

Prefabricerade väggelement – metodanalys och tidsstudier



Joakim Antonsson
Magnus Hansson

Avdelningen för Konstruktionsteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet, 2009

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

Prefabricerade väggelement - metodanalys och tidsstudier

Prefabricated elements – method analysis and time studies

Joakim Antonsson
Magnus Hansson

2009

Rapport TVBK-5166
ISSN 0349-4969
ISRN: LUTVDG/TVBK-09/5166+82p

Examensarbete
Handledare: Robert Larsson
Januari 2009

Förord

Denna rapport är skriven vid avdelningen för Konstruktionsteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Rapporten är resultatet av författarnas examensarbete på 30 högskolepoäng vid Väg- och Vattenbyggnadsprogrammet. Idén till examensarbetet är initierad av Tony Petäjä, Entreprenadchef för NCC Construction AB Helsingborg, och berör monteringen av prefabricerade väggelement.

Vi hoppas att arbetet skall ge en inblick i hur tiden utnyttjas vid montage av prefabricerade väggelement. På sikt hoppas vi att rapporten skall kunna användas för att bidra till en effektivare användning av prefabricerade väggelement.

Vi vill rikta ett stort tack till alla som har hjälpt oss och gjort detta examensarbete möjligt. Ett stort tack riktas speciellt till våra handledare Robert Larsson, LTH, och Tony Petäjä, NCC, som har varit ett stort stöd längs hela processen när det gäller hjälp med kontakter till studiebesök och rapportskrivandet. Vi vill även tacka arbetsledningen och all annan arbetspersonal på NCC, Gustavslund som ställt upp i studien. Tack även till Finja Betong AB och Starka Betongindustrier som har tagit emot oss i sina fabriker och ställt upp på intervjuer.

Lund, januari 2009

Joakim Antonsson och Magnus Hansson

Sammanfattning

Dagens byggande av bostäder präglas av ökade krav på kortare byggtider, lägre byggkostnader och en jämn och hög kvalitet. Miljötänkande har också fått en allt högre prioritet. De ökade kraven har medfört olika typer av satsningar på att förbättra material, teknik och metoder för att bygga villor. En tydlig linje i denna utveckling har varit en ökad användning av förtillverkade komponenter och element.

NCC Construction Sverige AB bygger 14 stycken villor och 33 stycken radhus på ett område som heter Gustavslund i Helsingborg. I projektet har man valt att använda Combi-element som är en typ av prefabricerade väggelement. I projektet är montaget av elementen ett viktigt arbetsmoment eftersom många efterföljande arbeten är helt beroende av att betongelementen monterats så som planerat. Avsaknad av tillförlitliga planeringsdata för elementmontaget skapar osäkerheter vid planering av efterföljande arbetsmoment. I det aktuella projektet vill NCC ha hjälp med att ta fram aktuella och tillförlitliga data för montage av Combi-element som kan användas för planering av montaget i återstående villor och radhus.

Syftet med examensarbetet är att dokumentera processen för tillverkning och montering av prefabricerade Combi-element, för att få fram ett detaljerat planeringsunderlag och för att identifiera eventuella förbättringsmöjligheter med avseende på planering av arbetsmoment och hur resurser används. Ett annat syfte är att utvärdera om de analysmetoder som använts i arbetet är lämpliga för att få fram uppgifter om tider och resursutnyttjande.

Fem aktiviteter som ingår i montering av Combi-elementen har studerats i detalj. Insamling av empirisk data har genomförts genom att vid ett flertal tillfällen videofilma dessa aktiviteter i samband med montaget av Combi-element i fyra olika villor. Videoupptagningarna har även kompletterats med intervjuer av berörd personal. Olika analysmetoder har använts för att ta fram detaljerade uppgifter avseende tidsåtgång för olika arbetsmoment och för att kartlägga förekomsten av olika typer av störningar.

I rapporten presenteras en detaljerad bild av tidsåtgång för olika arbetsmoment i samband med montaget av Combi-element för de fyra villorna som studerats. Uppföljningen visar på skillnader mellan villorna avseende tidsåtgång och inslag av störningar. En viss förbättring kan påvisas för den sista monterade villan jämfört med de tre tidigare. Uppföljningen visar även på vikten av att brister i logistiken har en stor inverkan på effektiviteten i elementmontaget.

Baserat på genomförda mätningar och intervjuer ges även förslag på hur framtida elementmontage kan förbättras. Videofilmning ihop med de analysmetoder som använts har visat sig vara användbar i syfte att öka kunskapen om processen och för att ta fram bättre planeringsdata. Metoden är generell och kan användas för alla typer av byggrelaterade processer.

Summary

Today's construction of residential buildings is characterized by demands for shorter construction time, lower construction costs, and higher quality. Decreasing the environmental impact of new buildings has become a highly prioritized issue as well. These growing demands have led to an increased need to improve building materials, techniques, and building methods. As a consequence of these developments, there has been an increased use of prefabricated building components and elements in the construction of residential buildings, especially detached houses.

NCC Construction Sweden AB builds 14 detached houses and 33 terrace houses in Gustavslund, Helsingborg. For this project NCC has chosen Combi-element that is a type of prefabricated concrete elements. The assembly of the concrete elements is an important activity because it affects many other subsequent activities. If reliable planning data of the assembly activity are missing, it causes uncertainties when planning the other activities. Today, NCC is missing updated and reliable data for the assembly of new systems such as Combi-element and needs assistance to collect and compile data so it can be used for planning of remaining residential buildings in the project.

The purpose of this thesis is to document and measure the manufacturing and the erection process of prefabricated Combi-elements in order to get a detailed basis for future planning. This would also support the identification of possible improvements regarding planning of activities and the use of resources. Another purpose is to evaluate if the analysis methods used in this thesis are suitable for creating data about time usage for different activities and the use of resources.

Five activities that are included in the erection of Combi-elements have been studied in detail. Data for these activities was collected by videotaping on-site activities during the erection of Combi-elements for four different detached houses. The videotaping was carried out at different time periods which included interviews with people involved with the erection process. Different analysis methods have been used to gather detailed data about time usage for the five studied activities and for mapping the frequency of different disturbances occurring during erection of the Combi-elements.

A detailed view of the activities and the use of resources in connection with the erection of the Combi-element for the four studied detached houses are described in the report. The follow up shows on differences between the four houses regarding assembly times for each activity and the occurrence of disturbances. A slight improvement can be seen for the latest erected house compared to the three previously erected houses. The follow up also demonstrates that disturbances caused by late deliveries of Combi-elements have a major effect on the efficiency of the erection for the detached houses.

Based on carried out measurements and interviews, the thesis provides some suggestions on how to improve the erections of the elements. The videotaping and the analysis methods have proven to be useful tools in improving the knowledge about the process and the gathering of data. The methods are general and can be used for all types of construction related processes.

Definition av begrepp

<i>Nyckeltal:</i>	Tal, ofta en kvot, som ger komprimerad information om ett företags tillstånd och som på ett överskådligt sätt visar trendutvecklingen och möjliggör enkla jämförelser. Nyckeltal är till för att man ska kunna se hur effektiviteten i en organisation förhåller sig till andra organisationer eller hur effektiviteten utvecklas över tiden.
<i>Process:</i>	Uppsättning av resurser och aktiviteter som är kopplade till varandra och som leder till ett färdigt resultat såsom detaljplan, förfrågningsunderlag och byggnad.
<i>Element:</i>	Förtillverkad enhet med bestämda mått i tre dimensioner som är färdigställda för sin funktion och avsedd att ingå i ett byggnadsverk tillsammans med andra element.
<i>Logistik:</i>	Styrning av varuflöden i tid och rum.
<i>Prefab:</i>	Prefab är en förkortning för prefabricerad, dvs. förtillverkad.
<i>Entreprenör:</i>	Den som åtagit sig en entreprenad.
<i>Sandwichelement:</i>	Oftast prefabricerat byggnadselement sammanbyggt av flera olika material där ytskiktet oftast har som uppgift att vara bärande, skyddande för kärnan som i allmänhet är någon form av isolering.
<i>Projektering:</i>	Process som omvandlar krav till produkttegenskaper. Projekteringen utgör en delprocess i produktbestämningen. Processen kallas ibland designprocessen. Precisering av otydligt formulerade krav ingår även i projekteringen.
<i>Platsbyggd:</i>	Byggprojekt där en betydande del av byggnadsarbetena särskilt stommen utförs på byggplatsen och förtillverkningsgraden är låg. Det kallas ofta traditionellt byggande.
<i>Stämp:</i>	Vertikal stötta som behövs i formbyggnad eller annat tillfälligt stöd.
<i>Sträva:</i>	Snedställt stöd vanligen av trä eller stål.
<i>PSM:</i>	Produktionssäkerhetsmatris.
<i>Volymelement:</i>	Byggnadselement med huvudsaklig utsträckning i tre dimensioner och bestående av bjälklagsdel (-ar) och två eller flera väggdelar som tillsammans omsluter ett utrymme.

Samtliga förklaringar är hämtade från byggnadsekonomis hemsida (*Bekon, 2008*).

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	10
1.1 Bakgrund.....	10
1.2 Syfte.....	10
1.3 Målsättning.....	11
1.4 Avgränsning.....	11
2 Genomförande.....	12
3 Teori.....	14
3.1 Industrialisering av bostadsbyggandet.....	14
3.2 Mätning av aktiviteter.....	16
3.3 Systematisk produktionsanalys.....	19
4 Beskrivning av studerat byggprojekt.....	24
4.1 Allmänt om projektet.....	24
4.2 Beskrivning av produktionsmetod för villa Tinker.....	25
4.3 Beskrivning av företagen NCC och Finja.....	25
5 Prefabricerade element.....	27
5.1 Combi-element.....	27
6 Beskrivning av genomförda mätningar.....	30
6.1 Kartläggning av tillverknings- och montageprocessen.....	30
6.2 Videofilmning av elementmontage.....	30
6.3 Klassificering av arbete.....	32
6.4 Anpassning av produktionssäkerhetsmatris.....	34
7 Beskrivning av tillverkning - och montageprocess.....	36
7.1 Övergripande processbeskrivning.....	36
7.2 Projektering och planering.....	36
7.3 Tillverkning.....	37
7.4 Transport av element.....	38
7.5 Montering.....	38
8 Resultat - mätning av arbetsrelaterade processer.....	43
8.1 Allmänna förutsättningar.....	43
8.2 Metod- och APL-tider.....	43
8.3 Villa 31 och 32.....	45
8.4 Villa 33.....	49
8.5 Villa 34.....	53
8.6 Totalt villa 31 - 34.....	56
8.7 Krananvändning.....	61
8.8 Resultat från produktionssäkerhetsmatris.....	62
9 Analys och diskussion.....	64
9.1 Allmänt om genomförda mätningar.....	64

9.2 Montagetider för Combi-element.....	64
9.3 Kranutnyttjande.....	67
9.4 Inkörningseffekt.....	69
9.5 Produktionssäkerhetsmatris.....	70
9.6 Sammanfattande analys 31-34.....	70
9.7 Rekommendation för effektivt elementmontage.....	71
9.8 Mätningarnas tillförlitlighet och möjliga felkällor.....	71
10 Slutsatser.....	73
11 Referenser.....	74
Bilaga A.....	76

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Dagens bostadsbyggande präglas av ökade krav på kortare byggtider, lägre byggkostnader och en jämn och hög kvalitet. Miljötänkande har också fått en allt högre prioritet. De ökade kraven har medfört olika typer av satsningar på att förbättra material, teknik och metoder för att bygga villor. En tydlig linje i denna utveckling har varit en ökad användning av förtillverkade komponenter och element.

Fördelar med att använda prefabricerade byggnadselement är att byggtiden på arbetsplatsen förkortas och att tillverkning av de olika komponenterna sker i en kontrollerad fabriksmiljö. En ökad användning av prefabricerade komponenter innebär samtidigt att kraven på planering och logistik ökar. Fokus hamnar mindre på problemlösning och mer på planering och samordning av flödet av montörer och komponenter med leveranser just-in-time (*Hyll & Lessing, 2004*).

NCC Construction Sverige AB bygger 14 stycken villor och 33 stycken radhus på ett område som heter Gustavslund i Helsingborg. I projektet har man valt att använda prefabricerade väggelement som bärande fasadelement. I projektet är elementmontaget ett viktigt moment eftersom många efterföljande aktiviteter är helt beroende av att betongelementen monterats enligt plan. Om det saknas tillförlitliga data för att planera montaget skapar det en osäkerhet för planeringen av övriga arbeten.

Systemet har redan använts för åtta stycken villor på området och platsledningen hos NCC upplever att systemet har fungerat bra (*NCC, 2008*). Samtidigt vill man få hjälp med en detaljerad uppföljning av montaget av väggelement och därigenom få fram ett bättre underlag för att planera uppförandet av återstående villor och planerade radhus. Genom en sådan uppföljning hoppas man få en ökad förståelse för hur man bör planera kommande projekt med prefabricerade väggelement för att uppnå en ökad effektivitet på arbetsplatsen.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att dokumentera processen för tillverkning och montering av prefabricerade väggelement för att få fram ett detaljerat planeringsunderlag och för att identifiera eventuella förbättringsmöjligheter avseende planering av arbetet och resurser. Ett annat syfte är att utvärdera om de analysmetoder som använts i arbetet är lämpliga för att få fram uppgifter om tider och resursutnyttjande.

Frågeställningar som berörs i rapporten är

- Vilka arbetsmoment krävs för att montera Combi-element?
- Hur lång tid tar det att montera elementen?
- Hur effektivt utnyttjas montereresurser, t ex montagearbetare och lyftkran?
- Finns det någon inkörningseffekt och vad är orsaken till denna i så fall?
- Hur kan montagearbete förbättras i framtida projekt?
- Är använda metoder lämpliga för att få fram uppgifter om tider och resursanvändning?

1.3 Målsättning

Målsättning är att;

- Ta fram ett detaljerat underlag för tidsplanering av arbete med att montera Combi-element
- Öka kunskapen om hur montagearbetet av Combi-element kan förbättras dels för kommande villabyggen dels för planerade radhus

1.4 Avgränsning

Arbetet avgränsas till att studera montering av Combi-element och tillhörande kompletteringsarbete i fyra stycken villor av typen Tinker. Primärt studeras montagearbetet på byggarbetsplatsen men en avgränsad studie av projekterings- och tillverkningsprocessen kommer också att utföras. I arbetet ingår däremot inte att studera Combi-elementens funktionsmässiga egenskaper.

2 Genomförande

Arbetet har omfattat teoretiska studier av hur processer och dess aktiviteter kartläggs samt vilka mätmetoder som används i byggbranschen. Inhämtning av empirisk data har genomförts genom att vid ett flertal tillfällen videofilma montage av Combi-element. Videoupptagningarna har även kompletterats med intervjuer av berörd personal. En på förhand utvecklad klassificering av olika arbetsmoment användes då videoupptagningarna analyserades och vid sammanställningen av mätdata. Rapporten skrevs mellan juni och december 2008, majoriteten av den insamlade dokumentationen som rapporten bygger på skedde i september-oktober.

Arbetet har i princip följt nedanstående arbetsgång:

1. Litteraturstudier

Genomgång av litteratur som har genomförts kontinuerligt under arbetets gång då behov uppstått. De teoretiska studierna hade dock sin tyngdpunkt under arbetets inledande skede. Bland annat studerades principer för prefabricerat byggande av bostäder samt metoder för att beskriva och mäta processer. En metod för uppföljning av industriell produktion har också studerats.

2. Planering av datainsamling

Arbetet inleddes med att formulera mål för mätningen samt identifiera lämpliga avgränsningar. Detta gjordes genom besök av arbetsplatsen och diskussion med platsledningen hos NCC. Vid detta tillfälle identifierades dessutom vilka personer som skulle bli aktuella att intervjua. Därefter utvecklades en mätmetod anpassad för det aktuella byggprojektet. Konkret bestod detta i att identifiera och klassificera alla aktuella arbetsmoment som avsågs att mätas. Slutligen gjordes även en planering av hur mätningarna med hjälp av en videokamera praktiskt skulle genomföras. I samband med detta utformades även mätprotokoll som komplement till själva videoupptagningen.

3. Datainsamling

Arbetet bestod i att videofilma montagearbetet av Combi-element samt nödvändiga kompletteringsarbeten. Montering av Combi-elementen i fyra olika villor filmades. Dessutom genomfördes intervjuer av yrkesarbetare i samband med montage. I detta skede genomfördes även ett besök hos elementtillverkaren.

4. Sammanställning och analys

Efter avslutat fältarbete påbörjades granskningen av videoupptagningen för att ta fram empirisk mätdata för elementmontaget. De inspelade aktiviteterna studerades och registrerades enligt den fördefinierade klassificeringen. Mätdata studerades för att få ett underlag till att upprätta en PSM-matris. Som stöd för att tolka och analysera resultaten utnyttjades genomförda intervjuer.

5. Slutsatser och rapport

Den avslutande delen bestod i att formulera slutsatser baserade på genomförda mätningar och intervjuer med berörd produktionspersonal samt att dokumentera arbetet i sin helhet.

Rapporten är sedan disponerad enligt följande;

Kap 1. Inledande kapitel med syfte och mål

Kap 2. Beskrivning av hur arbetet har genomförts

Kap 3. Beskrivande teori

Kap 4. Beskrivning av det studerade byggprojektet

Kap 5. Beskrivning av de studerade elementen

Kap 6. Beskrivning av uppföljningsmetoder och hur mätdata utarbetas

Kap 7. Beskrivning av tillverknings- och montageprocess

Kap 8. Resultat av mätningar

Kap 9 Analys och diskussion av resultat

Kap 10. Slutsatser

3 Teori

3.1 Industrialisering av bostadsbyggandet

3.1.1 Utveckling under 1900-talet och situationen idag

Byggandet av bostäder har successivt utvecklats från att vara hantverksbetonat till att bli mer mekaniserat och användningen av prefabricerade komponenter och byggnadselement har då mer och mer ökat. Med prefabricerat byggande avses att tillverkningen av byggnadsdelarna sker på ett annat ställe än det slutliga läget. Elementen tillverkas oftast i en fabrik eller i en provisoriskt uppförd fabrik, ofta i anslutning till byggarbetsplatsen. Idén att använda prefabricerade element är inte ny, redan på 1800-talet fanns idéer att förtillverka hus (*Andersson m.fl. 2004*).

Det som låg till grund för industrialiseringen var införandet av maskiner som hjälpmedel på byggarbetsplatsen. Ett av de första utvecklingsstegen i industrialiseringsprocessen var standardisering av mått för vissa komponenter, t ex träreglar och gipsskivor. Dock är det oftast den enskilda varan som är standardiserad för att sedan kunna ingå i kundanpassade hus (*Adler m.fl. 2005*). Nästa steg i industrialiseringen var att använda hela komponenter eller element för att producera delar av byggnaden (*Hyll & Lessing, 2004*).

Idag används förtillverkade komponenter i både flerbostadshus och småhus. De vanligaste prefabricerade elementen är balkar och pelare som i stor utsträckning används i den bärande stommen. Även förtillverkade väggar, bjälklag och tak används, då är det oftast ytelement (eller planelement) som används, dvs. element med utsträckning i två riktningar. En tredje variant är volymelement där en hel volymenhet är förtillverkad och som innehåller en mer eller mindre komplett lösning, exempelvis ett hus, badrum- eller kök (*Ne, 2006a*). De förtillverkade elementen kan utformas både i trä, stål eller betong eller en kombination av nämnda material. Det blir vanligare att de prefabricerade elementen innehåller installationer av olika slag för t ex ventilation, värme, vatten och el.

När det gäller flerbostadshus används framförallt planelement, förtillverkade pelare och balkar till byggnadens stomsystem och fasad. Förtillverkade komponenter används även för tak, stomkomplettering och inredning. Fortfarande är dock en stor del av arbetet förlagd till byggarbetsplatsen där de förtillverkade delarna monteras ihop.

För småhus är det däremot vanligare att större delen av byggnaden tillverkas i fabrik antingen i form av plan- eller volymelement. I början av 1970-talet var produktionen av småhus ca 35 000 hus per år och ca två tredjedelar av denna småhusproduktion bedrevs i husfabriker där större delen av husen bestod av planelement som i sin tur levererades färdiga till montageplatsen där de sedan monterades till färdiga hus. Husen uppfördes efter givna ritningar och kallades typhus eller kataloghus. Det klart dominerande stommaterialet i de fabriksstillverkade småhusen var trä. Det förekom även småhus med stomme av förtillverkade element av betong eller lättbetong men de var i ringa omfattning. Nybyggnationen av småhus var 2007 ca 12 000 hus per år (*SCB, 2008*). I dag finns det ca 50 stycken företag som levererar trähus, ca 30 stycken företag som levererar timmerhus och ca 15 stycken som levererar stenhus i Sverige (*Villaportalen, 2008*).

3.1.2 Utveckling av industriellt byggande idag

Idag används begreppet industrialiserat och industriellt byggande flitigt, och då särskilt i sammanhanget om hur bostadsbyggandet skall utvecklas och effektiviseras för att skapa ökad lönsamhet och lägre produktionskostnader med bibehållen kvalitet. Industriellt byggande har haft dåligt rykte och förknippats med 70-talets miljonprogram med hårt standardiserade och stereotypa byggnader. Dagens syn på innebörden med industriellt byggande fokuserar mer på standardisering och upprepning av hur husen produceras (processer) snarare än på att standardisera själva slutprodukten (Lessing, 2006b) har identifierat åtta stycken områden som är viktiga att arbeta med för att industrialisera byggandet.

- 1) Planering och kontroll av processer
- 2) Utvecklade tekniska system
- 3) Förtillverkning av byggnadsdelar
- 4) Långsiktiga relationer mellan aktörer
- 5) Logistik integrerat i byggprocessen
- 6) Utvecklat kundfokus
- 7) Utnyttjande av ICT- verktyg
- 8) Systematisk kunskapsåterföring och mätning av prestationer

Dagens syn på industriellt byggande har ett bredare perspektiv än att enbart fokusera på förtillverkning av produkter. Genom att aktiviteter också flyttas uppåt i värde kedjan ställs högre krav på material- och informationsflödet, vilket innebär att logistiken måste vara väl anpassad och fungera bra med hänsyn till verksamheten (Hyll & Lessing, 2004).

Fördelar med prefabricerat byggande är att tillverkning av komponenter och delsystem sker i en kontrollerad miljö vilket också är positivt ur arbetsmiljösynpunkt. En hög grad av förtillverkning innebär också att arbetsplatsen omvandlas till en montageplats där tiden från monteringsstart till väderskyddat hus blir kort vilket möjliggör att efterföljande kompletteringsarbeten och fukt känsliga arbetsmoment kan påbörjas tidigare. Prefabricerat byggande kan även reducera mängden byggavfall på arbetsplatsen. Dessutom minskar behovet av kringutrustning, och temporära anordningar vilket är en fördel, inte bara ekonomiskt, utan också om utrymmet och lagringsmöjligheterna på arbetsplatsen är begränsade vilket ofta är fallet i tätbebyggda områden. En ren byggarbetsplats minskar samtidigt risken för olycksfall.

En nackdel med prefabricerade byggmetoder är att arbetet på byggarbetsplatsen blir beroende av att fabriken levererar i tid samt att transporter fungerar som planerat. Det finns också de som menar att en alltför hög prefabricering resulterar i byggnader som är allt för lika varandra.

Prefabricerat byggande är känsligare för fel vilket innebär att projekteringen måste utföras väldigt noggrant vilket i sig naturligtvis inte är en nackdel. Då fel ändå uppstår blir ofta kostnaden för att åtgärda dessa större jämfört med då traditionella metoder används.

En annan följd av en större användning av prefabricerade element som kan ses som både en nackdel och en fördel är att det krävs ett färre antal arbetare för att montera elementen jämfört vad som krävs vid platsbyggda metoder. Det är positivt ur beställarens synpunkt för kostnaden blir lägre och att det kan vara svårt att få tag på arbetskraft. Nackdelen är att ur ett samhällsperspektiv minskar antalet arbetstillfällen.

3.2 Mätning av aktiviteter

3.2.1 Mäta rätt saker på rätt sätt

Grundläggande för utveckling och förbättring är att ha kunskap om nuläget, dvs. hur bra fungerar det man gör idag och var finns förbättringsmöjligheterna? En förutsättning för att ha denna kunskap är att genomföra kontinuerlig uppföljning av verksamheten.

För att det skall kunna gå att tillverka eller producera något så måste en viss mängd data finnas. Data betyder uppgifter, fakta, siffror och värden som berör det ämne eller produkt som skall produceras. Mängden fakta ger upplysningar om tidigare erfarenheter. Data behövs för att det skall gå att tillverka, planera, kontrollera etc. Om en komplicerad produkt skall produceras så behövs en större mängd data. Desto mer data som finns att tillgå desto större är möjligheten att planeringen blir mer korrekt vilket är en framgångsfaktor för ett lyckat genomförande av projektet (*Byggförbundet, 1972*).

Att mäta innebär inte endast att fastställa kvantitativa värden i form av olika mätdata. Kvantitet, tid och kostnad är de parametrar som är enklast att mäta. De mätdata man får ut från mätningarna är dock inte alltid tillräckligt för att skapa sig en helhetsbild av den undersökta processen eller aktiviteten. Det är viktigt att utföra mätningen på ett sådant sätt att så mycket information som möjligt kan utvinnas. Ofta är det klokt att mäta olika parametrar, t ex tid, kvantitet och kostnad vilket i många fall är starkt sammankopplade.

Det är viktigt att komplettera kvantitativa mätningar med intervjuer eller olika former av enkäter. Intervjuerna eller enkäterna kan vara en värdefull kompletterande information då mätresultat ska tolkas och analyseras. De kompletterande frågorna blir i slutända minst lika viktigt för undersökningens utfall (*Ljungberg & Larsson, 2005*).

Det är viktigt att det finns en anledning till att mätning skall genomföras. Vidare är det viktigt att ha en tydlig bild om vad som skall mätas och hur mätningen skall utföras. Det räcker dock inte att mäta rätt saker, de måste även mätas på rätt sätt. Kan inte mätdata användas för att få ut den avsedda informationen så är mätningen värdelös (*Ljungberg & Larsson, 2005*).

3.2.2 Mätning av byggrelaterade arbeten

I byggbranschen är produkten som tillverkas av formen villor, radhus, flerbostadshus, lägenhetskomples, gallerior, vägar, broar mm. Dessa produkter är oftast mycket komplicerade och kräver en stor och omfattande datamängd för planeringen. I byggprocessen samverkar ett stort antal aktörer som dessutom representerar olika företag med olika särintressen. Alla inblandade behöver information och data för att kunna utföra ett bra arbete. När så många olika parter medverkar i en process är det också viktigt att all information och data är utformad så att alla förstår den och att de "talar samma språk" (*Byggförbundet, 1972*).

I byggprocessen talar man ofta om produktionsdata vilken kan omfatta olika slags information:

- Tekniska uppgifter: Material, mått, vikt, egenskaper
- Kvantifierande uppgifter: Material, mängd, kvalitet
- Beskrivande uppgifter: Byggmetoder, arbetsmetoder

Vid planering av byggprojekt används tid eller kapacitet som planeringsstorhet. Tidsdata anger vanligen den tid det tar att utföra ett visst arbete, t ex personminut per styck eller persontimmar per m² eller per m³. Sådana tidsdata kallas enhetstider och beräknas på följande sätt:

$$\text{Enhetstid} = \frac{\text{använd tid}}{\text{mängdenhet}}$$

Kapacitetsdata är inriktad på mängd och den tid det tar att utföra en viss mängd arbete per tidsenhet, t ex stycken per minut, m² eller m³ per timme, och beräknas på följande sätt:

$$\text{Kapacitet} = \frac{\text{producerad mängd}}{\text{tidsenhet}}$$

Både kapacitet och enhetstider används i kalkyleringprogram så som MAP (*skandinaviska, 2008*), vilket är ett kalkylprogram som används av flera byggföretag. Enhetstid är ett begrepp som används frekvent vid planering och kalkylering av arbete.

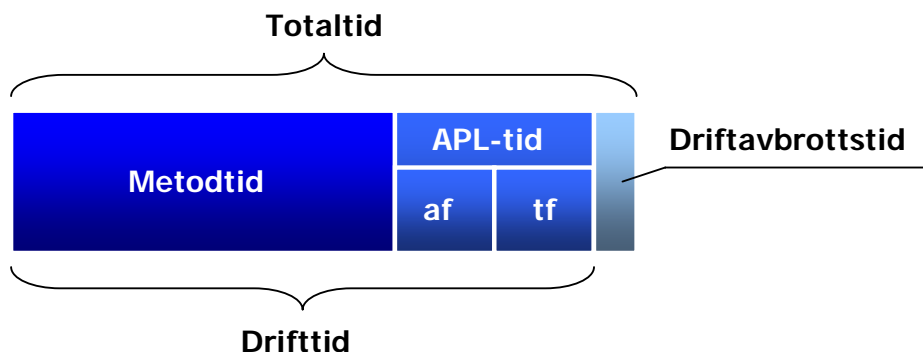
Det är viktigt att utreda vad som menas med ett visst arbete och tiden det tar att utföra detta. Avses ”effektiv” tid eller ingår störningar och väntetid etc.? Är tidsåtgång uttryckt som en timme för en person eller uttryckt som en timme för ett arbetslag på tre personer? (*Byggförbundet, 1972*).

3.2.3 Tidsbegrepp för mätning av byggnadsarbeten

För att undvika misstolkningar om vad som menas med en viss tidsangivelse kan denna anges som persontid, lagtid eller maskintid (*Byggförbundet, 1972*).

- Persontid är den sammanlagda tiden det tar för personerna i ett arbetslag att utföra ett visst arbete.
- Lagtid är den löpande arbetstid då arbetslaget (personer eller personer plus maskiner) utför en viss arbetsinsats.
- Maskintid är den tid som maskinen är bunden till ett visst arbete. Observera att i fråga om maskiner som kontinuerligt kräver förare ingår förarens tid i maskintiden. (*Byggförbundet, 1972*).

Tidfördelningen för ett arbete eller en aktivitet kan brytas ner i mindre delar, se figur 3.1.



Figur 3.1 - Illustration av ett typarbete (*Byggförbundet, 1972*)

Metodtid

Metodtiden avser tiden för direkt produktiva arbetsmoment, t ex förflytta material, spika, bearbeta och montera etc. I metoddiden ingår även tiden för att vänta in varandra i ett arbetslag. Denna tid benämns som metodberoende väntan.

Arbetsplatstillskottstid

Arbetsplatstillskottstid eller APL-tid betecknar den sammanlagda tiden för väntan, hinder, störningar och avbrott som varar högst en timme per gång. APL-tiden kombineras oftast med driftsavbrottstid, som förklaras senare. I APL-tiden ingår tid för arbetsplanering, samtal om arbete och återhämtning. APL-tidens förekomst och storlek varierar med vilken organisation arbetsplatsen har, gångavstånd till arbetsplatsens bodar, störningar i materialförsörjning samt lokala väderförhållanden. APL-tiden delas upp i två olika delar, tidsfrekventa och arbetsfrekventa.

Tidsfrekvent (tf) APL-tid har en viss frekvens per dag eller under en period av dagen, t ex. i samband med iordningställande av arbetsplatsen morgon och kväll.

De arbetsfrekventa (af) APL-tiderna hänger samman med arbetets art: ordergivning, ritningsläsning, väntan på att föregående arbeten avslutas, väntan på materialleveranser, avbrott pga. krånglande maskiner och utrustning.

Driftavbrottstid

Driftavbrottstid är den tid som mäter avbrott i arbetet som överstiger en timme. Om det sker ett avbrott i arbetet som pågår till 90 minuter så betraktas driftsavbrottstiden till 30 minuter medan de resterande 60 minuterna tillhör APL-tiden.

Totaltid

Totaltiden är som namnet antyder den totala tiden för att utföra en aktivitet eller ett arbete. Tiden innefattar såväl metoddid, APL-tid och driftavbrottstid.

Drifttid

Drifttid avser tid för att utföra ett arbete med avdrag för driftsavbrott. Drifttiden består då av metodtid och APL-tid.

Arbetsplatskoefficient

Då man anger produktionsdata är det ofta praktiskt att uttrycka APL-tiden som procent av drifttiden. Om drifttiden är 90 timmar och ingående APL-tid är 30 timmar så är arbetsplatskoefficienten 33 % (*Byggförbundet, 1972*).

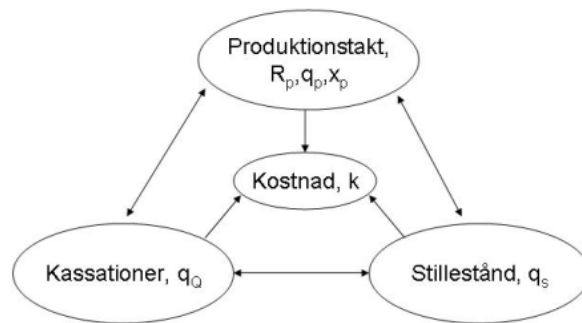
3.2.4 Inkörningseffekt

Det är allmänt känt att om en person utför samma arbetsmoment upprepade gånger kommer tidsåtgången att minska successivt i takt med antalet utförda repetitioner. När en person utför samma arbetsmoment vid upprepade tillfällen, t ex montering av prefabricerade element, kommer sannolikt montaget av det första elementet ta längre tid än för det tionde elementet förutsatt att de externa förhållandena är likartade. Den successiva förbättringen är ett resultat av att individen utvecklar en förståelse för hur arbetet kan förbättras till nästa gång. En förutsättning att denna utveckling ska fortgå är att kontinuerligt utvärdera och se på vad som har gått bra, vad som gått dåligt och vilka förbättringar som kan göras (*Byggförbundet, 1972*). Hur stor förbättringen blir beror bl.a. på arbetets komplexitet och på individuell skicklighet. Samtidigt finns det alltid en undre gräns där ytterligare förbättring inte är praktiskt möjligt utan att göra radikala förändringar i metoden. Förbättringen följer ofta en icke-linjär kurva som ofta benämns inkörnings- eller upplärningskurva. I samband med kalkylering är det viktigt att ha denna kunskap. Särskilt viktigt är det i de fall man skall lämna en offert på ett arbete, och man vet att inlärningsfaktorn kan påverka tidsåtgången för arbetet (*Byggförbundet, 1972*).

3.3 Systematisk produktionsanalys

3.3.1 Produktionssäkerhet

Systematisk produktionsanalys (SPA) utgör basen för beslut kring förändringar och utveckling av produktionssystem i industriell tillverkning (Ståhl, 2007). En SPA beskriver verkliga produktionsförhållanden och utgör ett beräkningsunderlag för att bl.a. bestämma olika förluster i produktionssystemet. Resultaten av all industriell varuproduktion kan beskrivas med hjälp av resultatparametrarna kassationer, stillestånd och produktionstaktsförluster. Figur 3.2 visar sambandet mellan produktionstakt, kassationer, stillestånd och tillverkningskostnaden.



Figur 3.2 - Samband mellan produktionstakt, kvalitetsstörningar och stillestånd

En ökad produktionstakt bidrar till ökade kostnader för otillfredsställande kvalitet samtidigt som stillestånd erhålles p.g.a. störningar. Dessa tre parametrar kan även direkt beskrivas med ett produktionssäkerhetsbegrepp:

- **Rätt kvalitet** – avseende primärt objektets dimension, egenskaper och material
- **Rätt tid** – objektet skall vara färdigställt vid planerad tidpunkt
- **Rätt tillverkningskostnad** – objektet skall vara tillverkad till högst den kalkylerade kostnaden.

3.3.2 Resultatparametrar och faktorgrupper

Resultatet från en förädlingsstation eller ett produktionsavsnitt kan beskrivas med hjälp av ett antal resultatparametrar. Dessa resultatparametrar delas in i de tre huvudgrupperna, (*Ståhl, 2007*):

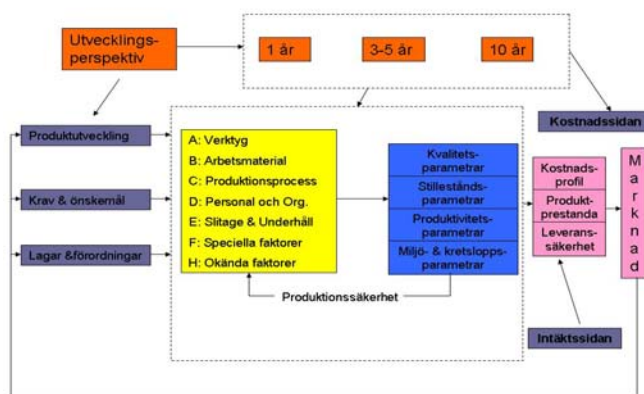
- **Kvalitetsparametrar (Q- parametrar).** Då detaljer monteras eller sammanfogas är det vanligt att ett funktionskrav (geometri, material, yta etc.) måste uppfyllas. I dessa fall räcker det inte med att en enskild detalj är korrekt utan dessa måste sättas samman på ett korrekt sätt för att funktionskravet skall vara uppfyllt.
- **Stilleståndparametrar (S- parametrar).** Stillestånd uppkommer p.g.a. en yttre eller inre störning som leder till ett produktionsstopp, t.ex. väderförhållande. Stillestånd kan delas in i planerade och oplanerade stopp. Planerade stopp kan t.ex. vara underhållsarbeten och medför normalt inga negativa konsekvenser. De oplanerade stoppen däremot som t.ex. uteblivna leveranser och yttre väderförhållanden kan däremot få mer negativa konsekvenser.
- **Takt- eller produktionshastighetsparametrar (P- parametrar).** Parametrar som direkt uttrycker eller beskriver t ex avverkad volym per tidsenhet

I dag får även miljö- och återvinningsfrågor en allt större aktualitet. I samband med att en produkts miljöbelastning bedöms måste hela produkten värderas ur ett livscykelperspektiv. Det är då viktigt att inte bara bedöma de ingående materialen hos produkten utan även beakta de verktyg och utrustning som används vid färdigställandet av produkten. Med detta som bakgrund har resultatparametrarna kompletterats med miljö- och kretsloppparametrar (MK-parameter), för att ge en heltäckande bild över produktionsresultatet och dess effekter.

Faktorgrupper beskriver och styr inflyttandet på produktionssäkerheten och tillverkningsmetodens resultatparametrar. Faktorgrupperna delas normalt in i sju grupper (A-G). Inom respektive faktorgrupp finns ett stort antal enskilda faktorer som påverkar produktionssäkerheten. De sju faktorgrupperna är följande:

- A. Verktyg** – Ytrelaterade faktorer (ytkaraktär etc.). Geometrirelaterade faktorer (makro- och mikrogeometri). Materialrelaterade faktorer (hårdhet, seghet etc.)
- B. Arbetsmaterial och ämne** – Geometrirelaterade faktorer (styvhet, värmekapacitet etc.). Ytrelaterade faktorer (kemi, struktur, hårdhet etc.). Materialrelaterade faktorer (skärbarhet, plastisk etc.).
- C. Förädlingsprocess** – Utrustningsrelaterade faktorer (styvhet, dämpning etc.). Processtillsatser (tillsatsmedel etc.).
- D. Personal- och organisation** – Handhavande, instruktioner och åtgärdsplaner. Arbetsformer, ansvar och befogenheter etc.
- E. Slitage och underhåll** – Verktygsrelaterade, process- och utrustningsrelaterade faktorer. Planerat underhåll och akut underhåll.
- F. Speciella processbeteenden** – Varje förädlingsprocess har unika uppträdanden, t.ex. stänk vid svetsning etc.
- G. Kringutrustning** – Materialhanteringsutrustning.
(Ståhl, 2007)

Grupperna A-D kan ses som indata till produktionssystemet medan grupperna E-F är konsekvenser av den löpande produktionen. Kopplingen mellan faktorgrupperna till produktionssäkerhet och resultatparametrarna i ett större industriellt sammanhang illustreras i figur 3.3



Figur 3.3 - Samband mellan faktorgrupperna A-G och produktionssystemets Resultatparametrar (Ståhl, 2007)

3.3.3 Produktionssäkerhetsmatris

Ett verktyg för att utföra en systematisk produktionsanalys är produktionssäkerhetsmatrisen, PSM, som knyter samman styrande faktorer med produktionsresultatet.

När resultatparametrarna kombineras med faktorgrupperna och dess enskilda faktorer kan ett samband erhållas. I figur 3.4 erhålls ett samband där faktorerna bildar förstakolumn medan resultatparametrarna bildar första rad. Denna matris kallas för en Produktionssäkerhetsmatris eller PSM.

Om de horisontella raderna summeras ger detta en tid för en given faktor eller faktorgrupp. En vertikal summering ger i sin tur tiden för en given slutparameter i form av kassation. Tiderna används sedan för att räkna fram eventuella kostnader. Precisionen i registreringen av tider mot en given faktor eller faktorgrupp kräver stor erfarenhet och kompetens.

Faktorgrupper A-G och H	Resultatparametrar				Σ Fakto- rer
	Kvalitets- parametrar Q	Stillestånd- parametrar S	Produktions- taktparam. P	Miljö- och Kretslopps- param. MK	
A. Verktyg					
B. Arbetsmaterial					
C. Process					
D. Personal och org.					
E. Slitage & underhåll	→				
F. Speciella faktorer					
G. Kringutrustning					
H. Okända faktorer					
Σ Resultatparametrar	→	↓	→	→	↓

Figur 3.4 - Produktionssäkerhetsmatrisens principiella uppbyggnad (Ståhl, 2007, s.143)

De primära användningsområdena för PSM är, (Ståhl, 2007):

- För att finna de områden som måste förbättras görs en uppföljning av den löpande produktionen, dvs. underlag för förbättringsarbeten.
- Utgöra underlag för framtida uppbyggnad av nya produktionssystem. Detta förutsätter att viss tidigare uppföljning har gjorts enligt PSM.
- Bedömning av konsekvenserna av val av verktygsmaterial, arbetsmaterial, process- och maskinutrustning, processdata etc.
- Utgöra underlag för ett strukturerat synsätt för dokumentation av erfarenheter och kompetens

För att på bästa sätt få en produktionsuppföljning med efterföljande åtgärder kan följande steg följas, (Ståhl, 2007):

1. Identifiering av de resultatparametrar som är kritiska för detaljens funktion och produktionsförutsättningar.
2. Identifiering av påverkande faktorer under respektive faktorgrupper.

3. Identifiering av möjliga samband mellan resultatparametrar och faktorer.
4. Prioritering av samband mellan resultatparametrar och faktorer.
5. Styrande faktorer identifieras och en produktionsuppföljning där händelser knutna till resultatparametrarna registreras.
6. Analys och beredning av insamlad data.
7. En åtgärdsplan utarbetas för att utifrån registrerade händelser och samband optimera och förändra aktuellt produktionsavsnitt.
8. Implementering av hela eller delar av den föreslagna åtgärdsplanen efter beslutet baserat på en tillverkningsekonomisk analys.
9. Följa upp och utvärdera implementerade åtgärder.

3.3.4 Insamling av data för produktionsanalys

Produktionssäkerhetsmatrisen, PSM används för att sortera och strukturera information vid en produktionsanalys. Det väsentliga som erhålles ur en PSM är störningsorsakerna som leder till kassationer, stillestånd och produktionstaktsförluster. Några vanliga problem vid insamlings- och uppföljningssystem är, (*Ståhl, 2007*):

- **Dålig informationsupplösning** – Ofta är koderna för vaga, det finns t.ex. bara elfel, maskinfel etc.
- **Bristfällig användning av insamlad information** – Den insamlade informationen används inte på det bästa sättet ofta p.g.a. tidsbrist och att det är väldigt komplicerat att plocka fram all relevant information. Detta får sedan följdproblem genom att informationen inte används eller efterfrågas så upplevs det inte som någon noterbar störning.
- **Systemen har låg flexibilitet** – Operatörens begränsade möjlighet att beskriva och återge problem då det är svårt att strukturera informationen.
- **Dålig anpassning till aktuell applikation** – Systemet kan vara felaktigt uppbyggt, eller ha vag koppling till den verklighet som maskinen och operatören finns i eller så har problemet byggts upp under lång tid vilket bildar långa kedjor.
- **Bristande sambandsidentifiering** – Systemet kan inte direkt koppla orsak till verkan, d.v.s. systemet knyter inte samman enskilda faktorer med resultatparametrarna. I och med att det inte finns någon direkt koppling går viktig information förlorad.

3.3.5 Enstyckstillverkning kontra masstillverkning

Då detta system oftast tillämpas på industriell produktion är det viktigt att inse skillnaderna med att tillämpa detta för serietillverkning jämfört med enstyckstillverkning vilket är mer aktuellt för husbygget. En stor skillnad jämfört med industriell produktion är att vid enstyckstillverkning erhålls ofta långa inställnings- och hanteringstider i förhållande till andelen produktivt arbete. En industriell produktion präglas av mindre inverkan av externa faktorer och att produktionen möjliggör att problem kan åtgärdas mer systematiskt. Då arbetsmomenten för enstyckstillverkning oftast varierar från produkt till produkt samt många olika tillverknings sätt behövs det lång tid för att få fram tillförlitliga produktionsdata samtidigt som det är svårt att ha ett automatiskt system för informationsinsamling. Samtidigt varierar materialet och produkterna kontinuerligt vilket försvårar analysen av störningarna. Det kan även vara svårt att i efterhand knyta rätt produkter till rätt störning (*Ståhl, 2007*).

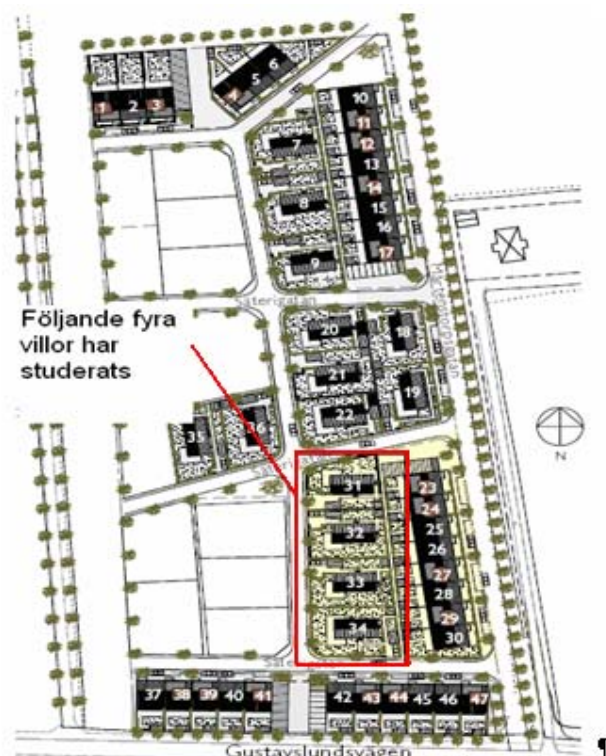
4 Beskrivning av studerat byggprojekt

4.1 Allmänt om projektet

Det studerade byggprojektet är en ny del av bostadsområdet Gustavslund som är beläget i Helsingborg. I den nya delen av området som kallas nya Gustavslund är det planerat att byggas närmare 300 nya bostäder. I en del av detta område bygger NCC Boende 47 bostäder som vid färdigställandet kommer att bestå av 14 villor samt 33 radhuslägenheter med tillhörande carportar, förråd samt sophus (NCC, 2008).

Rapporten är avgränsad till att studera montage av Combi-element med tillhörande aktiviteter för fyra av villorna vilka har produktnamnet Tinker. Initialt var även planen att studera montagearbetet för elva stycken radhuslägenheter där Combi- och sandwichelement samt prefabricerade plattbjälklag skulle användas. Men då byggstarten av dessa försenades utgick denna del från arbetet pga. tidsmässiga skäl.

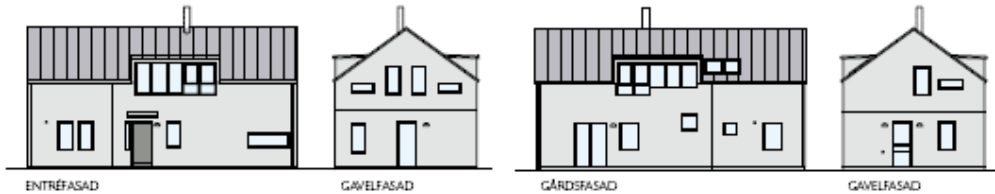
NCC Construction hade när rapporten påbörjades uppfört samtliga stommar för radhuslägenheter 1-6, 10-17 och 23-30 samt stomsystemet för villor 7-9 och 18-22, se figur 4.1. Mätningar har genomförts på villorna 31-34 som är de sista villorna som uppförs innan ett byggstopp träder ikraft på grund av en minskad efterfrågan (Thomasson, 2008).



Figur 4.1 - Situationsplan över de 47 stycken bostäderna som NCC Construction uppför i området nya Gustavslund (NCC, 2008)

4.2 Beskrivning av produktionsmetod för villa Tinker

De objekt som studeras i arbetet är en och en halvplans villor av typen Tinker, figur 4.2. Totalt byggs 14 villor men av tidsmässiga skäl kan endast fyra av dessa studeras. Villorna är identiska avseende byggt teknik och planlösning med undantag för att vissa är spegelvända. Grundplattan hos villorna är ca 90 m² och den totala bostadsytan är 145 m².



Figur 4.2 - Villa Tinker (NCC, 2008)

Grundkonstruktionen består av en armerad isolerad betongplatta på mark. Mellanbjälklaget består av ett träbjälklag med spånskiva och gips samt stegljudsisolering. Taket är uppbyggt från insidan med gips, fuktspärr och isolering som ligger mellan takstolarna. På utsidan av takstolarna ligger skikt av board, papp och slutligen tegelpannor. Ytterväggarna vilka består av prefabricerade Combi-element är bärande.

4.3 Beskrivning av företagen NCC och Finja

Eftersom studien är avgränsad till att studera montaget av Combi-elementen är det i första hand NCC Construction Sverige AB som är huvudentreprenör och elementleverantören Finja Betong AB som involveras i arbetet. Nedan följer en kort presentation av de två företagen.

4.3.1 Entreprenör NCC Construction Sverige AB

NCC är ett av nordens ledande byggföretag med ca 21 000 anställda och en omsättning på 58 Mdr SEK. Förutom Sverige är även NCC verksam i övriga nordiska länder, Baltikum och Tyskland. Idag är NCC Sverige uppdelat i affärsområdena Construction, Property Development och NCC Roads. NCC Construction bygger bostäder, kontor, industrilokaler, anläggningar och infrastrukturer, NCC Property Development utvecklar och säljer kommersiella fastigheter i Norden. NCC Roads kärnaffär är krossprodukter, asfalt, beläggningsarbete och vägservice (NCC, 2008).

4.3.2 Elementtillverkare Finja Betong AB

AB Finja betong är ett familjeföretag som grundades 1957 och hade då endast tre stycken anställda och en omsättning på ca 300 000 kr. Nu 50 år senare är Finja ett mångmiljonföretag som har försäljning och tillverkning på 14 olika ställen runt om i Sverige med totalt 330 anställda och 700 miljoner sek i omsättning. Finja är uppdelat i fyra olika avdelningar Finja Betong, Finja Prefab, Finja Cellplast och Finja BEMIX. Varje avdelning är specialiserad respektive område (*Finja, 2008*). Tillverkning av Combi-element som berörs i rapporten faller under avdelningen Finja Prefab. Där gjordes ett studiebesök i en av deras fabriker för att skapa en större förståelse hur tillverkningsprocessen såg ut.

5 Prefabricerade element

5.1 Allmänt om processen

Planering

Prefabricering jämfört med en platsbyggd metod ställer större krav på att projekteringen är noga genomtänkt eftersom brister eller fel gjorda under projekteringen och som inte upptäcks förrän på arbetsplatsen kan bli mycket kostsamma att åtgärda. Vid upphandling av betongelement är det viktigt att i planeringen ta hänsyn till leveranstider och transportavstånd från fabrik till arbetsplats. Förutom betongelement måste även kran och montagearbetare beställas. Det är alltså många olika resurser som måste koordineras för att få ett optimalt montage och därför blir förarbetet viktigt.

Tillverkning

Tillverkningen av prefabricerade element sker inomhus i en skyddad miljö där möjligheterna att kontrollera processen och styra kvaliteten är goda. Armering av betongelementen utförs i fabriken vilket ger goda möjligheter att kontrollera järnens placering och täckande betongskikt (*Svensson, 2008*).

Transport

Möjligheten att transportera betongelement kan vara en begränsande faktor. På landsväg är fordonstransporter upp till 24 meter tillåtna. Element med storleken 3 x 2.6 meter är normalt inga problem att transportera (*Bygga med Prefab, 2008*). Det finns möjlighet att transportera element som är större men då krävs specialtillstånd. Betongelementets vikt är dessutom en viktig faktor när det gäller transport, hantering och lyft på arbetsplatsen.

Montage

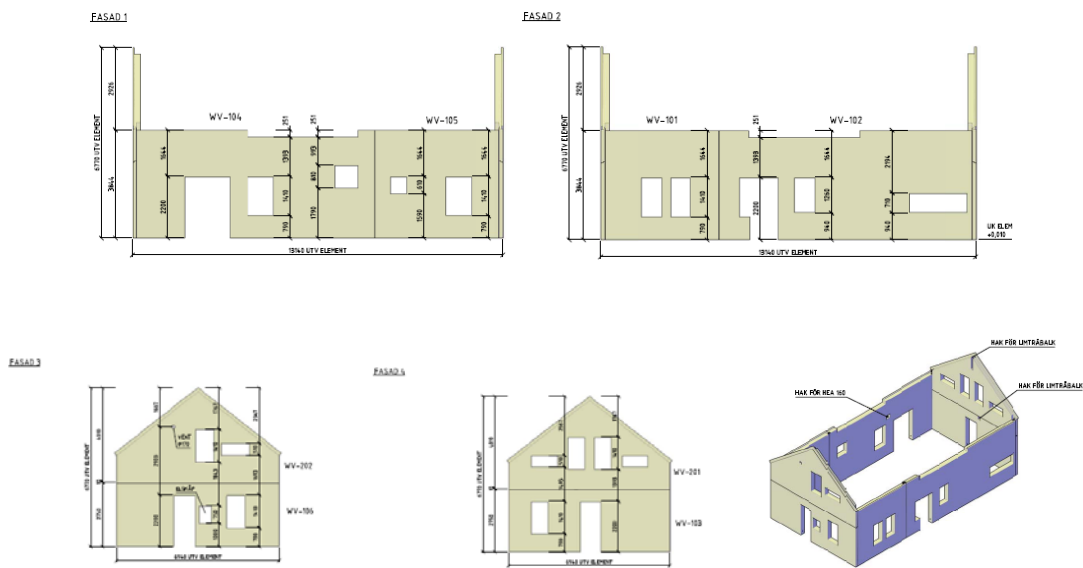
Oftast när man använder sig av prefabricerade delar eller enheter så kombineras dessa med platsbyggda enheter. För att kunna kombinera dessa två byggmetoder behövs olika fäst- och monteringsanordningar som t ex ingjutna stålplåtar för att kunna svetsa samman elementen. Vidare behövs ingjutna lyftok för att lyfta elementen på ett enkelt och säkert sätt. För att förankra elementen används i vissa fall dubb och då måste betongelementen vara försedda med förborrade hål.

Prefabricerade väggelement kräver både ett visst förarbete och efter att elementen är monterade, vissa efterarbeten. Innan väggelementen kan monteras på en betongplatta måste den gjutna plattan förberedas med dubbhål som elementen kan fixeras kring. På arbetsplatsen monteras även kompletterande armering som kopplar samman elementen som säkerhet mot fortskridande ras (*Engström, 2004*). Efter att väggelementen monterats är det nödvändigt att täta elementskarvarna med hjälp av någon typ av fog. Eftersom fogarna blir synliga bör dessa utformas i samverkan mellan arkitekt och elementkonstruktör.

5.2 Combi-element

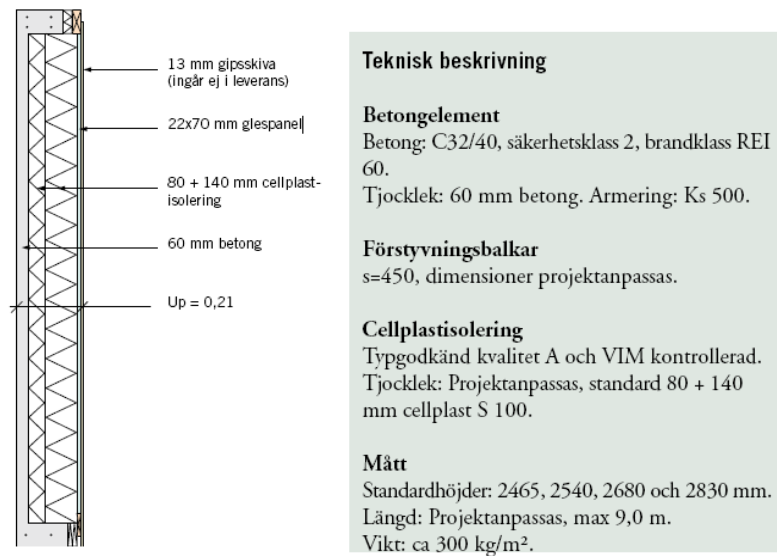
Finja erbjuder bland annat skräddarsydda fasader som levereras homogena eller som sandwichkonstruktioner. Ett av dessa system är Combi-element. Väggelementen tillverkas inomhus i fabrik och är på så sätt oberoende av årstid. Vid tillverkning genomförs kontinuerliga och noggranna kvalitetskontroller som i slutet skall säkra en god produkt som uppfyller de krav som beställaren ställt. Finja marknadsför sina väggelement som de mest hållbara och slitstarka fasadsystemen på marknaden med oändliga möjligheter (Finja, 2008).

Finja har en kollektion som de kallar Finja stilhus. De finns i ett antal grundmodeller men de kan ändras och nya kan utvecklas efter kundspecifika önskemål. De villorna som uppförs av NCC i Helsingborg består av åtta Combi-element och är av typen Tinker, figur 5.1.



Figur 5.1 - Visar element uppdelning av villa Tinker

Elementen som används i Gustavslund består utvändigt av en 60 mm tjock betongskiva. Betongytan kan fås i olika varianter anpassat efter önskemål om struktur. Innanför betongen är det två lager cellplast på 80 respektive 140 mm. Lösningen att ha två skikt med isolering minimerar köldbryggor och säkrar för låga energikostnader. Innanför cellplasten finns en glespanel av träreglar vilken skapar utrymme för installationsdragnings. Efter att elementet är monterat kompletteras väggen med elinstallationer och slutligen täcks insidan med en gipsskiva. I figur 5.2 redovisas en principiell uppbyggnad av Combi-elementen. Till Gustavslund levereras elementen utan monterade dörrar och fönster, men det går att beställa.



Figur 5.2 - Teknisk beskrivning av Combi- element (*Finja, 2008*)

6 Beskrivning av genomförda mätningar

6.1 Kartläggning av tillverknings- och montageprocessen

För att kartlägga ingående aktiviteter i tillverknings- och montageprocessen gjordes besök hos elementtillverkarens fabrik samt besök på arbetsplatsen. Syftet med att kartlägga tillverkningsprocessen var att öka förståelsen för elementtillverkarens interna process och produktionssystemets begränsningar vilket styr t ex elementens flexibilitet avseende utformning och leverans. Vid besöket i elementfabriken studerades de olika stegen i tillverkningsprocessen samt att ansvarig produktionschef/ elementansvarig intervjuades.

Kartläggning av montageprocessen, som är i fokus för detta arbete, gjordes också genom besök på arbetsplatsen där en dialog kontinuerligt fördes med plastchef och arbetsledare samt yrkesarbetare. Tidsplaner för projektet studerades också för att få en känsla för montageordning och tidsåtgång. Utifrån detta erhöles en god bild över processen och vilken information som behövdes och vilka aktiviteter som var av intresse för studien. De aktiviteter som valdes ut att senare videofilmas studerades i detalj där varje enskilt arbetsmoment identifierades och klassificerades, se avsnitt 6.3. Klassificeringen av dessa aktiviteter låg sedan till grund för sammanställning och analys av videomaterialet.

6.2 Videofilmning av elementmontage

6.2.1 Beskrivning av genomförda videoupptagningar

Arbetet med att montera Combi-element i fyra villor (villa 31-34) dokumenterades med hjälp av videokamera, se figur 6.1. Förest filmades monteringen av villa 31 och 32, därefter villa 33 och till sist villa 34. Fem aktiviteter identifierades som intressanta att filma.

- **Aktivitet 1 Dubbhål:** Utsättning och borring av dubbhål
- **Aktivitet 2 Montage:** Montage av 8 stycken element
- **Aktivitet 3 Montagekomplettering:** Svetsning, ihopgjutning, slipning, skumning
- **Aktivitet 4 Efterlagning:** Lagning och finjustering av element
- **Aktivitet 5 Fogning:** Fogning av skarv utvändigt

Aktiviteterna har sedan ytterligare brutits ner i detalj på olika typer av arbetsmoment för att analysera hur tiden fördelas mellan dessa. En beskrivning av hur denna nedbrytning har gjorts redovisas i avsnitt 6.3.

Filmning av arbetet för de fyra villorna gjordes vid åtta separata tillfällen under augusti och september månad samt ett par kompletterande mätningar i oktober-november. För att få en så bra översikt över montaget som möjligt har kameran placerats på radhustaket, se figur 6.1. Kameraplaceringen är utmärkt med kryss i figuren.



Figur 6.1 - Placering av kamera under mätning

Mätning nummer ett bestod av filmning av utsättning och borring av dubbhål för Combi-elementen i villa 31 och 32. Andra mätningen bestod av filmning av montage av Combi-elementen för villa 31 och 32. Samtidigt som elementen monterades för villa 31 och 32, pågick utsättning och borring av dubbhål för villa 33 och 32. Eftersom det inte var praktiskt möjligt att filma båda aktiviteterna beslutades att prioritera filmning av elementmontaget eftersom detta var viktigare att studera för arbetets skull. Den tredje mätningen bestod av videofilmning av efterlagningsarbetet i villa 31 och. Montaget för villa 31 och 32 genomfördes på samma dag medan montaget för villa 33 och 34 genomfördes vid två separata tillfällen. Orsaken till detta var att leverantören inte kunde leverera element för att montera båda villorna under en och samma dag. Den fjärde och femte videoupptagningen av elementmontaget för villa 33 respektive villa 34. Både montaget och efterlagning genomfördes i detta fall under en och samma dag. Mätning 6 och 7 bestod av fogning i vertikalled för de olika villorna. I tabell 6.1 nedan visas en sammanställning av mättillfällena och vilka aktiviteter som filmats vid respektive tillfälle.

Tabell 6.1 - Genomförda mätningar

Mätning/filmning nr	Villa nr	Aktivitet	Genomfört datum
1	31,32	A1	08-08-28
2	31,32	A2,A3	08-09-01
3	31,32	A3,A4	08-09-02
4	33	A2,A3,A4	08-09-15
5	34	A2,A3,A4	08-09-22
6	31,32,33,34	A5	08-10-28
7	31,32,33,34	A5	08-10-30

6.2.2 Granskning och sammanställning av videomaterial

Efter avslutad filmning granskades videomaterialet där pågående arbete registrerades med ett visst intervall. För montagearbetet registrerades pågående arbete med två minuters intervall. För borring av dubbhål gjordes observationer varje minut. Montagekomplettering, efterlagning och fogning gjordes med två minuters intervall. Varför olika intervall används var för att aktivitet 1- dubbhål sträckte sig under en kortare period.

Från videofilmerna har även krananvändningen för de olika montagen analyseras samt hur väl de förbestämda leveranstiderna stämmer överrens med montage takten. Observation av kranaktiviteten gjordes med två minuters intervall.

För att bestämma montagetider för varje element har den exakta start- och sluttiden från videomaterialet använts. Följande nedbrytning av deloperationer kopplat till elementmontaget har använts för ändamålet:

1. Undergjutning av element: Tiden det tar att undergjuta varje element
2. Stämpmontering: Tiden det tar att montera stämp för varje element
3. Justering: Tiden som behövs för att justera in elementen i höjddled och vertikalled efter placering på betongplattan.
4. Start av lyft till nedsättning: Tiden från att lyft av element påbörjas tills det att elementet är sätts ned på betongplattan
5. Totaltid: Tiden från start av undergjutning eller lyft av element tills det att justeringen av element är klar.

Vid undersökningen av effektiviteten hos montagelaget har olika videomaterialet granskats och varannan minut har montörernas aktivitet noterats enligt följande kategorisering:

- Aktivt arbete: avser att montören är aktiv och utför någon form av arbete, direkt eller indirekt, vilket även inkluderar flytt av material och utrustning, ritningsläsning etc.
- Inaktiv: Avser den tiden där montören inte utför något synbart arbete. Detta är alltså lika med outnyttjad tid.
- Rast: Schemalagd rast, frukost 30 min, lunch 30 min.

6.3 Klassificering av arbete

För att undersöka hur tiden fördelas på olika typer av arbetsmoment användes följande nedbrytning av de fem studerade aktiviteterna.

Aktivitet 1: Dubbhål

Direktarbete

- utsättning
- borring

Indirekt arbete (inkl. materialhantering)

- flytt av dubb- material, maskiner etc.
- Instruktioner, läsning av ritning

Aktivitet 2: Montage Combi- element

Direktarbete

- undergjutning
- montering element
- lyft av element
- montering stämp
- justering av element

Indirekt arbete

- cementblandning
- utsättning av höjder
- komplettering i element
- borttagning av stämp i dörröppningar
- materialhantering
- Instruktioner, läsning av ritning

Aktivitet 3: Montagekomplettering

Direktarbete

- svetsning
- gjutning mellan element
- skumning skarvar insida
- vinkelslipning ovansida av element

Indirekt arbete (inkl. materialhantering)

- materialhantering
- cementblandning

Aktivitet 4: Efterlagning

Direktarbete

- finjustering och efterlagning av monterade element

Indirekt arbete (inkl. materialhantering)

- materialhantering
- cementblandning

Aktivitet 5: Fogning

Direktarbete

- fogning

Indirekt arbete

- Ändring av ställning och stege
- Bortplockning och ditmontering av stuprör

Definition som gäller samtliga aktiviteter

Instruktioner

- Instruktioner från egen arbetsledning eller från NCCs arbetsledning

Verktygshantering

- Rengöring, lagning och ändring av verktyg

Outnyttjad tid

- Inget direkt eller indirekt arbete utförs, vänta på leverans, väntan på lag, överskridande av rast

Material hämtning

- Framplockning samt undan plockning av material

Rast

- Rast enligt avtal 30 min frukost, 30 min lunch

Fel- och omarbete

- Ändringar pga. fel arbete

I många tabeller och figurer i rapporten visar om och när montagearbetare är aktiva eller inaktiva. Med aktivt arbete menas när någon utför ett arbete antingen direkt eller indirekt arbete som förklaras ovan, är montagearbetarna inaktivt menas att inget arbete alls utförs alltså outnyttjad tid.

Krananvändning

Observationerna är gjorda i samband med elementmontaget av villorna 31-34. Kranens aktivitet har enbart registrerats utifrån om den varit aktiv eller inaktiv. Ingen ytterligare nedbrytning av kranens olika arbetsmoment har således gjorts. Definitionen för aktiv kran innebär att kranen skall vara på väg att lyfta element, lyfta element, vara kopplad till ett element som står på marken eller vara i rörelse för att hämta ett element. Definitionen för inaktiv kran är att den är i vila och inte utför något arbete, dvs. inte är kopplad till ett element.

6.4 Anpassning av produktionssäkerhetsmatris

Produktionssäkerhetsmatris (PSM) är ett sätt att följa upp ett produktionssystem avseende förekomsten av olika avbrott (planerade eller oplanerade), vars orsak kan härledas till olika typer av faktorer, t ex själva materialet, kringutrustningen eller organisationen. Metodiken används inom tillverkningsindustrin. Inom tillverkningsindustrin är produktionen knuten till en fast produktionsutrustning där själva produkten flödar från station till station. Byggproduktion innebär oftast att själva produkten, t ex en byggnad, är fast medan produktionssystemet (arbetskraft, maskiner, material) är mobil och förflyttas allt eftersom byggnaden växer fram. Det är därför svårt att direkt överföra en uppföljningsmetod utvecklad inom tillverkningsindustrin till byggbranschen. Vi har därför anpassad metoden för att kunna användas för uppföljning av elementmontaget. De faktorer som räknas som avbrott är enligt nedan:

Oplanerade stillestånd:

- **Väntan på leverans:** När montaget inte kan fortgå pga. att leveranser är försenade
- **Instruktioner från arbetsledning:** När arbetsledare från NCC kommer med instruktioner som inte är inplanerade
- **Ändring i element på plats:** När det t ex måste sågas i elementen för att de skall passa in på de ingjutna installationerna i plattan
- **Felplacerade element:** När ett element sätts på fel plats
- **Okända faktorer:** Under denna kategori faller den utnyttjade tiden samt de tillfällen där montagearbetarna inte syns i videon

Planerade stillestånd:

- **Materialhämtning:** När montagearbetarna måste flytta material från olika platser där montagen sker
- **Efterlagningar:** Efterlagningar efter ytdefekter som uppkommit vid transport eller montaget
- **Utsättning av plattor:** Eftersom betongplattan har ojämnheter måste ofta detta justeras genom att placera ut plattor för att jämna ut höjden
- **Cementblandning:** När cement blandas för att användas för undergjutning och hoppgjutning av elementen
- **Instruktioner till kranförare:** När montage arbetarna ger instruktioner till kranföraren om var de vill att materialet skall levereras
- **Ritningsläsning:** När montagearbetarna måste läsa ritningarna för att veta på vilken plats elementen skall sitta.
- **Schemalagda raster:** Schemalagda raster efter vad som är bestämt av företagets ledning.

Även faktorgrupperna har modifierats för att vara mer relevanta för Combi-elementmontaget.

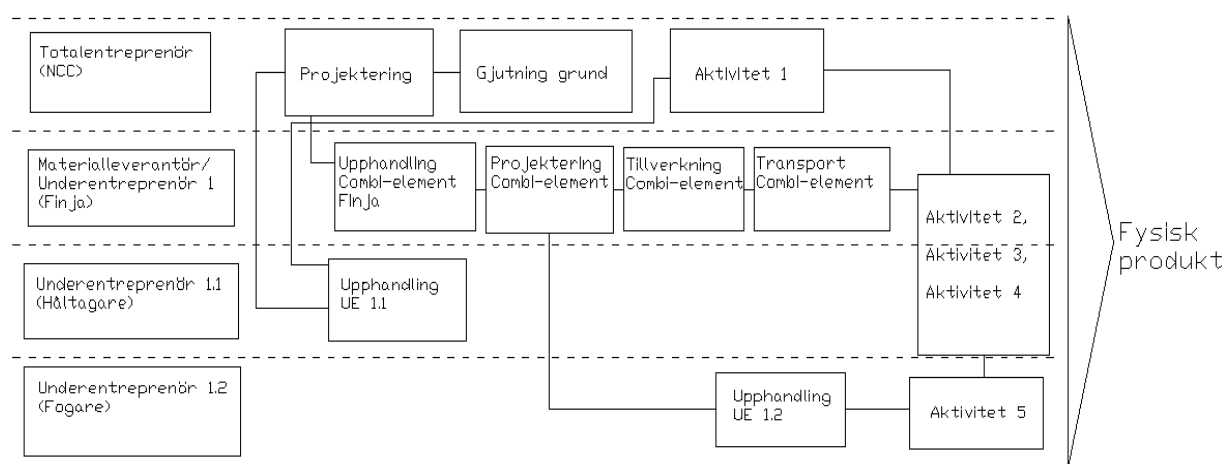
- C. Förädlingsprocessen har vi valt att kalla ”Metod” eftersom det arbete som utförs är beroende av använd byggmetod.
- E. Slitage och underhåll har vi valt att ta bort eftersom det inte hinner bli något slitage på byggnaden under montagetiden. Det kan möjligtvis bli slitage på verktygen men detta är inte av primärt intresse för arbetet.
- F. Speciella processbeteenden är borttagna då denna anses vara svår att hitta någon relevant motsvarighet till.
- G. Kringutrustning har flyttats in under ”Metod” då eventuell kringutrustning behövs, hämtas detta av montören (erna) och bokförs då som en aktivitet.
- E. Okända faktorer har lagts till i PSM-matrisen för när montagearbetarna inte syns i bild samt att de av någon okänd anledning inte arbetar, registreras detta under okända faktorer.

7 Beskrivning av tillverkning - och montageprocess

Följande avsnitt är baserade på genomförda studiebesök av fabrik och arbetsplats, som kompletterats med intervjuer av berörda personer.

7.1 Övergripande processbeskrivning

Den kartlagda processen som studerats i arbetet illustreras översiktligt i figur 7.1. Processkartan omfattar skedet från att elementleverantör är upphandlad och påbörjat sin detaljprojektering av Combi-element tills montaget är slutfört. Varje del av processen beskrivs mera i detalj i avsnitt 7.2 till 7.5



Figur - 7.1 Schematisk illustration av processen för projektering, tillverkning och montage av Combielement

7.2 Projektering och planering

Elementleverantören Finja Betong AB är upphandlad av totalentreprenören NCC för att leverera kompletta stomsystem bestående av Combi-element till projektet i Gustavslund. I uppdraget ingår detaljprojektering, tillverkning och montering av Combi-elementen. Finja upphandlar underentreprenör för fogningsarbetet på plats medan NCC upphandlar underentreprenör för borring av dubbhål i betongplattan. Detaljprojekteringen av elementen görs baserat på underlag från NCC. Finja har egen projekteringsavdelning men om ytterligare resurser behövs upphandlas externa konsulter. NCC avropar tio veckor innan leverans, därefter planerar Finja in tillverkningen i deras produktionsschema.

7.3 Tillverkning

Tillverkningen av Combi- element sker i två stora industrihallar se figur 7.2. Tillverkningen är uppdelad i olika stationer där elementen successivt byggs på fram till färdigt produkt. Väggarna tillverkas på stora formbord som består av en magnetisk platta för att underlätta placering av ingjutningsgods och installationskomponenter. Tillverkningsborden går att vända och lyfta med hjälp av en travers och det är på så sätt som elementen flyttas framåt i tillverkningen.



Figur 7.2 - Tillverkning av Combi-element hos Finja

Vid den första stationen så placeras avstängare ut som bildar elementets yttre form. Även avstängare för eventuella dörrar och fönster monteras i detta steg. Vid den andra stationen monteras de installationer som skall gjutas in i väggen. Därefter monteras armeringen. Armeringen klipps och svetsas efter önskemål och elementtyp. Detta sker vid en separat arbetsstation och armeringen levereras sedan till monteringshallen där den monteras i elementformen på speciella distanser som håller armeringen på plats se figur 7.3. I nästa steg monteras cellplasten vilken Finja tillverkar själv. Därefter gjuts väggarna och efterbehandlas för att elementet ska få önskat utseende. Efter gjutning härddas elementet först vid gjutplatsen. Härdningstiden varierar beroende på vilken betongkvalitet som används men normalt härddas elementen över natten då de sedan lyfts ut till kontrollhallen. Här fortsätter den slutliga härdningen tills dess att erforderlig hållfasthet uppnåtts. Därefter demonteras gjutformen och elementen kontrolleras med avseende ytskikt, täckskikt, sprickbildning samt att elementets dimensioner är rätt och att installationer är rätt placerade. Till sist borras och injekteras dubben dit.

Några personer börjar tidigare på morgonen med att lyfta de element som tillverkats dagen innan från gjutborden till kontrollhallen så att ytan i hallen frigörs så att arbetet med dagens gjutning kan påbörjas när övriga personer anländer. Eftersom nästan inga element är lika varandra avseende dimensioner måste gjutformen byggas om inför varje ny gjutning. För att få likartade ytskikt gjuts elementen direkt efter varandra och det är alltid samma person som utför efterbehandling av elementens ytskikt. Efter godkänd kontroll är elementet redo för leverans.



Figur 7.3 - Armering placerad på formbord

7.4 Transport av element

Elementen transporteras endast med lastbil vilka är specialutrustade med en ställning så att elementen transporteras stående vilket minskar risken för skador på elementen och förenklar lossningen då elementen inte behöver roteras eller vändas se figur 7.4. Vid transport av elementen avsedda för projektet i Gustavslund kan en lastbil med släp leverera 3-4 element åt gången.



Figur 7.4 - Transport av Combi-element

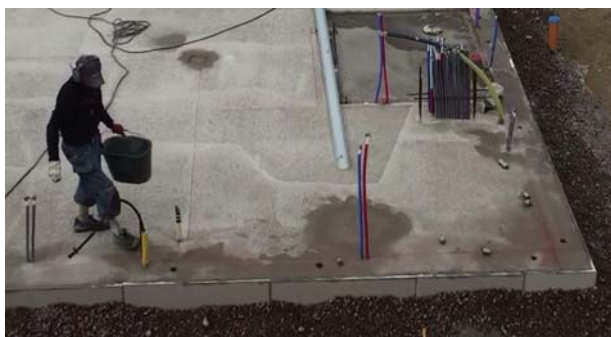
7.5 Montering

Monteringen omfattar olika moment som förberedelser, montage, kompletterande efterarbete och efterarbete. Monteringen av Combi- elementen har delats upp och studerats efter nedanstående aktiviteter:

- Aktivitet 1 Borring av dubbhål
- Aktivitet 2 Montage
- Aktivitet 3 Montagekomplettering
- Aktivitet 4 Efterlagning
- Aktivitet 5 Fogning

7.5.1 Borring av dubbhål

För att använda Finjas Combi-element måste dubbhål sättas ut och borraras i den gjutna plattan, figur 7.5. För att utföra borringen av dubbhålen har NCC tagit in en underentreprenör. Underentreprenörens uppgift är att sätta ut dubbhålens exakta position vilka sätts ut efter färdig insida vägg vilket NCC satt ut innan. Därefter borra hål i betongplattan som är 100 mm djupa och med en diameter av 50 mm. För varje villa måste 26 stycken hål borraras. De verktyg som behövs är hjälpmedel till att sätta ut dubbhålens exakta position och en bormaskin och kylvatten för att inte överhätta borrarstålet. För att finjustera dubbhålen används mejsel och hammare. En person krävdes för att borra de 26 hålen vilket tog fyra timmar. Plattan för villa Tinker innerhåller inför monteraget av Combi- element 26 stycken dubbhål, dubbhålen har en diameter på 50 mm och är 100 mm djupa. Underentreprenören har en persons arbetskraft för att utföra det planerade arbetet. Den beräknade tiden för att utföra jobbet är en halv dag per villa alltså 4 mantimmar.



Figur 7.5 - Borring av dubbhål

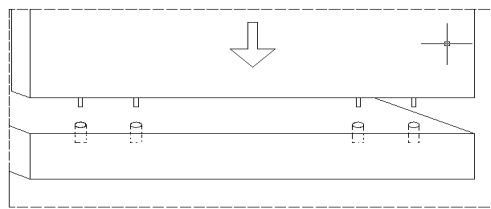
7.5.2 Montage av Combi-element

Nästa aktivitet är att montera Combi-elementen vilket utförs av Finja. För varje villa krävs åtta olika element. Elementen monteras på följande sätt; först läggs en sträng med undergjutningsmassa på betongplattan centrerat över där väggelementet kommer att placeras. Samtidigt fylls dubbhålen med bruk. Därefter lyfts väggelementen från lastbilen och placeras direkt på sin tänkta position. Elementet finjusteras därefter till rätt läge med hjälp av kofot och spett. Slutligen monteras stag för att säkerställa att elementen är väl förankrade. I figur 7.6 visas bilder på monteraget av Combi-elementen.



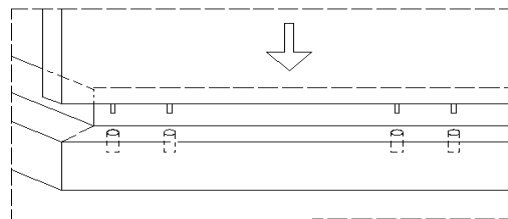
Figur 7.6 - Montering av Combi-element

I det studerade projektet monterades elementen på en betongplatta med rak kant, se figur 7.7. Denna typ av montering innebär att kraven på plattans jämnhet inte behöver vara så hög eftersom detta justeras genom att placera höjdtjämnande distanser. Däremot är det viktigare att tätning mellan element och platta utförs noggrant för att säkerställa god lufttätethet.



Figur 7.7 - Montage på betongplatta med rak kant

En alternativ lösning är att betongplattan gjuts med en nedsänkt ytterkant där sedan elementet placeras, se figur 7.8. Lösningen ställer högra krav på att gjutningen av betongplattan utförs noggrant så att kanter och nedsänkningar blir raka för att undvika problem vid montering av elementen. Lösningen innebär bland annat att det blir en bättre lufttätning och en förbättring av köldbryggan.



Figur 7.8 - Montage av element på betongplatta med nedsänkt kant

Genomsnittstiden för att montera samtliga element för en villa är ca 3 timmar för ett arbetslag bestående av 3 man.

7.5.3 Montagekomplettering

När elementen monterats sammanfogas elementen genom att svetsa de vinkel- och rakjärn som gjutits in i elementen vid tillverkning, se figur 7.9. Skarvarna som uppstår mellan elementen efter montaget gjuts igen för att skapa en väderskyddad fasadkonstruktion. Invändigt skummas skarvarna med expansionsiskum för att isolera bort eventuella köldbryggor och för att skapa en lufttät konstruktion. Dessa arbeten utförs av monteringslaget från Finja. Arbetet utförs i takt med att elementen monterats och stagats. Montagekompletteringen tog ca sju och en halv timme räknat per person att utföra.



Figur 7.9 - Den vänstra bilden visar en ingjuten svetsplatta och bilden till höger visar en invändigt skummad skarv

7.5.4 Efterlagning

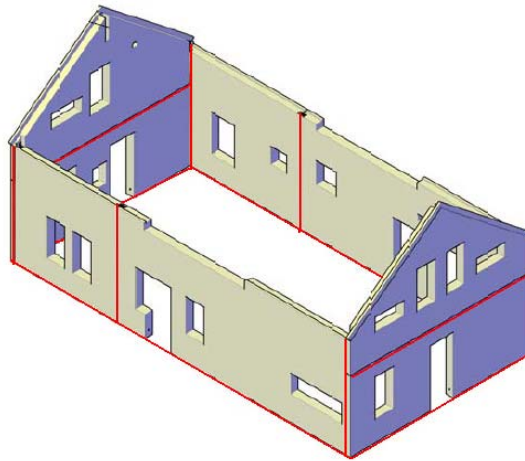
Efter att montagekompletteringarna slutförts påbörjades efterlagning av elementen. Efterlagning omfattade arbetet med att finjustera elementen vilket bestod av att laga avslagna kanter på elementen, kompletterande ifyllning med bruk i skarvar och monteringshål och viss kompletterande svetsningsarbete. Även detta arbete utfördes av montagearbetarna från Finja. Den tid som behövs för att åtgärda efterlagningarna för varje villa var ca fyra och en halv timme per arbetare.



Figur 7.10 - Efterlagning av Combi-element

7.5.5 Fogning

När villorna är uppförda och färdiga måste de utvändiga skarvarna fogas. Det finns både lodräta och vågräta skarvar. De lodräta skarvarna täcks efter fogning med stuprör. Det finns två typer av vågräta skarvar som måste fogas. Den ena sträcker sig runt om hela huset mellan syll och elementets underkant. Den andra sträcker sig mellan elementen på gavelsidorna av huset, se figur 7.11 (skarvar är markerade i figuren). Först lades en bottningslist i skarvarna som fungerar som en fogbärare, därefter fogades skarvarna och slutligen pinnas skarvarna för att skapa en så fin och jämn fog som möjligt. Arbetet med att foga en villa (77 löpmetrar fog) tog ca tre timmar per person att utföra. Arbetet utfördes av en underentreprenör till Finja. I figur 7.12 visas fogning av lodrät skarv mellan element. Nedan visar figur 7.13 vart på villa Tinker som skarvarna som måste fogas är placerade, skarvarna är ifyllda med rött.



Figur 7.11 - Elementskarvar på villa Tinker



Figur 7.12 - Fogning av lodrät skarv

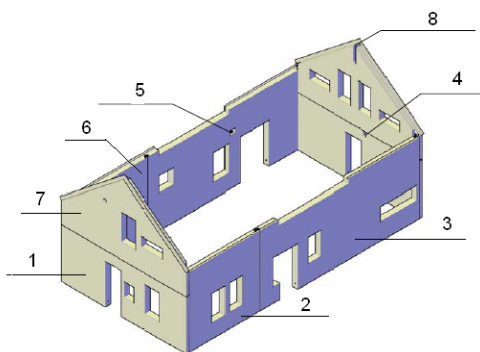
8 Resultat - mätning av arbetsrelaterade processer

8.1 Allmänna förutsättningar

Den första villan som monterades vid vår mätning var villa 31 och sedan i stigande ordning till villa 34. Varje element som monterades hade en unik utformning. I tabell 8.1 redovisas storleken för varje element och i figur 8.1 redovisas hur elementen var utformade och dess placering i byggnaden. Elementnumrering och storlek var identisk för de fyra villorna, däremot skiljde sig montageordningen mellan de olika villorna.

Tabell 8.1 - Storlek på elementen

	m ²
Element 1	19.1
Element 2	21.9
Element 3	29.2
Element 4	19.1
Element 5	29.2
Element 6	21.9
Element 7	17.9
Element 8	17.9
Summa	176.1

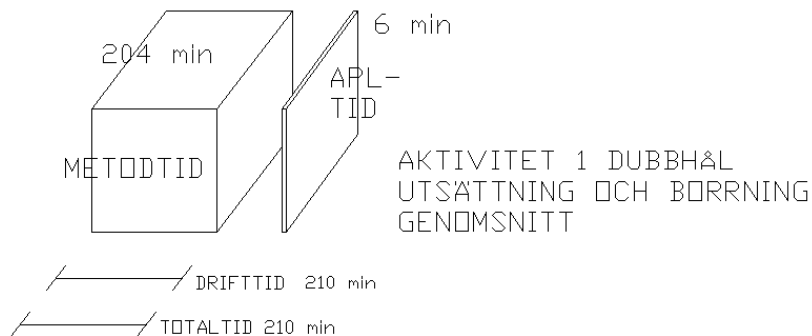


Figur 8.1 - Elementnumrering för villa 31-34

8.2 Metod- och APL-tider

8.2.1 Aktivitet 1

I figur 8.2 redovisas metod- respektive APL-tid för aktivitet 1, dvs. borrning av dubbhål. Redovisade tider är baserat på videofilmning av utsättning och borrning av dubbhål i villa 31 och villa 32. Sammanlagt är borrningen av 37 dubbhål filmade. För villa 32 videofilmades endast en del av arbetet beroende på att monteringen av element för villa 31 påbörjades samtidigt vilket då prioriterades.

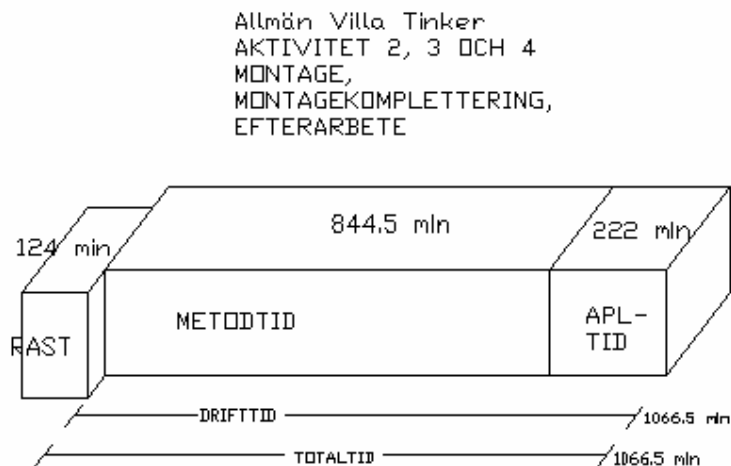


Figur 8.2 - Tidfördelning för aktivitet 1 villa 31, 32

Som framgår av figur 8.2 var metodd tiden (204 min) avsevärt större jämfört med APL-tiden (6 min) vilket ger en drifttid på 210 min. Arbetsplatskoefficienten för aktivitet 1 är 2.9 % (210/6) vilket tyder på att arbetet utförts utan större inslag av avbrott och störningar.

8.2.2 Aktivitet 2, 3 och 4

I figur 8.3 redovisas den sammanlagda tider för montage-, montagekomplettering och efterlagning av Combi-elementen för villa 31-34.



Figur 8.3 - Tidfördelning för aktivitet 2, 3 och 4 villa 31-34

Som framgår av figur 8.3 är arbetsplatskoefficienten för aktivitet 2-4, 20.8 % (222/1066.5) vilket är lägre jämfört med aktivitet 1. Detta indikerar således att dessa arbeten innehåller fler avbrott och störningar jämfört med aktivitet 1.

I tabell 8.2 redovisas samma resultat men nedbrutet för respektive villa. Som framgår av tabellen varierar APL-koefficienten mellan de olika villorna. Lägst är APL-koefficienten för villa 34 och högst för villa 33. Detta visar att villa 34 har minst inslag av störningar och avbrott. När det gäller villa 33 så kan den högre APL-koefficienten förklaras av att leveranser av element orsakade avbrott i arbetet.

Tabell 8.2 – Tidfördelning av montage (aktivitet 2, 3 och 4) redovisat för respektive villa

	Villa 31 och 32	Villa 33	Villa 34
Drifttid	2094 min	1056 min	1116 min
Metodtid	1700 min	758 min	920 min
APL-tid	394 min	298 min	196 min
Rast	136 min	180 min	180 min
Totaltid	2094 min	1056 min	1116 min
Drifttid	2094 min	1056 min	1116 min
APL-Koefficient	18.8 %	28.2 %	17.6 %

8.2.3 Aktivitet 5

Eftersom fogningen av elementskarvarna inte utförts under en sammanhängande period har det varit omöjligt att ta fram exakta metod- och APL-tider så som presenterats för övriga fyra aktiviteter. Aktivitet 5 är i utförandet jämförbar med borring av dubbhål (aktivitet 1) vilken uppmättes ha en liten andel störningar och avbrott (låg APL-koefficient).

8.3 Villa 31 och 32

8.3.1 Elementmontage

I tabell 8.3 respektive 8.4 redovisas montagetider (aktivitet 2), för villa 31 respektive 32. Alla tider är angivna i minuter och sekunder. Montagetiden är beräknad utifrån tiden från att elementet lyfts från lastbilen till dess att elementet är stagat, se klassificering av arbete avsnitt 6.3. I de fall arbetarna har lämnat pågående montagearbete för andra tillfälliga sysslor, har denna tid inte tagits med i beräkningen. Som framgår av tabellerna uppmättes genomsnittstiden per element till 23 respektive 25 minuter för villa 31 respektive 32. Den längsta monterings tiden för ett element uppmättes till ca 37 minuter medan den kortaste till ca 12 minuter. En anledning till dessa stora skillnader i montage tid är att vissa element först placerades fel och därför fick flyttas vilket resulterade i en längre montage tid. Montageordningen styrdes av i vilken ordning elementen levererades till arbetsplatsen.

Tabell 8.3 – Total montagetid per element för villa 31

Villa 31	Starttid*	Sluttid*	Tid/element*	Ant. Montörer	Mont. Ordn.
Element 1	12:50:45	13:06:47	00:16:02	3	1
Element 2	13:07:51	13:24:43	00:16:52	3	2
Element 3	14:59:58	15:35:53	00:35:55	4	7
Element 4	13:25:42	13:41:44	00:16:02	3	3
Element 5	14:05:45	14:32:12	00:26:27	4	5
Element 6	13:42:59	14:01:33	00:18:34	3	4
Element 7	14:34:38	14:58:37	00:23:59	4	6
Element 8	15:32:18	16:02:50	00:30:32	4	8
Medelvärde			00:23:03	3,5	
Std avvikelse			00:07:00		

* Tidsangivelse (tim: min: sek)

Tabell 8.4 – Total montagetid per element för villa 32

Villa 32	Starttid*	Sluttid*	Tid/ element*	Ant. Montörer	Mont. Ordn.
Element 1	08:26:11	08:58:26	00:32:15	3	1
Element 2	10:36:47	10:50:18	00:13:31	3	5
Element 3	10:53:11	11:30:25	00:37:14	3	6
Element 4	10:20:14	10:33:29	00:12:15	3	4
Element 5	09:24:51	09:45:40	00:20:49	3	3
Element 6	09:08:43	09:32:18	00:23:35	3	2
Element 7	12:02:53	12:31:54	00:29:01	3	8
Element 8	11:31:13	12:02:01	00:30:48	3	7
Medelvärde			00:25:03	3	
Std avvikelse			00:08:18		

* Tidsangivelse (tim: min: sek)

I tabell 8.5 respektive 8.6 redovisas ingående arbetsmoment i montaget och dess andel av den totala montagetiden. Tabell 8.5 avser villa 31 och tabell 8.6 avser villa 32.

Tabell 8.5 - Nedbrytning av tidsandel för ingående montagearbete, villa 31

Villa 31	Andel i % av total montagetid
Unergjutning	10
Stämpmontering	31
Justering	21
Lyft av element med kran	28

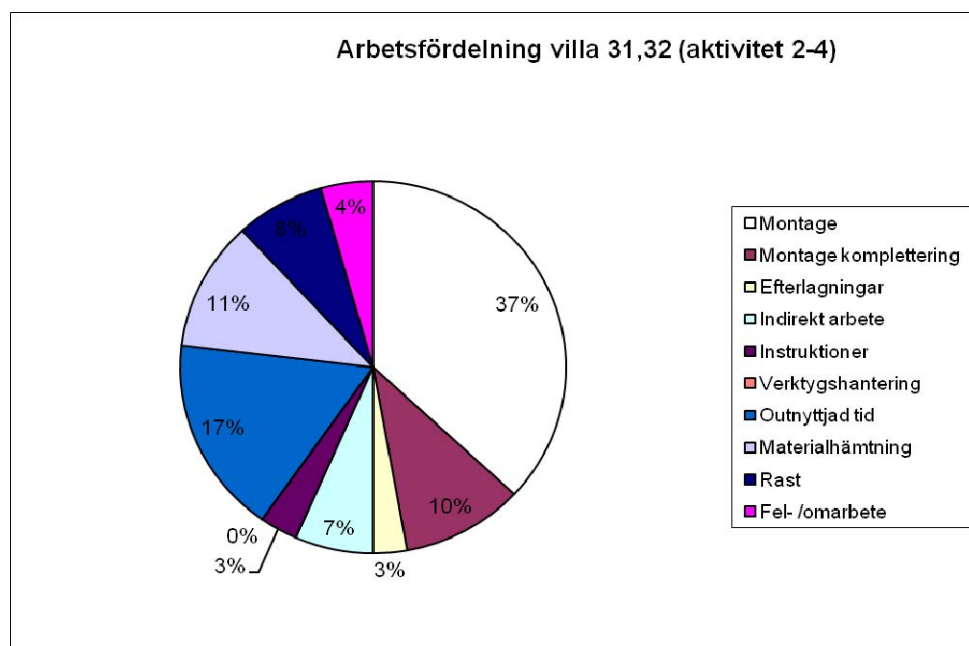
Tabell 8.6 - Nedbrytning av tidsandel för ingående montagearbete, villa 32

Villa 32	Andel i % av total montagetid
Unergjutning	12
Stämpmontering	26
Justering	21
Lyft av element av kran	41

Som framgår av tabellerna ovan utgör arbetsmoment ”lyft av element” störst andel av den totala montagetiden i villa 32 medan i villa 31 utgör montering av stämp det arbetsmoment som upptar störst andel av tiden.

8.3.2 Arbetsfördelning

I figur 8.4 redovisas fördelningen mellan olika typer av arbeten för aktiviteterna 2, 3 och 4. Resultatet avser villa 31 och 32 och baseras på 812 observationer gjorda med två minuters intervall. En förklaring till vad som menas med de olika typerna av arbete ges i kapitel 6.3.



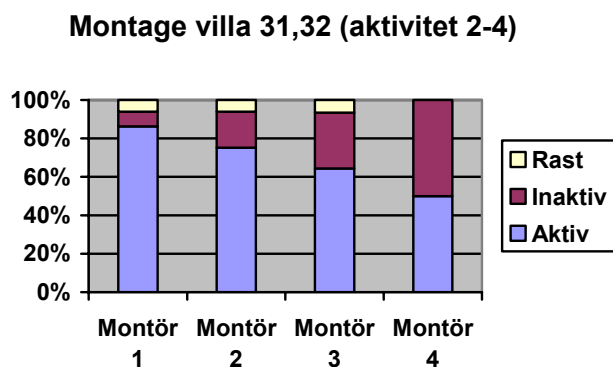
Figur 8.4 - Uppdelning av olika typer av arbeten som ingår i aktivitet 2, 3 och 4 för villa 31 och 32

Som framgår av figur 8.4 utgör arbetet med att montera elementen 37 % av den observerade tiden. Efterlagningen som utfördes dagen efter montaget utgjorde endast 3 %. Det är endast på villa 31 och 32 det har förekommit fel-/omarbete vilket berodde på missförstånd avseende vilken villa som elementen tillhörde. De moment som tillhör den producerande delen är montaget, montagekomplettering och efterlagning dessa uppgick till totalt 50 % av

arbetstiden. De indirekta momenten som består av indirekt arbete, instruktioner, verktygshantering, och materialhämtning är stödfunktioner som måste utföras för att det producerande arbetet skall fungera och gå framåt. Dessa moment uppgick till 22 % av arbetstiden. Ett exempel på datainsamlingen syns i billaga A.

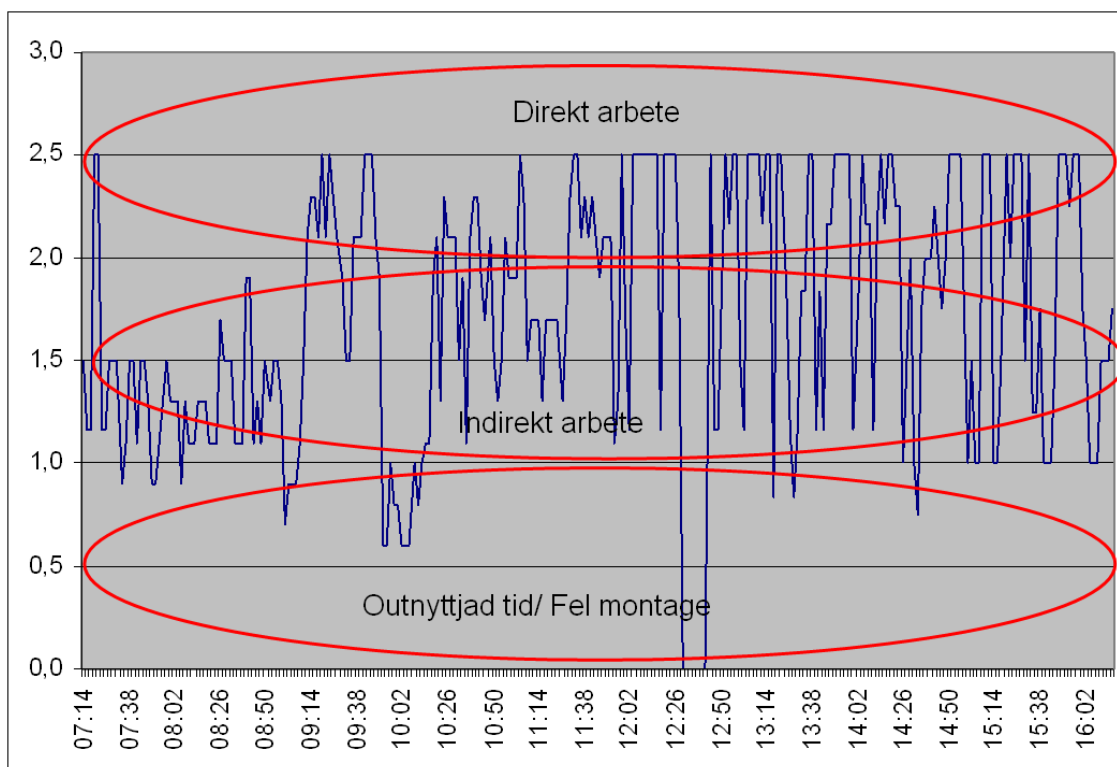
8.3.3 Utnyttjande av arbetskraft

Effektiviteten för varje montör vid montaget av villa 31 och 32 redovisas i figur 8.5. Resultatet baseras på mätning av aktivitet 2-4, se klassificering avsnitt 6.3. Tiden som montörerna var på plats och som ligger till grund för beräkning av effektiv tid varierade för respektive montör. Montör 1 och 2 var båda på plats under sammanlagt 812 minuter, montör 3 var på plats 544 minuter och montör 4 var tillgänglig 118 minuter. Som framgår av figuren så varierar andelen aktiv respektive inaktiv tid för varje montör. Montör 1 har högst andel aktiv tid, 85 %, medan montör 4 har lägst andel aktiv tid. Anledningen till att det är sådan stor skillnad mellan montörerna är att montör 1 konsekvent har bokförts med ”aktiv tid” medan montör 3 konsekvent bokförts med den inaktiva tiden i de fall då någon av de observerade montörerna varit inaktiva. Orsaken till detta förfaringsätt var att det inte har varit möjligt att särskilja på respektive montör.



Figur 8.5 - Uppmätt effektivitet för montörer vid montaget av villa 31 och 32

I figur 8.6 så på y-axeln motsvarar värdet 0-1 ”outnyttjad tid/felmontage”, 1-2 motsvarar ”indirekt arbete” och 2-3 motsvarar ”direkt arbete”. Värdet 0 innebär att montörerna har rast. Skalan på x-axeln motsvarar en arbetsdag. Dessa värden har tagits fram genom att studera videofilmerna och sedan har varje montör tilldelats en siffra beroende på vilket moment han utförde vid observationstillfället. Sedan har det tagits fram ett medelvärde av dessa siffror som sedan redovisas i figur 8.6. I den aktiva delen ingår både direkt arbete och indirektarbete. Anledningen till att det indirekta arbetet dominerar under morgonen är att montagelaget förbereder dagens arbete, t ex genom att blanda cement och ta fram material och utrustning. En anledning till att det inte är mer outnyttjad tid är att figuren avser medelvärdet för tre montörer och eftersom det ofta var en montör som hade outnyttjad tid medan de övriga utförde direkt arbete blev medelvärdet av detta ofta inom intervallet för indirektarbete.



Figur 8.6 - Montörernas aktivitet under en arbetsdag, avser både villa 31 och 32

8.4 Villa 33

8.4.1 Elementmontage

I tabell 8.7 respektive 8.8 redovisas montagetider för villa 33. Alla tider är angivna i minuter och sekunder. Montagetiden är beräknad utifrån tiden från att elementet lyfts från lastbilen till dess att elementet är stagat, se även klassificering av arbete avsnitt 6.3. I de fall arbetarna har lämnat pågående montagearbete för andra tillfälliga sysslor, har denna tid inte tagits med i beräkningen. Som framgår av tabellerna uppmättes genomsnittstiden per element till ca 19 min. Den längsta monterings tiden för ett element uppmättes till ca 33 minuter medan den kortaste till ca 15 minuter. För de flesta av elementen varierar montagetiden från 15 till 20 minuter förutom element 3 som hade en montagetid på 33 minuter.

Tabell 8.7 - Montagetid per element för villa 33

Villa 33	Starttid*	Sluttid*	Tid/element*	Ant. Montörer	Mont. Ordn.
Element 1	08:23:37	08:38:59	00:15:22	3	4
Element 2	11:35:46	11:53:16	00:17:30	3	7
Element 3	09:51:20	10:24:22	00:33:02	3	5
Element 4	07:30:54	07:49:35	00:18:41	3	1
Element 5	07:51:54	08:07:54	00:16:00	3	2
Element 6	08:07:56	08:24:28	00:16:32	3	3
Element 7	11:54:12	12:13:57	00:19:45	3	8
Element 8	10:25:53	10:44:50	00:18:57	3	6
Medelvärde			00:19:29	3	
Std avvikelse			00:05:18		

* Tidsangivelse (tim: min: sek)

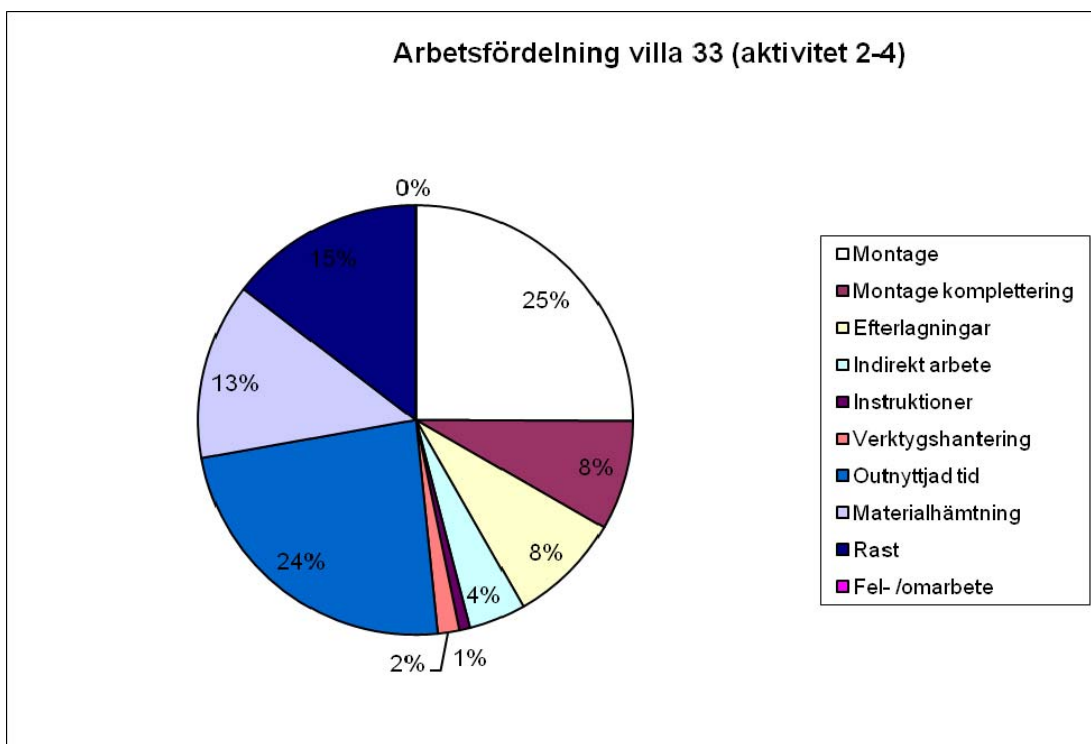
I tabell 8.8 redovisas ingående arbetsmoment i montaget och dess andel av den totala montagetiden. Som framgår av tabellen upptar lyft av element störst andel av den totala montagetiden. Näst störst andel av tiden krävs för att montera stämpan.

Tabell 8.8 - Nedbrytning av tidsandel för ingående montagearbete, villa 33

Villa 33	Andel i % av total montagetid
Undergjutning	17
Stämpmontering	28
Justering	18
Lyft av element med kran	37

8.4.2 Arbetsfördelning

I figur 8.7 redovisas fördelningen mellan olika typer av arbeten för aktiviteterna 2, 3 och 4. Resultatet baseras på 412 observationer gjorda med två minuters intervall. En förklaring till vad som menas med de olika typerna av arbete ges i kapitel 6.3.



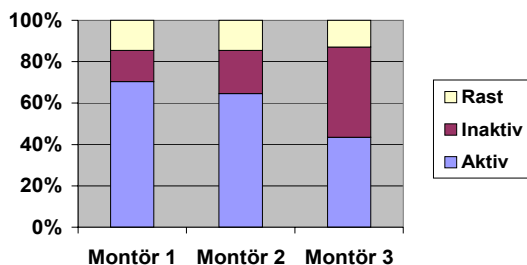
Figur 8.7 - Uppdelning av olika typer av arbeten som ingår i aktivitet 2, 3 och 4 för villa 33

Som framgår av figuren så utgör montaget 25 % av den observerade tiden. Efterlagningarna utgör 8 % vilket högre än villorna 31 och 32. Den outnyttjade tiden ligger på 24 % och är den högsta beroende på att arbetslaget inte utförde annat arbete då leveranserna var försenade. De moment som tillhör den producerande delen är montaget, montagekomplettering och efterlagning dessa uppgick till totalt 41 % av arbetstiden. De indirekta momenten som består av indirekt arbete, instruktioner, verktygshantering, och materialhämtning är stödfunktioner som måste utföras för att det producerande arbetet skall fungera. Dessa moment uppgick till 20 % av arbetstiden.

8.4.3 Utnyttjande av arbetskraft

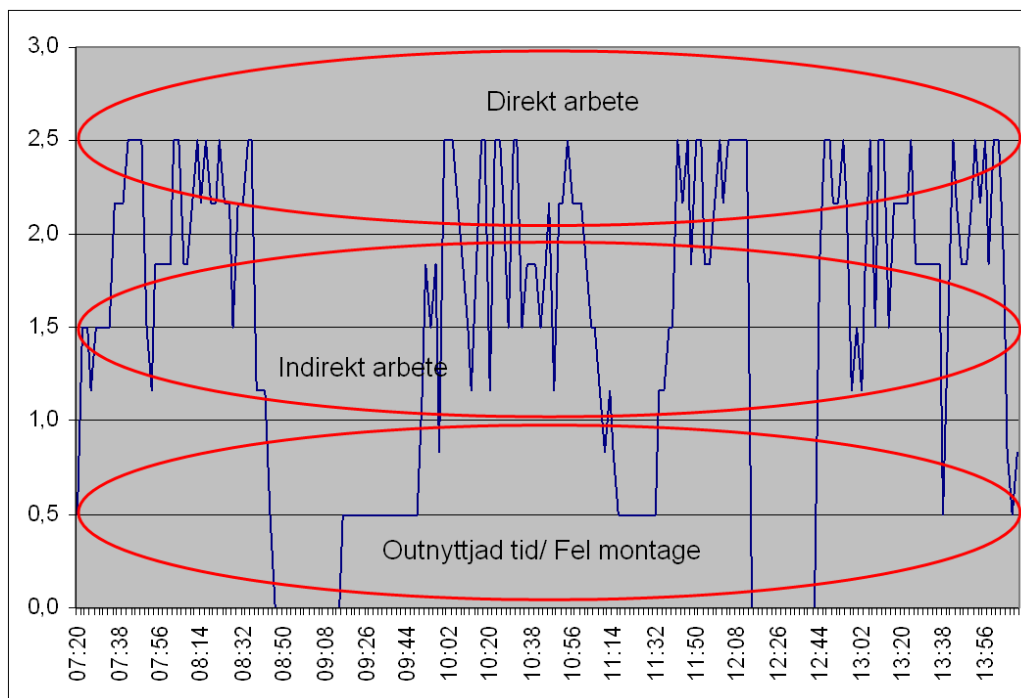
Effektiviteten för varje montör vid montaget av villa 33 redovisas i figur 8.8. Resultatet baseras på mätning av aktivitet 2-4, se hur arbetet klassificeras i avsnitt 6.3. Tiden som montörerna var på plats var samma för alla tre montörer och uppgick till 412 minuter. Som framgår av figuren så varierar andelen aktiv respektive inaktiv tid för varje montör. Montör 1 har högst andel aktiv tid, 70 %, medan montör 3 har lägst andel aktiv tid med 45 %. Anledningen till att det är sådan stor skillnad mellan montörerna är att montör 1 konsekvent har bokförts med ”aktiv tid” medan montör 3 konsekvent bokförts med den inaktiva tiden i de fall då någon av de observerade montörerna varit inaktiva. Orsaken till detta förfaringsätt var att det inte har varit möjligt att särskilja på respektive montör.

Montage villa 33 (aktivitet 2-4)



Figur 8.8 Uppmått effektivitet för montörer vid montaget av villa 33

På y-axeln motsvarar värdet 0-1 ”outnyttjad tid/felmontage”, 1-2 motsvarar ”indirekt arbete” och 2-3 motsvarar ”direkt arbete”. Värdet 0 innebär att montörerna har rast. Skalan på x-axeln motsvarar en arbetsdag. Dessa värden har tagits fram genom att studera videofilmerna och sedan har varje montör tilldelats en siffra beroende på vilket arbete som utfördes vid observationstillfället. Sedan har det tagits fram ett medelvärde av dessa siffror som sedan redovisas i figur 8.9. I den aktiva delen ingår både direkt arbete och indirektarbete. Anledningen till att andelen outnyttjad tid är stor beror på att flera av leveranserna var sena vilket har gjorde att det uppstod avbrott för arbetet.



Figur 8.9 - Montörernas aktivitet under en arbetsdag, avser både villa 33

8.5 Villa 34

8.5.1 Elementmontage

I tabell 8.9 redovisas montagetid för varje element för villa 34. Alla tider är angivna i minuter och sekunder. Montagetiden är beräknad utifrån tiden från att elementet lyfts från lastbilen till dess att elementet är stagat, se klassificering av arbete avsnitt 6.3. I de fall arbetarna har lämnat pågående montagearbete för andra tillfälliga sysslor, har denna tid inte tagits med i beräkningen. Som framgår av tabellerna uppmättes genomsnittstiden per element till ca 15 minuter. Den längsta monterings tiden för ett element var ca 22 minuter medan den kortaste var ca 10 minuter.

Tabell 8.9 - Montagetid per element för villa 34

Villa 34	Starttid*	Sluttid*	Tid/element*	Ant. Montörer	Mont. Ordn.
Element 1	09:47:53	10:05:11	00:17:18	3	4
Element 2	10:25:52	10:38:24	00:12:32	3	6
Element 3	10:02:17	10:18:26	00:16:09	3	5
Element 4	09:07:41	09:17:48	00:10:07	3	1
Element 5	09:11:01	09:33:02	00:22:01	3	2
Element 6	09:28:49	09:40:20	00:11:31	3	3
Element 7	11:45:06	12:00:13	00:15:07	3	7
Element 8	12:01:39	12:20:18	00:18:39	3	8
Medelvärde			00:15:25	3	
Std avvikelse			00:03:48		

* Tidsangivelse (tim: min: sek)

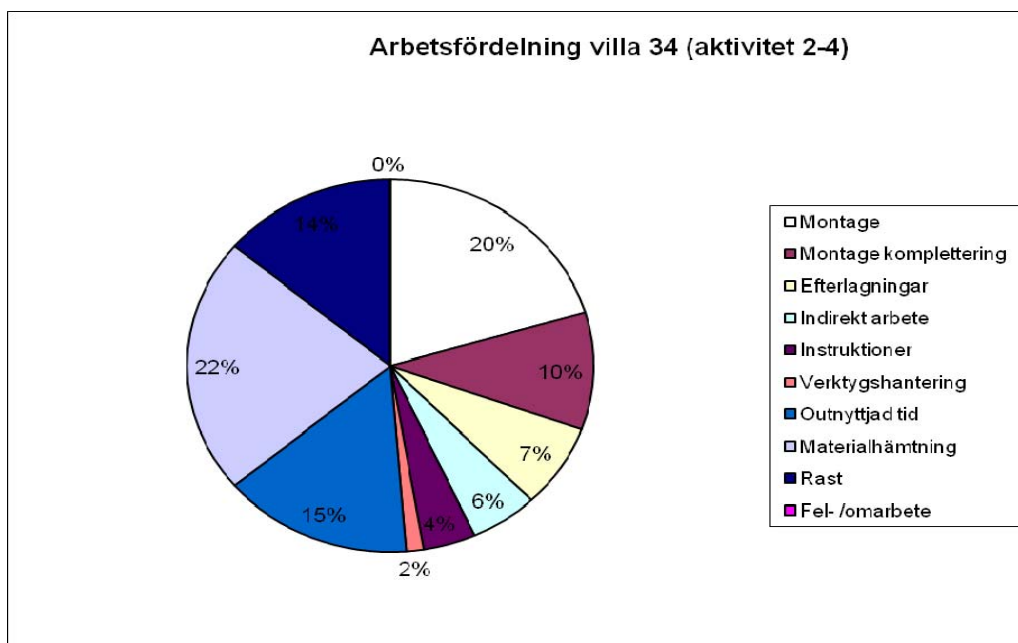
I tabell 8.10 redovisas ingående arbetsmoment i montaget och dess andel av den totala montagetiden. Som det framgår av tabellen är det lyft av elementen samt montering av stämp som upptar störst andel av den totala montagetiden.

Tabell 8.10 - Nedbrytning av tidsandel för ingående montagearbete, villa 34

Villa 34	Andel i % av total montagetid
Undergjutning	19
Stämpmontering	30
Justering	15
Lyft av element med kran	36

8.5.2 Arbetsfördelning

I figur 8.10 redovisas fördelningen mellan olika typer av arbeten för aktiviteterna 2, 3 och 4. Resultatet baseras på 432 observationer gjorda med två minuters intervall. En förklaring till vad som menas med de olika typerna av arbete ges i kapitel 6.3.



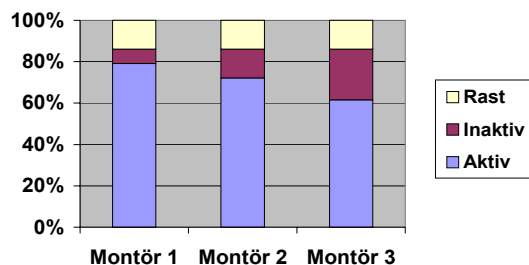
Figur 8.10 - Uppdelning av olika typer av arbeten som ingår i aktivitet 2, 3 och 4 för villa 34

Som framgår av figur 8.10 utgjorde elementmontaget 20 % av den observerade tiden. Materialhämtningen utgjorde 22 % medan den outnyttjade tiden utgjorde 14 % av den observerade tiden. De moment som tillhör den producerande delen är montaget, montagekomplettering och efterlagning dessa uppgick till totalt 37 % av arbetstiden. De indirekta momenten som består av indirekt arbete, instruktioner, verktygshantering, och materialhämtning är stödfunktioner som måste utföras för att det producerande arbetet skall fungera. Dessa moment uppgick till 34 % av arbetstiden.

8.5.3 Utnyttjande av arbetskraft

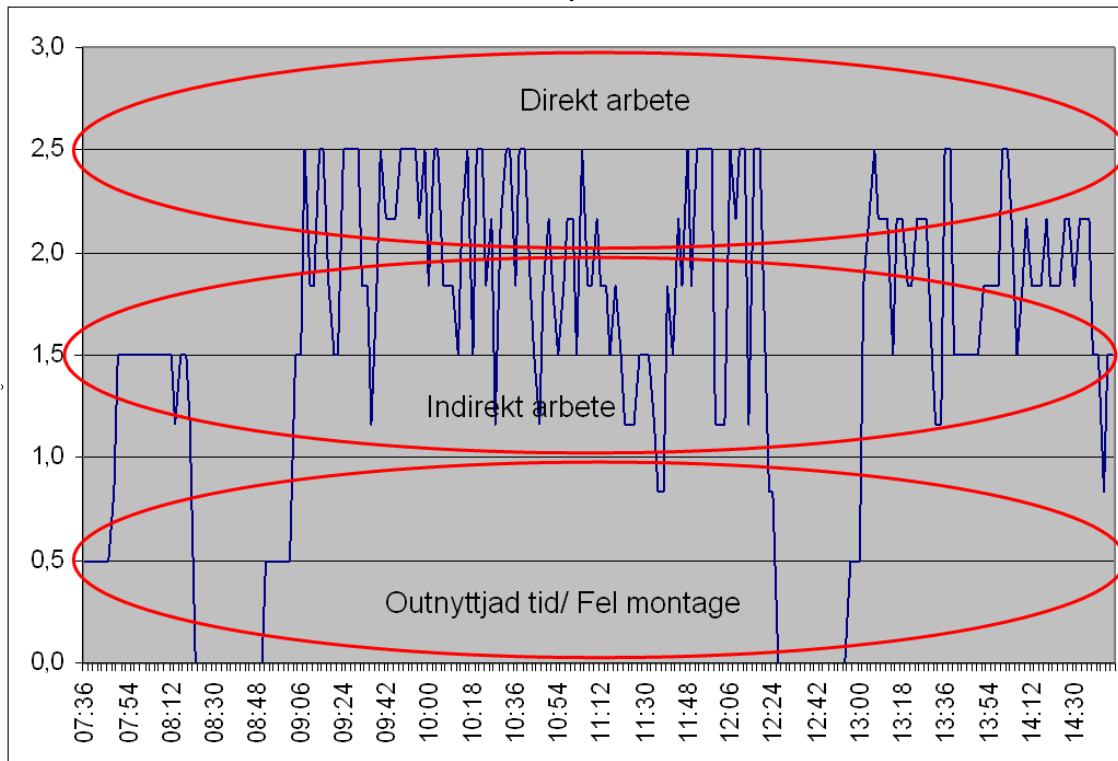
Effektiviteten för varje montör vid montaget av villa 34 redovisas i figur 8.11. Resultatet baseras på mätning av aktivitet 2-4, se klassificering av arbete 6.3. Tiden som montörerna var på plats var samma för alla tre montörer och uppgick till 432 minuter. Som framgår av figuren så varierar andelen aktiv respektive inaktiv tid för varje montör. Montör 1 har högst andel aktiv tid, 80 %, medan montör 3 har lägst andel aktiv tid med 60 %.

Montage villa 34 (aktivitet 2-4)



Figur 8.11 - Uppmätt effektivitet för montörer vid montaget av villa 34

På y-axeln motsvarar 0-1 ”outnyttjad tid/felmontage”, 1-2 motsvarar ”indirekt arbete” och 2-3 motsvarar ”direkt arbete”. Värdet ”0” innebär att montörerna har rast. Skalan på x-axeln motsvarar en arbetsdag. Dessa värden har tagits fram genom att studera videofilmerna och sedan har varje montör tilldelats en siffra beroende på vilket arbetsmoment som utfördes vid observationstillfället. Sedan har det tagits fram ett medelvärde av dessa siffror vilka redovisas i figur 8.12. I det den aktiva delen ingår både direkt arbete och indirektarbete.



Figur 8.12 - Montörernas aktivitet under en arbetsdag, avser både villa 34

8.6 Totalt villa 31 - 34

8.6.1 Elementmontage

I tabell 8.11 redovisas de genomsnittliga montagetiderna för villorna 31-34. Alla tider är angivna i minuter och sekunder. Montagetiden är beräknad utifrån tiden från att elementet lyfts från lastbilen till dess att elementet är stagat, se klassificering av arbete avsnitt 6.3. I de fall arbetarna har lämnat pågående montagearbete för andra tillfälliga sysslor, har denna tid inte tagits med i beräkningen. Som framgår av tabellerna uppmättes genomsnittstiden per element till ca 21 minuter. Den längsta monterings tiden för ett element var ca 31 minuter medan den kortaste var ca 15 minuter.

Tabell 8.11 - Montagetid per element, medelvärde för villa 31-34

Villa 31-34	Starttid	Sluttid	Tid/ element*	Ant. Montörer	Mont. Ord.
Element 1	-	-	00:20:14	3.0	-
Element 2	-	-	00:15:06	3.0	-
Element 3	-	-	00:30:35	3.3	-
Element 4	-	-	00:14:31	3.0	-
Element 5	-	-	00:21:19	3.3	-
Element 6	-	-	00:17:33	3.0	-
Element 7	-	-	00:21:58	3.3	-
Element 8	-	-	00:24:44	3.3	-
Medelvärde			00:20:45	3.1	-
Std avvikelse			00:04:54	-	-

* Tidsangivelse (tim: min: sek)

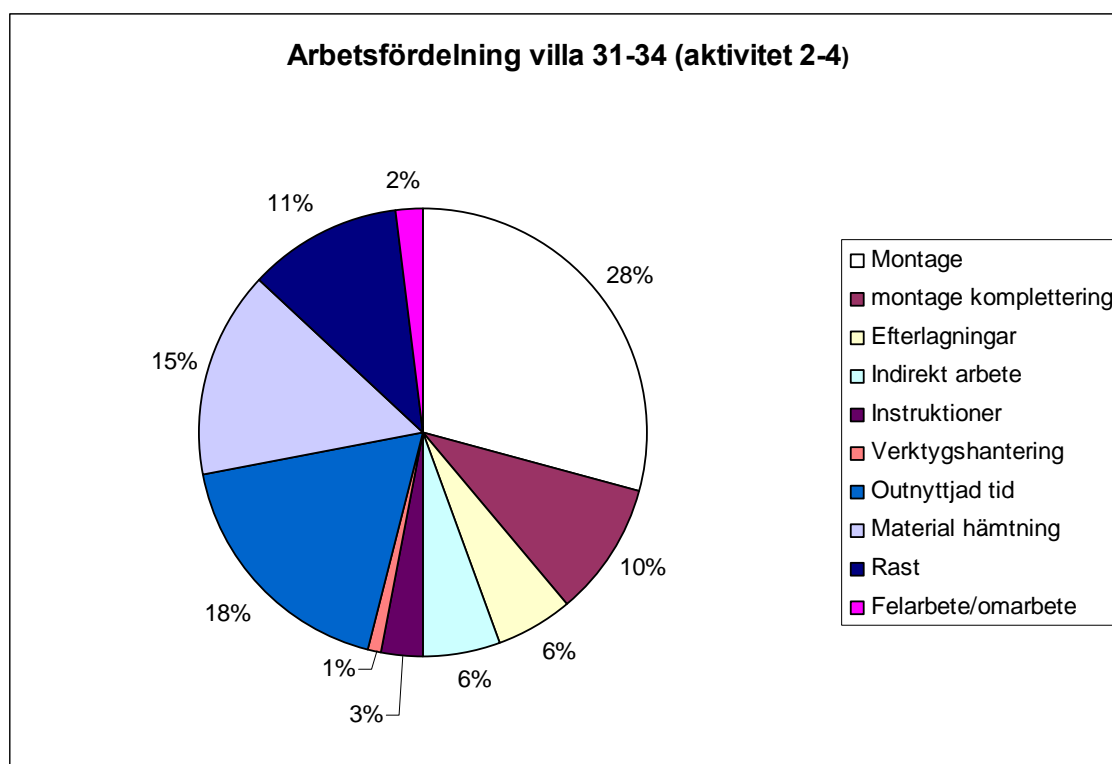
I tabell 8.12 redovisas ingående arbetsmoment i montaget och dess andel av den totala montagetiden. Som det framgår av tabellen är det lyft av elementen som har upptagit störst andel av den totala tiden. Montering av stämp är det arbete som upptar näst störst andel.

Tabell 8.12 - Nedbrytning av tidsandel för ingående montagearbete, (medelvärde för villa 31-34)

Sammanlagt villa 31-34	Andel i % av total montagetid
Undergjutning	14
Stämpmontering	29
Justering	19
Lyft av element	38

8.6.2 Arbetsfördelning

I figur 8.13 redovisas fördelningen mellan olika typer av arbeten för aktiviteterna 2, 3 och 4. Resultatet avser genomsnittstiden för villorna 31-34 och baseras på 1656 observationer gjorda med två minuters intervall. En förklaring till vad som menas med de olika typerna av arbete ges i kapitel 6.3.

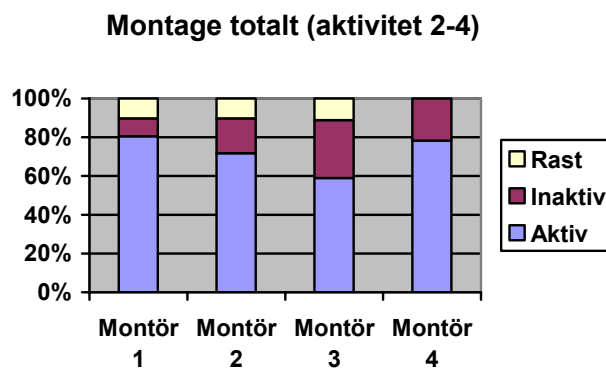


Figur 8.13 - Uppdelning av olika typer av arbeten som ingår i aktivitet 2, 3 och 4, medelvärde för villa 31-34

Som framgår av figur 8.13 utgör montaget av elementen i genomsnitt 28 % för de fyra villorna. De övriga stora posterna är den outnyttjade tiden som uppgick till 18 %, materialhämtningen som uppgick till 15 % och rasten som uppgick till 11 %. De moment som tillhör den producerande delen är montaget, montagekomplettering och efterlagning dessa uppgick till totalt 44 % av arbetstiden. De indirekta momenten som består av indirekt arbete, instruktioner, verktygshantering, och materialhämtning är stödfunktioner som måste utföras för att det producerande arbetet skall fungera. Dessa moment uppgick till 25 % av arbetstiden.

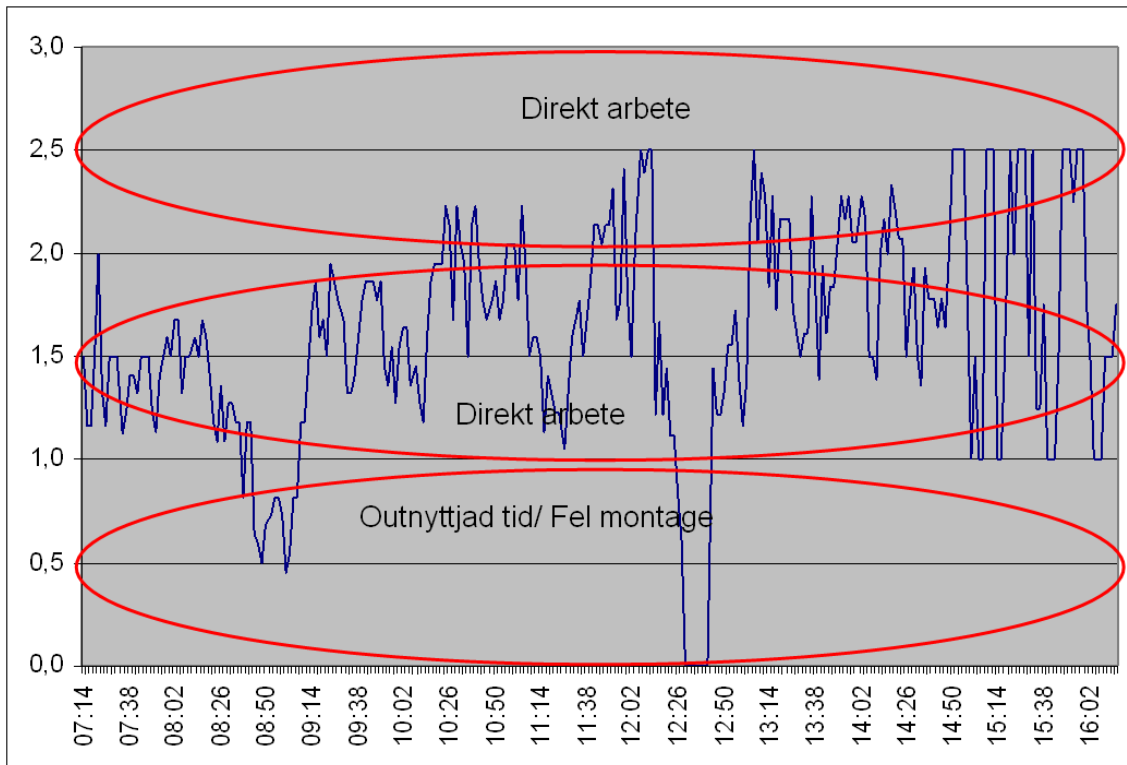
8.6.3 Utnyttjande av arbetskraft

Genomsnittlig effektivitet för varje montör vid montaget redovisas i figur 8.14. Resultatet baseras på mätning av aktivitet 2-4, se klassificering av arbete i avsnitt 6.3. Tiden som montörerna var på plats var samma för alla tre montörer och uppgick till 1656 minuter. Som framgår av figuren så varierar andelen aktiv respektive inaktiv tid för varje montör. Montör 1 har högst andel aktiv tid, 80 %, medan montör 3 har lägst andel aktiv tid med 60 %.



Figur 8.14 - Uppmätt effektivitet för montörer vid montaget sammanlagt för villa 31-34

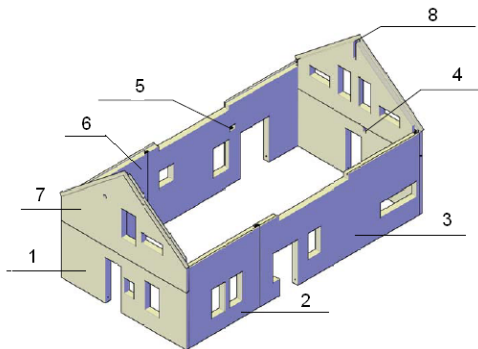
På y-axeln motsvarar värdet 0-1 ”outnyttjad tid/felmontage”, 1-2 motsvarar ”indirekt arbete” och 2-3 motsvarar ”direkt arbete”. Värdet 0 innebär att montörerna har rast. Skalan på x-axeln motsvarar en arbetsdag. Dessa värden har tagits fram genom att studera videofilmerna och sedan har varje montör tilldelats en siffra beroende på vilket arbetsmoment som utfördes vid observationstillfället. Sedan har det tagits fram ett medelvärde av dessa siffror som sedan redovisas i figur 8.15. I den aktiva delen ingår både direkt arbete och indirektarbete. Anledningen till att det indirekta arbetet dominerar under morgonen är att montagelaget förbereder dagens arbete, t ex genom att blanda cement och ta fram material och utrustning. En anledning till att det inte är mer outnyttjad tid är att figuren avser medelvärdet för tre montörer och eftersom det ofta var en montör som hade outnyttjad tid medan de övriga utförde direkt arbete blev medelvärdet av detta ofta inom intervallet för indirektarbete.



Figur 8.15 - Montörernas aktivitet under en arbetsdag sammanlagt för villa 31-34

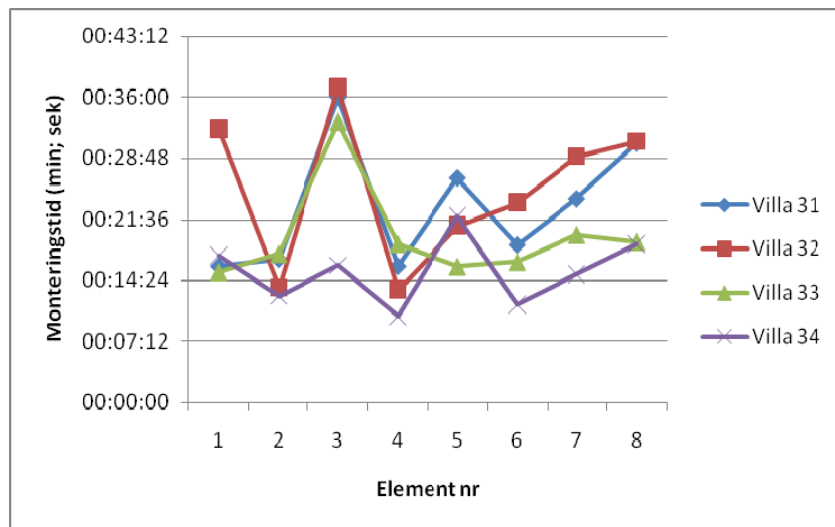
8.6.4 Inkörningseffekt

När ett moment upprepas ett flertal gånger får man något som kallas inkörningseffekt. Vi har i detta arbete undersökt om monterat av Combi-elementen uppvisar någon form av inkörningseffekt. Som tidigare nämnts, monterades villa 31 och 32 först, därefter villa 33 och sist villa 34. I figur 8.16 visas vilket elementindelningen med motsvarande numrering vilken var identisk för alla fyra villorna.

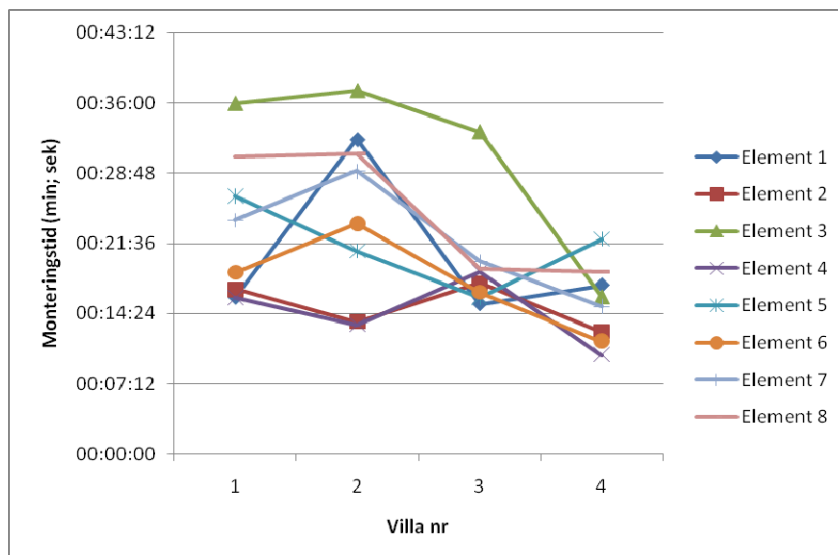


Figur 8.16 - Numrering av element

I figur 8.17 respektive 8.18 redovisas montagetiden för respektive element och villa. Som framgår av figurerna har villa 33 och 34 en något kortare montagezeit för respektive element jämfört med motsvarande element för villa 31 och 32. Det bör dock nämnas att åtta villor redan monterats innan de fyra som studerat i detta arbete vilket innebär att en viss inkörningseffekt borde redan ägt rum. Trots detta kan alltså en viss förbättring konstateras i våra mätningar. Som är framgår av figurerna är variationen i montagezeit för elementen något större i villa 31 och 32 jämfört med villa 33 och 34.



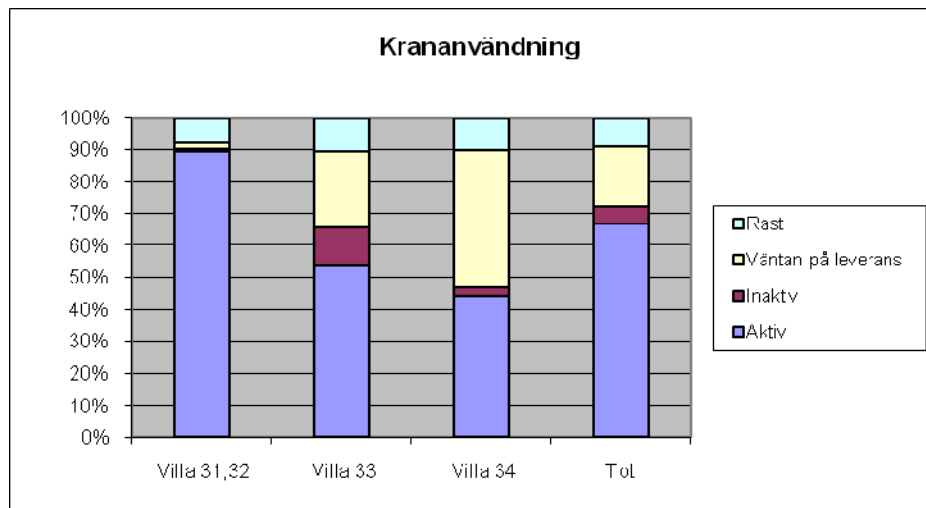
Figur 8.17 - Montagezeit för respektive element och villa



Figur 8.18 - Montagezeit för respektive element och villa

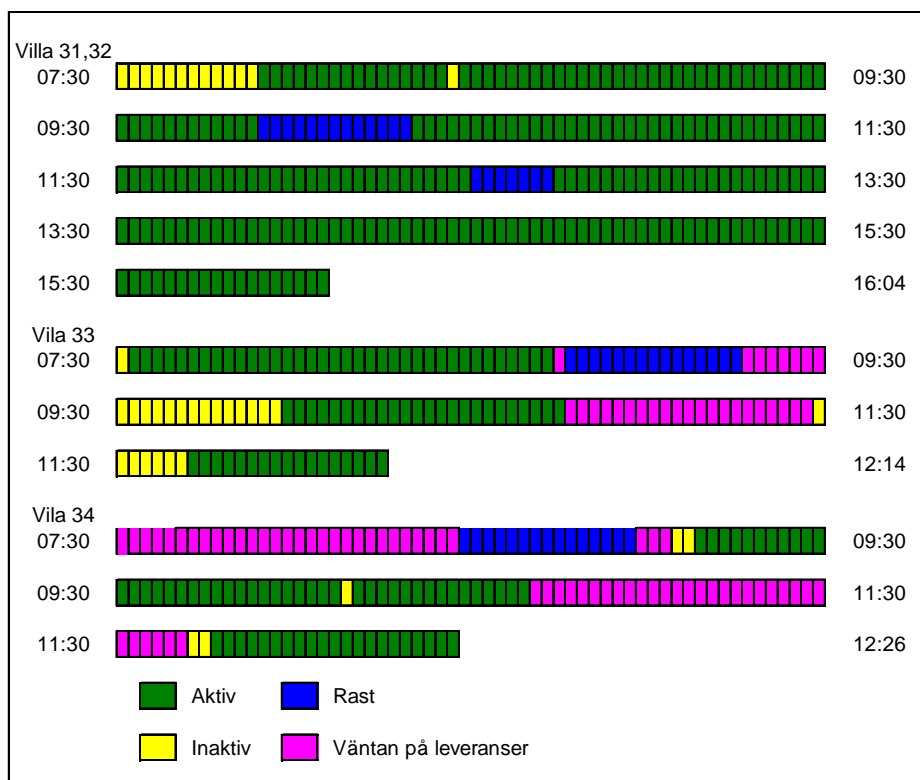
8.7 Krananvändning

Figur 8.19 redovisar kranaktiviteten vilken observerats i samband med elementmontaget av villa 31-34. Resultatet är baserat på 550 stycken observationer fördelade på tre olika mättillfällen. Observationerna startade kl 07:30 vid varje mättillfälle då detta var den avtalade starttiden för montagearbetet. I figuren redovisas då kranen är aktiv, inaktiv, inaktiv respektive väntar på leverans samt raster. Väntan på leverans innebär att kranen är inaktiv p.g.a. väntan på leveranser, rast innebär att montagelaget har tagit rast, inaktiv innebär att kranen är i vila och av någon anledning inte används. Som framgår av figuren är kranen aktiv 87 % av den observerade tiden för villa 31 och 32. För villa 33 och 34 är motsvarande tid 55 % respektive 45 % av observerad tid. Andelen tid då kranen är inaktiv p.g.a. väntan på elementleveranser från fabriken är 20 % för villa 33 och 42 % för villa 34. Motsvarande väntetid för villa 31 och 32 var någon enstaka procent. Totalt för de fyra villorna är kranen aktiv 67 % (genomsnittligt värde).



Figur 8.19 - Uppmätt krananvändning i samband med montaget av villorna

I figur 8.20 redovisas kranaktiviteten över dagen för samtliga villor. Varje markering (ruta) i figuren motsvarar en observation utförd varannan minut. Grön färg indikerar att kranen är aktiv, gul att kranen är inaktiv, rosa att kranen är inaktiv p.g.a. försenad leverans och blå färg markerar att montörerna har tagit rast. I figuren framgår det att kranen står oanvänd under långa perioder av dagen vilket framförallt gäller villa 34 där kranen står inaktiv på grund av försenade leveranser. Eftersom kranen till stor del utnyttjas endast för att montera elementen är dess aktivitet direkt kopplad till elementleveranserna.



Figur 8.20 - Krananvändning under montaget av villa 31-34

8.8 Resultat från produktionssäkerhetsmatris

Siffrorna till produktionssäkerhetsmatrisen har erhållits genom att videofilmerna för aktiviteterna 2-4 (villa 31-34), har analyserats och observationer med två minuters intervall har gjorts där det har noterats vilken typ av arbete som montörerna har utfört. Dessa har sedan delats in i olika kategorier som är förklarade i avsnitt 6.3. Värdena i produktionssäkerhetsmatrisen är angivna i minuter. Sammanställningen av PSM:en redovisas i figur 8.21. Som framgår av figuren är resultatparametrarna planerade och oplanerade stillestånd störst, 323 respektive 311 minuter. Det kan alltså konstateras att de oplanerade stillestånden är nästa lika stora som de planerade. Den största posten för de oplanerade stillestånden är faktorgrupp F, okända faktorer. Denna består dels av outnyttjad tid dels av de tillfällen då montagearbetarna inte kunde observeras på videofilmen. Den outnyttjade tiden borde kunna reduceras genom tydligare instruktioner om vad som ska göras då avbrott i ett arbete uppstår. En annan stor post som är relaterade till oplanerat stillestånd är väntan på leveranser. Med en förbättrad leveransplanering borde oplanerat stillestånd kunna reduceras. Även delen mobiltelefon/prat borde kunna reduceras för att få ett effektivare arbete. De planerade stillestånden är nödvändiga för att produkter skall kunna produceras och går därmed inte att helt reducera. Av figuren framgår att de kvalitetsrelaterade resultatparametrarna beror till största del av efterlagning av elementen.

	Q ₁ : Ytdefekter	Q ₂ : Geometriska avvikelser	S ₁ : Planerade stillestånd	S ₂ : Oplanerade stillestånd	∑ Faktorer
Medelvärde för villa 31-34					
A: Verktyg					16
A ₁ : Rengöring av material					0
A ₂ : Rengöring av material			9	7	16
B: Material/komponenter					123
B ₁ : Betongplatta	4	15			119
B ₂ : Väntan på material/leveranser				68	68
B ₃ : Element		3			3
B ₄ : Cementblandning			35		35
B ₅ : Felplacerade element					
C: Metod					288
C ₁ : Felpositionerade dubbhål					0
C ₂ : Felpositionerade borrhål					0
C ₃ : Felplacerade element				23	23
C ₄ : Efterlagning	64				64
C ₅ : Ritningsläsning			13		13
C ₆ : Framplockning			138		138
C ₇ : Bortplockning			52		52
C ₈ : Väntan på kran					0
D: Personal- och organisation					154
D ₁ : Rast			58		58
D ₂ : Diskussion med arbetsledare, instruktioner			20		20
D ₃ : Mobiltelefon/ prat				76	76
E Okända faktorer				138	138
∑ Resultatparametrar	67	18	323	311	

Figur 8.21 - Sammanställning av produktionssäkerhetsmatris för aktivitet 2-4

9 Analys och diskussion

9.1 Allmänt om genomförda mätningar

Målsättningen med arbetet har varit att ta fram ett mer detaljerat planeringsunderlag för montering av Combi-element samt även öka kunskapen om hur detta arbete kan förbättras. För att uppnå målsättningen har vi besökt en av Finjas fabriker där de tillverkar Combi-elementen i syfte för att öka kunskapen om tillverkningen. Vi har även videofilmat arbeten kopplat till monteringen av elementen. Videomaterialet har vi använt för att ta fram detaljerade uppgifter om montagetider och hur olika resurser användes.

9.2 Montagetider för Combi-element

9.2.1 Villa 31 och 32

Elementen för villa 31 och 32 monterades under en och samma dag. Montageordningen för elementen redovisas i tabell 9.1. Som framgår av tabellen är montageordningen för de båda villorna olika, ordningen styrdes av i vilken ordning elementen anlände till arbetsplatsen. För att optimera montaget av elementen bör leveransordningen för elementen alltid vara den samma det för att underlätta för montagearbetarna vilket underlättar hela montaget.

Tabell 9.1 - Montage ordning för villa 31 och villa 32

	Villa 31	Villa 32
	Mont. Ordn.	Mont. Ordn.
Element 1	1	1
Element 2	2	5
Element 3	7	6
Element 4	3	4
Element 5	5	3
Element 6	4	2
Element 7	6	8
Element 8	8	7

Genomsnittstiden för montaget av ett element var ca 24 minuter. Under montaget placerades element som skulle sitta på villa 32 istället på villa 31. Felet innebar att de felaktigt placerade elementen fick flyttas vilket påverkade montagetiden. Detta extraarbete motsvarade 4 % av den totala arbetstiden. Dessutom påverkades den totala montagetiden av den tid som krävdes för att identifiera var elementen skulle vara placerade. Leveranserna för montaget av villa 31 och 32 innebar inga förseningar.

Tiden för att montera elementen uppmättes till 38 % av den totala tiden vilket kan jämföras med 21 % för villa 34 respektive 25 % för villa 33. Efterlagningsarbetet utgjorde 3 % av den totala tiden vilket var lägre än för villa 33 och 34. Detta kan bero på att efterlagningarna utfördes dagen efter montaget av två montagearbetare som enbart utförde detta arbete och därför blev arbetet mer effektivt jämfört med de övriga villorna.

Det gick dock inte att urskilja några systematiska skillnader i utförandet vid montagen eller i samband med transporten av elementen för de olika villorna som kan relateras till behovet av efterlagningsarbete.

Montagekompletteringarna utgjorde 10 % av den totala tiden vilket är jämförbart med villa 33 och 34. Materialhämtning utgjorde 11 % av den observerade tiden vilket är jämförbart med villa 33 men betydligt lägre jämfört med villa 34.

Eftersom antalet montörer varierade beroende på vilken typ av arbetet som pågick vilket i sin tur hängde ihop med hur villorna monterades var det svårt att jämföra effektiviteten för samtliga arbetare. Det var dock alltid två montörer som var närvarande och mätningen visade att för villa 31 och 32, uppmättes den effektiva tiden till ca 80 % och den ineffektiva tiden till 13 %. Den höga andelen effektiv tid kan förklaras av att villorna monterades samtidigt vilket möjliggjorde att om det blev stillestånd i något arbetsmoment (t ex försenad leverans) kunde montörerna skifta till andra arbetsuppgifter i den andra villan.

9.2.2 Villa 33

Villa 33 monterades under en dag. Montageordningen för elementen är enligt tabell 9.2 nedan. Som framgår av tabellen är montageordningen olika både villa 31 och 32.

Tabell 9.2 - Montage ordning för villa 33

	Villa 33
	Mont. Ordn.
Element 1	4
Element 2	7
Element 3	5
Element 4	1
Element 5	2
Element 6	3
Element 7	8
Element 8	6

Den genomsnittliga montagetiden för de åtta elementen var 19.5 minuter per element vilket kan jämföras med 23 minuter för villa 31 och 32 respektive 15.5 minuter för villa 34. Orsaken till en längre montagetid för villa 33 jämfört med villa 34 var att i det senare fallet påbörjades undergjutningen innan lossning av element från lastbilen hade påbörjats vilket innebar att montagearbetet inte behövde invänta att undergjutningen skulle bli klar. Vid montaget av villa 33 uppstod försening av elementleveranser vilket stannade upp arbetet på byggarbetsplatsen. Andelen utnyttjad tid var ca 24 % vilket kan jämföras med 15 % för villa 34. Orsaken till en större andel utnyttjad tid var att då montörerna väntade på leveranser utnyttjades inte väntetiden till annat arbete som t ex förberedelser och städning.

Tiden för efterlagningsarbetet uppgick till 8 % vilket var mer än för övriga villor. Detta är nog dock bara en tillfällighet eftersom dessa element inte hade fler skador än övriga element utan att lagningsarbetet av någon anledning tog längre tid att utföra.

Montaget uppgick till 25 % vilket kan jämföras med genomsnittet för de fyra villorna som var 28 %. Montagekompletteringarna utgjorde 10 % vilket är genomsnittet för alla villorna. Villa 33 hade den högsta andelen utnyttjad tid på 24 % mot det genomsnittliga värdet som var 19 %. Detta beror på att vid montaget av villa 31 och 32 monterades två hus samtidigt och då fanns det alltid förberedande arbete att utföra på en villa när det uppstod stillestånd. På montaget av villa 34 var det ett mer erfaret arbetslag som utförde monteringen och förberedde kommande arbetsmoment när det uppstod stillestånd. Materialhämtning var 13 % av total tid vilket är jämförbart med villa 31 och 32 men lägre jämfört med villa 34.

9.2.3 Villa 34

Även villa 34 monterades under en dag. Montageordningen för elementen är enligt tabell 9.3 nedan.

Tabell 9.3 - Montage ordning för villa 34

Villa 34	
	Mont. Ordn.
Element 1	4
Element 2	6
Element 3	5
Element 4	1
Element 5	2
Element 6	3
Element 7	7
Element 8	8

Den genomsnittliga montagetiden uppmättes till 15.5 minuter. Detta var således en kortare montagetid jämfört med montagetiden för övriga villor. För denna villa användes ett annat, mer erfaret, arbetslag vilket bland annat innebar att de tillämpade en mera effektiv arbetsmetodik. Som exempel på hur detta arbetslag utnyttjade tiden var att då två personer höll på med slutjustering av ett element så påbörjade den tredje personen med undergjutning för det element som skulle monteras därefter. Jämfört med övriga villor var detta ett bättre utnyttjande av tiden där det ofta stod en montör och väntade till dess att justeringen var slutförd. Detta medförde att villa 34 hade den kortaste genomsnittstiden för montaget av elementen. Detta medförde även att montaget utgjorde 21 % av det totala arbetet vilket är lägre än genomsnittet vilket var 28 %.

Vidare observerades att montörerna var mera noggranna när elementen placerades på plattan vilket reducerade behovet av efterjusteringsarbetet. Detta bidrog också till en kortare montagetid.

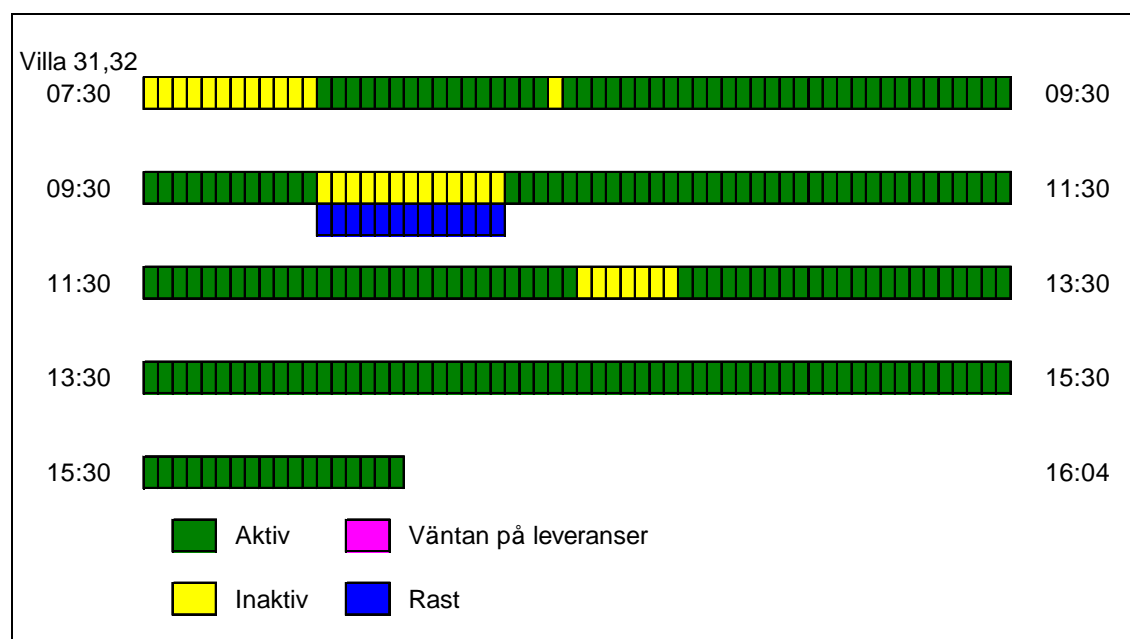
Som framgick i avsnitt 8.6 var det fler sena leveranser för villa 34 jämfört med övriga villamontage. Montagearbetarna utnyttjade en del av väntetiden till att flytta och städa undan material men trots detta så uppmättes utnyttjad tid till 15 %.

Efterlagningsarbetet utfördes samma dag som elementmontaget. Andelen efterlagning utgjorde 7 % av den totala arbetstiden vilket är jämförbart med villa 34.

Det bör även noteras att för villa 34 utgjorde materialhämtning 23 % av tiden vilket är mer än för övriga villor. Detta beror dels på att när det uppstod stillestånd arbetade montagelaget med förberedelser inför kommande arbetsmoment vilket innebar att verktygen flyttades vidare till nästa moment och sedan tillbaka till föregående moment igen vilket lede till en högre andel materialhämtning.

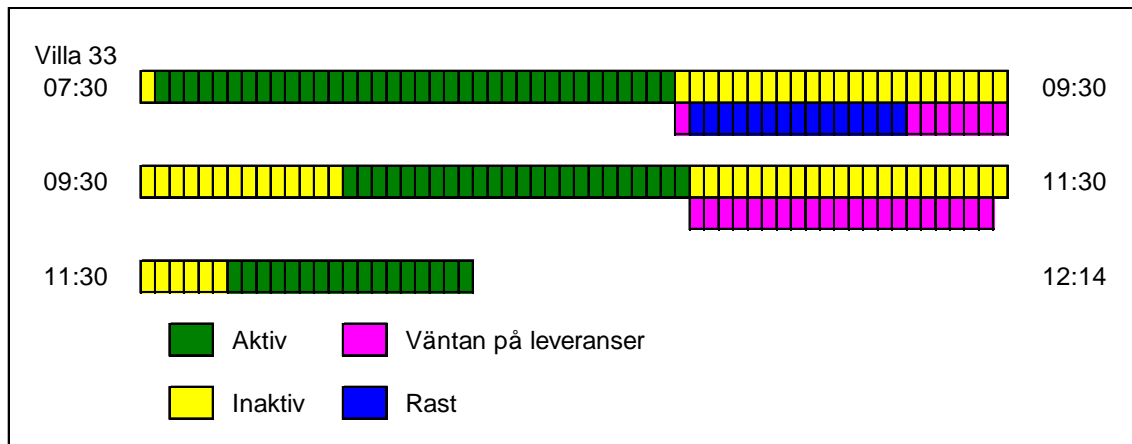
9.3 Kranutnyttjande

I figur 9.1 redovisas uppmätt kranaktivitet i samband med montaget av villa 31 och 32. I figuren är även uttagna raster och stilleståndstid orsakad av försenade elementleveranser markerade. Som framgår av figuren har montörerna tagit ut rast i samband med väntan på leveranserna. Trots detta orsakade förseningarna att montörerna stod överksamta på arbetsplatsen. Som en följd av detta uppgick kranutnyttjandet till 89 % vilket får anses vara optimal användning för kranen. Detta talar för ett dubbelmontage vid hänsyn till krananvändandet.

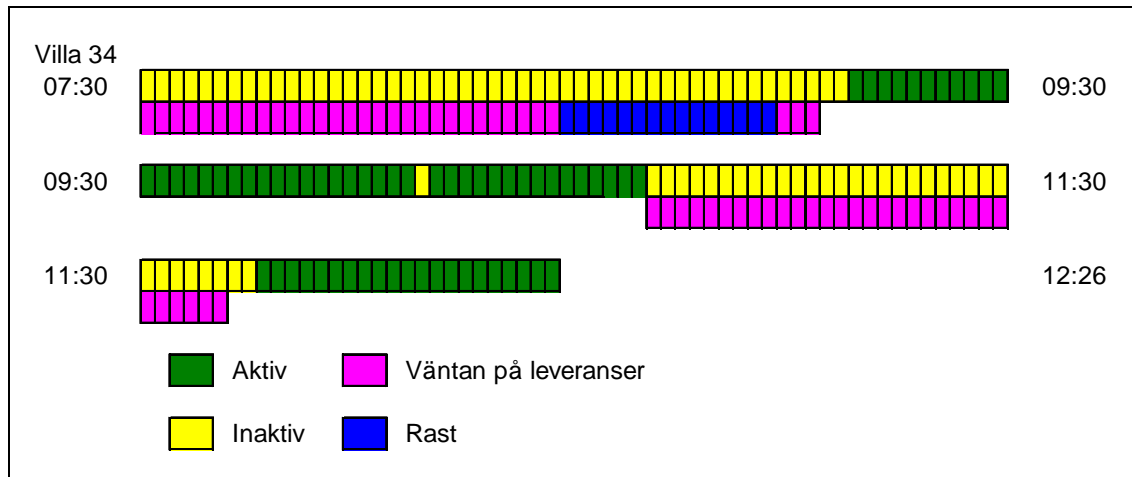


Figur 9.1 - Krananvändningen för villa 31 och 32

I figur 9.2 och 9.3 redovisas kranaktiviteten för villa 33 respektive 34. I figurerna framgår tydligt att kranens stillestånd beror på försenade leveranser. Det är värt att notera att avtalad montagestart var 07:30 för samtliga villor men att montagestarten påbörjades enligt plan för villa 31 och 32. Detta berodde dock inte på försenade elementleveranser utan istället på att mobilkranen och montagelaget var försenade. Den totala krananvändningsgraden för villa 33 respektive 34 blev 54 % samt 44 %. Dessa siffror är låga beroende på de långa väntetiderna som uppstod vid montagen.



Figur 9.2 - Krananvändningen för villa 33



Figur 9.3 - Krananvändning för villa 34

I tabell 9.4 nedan syns det hur krannärvaron har varit under respektive montage. I samma tabell syns även den optimala krananvändningen vilket är den tiden som kranen hade behövts ifall inte leveranserna hade varit försenade. Ser man till antalet krantimmar är det alltså fördelaktigare att montera en villa per dag jämfört med två. I verkligheten tillkommer dock framkörningskostnader för kranmobilen. En anledning till att kranen hade längre användningstid för villa 31 och 32 var att genomsnittstiden för montaget blev längre p.g.a. felpplacerade element.

Tabell 9.4 - Krannärvaro och optimal krananvändning

	Villa 31, 32	Villa 33	Villa 34
Krananvändning	8,6 h	5 h	4,8 h
Optimal krananvändning	8,6 h	3,5 h	3,3 h

Tabell 9.5 – Krananvändning för villa 31-34

Villa	Utnyttjande grad för kran, i %.
31,32	89
33	54
34	44

9.4 Inkörningseffekt

I arbetet undersöktes även om det uppstod någon form av upprepningseffekt i samband med elementmontaget. Själva monteringsarbetet får anses var väldefinierat och skiljer sig inte åt mellan elementen. Resultatet visar att montagetiderna per element är något längre för villa 31 som monterades först jämfört med villa 34 som monterades sist. Villa 32 hade längst montagetid vilken uppmättes till 3.3 timmar och var en av de två villorna som monterades först. Den villa med kortast montagetid var villa 34 som också monterades sist. Montagetiden för villa 34 uppmättes till 2 timmar.

Om vi jämför det första montaget, villa 31, till och med det sista montaget, villa 34, har montagetiderna minskat i stort sett för varje element. Det enda elementet som inte har minskat i montagetid är element 4 som har legat på ungefär samma montagetider på alla fyra villorna. För element tre syns den tydligaste förkortningen i montagetid. För villa 31 och 32 hade element 3 ca 36 minuters montagetid som sedan minskade till ca 33 minuter för villa 33 och sedan ytterligare ned till 16 minuter för villa 34. Vid en översikt för genomsnittstiderna för elementen för dubbelmontaget av villa 31 och 32 är genomsnittstiden för montaget av elementen ungefärligt på samma nivå. Genomsnittstiden för villa 33 är något lägre än för villa 31 och 32 och för villa 34 är tiderna lägre jämfört med villa 33 för nästan alla element. Minskningen av montagetider kan bero på en inkörningseffekt. Det bör dock nämnas att ett annat arbetslag monterade villa 34 som var mer erfaret vilket naturligtvis inverkar positivt.

Det har monterats åtta villor i projektet innan de fyra som studerades i detta arbete. Eftersom någon tydlig inkörningseffekt inte kunnat påvisas är det troligt att den största inkörningen redan är avklarad.

Samtidigt har uppföljningen visat på att elementleveransernas punktlighet har en stor påverkan på montagetiden för denna byggmetod.

9.5 Produktionssäkerhetsmatris

Som det går att utläsa ur produktionssäkerhetsmatrisen redovisad i tabell 8.13 uppmättes de planerade stillestånden till 311 minuter, de oplanerade stillestånden till 323 minuter. De kvalitetsrelaterade resultatparametrarna uppmättes till 85 minuter. Det är alltså tydligt att det är stillestånden som är de största problemen vid montaget. De planerade stillestånden beror i första hand på framplockning av material (43 %). Anledningen till att tiden för materialtransport var så dominerande var att arbetet framskred på flera fronter vilket medförde ett stort behov av att flytta på utrustning och material. De oplanerade stillestånden orsakades främst av okända faktorer (44 % av de oplanerade stillestånden). Okända faktorer motsvarar till stor del outnyttjad tid. Andra faktorer som påverkade andelen oplanerade stillestånd var mobiltelefonsamtal (24 %) och väntan på materialleveranser (22 %). Efterlägningsarbetet av element stod för 7,5 % av de kvalitetsrelaterade parametrarna.

De oplanerade stillestånden där väntan på leveranser och mobiltelefonsamtal står för 25 respektive 22 % borde helt kunna reduceras. Även posten okända faktorer skall kunna reduceras avsevärt då denna främst består av tid då arbetarna inte har varit aktiva av någon anledning. Denna post var minst på villa 34 där det var mer erfarna montagearbetare som skiftade arbetsuppgifter då inte pågående arbete kunde fortsätta. När det däremot uppstod dröjsmål vid montaget av villa 31 och 32, blev ofta arbetarna stående inaktiva. Denna post går inte att helt eliminera men stora delar borde gå att reducera utifall montagearbetarna gick vidare och förberedde uppgifter inför nästkommande moment. Lösningar för att minska de planerade stillestånden är inte lika uppenbara. En person skulle t.ex. kunna utses att ansvara för flytt av material och utrustning för att undvika att montörerna använder sin tid för detta. Det är dock tveksamt om detta medför någon ekonomiskt besparing för projektet.

9.6 Sammanfattande analys 31-34

En central del i arbetet har varit att ta fram ett detaljerat underlag för planering av montage av Combi-element. Den genomsnittliga montagetiden per element uppmättes till drygt 21 minuter räknat på tre montörer. Den längsta montagetiden uppmättes till ca 37 minuter och den kortaste till ca 10 minuter.

Montagetiden påverkas av faktorer som leveranspunktighet, kompetens och inlärningsförmåga hos montagearbetarna, elementens storlek och utformning, väder och vind. Många av dessa faktorer påverkas av de förberedelser och planering som gjordes innan montaget påbörjades. Ju noggrannare och mer exakt planeringen är, desto större chans att montaget går som planerat. Leveransplanering är en av de faktorer som påverkar processen mest, om inte elementen är på plats vid montagetillfället blir hela processen stoppad och det uppstår onödigt väntetid. En annan faktor som är viktig är förmågan och viljan att lära sig hur de olika elementen skall monteras samt hur man löser de problem som vanligtvis uppstår. Detta kallas inkörningseffekt. Just inkörningseffekten har varit svår att tolka p.g.a. det fåtal villor som vi dokumenterat och det faktum att olika montagelag varit involverade. En viss förbättring har kunnat påvisats men för att få en tydligare bild över inkörningseffekten hade det varit önskvärt att studera alla 14 villor som byggs i området Gustavslund. Vi kan samtidigt konstatera att bristande logistik har en större betydelse än inkörningseffekten för de villor som studerats i detta arbete.

I resultatdelen i avsnitt 8.1.2 redovisas metod- och APL-tider för villa 31-34 nedbrutet på aktivitetsnivå. APL-koefficienten vilken anger förhållandet mellan drifttid och APL-tiden och ger en fingervisning om hur mycket utnyttjad tid som finns i olika aktiviteter. En högre APL-koefficient visar en lägre andel avbrott och stillestånd och således en högre effektivitet. APL-koefficienten kan användas som nyckeltal för jämförelser, t.ex. kan man använda sig av ett referensobjekt och låta det objektet sätta gränserna eller målen för kommande objekt. Vi anser att om man skall kunna optimera en process som monteringen av Combi-element måste man bryta ner processen så långt som möjligt. Helheten är givetvis viktigast men för att synliggöra problemen är det nödvändigt att studera ingående arbetsmoment i detalj.

9.7 Rekommendation för effektivt elementmontage

Fastän den uppmätta montage tiden för villa 31 och 32 var längre jämfört med villa 33 och 34, förespråkar vi att villor monteras parvis. Om man väger singelmontage mot dubbelmontage mot varandra så finns det både positiva och negativa saker med båda. Vi anser att det väger över att montera två villor dag 1 och återvända dag 2 och utföra det arbete som är kvar. Ett skäl är krankostnaden. Om två villor monteras samtidigt under en dag krävs endast en etablering jämfört med om en villa monteras vid två olika tillfällen. Detta är inte bara ekonomiskt fördelaktigt utan även bra miljömässigt då antalet krantransporter minimeras. Vi anser också att det är enklare att arbeta in tid om man monterar två villor vid samma tillfälle. En nackdel med att montera villorna parvis är att om någonting går fel är risken större att efterlägningsarbetet inte blir klart och att montagelaget får återkomma vid en annan tidpunkt för att färdigställa detta arbete vilket leder till ineffektivitet.

För att komma tillrätta med logistikproblemet som uppstod vid dessa montage skulle det redan vid projekteringskedet kunna analyseras vilka körsträckor som skall användas och med hjälp av GPS-teknik ta fram mera exakta körtider med hänsyn till avstånd och trafiksituation redan i planeringsskedet.

9.8 Mätningarnas tillförlitlighet och möjliga felkällor

Metoden att bryta ner processen i arbetsmoment och sedan videofilma dessa har visat sig fungera väl för att få fram detaljerade data avseende tider och hur olika resurser används. Videofilmning ger dessutom en hög tillförlitlighet eftersom materialet kan granskas i efterhand vilket minskar risken för feltolkning och det är enkelt att få fram exakta start- och sluttidpunkter för olika arbetsmoment. Det upplevdes heller inte som något problem från yrkesarbetarna att de blev filmade när de arbetade och att detta inte påverkade deras prestation. Metoden är generell och kan användas för att studera alla typer av byggrelaterade arbetsprocesser. Även de analysmetoder som t ex PSM har visat sig vara ett bra sätt för att få en överblick av olika typer av störningar (kvalitetsbrister och stillestånd) och vad de orsakas av. Att systematiskt och kontinuerligt utföra mätningar är en viktig förutsättning för att få fram objektiva data som underlag för att bedriva förbättringsarbete.

De mätresultat som presenteras i arbetet anser vi ha en hög tillförlitlighet. Alla data är baserade på filmade arbetsmoment. För att undvika oklarheter i tolkning av videomaterialet har vi följt en på förhand framtagen klassificering. Däremot är det svårare att säga hur generella montage tiderna är då endast fyra villor har studerats.

Möjliga felkällor kan exempelvis vara att det ibland var oklart huruvida ett arbetsmoment faktiskt var avslutat eller inte. En tydlig klassificering av de olika arbetsmomenten minskar dock risken för detta. Eftersom endast fyra villor har studerats kan händelser som normalt påverkar utfallet inte ha inträffat under mätperioden eller omvänt att någon ovanlig händelse inträffar och som därmed bidrar med en onormalt stor inverkan på utfallet. Vid vissa tillfällen har flera arbetsmoment utförts samtidigt på olika ställen vilket kan innebära en ökad risk för att viktiga händelser inte kommit med på videoupptagningen

10 Slutsatser

De metoder som har använts för att analysera filmade arbetsmoment har visat sig vara användbara analysverktyg för att göra detaljerad tidsuppföljning. Metoderna är generella och passar såväl projekt likartade Gustafslund som andra typer av byggprojekt. APL-koefficienter kan vara användbara för att få en överblick av effektiviteten i studerat projekt och för att jämföra mellan olika projekt. PSM kan vara lämplig för att kartlägga förekomsten av olika störningar och vad dessa beror på. Videofilmning av arbetsmoment ger dessutom en hög tillförlitlighet vid framtagning av tidsuppgifter.

Den genomsnittliga montage tiden per element uppmättes till ca 21 minuter för de fyra villorna. Den utnyttjade tiden var i genomsnitt 18 %. Mätningarna visar att montage av villa 34 var totalt sett mest effektivt. Den genomsnittliga montage tiden var lägst för villa 34 samtidigt som spridningen mellan varje enskilt element var lägre. Fastän vissa brister i elementleveranserna medförde störningar för denna villa utnyttjade montörerna väntetiden till att förbereda kommande arbeten. Mätningarna visade också på en viss förbättring mellan den villa som monterades först och den villa som monterades sist. Arbetet har visat att brister i logistiken har en stor inverkan på montagearbetet. Försenade leveranser medför oönskad väntan och ineffektivt utnyttjande av montörer och kran.

När det gäller de fem aktiviteter som studerats så har även vissa goda exempel identifierats som bidrar till ett effektivare montagearbete. Genom att undergjuta nästföljande element utnyttjas väntetiden för montörerna och ett bättre ”flyt” i arbetet fås vilket även förkortar montage tiden. Ett annat sätt att bättre utnyttja tiden vid försenade elementleveranser är att montörerna övergår till att utföra efterlagning och montagekomplettering av redan monterade element. Vidare bör fogningsarbete utföras för alla villor vid ett och samma tillfälle och inte utspritt över tiden som var fallet i Gustavslund. Fogningen bör dessutom utföras innan stuprören monteras för att undvika extra arbete.

För att utnyttja montagearbetarna effektivt förespråkar vi att montagelaget består av tre montörer. I de fall där det har varit fyra montörer närvarande har en montör ofta blivit stående inaktiv. Två montörer är dock för lite eftersom det behövs två personer som styr elementen vid montage och en tredje som instruerar kranföraren.

För att utnyttja erfarenheten och inkörningseffekterna förespråkar vi även att samma montage lag används till alla montage vid liknande projekt. Detta bidrar till att bättre ta till vara erfarenheter och att successivt förbättra montagearbetet vilket i sin tur bidrar till en sänkt montage tid. Det ger även fördelar vid uppkomst av problem eftersom dessa ofta är likartade problem och som då montage laget kan lösa på ett effektivare sätt baserat på tidigare erfarenheter.

Sett till montageordning förespråkar vi att monteringen av villorna sker parvis. Detta medför att om det skulle uppstå logistikproblem på den ena villan finns det alltid arbeten som kan utföras på den andra villan. Detta bidrar till att det blir mindre inaktiv tid för montage lag och bättre utnyttjande av tiden. En annan positiv effekt är att krankostnaden kan reduceras.

För att minska de logistiska problemen föreslår vi att GPS-teknik utnyttjas. Detta medför att leveranserna blir mer punktliga och följer avtalad leveransplan. Det är även viktigt att elementen alltid levereras i samma ordningsföljd för att undvika förvirring på arbetsplatsen.

11 Referenser

Böcker

Adler Peter. (2005) *Bygga industrialiserat*, Svensk byggtjänst, Stockholm.

Andersson, T., Börjesgård, M-M., Edlund, R., Eklund, P., Franzén, A., Jonsson, L., Knutsson, U., Rosengren, A. (2004) *Kataloghuset – det egna hemmet i byggsats Byggföretaget*, Värnamo och Farsta.

Engström, Björn. (2004) *Beräkning av betongkonstruktioner*, Institutionen för konstruktion och mekanik Chalmers Tekniska Högskola.

Ljungberg, Anders & Larsson, Everth. (2005) *Processbaserad verksamhetsutveckling*, Studentlitteratur, Lund.

Lundin, Sievert & Ålund, Stig. (1972) *Produktionsdata*, Byggförbundet.

Ståhl, Jan- Erik. (2007) *Industriella Tillverkningsystem- Länken mellan teknik och ekonomi*, Industriell Produktion/MTV, LTH vid Lunds Universitet.

Internet

Bekon. www.bekon.lth.se, informationen hämtad 2008-11-05.

Betongbanken. www.betongbanken.se, informationen hämtad 2008-11-04.

Bygga med Prefab. www.byggamedprefab.se, informationen hämtad 2008-07-04.

Ekostyr. www.ekostyr.com, informationen hämtad 2008-11-08.

Finja. www.finja.se, informationen hämtad 2008-08-07.

Kynningsrud. www.kynningsrud.se, informationen hämtad 2008-11-04.

Leanforumbygg. www.leanforumbygg.se, informationen hämtad 2008-11-11.

NCC. www.ncc.se, informationen hämtad 2008-07-07.

Ne (A). www.ne.se, information hämtad 2006-03-28.

Ne (B). www.ne.se, information hämtad 2007-07-16.

SCB. www.scb.se, informationen hämtad 2008-10-29.

Skandinaviska. www.skandinaviska.com, informationen hämtad 2008-11-21.

Villaportalen. www.villaportalen.se, informationen hämtad 2008-11-03.

Artiklar

Lessing, Jerker. (2006) *Industriellt byggande*, Väg och vattenbyggaren 3.

Rapporter

Hyll, Henrik (avd för Teknisk Logistik LTH) & Lessing, Jerker (Avd för Byggnadskonstruktion LTH Campus Helsingborg). (2004) *Industrialisering av bostadsbyggandet under 1900-talet*.

Lessing, Jerker. (2006) *Industrialised House-Building – Concept and Processes*, Licentiatavhandling, Avdelning för projekteringsmetodik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Strängbetong. (2003) Stomsystem för bostadshus.

Intervjuer

Svensson, Peter, Säljare/elementansvarig Finja Betong AB, 2008-09-05, Hässleholm.

Löpande kontakter:

Amilon, Östen, Arbetsledare NCC, 2008-07-01 till 2008-11-01, Helsingborg.

Hjalmarsson, Niklas, Arbetsledare NCC, 2008-07-01 till 2008-11-01, Helsingborg.

Petäjä, Tony, Entreprenadchef NCC, 2008-07-01 till 2008-11-01, Helsingborg.

Thomasson, Mikael, Platschef NCC, 2008-07-01 till 2008-11-01, Helsingborg.

Billaga A

Aktivitet: 2, Element montage

Datum: 080922

Objekt: Villa 34

Starttid: 07:36

Sluttid: 14:46

Aktiv personal: 3

	Montage	Montage komplettering	Efterflagningar	Indirekt arbete	Instruktioner	Verktygshantering	Outnyttjad tid	Material hämtning	Rast	Fel arbete/ omarbete
07:36							3			
07:38							3			
07:40							3			
07:42							3			
07:44							3			
07:46							3			
07:48							2	1		
07:50								3		
07:52				2				1		
07:54				1				2		
07:56				1				2		
07:58								3		
08:00				1				2		
08:02								3		
08:04				1				2		
08:06				1	2					
08:08				1				2		
08:10				1				2		
08:12				1				2		
08:14				1			1	1		
08:16					3					
08:18				1	2					
08:20							1	2		
08:22									3	
08:24									3	
08:26									3	
08:28									3	
08:30									3	
08:32									3	
08:34									3	
08:36									3	
08:38									3	

	Montage	Montage komplettering	Efterlagningar	Indirekt arbete	Instruktioner	Verktygshantering	Outnyttjad tid	Material hämtning	Rast	Fel arbete/ omarbete
08:40									3	
08:42									3	
08:44									3	
08:46									3	
08:48									3	
08:50									3	
08:52							3			
08:54							3			
08:56							3			
08:58							3			
09:00							3			
09:02							3			
09:04								3		
09:06				2				1		
09:08	3									
09:10	1									
09:12	1							2		
09:14	3							2		
09:16	3									
09:18	1			1				1		
09:20				1				2		
09:22		1						2		
09:24	2	1								
09:26	3									
09:28	3									
09:30	3									
09:32	2						1			
09:34	2						1			
09:36	1						2			
09:38	1							2		
09:40	3									
09:42	2							1		
09:44	2	1								
09:46	2							1		
09:48		3								
09:50	1	2								
09:52	2	1								
09:54	3									
09:56		2						1		
09:58	3									

	Montage	Montage komplettering	Efterlagningar	Indirekt arbete	Instruktioner	Verktygshantering	Outnyttjad tid	Material hämtning	Rast	Fel arbete/ omarbete
10:00	2						1			
10:02	3									
10:04	3									
10:06	1							2		
10:08	1							2		
10:10	1	1						1		
10:12	1	1					1			
10:14	2							1		
10:16	3									
10:18								3		
10:20	3									
10:22	3									
10:24		1						2		
10:26	1	1						1		
10:28		1					2			
10:30	2							1		
10:32	3									
10:34	3									
10:36	2						1			
10:38	3									
10:40	2	1								
10:42		1						2		
10:44				1				2		
10:46		1					2			
10:48		1		2						
10:50		2		1						
10:52		1						2		
10:54								3		
10:56		1								
10:58		2						1		
11:00		2						1		
11:02										
11:04	1	2								
11:06		1								
11:08		1		1				1		
11:10		1						1		
11:12		2					1			
11:14		1						2		
11:16								1		
11:18		1								
									2	
									2	

	Montage	Montage komplettering	Efterlagningar	Indirekt arbete	Instruktioner	Verktygshantering	Outnyttjad tid	Material hämtning	Rast	Fel arbete/ omarbete
11:20					2			1		
11:22					2		1			
11:24							1	2		
11:26							1	2		
11:28						1		2		
11:30						1		2		
11:32		1					1	1		
11:34		1					2			
11:36		1					2			
11:38							2	1		
11:40	1				2					
11:42					3					
11:44	2			1						
11:46	2						1			
11:48	3									
11:50	2						1			
11:52	3									
11:54	3									
11:56	3									
11:58	3									
12:00	1						2			
12:02	1						2			
12:04	1						2			
12:06	3									
12:08	2							1		
12:10	3									
12:12	3									
12:14							1	2		
12:16	3									
12:18	3									
12:20	2						1			
12:22				1			2			
12:24				1			2			
12:26									3	
12:28									3	
12:30									3	
12:32									3	
12:34									3	
12:36									3	
12:38									3	

	Montage	Montage komplettering	Efterlagningar	Indirekt arbete	Instruktioner	Verktygshantering	Outnyttjad tid	Material hämtning	Rast	Fel arbete/ omarbete
12:40									3	
12:42									3	
12:44									3	
12:46									3	
12:48									3	
12:50									3	
12:52									3	
12:54							3		3	
12:56							3			
12:58							3			
13:00										
13:02			1					2		
13:04		1	1					1		
13:06		2	1							
13:08		1	1					1		
13:10			2	1						
13:12		2		1						
13:14				1				2		
13:16		2		1						
13:18		2						1		
13:20		1						2		
13:22		1						2		
13:24		2				1				
13:26		2				1				
13:28		2				1				
13:30						1		2		
13:32		1					2			
13:34		1					2			
13:36		3								
13:38		3								
13:40				1				2		
13:42				1				2		
13:44				1				2		
13:46				1				2		
13:48				1				2		
13:50				1				2		
13:52			1					2		
13:54			1					2		
13:56			1					2		
13:58			1					2		

	Montage	Montage komplettering	Efterlagningar	Indirekt arbete	Instruktioner	Verktygshantering	Outnyttjad tid	Material hämtning	Rast	Fel arbete/ omarbete
14:00			3							
14:02			3							
14:04			2					1		
14:06			1				1	1		
14:08			2				1			
14:10			2					1		
14:12			2							
14:14			1					2		
14:16			2							
14:18			2					1		
14:20			2				1			
14:22			1					2		
14:24			2				1			
14:26			2					1		
14:28			2	1						
14:30			2				1			
14:32			2					1		
14:34			2					1		
14:36			2					1		
14:38								1		
14:40								2		
14:42							2	1		
14:44										
14:46								3		
Σ	264	132	94	70	54	18	196	288	180	0
%	0,204	0,102	0,073	0,054	0,042	0,014	0,151	0,222	0,139	0,000

Sammanfattning:

Total:									
Rast:	1296	min			Montör 1: Rast:	432			min
Tot tid:	180	min			Tot tid:	60			min
Effektivtid:	920	min			Effektivtid:	342			min
Ineffektivtid	196	min			Ineffektivtid	30			min
Montör 2:									
Rast:	432	min			Montör 3: Rast:	432			min
Tot tid:	60	min			Tot tid:	60			min
Effektivtid:	312	min			Effektivtid:	266			min
Ineffektivtid	60	min			Ineffektivtid	106			min