hunnebeck.se](http://www.hunnebeck.se), information hämtad 2008-01-07

Partab (2007), [www.partab.nu](http://www.partab.nu), information hämtad 2007-12-17



Peri (2008), [www.peri.se](http://www.peri.se), information hämtad 2008-01-07

Swerock (2008), [www.swerock.se](http://www.swerock.se), information hämtad 2008-01-21

Sydsten (2007), [www.sydsten.se](http://www.sydsten.se), information inhämtad 2007-11-01

Tibnor (2007), [www.tibnor.se](http://www.tibnor.se), information hämtad 2007-09-13

# Bilagor

## Bilaga 1: Utdrag ur Activity Sampling för platsgjutna väggar

Datum: 2007-11-16	Direkt	Indirekt arbete	Störningar	Kran	Kommentarer						
	Värdeskapande arbete	Förberedande arbete	Materialhantering	Utställning	Städning	Säkerhetsåtgärder	Stilleståndstid	Ej schemalagd rast	Restid	Missing in action	Produktionslopp
Väder: +2 °C											
Tid: 14.00											
Träarbetare	3										
Betongarbetare	1										
Installatör											
Tid: 14.02											
Träarbetare	2										
Betongarbetare											
Installatör	2										
Tid: 14.04											
Träarbetare	2										
Betongarbetare											
Installatör	2										
Tid: 14.06											
Träarbetare	1	1									
Betongarbetare											
Installatör	2										

## **Bilaga 2: Kostnadsuppföljning av bjälklag och väggar för ett våningsplan**

<b>Bjälklag</b>	<b>Enhet</b>	<b>Typ av yrkesarbetare</b>	<b>Mängd</b>	<b>Material/hyrkostnad (kr)</b>	<b>Varaktighet (mantimmar)</b>	<b>Summa Kostnad (kr)</b>
Stämp och bockrygg	m <sup>2</sup>	Trä	463	13028	16	17828
Plattbärlag	m <sup>2</sup>	Betong	463	104404	9	107104
Valv och avstängare	lpm	Trä	99	8458	8,5	11008
Armering uk inkl. skarvnät	kg	Betong	606	3778	29,5	12628
Armering ök	kg	Betong	1934	12962	40	24962
Rör	-	Rörläggare	-	19510	42	32110
El	-	Elektriker	-	6823	13,5	10873
Ventilation	-	Vent. montör	-	994	8	3394
Gjutning betong	m <sup>3</sup>	Betong/trä	116	134831	30,5	143981
Balkonger	st	Betong	6	81000	6	82800
Balkongstämp/ram	m <sup>2</sup>	Trä	52	13176	1,5	13626
Trappor	st	Betong	1	48000	4	49200
Stålpelare	st	Smed	4	13200	Inkl. i materialkostnad	13200
				460163		522713

<b>Vägg</b>	<b>Enhet</b>	<b>Typ av yrkesarbetare</b>	<b>Mängd</b>	<b>Material/hyreskostnad</b>	<b>Varaktighet (mantimmar)</b>	<b>Summa kostnad</b>
Form	m <sup>2</sup>	Trä	178	16535	105,5	48185
Armering	kg	Betong	2865	26246	38	37646
El	-	Elektriker	-	1476	9,5	4326
Gjutning betong	m <sup>3</sup>	Betong	62	61114	12	64714
						154870

### **Bilaga 3: Sammanställning av BetongBankens tre projekt**

	<b>Flerbostadshus Ängelholm</b>	<b>Flerbostadshus Stockholm</b>	<b>Flerbostadshus Karlstad</b>
Entreprenad form	Totalentreprenad	Totalentreprenad	Generalentreprenad
Hustyp	Lamellhus	Lamellhus	Punkthus
Antal våningar	3-6	5	11
BTA	5 800 m <sup>2</sup>	6 257 m <sup>2</sup>	4 420 m <sup>2</sup>
<b>Stomkostnad netto</b>			
Kostnadsläge 2005	Aug-05: 1460kr	Dec-05: 1220kr	Aug-05: 1285kr
Kostnadsläge 2007	Dec-07: 1657kr	Dec-07: 1372kr	Dec-07: 1458kr
<b>Vägg</b>			
Form	Bostadsform och Luckform	Bostadsform	Bostadsform
Armering	Armeringsnät, ILF samt LL	Armeringsnät samt ILF	Armeringsnät, LL
Betong	C25/30	C32/40	C25/30
Gjutmetod	Kran och bask	Kran och bask	Kran och bask
<b>Bjälklag</b>			
Yta	330 m <sup>2</sup>	520 m <sup>2</sup>	430 m <sup>2</sup>
Form	Slakarmerade plattbärlag	Slakarmerade plattbärlag	Slakarmerade plattbärlag
Armering	ILF samt skarvnät	LL, ILF samt skarvnät	LL samt skarvnät
Betong	C28/35	C35/45	C25/30 – C28/35
Gjutmetod	Kran och bask till 95 %	Betongpump	Betongpump
Förtillverkade element	Balkonger, trappor och stålpelare	Balkonger, trappor, stålpelare och väggskivor	Trappor och stålpelare
Installationer	Ingjutna avlopp samt el	Ingjutna avlopp samt el	Ingjutna avlopp samt el