

2010 ; 8 ABE

Skalvägg kontra platsgjutet

en tids- och kostnadsstudie

Byggnadsteknik KTH

Half shell precast walls compared to traditional site cast walls



Architecture and the Built Environment

VT 2010

Synopsis

Titel:	Skalväggar kontra platsgjutet.
Författare:	Henrik Eiderbrant, henrik.eiderbrant@gmail.com Alexander Blomqvist, Alex.blomqvist@gmail.com
Handledare:	Niklas Ericsson, Skandinaviska Byggelement AB, Katrineholm
Examinator:	Sven Dahlström, KTH
Syfte:	Undersöka och sammanställa skillnader tids- och kostnadsmässigt vid byggnation med skalväggar respektive platsgjutna väggar. Detta ska leda fram till ett översiktligt underlag för att jämföra de totala kostnaderna för dessa byggmetoder.
Nyckelord:	Tidsstudie, kostnadsjämförelse, skalvägg, betongvägg

Sammanfattning

Rapporten är en jämförande analys av byggnadsmetoder för bärande innerväggar i betong. Studien inriktar sig på halvprefabricerade skalväggar tillverkade av Skandinaviska Byggelement som jämförs med platsgjutna innerväggar. Vi har undersökt byggnadsmetoderna ur ett helhetsperspektiv och vägt in fördelar och nackdelar rörande tids- och kostnadsdifferenser.

Vi har genomfört tidsstudier för att upprätta underlag för jämförelse av enhetstider och skillnad i total entreprenadtid för ett byggprojekt. Studien har bedrivits mot ett byggnadsprojekt i Sickla där PEAB uppför ett område med flerbostadshus, Ekudden.

Användandet av skalväggar gör att den totala byggtiden reduceras med ca 15 % mot platsgjutet.

Ett byggprojekt som förbrukar mindre tid med färre dagar som inkluderar löpande kostnader blir mer kostnadseffektivt. Byggplatsomkostnader och byggadministration är stora kostnadsposter som oberoende av aktivitet på byggarbetsplatsen förblir en löpande kostnad under hela byggperioden.

Abstract

This report is a comparative analysis of methodologies to build load-bearing walls of concrete. The study focuses on the half shell precast walls made by Skandinaviska Byggelement, compared to traditional site cast walls. We have studied the methods from a holistic perspective and considered advantages and disadvantages in terms of time and cost differences. We have conducted time studies in order to establish a basis for comparison of unit times and difference in overall contract time for a construction project. The studies have been conducted on a project in which PEAB builds an area of apartment buildings known as Ekudden.

Innehåll

1. Inledning	1
2. Bakgrund	1
3. Syftet	2
4. Målformulering	3
5. Avgränsningar	3
6. Lösningsmetoder	4
Litteraturstudie	6
Besök i fabrik.....	7
Intervjuer	7
Tidsmätningar	7
7. Nulägesbeskrivning	8
Branschen	8
Skandinaviska Byggelement	8
8. Genomförandet.....	9
Planering av datainsamling	9
Litteraturstudier	9
9. Genomförande.....	10
Mätningar	10
Intervjuer	10
Sammanställning och analys.....	10
10. Objektsbeskrivning Ekudden.....	11
11. Allmänt om betong och gjutning.....	12
12. Beskrivning av byggmetoderna.....	13
Kvarsittande form	14
12.1.1 Skalväggar	14
12.1.2 Plattbärlag.....	15
Platsgjutna väggar och formsystem	16
12.1.3 Systemform.....	17
12.1.4 Bostadsform – ensvärdsform	17
13. Montagebeskrivning	18
Skalväggar	18
Platsgjuten vägg.....	19

14. Metodik	22
Intervjuer	22
Tidsmätning.....	24
Värdeflödesanalys.....	25
Lean Production	26
14.1.1 Slöseri.....	26
14.1.2 Lean Construction.....	28
15. Datainsamling	29
Besök på fabriken i Katrineholm.....	29
Besök på byggarbetsplats	29
Intervjuer	30
Tidsmätningar - Undersökning av enhetstider.....	30
16. Analys	31
Materialkostnad	31
Projekteringstid	31
Lean Production	32
Grafisk Värdeflödesanalys	34
17. Slutsatser	37
18. Diskussion.....	39
19. Referenser	40
20. Bilagor.....	42
Intervju 1	A
Intervju 2	B
Intervju 3	C
Beräkning enhetstider	D
Ekonomisk kalkyl platsgjutet	E
Ekonomisk kalkyl skalvägg.....	F
Tidsmätning 1.....	G
Tidsmätning 2.....	H
Montageritning	I

1. Inledning

Denna studie omfattar 15 högskolepoäng motsvarande 10 veckors arbete som ett avslutande projekt på vår treåriga högskoleingenjörsutbildning inom byggteknik och design på KTH i Stockholm.

Det är på uppdrag från PEAB och Skandinaviska Byggelement som vi genomfört denna studie.

2. Bakgrund

Klimatet i byggbranschen präglas allt mer av kostnadsjakt och strävan efter korta byggtider. Då borde valet av byggnadsmetod och material till stor del styras av den totala byggtiden och totala kostnaden för entreprenaden.

Idag bygger man till stor del med halvprefabricerade plattbjälklag medan halvprefabricerade väggar, skalväggar, används i förhållandevis liten utsträckning.

Vi har av Skandinaviska Byggelement fått i uppdrag att undersöka fördelar och nackdelar mellan de båda byggmetoderna.

Det som Skandinaviska Byggelement anser vara avgörande vid val av byggmetod är den ekonomiska faktorn, där man anser att entreprenörernas beräkningsmodeller och kalkyler ofta är missvisande.

3. Syftet

Syftet med arbetet är att belysa hur den totala byggtiden påverkar projekten ekonomiskt och utifrån denna faktor skapa ett underlag för entreprenörers värdering av vilket byggnadsmetod, platsgjutet eller skalväggar som lämpar sig bäst.

Utredningar av de båda byggnadsmetoderna skall visa hur mycket den totala byggnadstiden förkortas och därmed vilken ekonomisk vinning entreprenörerna kan göra med hänsyn till lägre:

- Arbetsplatsomkostnader
- Bundet kapital
- Bemanningskostnad
- Byggnadstid

Frågeställning

Hur påverkas den totala entreprenadkostnaden vid byggnation med skalväggar istället för med platsgjutna väggar?

4. Målformulering

Målet med arbetet är att påvisa vilken av byggnadsmetoderna mellan skalväggar respektive platsgjutna väggar som är den fördelaktigaste vid bostadsbyggande.

Genom att utvärdera de tekniska och ekonomiska förhållanden som skiljer de båda byggnadsmetoderna ta fram en anvisning som visar vilka tids och kostnadsskillnader valet av byggnadsmetod innebär.

5. Avgränsningar

Undersökningen behandlar endast platsgjutna och halvprefabricerade innerväggar. Vi kommer jämföra enhetstider mellan de två typerna av väggar samt räkna på hur mycket den totala entreprenadkostnaden skiljer sig.

Ämnet är avgränsat till följande två områden:

- Tidsstudie för mätning och bedömning av enhetstider för montering av skalväggar
- Ekonomisk jämförelse

Platsgjutna väggar

I rapporten genomförs ingen praktisk undersökning av hur lång tid det tar att platsgjuta innerväggar. Istället används framräknade tabellvärden, då enhetstider och kostnader anses väldokumenterade och beprövade.

6. Lösningsmetoder

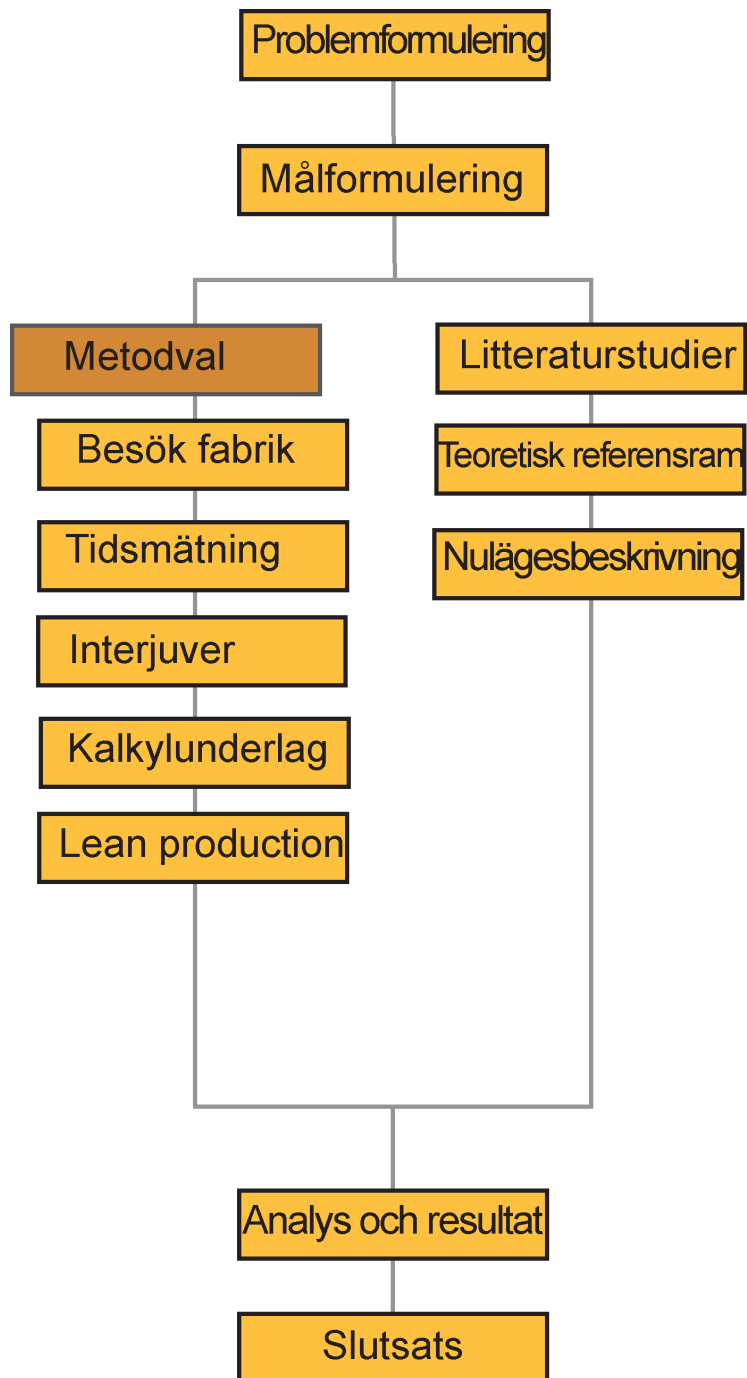
För att komma fram till hur uppgiften skulle lösas, inleddes arbetet med en målformulering, som följdes av litteraturstudier för att utöka de teoretiska kunskaper som ämnet kräver.

Utöver litteraturstudien och inläsningen på området har studien omfattats av fyra huvuddelar för att nå fram till en lösning.

- Besök i fabrik för analys och förståelse av produkten skalvägg
- Tidsstudie på byggarbetsplats där skalväggarna monteras
- Intervjuer med sakkunniga och erfarna personer i branschen.
- Genomgång samt analys av byggtider och kostnader för studerat byggprojekt.

Då enhetstider för skalväggar inte finns tillgängliga har det varit nödvändigt att arbeta fram nya tidsstudier för montage av skalväggar. Tidtagningar har utförts på två olika byggarbetsplatser med skilda byggnadsprojekt.

Tidsmätningarna kompletteras med uppgifter från intervjuer av branschknutna nyckelpersoner som arbetat med både skalväggar och platsgjutna väggar som metod.



Figur 1, Arbetsflödesschema

Litteraturstudie

Litteraturstudierna som genomförts för att fördjupa oss i de olika byggnadsmetoderna har lett fram till en nulägesbeskrivning.

Litteraturstudierna har också varit viktiga som inspirationskälla och legat till grund till de intervjufrågor som använts. Studierna har även använts för att styrka våra beräkningar och slutsatser.

Våra källor har till stor del utgjorts av artiklar och produktbeskrivningar från tidskrifter och olika leverantörer. För rapportens upplägg och metodval har tidigare examensarbeten inom liknande områden använts som inspiration.

Besök i fabrik

För att förstå hur produktion av skalväggar utförs och få en uppfattning av alla detaljer i produktionen på nära håll inleddes arbetet med ett besök på Skandinaviska Byggelements fabrik i Katrineholm.

Intervjuer

För att skapa en bred förståelse för de möjligheter och begränsningar de olika byggnadsmetoderna inkluderar har intervjuer genomförts med branschknutna nyckelpersoner.

Utifrån litteraturstudier och egen kunskap har vi avgränsat och formulerat intervjufrågor utifrån målformuleringen. Frågorna som framarbetats har för avsikt att skapa öppna intervjuer och inte vara styrda åt något håll. Utformningen av frågorna ska inte leda fram till ett specifikt svar, eller bekräfta ett påstående.

Resultatet från intervjuerna består delvis av uppskattade värden, subjektiva bedömningar och åsikter som kommer analyseras och kommenteras för diskussion kring dess validitet. Det är nödvändigt med denna typ av uppgifter då det inte finns dokumenterad kunskap kring tidsstudier på skalväggar.

Tidsmätningar

En grundsten i arbetet är att fastställa korrekta montagetider av skalväggar.

Mätningar och tidsstudier har genomförts på två olika byggnadsprojekt där PEAB uppför flerbostadshus med skalväggar. Ett mindre punkthusbygge och ett större sextonvåningshus.

7. Nulägesbeskrivning

Branschen

Idag byggs det till stor del med halvprefabricerade plattbjälklag medan halvprefabricerade väggar, skalväggar, används i förhållandevis liten utsträckning jämfört med formgjutna väggar. Från tillverkarnas sida hävdas att skalväggar ger en snabbare byggtid, bättre kvalitet och en bättre arbetsmiljö.

Tillverkarnas hypotes till varför inte fler byggen utförs med skalväggar beror på okunskap och kalkyleringsfel i tid och ekonomi. Till detta kommer också byggbranschens kända förändringsobenägenhet.

Ett flertal platschefer hävdar exempelvis att platsgjutna traditionella alternativ är bättre utan att kunna peka på några konkreta fördelar.

Skandinaviska Byggelement

Skandinaviska Byggelement har anor långt bak i tiden och har sitt ursprung i Swerock-koncernen. Sedan 2006 ingår företaget som ett dotterbolag i PEAB-koncernen.

Skandinaviska Byggelement har tre tillverkningsenheter placerade i Katrineholm, Kalmar och Bjästa.

Detta arbete behandlar studier kring användandet av skalväggar från Skandinaviska Byggelement. Skalväggarna tillverkas i fabriken i Katrineholm. Fabriken byggdes 2004 och är en av Europas modernaste och mest automatiserade betongfabrik.

8. Genomförandet

Arbetet har skett under en detaljerad plan för genomförande. Nedan följer arbetsgången i stora drag.

Planering av datainsamling

För att planera och sätta upp riktlinjer av arbetet genomfördes ett möte med representanter från vår uppdragsgivare Skandinaviska Byggelement. På mötet diskuterades vad som önskades från studien och rapportens mål och avgränsningar fastställdes. På mötet diskuterades också vad som tidigare skrivits inom området och praktiska tillvägagångssätt för intervjuer skissades fram.

Litteraturstudier

Litteraturstudierna grundar sig dels på studielitteratur inom erlagd utbildning, dels av aktuell litteratur på bibliotek och internetbaserat material i form av artiklar och produktbeskrivningar.

För arbetets genomförande har vi fördjupat våra kunskaper i de metoder som använts i studien:

- Intervjumetoder
- Vetenskapsteori
- Tidmätningssmetodik
- Applicering av Lean Production
- Värdeflödesanalys

9. Genomförande

Mätningar

Mätningarna har dokumenterats med filminspelning, fotografering och anteckningar. Detta ansågs som nödvändigt då vi i efterhand ville kunna gå tillbaka och analysera observationerna i detalj.

Intervjuer

Mätningarna kompletterades med intervjuer av projektdeltagare, samt en öppen dialog med handledare från Skandinaviska Byggelement.

Sammanställning och analys

När mätningar och intervjuer genomförts påbörjades granskningen av material och analys av uppmätta siffror.

Mätdata sammanställdes till standardiserat mätprotokoll i Excel och med hjälp av intervjuunderlaget upprättades en jämförande tidsplan mellan byggmetoderna.

Utifrån de uppmätta resultaten som sammanställts har vi analyserat materialet ur ett Lean Production -perspektiv och jämfört spiltid och kostnader mellan skalväggar och platsgjutna väggar.

10. Objektsbeskrivning Ekudden

PEAB uppför flerbostadshus i Nacka intill Järla sjö. Totalt är det fem huskroppar. I detta arbete tittar vi närmare på de två husstörn, hus A och hus B.

Dessa grundläggs ovanpå ett befintligt bilgarage som förstärks med pelare. Husen blir totalt 16 våningar höga varav de två nedersta fortsatt kommer innehålla garage. Våningarna 3-16 utförs med bärande skalväggar från Skandinaviska Byggelement.



Figur 2. Situationsplan Ekudden – peabbostad.se/ekudden



Figur 3, Fotografi ekudden

11. Allmänt om betong och gjutning

Betong som material

Betong är en av våra vanligaste byggnadsmaterial. Det har använts flitigt i århundraden och utvecklats och förfinats till den kvalité den håller idag. Ett betongliknande material tillverkat av kalk användes redan av etruskerna. Även i Romarriket användes en antik betong med ett bindemedel som bestod av bränd kalk och pulveriserat material som innehöll kiselsyra, till exempel krossat tegel eller vulk. Fortfarande idag finns mycket av den antika betongen kvar. Ett av de mest kända och spektakulära byggnadsverket är Pantheon i Rom, som har en 45 m fribärande kupol.

1824 fick engelsmannen Joseph Aspdin patent på en ny typ av cement som fick namnet *Portlandcement* och som hade bättre egenskaper. Aspdins medarbetare Isaac Charles Johnson vidareutvecklade denna cement så att den var mera snabbreagerande. 1871 byggdes den första svenska cementfabriken i Lomma, för framställning av Johnsons moderna Portlandcement.

Betongblandningen består förutom cement av vatten ballast och filler. Filler är grus i olika fraktioner för att fylla ut och skapa en homogen blandning.

I modern betong kan även tillsatsmedel användas för att tillföra speciella egenskaper hos betongen. Vanligast är flyttillsats som gör betongen mer lättflytande vid en lägre utblandningsgrad av vatten, vatten- cement- tal, VCT.

Nästan all betong levereras färdigblandad i betongbilar med roterande tunna. Tunnan roterar dels för att förhindra en påbörjad härdning av massan samt för att bibehålla betongblandningen som en homogen massa, en flytande massa som gjuts på plats i gjutformar. Detta ställer höga krav på planering, samordning och precision för att få alla delmoment att samverka då gjutningen av betongmassan är ett kritiskt moment och det handlar om timmar innan betongen börjat härda och blir obrukbar.

12. Beskrivning av byggmetoderna

Allmänt

Valet av formsystem är viktigt, formen och dess arbeten utgör en stor del av den totala kostnaden hos en betongkonstruktion.

Viktiga egenskaper hos en form är att den kan ta upp stora laster vid gjutning utan att deformeras samt att den är lättarbetad vid armering, gjutning och flyttning.

Vilken gjutform man väljer för väggarna beror på husets utseende och planlösning så som vägghöjd, väggform samt vilka arbetshjälpmedel man arbetar med. Andra aspekter när man väljer byggmetod kan vara utifrån krav på önskad betongyta. Betongväggarnas yta har betydelse för efterföljande arbeten som spackling, målning och tapetsering.

Kvarsittande form

12.1.1 Skalväggar

Skalvägg är detsamma som en kvarsittande form för vägg och består av två stycken betongskivor som fästs samman med armeringsstegar. Väggens yttre sidor blir helt släta tack vare hög precision genom fabriksgjutning i stålform.

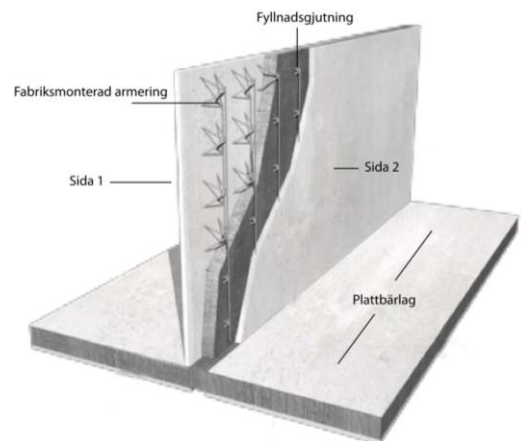
Skalvägarna levereras med ingjutna kopplingsdosor och är förberedda med hål för installationer.

Innan gjutning behöver elementen endast kompletteras med armeringsnät i elementskarvarna.

Fördelarna med att använda skalväggar är att varje element lyfts på plats. Man behöver inte bygga och riva form för varje gjutning. Man behöver inte heller dela upp gjutningen i flera etapper utan ställer alla väggar i våningsplanet på

plats och gjuter sedan alla samtidigt.

System med kvarsittande form utnyttjar prefabriceringens fördelar, kombinerat med flexibiliteten vid platsgjutning. Den gjutna konstruktionen blir homogen och samverkande i relation till helt prefabricerade element och formelementen är dessutom enklare att transportera.



Figur 4, Skalvägg- broschyr Skandinaviska Byggelement

12.1.2 Plattbärlag

Plattbärlag är ett betongelement bestående av en betongskiva med ingjutna armeringsstegar. Bärlagets undersida gjuts i fabrik mot en stålform som ger en jämn yta medan ovansidan borstas för att ge bättre vidhäftningsförmåga vid pågjutningen. Pågjutning sker således på byggarbetsplatsen.

Plattbärlaget lyfts på plats med kran och är färdiga att monteras vid leverans. Vid montage blir bärlagets undersida tak. Underkantsarmering och armerings stegar är ingjutna så den armering som behövs kompletteras är vid plattornas skarvar och i övergångarna mellan bjälklag – vägg och i vissa fall överkantsarmering. Innan övergjutning monteras installationer och kabeldragningar för att löpa genom elementet.



Figur 5, Montage plattbärlag -Skandinaviska Byggelement

Platsgjutna väggar och formsystem

Platsgjutet väggbyggande avser de väggar som gjuts på byggarbetsplatsen. Det finns idag olika typer av väggformsystem anpassade för bostadsproduktion.

Normala bostadsprojekt kräver oftast inte någon direkt specialanpassning av formsystem. Vanligast förekommande anpassningar brukar vara kring hiss och trapphus där det i vissa fall krävs separata formar beroende på utseende. Detta kan exempelvis gälla runda trapphusväggar och kan lösas med färdiga rundformssystem, dock med begränsningar i minimiradier.

De väggformsystem som används vid bostadshus är traditionell form eller systemformar som är flexibla. De vanligaste är traditionell formsättning, luckform och formbord.

De olika bostadshusens utformning avgör det lämpligaste formvalet vid varje enskilt projekt.

Exempel på detta är

- Disponibelt utrymme för tillfälliga lager
- Totala byggtiden
- Projektets budget
- Tekniska krav på byggnaden med hänseende till beställare och framtida användare

12.1.3 Systemform

Det finns olika systemformer anpassade för bostadsproduktion. Formarna är uppbyggda av stålprofiler, plywoodskivor och är kompletta med ställningar och stag.

Bostadsprojekt behöver för det mesta inte någon specialanpassning av formsystem. Vanligast förekommande avvikelser brukar vara kring hiss och trapphus där det ibland krävs specialformer. Detta kan gälla t ex vid runda trapphusväggar där man istället kan använda färdiga rundformssystem.

12.1.4 Bostadsform – ensvärdsform

På enklare bostadsproduktion med enhetliga vägghöjder används företrädesvis bostadsform också kallad ensvärdsform. Den här formtypen har en enkel konstruktion och bara en rad formstag, men klarar trots det att fyllas med betong ända upp utan avbrott eller etappindelningar i gjutningen.



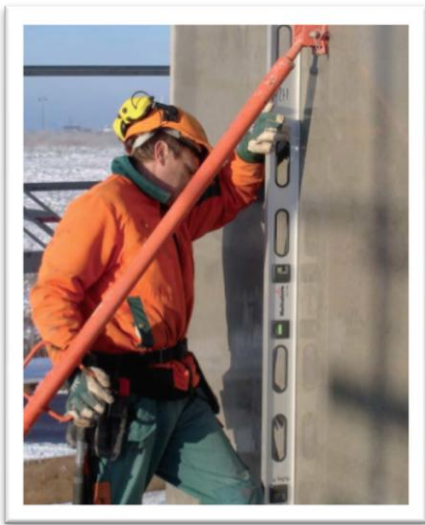
Figur 6. Bostadsform - Betongbanken.se

13. Montagebeskrivning

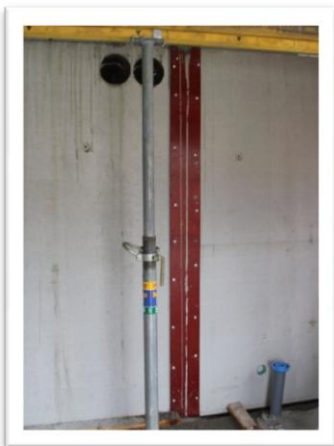
Skalväggar



Reglar monteras parallellt längs kommande väggsida. Anslagsreglarna ser till så att väggelementen monteras i rätt horisontalvinkel till anslutande vägg och centrerat med armeringsstick från underliggande betongbjälklag. Pallningsbrickor, två stycken för varje betongelement. Dessa utplaceras med bestämd höjd med hjälp av nivålaser



Vid montering av skalväggarna lyfts varje element med kran. Ena sidan av väggelementet belastar pallningsbrickorna medan väggen reses och låses i lod med hjälp av väggstag och vattenpass.



Tätning av fogar och anslutningar sker innan gjutning. Detta förhindrar att fyllnadsbetongen rinner ut i skarvarna. Skarvar kan också spacklas igen innan gjutning. I regel görs tätning löpande med montering av skalväggselementen. I våra mätningar ingår denna aktivitet som en mans tillägg.

Platsgjuten vägg



Form oljas in för att undvika att betong fastnar i formen.

Två formsidor dubblas till en hopsittande väggform med inner- och yttersida.

På bilden visas en ensvärdsform som ofta används vid enhetliga vägghöjder.

Längden på varje gjutning är beroende på hur många väggformar som finns för byggprojektet som längden. Vanligtvis monteras och gjuts 20 meter vägg per dag med motsvarande bemanning som vid skalväggsmontering.



Armering najas eller svetsas fast, elektriker monterar eldosor i armeringen och drar flexislang eller PV-rör för kablar.

När allt är monterat i väggen dubblas formen och spänns ihop till en gjutform med två sidor.



Formen monteras med stöttor och vattenpass och slutmonteringen ser ut som bilden visar.



När armering och elinstallationer är monterat och gjutformen är på plats, kan gjutningen genomföras. Gjutning sker oftast med betongpump, alternativt betongbalja.



Dagen efter gjutning lossas form och lyfts bort med kran.



Innan formen kan användas igen måste den rensas från härdad betongrest och oljas in på nytt.

14. Metodik

Intervjuer

Intervjufrågorna har utformats dels utifrån fakta som studerats och genom egen kunskap, detta har använts för att avgränsa och formulera frågeställningen utifrån målformuleringen.

Frågorna bör i regel göras korta för att den som ska ställa frågorna ska ha tänkt kring ämnet och inte ta med överflödig information som gör att den intervjuade överbelastas med information.

Det är viktigt att utforma frågor som inte medför att intervjupersonen känner att bara ett visst svar är acceptabelt då detta kan styra intervjuresultatet.

Frågor som innehåller "hur", "varför", "vilka" och "vad" är effektiva om utförligare svar är önskade. Dock bör en fråga bara beröra ett ämne i taget eftersom det annars kan bli förvirrande för intervjupersonen att reflektera och svara samt för oss att analysera svaren korrekt.

Följande frågeställningar utgör grunden till intervjuutredningen:

- Hur går det till när ni väljer stomme mellan platsgjutna och skalväggar?
Vilka aspekter tar man hänsyn till?
- Vad föredrar du för byggnadsmetod, skalväggar eller platsbyggt?
- Hur går montaget av skalväggarna till?
- Hur lång tid skulle du uppskatta att projektet skulle ta att bygga med platsgjutna innerväggar?
- Vilka generella kostnader påverkas vid skalväggsmontage om du jämför med platsgjutet?
- Vad ser du för begränsningar och svårigheter med skalväggar?
- Hur ser du på framtiden för skalväggar respektive platsbyggt?

Samtliga frågor har anpassats gentemot intervjupersonens pågående projekt, erfarenhet och roll i byggbranschen. Detta innebär att vissa frågor har ändrats, lagts till eller tagits bort under intervjun.

Tidsmätning

Tidsmätningarna har utförts vid ett flertal slumpvis valda tillfällen. Dels har tider uppmätts på detaljnivå med tidtagning av montering av enstaka skalväggselement och dels på dagsnivå, alltså total tid för montering av ett våningsplan.

De uppmätta tiderna har sammanställts och jämförts med tidigare mätningar av monteringstider från 2005. Mätningarna genomfördes i Lund av Bertil Ekelöf.

Monteringsobservationerna har filmats och dokumenterats med anteckningar för att i efterhand kunna analysera arbetsuppgifter, mantimmar och aktiviteter omkring monteringen.

För monteringstiden upprättades en tabell med fördefinierade värden med liknande uppställning som mätningen 2005 för att kunna likställas på ett enkelt sätt.

Littera	m²	Monteringstid	Mantimmar
802	6,07	7 min	0,135
Medelstorlek	6,07	7,0 min	0,13 tim/m ²

Littera står för elementets serienummer som kan härledas till elementförteckning på lastningsplan och monteringsritning. Monteringstiden är mätt från att kranen körs upp tills att elementet är stagat, lossat och kranen är redo att köra ner och säkra ett nytt element.

Värdeflödesanalys

Metoden värdeflödesanalys valdes som en del i arbetet för att på ett teoretiskt tillämpningsbart sätt se hur stomdrivningens olika aktiviteter hänger samman och skapar ett arbetsflöde. Eftersom studietiden för examensarbetet är begränsad har värdeflödet endast analyserats för ett våningsplan och till de aktiviteter direkt knutna till stomdrivningen och relevanta för skalväggsresningen.

Värdeflödet för stomdrivningen med skalväggar jämförs med motsvarande uppställning med platsgjutna väggar.

Avgränsning värdeflödesanalys

Värdeflödesanalysen i detta arbete är redovisad med alla moment som krävs för att montera stommen på ett våningsplan och upprättad som en schematisk flödeskarta som sträcker sig över en monteringscykel med väggar och bjälklag som motsvarar en våning.

Lean Production

Lean Production är en filosofi inspirerad och utvecklad av verksamheten inom Toyotas biltillverkning. "Lean-tänkande" innebär att fokus ligger på kundnyttan, slöseriet minimeras, så korta ledtider som möjligt och att flödesorientera verksamheten. Det är viktigt att arbeta med ständiga förbättringar och att göra alla medarbetare delaktiga i processen.

Värdet på produkten finns hos kunden

Kundens behov och efterfrågan styr helt vilket värde som motsvarar produkten. Lean innebär helt enkelt att produktionen utgår från kunden och skapar precis det kunden vill ha, samtidigt som så lite resurser som möjligt förbrukas. Det ökar värdet på produkten samtidigt som kostnaden för producenten minskar.

14.1.1 Slöseri

All spilltid i produktionen är tid som kunden inte vill betala för. Spill ingår inte i vad kundens önskemål representerar. Det skapar en egen aktivitet som inte är värdeskapande. Aktiviteter som inte är värdeskapande benämns "muda", vilket är japanska för slöseri.

Inom byggbranschen finns ingen bestämd definition av slöseri. Olika arbetsmoment, processer och aktiviteter orsakar spill på olika nivåer och varierar beroende på olika bedömare inom området. En av de mer kända studierna inom området är "Slöseri i byggprojekt" (Josephson & Saukkoriipi, 2005). Där kartläggs byggbranschen och studien pekar på ett "behov av förändrat synsätt". Resultatet i studien visar att slöseriet inom byggbranschen motsvarar ca 30-35 % av den totala produktionskostnaden.

Inom Lean definieras sju olika typer av slöseri (Liker J, 2004).

1. Defekta produkter – Inspektioner, reparationer, omarbete eller att ersätta och skrota produkter betraktas som slöserier.
2. Överproduktion – Att göra det ingen har beställt leder till överbemanning och onödig lagerhållning och transport.
3. För stora varulager – Orsakar långa ledtider, eventuella skador på gods och onödiga transporter till och från lager.
4. Onödig bearbetning – Orsaken kan vara dåliga verktyg, dålig produktutformning eller processer som ger produkter med för hög kvalitet.
5. Onödiga förflyttningar – Att leta efter saker eller gå och hämta material.
6. Onödiga transporter – Produkter eller material transporteras långa sträckor mellan lager och processer.
7. Väntan – Väntan på exempelvis verktyg, material, på att andra ska bli färdiga eller på att maskiner ska lagas.

14.1.2 Lean Construction

Byggnadsprojekt är i stor utsträckning tidspressade och komplexa projekt. Där kan traditionella planeringskoncept vara svåra att få att fungera effektivt som styrinstrument och verktyg för arbetsberedning. Ofta beror det på brister i planeringsunderlag och att flera planeringsintensiva aktiviteter måste pågå parallellt. Parallella aktiviteter gör också planeringen känslig för störningar sinsemellan och kan få stor inverkan på kommande planering. Det kan vara exempelvis försenade ritningar, fel i ritningar, försenade materialleveranser m.m. som kan sätta en arbetsberedning ur spel. Detta har skapat ett behov av att utveckla nya planeringssystem och arbetsberedningsmodeller specifikt för byggbranschen, för effektivisering av byggprocessen.

Inom byggbranschen kan Lean Production vara svårt att tillämpa, då teorin i huvudsak är tillämpbar på produktion i fabrik. Därför har en variant på denna teori utvecklats för byggbranschen, kallad Lean Construction.

Lean Construction Institute definierar Lean Construction med hjälp av följande fyra punkter:

- Integrerade processer för att bättre tydliggöra och stödja kundens syften. Positiv erfarenhetsåterföring och förnyelse inom processen supportas medan negativ upprepning elimineras.
- Arbetet struktureras genom hela arbetsprocessen för att maximera värdet och minimera slöseri i projektet.
- Ansträngningar och arbete med att styra och verkställa prestationer ska syfta till att förbättra projektet i sin helhet. Detta är viktigare än att reducera kostnaden eller öka hastigheten i enskilda moment.
- Kontroll omdefinieras från att avse "kontroll av resultat" till "att få saker gjorda". Planeringsverktyg och kontrollsystem utvärderas och förbättras.

15. Datainsamling

Besök på fabriken i Katrineholm

Inledningsvis gjordes ett besök på Skandinaviska Byggelements fabrik där skalväggarna produceras för att få kunskap om varje steg i produktionen.

Konstateranden under besök

Hastigheten i placeringen av installationsdelar så som kopplings- och apparatdosor i skalväggarna. Utsättningen av installationer sker med hjälp av produktionsrobotar som matas med ritningar direkt från konstruktörerna. Produktionsfördelar utgörs av att det inte blir något spill alls på armering eller betong då allting är exakt anpassat för varje väggelement.

Gjutningen sker med hög precision och alltid i rätt temperatur. Det medför stora fördelar för ytkvalité och minskar mängden bättringsarbete av ytskikt på arbetsplatsen.

Arbetsmiljön är väl genomtänkt i fabriken. Inget moment i produktionen innefattar olämpliga eller tunga rörelser för arbetarna. En annan fördel med att tillverka väggarna i fabrik är att arbetarna hela tiden jobbar i en behaglig inomhustemperatur oavsett årstid.

Besök på byggarbetsplats

Innan vi genomförde mätningarna besökte vi två olika byggarbetsplatser. Den första var Rondellhusen utanför Sigtuna där PEAB uppför bostadsområde med blandade hustyper. Där tittade vi på ett område med punkthus uppförda med skalväggar. Vi pratade med projektledarna och dokumenterade monteringen av skalväggarna för att sedan kunna jämföra eventuella skillnader mot byggnadsmetod vid byggnationen av det betydligt större flerbostadshuset vid Ekudden. Vi såg att konstruktion och genomförande av montering av skalväggarna var snarlikt och inte nämnvärt skiljde sig inom de delar vi har behandlat i studien. Dock gav det oss en bättre och mer fördjupad bild av hur monteringen av skalväggar går till, vilket var en viktig del i faktainsamlingen inför tidsstudien.

Intervjuer

Urvalet av intervjupersoner begränsades så att varje intervjuperson har erfarenhet av både skal- och formgjutna väggar.

Följande personer valdes ut:

Jörgen Borgström PEAB - Platschef Ekudden
Mob. 0733-37 22 50

Leif Andersson UE - Ansvarig elektriker Ekudden
Mob. 073 612 45 87

Intervjuerna redovisas under [Bilagor sida A –C]

Tidsmätningar - Undersökning av enhetstider

Eftersom fullständiga enhetstider saknas för kalkylering av arbetstid med skalväggar så undersöks och fastställs hur lång enhetstiden för att montera en skalvägg egentligen är med hänsyn tagen till installationer och väggens ytskikt.

Under studien följs montering av skalväggar vid uppförandet av ett flerbostadshus vid Ekudden i Nacka kommun.

För att fastställa enhetstiden så har montagetiden dokumenterats genom filmning och tidtagning. Vi har därefter räknat ut den genomsnittliga montagetiden per m² för de väggar som studerats.

Kommentar

En styrka med undersökningen är att den med hjälp av filmning och tidtagning blir väldigt exakt. Det blir på så sätt lättare att påvisa faktorer som exempelvis hur många som arbetade med montaget. Den exakta tiden för montaget styrks i filmningens tidslinje

Svagheten med metoden är att man skulle vilja ha en större omfattning av tidsstudien som innefattade olika projekt och fler mätserier. Fler mätningar leder till att en mer exakt medelmontagetid kan beräknas.

16. Analys

Materialkostnad

Skalvägg som leverad råvara är dyrare än levererad betong och platsbyggd form. Det handlar om förädlingsvärde och många timmars arbete som redan finns inkluderad i betongelementen från fabrik.

Projekteringstid

För att bygga med betongelement krävs en mer detaljerad projektering i jämförelse med platsgjutet. Då alla ändringar och håltagningar måste vara med redan vid konstruktionsritningar vid beställning av skalvägg som råvara i fabrik flyttas en stor del av ansvaret och projekteringsproblematiken till planeringsmiljö och ändringar blir svårare att genomföra på byggarbetsplatsen. Den anledningen är traditionellt avskräckande för många byggprojektörer och kan ses som en nackdel.

En tidig projektering ställer större krav på projekteringsledare och resulterar i att mer tid måste läggas på projekteringen. Detta kan bli till nackdel vid mindre byggnadsprojekt då t.ex. enstaka punkthus skall byggas. Det är till fördel i större byggnadsprojekt där byggnaderna är komplexa och det är många moment som ska samordnas i ett tidigt skede.

Lean Production

Av de händelser som leder till spill har vi kunnat härleda spillkostnad för defekta produkter samt spiltid som går åt till väntan mellan olika aktiviteter eller för väntan för förberedelser innan aktivitet.

Spillkostnad från defekta produkter

I ett tidigare examensarbete från 2007 (SKB Reklamationer) har studier på felprocent och reklamationer gjorts för de skalväggar vi utreder. Enligt denna studie består det totala fakturabeloppet av ca 1,5 % reklimationsåtgärder.

Spiltid mellan arbetsmoment

Slöseri av resurser i arbetet med skalväggar består främst av väntan mellan olika arbetsmoment, exempelvis väntan på att lastbilen med skalväggselement ska stationeras och bli klar för lossning till kran.

Det vi har sett under våra observationer och mätperioder är att dessa väntetider har varit relativt små om man ser till arbetsmomentets längd. En lossning som motsvarar en aktivitet över en hel dag innefattar en väntetid motsvarande spill på 10-15 minuter. 10-15 minuter motsvarar ca 2,5-3 % spill av en arbetsdag på 8 timmar.

Jämfört med "Slöseri i byggprojekt" (Josephson & Saukkoriipi, 2005) där slöseriet hos ett byggprojekt i genomsnitt ligger på 30-35 % är våra uppmätta spillvärden låga.

I rapporten tas inte tidsslöseriet för hela byggnadsprojektet upp eftersom studietiden är begränsad. De spiltider som undersökts är inriktad på montaget av skalväggar och platsgjutna väggar.

Resursbortfall i aktivitetsbrott

Ett starkt skäl som vi har kommit fram till som talar för skalväggsmetoden är de få arbetsmomenten. Varje arbetsmoment blir sammanhängande och får en stabilare arbetsrytm jämfört med platsgjutet.

Arbetsmomenten för platsgjutet blir mer uppdelade och fragmenterade och beror på att olika typer av aktiviteter ska ske på rad efter varandra, som vid en aktivitetscykel formsättning – armering - elmontage – gjutning - formrivning. Här motsvarar fem arbetsmoment endast ett vid skalväggsmontering.

Sett till att platsgjuten vägg endast byggs färdigt ca 20 m på en aktivitetscykel medan skalväggsmonteringen monteras ca 100 m på motsvarande aktivitet är skillnaden betydligt större. Det betyder att vid platsgjutet väggbygge skall 20 moment ske efter varandra istället för ett.

Spill

Total planerad tid för stomdrivning av ett våningsplan blir ca 8 arbetsdagar för skalväggsmetod. Om vi räknar med spilltid för monteringen av skalväggarna blir tidsspillet minimalt, 3 % på en dags aktivitet.

Det moment som tillkommer efter montering av skalväggar är fyllgjutning av dessa. Till detta åtgår en man en dag och sker parallellt med armering av bjälklag. Vi har inte räknat detta som en belastning i planeringen då det inte är ett kritiskt arbetsmoment i planeringen.

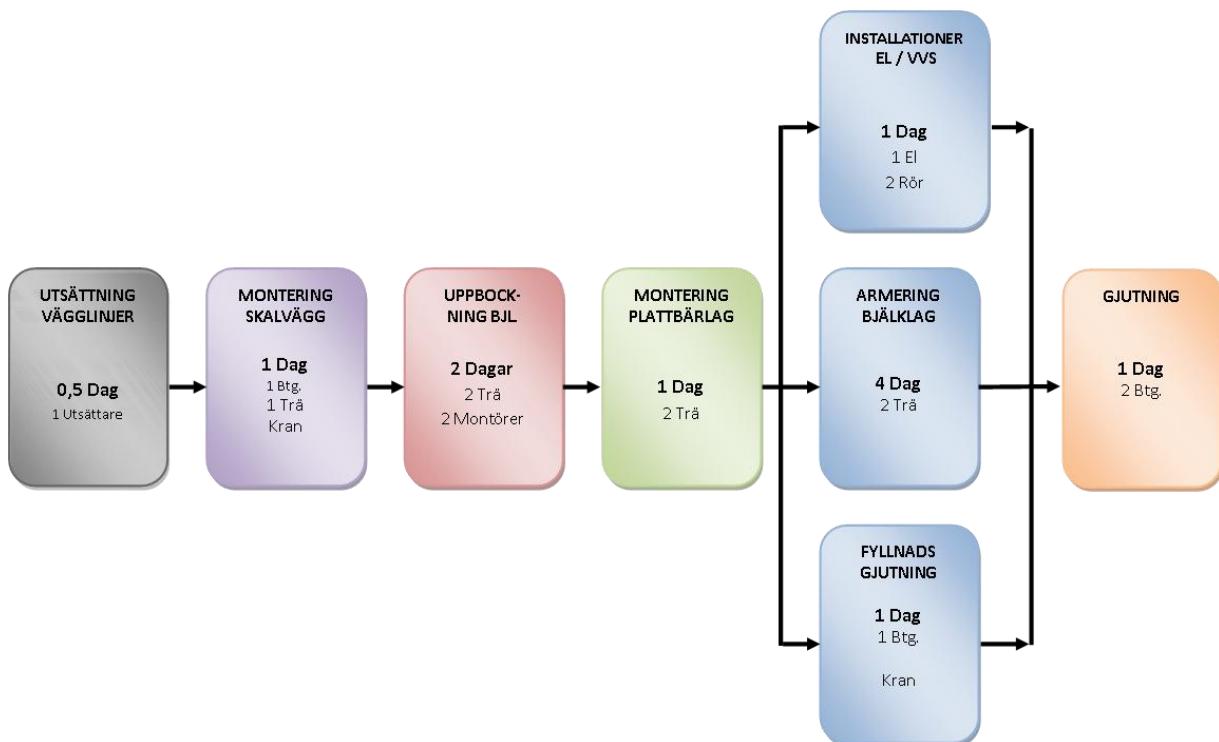
Tiden för byggnation med platsgjutna väggar uppgår till 12 dagar per våningsplan, inklusive plattbärlag. Under de dagar som byggnation av platsgjutna väggar pågår uppkommer en spilltid på 30 %. Vilket innebär en byggtid på 6,5 dagar [$5 \times 1,3 = 6,5$ dagar].

Grafisk Värdeflödesanalys

Bilderna visar

- Hur många aktiviteter
- Bemanning
- Byggtid

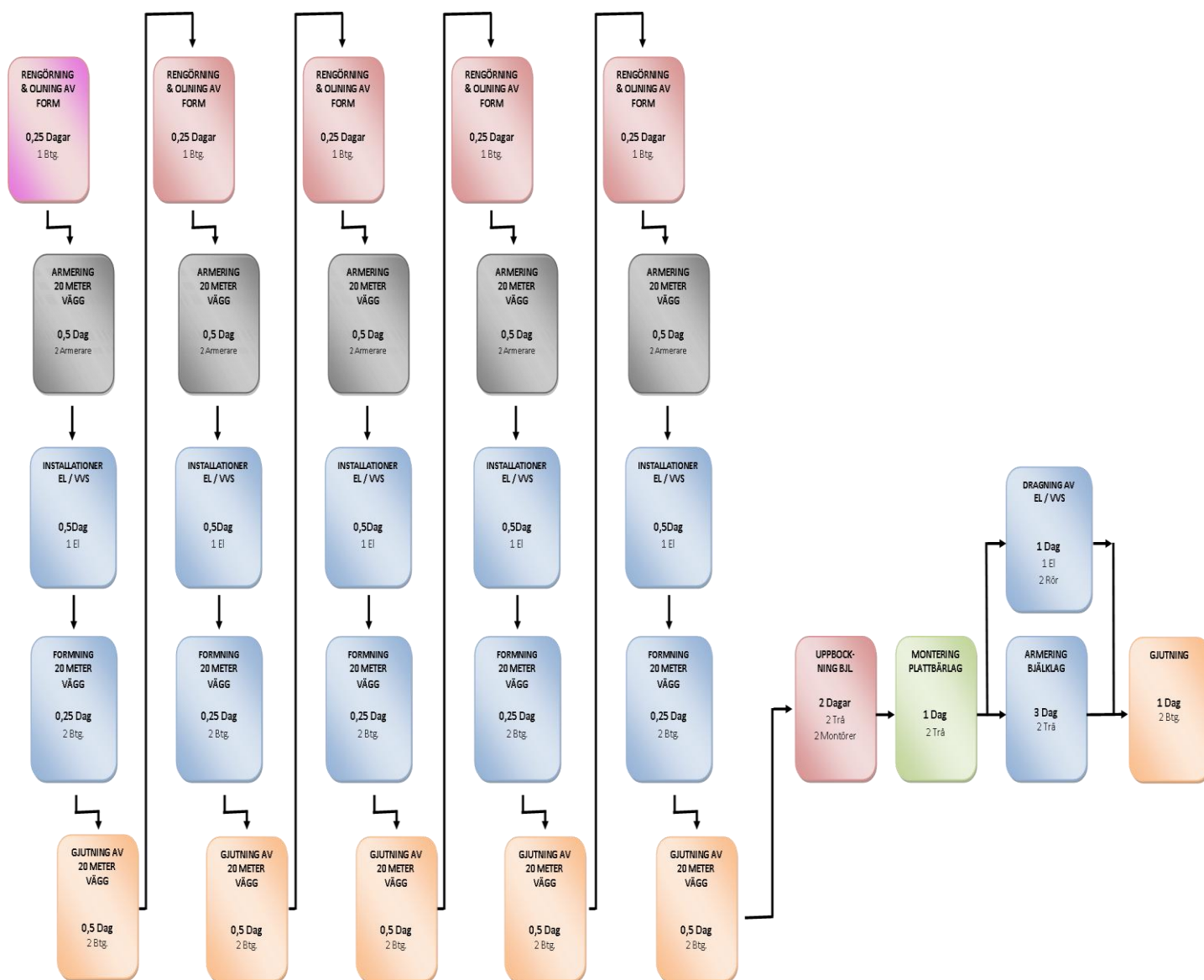
som de olika byggmetoderna genomgår för att färdigställa ett våningsplan med väggar och bjälklag på Ekudden torn A



Figur 7. Värdeflödesschema skalvägg

Värdeflöde av skalväggar

- Byggtid 8 dagar per våningsplan
- Totalt 8 aktiviteter med bjälklagsmontage
- Endast 1 aktivitet för montaget av väggar



Figur 8. Värdeflödesschema platsgjuten vägg

Värdeflöde platsgjutna väggar

- Byggtid 12 dagar per våningsplan
- Totalt 30 aktiviteter med bjälklagsmontage
- 25 aktivitet för montaget av väggar

Här nedan följer tidsplaneringen för stomdrivning av ett våningsplan hustyp Ekudden. Överst i diagrammet ses verklig planering för Ekudden med montering av skalväggselement och undertill hur motsvarande planering hade sett ut med platsgjuten metod. Observera att spiltider inte räknas med i planeringen för stomdrivningen.

Vecka				1					2					3			
Dag				Må	Ti	On	To	Fr	Må	Ti	On	To	Fr	Må	Ti	On	To
Aktivitet	Mängd	Sort	Gubbar														
Montering skalvägg	220	m ²	3	92m													
Uppbockning BJL																	
Montering plattbärlag																	
Fyllgjutning skalväggar																	
Armering plattbärlag																	
Gjutning plattbärlag																	
Eldragning (färdigt från fabrik)																	
Form, armering, gjutning vägg	220	m ²	3	20m	20m	20m	20m	12m									
Uppbockning BJL																	
Montering plattbärlag																	
Armering plattbärlag																	
Gjutning plattbärlag																	
Eldragning i vägg																	
	1			4h	4h	4h	4h	4h									

17. Slutsatser

Fördelar med prefab

Att tillverka byggnadsdelar industriellt innebär såväl en tidsmässig som en ekonomisk vinst. Detta får en allt större betydelse inom byggbranschen för att kunna behålla en konkurrenskraftig prisnivå mellan aktörer på marknaden.

Den största fördel som denna studie har kunnat påvisa, är vikten av att minimera antalet arbetsmoment. Platsgjutna väggar byggs med tjugofem arbetsmoment per våning medan skalväggar byggs med ett arbetsmoment. Det leder till att utnyttjande av tid och kostnader blir mer effektiva, pålitliga och minimerade från spill i form av resursbortfall mellan aktiviteter och väntetider.

Tid och ekonomi

Användandet av skalväggar gör att den totala byggtiden reduceras med ca 15 % mot platsgjutet.

I projektet på Ekudden som undersöktes innebar tidsvinsten med 15 % att den totala entreprenadkostnaden sänktes med 1 332 440 kr [se beräkningar i kalkyl Bilaga 5&6]

Ett byggprojekt som förbrukar mindre tid med färre dagar som inkluderar löpande kostnader blir mer kostnadseffektivt. Byggplatsomkostnader och byggadministration är stora kostnadsposter som oberoende av aktivitet på byggarbetsplatsen förblir en löpande kostnad under hela byggperioden.

Exempel på indirekta kostnader som påverkas

- Arbetsledning
- Hyra av kran, bodar, verktyg m.m
- Energi och underhåll

Förutom besparingen på arbetsplatsomkostnaderna så innebär ett snabbare färdigställande av byggnaden att entreprenören erhåller betalning för utfört arbete tidigare. Detta leder till ökade ränteintäkter istället för löpande räntekostnad som adderas för de lån som projektet belastas med.

Den tid som sparas kommer då istället gå åt till användande av byggnaden och bidra till intäkter i form av lokalhyra från brukare av byggnaden.

Varför byggs då inte fler hus med skalväggar?

Traditioner i byggbranschen är ett skäl till en hämmad utveckling. Att bygga med form är så rotat och inkört som metod att det hos många inte funderas över huruvida en dyrare materialkostnad kan leda till en lägre totalkostnad.

18. Diskussion

Detta arbete kan föras vidare genom att se på problematiken kring installationer.

Hur de ser på arbetsgången mellan de olika byggnadsmetoderna.

För att nämna ett exempel. Leif som vi intervjuade vid Ekudden anmärkte på att arbetet blev osammanhängande och tidsineffektivt för honom vid platsgjuten metod. Han föredrar att jobba hela arbetsdagar vid en och samma byggarbetsplats. Då slipper han förflyttningar mellan olika platser och kan fakturera mer arbetstid.

Det blir alltså fördelaktigt för honom att arbeta med skalväggsmetod även fast en del av installationsarbetet förflyttas från arbetsplatsen till fabriken för skalväggar.

En annan del som vår rapport inte behandlar är miljö och arbetsmiljö på byggarbetsplatsen. En redogörelse för hur de olika byggnadsmetoderna påverkar dessa faktorer skulle kunna komplettera studien.

19. Referenser

Tryckta källor

Byggnadsmetoder och planering

Construction Methods and Planning, J.R. Illingworth,
9780419249801

Lean Production

The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's
Greatest Manufacturer, Jeff Liker. McGraw-Hill. 2004

Slöseri

Slöseri i byggprojekt : behov av förändrat synsätt, Per-Erik
Josephson, Lasse Saukkoriipi, FoU-Väst, 2005

Spillfaktorer för skalväggar

Analys av reklamationstkostnader hos Skandinaviska
Byggelement AB, Dennis Roslund Linn Hedlund, Tekniska
Högskolan Jönköping 2007, Examensarbete

Allmänt om betong

Betongteknik, Curt Arne Carlsson och Kyösti Tuti,
Byggentreprenörerna

Monteringsdetaljer

Skandinaviska Byggelement (2009/10) Montagehandbok
skalväggar/massivvägg, plattbärlag

Enhetstider, teori

Byggprocessen, Nordstrand Uno 2008
(ISBN 914701511X)

Digitala källor

Platsgjutet byggande
www.betongbanken.com - Maj 2010

Byggnation med skalvägg
www.skandinaviskabyggelement.se

Allmänt om betong
www.betongvaruindustrin.se, 201005

Lean Construction
www.byggindustrin.com

Nybyggnadslista
Sveriges Byggindustrier, www.bygg.org

Prefab / halvprefab
Skanska Prefab - Funktionella vackra bostäder
http://skanska.se/files/documents/pdf/vackra_bostader.pdf

Om industrialiserat byggande, Svensk byggtjänst
http://www.byggtjanst.se/img/content/pdf/ide/indu_byggande.pdf
2010-04

Prefab synas i sömmarna, Sveriges arkitekter
<http://www.arkitekt.se/s31816> 2010-04

Muntliga källor

Niklas Ericsson, Skandinaviska Byggelement AB

Jörgen Borgström, Platschef Ekudden, PEAB

Leif Andersson, UE till PEAB Ekudden

Pierre Hemström, Arbetsledare. PEAB

Daniel Gustafsson, Arbetsledare, PEAB

Benny Eriksson, Platschef Rondellhusen, PEAB

20. Bilagor

Bilaga 1

Intervju 1

Sida 1 / 3

Plats	Ekudden
Datum	2010-05-03
Person	Jörgen Borgström
Yrke	PEAB - Platschef Ekudden

Hur går montaget av skalväggarna till?

- Skalväggarna till hus A på Ekudden monteras på en dag för ett våningsplan, det är 92 meter vägg.
Bemanningen för montaget består av tre gubbar + kran. Två gubbar jobbar med att ställa elementen på plats, väga in och säkra upp väggarna med stämp medan den tredje gubben tätar skarvarna med betong.

Hur långtid skulle du uppskatta att torn A på Ekudden skulle ta att bygga med platsgjutna innerväggar?

- Jag har i mitt tidigare byggande använt nästan uteslutande platsgjutna väggar.
Varje våningsplan innefattar 92 meter bärande innervägg.
Om väggarna skulle platsgjutas skulle det ta 5 arbetsdagar att gjuta samtliga väggar på ett plan.

Vilka fördelar respektive nackdelar upplever du med de olika byggnadsmetoderna?

- Förr var arbetarna bättre på att gjuta. Det gick snabbare och man uppnådde ett bättre resultat jämfört mot vad dagens arbetare presterar.
Nu får man räkna upp enhetstiden samt att ytorna på väggarna ofta får en ojäm yta som måste efterbehandlas.
Skalväggarna är arbetsmässigt lättare att montera och arbetet innefattar färre delmoment vilket gör att arbetarna får ett bättre flyt i arbetet utan avbrott.

Bilaga 2

Intervju 2

Sida 2 / 3

Plats	Ekudden
Datum	2010-05-03
Person	Leif Andersson
Yrke	UE – Ansvarig Elektriker

Vad är främsta skillnaden på att jobba med skalväggar jämfört med platsgjutna väggar?

- Det är mer sammanhängande arbetsuppgifter och mer flyt i arbetet. En våning som tar fem dagar att platsgjuta tar motsvarande 1-2 dagar att montera med skalväggar. Samtidigt som skalväggarna är förberedda och färdigmonterade med eldosor och kabelrör. När väggarna formsätts är jag hela tiden där och monterar eldosor. Det formsätts då förmiddag och gjuts eftermiddag. Det innebär att arbetsdagen för det bygget blir ca 4 timmar för mig.

Alltså: Vid bygge med skalväggar sparas $4 \times 5 = 20$ arbetstimmar motsvarande elektriker eftersom monteringen av eldosor är färdigt från fabrik. Räknat på en våning med 92m vägg.

Byggtiden för väggarna blir ca en femtedel jämfört med platsgjutet. Vilket motsvarar två gubbars jobb i fyra dagar plus krankostnad.

Bilaga 3

Intervju 3

Sida 3 / 3

Plats Sigtuna, rondellhusen
Datum 2010-06-03
Personer Pierre, Daniel, Platschef
Yrke Ingenjörer PEAB, Platschef

Hur går det till när ni väljer stomme mellan platsgjutna och skalväggar? Vilka aspekter tar man hänsyn till?

Tid, beroende på hur mycket tid som finns för projektet och om ett nytt projekt väntar efter nuvarande.

Vad föredrar du för byggnadsmetod, skalväggar eller platsbyggt?

Skalväggar helt klart. Vi bygger med det nu och ser gärna en ökad användning av prefab. Helklara väggar som börjar komma, med färdig panel och isolering inkluderat och fönster monterade från fabrik.

Hur lång tid skulle ni uppskatta att detta projekt skulle ta att bygga med platsgjutna innerväggar jämfört med nuvarande tidsplan?

Det är svårt att säga. Betydligt längre tid i alla fall.

Vilka generella kostnader påverkas vid skalväggs montage om du jämför mot platsgjutet?

Vid platsgjutning går det åt betydligt mer arbetskraft. Så fler bodar, fler mantimmar och längre byggtid. Framflyttad inflyttning och hyresintäkter blir också en stor kostnad.

Vad ser du för begränsningar och svårigheter med skalväggar?

Planeringen och projekteringen blir mer definitiv. Blir det fel på ritningen så blir det svårare att ändra. Att flytta en dosa i en gjuten vägg är betydligt svårare än på en form.

Hur ser du på framtiden för skalväggar respektive platsbyggt?

Ökad användning enligt oss. Med utveckling mot helprefab inkluderat med hybridväggar.

Bilaga 4

Beräkning enhetstider

Enhetstider platsgjuten vägg.

Betongbankens enhetstider

0,21 h/m² formsättning

0,024 h/kg armering motsv. 0,17 h/m²

0,58 h/m³ betong => 0,2m tjock vägg motsv. 0,116 h/m² vägg

Totalt: 0,496 h/m²

Enhetstider skalväggar

Utfall från Ekudden

92m vägg monterad på en dag med tre man, plus fyllgjutning en dag en man.

$92\text{m} * 2,4\text{m} = 220\text{m}^2$

$(3*8)/220 = 0,11 \text{ h/m}^2$ för montering

$8/220 = 0,036 \text{ h/m}^2$ för fyllnadsgjutning

Totalt: 0,14 h/m²

Bilaga 5

Ekonomisk kalkyl platsgjutet

Sida 1 / 2

Direkta kostnader					
	Mängd	enhet	å-pris	Tot. Netto	
Förtillverkning av form	1	omg	49000 kr/ omg	49 000 kr	
Formar	1	omg	28000 kr/ omg	30 000 kr	
Betong	730	m ³	1220 kr/m ³	890 600 kr	
Armering 2x 10 mm	7272	m ²	60 kr/m ²	436 320 kr	
Arbete					
Armering 3 gubbar	768	tim	330 kr/tim	253 440 kr	
Formning 2 gubbar	256	tim	330 kr/tim	84 480 kr	
Gjutning	256	tim	330 kr/tim	84 480 kr	
Formrengöring 1 gubbe	128	tim	330 kr/tim	42 240 kr	
Elektriker	320	tim	390 kr/tim	124 800 kr	
			Direktakostnader	1 995 360 kr	
Indirekta - arbetsplatsomkostnader					
	Mängd	enhet	å-pris	Tot. / dygn	
Kran	1	st	5000 kr/dag	5 000 kr	
Kranförare	1	st	2800 kr/dag	2 800 kr	
Bodar	1	omg	1110 kr/dag	1 110 kr	
Arbetsledning	4	st	2800 kr/dag	11 200 kr	
Verktyg	1	omgg	1340 kr/dag	1 340 kr	
Skydsutrustning	1	omg	1245 kr/dag	1 245 kr	
			Arbpl. Kost. per dyg	22 695 kr	
			Byggtid	426 dygn	
			Indirektakostnader	9 668 070 kr	
			TOTAL KOSTNAD	11 663 430 kr	

Bilaga 6

Ekonomisk kalkyl skalvägg

Sida 2 / 2

Direkta kostnader					
	Mängd	enhet	å-pris	Tot. Netto	
Skalväggar	3636	m ²	770 kr/m ²	2 799 720 kr	
Betong	364	m ³	1220 kr/m ³	444 080 kr	
Arbete					
Montage 2 gubbar	256	tim	300 kr/tim	76 800 kr	
Skarvgjutning	128	tim	300 kr/tim	38 400 kr	
Gjutning	128	tim	300 kr/tim	38 400 kr	
Elektriker	128	tim	390 kr/tim	49 920 kr	
			Direkta kostnader	3 447 320 kr	
Indirekta - arbetsplatsomkostnader					
	Mängd	enhet	å-pris	Tot. / dygn	
Kran	1	st	5000 kr/dag	5 000 kr	
Kranförare	1	st	2800 kr/dag	2 800 kr	
Bodar	1	omg	1110 kr/dag	1 110 kr	
Arbetsledning	3	st	2800 kr/dag	8 400 kr	
Verktyg	1	omgg	1340 kr/dag	1 340 kr	
Skydsutrustning	1	omg	1245 kr/dag	1 245 kr	
			Arbpl. Kost. per dygn	19 895 kr	
			Byggtid	346 dygn	
			Indirektakostnader	6 883 670 kr	
			TOTAL KOSTNAD	10 330 990 kr	

Bilaga 7

Tidsmätning 1

Sida 1 / 2

Tidsmätning 1

Plats: Ekudden

Datum: 2010-05-02

Littera	m ²	Monteringstid	Mantimmar	
820	12,62	9 min	0,808	
819	6,08	8 min	1,656	
816	7,58	9 min	1,346	
821	6,68	5 min	1,447	
823	6,48	8 min	1,553	
822	4,51	6 min	2,173	
824	2,53	6 min	3,874	
825	7,59	6 min	1,291	
826	15,54	9 min	0,656	
827	6,43	13 min	1,669	
828	11,69	8 min	0,861	
818	6,68	4 min	1,427	
815	7,31	4 min	1,304	
817	6,48	5 min	1,492	
810	15,67	8 min	0,642	
813	18,31	8 min	0,550	
812	5,89	8 min	1,709	
811	16,11	11 min	0,650	
803	7,97	7 min	1,246	
802	6,07	7 min	1,636	
Medelstorlek	8,911	7,5 min	1,40 tim/m²	

Bilaga 8

Tidsmätning 2

Sida 2 / 2

Tidsmätning 2

Plats: Lund

Datum: 2005-11-28

Littera	Area m ²	Montagetid	Mantimmar	
400	2,8 m ²	8 min	3,545 tim	
401	3,1 m ²	8 min	3,301 tim	
402	17,5 m ²	9 min	0,584 tim	
403	3,0 m ²	7 min	3,311 tim	
404	13,4 m ²	8 min	0,750 tim	
405	17,9 m ²	8 min	0,563 tim	
406	12,2 m ²	8 min	0,823 tim	
407	12,0 m ²	8 min	0,840 tim	
408	12,2 m ²	8 min	0,824 tim	
409	13,2 m ²	8 min	0,764 tim	
410	12,0 m ²	8 min	0,839 tim	
411	13,4 m ²	7 min	0,741 tim	
412	14,4 m ²	7 min	0,688 tim	
413	12,2 m ²	7 min	0,812 tim	
414	1,5 m ²	7 min	6,667 tim	
415	8,2 m ²	7 min	1,219 tim	
416	6,3 m ²	8 min	1,606 tim	
417	13,3 m ²	8 min	0,755 tim	
420	6,3 m ²	7 min	1,577 tim	
421	5,4 m ²	7 min	1,829 tim	
422	11,7 m ²	7 min	0,851 tim	
423	13,4 m ²	8 min	0,750 tim	
424	10,8 m ²	8 min	0,934 tim	
425	8,8 m ²	8 min	1,141 tim	
426	9,8 m ²	8 min	1,028 tim	
Medel	10,2 m²	7,7 min	1,470 tim/m²	

Bilaga 9

Montageritning

Montageplan

Plats: Ekudden, Plan 7

Datum: 2010-05-02

