



CHALMERS



Byggarbetsplats Karlatornet

Att åstadkomma ett effektivt byggprojekt med avseende på användandet av tid och material

Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet Byggingenjör

SARA LASSON VON MENTZER
SEBASTIAN SCHENSTRÖM

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Construction Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete BOMX03-16-16
Göteborg, Sverige 2016

EXAMENSARBETE BOMX03-16-16

Byggarbetsplats Karlatornet

Att åstadkomma ett effektivt byggprojekt med avseende på användandet av tid
och material

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

SARA LASSON VON MENTZER

SEBASTIAN SCHENSTRÖM

Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2016

Byggarbetsplats Karlatornet

Att åstadkomma ett effektivt byggprojekt med avseende på användandet av tid och material

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

SARA LASSON VON MENTZER

SEBASTIAN SCHENSTRÖM

© SARA LASSON VON MENTZER/ SEBASTIAN SCHENSTRÖM, 2016

Examensarbete BOMX03-16-16 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2016

Institutionen för bygg och miljöteknik

Avdelningen för Construction Management

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslagsbild

Simulering av Karlatornet, Serneke (2016), återgiven med tillstånd.

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Göteborg 2016

Byggarbetsplats Karlatornet

Att åstadkomma ett effektivt byggprojekt med avseende på användandet av tid och material

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

SARA LASSON VON MENTZER

SEBASTIAN SCHENSTRÖM

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Construction Management
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Dagens byggprocesser kantas av en stor andel slöseri av både material och tid, vilket i sin tur leder till höga byggkostnader. Kostnader som med hjälp av effektivitetsökande åtgärder hade kunnat minskas. Då en liten brist kan få stora ekonomiska och tidsmässiga konsekvenser vid ett stort projekt, blir strävan efter en hög effektivitet viktig vid byggnation av framtidens höghus. Orsakerna till att resurser går förlorade är många, men kan skilja sig beroende på vilken typ av slöseri som avses. Misshushållning av material beror till stor del på faktorer så som byggnadens utformning, lagerhållning av material och en slösaktig inställning hos medarbetare. Slöseri av tid härstammar däremot huvudsakligen från en bristande logistik och undermålig planering på byggarbetsplatsen. För ett höghus kan slöseriet identifieras på samma sätt som för ett mer konventionellt bygge. Den avvikande faktorn är däremot projektets stora omfattning, det repetitiva arbetet och beroendet av byggkranar. Samtliga delar bör därför beaktas för att uppnå en optimal situation.

Denna rapport grundar sig i en vetenskaplig genomgång och en intervjustudie med platschefer inom byggbranschen. Resultatet visar att arbetet inte alltid sker på det mest rationella vis trots att goda kunskaper råder om var bristerna finns. Anledningen till detta är huvudsakligen tidspress, vilket är en följd av branschens höga konkurrens.

Rapportens resultat visar på vikten av god planering, men även behovet av kompetent personal, en tydlig ledning och god kommunikation. På så vis kan förståelsen och medvetenheten, om hur och när en åtgärd bör äga rum, förbättras. Flertalet åtgärdsmetoder för en ökad effektivitet grundar sig i Toyotaprincipen och Lean Construction. Rapportens åtgärdsförslag är metoder och arbetsätt som ett byggföretag kan gynnas av att arbeta efter vid ett höghusbygge, men även vid ett mer konventionellt bygge.

Nyckelord: Effektivisering, Höghus, Lean Construction, Logistik, Slöseri

Construction site Karlatornet

How to achieve efficiency in a construction project regarding the usage of time and materials

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

SARA LASSON VON MENTZER

SEBASTIAN SCHENSTRÖM

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Construction Management

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Today's construction industry is lined by a large proportion of wastage of both materials and time. The result is high construction costs. Yet inadequacies regarding use of resources could easily be improved using methods for increased efficiency. For a major project, small deficiencies can have serious financial and time implications. Therefore the pursuit of high efficiency becomes more important during the construction process of future high-rise buildings. Material wastage is mainly due to factors such as design, storage, and a lavish attitude among workers. Waste of time is however largely about logistics, management and construction site layout. All parts should be considered to achieve an optimized set-up. An interview survey carried out in this work shows that there is good knowledge among site managers about where the weaknesses are and how to rectify them. However the survey also shows that the management and execution does not always happen in the most rational way. This outcome is due to lack of required preparation before construction start and evaluation of new as well as existing methods.

The most common methods for increasing construction site efficiency are based on the Toyota principle and Lean Construction. Furthermore knowledge about principles and methods, as well as arguments, presented in this paper can appear as benefits when engaged and applied at construction companies.

Key words: Efficiency, High-Rise, Lean Construction, Logistic, Waste

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
FIGUR- OCH TABELLFÖRTECKNING	VI
1. INLEDNING	1
1.1 Syfte	
1.2 Avgränsningar	1
1.3 Precisering av frågeställning	1
2. METOD LITTERATURSTUDIE	2
3. TEORI OCH VETENSKAPLIGT RAMVERK	3
3.1 Definition av slöseri	3
3.2 Slöseri på byggarbetsplatser	3
3.3 Slöseri i samband med höghusbyggen	8
3.4 Lean construction och Toyotaprintipen	12
3.5 Planering och logistik	15
3.6 Sammanfattning teori och vetenskapligt ramverk	18
4. METOD INTERVJUSTUDIE	19
5. RESULTAT INTERVJUER	20
5.1 Materialhantering och leveranser	20
5.2 Tid och resurser	22
5.3 Höghusbyggen	23
5.4 Orsak- och lösningsförslag	25
5.5 Sammanfattning resultat	26
6. ANALYS	27
7. DISKUSSION	32
8. SLUTSATS	35
8.1 Förslag på fortsatta studier	41
9. REFERENSER	42
BILAGA INTERVJUFRÅGOR	

FÖRORD

Denna rapport är ett examensarbete omfattande 15 högskolepoäng som genomfördes under vårterminen 2016 vid Chalmers tekniska högskola, avdelningen för Bygg- och Miljöteknik. Arbetet har utförts som ett samarbete med Serneke och deras byggnation av Karlatornet i Göteborg.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare och examinator Mathias Gustafsson, docent inom Bygg- och Miljöteknik, som har väglett oss under arbetets gång samt besvarat våra frågor och funderingar.

Vi vill också tacka Mohammad Chashm-Jahan, projektledare på Serneke anläggning AB, som har varit till stor hjälp med intervjurespondenter, samt gett oss en inblick i deras arbete med Karlatornet.

Sist men inte minst vill vi också tacka de platschefer som låtit oss ta del av sina erfarenheter och tankar under de intervjuer som genomfördes under projektet. Utan dem hade de resultat och slutsatser vi kunnat dra inte varit möjliga.

Göteborg, juni 2016
Sara Lasson von Mentzer
Sebastian Schenström

FIGUR- OCH TABELLFÖRTECKNING

Figurförteckning

Figur 3.1 Fördelning av ledtid. Författarnas egen figur.	6
Figur 3.2 Positiv inlärningskurva för repetitiva arbetsuppgifter. Författarnas egen figur.	9
Figur 3.3 Aktivitet B avbryts i fyra omgångar för att inte krocka med aktivitet A. Författarnas egen figur.	10
Figur 3.4 Med hjälp av Line-of-Balance kan aktivitet B istället senareläggas med fyra veckor för att upprätthålla produktiviteten. Författarnas egen figur.	10
Figur 3.5 Zonindelning. Horisontella indelningar styrs av samband inom våningsplan och vertikala indelningar av samband mellan våningsplan. Författarnas egen figur.	11
Figur 3.6 Sammansättning av två komponenter som endast går att utföra på ett sätt. Författarnas egen figur.	14

Tabellförteckning

Tabell 3.1 Effektivitetstal inom byggbranschen.	4
Tabell 8.1 Problemformulering och rekommendationer för förbättrad planering och utvärdering.	36
Tabell 8.2 Problemformulering och rekommendationer för förbättrad ledning.	37
Tabell 8.3 Problemformulering och rekommendationer för ökad utbildning och kompetens.	38
Tabell 8.4 Problemformulering och rekommendationer för förbättrad materialhantering.	39
Tabell 8.5 Problemformulering och rekommendationer för ökad effektivitet.	40
Tabell 8.6 Problemformulering och rekommendationer för ökad förståelse och användning av Lean Construction.	41

1. INLEDNING

Kostnaderna för att bygga ökar ständigt och vinstmarginalen i byggbranschen blir allt mindre. Trots detta beräknar Josephson och Saukkoriipi (2005) att hela 30-35 procent av byggprojektens totala projektkostnad, går åt till arbete och material som inte medför något som helst värde åt det slutgiltiga resultatet. Här finns alltså en stor förbättringspotential för att minska produktionskostnaderna och projekttiden. Under våren 2017 kommer bygg- och anläggningsföretaget Serneke att påbörja byggnationen av Karlastaden på Lindholmen i Göteborg. Området kommer bland annat att innefatta höghuset Karlatornet som enligt planerna blir Nordens högsta byggnad. På grund av sin höga höjd är detta ett unikt projekt i Sverige och därför råder stora utmaningar, även gällande logistiken och planeringsarbetet.

1.1 Syfte

Syftet med rapporten är att ta fram riktlinjer för hur byggarbetsplatsen, vid byggnationen av höghuset Karlatornet i Göteborg ska planeras för att minska slöseri och svinn. Rapportens fokus ligger på projekt Karlatornet, men är även möjlig att tillämpa på övriga byggarbetsplatser i Sverige och Norden.

Arbetet omfattar en studie baserad på vetenskaplig litteratur och en intervjustudie med platschefer inom byggbranschen.

1.2 Avgränsningar

Arbetet är avgränsat för att vara implementerbart på byggarbetsplatser i Norden eller andra geografiska platser med ett jämförbart klimat. Rapporten berör huvudsakligen misshushållning av material och tid i produktionen. Rapporten behandlar därför inte det slöseri som förekommer i exempelvis idéstadiet, projekteringen eller användarstadiet.

1.3 Precisering av frågeställning

Frågeställningen som rapporten avser att besvara är:

- *Hur uppnås ett effektivitet användande av tid och material på projekt Karlatornet?*

För att på ett systematiskt sätt möjliggöra att frågeställningen besvaras har den delats upp i tre mindre delfrågor:

- *Hur uppnås god logistik på en byggarbetsplats?*
- *Hur minimeras slöseri av tid och material på en byggarbetsplats?*
- *Vad skiljer ett höghusbygge från andra byggen avseende ovanstående frågeställningar?*

2. METOD LITTERATURSTUDIE

För att uppfylla önskat syfte och besvara frågeställningen, består denna rapport av en kombinerad litteratur- och intervjustudie. Rapportens vetenskapliga bas hämtas från litteraturstudien som jämförs med intervjustudiens resultat. Metoden för intervjustudien presenteras i kapitel 4.

Arbetet inleds med en litteraturstudie där vetenskapliga rapporter och artiklar studeras för att bidra till rapportens teoretiska grund. Artiklar och rapporter är valda utefter relevans och aktualitet och sammanställs sedan i rapportens huvuddel. Från litteraturstudien erhålls sedan olika problemformuleringar och orsaker till varför mycket tid och material går förlorat under byggprocessen. Här inhämtas dessutom olika former av lösningsförslag.

Sökord som har använts under litteraturstudien: construction-site layout, high-rise, Lean construction, non-value adding activities, scyskraper, waste management.

3. TEORI OCH VETENSKAPLIGT RAMVERK

I nedanstående kapitel presenteras det vetenskapliga ramverket för ett ökat tid- och materialutnyttjande. Syftet med kapitlet är att läsaren ska få en god kunskap i hur en god byggarbetsplats planeras, med avseende att minska andelen slöseri. Orsak och lösnings samband presenteras både på en generell nivå, men också specifikt för höghusbyggen.

3.1 Definition av slöseri

Begreppet slöseri kan ha olika betydelse beroende på vem som tillfrågas och i vilket sammanhang det gäller. Nedanstående definitioner är därför utvalda för att precisera vad som avses då begreppet slöseri nämns i rapporten.

“The value-adding activity is an activity that converts material and/or information towards that which is required by the customer, and the non value-adding activity is an activity that takes time, resources or space but does not add value” Koskela (1993) s. 277

“Waste is everything that absorbs resources but creates no value” Womack och Jones (1996) s.15

Gemensamt för dessa definitioner är att de delar upp aktiviteter i värdeskapande och icke värdeskapande aktiviteter. Enligt Gao och Low (2014) bestäms värdet av den slutgiltiga produktens kvalitéer, av brukaren eller kunden. Inom ett byggföretag med många intressenter finns dessutom fler parter att ta hänsyn till, alla med olika krav och förhoppningar. Dessutom brukas byggnader under en lång tidsperiod och av olika användare med olika värderingar. Därför är det svårt att avgöra exakt vilka aktiviteter under byggprocessen som i slutändan bidrar till ett högre värde för brukaren. En byggnad omges också av en komplexitet där värden kan ses i olika nivåer. Från arkitektonisk nivå ända ner till detaljnivå. Vad som är av värde och vad som är slöseri inom byggprojekt skiljer sig därför jämfört med övrig industri. Det slöseri som presenteras i den här rapporten är antingen material- eller tidsrelaterat.

3.2 Slöseri på byggarbetsplatser

Det sammanlagda slöseriet på byggarbetsplatser uppgår ofta till 30-35 procent av den totala produktionskostnaden. Där innefattas olika typer av slöseri, som alla i slutändan bidrar till en misshushållning av resurser och därmed ökade kostnader i projektet (Josephson & Saukkoriipi, 2005). Icke värdeskapande aktiviteter, eller med andra ord; det tidsrelaterade slöseriet, finns som följd av en ineffektivitet på byggarbetsplatsen. Materialrelaterat slöseri är inte endast en följd av det material som slängs under produktionen, utan också en konsekvens av dåligt planerade aktiviteter så som leveranser och förvaring. Att minska materialavfallen från byggindustrin är en viktig del i att nå en hållbar utveckling. Både för klimatpåverkan men också för byggföretagens överlevnad (Josephson & Saukkoriipi, 2005). Tabell 3.1 visar viktiga procentsatser gällande utnyttjandet av tid och material som presenteras i rapporten.

Tabell 3.1 Effektivitetstal inom byggbranschen.

Beskrivning	Procentsats (%)
Total andel slöseri av projektkostnaden	30-35
Summan av produktionskostnaden orsakad av fel	10
Materialsvinn (beroende på typ av material)	4-12
Andel direkt värdeskapande arbete	17
Andel icke värdeskapande arbete	30-55
Andel mer tid för att transportera material jämfört med att producera på höghusbyggen	50
Avkastning vid användning av prefabricerade komponenter	3-5

3.2.1 Slöseri av material

Inom byggbranschen finns idag ett svinn av material motsvarande 4-12 procent (Josephson & Saukkoriipi, 2005). Uppgiften varierar beroende på vilken typ av material som beaktas. Sett till det totala avfallet i Sverige står byggindustrin för en tredjedel (Naturvårdsverket, 2016).

Det finns två alternativ för att minska svinet av material. Antingen minskas det överblivna materialet genom att minska den ursprungliga beställningen, eller så vidtas olika åtgärder för att på ett bättre sätt ta tillvara på det material som blir över (Dainty & Brooke, 2004). En modell som är användbar för att kontrollera materialhanteringen är en s.k. avfallstrappa där varje steg motsvarar olika materialhanteringssätt: (1) undvika spillmaterial genom att minimera inköpen, (2) återanvända materialet, (3) återvinna materialet, (4) energiåtervinning av materialet och (5) deponering av materialet. Första steget i trappan är att föredra och det sista steget används bara då samtliga föregående steg är passerade. Deponering av material bör alltså bara ske då ingen av de föregående alternativen är möjliga (Faniran & Caban, 1998).

Dainty och Brooke (2004) redovisar att upp till 25 procent av det missutnyttjade materialet kan undvikas med relativt enkla åtgärder, vilket i sin tur kan öka vinsten med upp till 2 procent. För att åstadkomma en minskning av materialsvinn, bör hänsyn tas till de faktorer som orsakar detta. Enligt Dainty och Brooke (2004) är de huvudsakliga orsakerna till byggavfall att: förändringar gällande materialvalet sker i efterhand, för stora beställningar görs, ritningar är otydliga eller otillräckliga, dålig förvaring och dåligt skydd av materialet

eller av de redan byggda delarna. Även dåligt ledarskap och bristande kommunikation på byggarbetsplatsen är en orsak till stort materialsvinn.

En viktig parameter för att minska materialspill är byggarbetarnas inställning till avfallshantering. Byggsektorn kan ibland uppfattas som konservativ och ett förändrat arbetssätt kan ta lång tid att etablera. Trots detta har undersökningar visat på att spillmaterialet har minskat då arbetarna blivit utbildade inom ämnet före byggstart (Dainty & Brooke, 2004). Att arbeta aktivt med materialhantering, samt erbjuda utbildning åt arbetarna, kan på lång sikt bidra till ett förändrat tankemönster inom branschen. Det är även möjligt att tillämpa olika former av belönings- eller konsekvensmetoder. Det kan ske i form av ekonomiska belöningar vid avfallsinitiativ, eller att en slösaktig arbetsmetod leder till ekonomiska följder för leverantören av arbetet. Detta måste då i förväg vara överenskommet i avtal (Dainty & Brooke, 2004).

En byggnads arkitektur eller utformning av enskilda byggnadsdelar påverkar också hur stor andel av materialet som utnyttjas. En unik och avancerad formgivning kan ha många arkitektoniska fördelar, men i ett avfallssammanhang bidra till ett ökat materialslöseri. En standardiserad design, med kända standardmått, minskar andelen material som måste skäras till och slängas i form av spill. För att minska andelen spillmaterial kan användning av pre-fabricerade delar också rekommenderas. Då dessa delar levereras färdigbyggda till byggarbetsplatsen, behöver endast monteringen ske på plats (Dainty & Brooke, 2004; Josephson & Saukkoriipi, 2005). Prefabricering av komponenter kan ske inom det egna företaget eller levereras av en andra part (Gao & Low, 2014).

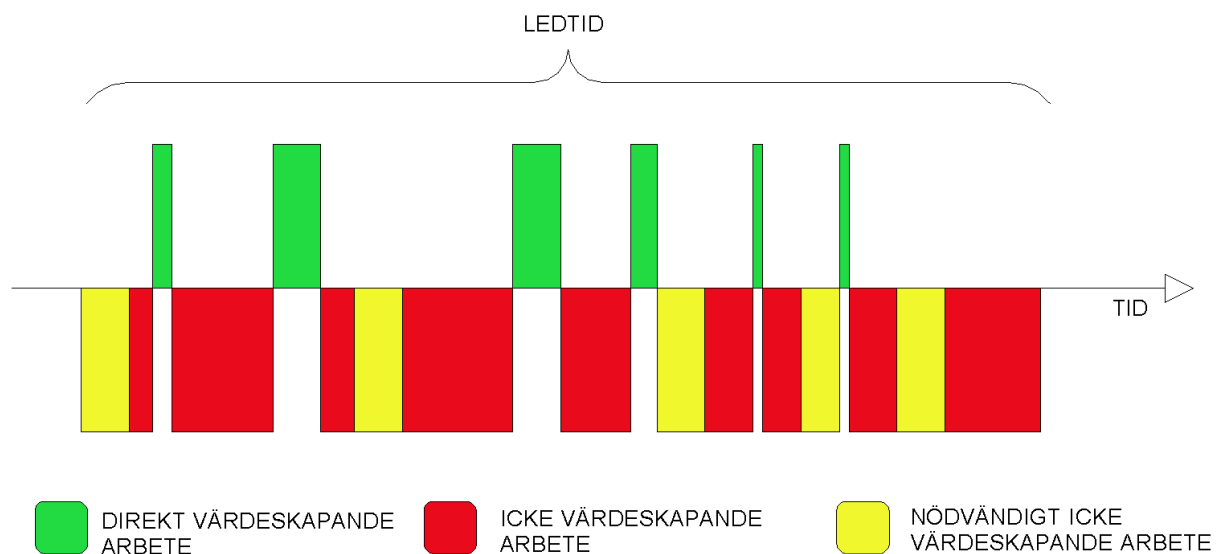
Avseende återvinning och avfallshantering finns det olika metoder för att minska det totala slöseriet. Ett exempel är att samarbeta med sina leverantörer på så vis att de hämtar upp överblivna delar som sedan kan återanvändas eller återvinnas. Finns det möjlighet att återanvända material direkt på byggarbetsplatsen är det att föredra. Det viktiga är att så stor del av materialet som möjligt återanvänds eller återvinns istället för att det deponeras. En metod för att hålla nere den andel material som deponeras är att uppföra en avfallsrevision, vilket innebär att det under byggets gång förs statistik över avfallshanteringen som sedan sammanfattas i en rapport. Detta har i tidigare byggprojekt varit ett effektivt sätt för att främja återanvändning och återvinning av material (Dainty & Brooke, 2004).

Materialsvinn uppstår även då material blir förstört eller stulet vid förvaring. Hanteringen av lager och leveranser bör därför planeras på ett sätt som förhindrar materialförlust. Stöldbegärligt eller rentav farligt material bör förvaras så att endast behöriga har åtkomst till det. Stölder och skadegörelse kan skapa slöseri av flera olika slag, och är därför problematiska under en byggprocess. Med avseende på det material eller utrustning som försvinner, bör hänsyn tas till tiden och kostnaden för att köpa in materialet ytterligare en gång och vänta på en ny leverans. Det kan dessutom leda till ett avbrott i produktionen. Vind- och vattenkänsligt material bör däremot förvaras på ett väderskyddat sätt. Lager ska utformas på ett lättöverskådligt vis, med god möjlighet för kontinuerliga kontroller, för att bland annat undvika att för mycket material beställs. Det går även att tillämpa just-in-time leveranser som

innebär att materialet levereras då det ska användas. På så vis undviks onödig lagerhållning och risken för att materialet kommer till skada eller ”försvinner” minimeras (Dainty & Brooke, 2004).

3.2.2 Slöseri av tid och resurser

Det finns fördelar med att kategorisera produktionskostnaderna i två olika grupper. En grupp för de kostnader som tillför värde, och en för de kostnader som går till aktiviteter som inte tillför värde. Denna indelning gör att det blir enklare att vidta åtgärder och ta fram strategier för att minska, eller helt eliminera, brister i effektiviteten. Då slöseri av tid diskuteras, är det aktiviteter som inte medför något värde som avses. Tiden för att utföra en aktivitet kallas ledtid. I denna ingår, förutom tid till det direkt värdeskapande arbetet, även icke värdeskapande arbete. Icke värdeskapande arbete innefattar även aktiviteter som är nödvändiga för att kunna utföra uppgiften, men inte direkt bidrar till projektets slutliga värde. Av all tid under ett byggprojekt är det egentligen bara en liten del som kommer leda till ökat värde för projektet (Gao & Low, 2014). Studier har visat att bara en liten del av ledtiden kan placeras i gruppen för direkt värdeskapande arbete, och uppgår endast till ca 17 procent av den totala tiden (Josephson & Saukkoriipi, 2005). Figur 3.1 illustrerar fördelningen av ledtiden.



Figur 3.1 Fördelning av ledtid. Författarnas egen figur.

I gruppen för icke värdeskapande tid avses aktiviteter så som väntan, avbrott, överarbeten, omarbeten, transporter och förflyttningar. En riktlinje är att 30-55 procent av den totala arbetstiden inte bidrar till projektets slutliga värde. Siffran varierar mellan olika byggarbetsplatser men beror också på vad som räknats som slöseri (Khanh & Kim, 2014; Josephson & Saukkoriipi, 2005). Icke värdeskapande aktiviteter ses ofta, av gammal vana, som en naturlig del av en hantverkarens arbete. Exempel på detta är hantverkare som tvingas lägga stor del av sin tid på att försöka förstå otydliga ritningar, städa arbetsplatsen eller hämta material. Vanligt inom branschen är också att slöseri endast är förknippat med slöseri av material, samtidigt som icke värdeskapande tid inte identifieras som slöseri. Med en kostnadsfördelning likt ovan, är syftet att produktionen ska ske som ett flöde, där projektets

värde successivt ökar genom olika omvandlingsprocesser samt genom en förkortad ledtid (Khanh & Kim, 2014).

Till icke värdeskapande aktiviteter räknas även den tid det tar att upptäcka eventuella fel. Kostnaden för fel under produktionen, och det arbete som går åt till att rätta till och upptäcka dem, uppgår enligt genomsnittet till ca 10 procent av ett projekts produktionskostnad. Besiktningar och kontroller räknas också som icke värdehöjande aktiviteter, eftersom de enbart finns för att säkerställa att arbetet blivit korrekt utfört från början. Likaså är försäkringar också en typ av slöseri, eftersom de endast finns till för att minska förlusten, om något oplanerat skulle inträffa och orsaka oväntade kostnader. Om den risken vore möjlig att eliminera hade försäkringen varit onödig. Detta är dock paradoxalt med tanke på att försäkringen också kan minska slöseriet och förlusten, i händelse av något som gör att försäkringen utnyttjas (Josephson & Saukkoripi, 2005).

För att arbeta mot en ökad effektivitet, bör en förståelse finnas för var och varför icke värdeskapande aktiviteter uppstår. Därför kan det finnas goda skäl att kategorisera aktiviteterna beroende på vad det är för typ av aktivitet och i vilket stadie aktiviteten sker. En studie utförd av Khanh och Kim (2014) visar att byggprojekt ofta förlorar värde på grund av ett dåligt ledarskap, en defekt utformning, dålig kvalitet på arbetet, bristande arbetsförhållanden, dålig säkerhet etc. I samma undersökning presenteras även en rad åtgärdsförslag för att effektivisera arbetet.

Den första åtgärden som presenteras, är att kompetensen och kvalificeringen bland både ledning och byggarbetare, har en avgörande betydelse. Dels för att på ett flexibelt sätt kunna bemöta eventuella förändringar och önskemål från beställaren, men också för att på ett så effektivt sätt som möjligt kunna utföra sina arbetsuppgifter. Att stärka samordningen mellan den tekniska personalen och förmän tros också kunna bidra till att arbetet utförs på ett bättre sätt. Ett ökat eget ansvar för de anställda inom olika projektgrupper kan öka effektiviteten då varje enskild hantverkare många gånger själva har kunskap om hur de bör arbeta för att nå hög effektivitet (Khanh & Kim, 2014).

För att minska tiden som spenderas på att hämta eller leta efter material och utrustning, har studien visat att en effektivitetsökande åtgärd är att tillförse arbetarna med det de behöver. Det kan ske genom att arbetsledaren ansvarar för att material och utrustning finns på rätt plats vid rätt tillfälle, eller vid behov anställa en logistikentreprenör som ansvarar för det. (Khanh & Kim, 2014) Kapitel 3.5.2 behandlar tillämpning av logistikteam för hantering av byggarbetsplatsens materialleveranser.

För att uppnå förbättrat ledarskap på byggarbetsplatsen är kompetens och erfarenhet hos ledningspersonalen viktig. Detta för att kunna nå en hög samordning och god kommunikation mellan samtliga avdelningar och lag som arbetar i projektet. En process för att styra och kvalitetssäkra projektet under genomförandet är en bra metod för att undvika omarbete i slutskedet (Khanh & Kim, 2014).

Vidare visar studien på betydelsen av en rimlig tidsplan och en tillräcklig budget. Dokumenten bör finnas tillgängliga i god tid för att förmän och ledning ska veta hur arbetet ska fortgå. Tidsplanen bör även innehålla en tydlig fördelning av mänskliga resurser, utrustning och material för att inget tvivel ska råda angående var och när resurserna ska användas. (Khanh & Kim, 2014)

Ovanstående exempel på aktiviteter inom byggprocessen härstammar till stor del från Toyotaprincipens teorier för att nå en hög effektivitet på arbetsplatsen. Enligt Toyotaprincipen ska det tidsrelaterade slöseriet utgöra en så liten del som möjligt, så att tiden istället spenderas på det som skapar ett värde åt projektet. Lean construction är huvudsakligen en tillämpning av Toyotaprincipen på byggprojekt (Gao & Low, 2014). Toyotaprincipen och Lean construction behandlas i kapitel 3.4.

Kunskapen om icke värdeskapande aktiviteter, samt förmågan att hantera dessa, behöver öka i branschen. I händelse av att en effektivitetsbrist uppenbaras, bör en kategorisering ske följt av en utvärdering. De frågor som bör ställas är: *när* bör man agera, *vem* borde agera och *hur* ska man agera. Utförs den typen av kategorisering tidigt i en process, framgår det tydligt vem som förväntas ta ansvar och jobba för en förbättring. Kategoriseringen kan också ske utifrån i vilket stadie en ineffektiv process inträffat, för att lättare finna orsaken till den. I ett projekt kan bristande tidseffektivitet finnas i allt från idéstadiet, konstruktionsstadiet, produktionsstadiet och användarstadiet. Det skiljer sig också beroende på i vilken nivå aktiviteten sker. Till exempel kan en snickare på individnivå utföra ett arbete i fel ordning som orsakar omarbete, eller så kan det i projektnivå ha funnits en dålig kommunikation under projektets gång, vilket skapat missförstånd och gett upphov till minskad effektivitet. Det kan även vara strategin på företagsnivå som brister och på den nivån åtgärder bör tas. Oavsett var den icke värdeskapande aktiviteten sker, tydliggör kategoriseringen *hur* och *vem* som bör agera. Sedermera bör utformning av verktyg eller metoder ske på ett sådant sätt att liknande brister på framtida projekt undviks (Josephson & Saukkoriipi, 2003).

3.3 Slöseri i samband med höghusbyggen

Den stora skillnaden mellan ett höghusbygge jämfört med ett mer konventionellt bygge är den stora andelen repetitivt arbete. Våningarna efterliknar varandra till stor del och det uppstår en upprepningseffekt som är signifikant för bland annat höghus (Shaked & Warszawski, 1995). Upprepningseffekten innebär att en insamling av erfarenheter och kunskaper successivt sker, i form av en positiv inlärningskurva (se figur 3.2), under det repetitiva arbetets gång. Detta bidrar i sin tur till en ökad produktivitet (Arditi, Tokdemir & Suh, 1998).



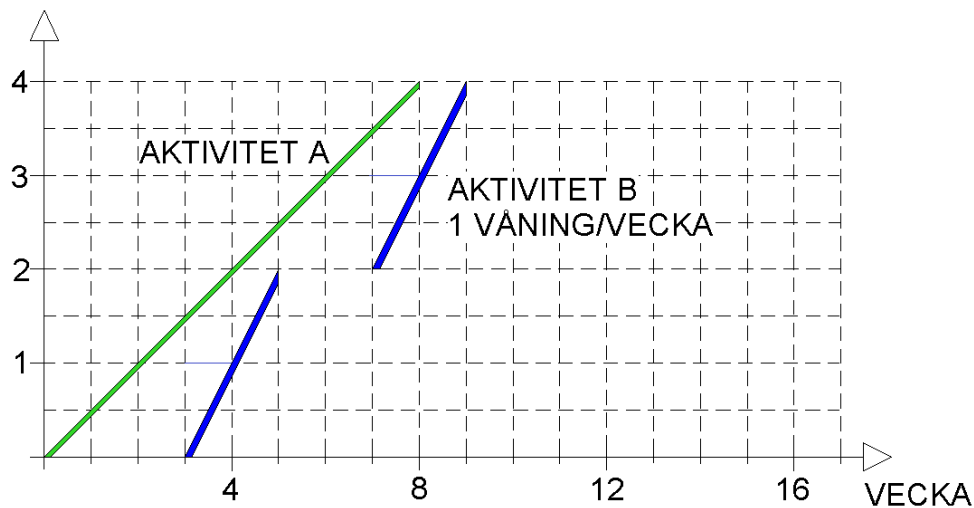
Figur 3.2 Positiv inlärningskurva för repetitiva arbetsuppgifter. Författarnas egen figur.

Trots fördelar med det repetitiva arbetet, bör nämnas att ett alltför strikt schema med enbart repetitiva uppgifter har visat sig kunna ge en omvänd effekt. Att ge hantverkarna en viss andel vila och avbrott från det repetitiva arbetet kan till och med förkorta produktionstiden och därmed minska kostnaderna (El-Rayes & Moselhi, 1996). Dessutom kan det repetitiva arbetet störas av de olika arbetsförhållanden som råder vid ett höghusbygge. Därför bör antaganden göras att arbetsmiljön och väderförhållanden skiljer sig avsevärt på ett våningsplan högt upp jämfört med ett på lägre höjd. I värsta fall kan detta leda till att den positiva effekten av upprepning uteblir (Arditi et al., 1998). Gao och Low (2014) redogör för en studie av ett höghusprojekt där uppförandet av dess standardiserade våningsplan kunde ses som en repetitiv process. I det initiala skedet var ett nytt våningsplan tänkt att bli färdigställt med 3 ½ dagars mellanrum. I praktiken visade det sig att varje nytt våningsplan i början tog fyra dagar, för att sedan reduceras till tre dagar, allteftersom hantverkarna lärde sig arbetsgången. För att efterföljande våningsplan ska uppföras på ett mer effektivt sätt än det första, gäller det att ta tillvara på de praktiska kunskaper som erhållits från det första våningsplanet, för att sedan använda det som en referens. Efter referensplanet har kunskaper fått om vilka verktyg, vilken arbetsstyrka och vilken utrustning som behövdes i praktiken (Gao & Low, 2014).

Det finns således tid att vinna i samband med ett höghusbygge, men för detta krävs god planering och schemaläggning av arbetslagen. I planeringsarbetet får hänsyn tas till arbetslagens inlärningstid för de olika arbetsmomenten, att arbetet kommer att utföras på mindre tid för varje våning. För att ta tillvara på denna egenskap bör arbetslagens arbete göras mer kontinuerligt genom att minska antalet avbrott från projektet. Med avseende på inlärningskurvan är det fördelaktigt om deras arbete inte avbryts när de väl har fått in arbetstakten. Därutöver måste den outnyttjade tiden för varje arbetslag reduceras maximalt. Schemaläggningen måste alltså ske på ett sådant sätt att inget arbetsteam ska behöva vänta på att laget framför ska bli färdigt med sina uppgifter. Slutligen är det viktigt att undvika onödiga förflyttningar mellan våningsplanen, för att uppnå önskad effektivitet och för att minska den inaktiva tiden i arbetslagen (El-Rayes & Moselhi, 1996).

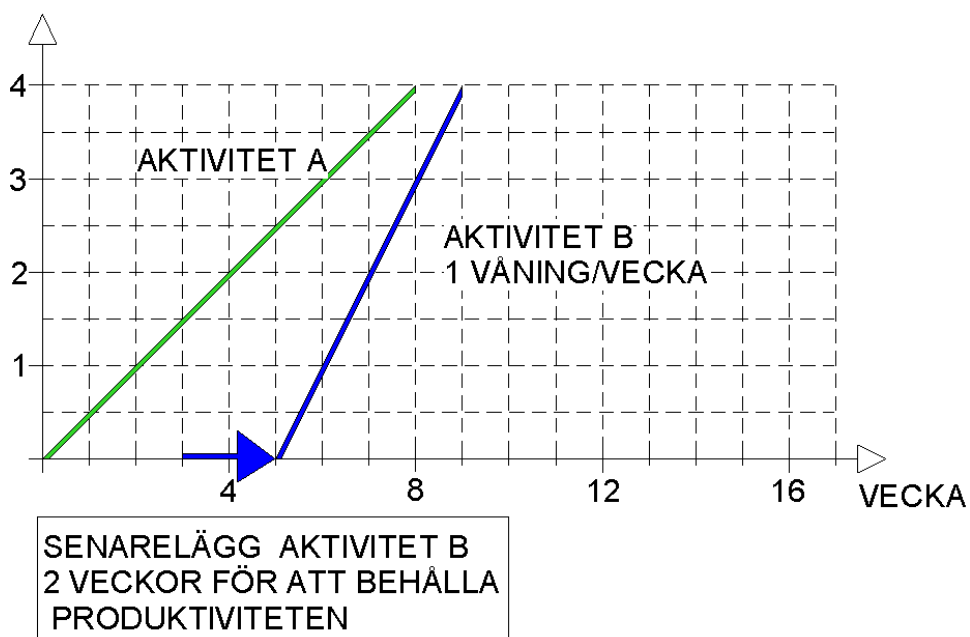
Att använda Line-of-Balance (LOB), som är ett planeringsverktyg för konstruktioner med repetitiva effekter, är en metod för att öka produktiviteten (Arditi, Sikangwan & Tokdemir, 2002). Principen syftar till att tidlägga olika aktiviteter på ett vis som medför en kontinuitet i arbetet. Med hjälp av LOB kan antalet avbrott i aktiviteterna minskas och till exempel ske genom att en viss aktivitet senareläggs. Principen för LOB visas i figur 3.3 och 3.4. I figur 3.3 sker pauser i aktivitet B för att inte kollidera med aktivitet A, därmed går fyra veckor åt till väntan. LOB möjliggör identifieringen av dessa krockar så att åtgärder kan tas.

VÅNINGSPLAN



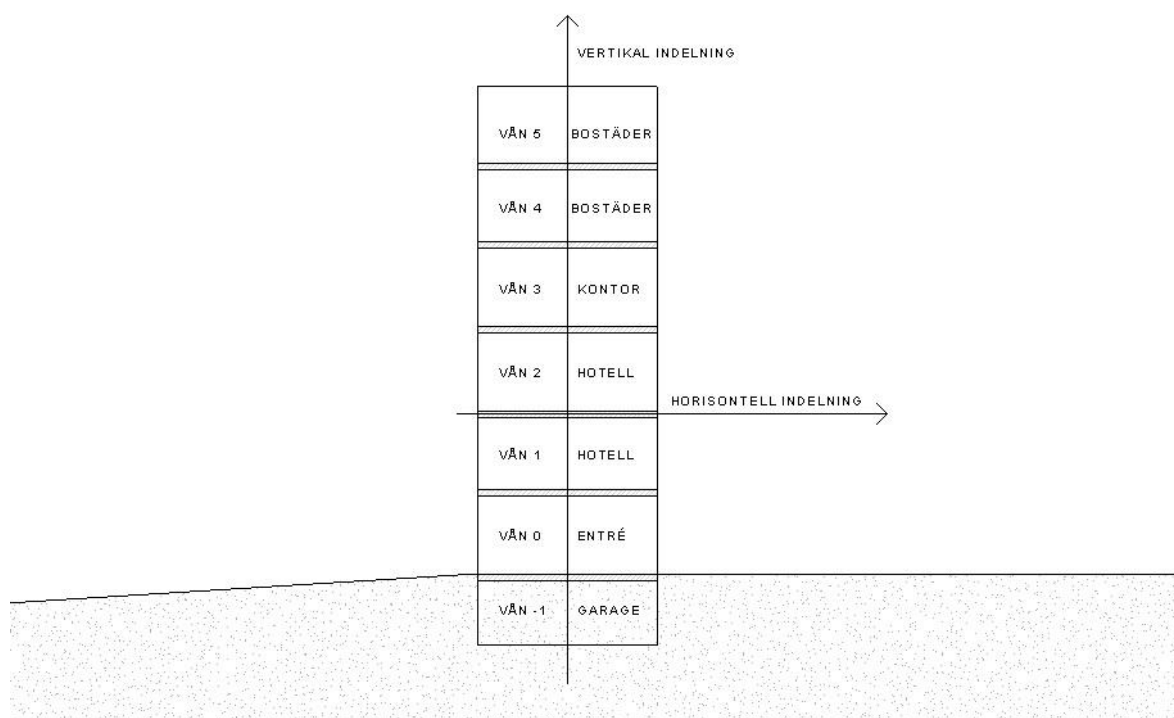
Figur 3.3 Aktivitet B avbryts i fyra omgångar för att inte krocka med aktivitet A. Författarnas egen figur.

VÅNINGSPLAN



Figur 3.4 Med hjälp av Line-of-Balance kan aktivitet B istället senareläggas med fyra veckor för att upprätthålla produktiviteten. Författarnas egen figur.

Uppförandet av stommen är den aktivitet som bestämmer arbetsgången. Arbeten som syftar till att bygga upp strukturen i form av pelare, balkar, plattor och bjälklag förhåller sig till varandra och behöver utföras i rätt ordning för att undvika komplikationer. Varje våning behöver ha en färdig struktur innan resterande aktiviteter inom våningsplanet kan påbörjas. Utförandet av strukturen kan samtidigt kopplas till andra aktiviteter på andra våningsplan. Detta leder till att en viss aktivitet på en våning inte kan påbörjas förrän den föregående aktiviteten på ett annat plan avslutats (Hegazy & Kamarah, 2008). Det kan därför finnas fördelar med att under planeringsarbetet dela in höghus i olika zoner, vilka kan bestå av kommunikationer, installationer och transporter av olika slag. Vertikala system, vilka ofta är inhysta i schakt, skapar förhållanden *mellan* våningsplan och horisontella system är system som löper horisontellt *inom* ett våningsplan (Hegazy & Kamarah, 2008; Shaked & Warszawski, 1995). Zonerna delas därefter in utifrån beteckningar som t.ex. kontorsutrymmen, lägenheter eller hotell. En exemplifiering av zonindelning kan ses i figur 3.5. Att se sambanden mellan zoner och hur de hänger ihop med varandra underlättar planeringsarbetet. Det bidrar också till en ökad effektivitet genom att synliggöra de tillfällen där upprepningseffekten kan tillämpas (Shaked & Warszawski, 1995). För att arbetet inom zonerna ska ske så effektivt som möjligt har det visat sig att hantverkare inom ett våningsplan bör ses som ett oberoende arbetslag. Detta för att slippa slösa tid åt att transportera material och utrustningar mellan olika våningar (Sacks, Esquenazi & Goldin, 2007).



Figur 3.5 Zonindelning. Horisontella indelningar styrs av samband inom våningsplan och vertikala indelningar av samband mellan våningsplan. Författarnas egen figur.

Enligt Chun (2013) har studier, utförda på höghusbyggen i Hong Kong, visat att den logistiska situationen inte är optimal. Tiden för att transportera material uppgår i vissa fall till 50 procent mer än tiden som läggs på att producera. En orsak till detta är att förvaring av material ofta sker på färdigställda våningar, för att vid behov kunna lyftas upp med hiss till våningar högre upp. Anledningen till att förvaringen sker på det sättet är platsbristen som ofta råder kring och inom byggarbetsplatsen, på grund av omgivande byggnader. Det är en av konsekvenserna av att höga byggnader ofta byggs i större städer med en redan tät bebyggelse. Vid vertikal förflyttning av material med stor vindfångande yta behöver inverkan från starka vindar måste beaktas. Lämplig förankring bör tillämpas både ur säkerhetsskäl men också för att undvika onödigt spill (Arbetsmiljöverket, 2014).

Vid slöseri av material är inte byggnadens höjd den största faktorn till hur stor andel av materialet som går förlorat. Det är snarare en fråga om design, inställning och planering på samma sätt som för övriga byggnadsprojekt. Khanh och Kim (2014) redovisar att de största slöserirelaterade problemen vid höghusbyggen är: (1) förlust av material och försämrat material, (2) tid för instruktioner och kommunikation mellan ledning och hantverkare, (3) tid för inspektioner och ledning av hantverkarnas jobb och (4) väntan på att material ska levereras. I samma studie har det visat sig att de huvudsakliga orsakerna till slöseriet vid höghusbyggen är en bristande kontroll, dålig planering, dålig tidsplan och byråkrati.

Prefabricerade byggnadsdelar, i synnerhet betongelement, kan med fördel användas vid ett höghusbygge. En bieffekt vid formgjutning är ett materialspill av betong, armering och trä samt de mantimmar som går åt för att bygga upp gjutformar. Att använda prefab kan trots en längre inkörningstid och en högre investeringskostnad ge en avkastning på 3-5 procent (Baldwin, Poon, Shen, Austin & Wong, 2009). Ett ytterligare alternativ för en mer effektiv byggnation av stommen är att använda en så kallad glidformsgjutning. Enligt Bygging-Uddeman (2015) är fördelarna med glidformsgjutning gentemot konventionell formgjutning att tekniken är mindre beroende av specialistkompetens och minskar användningen av formsättning. Metoden minimerar även användningen av kranar då processen inte kräver att kranen följer med uppåt. Därför är glidformsgjutning särskilt lämpad som teknik för gjutning av stommen till ett höghus.

Om formgjutning är det enda alternativet, finns det möjligheter att effektivisera tillvägagångssättet. En studie utförd av Ko och Kuo (2012) visar att formgjutningens effektivitetsbrister kan mildras med hjälp av Lean Construction som tankesätt. Formsättning, inklusive material och arbetstimmar, uppgår enligt studien till cirka 15 procent av den totala byggkostnaden. Således kan effektivisering av denna process påverka slutresultatet på ett markant sätt.

3.4 Lean construction och Toyotaprinicipen

En metod för att öka effektiviteten på en byggarbetsplats är enligt Sacks och Goldin (2007) att använda Lean construction som arbetssätt. Lean construction, som är en tillämpning av Toyotaprinicipen på byggprojekt, innefattar en omfattande redogörelse för hur effektiviteten

ska ökas och slöseri av tid och material minimeras. Skillnader i form av upprepning, livslängd på produkt och standardisering finns vid tillämpning av Lean inom byggindustrin jämfört med produktion. Toyotaprincipen utvecklades av Taiichi Ohno, produktionsansvarig på Toyota Motor Corporation under 1950-talet. Principen består av metoder för att minska slöseri och öka produktiviteten. De grundläggande metoderna fungerar för att definiera och komma tillrätta med ineffektivitet och svinn. Toyotaprincipen ger oss fem olika verktyg att arbeta med (Gao & Low, 2014):

One-piece flow - att uppnå ett flyt i produktionen

One-piece flow syftar till att skapa ett oavbrutet arbetsflöde. För att uppnå det ska antalet påbörjade enheter vara lika stort som antalet avslutade. Nyckeln till detta är att både projektledare och hantverkare har kännedom om vad icke värdeskapande aktiviteter är, och att tidsåtgången för dessa minimeras. Detta sker genom att (1) layouten på arbetsplatsen är optimerad efter materialflöde och förflyttningar, (2) minska andelen tid som går till spillo på grund av väntan, exempelvis på grund av missöden eller ojämn arbetstakt bland de arbetande, (3) tillräckligt antal hantverkare kan upprätthållas på plats, (4) anställda får sköta de uppgifter de är tillsagda att göra, (5) materialflödet följs upp under dagen och material och resurser finns just-in-time och (6) isolera värdeskapande aktiviteter från bakomliggande processer som inte är direkt knutna till produktionen. Skulle likväl ett avbrott ske under bygget till följd av exempelvis materialbrist, kan autonoma eller mångsysslande team eliminera icke värdeskapande aktiviteter genom att utföra värdeskapande arbete under tiden de väntar. En viktig princip för att uppnå ett One-piece flow är just-in-time. Att producera rätt produkt, i rätt mängd vid rätt tidpunkt utan att slösa vare sig material eller tid. Att tillämpa just-in-time kan dessutom möjliggöra obefintliga eller åtminstone små varulager.

Level out the workload - Jämna ut arbetsbelastningen

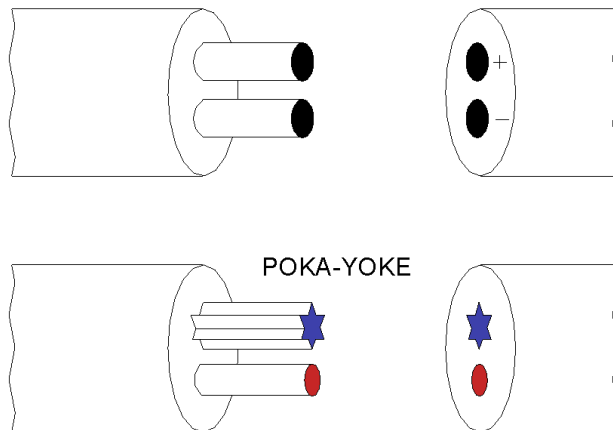
En ojämn arbetsbelastning på medarbetare i form av stress och övertid kan bland annat leda till ohälsa, men även till att omsättningen i arbetsstyrkan blir hög. För att jämna ut arbetsbelastningen gäller det bland annat att schemalagningen sker på ett bra sätt. Varierande intressen från olika parter såsom beställare och underleverantörer styr ofta planeringsarbetet. Det får dock inte ske utan att hänsyn tas till tillgänglighet av arbetskraft, material och maskiner.

Built-in quality - Tillhandahålla hög kvalitet

Built-in quality innebär att arbetet utförs rätt redan första gången och att de anställda är motiverade att tillhandahålla en hög kvalitet i varje del. Principen innefattar också att regelbundna kvalitetskontroller görs på material, komponenter och utrustning samt att anställda vågar prata med ansvariga eller chefer om något på jobbet går fel. De anställda ges befogenhet att själva ansvara för kvalitetsarbete och medarbetare som arbetar i samma lag möts på en regelbunden basis för att diskutera kvalitetsproblem och lärdomar. Färdigheterna för att upptäcka problem kan följaktligen förbättras.

Även att standardisera processer, för att minska variabiliteten, kan antas bidra till en ökad kvalitet. Ett exempel kan vara att använda sig av Poka-Yoke, alltså att planera vissa processer

eller arbetssätt på ett sådant sätt att dem inte går att utföra på ett felaktigt vis (Gao & Low, 2014). Figur 3.6 syftar till att öka förståelsen för Poka-Yoke.



Figur 3.6 Sammansättning av två komponenter som endast går att utföra på ett sätt. Författarnas egen figur.

För att minska omarbeten, kvalitetsproblem samt defekter som sprids i produktionskedjan krävs det att felen upptäcks i tid eller att arbetet görs rätt från början. Ett problem som uppstår bör behandlas så fort som möjligt istället för att acceptera att en åtgärd kan ske i ett senare skede. Innan ett problem tas om hand ska följande punkter beaktas: definiera problemet, samla relevant information, identifiera orsaken till problemet, utveckla och överväg olika alternativa lösningar på problemet och välj det bästa alternativet.

Standardized work - Standardisering av processer

Dainty och Brooke (2004) redogör för hur standardisering och användning av prefabricerade delar minskar svinn av tid och material på arbetsplatsen. För att användningen av standardiserade processer, komponenter eller material ska kunna bidra till en ökad produktivitet, krävs en större förståelse för principen bland medarbetarna. För detta krävs det att medarbetare uppmuntras till att förbättra befintliga standardrutiner och gärna baserat på deras egna praktiska erfarenheter.

Visual management - Visualisering av processer och projekt

En åtgärd för att öka produktiviteten på en arbetsplats är att öka förståelsen för den. Detta sker genom att hålla den städad, göra processer observerbara, göra osynliga processer synliga genom att mäta dem, minska beroendet mellan olika processer och ha relevant information i närheten av arbetsytan eller verktyg. Genom att använda skyltar och animeringar som visuella hjälpmedel kan statusinformation om exempelvis: problem, onormala förhållanden, schema, trafikflöde, avfall, kvalitet och säkerhet uppenbaras för medarbetarna (Gao & Low, 2014).

Kemmer et al. (2006) redogör för ett test där Visual management tillämpades vid höghusbyggen för att mäta hur arbetsflödet påverkades. Systemet bestod av ett internt kommunikationssystem med en signaltavla, till vilken byggarbetsplatsens arbetsteam var uppkopplade, för att underrätta ledningen om arbetsstart, materialbrist eller när andra problem

uppstod. Studien bekräftar att Visual management underlättar identifieringen av roten till en störning, vilket leder till att ett felaktigt utförande i minsta möjliga mån upprepas.

3.5 Planering och logistik

För att åstadkomma en minimering av slöseri på byggarbetsplatser krävs en god logistik, bra planering samt ett tydligt och välarbetat tidschema. Det är betydelsefullt för att möjliggöra en minskning av den outnyttjade tiden, men också en förutsättning för att uppnå ett lågt materialsvinn.

3.5.1 Uppbyggnad av en god byggarbetsplats

Uppbyggnaden av en byggarbetsplats och dess olika funktioner, är avgörande för hur effektiviteten kommer att avspeglas i projektets slutnota. Generellt sett är det, vid uppbyggnaden av en byggarbetsplats, ett flertal flöden som beaktas. De olika flöden som avses är materialflöden, informationsflöden, personalflöden och utrustningsflöden. Dessutom ska hänsyn tas till säkerhet, miljö och användarnas önskemål. Optimeringen av en specifik parameter får dock inte göra att en annan blir lidande. Ett exempel på detta är säkerhetsarbetet på ett projekt. En byggarbetsplats optimerad endast med avseende på säkerhet bidrar både till ökade projektkostnader samt en mer ineffektiv arbetsgång (Ning, Wang & Liu, 2010).

En framgångsrik byggarbetsplats, med möjlighet till en god effektivitet, bygger alltså på att dessa flöden är väl fungerande. På mer komplexa byggarbetsplatser sker även en utveckling av konstellationen över tid, vilket påverkar placeringen av temporära faciliteter i form av kontor, personalutrymmen och lager i den mån att dess placering behöver ändras i takt med att byggarbetsplatsen förändras. Detta är en avancerad uppgift att lösa, vilket ofta leder till att placeringen av dessa utrymmen inte blir helt optimerad. Därmed tillkommer ökade kostnader för transport till- och från dem. Samtidigt vill förflyttning av utrymmena i största möjliga mån undvikas (Chun, 2013).

Att planera och bygga upp en byggarbetsplats handlar många gånger om att optimera en mängd motsträvande objekt (Ning et al., 2010). Man vill (1) uppnå effektiva transporter utan onödiga förflyttningar av material och människor (2) minimera kostnaderna, (3) upprätthålla en god säkerhetsstandard i syfte att motverka olyckor och minimera risken för stöld, (4) placera kontor- och personalutrymmen så att de inte utsätts för onödigt buller, (5) förlägga förorenande aktiviteter där dess inverkan är som minst och (6) uppnå en god situation avseende förvaring och lagring. Resultatet av en god planering är också minskade konsekvenser av en eventuell oförutsedd händelse. (Chun, 2013; Ning et al., 2010). Följande delområden bör beaktas för att uppnå en logistisk lösning med ett bra flöde:

Tillgänglighet och trafikleder

Här ingår både planering av transportsträckor inom och utom området. Transporter för såväl människor som material beaktas för att uppnå ett önskat flöde. Hur saker transporteras upp och ner, hur arbetsplatsen binds ihop utan att transportsträckor korsas och hur leder till- och från byggarbetsplatsen planeras (Mawdesley, Al-jibouri & Yang, 2002).

Förvaring av material och verktyg

Materialet ska vara lättillgängligt och på rätt plats vid rätt tillfälle. Därför krävs planering för att bestämma var lager ska placeras, eller om man väljer att jobba utan lager och istället använda sig av just-in-time. För att öka produktiviteten krävs det att den ofta begränsade tillgängliga ytan används optimalt (Mawdesley et al., 2002). En förlust i effektivitet kan uppgå till 65 procent på grund av dåligt utnyttjande av ytan. En god planering kan minska kostnaden för materialhantering med 20-60 procent (Chun, 2013). Det krävs även extra åtgärder för mycket stöldbegärligt material och eventuella farliga maskiner och verktyg.

Byggnader för administration och personalutrymmen

Dessa faciliteter bör planeras för en bra utsikt över arbetsplatsen, men ändå inte så att de stör projektet. Vid större byggen kan flera olika uppehållsrum krävas och vid höghusbyggen kan dessa med fördel placeras inne i byggnaden (Mawdesley et al., 2002).

3.5.2 Materialhantering och leveranser

Materialhanteringen kan uppta uppemot en tredjedel eller mer av den totala byggverksamheten. Materialhanteringskostnaderna kan reduceras genom att minska transporter av material på byggarbetsplatsen men det ställer höga krav på byggarbetsplatsens layout. En metod för att lösa layoutproblemet och uppnå ett optimalt transportflöde är användning av algoritmer (Chun, 2013).

Både direkta och indirekta kostnader kan kopplas till just materialhantering. De direkta kostnaderna är i form av lön till hantverkare, maskinhyror och administration. Indirekta kostnader finns i form av verktyg och utrustning. Det är även avgifter för avfallshantering och kostnader relaterade till störning och förstörelse av material. Exempel på detta är skräp som blockerar vägen, en hiss som inte når ända upp, för liten hiss, ojämnt golv för en truck med tung last etc. Ytterligare kostnader kan orsakas av exempelvis dåliga väderförhållanden vid kranarbete då starka vindar och dåligt sikt äventyrar säkerheten samt att material kan bli förstört av regn (Lindén & Josephson, 2013).

Ett stort problem inom byggbranschen är leverantörer som inte levererar i rätt tid. Brist på material till följd av en sen leverans kan bidra till minskad arbetstakt och även orsaka förseningar i flera led. Leverantörer som inte håller tidsschemat kan också orsaka situationer där flera leveranser infaller samtidigt, varvid platsbrist uppstår. Då en stor del av arbetskraften behövs för att ta hand om leveranser kan fel leveranstid innebära att det inte finns någon arbetskraft tillgänglig för att packa upp, transportera och använda materialet. Resurser kan då tvingas tas ifrån andra processer som i sin tur blir lidande. I värsta fall blir materialet liggande i väntan på hantering och riskerar att bli förstört. Vid tidiga leveranser är det viktigt att förvaring av materialet sker på rätt sätt. Inhyrda resurser, så kallade logistikteam, som arbetar med att ta hand om materialhanteringen, reducerar enligt Lindén och Josephson (2013) denna faktor. Byggarbetarna kan då koncentrera sig på sitt arbete och materialleveransernas inverkan på övriga processer minimeras.

Vidare är det viktigt att instruktioner ges till leverantörerna gällande hur deras material ska vara emballerat. Felpaketerat material kan ta skada av väder och stötar vid förvaring och transport. Detta gäller särskilt för känsligt material så som gipsplattor och färdigbyggd köksinredning. Hänsyn bör även tas till hur materialet ska paketeras för att optimera hantering på arbetsplatsen. Ska den interna transporten ske med truck är det en fördel om materialet kommer i enheter optimerade, för transport med truck, med avseende på vikt, storlek och mått. Därför är det extra intressant hur dessa paketeras i fabriken för att resurser inte slösas på ompaketering (Lindén & Josephson, 2013).

3.5.3 Transporter vid höghusbyggen

Materialförvaringen vid höghusbyggen följs av logistiska problem på grund av transporter i vertikalled. Det optimala är att förvara material på samma våning som det ska användas på för att minska tiden som krävs för ytterligare förflyttningar. Annars gäller det att förvaring sker i närheten av transportmedel. För att lösa problemet med transporter inom byggnaden, finns modeller för att optimera horisontella och vertikala transporter i form av antalet hissar eller kranar och deras placering. Även utrymningsvägar för arbetarna, i händelse av evakuering, måste beaktas och dessa får ej blockeras (Chun, 2013).

För att transportera stora och tunga byggnadsdelar i vertikal- och horisontalled är en byggnadskran det främsta alternativet. Placeringen av kranen/kranarna bör ske på en plats där de täcker största möjliga yta, men inte har möjlighet att krocka med varandra. Kostnader för manövrering av kranen tas även in i optimeringsarbetet (Chun, 2013). En problematik inom byggsektorn är inverkan av väder och vind. Eftersom ett höghusbygge är beroende av kranar för att transportera material kan hård väderlek orsaka avbrott och därmed förseningar. För att undvika säkerhetsrisker ställs kranoperationer in vid dålig väderlek då vindar kan ta tag i lasten och kraftigt regn kan orsakar dålig sikt för föraren.

På arbetsplatser där byggkranar spelar en viktig roll, krävs det ett utarbetat system som samtliga medarbetare förstår och kan ta del av. Kommunikationen är viktig för att undvika missförstånd och eventuella säkerhetsrisker, det bör därför tas hänsyn till varierande språkkunskaper bland de anställda. Att kranarna lastas på ett lämpligt sätt är viktigt för att omöjliggöra att lösa föremål kan lossna och ramla ner (Shapira & Lyachin, 2009). Utrustningen för de olika typerna av transporter ska också vara rätt dimensionerad för ändamålet och produktionstakten. Detta gäller inte endast kranar utan även övrig utrustning. Vid ett höghusbygge ska stora mängder betong transporteras i vertikal riktning och det ställs därför höga krav på den utrustning som ska pumpa upp den färdigblandade betongen. Utöver att en underdimensionerad utrustning kan få svårt att hålla jämna steg med produktionstakten kan den även orsaka avbrott (Kaming, Olomolaiye, Holt & Harris, 2010). En studie utförd av Christian och Hachey (1995) visar att försenade leveranser av betong orsakar de största störningarna på produktionstakten.

3.5.4 Säkerhet och förhållningsregler

Säkerhetsarbetet på byggen och framförallt höghusbyggen är en viktig del för att möjliggöra en god effektivitet, detta då olyckor och skador lätt stör produktionen och orsakar avbrott. Det

bör även nämnas att kostnaderna för hälsa och säkerhet är ca 12 procent av projektets totala produktionskostnad. Detta i form av sjukdom eller arbetsrelaterade skador. Det är 50 procent vanligare med arbetsrelaterade skador inom byggbranschen jämfört med andra yrkesgrupper. Detta kostar i form av sjukskrivningar och rehabilitering (Josephson & Saukkoriipi, 2005).

Vid projektets start bör en riskbedömning göras för att beräkna riskfaktorer. Vid höghusbyggen transporteras mycket material och utrustning på höga höjder, och det finns en risk att detta faller och träffar någon på marken eller våningsplan längre ner (Fung, Tam, Lo & Lu, 2009). Även psykologiska symptom blir markanta för arbetare på höga höjder. Som en följd av stressen av att kunna falla ner har experiment visat att hjärtat slår 10-20 slag/min mer än för arbetare på marken. Även synen blir annorlunda och förmågan att bestämma avstånd försämras. Inte nog med det så bidrar kyla och vindar till en ökad säkerhetsrisk (Hsu, Sun, Chuang, Juang & Chang, 2007).

Viktiga faktorer för att åstadkomma en god säkerhet är att engagera alla medarbetare, hålla kontinuerliga möten och uppföljning. Inspektioner och daglig rengöring av arbetsplatsen är också viktiga faktorer. Det krävs också en god kommunikation i samtliga led samt en obligatorisk säkerhetsutrustning (Chan & Choi, 2015).

Krav och regler för arbetsmiljö och säkerhet finns samlade i arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 1999:3 för byggnads- och anläggningsarbete. Reglerna finns för att säkerställa att arbetsmiljön håller en tillräckligt god standard samt är säker att vistas på. Krav finns gällande: brandutrustning, utrymningsvägar, säkerhetsutrustning samt val av arbetsmetod. Bestämmelser om ansvarsfördelningen mellan beställare och utförare inkluderas också i arbetsmiljöverkets samling (Arbetsmiljöverket, 2014).

Vid högre byggnationer finns också särskilda regler som kompletterar ovan nämnda regelverk. Bland annat är det skydd mot skada genom ras och skydd mot skada genom fall. Golv eller ytskikt som saknar en tillräcklig bärighet kräver speciell avspärning och det finns även regler angående skyddsräcken, ställningar, arbetsplattformar eller arbetskorgar där det finns en potentiell fallrisk. Brister i säkerhetsarbetet, eller om någon av övriga regler inte efterföljs, leder till höga sanktionsavgifter för företaget (Arbetsmiljöverket, 2015).

3.6 Sammanfattning teori och vetenskapligt ramverk

Slöseri av material och tid bidrar till ökade produktionskostnader och ineffektivt byggande. Materialsvinnet är en konsekvens av framförallt dålig förvaring, en komplicerad arkitektur och inställningen hos medarbetarna. Dålig tid- och resursanvändning är däremot en fråga om bristande planering, få kontroller och otillräckligt ledarskap.

För att nå en förbättrad situation med avseende på slöseriet är uppbyggnaden av en funktionell byggarbetsplats viktig. Det finns också verktyg från Toyotapincipen som är implementerbara inom byggprojekt.

4. METOD INTERVJUSTUDIE

För att skapa en nulägesbild av hur arbetet och inställningen till slöseri ser ut i praktiken genomfördes åtta stycken intervjuer. Resultatet från intervjuerna utgör rapportens primärdata och respondenterna var huvudsakligen platschefer på Serneke. Ett undantag är en respondent som var insatt i logistikarbetet under byggnationen av skyskrapan Turning Torso i Malmö. Anledningen till att huvudsakligen platschefer tillfrågades var deras direktkontakt med byggarbetsplatser samt deras ansvar och möjlighet att påverka i effektivitetsfrågor.

Intervjuerna hade en varierande struktur. Intervjufrågorna var i förväg förberedda och formulerade för att uppmuntra ett öppet och beskrivande svar. Det förekom också följdfrågor beroende på hur intervjun framskred. Denna intervjumetod valdes för att tillåta intervjupersonen att tala fritt i ämnet och för att få ut det mesta av intervjun beroende på vad som var respondentens huvudsakliga kunskapsområde. Intervjufrågorna valdes med litteraturstudien som kunskapsgrund och med syfte att besvara rapportens frågeställning. (Intervjufrågorna går att finna i Bilaga 1.)

Intervjuerna genomfördes i enskilda mötesrum under cirka 30-40 minuter vardera. Inspelning av samtliga intervjuer gjordes samtidigt som anteckningar fördes över centrala nyckelord. Inspelningarna användes sedan enbart för eget bruk och raderades då resultatet var färdigställt. Respondenterna var från start medvetna om sin anonymitet och hade möjlighet att uttrycka sig fritt i svaren.

5. RESULTAT INTERVJUER

Resultatet är hämtat ur en intervjustudie om åtta personer. Respondenterna benämns A-H. Resultatet visar på respondenternas erfarenheter och kunskaper gällande slöseri. Likheter och skillnader är beaktade för att finna en struktur i intervjuvaren.

5.1 Materialhantering och leveranser

Intervjustudien visar att byggbranschen är relativt dålig på att återanvända och återvinna överblivet material. En förbättring de senaste åren går dock att ana. Överlag sker det inget aktivt arbete för att minska slöseriet av material utan all materialsortering sker i olika containrar och ofta slängs överblivna delar. Platschef D menar att de oftast litar på hantverkarens egna sunda förnuft. Återanvändning av material sker i viss mån inom projekten men på grund av kostnaderna för att transportera överblivet material till andra byggarbetsplatser sker återanvändningen mellan olika projekt i en liten skala.

Platscheferna är överens om att en förändrad inställning till slöseri behöver ske. Kunskap om god materialhantering bör ökas bland ledning och hantverkare. För att förändra handlingsmönstret tror de även att någon form av ”morot” kan fungera, till exempel i form av en ekonomisk bonus om spillprocenten når önskad nivå. Platschef B har tidigare provat den typen av belöningsystem men kan inte svara på hur resultatet blev då. Detta eftersom tid inte avsattes för att utvärdera metoden. Flera av respondenterna ansåg att den typen av bonussystem är svåra att mäta och skulle kräva kontroll på varje enskild person på arbetsplatsen, vilket kan vara svårt att genomföra.

Platschef E berättar om ett liknande försök till att få ner spillmaterialet. De arbetslag som slösade för mycket belastades med en extra kostnad. Bland hantverkarna fanns dock ett stort motstånd. Misstro till ledningen och deras kalkyler uppstod, och det ifrågasattes om mängden beräknat material stämde.

När det gäller design och utformning av byggnader berättar respondenterna om vikten av en enhetlig design där så få materialtyper som möjligt används. Gips är ett av de material som det slängs mest av och en komplicerad design medför att gipset skärs till och mycket slängs. Färdiga längder och måttanpassade byggnadsdelar är därför något som platscheferna är överens om minskar slöseriet.

5.1.1 Lager och förvaring

Rätt förvaring av material på byggarbetsplatsen minskar spill och ökar den logistiska effektiviteten. Hur förvaringsmöjligheterna ser ut varierar dock mellan projekt, men respondenterna är eniga om fördelen med förvaring i inomhusmiljö. För vissa typer av material kan detta dock ha mindre betydelse. En anpassning får göras till de möjligheter som finns för förvaring.

Åsikterna om storlek på leveranser varierar något. Platschef A föredrar mindre leveranser som i sin tur gör att allt material kan tas om hand och köras direkt in i huset medan andra respondenter tycker det är viktigt att ta till vara på de rabatter som ges vid större beställningar. I så fall behöver mer resurser läggas på lämplig förvaring.

Vid byggnation av bostäder kan samtliga respondenter bekräfta fördelarna med färdigpackade lägenhetspaket. Då levereras allt material som behövs för en viss lägenhet i ett eget paket som sedan lyfts upp till den lägenhet där det ska monteras. Det sparar tid då hantverkarna slipper packa om och transportera material i flera omgångar. För att den typen av paketering ska fungera krävs en tydlig kravbild till leverantörerna. Materialet måste vara paketerat i den ordning som det är tänkt att användas, samt på ett lämpligt sätt för att klara regn och blåst. I detta avseende bör beställaren, dvs. byggföretagen, ställa lämpliga krav på leverantörerna för att säkra det levererade materialet.

Platschef E berättar om ett projekt där de hade stora möjligheter till lager inomhus och det utnyttjades genom att köra in den största delen av materialet redan vid projektets start. Under projektets gång fick sedan hantverkarna gå och plocka det material de behövde utan någon större kontroll. Vid projektets slut konstaterades att stora mängder material hade slösats och åtgången på material hade blivit mycket större än vad som var kalkylerat för.

5.1.2 Prefabricering

Samtliga respondenter har uppfattningen att prefabricerade byggnadsdelar kan minska materialsvinnet under byggnationen. Då tillverkning av prefabricerade delar sker under kontrollerade former i fabrik blir den totala materialåtgången troligtvis mindre jämfört med tillverkning på en byggarbetsplats. Platscheferna är också övertygade att prefabricering ökar utnyttjandet av mantimmar då det är enkelt för arbetarna att montera ihop delarna. Prefabricerade delar är oftast ett mer kostsamt alternativ och det krävs därför en kalkyl för att undersöka om det är ekonomiskt försvarbart.

5.1.3 Just-in-time leveranser

Erfarenheterna och åsikterna om just-in-time varierar. Respondenterna har uppfattningen att just-in-time kan vara en bra metod att arbeta med på enstaka projekt men att det ställer höga krav på att leveranserna kommer i det tidsspänn som är avsatt. Kommer de inte i utsatt tid krävs tydliga kontrakt som gör att leverantören blir ersättningsskyldig för de pengar som förloras i projektet på grund av väntan. För att inte riskera att hantverkarna ska behöva vänta på leveranser finns det därför ofta inräknat en viss tidsmarginal. Såvida det finns utrymme att förvara en del av materialet inomhus är intervjupersonerna överens om att den möjligheten utnyttjas. Om det är fördelaktigt att få leverans just-in-time eller att lagerhålla beror dessutom på vilken typ av vara det gäller. Kök och vitvaror som är väderkänsliga och stöldbärliga levereras med fördel just-in-time medan t.ex. gips och trävirke med fördel får levereras i förväg.

En nackdel som lyfts fram med just-in-time är att avbrott eller stopp i kranverksamheten kan göra att en leverans är svår att ta emot, och i vissa fall leda till ytterligare tidsföröningar. Finns det inga lagringsmöjligheter på området uppstår en problematik. Därför finns det ett visst motstånd att arbeta enbart med just-in-time. Platschef D berättar dock om fördelen med just-in-time då det kan fungera som en sporre att färdigställa det arbete som krävs innan materialet levereras. Råder det en försening i projektet krävs det att de jobbar extra hårt för att bli klara och vara redo att ta emot leveransen.

5.2 Tid och resurser

Begreppet slöseri av tid används inte i praktiken. Det är viktigt att fokus istället ligger på att arbetet ska kunna ske så effektivt som möjligt. Det är också viktigt att det finns tillräckligt många tjänstemän, en resurs för varje moment i bygget. Platschef A uttrycker detta på ett tydligt sätt:

“Varje tjänsteman måste ses som en tillgång till projektet och inte som en kostnad, därför är det extra viktigt att rätt man finns på rätt plats.”

Ett återkommande motto från intervjuerna är att i varje byggprojekt eftersträva att ha rätt mängd material på rätt plats vid rätt tillfälle. Efterlevs den principen kan en besparing av såväl tid som material ske. En god planering är huvudsakligen det som krävs för att uppnå detta. Höga krav på ledningen, att den ligger steget före i sin planering, ställs således för att arbetarna ska kunna utföra sitt jobb på ett effektivt sätt.

Inte sällan finns det för få tjänstemän att tillgå under ett projekt. Det kan leda till att någon av delarna ”tappas” under tiden och problem uppstår. Med ett ökat antal tjänstemän anser platschef A att en ökad kontroll och god ledning kan uppnås. Dock får det heller inte finnas för mycket folk på bygget, en för stor mängd tjänstemän kan bidra till ineffektivitet då de är i vägen för varandras arbete och risken för köbildning ökar.

Det är huvudsakligen ledningens uppgift att utföra en bra planering där hög effektivitet gynnas. I planeringen är arbetsberedning och tidsplan två viktiga verktyg att utgå från. Utifrån dessa tas en grundplanering till projektet fram, vilken sedan kan användas vid avstämning för projektets framskridande. Samtliga platschefer upprepar flera gånger vikten av planeringsarbetet för att uppnå en god effektivitet.

Vid ett eventuellt stopp i produktionen kan det många gånger vara en oväntad händelse som ägt rum. Respondenterna är eniga om att även i dessa situationer är det en bra planering som ska till för att den typen av händelser ska kunna undvikas eller hanteras på rätt sätt.

Dessvärre är planering och projektering i många projekt inte färdigställt vid tiden för byggstart vilket i vissa fall leder till onödiga defekter och omarbeten. Därför är det också bra om de erfarenheter och kunskaper som erhållits under första etappen av bygget tas tillvara för att inte samma misstags ska upprepas senare i projektet.

Logistiken och uppbyggnaden av arbetsplatsen är två viktiga aspekter för att uppnå en hög effektivitet. Respondenterna förklarar att planeringen ser olika ut beroende på vilka förutsättningar som finns men gemensamt för samtliga projekt är att en arbetsplatsdispositionsplan görs för att fördela bodar, kranar och lager mm. Där tas även i beaktning att gångsträckorna ska vara så korta som möjligt och att materialförvaring ska finnas i närheten av där jobbet ska genomföras. Platscheferna berättar att det huvudsakligen är erfarenheter som styr hur planeringen av en byggarbetsplats sker.

5.2.1 Logistikteam

Att anlita en extern firma som ansvarar för materialhanteringen kan vara en god idé för en ökad effektivitet. Deras huvudsakliga uppgift blir att fördela och transportera materialet till rätt plats för att hantverkarna ska kunna lägga sin tid på värdeskapande aktiviteter. Den typen av arbete sker med fördel under kvälls- eller nattetid för att fler av dagens timmar ska kunna utnyttjas.

I intervjustudien var erfarenheterna av att anlita logistikteam få, men samtliga intervjurespondenter är medvetna om principen. De tror att det kan vara värdeskapande i vissa projekt och uppskattat bland hantverkarna. Åsikterna om när den typen av tjänst bör nyttjas varierar dock. Några av dem tror att det är en bra idé vid nybyggnation eller vid projekt med platsbrist, medan resterande tror att det kan finnas nytta av att till viss mån använda logistikteam i samtliga projekt. Platschef F upplever dock att det finns ett motstånd till att anlita logistikteam bland de högre cheferna, eftersom det medför en extra kostnad. I övriga fall då hantverkarna utför samma arbete räknas kostnaden till den totala projektsumman och inte som en enskild faktura. Flera av platscheferna tror dock att de olika kostnaderna kan kvitteras mot varandra och att det är gammal vana som gör att den typen av tjänster inte utnyttjas i större utsträckning.

5.3 Höghusbyggen

Kunskapen om att bygga höghus varierar bland respondenterna. Trots det har de fått chansen att, utifrån sina erfarenheter och kunskaper, fundera över vad som är specifikt för en byggnation på höjden.

En viktig aspekt att ta hänsyn till är transporter i vertikalled. En planering för antalet kranar och hissar som behövs är avgörande för att den typen av transporter ska vara möjlig. Tillfälliga uppehållsrum med plats för lunchrum och toaletter bör finnas uppe i huset för att hantverkarna ska kunna stanna kvar i byggnaden hela dagen. Att ha för avsikt att de anställda åker upp i byggnaden på morgonen och sedan är kvar där tills de åker ner på eftermiddagen spar tid i projektet. Då transporter till och från uppehållsrum är inräknat i den betalda arbetstiden är det viktigt att personalutrymmen finns i närheten av där arbetarna förväntas vara under dagen. Detta ställer dock krav på att uppehållsrummen håller en tillräckligt god standard för att hantverkarna ska uppleva att de kommer bort från damm och buller och kan få den paus och vila de behöver.

Det som enligt respondenterna skiljer ett höghusbygge jämfört med ett mer konventionellt bygge är slöseriet av timmar, transporterna upp och ner, och vikten av en god logistik. Förskjutna arbetstider kan vara en metod för att undvika hissköer vid arbetsdagens början och slut. Arbetslagen får då olika arbetstider med start 07.00, 07.30, 08.00 osv. Kontroll sker med myndigheter och fackföreningar så att det inte finns hinder. Att arbetslagen sedan kan placeras ut på olika våningar är en fördel med just höghusbyggen. På så vis undviks krocker och avbrott och varje lag kan fokusera på sitt eget arbete i första hand. Ett höghusprojekt bör med fördel vara ett dygnet-runt arbete för att utnyttja krantiden maximalt. Därför tros det vara aktuellt att ett logistikteam anställs för att fördela materialet under nattetid.

Det kan finnas en fördel med att ha specifika hissar för materialtransporter. På så vis kan materialet transporteras direkt till avsedd våning och behöver inte konkurrera med hantverkarnas destinationer. Respondent C beskriver hur de vid bygget av Turning Torso byggde en specialhiss för att frakta gipsskivor. Respondent A berättar om att tillämpning av logistikdataprogram, för att samordna och boka in leveranser, kan vara en annan lösning för att få ett höghusbygge att fungera effektivt. Systemet ska hantera bokning och samordning av leveranser för att minska köbildning, optimera utnyttjandet av byggkranar och möjliggöra att saker kommer i rätt tid. Ett schema i realtid synliggörs sedan för medarbetarna via informationsskärmar.

Logistiken är som ovan nämnt extra viktig vid ett höghusbygge. Platschef G berättar som ett exempel att det kan vara problematiskt om det saknas två buntar gips på våning tre vid ett mindre bygge. Om det istället saknas två buntar gips på våning 30 i ett höghus är det en helt annan process att få dit dem så fort som möjligt. Detta då kranar och hissar ofta är hårt belastade. Allt material måste finnas på rätt plats från början för att undvika stopp och väntan. Intervjuresultatet visar även att ett höghusbygge i större mån är känsligare för dålig väderlek än ett vanligt bygge. Ogynnsamma förhållanden kan i värsta fall orsaka långa avbrott. Anledningen är beroendet av byggkranar samtidigt som kranarbete kan behöva ställas på grund av dålig väderlek. Följden blir att arbetet blir stående då material inte kan levereras. Därför räknar man i vissa projekt med arbetsveckor om sex dagar; fem arbetsdagar och en lördag för att ta igen om man ligger efter.

En respondent tror att hantverkare på ett stort bygge kan slösa stora mängder material utan att det märks, då det är svårare att få en överblick och uppmärksamma varje enskild individ då många människor rör sig på området. En enskild hantverkare skulle i värsta fall kunna vandra runt en hel dag på bygget utan att åstadkomma något värdeskapande för projektet. Det ställer onekligen höga krav på ledningen. En annan respondent tror att utnyttjandet av material kan ske mer effektivt under ett höghusbygge tack vare upprepningseffekten. Hantverkarna lär sig i takt med att arbetet går framåt hur materialet ska användas på bästa sätt. Om dessutom projektets olika arbetslag dedikeras till olika våningar gör det att fler parametrar kan vara igång samtidigt. Ett höghusbygge kan på så vis bli effektivare än ett mer konventionellt bygge.

Intervjuperson A berättar att det inte lönar sig att bygga ett höghus i ett för högt tempo. I vissa projekt bygger man ett nytt våningsplan varannan dag och i andra projekt ett våningsplan i veckan. Med jämna mellanrum läggs en tätduk mellan våningsplanen för att skydda mot regn, på så vis kan stomkomplettering påbörjas nedanför, vilket bör ske i takt med att stommen uppförs. Varje våning måste hinna torka innan man kan börja bygga upp gipsväggar och lägga in golv etc. och betongens torktid avgör när det är lämpligt. Man bör därför bestämma en rimlig takt för att uppföra varje nytt våningsplan.

5.4 Orsak- och lösningsförslag

Under intervjuerna ombads samtliga respondenter att fundera över vad som var största källan till slöseri och berätta om deras bästa metoder för att undvika det. Resultatet av detta presenteras i punktform här nedan.

Orsaker:

- En otillräcklig eller felaktig planering.
- Dålig kommunikation. Det ledningen planerat och beslutat förmedlas inte på rätt sätt till hantverkarna.
- Felaktiga handlingar, ej uppdaterade ritningar.
- Tidsbrist. Det råder ofta ont om tid för projektering, bygget startar samtidigt som planering och projektering sker. Kan leda till omarbete.
- Oväntade problem så som väder.
- Tidsplanen tappas och det tas till nödlösningar som kostar pengar.

Lösningsförslag:

- En ren arbetsplats orsakar mindre spillmaterial. Det är lättare att slösa material då det redan är rörigt och ligger saker slängda på marken.
- Kombinerad praktisk och teoretisk kunskap vid planeringen. Det kan vara bra att ha med en snickare som har en idé om hur olika moment kommer att genomföras redan vid planeringen.
- Ett logistikdataprogram där leveranser och krantid med mera bokas in.
- En god sammanhållning i gruppen, då sker kommunikationen mellan arbetarna i större utsträckning och onödiga krockar och missförstånd undviks.
- Uppdatera planeringen, eventuellt kan den ursprungliga planeringen vara fel.
- Utvärdera arbetsmetoder om det drar ut på tiden. Kanske går arbetsmoment att utföra på ett mer effektivt sätt.
- Kontinuerliga möten där alla får sin röst hörd och känner sig sedda.
- En god arbetsberedning och tidsplan är viktiga verktyg. Gå igenom tidsplanen kontinuerligt för att fånga upp eventuella förseningar som måste jobbas ikapp.
- Ta lärdom från de första etapperna för att inte göra om samma misstag.
- Göra en god riskanalys.
- Flexibla medarbetare i ledningen.
- Incitament och tydlig kravbild till underentreprenörer och leverantörer.

- Ett förändrat tankesätt inom branschen, samtliga medarbetare måste vara involverade i arbetet mot slöseri av material.
- Visuell planering.
- Bonussystem till snickarna vid minskat slöseri.
- Be hantverkarna föra timkort över allt de gör under en dag för att uppmärksamma aktiviteter så som att bära material, flytta saker, städa. På så sätt kan arbetsmomenten tydliggöras och kunskapen användas för ny planering till mer värdeskapande tid.
- Normerande besiktnings tidigt i projektet för att undvika omarbeten i ett senare skede.
- Täta avstämningar och punktinsatser där det behövs.

5.5 Sammanfattning resultat

Intervjuerna visar på en huvudsaklig enig bild av hur dagens situation avseende slöseri ser ut. För att åstadkomma en minimering av slöseri ligger en stor tyngd på planeringsarbetet. Det är planeringen som möjliggör att tidsplanen följs samt att oväntade händelser bemöts på ett rationellt sätt. En kunskap om möjliga åtgärder och metoder för att minska slöseri finns hos platscheferna men konkurrensen och tidsbristen gör att planering, ledning, kontroller och utvärdering inte alltid sker i tillräckligt hög grad.

6. ANALYS

I analysen görs en jämförelse mellan intervjustudien och tidigare vetenskap för att finna likheter och skillnader. Därefter identifieras viktiga aspekter och förbättringspotential inom branschen.

Hur minimeras slöseri av tid och material på en byggarbetsplats?

De vetenskapliga definitionerna, som beskriver slöseri som en aktivitet som inte medför något värde till projektet, accepteras av intervjurespondenterna. Det är dock inget de medvetet arbetar utefter. Arbete för att minska slöseri finns i första hand i form av arbetsberedning och tidplan, mer ingående åtgärder saknas ofta på grund av tidsbrist. Istället accepteras brister i effektiviteten genom att addera procentpåslag för omkostnader och materialsvinn i kostnadskalkylen.

Material

Intervjurespondenternas uppfattning om hur materialhanteringen på en byggarbetsplats bör ske är till stor del samstämmig med vetenskapen. Trots det sker inte alltid hanteringen av material på det mest rationella vis. Istället visar Josephson och Saukkoriipi (2005) att upp till 12 procent av det inhandlade materialet slängs, och många beslut fattas som en följd av faktorer så som kostnader, tids- och platsbrist. Designen på det som byggs och i vilken utsträckning måttanpassade materialdelar används är viktiga faktorer till mängden spillmaterial. En annan fråga är hantverkarnas inställning till att arbeta på ett sätt som medför en liten spillprocent. Enligt Dainty och Brooke (2004) är utbildning av hantverkarna avgörande för att inställningen ska förändras. Trots att platscheferna är medvetna om att en förändring bör ske i branschen, lutar de till stor del på arbetarnas egna sunda förnuft. Platscheferna har således ett ansvar att påverka arbetarna i rätt riktning.

En studie gjord av Lindén och Josephson (2013) tydliggör att paketering och förvaring av material är av betydelse för att minska andelen spill. Resultatet i denna rapport visar att kunskapen om hur detta ska hanteras är god, och varje arbetsplats anpassas för att förvaringen ska kunna ske på bästa möjliga sätt. Frågan kvarstår varför mycket material försvinner eller blir förstört under tiden det väntar på att bli använt. Samtliga respondenter kan enas om att förvaringen lämpligast sker inomhus för att undvika att materialet tar skada av regn. Dock berättar flera av dem om vikten av att göra stora beställningar som i sig medför prisavdrag. Det är en motsägelsefull inställning. Om förvaringsmöjligheten inomhus är begränsad, placeras materialet istället i någon form av utomhuslager, där det lättare tar skada. Här finns utrymme för förbättringsarbete.

Vår analys är att det tas många kalkylerade risker i branschen, detta med syfte att hålla nere kostnaderna. Ett exempel på det är kök och vitvaror som i vissa fall beställs utan en vädertålig paketering. Regnar det vid tidpunkten för leverans finns risken att varorna tar skada och i värsta fall måste beställas på nytt. Paketering av leveranser är en kostnadsfråga. Man avstår ofta från att beställa varor med ett extra regnskyddande emballage, då leverantörer gärna

adderar en extra kostnad för detta. Här vore det vara rimligt med en branschövergripande diskussion, vilket skulle gynna alla parter.

Utöver att risker tas vid hantering av material finns det ett visst motstånd bland respondenterna till att jobba med just-in-time, en metod som annars kan ses som en åtgärd för att minska andelen svinn. Då inga garantier finns för att leveranserna kommer i tid, blir även detta en fråga om kostnader i förlorade hantverkartimmar jämfört med förlorat material. Gao och Low (2014) konstaterar att Just-in-time är en god metod för att undvika att materialet förstörs under förvaring. Det krävs dock strikta avtal med leverantören för att minimera risken att material inte levereras i tid, med stopp i produktionen som följd. I intervjustudien berättar en av platscheferna om ett logistikdataprogram som kommer att användas i ett kommande höghusprojekt. Systemet ska hantera bokning och samordning av leveranser för att minska köbildning och att material inte kommer i tid. Ett schema i realtid synliggörs sedan för medarbetarna via informationsskärmar. Att synliggöra och visualisera flöden är en slags Visual management, som enligt Gao och Low (2014) kan bidra till en högre produktivitet på byggarbetsplatsen.

Vårt resultat av intervjustudien innehåller ett tydligt exempel på konsekvenserna av en stor och dåligt kontrollerad lagerhållning. En intervjurespondent berättar av egen erfarenhet att det i tidigare projekt resulterat i en hög andel spillmaterial. Dainty och Brooke (2004) bekräftar problematiken och förespråkar mindre leveranser eller lättöverskådliga lager med möjlighet till god kontroll. Att under byggprocessen föra en avfallsrevision kan också fungera som en åtgärd på den typen av problematik. Vi kan alltså dra slutsatsen att stora och okontrollerade lager bör undvikas i största möjliga mån för att minska slöseri av material.

Från intervjuresultatet går även att utläsa att det idag inte vidtas tillräckliga konkreta åtgärder för att minska slöseri; utgångsläget är att en viss del kommer gå till spillo. Kunskapen måste ökas bland både ledning och hantverkare, samtidigt som tid bör avsättas för att verkställa enklare åtgärder. På så vis undviks att material går förlorat på grund av dålig förvaring, otillräckliga ritningar eller för stora leveranser. Dainty och Brook (2004) redogör att 25 procent av spillmaterialet kan undvikas med hjälp av enkla åtgärder. Det kan i sin tur medföra en ökad vinst på upp till två procent. Möjligheten att öka marginalerna bör tas tillvara i dagens hårt prispressade byggbransch. Genom att arbeta för ett minskat materialslöseri, kan kostnads kalkylens procentpåslag för svinn på sikt minskas, samtidigt som företaget kan konkurrera med ett ärligare anbud.

Tid och resurser

Rapportens resultat visar att huvuddelen av platscheferna inte räknar med slöseri av tid. Det finns en god kunskap gällande kända kostnader, såsom material och lön till arbetare, men en indelning efter värdeskapande- eller icke värdeskapande aktiviteter görs inte. Josephson och Saukkoriipi (2003) bekräftar att det råder en okunskap när det gäller dolda kostnader, i synnerhet icke värdeskapande aktiviteter. För att dessa aktiviteter ska kunna elimineras krävs att de uppmärksammas. Rapportens resultat samt tidigare vetenskap visar att mycket tid ägnas åt aktiviteter så som att packa om och bära material, transporter inom och utanför området

samt väntan på att andra arbetslag ska bli färdiga. Dessa aktiviteter ses troligtvis av gammal vana som en naturlig del av en hantverkarens arbete trots att det inte medför något värde till projektet. Dessutom anses förebyggande arbete som en osäker investering, där man inte vet hur mycket av insatsen man får tillbaka. Från resultatet kan även utläsas att de metoder och åtgärder som prövas inte alltid utvärderas i den mån som krävs för att kunna dra slutsatser kring om metoden varit värdeskapande eller inte. Josephson och Saukkoriipi (2005) redogör för hur studier har visat att endast 17 procent av processtiden kan kopplas till direkt värdeskapande arbete. För att råda bot på detta krävs en tydlig identifiering av vad som är "värdeskapande" och vad som inte är det. Khanh och Kim (2014) poängterar att tid måste läggas på att uppmärksamma och kategorisera aktiviteter beroende på om de medför värde eller inte. Inhyrda logistikteam är ett bra exempel på detta då de enligt Lindén och Josephson, (2013) bidrar till ett ökat värde för företaget. På grund av den extra kostnad detta innebär används sällan den möjligheten trots att det i slutändan skulle kunna vara lönsamt. Vi kan alltså konstatera att det finns ett behov av utvärdering och att ledningen är villig att tillämpa nya, mer effektiva, arbetsätt.

Intervjuresultatet visar att ett stort fokus bör ligga på planeringen, både före och under projektets gång. Viktiga verktyg i planeringsarbetet är en arbetsberedning och tidplan, vilka sedan följs upp för att kontrollera att projektet följer planen. Vårt resultat talar för att planering och projektering ofta inte är färdigställt vid tiden för byggstart. Konsekvensen av det är att problem upptäcks i ett senare skede med omarbeten och kostnadsökning som följd. Det är viktigt att upptäckten görs i god tid, vilket även bekräftas av Gao och Low (2014) som skriver om principerna för Lean Construction. Att ge anställda motivation och befogenheten att upprätthålla kvaliteten på arbetet, att göra procedurer och tillvägagångssätt ofelbara samt att standardisera är ett bra sätt att öka kvaliteten på den färdiga byggnaden i projekteringsstadiet men även på byggarbetsplatsen.

Likaså är vikten av en kompetent och tillräcklig arbetsledning betydelsefull för att en god effektivitet ska uppnås. Khanh och Kim (2014) samt rapportens resultat visar att mycket slöseri sker som en följd av bristande ledarskap och en otillräcklig kommunikation. De viktigaste egenskaperna hos en god ledning är enligt Khanh och Kim (2014) kompetens och erfarenhet. Dock kan det vid större projekt vara svårt att kontrollera att varje enskild individs arbetsmetoder och materialhantering sker på ett effektivt sätt. En tillräcklig arbetsledning, som finns tillgänglig för hantverkarna, kan i större utsträckning upptäcka fel i ett tidigt skede eller till och med undvika dem. Att utöka arbetsledningen på enstaka byggprojekt kan alltså fungera som en åtgärd på flera av de problem som presenteras i rapporten. Det är dock en balansgång mellan besparingar i projekt och att göra kraftansamlingar för att minska slöseri.

Vidare visar resultatet att vikt bör läggas vid att arbetsstyrkan är rätt dimensionerad, varken för stor eller för liten. Detta stämmer väl överens med Toyotapincipens idéer om att jämna ut arbetsbelastningen och se till att rätt mängd arbetare finns till förfogande på rätt plats och i rätt tid. Detta innebär också att antalet hantverkare på en byggarbetsplats inte får vara för många, inte bara med hänsyn till den direkta lönekostnaden utan även med tanke på att för många arbetare kan resultera i ineffektivitet och köbildning.

Hur uppnås god logistik på en byggarbetsplats?

För att uppnå en god logistik på byggarbetsplatsen är utförandet och dispositionen av ett flertal komponenter ytterst väsentligt. Vår studie visar att en omfattande planering och anpassning till området är nödvändigt för att uppnå en god logistik. Hänsyn tas till att gångsträckorna ska bli så korta som möjligt, samt att material och bodar ska finnas nära till hands. Då gångsträckor är en del av arbetstiden finns det mycket tid och pengar som kan gå förlorat om inte planeringen är rätt genomförd. Ett viktigt verktyg som används för att planera byggarbetsplatsen är en arbetsplatsdispositionsplan. En studie gjord av Mawdesley et al. (2002) redogör för att tillgänglighet och transport, material och lager samt administration- och personalutrymmen är de huvudsakliga faktorerna att beakta i planeringsstadiet. Att uppnå ett effektivt flöde inom varje del är av stor vikt.

Hur lagerhållning och transporter av material sker är avgörande för om den logistiska lösningen blir lyckad eller inte. Både rapportens intervjustudie och Mawdesley et al. (2002) visar betydelsen i att rätt mängd material finns på rätt plats och vid rätt tillfälle. För att det ska gå att uppnå visar resultatet att planering och en god kommunikation på byggarbetsplatsen är de viktigaste faktorerna.

Vad skiljer ett höghusbygge från andra byggen avseende ovanstående frågeställningar?

Vid byggnation av höghus är transporterna i vertikalled en avgörande faktor för att åstadkomma en fungerande logistik. Intervjustudiens resultat visar att optimering av antalet hissar och kranar samt dess placering är väsentligt för den logistiska situationen. Chun (2013) menar att antalet kranar också kan optimeras med avseende på kostnader. Detta förklarar intervjurespondenternas uppfattning att kranar och hissar ofta är hårt belastade i form av en hög utnyttjandegrad. Problem, i form av exempelvis materialbrist på en viss våning, kan därför förvärras om det inte finns en ledig kran eller hiss att transportera upp materialet med. Beroendet av transporter i vertikalled är också problematiskt om kranarbete behöver ställas in på grund av dålig väderlek. Chun (2013) beskriver också denna problematik.

En stor del av tidslöseriet kan också härledas till onödiga förflyttningar mellan våningsplan (El-Rayes & Moselho, 1996). För att minimera förflyttningar mellan våningsplan är det optimala enligt Chun (2013) att förvara material på samma våning som det är avsett att användas på. Enligt samma princip föreslår en intervjurespondent att uppehållsrum, lunchrum och toaletter förläggs upp i byggnaden så att personalens transporter upp och ner minimeras. För att undvika hissköer vid arbetsdagens början är en god idé att arbetsstyrkans olika lag har förskjutna arbetstider.

En respondent tror att ett höghusbygge kan bli effektivare än ett konventionellt bygge tack vare upprepningseffekten. En annan av de svarande poängterar också vikten av att lära sig från första etappen för att undvika att eventuella misstag upprepas i kommande etapper. Det kan därför krävas någon form av utvärdering i ett tidigt stadie av höghusbygget för att analysera om arbetet hittills gått som planerat och om det är något som måste planeras om för att inte misstagen ska upprepas. Att den stora skillnaden jämfört med ett konventionellt bygge

är just andelen repetitivt arbete, vilket genom en positiv inlärningskurva kan öka produktiviteten, bekräftar Shaked och Warszawski (1995) och Arditi et al. (1998). För att uppnå en positiv inlärningskurva kan Toyotapincipens idé om kvalitetsarbete tillämpas genom regelbundna kvalitetskontroller och att standardisera processer (Gao & Low, 2014).

Rapportens resultat visar även vikten av en stark ledning och kontinuerliga kontroller. En god logistik och planering lyfts också fram som förutsättningar för att samtliga delar ska fungera så effektivt som möjligt. Med en omfattande planering kan huvuddelen av de problem som uppkommer under ett projekt, bemötas med en rationalitet istället för med kostsamma nödlösningar. Även här kan vi se att en tillräcklig ledning har stor betydelse för att det ska finnas tid för just kontroller och instruktioner. Khanh och Kim (2014) visar att de största orsakerna till slöseri i samband med höghusbyggen är just (1) förlust av material och försämrat material, (2) tid för instruktioner och kommunikation, (3) tid för inspektioner och ledning av hantverkarnas jobb och (4) väntan på att material ska levereras.

Materialsvinnet vid ett höghusbygge råder det delade meningar om. En respondent tror att materialet hanteras mer effektivt på ett höghusbygge tack vare en upprepningseffekt och en inlärningskurva. Efter varje ny våning har man lärt sig hur materialet ska utnyttjas på bästa sätt. En annan respondent tror att det vid ett stort bygge med många anställda, finns svårigheter i att analysera effektiviteten hos varje enskild individ. Dessutom kan stora mängder material ödslas utan att det märks på samma sätt. Shaked och Warszawski (1995) och Arditi et al. (1998) bekräftar att inlärningskurvan har positiva effekter på resursutnyttjandet men vetenskaplig grund saknas för att styrka påståendet att det är svårare att kontrollera materialsvinnet vid ett höghusbygge. Fortsatta studier kanske kan visa motsatsen.

7. DISKUSSION

Kostnaderna för att bygga ökar och vinstmarginalerna blir allt mindre. Arbetet för ett minskat slöseri borde vara större än någonsin, ändå ser vi att det inte alltid sker några konkreta åtgärder. Frågan vi ställer oss är: Hur förändrar man en bransch som är fast i gamla mönster? En möjlig anledning till att gamla mönster finns kvar är tidspressen och den höga konkurrens som råder i branschen. Det lämnas inte mycket resurser över till utbildning och förbättringsarbete inom ämnet. Det är dock på grund av tidspressen och den höga konkurrensen som vi ser att det finns ett behov av just förbättringsarbete. Förbättringsarbetet i sig är också paradoxalt då det inte omedelbart bidrar till något värde för ett projekt, men behövs likväl för att i sin tur kunna öka andelen värdeskapande aktiviteter. Vi kan se att en struktur för hur och när förbättringsarbeten bör ske saknas. Det krävs till viss del mer planering och utvärdering men det måste ske vid rätt tillfällen och med syftet att bidra till ökat värde.

Vidare kan vi se att icke värdeskapande aktiviteter finns i alla led: idéstadiet, konstruktionsstadiet och produktionsstadiet. Att påverka redan från idéstadiet handlar inte endast om att öka effektiviteten för det specifika projektet utan även för hela företaget. Projekt Karlatornet är i dagsläget inne på konstruktionsstadiet och i början av 2017 påbörjas produktionsstadiet. Därför är det viktigt att effektivisering sker i tid redan i konstruktionsfasen för att ge utdelning på slutnotan och under byggtiden.

Arbete för att minska slöseri finns i första hand i form av arbetsberedning och tidplan. Mer ingående åtgärder saknas ofta på grund av tidsbristen. Istället accepteras brister i effektiviteten genom att addera omkostnader och materialsvinn i form av procentpåslag i kostnadskalkylen. I arbetsberedningen finns däremot en möjlighet att arbeta för en ökad tidseffektivitet. Samtidigt finns en stor del av icke värdeskapande sysslor även i mindre och mer osynliga processer och frågan är då till vilken detaljnivå arbetsberedningen ska behandla. Det anses ofta i branschen att förebyggande åtgärder är en form av slöseri i och med att det är osäkert om de kommer ge utdelning. Det blir en kostnadsfråga: hur omfattande vill man göra arbetsberedningen? Vid bygget av Karlatornet bör arbetsberedningen vara genomgående, detta är ett omfattande projekt där små misstag kan ge stora konsekvenser. Man bör därför göra avvägandet att lägga ner extra tid i planeringsstadiet för att minska onödiga kostnader i slutändan.

På samma sätt råder det tveksamheter kring att jobba med just-in-time. Det tycks finnas en större rädsla för att behöva vänta på materialet, än att materialet blir förstört på byggarbetsplatsen. Troligtvis beror detta på att det saknas kunskap och vana i hur just-in-time ska hanteras för att fungera. Kostnaderna tros bli högre på grund av väntan än för anskaffning av nytt material, därför beställs ofta materialet i förväg. En paradox då förstört material betyder att en extra beställning behöver göras som därmed orsaka väntan ännu en gång. I en stad som Göteborg där det i dagsläget råder stor trängsel och köbildning är det dock svårt för

leverantörerna att garantera en viss leveranstid. Under vissa tider på dagen råder det en stor risk för förseningar, det är något som hänsyn bör tas till då leveranser bokas in.

Ytterligare funderingar växer fram kring tidigare forskning som visar att ca 17 procent är värdeskapande och 30-55 procent är icke värdeskapande. Vart tar resterande procentandelar av tiden vägen? Visserligen varierar undersökningarna då de tar hänsyn till olika aspekter. Kan det vara så att resterande procent är arbete som t.ex. planering eller förberedelser? Går även de aktiviteterna att minska? Troligtvis kan standardisering och one-piece flow tillämpas även under dessa stadier. Det är frågor som fortsatta studier får besvara.

Stor del av tidigare forskning som behandlar slöseri är implementerbar även på höghus. Vad som skiljer ett höghusbygge mot ett vanligt bygge ter sig ofta som självklarheter. De skillnader som tidigare forskning bekräftar är: det repetitiva arbetet som sker våning efter våning med en inlärningskurva som följd, sambandet mellan system i vertikalled och de vertikala transporterna upp och ner i byggnaden samt mellan våningsplan. Shaked och Warszawski (1995) och Arditi et al. (1998) bekräftar att inlärningskurvan har positiva effekter på resursutnyttjandet men vetenskaplig grund saknas för att styrka en intervjupersons påstående om att det är svårare att kontrollera materialsvinnet vid ett höghusbygge. Fortsatta studier kanske kan visa motsatsen. Även den stora andelen stomgjutning är signifikant för ett höghusbygge. Det är oklart vilken gjutteknik som kommer användas i projekt Karlatornet. Då kostnaden för gjutning av stommen upptar en avsevärd del av ett projekts byggkostnad är det viktigt att en avvägning mellan olika tekniker sker för att hitta den mest lönsamma lösningen. Därefter bör alla olika moment effektiviseras enligt Lean Constructions olika ideal; för att minimera åtgången av tid och material.

Det är svårt att tala om effektivisering och minimering av slöseri utan att prata om Lean eller Toyotaprintipen. Lean Construction är ett tankesätt som bör finnas med i alla stora byggnadsprojekt och därför var det förvånande att flera av intervjupersonerna saknade kunskaper inom ämnet, de flesta hade endast hört talas om det. Således kan intervjustudien bekräfta att kunskaper till viss del saknas inom ämnet, snarare än att revolutionera området med ny vetenskap. Många av de metoder och verktyg som idag används grundar sig i principerna för Lean, dock är det inte uttalat att det är just Lean och Toyotaprintipen som används. Vi tror att en ökad kunskap och medvetenhet om Lean hade kunnat vara av värde för platscheferna och bidra till en förståelse för varför man bör planera och handla på ett visst sätt. I början av litteraturstudien fann vi att Lean Construction tillämpades vid byggnationen av Empire State Building men valde att inte låta rapporten omfatta det då tanken var att använda källor skrivna på 2000-talet. Vissa undantag har dock gjorts för vetenskap som vi ansett innehålla grundläggande principer och tankesätt som är gångbara än idag.

Enstaka delar av teorin, i synnerhet mer detaljstuderade fenomen, behandlas inte i resultatdelen. Anledningen till detta är att mycket litteraturkällor tillkom efter tid. Orsaken är att vår intervjustudie påbörjades innan litteraturstudien var klar. Detta resulterade i att vi efter tid fick mer kunskap inom ämnet och kunde ställa mer relevanta frågor och bättre följdfrågor. Till största del innehöll intervjuerna förberedda frågor men anpassades delvis efter den

svarandes kunskaper. Fördelen med detta var att vi kunde få ut mer av varje intervju genom att anpassa den efter respondenten. Frågor ställdes också i varierad ordning beroende på hur intervjun framskred. Detta för att få ett flyt i intervjun. Nackdelen är att vi fick något varierande svarsresultat beroende på intervju. Detta behöver dock inte vara någon nackdel då syftet inte var att jämföra svaren mellan olika platschefer utan att få ut så mycket kunskap som möjligt om ämnet.

Sammanfattningsvis kan vi se att det finns ett behov av en ökad medvetenhet och förståelse för att en fortsatt förbättring avseende resursutnyttjande ska möjliggöras. Efter varje projekt är det nödvändigt att ta tillvara på de kunskaper och erfarenheter som erhållits. Detta utvecklar företaget och utvärderingsarbete efter ett stort projekt är således av betydelse för företagets framtid. Ett system för hur erfarenhetsåterföringen bör ske kan vara nästa del i arbetet mot ett effektivt byggande. Därför vill vi rekommendera Serneke, med tanke på den branschfördel det kommer att innebära, att efter byggnationen av Karlatornet ta tillvara på de unika kunskaper som erhållits och utnyttja dessa i egna och kanske andras framtida byggprojekt.

8. SLUTSATS

Effektivitet och minimering av slöseri är ett komplext ämne där flera komponenter spelar en avgörande roll. För att besvara rapportens huvudsakliga frågeställning presenteras här samband och lösningar, som tillkommit med hjälp av resultatet och analysen. Inom varje område sammanställs problematiken i tabellform samtidigt som rekommendationer ges för hur den kan hanteras.

Frågan rapporten är avsedd att besvara är: Hur uppnås ett effektivt användande av tid och material på projekt Karlatornet?

Planering och utvärdering

En av slutsatserna som kan dras är betydelsen och nyttan i en god planering. Det är en av de grundstenar som lyfts fram både i intervjuresultatet samt tidigare vetenskap. Som en följd av rådande tidspress och konkurrens inom branschen kan vi konstatera att planering inte alltid sker i den mån som vore mest fördelaktig. Det leder i sin tur till att moment måste hanteras under projektets gång. Ett långt planeringsarbete är kostsamt men vi kan se att fördelarna är många. I planeringsstadiet kan svårigheter bemötas redan innan de inträffar vilket gör att man är beredd på hur svåra situationer ska hanteras.

Planering för att åstadkomma en effektiv byggarbetsplats är också en betydande del för en ökad effektivitet. Vi kan se att uppförandet av bodar, vägar och lager har betydelse för hur mycket tid och material som går förlorat. Att utnyttja något av de logistikdataprogram som finns tillgängliga på marknaden, kan underlätta det arbetet. Programet kan även användas för att boka leveranser och krantid för att optimera arbetet.

Problematik härstammande från bristen på planering och utvärdering presenteras i tabell 8.1. Där finns även rekommendationer formulerade med förslag på hur problemen kan bemötas. Rekommendationerna är gjorda utefter de analyser och slutsatser vi kunnat dra med hjälp av tidigare forskning samt intervjuresultatet.

Dock är inte planering det enda som är viktig för att uppnå ett bra resultat. Stor betydelse ligger också i att utvärdera arbetet och planeringen för att kunna lära av misstag och ständigt förbättras. Utvärderingen är även nödvändigt för att kunna ta till sig nyttan med nya metoder och arbetssätt samt för att våga etablera nya produktionsmönster.

Tabell 8.1 Problemformulering och rekommendationer för förbättrad planering och utvärdering.

Problem	Rekommendationer
Ostrukturerat beslutsfattande och oväntad problematik	<ul style="list-style-type: none"> • Ökad planeringstid för att i förväg finna sätt att hantera problem • Uppförande av strukturerad planeringsmall som visar vad som bör behandlas innan bygget får lov att starta
Osäkra arbetsmetoder	<ul style="list-style-type: none"> • Ökad tid till utvärdering • Uppföra kostnadskalkyler för att visa på lönsamheten • Uppföljning efter varje etapp för att stämma av vad som gått bra och vad som måste ändras • Omarbeta ineffektiva metoder
Tappad tidplan	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuerlig uppföljning • Punktinsatser vid behov

Ledning

Mycket av problematiken kring slöseri härstammar från en otillräcklig ledning. För att en god materialhantering och effektiva arbetsmetoder ska erhållas, krävs att det finns tydliga direktiv som poängterar företagets visioner för ett minskat slöseri. Det krävs också en närvarande ledningspersonal som kan besvara frågor och ge instruktioner vid eventuella problem. Hantverkarna är varje byggprojekts största tillgång och arbetsledningens uppgift är att underlätta och förse hantverkarna med rätt instruktioner och utrustning. Det ingår även i ledningens arbete att kontrollera arbetsmetoderna för att finna förbättringspotential.

Vi kan se att det i somliga fall vore värdefullt att utöka ledningspersonalen med en eller flera tjänster, alternativt öka den befintliga personalens kompetens och ledaregenskaper. En ökad och förbättrad ledningspersonal kan tillgodose ett effektivt arbete och samtidigt finnas tillgängliga för att utvärdera och planera fortsatt arbete. Då platschefer och arbetsledare till stor del ansvarar för produktionen ställs också höga krav på deras kompetens, erfarenhet och personliga egenskaper.

Tabell 8.2 *Problemformulering och rekommendationer för förbättrad ledning.*

Problem	Rekommendationer
Ostrukturerat arbete	<ul style="list-style-type: none"> • Standardiserade arbetsmetoder enligt Toyotaprintipen. • Erfarna arbetsledare som kan föreslå och uppmuntra mer effektiva metoder. • Tillåta hantverkarna att utvärdera sina egna metoder. Då de känner till processen kan de troligen hitta lösningar.
Dålig kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> • Täta avstämningar för att uppmärksamma frågor och funderingar • Kontinuerliga möten där alla inkluderas och får sin röst hörd • Anslagstavlor där aktuell information presenteras enligt Visual management, Toyotaprintipen.
Bristande närvaro	<ul style="list-style-type: none"> • Ökat antal arbetsledare i produktionen • En arbetsledare på varje våningsplan
Omarbete	<ul style="list-style-type: none"> • Ökat antal kontroller • Normerande besiktningar • Kontinuerlig övervakning • Erfaren arbetsledare eller ansvarig person att rådfråga vid oklarheter • Uppdaterade ritningar • Färdigställd planering före byggstart • Felsäkra metoder, Poka-Yoke

Utbildning och kompetens

En återkommande orsak till att mer material än nödvändigt förbrukas under byggprojekt är hantverkarnas inställning till hur materialet bör hanteras. Det råder även en kunskapsbrist om varför det är viktigt med en god materialhantering och hur det ska ske. Att förlita sig på hantverkarens eget sunda förnuft tros därför inte bidra till en förbättrad situation i en såpass konservativ bransch som byggbranschen är. För att åstadkomma en förändrad situation krävs istället att problematiken uppmärksammas och att lämpliga åtgärder vidtas. Att inleda större projekt med en kortare föreläsning eller genomgång av hur materialhanteringen förväntas ske, kan fungera som en åtgärd. Beroende på projektets storlek kan samtliga hantverkare medverka, eller i andra fall enbart arbetsledarna som sedan vidarebefordrar informationen. Troligtvis kan det ge mer förståelse hos hantverkarna för vad som förväntas av dem samt hur man arbetar på ett mer genomtänkt sätt. Eventuellt kan en motivationsfaktor införas, exempelvis i form av en ekonomisk bonus då låg spillprocent åstadkoms.

Viktigt är även att arbetsledare och platschefer har den kunskap som krävs. Ett förslag är att låta samtliga nyanställda ta del av en kortare internutbildning i vilken arbetsmetoder presenteras gällande hur arbetet mot slöseri bör gå till på byggarbetsplatsen. Det kan även ske i form av erfarenhetsåterföring från medarbetare med en längre erfarenhet.

Tabell 8.3 Problemformulering och rekommendationer för ökad utbildning och kompetens.

Problem	Rekommendationer
Bristande kunskap	<ul style="list-style-type: none"> • Genomgångar och föreläsning i samband med projektets start • Tillgängliga arbetsledare att rådfråga • Utbildning för nyanställda • Tydliga direktiv från ledningen för att visa på att arbetet är viktigt för företaget
Konservativt tänkande	<ul style="list-style-type: none"> • Tydlig kravbild • Förslag på nya arbetsmönster
Låg motivation	<ul style="list-style-type: none"> • Belöning i form av ekonomisk bonus då andel spillmaterial når önskad nivå

Mindre leveranser och god förvaring

En paradox inom branschen är det slöseri som sker som följd av förlorat och försämrat material samt det slöseri som uppstår av väntan på att material ska levereras. Det är en balansgång för att inte någon av sidorna ska väga över på bekostnad av den andra. Vi kan konstatera att just-in-time är en bra metod just för att minska andelen förstört material men risken att behöva vänta på leveransen är svår att eliminera. En bra metod, tillika en kompromiss för att undvika risken att behöva vänta på material, är att beställningar levereras i lagom stora omgångar och med viss tidsmarginal. Finns ingen möjlighet att tillfälligt förvara mindre leveranser bör viktiga försändelser tidläggas utefter hur trafiksituationen ser ut. Antingen tidigt på morgonen innan rusningstrafiken eller mitt på dagen, då framkomligheten för leverantören inte hindras. Om leveransen inte sker på utsatt tid ska det finnas tydliga villkor i avtalet med leverantören om en eventuell kompensation; för att ersätta byggföretaget för de ekonomiska följderna.

Vi kan även konstatera att det finns fördelar med att låta förvaring ske i inomhusmiljö. Finns ingen möjlighet till detta ska tillfällig lagring utomhus ske under tak och materialet ska vara paketerat på ett adekvat sätt. Vid större projekt så som Karlatornet rekommenderas att tillfälliga fabriker byggs upp på området för att möjliggöra att en del av produktionen ska kunna ske under tak. Det kan även konstateras att prefabricerade komponenter av olika slag, tillverkade inom företaget såväl som av en andra part, bidrar till ett minskat slöseri.

Tabell 8.4 Problemformulering och rekommendationer för förbättrad materialhantering.

Problem	Rekommendationer
Förstört och försämrat material	<ul style="list-style-type: none"> • Mindre leveranser • Leveranser som levereras just-in-time • God förvaring inomhus eller i tält • Vädertålig paketering • Prefabricerade byggnadsdelar
Väntan på leveranser	<ul style="list-style-type: none"> • Viktiga leveranser planeras in utefter trafiksituationen • Försenade leveranser ger ekonomiska konsekvenser för leverantörerna

Uppmärksamma och kategorisera aktiviteter

För att minimera ineffektivitet och slöseri av tid har vårt intervjuresultat och litteraturstudien visat vikten av att uppmärksamma och aktivt bemöta icke värdeskapande aktiviteter. Att finna de aktiviteter som inte medför värde är av betydelse. Det bör finnas ett utarbetat system för *hur* den typen av aktiviteter ska hanteras och *vem* som förväntas agera.

De som har bäst vetskap om vilka aktiviteter som sker under en dag är hantverkarna. Deras erfarenheter bör därför tas tillvara för att uppmärksamma och eliminera vissa aktiviteter. Det finns även i deras intresse att slippa väntan, onödig förflyttning och omarbeten. Möjligtvis har de förslag på hur dessa aktiviteter ska undvikas. Att ledningen uppmuntrar till den typen av förslag är därför av betydelse. Att be hantverkarna föra loggbok över vad de gör under en dag kan vara en god idé. Om det då visar sig att en icke värdeskapande aktivitet tar för stor del av tiden kan det vara läge att kalla till ett kortare möte för att finna orsaken och även förslag på åtgärder.

Logistikteam som ansvarar för hantering av material, kan fungera som en åtgärd för att eliminera en del av de icke värdeskapande aktiviteterna. Vi har kunnat dra slutsatsen att den typen av åtgärd vore värdeskapande i stor del av byggprojekt, framförallt stora projekt så som bygget av Karlatornet. Om logistikteam utnyttjas i större mån kan aktiviteter så som att hämta och flytta material, paketera om material och leta efter material helt elimineras.

Tabell 8.5 Problemformulering och rekommendationer för ökad effektivitet.

Problem	Rekommendationer
Outnyttjad tid	<ul style="list-style-type: none"> • Sträva efter one-piece-flow • Kategorisera och utför en ansvarsfördelning • Be hantverkarna att föra dagbok över de aktiviteter som utförs under en dag • Avstämningar och möten för att ta till sig hantverkarnas förslag på förbättring • Logistikteam som ansvarar för materialhanteringen kvälls- och nattetid • Korta transportsträckor • Alternativa uppgifter vid ett eventuellt avbrott • God planering och flexibla medarbetare i ledningen • Planering med hjälp av Line-of-Balance vid repetitiva arbeten

Lean Construction

Lean Construction är en grund för många effektivitetsökande metoder, tillämpbara på byggarbetsplatser. Under intervjustudien har uppmärksammats att kunskapen om Lean är relativt låg. Även inställningen till att arbeta med Lean tycks vara något negativ. Dock kan vi se att flertalet av de metoder och planeringsverktyg som idag används, är en följd av principerna för Lean. Många gånger är man alltså inte medveten om att det är just Lean som används. En ökad kunskap och medvetenhet om Lean Construction kan leda till att metoderna tillämpas med större omsorg, för att beakta grundstenarna i principerna.

Om förståelsen för Lean ökar blir intresset troligtvis större för att introducera ytterligare metoder så som built-in-quality, visual management, och one-piece-flow. För att kunskapen och engagemanget ska öka bland personalen kan vi se nytta av att ha en "Lean-ansvarig" på företaget. Det kan vara en befintlig person på företaget som har ett intresse av att fördjupa sig i metoderna samt att sprida kunskapen i företaget. Det kan ske i form av internutbildningar eller mindre informationsbrev som skickas ut via mail.

Tabell 8.6 Problemformulering och rekommendationer för ökad förståelse och användning av Lean Construction.

Problem	Rekommendationer
Låg kunskap gällande Lean Construction	<ul style="list-style-type: none"> • Öka medvetenheten kring var metoder kommer ifrån samt vad syftet bakom dem är • Lean-ansvarig medarbetare på företaget • Internutbildning med förslag på nya metoder samt hjälpmedel för hur de ska tillämpas
Bristande intresse för att testa nya metoder	<ul style="list-style-type: none"> • Tydliga krav från ledning som visar att det är värdeskapande för företaget • Tillräckliga resurser för att möjliggöra en introduktion • Ekonomiska fördelar för de som är villiga att ta del av och lära sig mer om principen för Lean och Toyotapprincipen

8.1 Förslag på fortsatta studier

Under arbetets gång har flera funderingar och frågetecken dykt upp. För att besvara dessa krävs ytterligare studier inom området. Förslag på fortsatta studier:

- Mätning av kostnaderna för att hyra externa logistikteam jämfört med kostnaden av att hantverkarna utför samma jobb. Med hjälp av en sådan undersökning kan troligtvis fler företag våga utnyttja den tjänsten i större mån och på så vis öka effektiviteten.
- Förslag på hur erfarenhetsåterföringen ska ske inom företaget. Eventuellt behövs det ett utarbetat system för hur erfarenheter ska tas tillvara på.
- Rapport som presenterar konkreta förslag på hur Toyotapincipens metoder ska tillämpas inom byggprojekt. Hur översätts den kunskapen i praktiken och hur bör man gå tillväga för att introduktionen ska ske på bästa sätt?

9. REFERENSER

AFS 1999:3. *Byggnads- och anläggningsarbete: Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna.* Hämtad 17 april, 2016, från

<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/byggnads-och-anlaggningsarbete-foreskrifter-afs1999-3.pdf>

AFS 1981:14. *Skydd mot skada genom fall: Arbetarskyddsstyrelsens kungörelse om skyddsåtgärder mot skada genom fall med kommentarer.* Hämtad 17 april, 2016, från

<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/skydd-mot-skada-genom-fall-foreskrifter-afs1981-14.pdf>

Arditi, D. Sikangwan, P & Tokdemir, O.B. 2002. Scheduling system for high rise building construction. *Construction Management and Economics*. 20(4): 353-364. doi: 10.1080/01446190210131647

Arditi, D. Tokdemir, O.B & Suh, K. 1998. Effect of learning on line-of-balance scheduling. *International Journal of Project Management*. 19(5): 265–277. doi:10.1016/S0263-7863(99)00079-4

Baldwin, A. Poon, C.S. Shen, L.Y. Austin, S & Wong, I. 2009. Designing out waste in high-rise residential buildings: Analysis of precasting methods and traditional construction. *Renewable Energy*. 34(9): 2067–2073. doi:10.1016/j.renene.2009.02.008

Bygging-Uddeman. 2015. *Utrustning för traditionell glidformsgjutning.* Hämtad 2016-05-17, från <http://www.bygging-uddemann.se/sv/utrustning-for-traditionell-glidformsgjutning/>

Chan, D & Choi, T. 2015. Critical analysis of the application of the Safe Working Cycle (SWC), *Journal of Facilities Management*. 13(3): 244 - 265. <http://dx.doi.org/10.1108/JFM-09-2014-0029>

Christian, J & Hachey, D. 1995. Effects of Delay Times on Production Rates in Construction, *Journal of Construction Engineering and Management*, 121(1):20-26. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(1995)121:1(20)

Chun, H. 2013. *Optimization of facility locations for material transportation in a high-rise building construction site by binary-mixed integer.* Diss. City University of Hong Kong. <http://hdl.handle.net/123456789/7706> (Hämtad 16-03-22)

Dainty, A.R.J & Brooke, R.J. 2004. Towards improved construction waste minimisation: a need for improved supplychain integration? *Structural Survey* 22(1): 20 - 29. <http://dx.doi.org/10.1108/02630800410533285>

- El-Rayes, K & Moselhi, O. 1998. Resource-driven scheduling of repetitive activities. *Construction Management and Economics*. 16(4): 433-446. doi: 10.1080/014461998372213
- Faniran, O.O & Caban, G. 1998. Minimizing waste on construction project sites. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 5(2): 182 - 188. <http://dx.doi.org/10.1108/eb021073>
- Fung, I. Tam, V. Lo, T & Lu, L. 2009. Developing a Risk Assessment Model for construction safety. *International Journal of Project Management*. 28(2010): 593–600. doi:10.1016/j.ijproman.2009.09.006
- Gao, S & Low, S.P. 2014. *Lean Construction Management - The Toyota Way*. Singapore: Springer. doi: 10.1007/978-981-287-014-8
- Hegazy, T. & Kamarah, E. 2008. Efficient Repetitive Scheduling for High-Rise Construction. *Journal of construction engineering and management*. 134(4): 253-264. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:4(253)
- Hsu, D.J. Sun, Y.M. Chuang, K.H. Juang, Y.J & Chang, F.L. 2007. Effect of elevation change on work fatigue and physiological symptoms for high-rise building construction workers. *Safety Science*. 46(5): 833–843. doi:10.1016/j.ssci.2007.01.011
- Josephson, P & Saukkoriipi, L 2003. *Non value-adding activities in building projects: a preliminary categorization*. http://leanconstruction.dk/media/17896/Non%20Value-adding%20Activities%20in%20Building%20Projects_A%20Preliminary%20Categorization.pdf
- Josephson, P. & Saukkoriipi, L. 2005. *Slöseri i byggprojekt: behov av förändrat synsätt*. Göteborg : External organization
- Kaming, P.F. Olomolaiye, P.O. Holt, G.D & Harris, F.C. 2010. Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia. *Construction Management and Economics*. 15(1): 83-94. doi: 10.1080/014461997373132
- Kemmer, S. L., Saraiva, M. A., Heineck, L. F., Pacheco, A. V. L., Novaes, M. D. V., Mourão, C. A. M. A., & Moreira, L. C. R. 2006. The use of andon in high rise building. *In Proceedings of the 14th annual conf. of Int. Group for Lean Constr* (pp. 25-27)
- Khanh, H.D & Kim, S.Y. 2014. Identifying Causes for Waste Factors in High-Rise Building Projects: A Survey in Vietnam. *KSCCE Journal of Civil Engineering*. 18(4): 865-874. doi: 10.1007/s12205-014-1327-z

Koskela, L. (1993). *Lean production in construction*. In *Lean Construction*, Alarcon (Ed.), A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp. 1-10.

Lindén, S & Josephson, P. 2013. In-housing or out-sourcing on-site materials handling in housing? *Journal of Engineering Design and Technology* 11(1): 90 - 106.
<http://dx.doi.org/10.1108/17260531311309152>

Mawdesley, M.J. Al-jibouri, S.H & Yang, H. 2002. Genetic Algorithms for Construction Site Layout in Project Planning. *Journal of construction engineering and management*. 128(5): 418-426. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:5(418)

Naturvårdsverket. 2016. *Bygg- och rivningsavfall*.
<http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Avfall/Avfallsforebyggande-program/Bygg--och-rivningsavfall/> (Hämtad 2016-03-31)

Ning, X. Wang, L.G & Liu, W.H. 2010. Multi-objective Optimization in Construction Site Layout. *Management and Service Science (MASS), 2010 International Conference on* doi: 10.1109/ICMSS.2010.5576974

Sacks, R. Esquenazi, A & Goldin, M. 2007. Leapcon: Simulation of lean of high rise apartment buildings. *Journal of construction engineering and management*. 133(7): 529-539. doi: 10.1061/ASCE0733-93642007133:7529

Sacks, R & Goldin, M. 2007. Lean management model for construction of high-rise apartment buildings. *Journal of construction engineering and management*. 133(5): 374-384 doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2007)133:5(374)

Shaked, O & Warszawski, A. 1995. Knowledge-based system for construction planning of high-rise buildings. *Journal of construction engineering and management*. 121(2): 172-182. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(1995)121:2(172)

Shapira, A & Lyachin, B. 2009. Identification and Analysis of Factors Affecting Safety on Construction Sites with Tower Cranes. *Journal of construction engineering and management*. 135(1): 24-33. doi: 10.1061/ASCE0733-93642009135:12

Womack, J. P. & Jones, D. T. 1996. *Lean thinking*. Free Press, Simon and Schuster, New York, USA.

BILAGA INTERVJUFRÅGOR

1. Vilken roll har du? Tidigare erfarenheter och utbildning?
 - a. På vilket sätt kommer du i kontakt med en byggarbetsplats?

2. Definitionen av slöseri kan benämnas som arbete som inte tillför något värde. Utgår ni från denna definition då ni letar efter brister i planeringsarbetet?

3. Vilka typer av slöseri brukar ni ta med i beräkningen och hur ser åtgärdsprogrammet ut för detta?
 - a. Tid
 - b. Material: Återanvänds eller återvinns delar? Ex gipsskivor som skärs. Hur åstadkommes man en säker materialförvaring för t.ex. väder, stölder mm?

4. Vilka åtgärder finns att ta till för att undvika slöseri av arbetarnas tid?
 - a. Väntan
 - b. Förflyttningar ex uppehållsrum för arbetarna, toaletter osv.
 - c. Avbrott

5. Enligt en studie som vi har läst kan slöseriet minska om man hyr in folk som ska sköta logistiken av material och verktyg samt ta emot och packa upp leveranser på bygget. Anledningen är att de vanliga byggarbetarna kan koncentrera sig på sina uppgifter och att förseningar osv inte får lika stor påverkan. Hur har ni tänkt kring detta?

6. Vad tror du skiljer ett höghusbygge från ett vanligt bygge gällande slöseri? Hur skiljer sig problematiken?

7. Tror du att prefabricering av vissa delar kan minska slöseriet?

8. Hur ställer du dig till att arbeta med just-in-time? Hur tror du man ska göra för att detta efterlevs? Instruktioner till leverantörerna; tidpunkt, plats, emballage.
9. När dem byggde Turning Torso så blev kranarbetet stillastående betydligt fler dagar än vad som var räknat med. Detta fick extra stora konsekvenser då byggarbetarna inte kunde göra något annat under tiden. Hur ska man tänka kring sådan problematik?

10. Vad tror du är huvudsakliga orsaken till att mycket pengar går åt till just slöseri av tid och material under ett bygge?

11. Vilka tror du är de bästa metoderna för att minska slöseriet av tid och material?

12. Lean Production. Vad har du för tankar kring detta som tillämpning på ett byggprojekt - alltså Lean Construction?

13. Hur ser planeringsarbetet ut för uppförandet av en byggarbetsplats?
 - a. Planering av transportsträckor (vägar, hissar, kranar)
 - b. Hur transporteras byggmaterial upp och ner?
 - c. Planering av materialförvaring, stora och små
 - d. Planering av administration och personalutrymmen
 - e. Kommunikation mellan arbetare och ledning