

Den automatiserade byggproduktionens försörjningskedja

En fallstudie av manuell och automatiserad gipsinstallation

Ludvig Jansson, Justus Saldeen



LUNDS
UNIVERSITET

© Copyright Ludvig Jansson & Justus Saldeen

Lunds universitet, Lunds tekniska högskola
Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Byggproduktion

Telefon: +46 46 2227421
Hemsida: www.bekon.lth.se

ISRN LUTVDG/TVBP – 19/5585-SE

Abstract

- Title:** Supply chain for Automated Processes in Building Construction.
- *A case study of manual and automated plasterboard installation.*
- Author:** Ludvig Jansson & Justus Saldeen
- Supervisor:** Radhlinah Aulin, Associate Professor, Construction Science, Division of Construction Management, Lund University
- Examiner:** Stefan Olander, Associate Professor, Construction Science, Division of Construction Management, Lund University
- Problem:** What are the major differences between today's plasterboard installation and an automated installation?

How is today's supply chain for the manual plasterboard installation designed, and how can corresponding supply chain for an automated process be designed?
- Purpose:** The thesis aims to investigate how an automated process can be implemented in today's construction industry. Furthermore, the thesis aims to investigate how the supply chain for an automated process can/should be designed.
- Method:** The thesis has been done as a qualitative case study, involving three companies in today's supply chain. The three companies contributing to the case study are; the robotic subcontractor Build-r, the general contractor NCC and the material manufacturer Gyproc. By involving several companies and respondents within today's supply chain, an overall survey of today's supply chain for plaster boards has been possible. Furthermore, by involving several companies and respondents – the study has enabled to identify the prerequisites for an automated supply chain in the construction industry.

Conclusion:

The supply chain linked to today's plasterboard installations varies depending on the type of project, size and site manager's personal preferences. The studied general contractor often performs the plasterboard assembly on its own, either through its own construction workers or through hired labor. Plasterboard is generally seen as a standard/bulk product, where the general contractor mainly handles the material itself. There are three different strategies for material handling at a construction site; 1) Lift the material with a crane in connection with construction of the structure, 2) transport material after the structure is built, with a telescopic loader, 3) use an external logistics company. The most frequently used supplier of plasterboard in today's supply chain is the material distributor, this considering the many services the distributor offers. For the information flow, the external flow varies depending on the type of information while the internal information flow is primarily a verbal dialogue between site managers and the construction workers.

The construction industry is moving towards a more digitized climate, this by the use of BIM models - for example. A prerequisite for an automated installation process of plasterboards is a further digitization of the information flow – since the robot's navigation as well as the robot's simulation will be based on the BIM-model. As an automated production develops, higher demands will be placed on the material flow - since the customized material almost is a prerequisite for an automated process. Furthermore, an automated process places higher demands on planning and coordination of actors involved in the drywall production, but also in the handling of materials.

Keywords:

Automation, automated construction, robot, supply chain, material flow, information flow, Lean Construction, JIT, gypsum board, plasterboard, drywall

Sammanfattning

- Titel:** Den automatiserade byggproduktionens försörjningskedja.
- *En fallstudie av manuell och automatiserad gipsinstallation.*
- Författare:** Ludvig Jansson & Justus Saldeen
- Handledare:** Radhlinah Aulin, Docent, Avdelningen för byggproduktion,
Lunds Tekniska Högskola
- Examinator:** Stefan Olander, Docent, Avdelningen för byggproduktion,
Lunds Tekniska Högskola
- Problemställningar:** Vilka är skillnaderna mellan dagens manuella installation och en automatiserad gipsinstallation?
- Hur ser dagens försörjningskedja ut för en manuell gipsinstallation ut, och hur kan motsvarande försörjningskedjan för en automatiserad gipsinstallation utformas?
- Syfte:** Studien har för avsikt att undersöka hur en automatiserad process kan implementeras i dagens byggindustri. Vidare undersöker studien hur en automatiserad process försörjningskedja bör/kan utformas.
- Metod:** Studien har genomförts i form av en kvalitativ fallstudie på två företag i försörjningskedjan för dagens gipsinstallationer och ett företag som utvecklar en robot för gipsskivemontage. De tre företag vilka har medverkat i fallstudien är entreprenadbolaget NCC och materialtillverkaren Gyproc samt robotutvecklaren Build-r. Medverkan från dessa aktörer och individuella respondenter har möjliggjort en översiktlig kartläggning av dagens försörjningskedja för gipsinstallationer. Vidare har medverkan från flertalet respondenter/aktörer möjliggjort att förutsättningarna för en automatiserad installations försörjningskedja kunnat identifieras.

Slutsats:

En generell slutsats som kan dras från studien är att försörjningskedjan kopplad till dagens gipsinstallationer varierar beroende på det aktuella projektets typ, storlek och platschefs personliga preferenser. Det studerade fallföretaget utför ofta gipsmontaget i egen regi, antingen genom egna yrkesarbetare eller genom inhyrd arbetskraft. Gipsskivor ses idag generellt som en standard-/bulkprodukt där entreprenören till stor del sköter materialhanteringen själv. Det finns principiellt tre olika strategier för materialhanteringen på en byggarbetsplats; 1) lyfta in byggmaterialet med kran i samband med stomresning, 2) transportera in material efter stomresning genom bygghiss/teleskoplastare, 3) användande av externt logistikföretag. Mest frekvent använda leverantören av gipsskivor i dagens försörjningskedja är materialdistributören, detta med tanke på den service och tjänster distributören erbjuder. För informationsflödet varierar det externa flödet beroende på information, medan det interna flödet främst är en verbal dialog mellan platsledning och yrkesarbetare.

Byggbranschen rör sig mot ett mer digitaliserat klimat, detta genom användning av exempelvis BIM modeller. En förutsättning för ett automatiserat montage av gipsskivor är en ytterligare digitalisering av informationsflödet. Detta utgör grunden för att roboten ska kunna navigera på arbetsplatsen, men även för att en eventuell simulering ska fungera väl. En automatiserad installation medföra stora vinster i form av arbetsmiljövinster, men även i form av ökad produktivitet. I takt med att en automatiserad produktion utvecklas kommer högre krav ställas på materialflödet, detta då längdanpassat material nästintill är en förutsättning för en automatiserad process. Vidare ställer en automatiserad process högre krav på planering i form av samordning av aktörer involverade i innerväggsproduktionen, men även i form av hantering av material.

Nyckelord:

Automation, Supply chain, Försörjningskedja, Logistik, Materialflöde, Informationsflöde, Digitalisering, BIM, 4D BIM, Lean, JIT, Gipsskiva, Gips.

Förord

Följande examensarbete har skrivits under den sista terminen av civilingenjörsutbildningen Väg- och Vattenbyggnad på Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet omfattar 30 högskolepoäng och motsvarar därmed en termins heltidsstudier.

Arbetet har varit intressant, lärorikt och utmanande att skriva. Automatisering och digitalisering är två högst aktuella ämnen i dagens industrier, vilket gjort arbetet särskilt intressant. Vidare har vi i detta arbete kunnat kombinera två för oss intressanta ämnen - automation och byggproduktion.

Tack till Build-r, NCC och Gyproc som genom bidragande med sitt engagemang och intervjurespondenter bidragit till studien och därmed gjort arbetet möjligt.

Vidare vill vi rikta ett stort tack till vår handledare på Lunds Tekniska Högskola, Radhlinah Aulin. Radhlinah har under fem månader hjälpt, handlett och bidragit till arbetets möjliggörande.

Tack!

Lund den 6 maj 2019

Ludvig Jansson & Justus Saldeen

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----------|
| Abstract | 2 |
| Sammanfattning | 4 |
| Förord | 6 |
| Innehållsförteckning | 7 |
| Begreppsförklaringar | 8 |
| 1 Inledning | 9 |
| 1.1 Bakgrund | 9 |
| 1.2 Syfte & Mål | 9 |
| 1.3 Frågeställningar | 10 |
| 1.4 Avgränsningar | 10 |
| 1.5 Disposition | 11 |
| 2 Metod | 12 |
| 2.1 Arbetsgång | 12 |
| 2.2 Val av metodik | 14 |
| 2.3 Intervjuer | 15 |
| 2.4 Validitet & Reliabilitet | 16 |
| 2.5 Fallföretag | 16 |
| 3 Teori och ramverk för analys | 19 |
| 3.1 Automation i byggbranschen | 19 |
| 3.2 Digitalisering i byggbranschen | 21 |
| 3.3 Försörjningskedja (supply chain) | 22 |
| 3.4 Byggproduktionens försörjningskedja | 26 |
| 3.5 Gipsväggar och dess försörjningskedja | 33 |
| 3.6 Frågeställningar detaljerade och uttryckta i det teoretiska ramverkets terminologi | 37 |
| 4 Empiri | 38 |
| 4.1 Bakgrund till fallstudie | 38 |
| 4.2 Dagens gipsinstallationer | 41 |
| 4.3 Automatiserat gipsskivemontage | 51 |
| 5 Analys | 58 |
| 6 Slutsats & diskussion | 67 |
| 6.1 Dagens försörjningskedja för gipsinstallation | 67 |
| 6.2 Skillnaderna mellan dagens manuella installation och en automatiserad gipsinstallation | 68 |
| 6.3 Förutsättningar och förslag på försörjningskedja för en automatiserad gipsinstallation | 69 |
| 6.4 Fortsatt forskning inom området | 71 |
| 7 Referenser | 73 |

Begreppsförklaringar

| | |
|--------------------------|---|
| BIM | Building Information Modeling |
| 4D BIM | 3D BIM + Tid |
| VDC | Virtual Design Construction |
| SC | Supply chain |
| SCM | Supply chain management |
| CSC | Construction supply chain |
| Försörjningskedja | Den svenska benämningen för supply chain |
| UE | Underentreprenör |
| JIT | “Just In Time” används inom logistiken för att beskriva leveranser av material vilka anländer till arbetsplatsen då materialet ska installeras. |
| Intern logistik | Avser logistiken på byggarbetsplatsen. |
| Extern logistik | Avser logistiken utanför byggarbetsplatsen. |
| Enkling | Första momentet i gipsskivemontaget. Gipsskivor monteras på ena sidan av regelstommen. |
| Dubbling | Sista momentet i gipsskivemontaget. Gipsskivor monteras på andra sidan av regelstommen. |
| Mängdning | Generellt begrepp inom byggbranschen vilket innebär att nödvändig kvantitet av ett visst material beräknas. |
| Stämpplan | Ritning över stämpens (stöttor som bär upp nästa bjälklag under gjutning) placering. |

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Den snabba teknikutvecklingen inom robotik, självkörande teknik och artificiell intelligens gör det möjligt att konstruera mer intelligenta robotar, kapabla att utföra arbetsuppgifter i mindre kontrollerade miljöer än de fabriksmiljöer de tidigare varit begränsade till (Katz et al. 2008). En bidragande faktor är att tillverkare av lastfordon och arbetsmaskiner just nu satsar stort på autonoma lösningar för kontrollerade miljöer som gruvor, hamnar och logistikanläggningar. Eftersom dessa miljöer är, åtminstone partiellt kontrollerbara, kan eventuella initiala risker med autonoma fordon och maskiner minimeras. Byggindustrin har hittills inte haft samma teknologiska utveckling med avseende på automation som många andra industriella sektorer (Ekvall 2018, Ding et al. 2014). Den snabba utvecklingen inom tidigare nämnda områden möjliggör dock för och sätter press på byggindustrin att genom automation uppnå ökad produktivitet och kapacitet. Det kommer ej att ske ett snabbt genombrott för totalt autonoma arbetsmiljöer, snarare kommer byggarbetsplatser att stegvis förändras med ett successivt införande av automatiserade delsystem som behöver samexistera med traditionella manuella system (Bock 2014). Det är därför angeläget att kunna organisera byggprocessen så att autonoma delsystem på ett sömlöst sätt kan samverka med de omgivande manuella delsystemen.

En aspekt som möjliggör för ett brett genomslag av automation på byggarbetsplatser är användningen av BIM (Building Information Modeling). Denna digitalisering av byggprocessen är en essentiell del för att möjliggöra implementering av automation på byggarbetsplatser (Brehm 2019). De arbetsuppgifter med störst sannolikhet att automatiseras inom den närmaste tiden är repetitiva och tunga arbeten, där en automatisering kan innebära stora arbetsmiljövinster (Poppy 1994). Även möjligheten till att utföra vissa arbetsuppgifter utanför de vanliga arbetstiderna utgör en stor potential. En sådan arbetsuppgift är montage av gipsskivor i lättväggar vilket inom närtid kan komma att automatiseras.

Förutom de tekniska utmaningarna när det kommer till att automatisera själva arbetsmomentet måste även försörjningen av material och information till den automatiserade processen fungera. Det ofta använda begreppet supply chain beskriver flödet av varor, information mellan producenter och slutkund samt pengar. Styrning och kontroll av dessa flöden benämns ofta supply chain management. Begreppet kan appliceras på olika nivåer i byggproduktionen där det kan användas för att beskriva produktflöden mellan leverantör och entreprenör såväl som informationsflöden mellan platsledning och yrkesarbetare.

1.2 Syfte & Mål

Studien har till syfte att undersöka hur automatiserade processer kan implementeras i den existerande byggproduktionen. Vidare ska studien undersöka hur en försörjningskedja för automatiserade processer kan/bör utformas.

Målet med studien är att bidra till den förutsedda stegvisa utvecklingen av automatisering inom byggproduktionen, där hänsyn tas till flertalet aktörer involverade i byggproduktionens försörjningskedja. Vidare är målet med studien att leverera ett resultat i hur en försörjningskedja avseende material- samt informationsflöde för en automatiserad process bör utformas.

För att åstadkomma detta utförs en fallstudie på ett delmoment i dagens byggproduktion, *installationen av gipsskivor i lättväggar*.

1.3 Frågeställningar

Nedan definieras de frågeställningar vilka studien har till syfte att besvara.

- Vilka är skillnaderna mellan dagens manuella installation och en automatiserad gipsinstallation?
- Hur ser dagens försörjningskedja för en manuell gipsinstallation ut, och hur kan motsvarande försörjningskedja för en automatiserad gipsinstallation utformas?

1.4 Avgränsningar

Kartläggningen av dagens gipsinstallationer avgränsas till stomkompletterande lättväggar i kommersiella fastighetsprojekt. Projekten vilka studeras begränsas geografiskt till Stockholm med omnejd samt Lund med omnejd.

Arbetet avgränsas till att studera den av fallföretaget utvecklade delprocessen: automatiserat montage av gipsskivor utförda av en autonom monteringsrobot.

Utifrån bakgrunden om byggproduktionens stegvisa automatisering måste den automatiserade processen implementeras i dagens existerande försörjningskedja för gipsinstallationer. Roboten kan till en början endast utföra vissa delar av skivmontaget, mer komplicerat arbete lämnas till traditionella yrkesarbetare alternativt fallföretagets så kallade operatörer.

Logistiksystem innefattar ofta materialflödet, informationsflödet och penningflödet. Denna rapport begränsas till materialflödet och informationsflödet.

1.5 Disposition

Kapitel 1

Inledning

I detta kapitel presenteras bakgrund till uppsatsen samt dess syfte. Vidare presenteras även de frågeställningar vilka uppsatsen har till syfte att besvara, samt de avgränsningar som gjorts.

Kapitel 2

Metod

I detta kapitel redovisas studiens tillvägagångssätt. Här presenteras den arbetsmetodik vilken använts i syfte att besvara de givna frågeställningarna.

Kapitel 3

Teori

I detta kapitel presenteras resonemang från den litteratur vilken valts utifrån litteraturstudien. Kapitlet har till syfte att bidra till en ökad förståelse kring automation, supply chain/försörjningskedjor i byggindustrin samt bygglogistik och ligger därefter till grund för den senare analysen.

Kapitel 4

Resultat/Empiri

I detta kapitel redovisas resultatet från de kvalitativa undersökningarna, där intervjuer med diverse aktörer i de olika fallföretagen ingår. Resultaten presenteras i sammanfattad form och strukturerad utefter ämne.

Kapitel 5

Analys

I detta kapitel sammanfattas resultatet och ställs mot teorin. Här diskuteras därmed de likheter och skillnader i de bilder som getts i teori och empiri gällande dagens gipsinstallation, en automatiserad installation och respektives försörjningskedjor. Vidare diskuteras teorin och empirin.

Kapitel 6

Slutsats & Diskussion

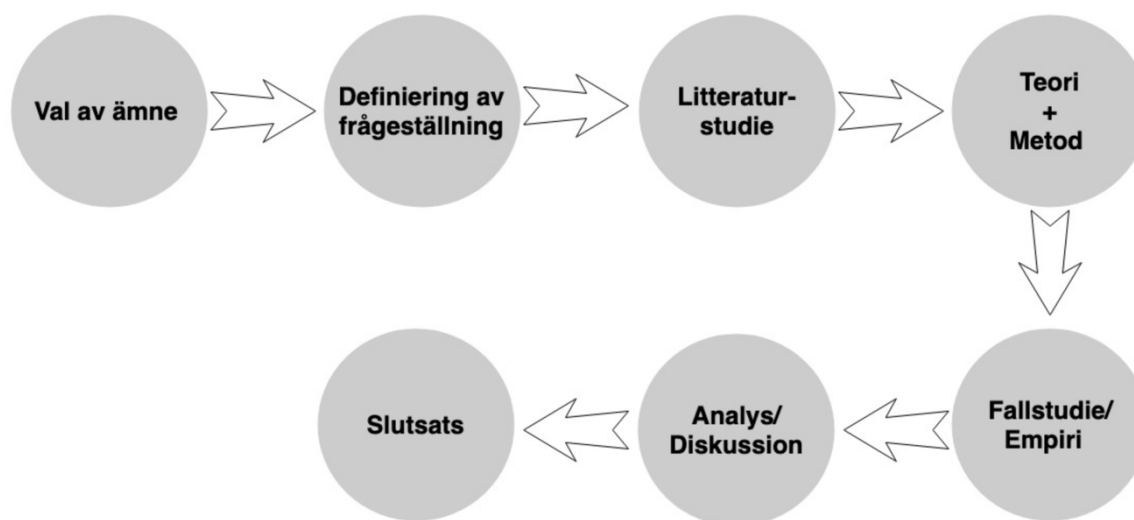
I detta kapitel presenteras svaren på de givna frågeställningarna. Slutligen ges förslag på potentiella fortsatta studier.

2 Metod

I detta kapitel presenteras de arbetssätt och den forskningsmetodik vilka använts med syftet att besvara de givna frågeställningarna.

2.1 Arbetsgång

Nedan illustreras en schematisk figur av studiens arbetsgång. I följande kapitel beskrivs de olika delmomenten mer ingående.



Figur 1 Arbetsgång

2.1.1 Val av ämne & definiering av frågeställning

Författarnas uppfattning är att byggbranschen inte följt samma teknologiska utveckling likt andra industrier. I takt med att andra industrier utvecklat tekniskt avancerade fabriker, i syfte att öka produktiviteten, har byggbranschen i stor utsträckning förhållit sig till dess traditionella arbetsmetoder. Ett av de områden där det finns stora utvecklingsmöjligheter inom byggindustrin är logistiken av material och arbetskraft, något som även utgör en stor utmaning för en automatiserad produktion. Val av ämne föll därför naturligt på automatisering inom byggindustrin och dess potential. *Supply chain* (SC), vilket på svenska kan översättas till försörjningskedja, och *supply chain management* (SCM) är frekvent återkommande uttryck i industrin och har därför använts som teoretisk grund för studien.

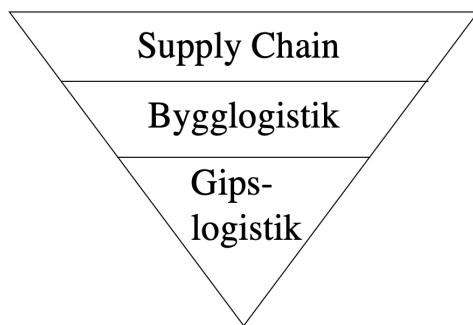
För att konkretisera arbetet initierades ett samarbete med en utvecklare av en automatiserad process för montering av gipsskivor i lättväggar, i syfte att undersöka hur en försörjningskedja för en sådan automatiserad process kan utformas. I samråd med handledaren på institutionen för byggproduktion och förvaltning på Lunds Tekniska Högskola kunde därefter potentiella frågeställningar identifieras.

2.1.2 Litteraturstudie

Litteraturstudien har till syfte att generera fördjupad kunskap inom de givna ämnena. Av denna anledning har främst akademisk och vetenskaplig litteratur använts som underlag, där exempelvis LUBsearch och Google Scholar varit användbara portaler. Vidare har resultat från tidigare fallstudier legat som underlag i rapporten. Sökord i de digitala portalerna innefattar bland annat; supply chain, construction supply chain management, bygglogistik, gipslogistik, automation, gipsskivor, gypsum, plasterboard, mm.

2.1.3 Teori + Metod

Teorin följer en struktur likt figur 2 illustrerad nedan. Teorin behandlar i det initiala skedet en mer generell teori kring supply chain vilken därefter ligger till grund för en beskrivning av teori rörande bygglogistik och gipslogistik. Den presenterade teorin utgör senare den teoretiska grund för fortsatta resonemang kring dagens gipsinstallationer såväl som den studerade automatiserade gipsinstallationen.



Figur 2 Uppbyggnad av teori

Litteraturstudien innefattar utöver teori om logistik en kort nulägesbeskrivning av automation och digitalisering i byggbranschen, fakta om gips samt en presentation av relevant tidigare forskning och tillgänglig litteratur rörande gipsinstallationer.

Då automatiserad byggproduktion är ett tämligen begränsat ämne i dagens byggbransch föll valet av arbetsmetod på den kvalitativa metodiken, se mer i 2.2 *Kvalitativ metodik*.

2.1.4 Fallstudie

Kärnan i denna studie är två stycken fallstudier, varav den första är en kartläggning av dagens gipsinstallationer hos ett av de större byggföretagen i Sverige. Den andra fallstudien behandlar en automatiserad gipsinstallation vilken utvecklas av ett svenskt nyetablerat företag. De två fallstudierna leder till en jämförelse av dagens manuella gipsväggsinstallation och det studerade nyetablerade företagets automatiserade process. I fallstudien beskrivs fallföretagets tankar kring hur en automatiserad gipsinstallation ska kunna tillhandahållas som underentreprenadtjänst. Avsnittet tas fram i samarbete med fallföretaget som bidrar med deras insikter och visioner. Denna del av rapporten är viktig då det ger kontext till rapportens syfte och samtliga senare resonemang.

2.1.5 Empiri

Utifrån uppfattningar författarna skaffat sig om dagens gipsinstallation genom litteraturstudier, kortare intervjuer och erfarenheter identifierades potentiella problem och utmaningar vilka den automatiserade processen måste hantera vid en implementering i dagens försörjningskedja för gipsinstallationer. Utifrån dessa utarbetades ett intervjuunderlag för att kartlägga intressanta delar av dagens monteringsprocess, försörjningskedja samt aktörers inställning till nödvändiga förändringar av försörjningskedjorna kopplade till en automatiserad process. Ett extra fokus har, i empirin, lagts på att utreda vilka krav en automatiserad installationsprocess ställer på de informationsflöden som krävs mellan den automatiserade processen och övriga aktörer.

2.1.6 Analys

I analysen sammanfattas och analyseras resultaten från empirin utifrån det teoretiska ramverket. Likheter och skillnader vilka identifierats gällande automatisering och traditionell installation, samt de krav som ställs på den automatiserade processen behandlas.

2.1.7 Slutsats & Diskussion

Slutsatsen och diskussionen har till syfte att besvara de tidigare nämnda frågeställningarna.

2.2 Val av metodik

Holme & Solvang (2011) menar att forskning inom vetenskapen främst förhåller sig till två olika angreppssätt, den kvantitativa metoden alternativt den kvalitativa metoden.

Metoderna används främst vid utveckling av empirin, dvs den del av rapporten där undersökningar genomförs och där tidigare erfarenhet och kunskap ligger till grund för ny kunskap (Jakobsson 2011). De huvudsakliga skillnaderna mellan den kvalitativa och kvantitativa metodiken är hur den efterfrågade datan behandlas. Detta innefattar hur data genereras, bearbetas och därefter analyseras i studien (Patel & Davidson 2003). Vidare menar de att val av angreppssätt bör grunda sig i det bakomliggande undersökningsproblemet. Om undersökningsproblemet handlar om att tolka människors upplevelse bör det kvalitativa angreppssättet, och därmed verbala analyser, tillämpas. I annat fall bör det kvantitativa angreppssättet, och därmed statistiska analyser, tillämpas (ibid.).

Kvalitativ forskning syftar på den typ av forskning där mjukdata behandlas (Holme & Solvang, 2011; Patel & Davidsson 2003). Insamling av information och data, dvs hur data genereras, sker i verbala sammanhang där intervjuer är vanligt förekommande (Patel & Davidson 2003). I den kvalitativa metodiken läggs stort fokus på att erhålla en djupare förståelse av problemet snarare än att bekräfta giltigheten i informationen (Holme & Solvang 2011). Judith Bell (2000) menar att forskare vilka tillämpar det kvalitativa förhållningssättet har som syfte att förstå människans upplevelse, där målet är instinkt snarare än statistisk analys. Forskare vilka tillämpar den kvalitativa forskningsmetodiken använder därför en generell metod och generella frågeformuleringar i det initiala skedet av empirin för att därefter, i takt med att studien och undersökningen utvecklas, bli mer fokuserade (Punch 2005).

Den kvantitativa metoden skiljer sig från den kvalitativa i den bemärkelsen att de kvantitativa metoderna ofta är mer formaliserade och strukturerade än den kvalitativa (Holme & Solvang 2001). I den kvantitativa metodiken genereras hårddata genom insamling, där forskaren därefter analyserar relationen mellan denna data (Bell 2016). Inte sällan används numeriska data, vilket medför kvantifierbara resultat (Punch 2005). Forskarens kontroll är i sammanhanget central i den bemärkelse

att forskaren genom tillämpning av exempelvis enkätundersökningar med svarsalternativ kan kontrollera studien ingående.

I studien har den kvalitativa metodiken i form av intervjuer använts. Valet av metod grundar sig i att det aktuella ämnet, automatisering i byggproduktionen, är ett tämligen outforskat ämne i dagens byggproduktion. Av denna anledning har en djup förståelse varit centralt i studien där målet, i enlighet med Judith Bells filosofi, varit instinkt snarare än statistik analys.

2.3 Intervjuer

Intervjuerna har utformats med en låg grad av standardisering och strukturering. En låg grad av standardisering innebär att respondenten inte är begränsad till några specifika svarsalternativ, utan ges möjlighet att svara på frågorna med egna ord. En låg grad av strukturering innebär vidare att frågorna anpassas till respondenten för att ge så bra utfall som möjligt (Patel & Davidsson 2003). Detta innebär till exempel att frågor till en platschef fokuserar främst på planering av arbetet och logistik medan frågor till yrkesarbetare fokuserar på aktiviteter kopplade till det direkta montaget av gipsskivan. Den primära anledningen till val av låg grad av standardisering och strukturering är det faktum att automation är ett tämligen outforskat ämne inom branschen. Detta medför att respondenternas kunskaper inom automation, digitalisering mm är varierande och därför anpassas intervjufrågorna efter den enskilde respondenten i fråga.

Intervjuerna har inletts med frågor av mer övergripande karaktär där respondenten själv kan resonera kring ämnet och bygga upp ett visst intresse. Frågorna har formulerats på ett sätt och med ett språk som respondenten kan relatera till och känna sig bekväm med. Under intervjuerna har det, i enlighet med Patel & Davidsons filosofi (2003), varit viktigt att skapa en god relation mellan intervjuaren och respondenten.

För att erhålla en god relation med intervjuaren har det funnits en strävan att genomföra intervjuerna på plats hos respondenten. Således har flertalet projektbesök gjorts i de fall då NCC intervjuats. För Gyproc genomfördes intervjuerna på deras kontor i Häggvik, Stockholm. För Build-r, vilket är det primära fallföretaget, har ett antal platsmöten genomförts. Build-r:s intervjuer genomfördes per telefon, detta med tanke på enkelheten och den redan etablerade relationen.

Då studien behandlar försörjningskedjorna för gipsinstallationer har medverkan från olika aktörer i kedjan varit av central betydelse. Av denna anledning har tre olika aktörer i form av materialtillverkare, byggtreprenör och robotunderentreprenör involverats i studien.

I studien har totalt tolv respondenter medverkat. Majoriteten av respondenterna representerar entreprenadbolaget NCC, där flertalet av respondenterna har ledande befattningar i byggproduktionen. Vidare har två respondenter från materialtillverkaren Gyproc, samt två respondenter från det automatiserade underentreprenadbolaget Build-r medverkat i studien.

Då studien undersöker såväl externa som interna flöden har medverkan från såväl platsledning som yrkesarbetare varit av hög prioritet. Frågor till platsledning har främst fokuserat på planering och logistik, medan frågor till yrkesarbetare fokuserat på aktiviteter kopplade till det direkta montaget av gipsskivan - dvs. det interna flödet.

Studien och metoden kan förbättras i den bemärkelsen att fler aktörer intervjuas. I denna studie intervjuas endast en materialtillverkare i form av Gyproc, en entreprenör i form av NCC och en underentreprenör i form av Build-r. Det kan därmed riktas kritik mot om svaren från dessa aktörer är representativa för branschen i helhet.

2.4 Validitet & Reliabilitet

Validitet och reliabilitet är två vanligt förekommande begrepp i vetenskapliga sammanhang. Dessa begrepp är centrala för att beskriva hur väl studiens datainsamling fungerat, vilket är en förutsättning för att kunna generalisera resultaten. Generaliserbara resultat innebär att resultatet har ett värde till andra än de som genomfört undersökningen. Begreppen ligger ursprungligen till grund för en kvantitativ forskningsmetodik, men tillämpas på senare år även i kvalitativa studier. Inom den kvalitativa metodiken, vilken denna studie har behandlat, ska validitet och reliabilitet beaktas under hela studiens gång (Gunnarsson 2002).

Validitet innebär att det som studien har för avsikt att undersökas verkligen undersöks. Genom att ta hänsyn till såväl innehållsvaliditet som samtidig validitet kan en hög validitet i en studie säkerställas. Med en "logisk analys" av studien och det teoretiska ramverket kan en hög innehållsvaliditet uppfyllas. En hög innehållsvaliditet kan även uppfyllas genom att en erfaren person inom det aktuella ämnet granskar studien. Innehållsvaliditeten behandlar således hela studien - teori såväl som frågorna vilka ligger till grund för empirin. För att erhålla generaliserbara resultat, vilket är av central betydelse för en väl genomförd studie, är samtidig validitet viktigt att beakta. Vid samtidig validitet menar Patel och Davidson (2003) att prövningar mot en annan målgrupp än den målgrupp som studien primärt har för avsikt att rikta sig mot bör genomföras, för att därefter jämföra resultaten.

I rapporten har en hög validitet varit av hög prioritet. Detta har försäkrats genom att det primära fallföretaget, Build-r, vilka besitter goda kunskaper inom automation och byggproduktion varit med och granskat intervjufrågorna innan intervjuernas genomförande. Detta i enlighet med Patel och Davidsons filosofi gällande innehållsvaliditet.

Reliabilitet innebär att det som studien har för avsikt att undersöka undersöks på ett tillförlitligt sätt. Undersökningen ska vara motståndskraftig mot diverse "slumpinflytanden". Respondenternas svar under intervjuerna kan kategoriseras till "sanna värden" och "felvärde". Ett "felvärde" skulle exempelvis kunna vara att respondenten misstolkat frågan. I syfte att uppnå en hög reliabilitet är det av hög prioritet att minimera felvärden i studien. Vid en kvalitativ undersökning medför en så kallad "intervjuareffekt" till att sannolikheten för felvärden ökar. Detta genom att intervjupersonen framför frågor och resonemang på ett sätt där respondenten förstår vad som förväntas av denne, och svaret därför avviker från respondentens sanna svar - och därmed sanna värde (Patel och Davidson 2003).

I rapporten har en hög reliabilitet eftersträvat. Genom att arbeta med en låg grad av standardisering, där frågorna anpassas efter respondenten, har felvärden i form av misstolkningar i största möjliga mån undvikits. Vidare har intervjufrågorna ställts på ett opartiskt sätt, i syfte att minimera intervjuareffekten.

2.5 Fallföretag

De fallföretag som valts ut för denna studie är robotföretaget Build-r, byggentreprenören NCC och materialtillverkaren Gyproc. De två senare utgör den större delen av dagens försörjningskedja för gipsinstallation medan Build-r är ett företag med en vision om att automatisera montage av gipsskivor.

2.5.1 Build-r

Build-r är ett nystartat företag vilka utvecklar teknik för att automatisera montage av gipsskivor. För att göra detta planerar de att använda sig av existerande teknik från traditionellt mer automatiserade industrier kombinerat med den senaste tidens tekniska framsteg inom självkörande teknik och mönsterigenkänning. Idag har företaget tre anställda, och bedriver sin verksamhet och utveckling i Stockholm.



Figur 3 Build-rs robot "Walt-r" (Build-r 2019)

Build-r har för avsikt att agera som underentreprenör, och därmed ansvara för gipsmontage på ett byggprojekt med inriktning mot kommersiella fastigheter. Med en automatiserad installation av gipsskivorna ser de konkurrensfördelar genom att kunna erbjuda tjänsterna till en lägre kostnad, samtidigt som arbetsmiljön förbättras och den totala byggnadstiden förkortas. Utöver detta anser Build-r att en automatiserad process kan leda till en rad logistiska fördelar. Detta kan exempelvis bestå i en mer förutsägbar process som underlättar planering, JIT-leveranser (som minskar lagerhållningen och förflyttningar på byggarbetsplatsen), mottagaranpassade informationsflöden, mm.

Build-r:s första produkt utvecklas för att autonomt kunna montera gipsskivor på lättregelväggar i större kommersiella fastighetsprojekt. Detta fokus på kommersiella fastigheter har delvis sitt ursprung i den fördelaktiga miljö som kommersiella fastigheter ofta utgör i jämförelse med exempelvis bostadsbyggnader. Kommersiella fastigheter konstrueras ofta med fribärande bjälklag som kompletteras med lättväggar för att möjliggöra framtida ändringar av planlösningen. Detta innebär att installationen av gipsväggar oftast utgår från en större avjämnad yta med goda förutsättningar för en robot att ta sig fram. Ytterligare en fördel är att installationen av gipsväggar i kommersiella fastighetsprojekt ofta sker under en i tiden mera avgränsad period. I framtiden kan även större bostadsprojekt vara aktuella objekt.

2.5.2 NCC

Med 16 500 anställda och en årlig omsättning om 57 miljarder är NCC ett av Sveriges största byggföretag. De bedriver såväl nationell som internationell verksamhet, där de idag främst är verksamma i de nordiska länderna.

NCC bedriver idag verksamhet inom fem olika affärsområden:

- Infrastructure
- Building Sweden
- Building Nordics
- Industry
- Property Development

Då Build-r, redan idag ingår i ett samarbete med NCC var det naturligt att utföra denna studie tillsammans med NCC som representant för byggentreprenören i fallstudien. I studien involveras främst affärsområdet NCC Building Sweden. NCC Building Sweden bygger framförallt bostäder och kontor, men även samhällsbyggnader och kommersiella fastigheter.

2.5.3 Gyproc

Build-r ingår även ett samarbete med materialtillverkaren Gyproc vilka ingår som representant för materialtillverkare i fallstudien.

Gyproc ingår i koncernen St Gobain, en världsledande byggmaterialtillverkare med stor internationell verksamhet. St Gobain har idag 170 000 anställda i 67 länder. Gyproc erbjuder gips- & stålprodukter samt lösningar för lättbyggnadssystem, vilket innefattar innerväggar, ytterväggar och undertak.

2.5.4 Projekt Oxelvägen

Projekt Oxelvägen är ett projekt i Älta, Stockholm, där NCC byggt en förskola på uppdrag av Nacka kommun. I projektet ingick entreprenören, NCC, och materialtillverkaren, Gyproc, ett nära samarbete där man genom tidig kontakt gemensamt kunde komma fram till lämpliga strategier gällande logistik och materialval. Projektet ses därför som ett pilotprojekt för nära samarbete mellan materialtillverkare och entreprenör.

Projekt Oxelvägen har i denna rapport inkluderats i fallstudien av dagens gipsinstallationer för att bidra med en bild av den riktning i vilken branschen utvecklas.

3 Teori och ramverk för analys

3.1 Automation i byggbranschen

Byggbranschen har inte haft samma teknologiska utveckling som de flesta övriga industrier gällande robotik och automation, något som kan ses som en av anledningarna till dess bristfälliga utveckling gällande produktivitet (Ekvall 2017). Påståendet bekräftas av Ding et al. (2014), som även menar på att byggindustrin under en längre tid präglats av bland annat hög skadlighet i produktionen, låg kvalitet, komplex arbetsledning samt förlust av skickliga hantverkare - vilket haft negativ inverkan på produktiviteten. Dessa påståenden syftar på den del av byggproduktionen som sker ute på byggarbetsplatsen ("on site") där arbetet fortfarande till allra största del sker manuellt. Materialtillverkare, prefabtillverkare och småhustillverkare, vilka har sin produktion i fabriker ("off site"), har redan idag väl utvecklade processer som kommit betydligt längre gällande automation och industriella arbetsätt. Enligt Neelamkavil (2009) är slutmålet med ett införande av mer automation i byggproduktionen alltså att förbättra produktivitet, kvalitet och säkerheten för arbetarna. Argument som i förlängningen även skulle leda till lägre kostnader. Bock (2014) menar att en automatisering av byggproduktionen på sikt kan leda till att arbetet kan ske kontinuerligt. Idag är byggarbetsplatserna enbart igång åtta av dygnets 24 timmar, en kontinuerlig produktion skulle således leda till stora tidsvinster vilka i sin tur skulle ge projekt fördelar i kostnad/nytta samt kortare avbetalningstid på investeringar i fastigheter.

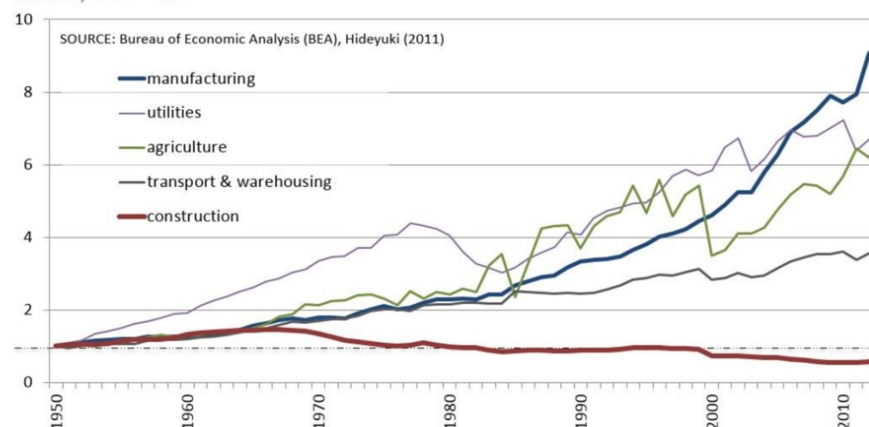
Utvecklingen inom automation och robotik för byggproduktionen har under de senaste åren skiftat fokus från utveckling av nya robotsystem till att fokusera på integrering av mjukvara, datainsamling och sensorstyrd processkontroll (Balaguer 2004).

3.1.1 Ökad produktivitet

Vilket framgår av figur 4 har byggbranschen inte följt den utveckling likt många andra industrier har gällande produktivitet. Medan industrier som tillverkningsindustrin, transportindustrin, verktygsindustrin och jordbruksindustrin under de senaste 50 åren gjort stora genomslag gällande produktivitet, har byggbranschens produktivitet snarare minskat under åren.

Ekvall (2017) menar att skäligen anledningar till övriga industriernas framfart gällande produktivitet grundar sig i möjligheten till automatisering av upprepade arbetsmoment genom implementering av robotar. Ekvall menar vidare att övriga industriernas produkter, vilka ofta är serieproducerade enheter, samt tillverkningsmiljön, vilken ofta sker i fabriksmiljö, är aspekter vilket talar för en ökad produktivitet. Byggbranschens nästintill obefintliga användning av automatisering och robotar, dess unika tillverkningsprocess samt dess "temporära fabrik" är därför egenskaper vilka ej är förenliga med det som Ekvall (2017) menar på är framgångsfaktorer för den industriella tillverkningens ökade produktivitet.

Real productivity (GDP value-add per employee) by industry in the US
Indexed; 1950 = 1.0



Figur 4 Produktivitet (Bureau of Economic Analysis (BEA), Hideyuki (2011))

3.1.2 Utvecklingen av automation och robotisering i byggbranschen

Sättet en byggnad uppförs på har förändrats väldigt lite under de senaste 80 åren. Balaguer (2004) förklarar att även om materialen och verktygen man använder förändrats och förfinats så är filosofin för hur byggnaden ska uppföras densamma: en manuellt kontrollerad process där de maskiner som används styrs med hjälp av visuell observation och återkoppling till operatören.

Japan är ett land som utmärker sig när det kommer till utveckling och användande av robotar inom byggproduktionen. Brist på kvalificerad arbetskraft och en restriktiv migrationspolitik ledde till att japanska företag under åtti- och nittiotalet började se sig om efter nya sätt att bygga på (Balaguer 2004; Bock 2014). Under årens lopp har fler än 200 olika robotprototyper testats med syftet att automatisera olika moment inom både hus och anläggningsentreprenad med blandat resultat (Bock 2014). Denna era i forskningen kring automatisering, där man fokuserar på utvecklingen av nya robotar och maskiner, kallas *hård robotik*.

Idag har forskningen inom hård robotik saktat ner och ersatts av satsningar på det som kallas *mjuk robotik*. Denna robotik bygger mindre på själva mekaniken och mer på mjukvaruintegration, simuleringar och sensorbaserad styrning och övervakning (Balaguer 2004). Denna kombination av hård och mjuk robotik är objekt för merparten av dagens forskning på området.

3.1.3 Svårigheter för automatisering på byggarbetsplatser

Trots de stora fördelarna som en mer automatiserad byggproduktion skulle medföra är automation i form av robotar än idag tämligen begränsad, anledningen till detta kan inte hänföras till en specifik källa utan bör snarare ses i sammanhang av en rad olika företeelser.

Enligt Ding et al. (2014) kan avsaknaden av automatisering delvis bero på robotarnas bristande förmåga att identifiera och lösa problem under produktionen - vilket är en frekvent återkommande företeelse bland yrkesarbetarna i dagens byggproduktion. Denna aspekt bekräftas av Bock (2014), som menar på att förhållandena som råder på byggarbetsplatser varierar mycket och att en uppgift måste vara mycket väl definierad för att kunna automatiseras.

Ding et al. (2014) beskriver dagens automationsteknologi som mindre lämpad för det storskaliga material som används i byggproduktionen, samtidigt som Bock (2014) menar att de höga initiala kostnaderna vilket en automatiserad teknologi medför avskräcker större byggföretag från att satsa på tekniken. Bock (2014) konstaterar samtidigt att automation i byggproduktionen kommer implementeras steg för steg. Till en början kommer befintliga maskiner att automatiseras för att senare följas av en period där man använder sig av en blandning av manuellt arbete och automatiserade processer. De

automatiserade processerna kommer till en början troligtvis kontrolleras av mänskliga operatörer, först i ett senare skede kan man tala om en helt automatiserad byggproduktion.

Ytterligare en förklaring till den låga innovationen man ser inom byggproduktionen i dagens EU-länder är enligt Bock (2014) att lågavlönad arbetskraft från länder i Östeuropa gör det svårt för inhemska företag att konkurrera. Istället för att utveckla nya tekniker och satsa på utbildade medarbetare väljer större företag att anlita underentreprenörer med lågavlönade arbetare.

3.2 Digitalisering i byggbranschen

3.2.1 Digitaliseringens betydelse för automation i byggproduktionen

En viktig möjliggörare för automation i byggbranschen är digitalisering och samordning av data. BIM är en central del i byggbranschens digitalisering och har således även en avgörande roll för möjliggörandet av automation.

Brehm (2019) beskriver i en artikel om robotar för murverkskonstruktion om vikten av BIM för att möjliggöra användningen av robotar. Brehm framhåller vikten av att se robotar och BIM som *en* enhet när det kommer till digitalisering av byggproduktionen. En precis BIM modell är, enligt Brehm, en grundförutsättning för att göra styrningen av robotar utifrån en virtuell modell praktiskt möjlig.

3.2.2 Building Information Modeling

Den teknologiska utvecklingen inom området för BIM har varit omfattande och under de senaste åren har diverse programvaror utvecklats vilka har till syfte att digitalisera byggproduktionen. Dessa programvaror, vilka fungerar som digitala hjälpmedel, faller under kategorin BIM. En BIM modell med tidsinformation tillhörande separata byggnadselement benämns ofta som 4D BIM modell.

I dagens byggproduktion är relationen mellan olika aktörer ofta distanserad, vilket lett till att kommunikationen och informationsutbytet mellan olika aktörer ofta är bristfällig (Larsson et al. 2008). Söderström (2013) menar att BIM modeller möjliggör ett rationellt informationsutbyte mellan aktörer i byggprojekt. Med BIM-verktyg kan ett obrutet informationsflöde genereras, där rätt aktör får rätt information vid rätt tillfälle (SKL 2019). Projektinformationen kan, via en BIM-tjänst med molnlagring, presenteras för respektive berörda parter på ett adekvat sätt. Söderström (2013) menar att BIM och dess molntjänster genererar en samarbetspotential mellan aktörer involverade i byggprojektet, varvid starka relationer kan knytas - och informationsutbytet optimeras.

BIM har flertalet fördelar i ett byggprojekts projekteringsskede. Med hjälp av verktyg som clash-detection kan potentiella kollisioner och andra defekter i projektritningarna identifieras och åtgärdas. Felfria handlingar är dock inte ekvivalent med en felfri produktion. Produktionen beror på ett mänskligt hantverk, där fel uppstår - oavsett yrkesarbetarens färdigheter. Produktionen anpassas allteftersom byggnationen fortskrider. Med felfria BIM modeller, vilka är kompatibla med programvaror vilka upprättar koordinatsystem på plats, kan även robotar producera ett precisionsriktigt resultat - och därmed reducera fel och omarbete i produktionen. På så vis erhålls en mer effektiv produktion ur såväl tids- som kostnadsaspekter (Arch2o 2019).

4D BIM simuleringar

4D simulering innebär att tidsinformation rörande aktiviteter i byggnadens uppförande kopplas till unika objekt i en 3D BIM modell. Detta möjliggör simulering av byggnadens uppförande över tiden. Idén om 4D simuleringar är inte ny men användningen har fått fart i takt med att användningen av BIM i byggproduktion vunnit mark (Boton et al. 2015).

VDC (Virtual Design Construction) är ett begrepp som inte sällan sammankopplas med simulering. VDC är en benämning på ett mer holistiskt synsätt på användningen av digitala verktyg i byggprojekt, där bland annat BIM modeller och 4D simuleringar utgör stora delar. Simuleringar kan användas både i tidigt skede, under projekteringen samt under uppförandet. Under projekteringen kan simuleringen användas för att utreda byggbarheten hos olika koncept samt hjälpa till att förutse problem innan byggnaden uppförs. Genom att simulera olika tillvägagångssätt kan det mest lämpliga sättet väljas och planering av de olika arbetsmomenten kan optimeras i tiden. I uppförandeskedet kan simuleringar användas för att planera och styra mer specifika arbetsmoment, för att koordinera arbetet på byggarbetsplatsen samt simulera flöden av material- och arbetskraft (Boton et al. 2015).

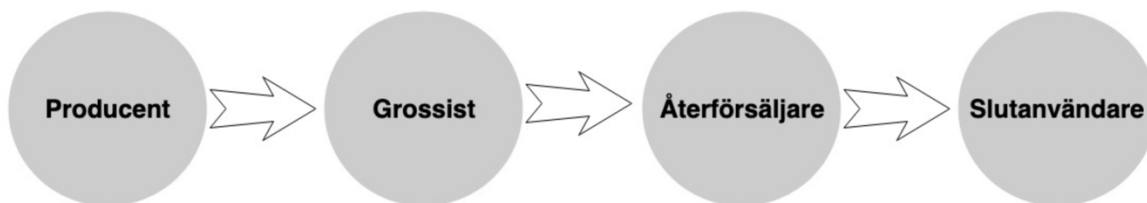
Ett begrepp som ofta används i samband BIM och 4D simuleringar är LOD, Level Of Development, vilket syftar på kvaliteten och omfattningen hos data kopplad till ett specifikt BIM objekt vid en viss tidpunkt. Ett BIM objekt kan innehålla en mängd data vilka senare ligger till grund för olika aktiviteter nedströms produktionskedjan. Informationen är emellertid inte statisk utan kan förändras under byggprojektets gång. För att kunna simulera processen på ett givande sätt är det således viktigt att definiera kvaliteten på datan och i vilken utsträckning viss information kan användas av användare nedströms informationsflödet (Boton et al. 2015). Vidare konstaterar Botton et al. (2015) i sin rapport att LOD utgör en stor utmaning för implementeringen av 4D simuleringar i byggproduktionen.

3.3 Försörjningskedja (supply chain)

Supply chain, försörjningskedja eller distributionskedja som det även kallas, syftar på det nätverk av aktörer som samverkar i syfte att leverera och distribuera en specifik vara eller tjänst från råvarumaterialanskaffning till slutlig konsument.

Mentzer (2001) beskriver supply chain enligt:

A supply chain is a set of three or more entities (organizations or individuals) directly involved in the upstream and downstream flows of products, services, finances, and/or information from a source to a customer (*sida 4*)



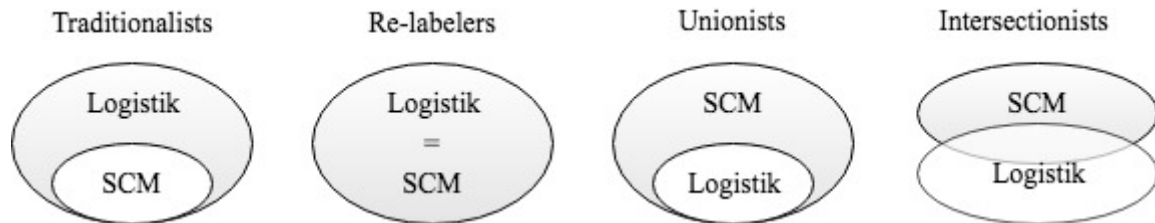
Figur 5 Försörjningskedja

Vilket framgår av Mentzers definition ovan kan antalet aktörer vilka är involverade i nätverket variera. Antalet aktörer i kedjan varierar inte sällan från vara till vara, beroende på vilket behov produkten i fråga kräver. Enligt Mentzers definition ska antalet aktörer involverade i kedjan vara minst tre för att falla under definitionen av supply chain. I figur 5, illustreras en typisk supply chain, eller försörjningskedja, för en godtycklig vara.

Figur 6 ovan illustrerar en simplificerad horisontell kedja, där varje aktör är beroende av endast en (1) leverantör och en (1) kund. I vanliga fall har respektive aktör i kedjan en mängd olika leverantörer och kunder - vilket genererar en mer komplex situation. Det mer verklighetsförankrade resultatet kan liknas vid ett supply network snarare än en supply chain (Hyll 2005). I stort ingår supply chain i de mer allsidiga begreppen supply chain management och logistik - vilka båda syftar på att optimera och effektivisera försörjningskedjan.

3.3.1 Supply chain management / logistik

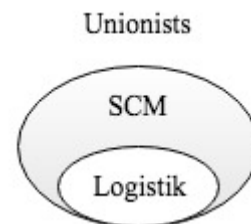
Termen supply chain management, ofta förkortad SCM, är ett frekvent återkommande uttryck i dagens industrier. Supply chain management och logistik är dock begrepp vars definitioner är omdiskuterade. Patrik Jonsson och Stig-Arne Mattsson (2016) menar att begreppen SCM och logistik har samma helhetssyn på flöden och logistik. Halldorsson och Larson (2000) menar att det finns fyra olika synsätt när det kommer till sambandet mellan logistik och supply chain management. Dessa fyra olika synsätten illustreras i figur 6.



Figur 6 SCM synsätt (Hyll 2005)

Figur 6 visar hur logistik i somliga avseenden ses som en del i SCM, och vice versa. I andra avseenden är SCM och logistik olika benämningar för samma koncept. Ytterligare ett synsätt är att logistik inte nödvändigtvis är en del inom SCM och/eller att SCM inte nödvändigtvis är en del av logistik, men att det finns fraktioner i de båda begreppen vilka överensstämmer med varandra (Hyll 2005).

I denna rapport kommer logistik ses som en del av supply chain management. Således kommer rapporten följa Unionists synsätt på sambandet mellan logistik och SCM - se figur 8 till höger. Detta grundar sig i hur Council of Supply Chain Management Professionals, CSCMP, definierar logistik. CSCMP menar att logistiken är en del av SCM, vilket överensstämmer med Unionisternas synsätt (CSCMP 2019).



Figur 7 Unionist (Hyll 2005)

Då SCM handlar om att optimera och effektivisera försörjningskedjan med avseende på såväl material- som informationsflöde, har det under de senaste åren utvecklats en rad olika koncept vilka har till syfte att optimera flödena. Nedan beskrivs tre koncept vilka samtliga är användbara medel i strävan att erhålla en effektiv försörjningskedja.

Lean

Lean är en filosofi, eller logistikstrategi, vilken är utvecklad i syfte att eliminera de aktiviteter i en tillverkningsprocess vilka inte skapar något värde. Larsson et al. (2008) menar att i Lean-filosofin sätts kunden i fokus - varför man i samband med konceptets era började rikta tillverkningen direkt mot kundordrar. Vidare har Lean till syfte att generera en ökad produktivitet, med minsta möjliga resursanvändning.

5S

5S är ett verktyg inom Lean vilket har till syfte att eliminera icke-värdeskapande aktiviteter och öka produktiviteten med minsta möjliga resursanvändning. Följande aktiviteter ingår i 5S:

- Sortera
- Strukturera
- Städa
- Standardisera
- Skapa vana

(Prevent 2015)

JIT

JIT-leveranser, eller *Just-in-Time deliveries*, är ett verktyg inom Lean-filosofin vilken har till syfte att leverera rätt material, vid rätt tidpunkt, till rätt plats. JIT-leveranser, vilket länge varit en grundpelare inom tillverkningsindustrin, har på senare år uppmärksammats allt mer inom byggindustrin. JIT-leveranser är inte endast fördelaktigt sett ur entreprenörens perspektiv, utan även ur materialleverantörens perspektiv. Anna Bertze (2016) menar att med ett digitaliserat materialflöde och JIT-leveranser genererar ett bättre logistiskt flöde. På så vis kan materialleverantörens lagerhållning minskas, varpå detta genererar en lägre kapitalbindning hos leverantören. En lägre lagerhållning genererar sedermera i en möjlighet till personaloptimering, varpå priset för materialet kan sänkas (ibid.).

Logistik beskrivs inte sällan som läran om effektiva materialflöden (Björnland 2003). Med materialflöden syftar Björnland (2003) inte endast på materialflödet mellan de olika aktörerna i värdekedjan, utan även företagets interna materialflödeshantering.

Jonsson och Mattsson (2005) understryker vikten av att ha såväl effektiva interna materialflöden som effektiva flöden mellan företag. De menar på att en aspekt till en god intern logistik är det faktum att den interna logistiken har stor påverkan på andra aktörers möjlighet att tillfredsställa kundbehovet (Jonsson & Mattsson 2015). Ytterligare en aspekt till att sträva efter en god intern materialhantering är möjligheten till resursbesparing. I figur 8 illustreras hur ett företags interna materialflödessystem kan vara utformat.



Figur 8 Logistik

Henrik Hyll (2005) menar att logistik kan delas in i *physical distribution* och *business logistics*. Hyll menar att gemene man inte sällan tolkar logistik som transport och lagerhållning av varor, vilket enligt honom faller under begreppet *physical distribution*. Hyll menar vidare att *business logistics* snarare refererar till tjänsterna och informationen runt produkten och är lika viktigt som den fysiska distributionen. Jonsson och Mattsson (2016) bekräftar Hylls resonemang gällande vikten av information runt produkten. De menar att då det talas om logistiksystem är materialflödet, informationsflödet och det monetära flödet eller penningflödet, som det även kallas, centrala komponenter.

- Materialflödet
- Informationsflödet
- Penningflödet

3.3.2 Materialflödet

Materialflödet innefattar flödet av material från råvaruanskaffning till slutlig konsument. Det material vilket flödar mellan aktörer i värdekedjan representerar ofta stora värden. Vidare kräver materialflödet en rad olika resurser för att vara genomförbart. Flödet sker i mångt och mycket från leverantör, via företaget i fråga, till kund - men kan även vara reversibelt. I de fall då flödet sker i motsatt riktning handlar det om returerna i form av reklamationer och materialåtervinning (Jonsson & Mattsson 2016).

Jonsson och Mattsson (2016) menar att materialflödet hänger samman i fyra olika systemkomponenter, detta enligt nedan:

- Transport
- Materialhantering
- Lagring
- Förpackning

3.3.3 Informationsflödet

Vilket nämnts i ovanstående stycke kräver materialflödet i många fall stora resurser för att vara genomförbart. Informationsflödet syftar därför till att optimera användandet av resurserna genom användande av diverse data. Med tillgång till data om de olika aktörernas behov, kapacitet, förmåga att leverera mm kan en lång- och kortsiktig planering genomföras. På så vis kan flödet av information effektivisera användandet av de stora resurserna, vilket genererar ett mer effektivt materialflöde (Jonsson & Mattsson 2016).

Ett effektivt informationsflöde tar därför hänsyn till såväl efterfrågeinformation som leverantörsinformation. Efterfrågeinformationen syftar på data gällande kundens efterfråga, detta kan exempelvis innefatta tidpunkter, volymer, mm. Leverantörsinformationen syftar på data gällande leverantörens förmåga att leverera, vilket exempelvis kan innefatta lagersaldouppgifter till exempel (Jonsson & Mattsson 2016).

Informationsflödet implementeras bland annat via företagets affärssystem, ERP-systemet. ERP, vilket definieras som Enterprise Resource Planning, syftar på företagets resursplanering. I systemet tas hänsyn till exempelvis försäljningsinformation, prognoser och kundorderinformation. Informationen mellan aktörerna överförs inte sällan genom EDI-system, Electronic Data Interchange (Jonsson & Mattsson 2016).

3.3.4 Penningflödet

Med penningflödet avses det flöde av betalning vilket strömmar mellan aktörerna då en tjänst eller produkt levererats.

3.3.5 Arbetskraftsflöde

Man kan, utöver de tre centrala komponenterna beskriva tidigare, även tala om ett arbetskraftsflöde. Med arbetskraftsflödet avses allokeringen av mänskliga och maskinella resurser nödvändiga för att tillhandahålla en tjänst eller produkt.

3.4 Byggproduktionens försörjningskedja

Vilket tidigare nämnts är supply chain (SC) och supply chain management (SCM) vanliga begrepp inom tillverkningsindustrin. I byggproduktionen talar man om construction supply chain (CSC) vilket, likt supply chain, är ett brett begrepp som spänner över många olika delar av byggprocessen och inkluderar ett mängd olika aktörer. CSC innefattar flödet av material, information, varor, tjänster, arbetskraft samt det monetära flödet mellan byggproduktionens aktörer (Xue et al. 2005). I den svenska litteraturen talar man ofta om *Bygglogistik*, vilket har liknande innebörd.

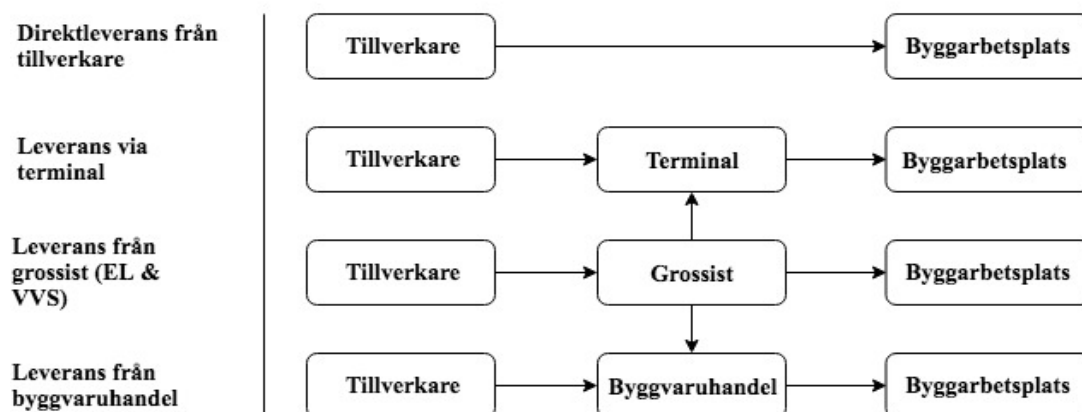
Byggproduktion utförd på en klassisk byggarbetsplats skiljer sig dock från tillverkningsindustrin ur flertalet aspekter. Medan tillverkningsindustrin ofta karaktäriseras av tillverkning av flertalet serieproducerade enheter, menar Larsson et al. (2006) att byggproduktionen är en "tillfällig fabrik" vilken har för avsikt att producera endast en, ofta unik, enhet. Vidare menar författarna att byggproduktionen, till skillnad från tillverkningsindustrin, skapar temporära försörjningskedjor med tillfälliga projektorganisationer. Ytterligare en skillnad från tillverkningsindustrin är det faktum att byggproduktionen innefattar en orderstyrd produktion, där inlärningseffekterna är begränsade (ibid).

Byggproduktionens tillfälliga etablering, projektbaserade arbetssätt och unikhet ställer därför stora krav på den logistiska verksamheten - vilket ofta är en av de stora utmaningarna i byggproduktionen.

De olika aktörerna involverade i byggindustrins försörjningskedja är bland annat (Nordstrand 2008):

- Materialproducenter
- Generalagenter för importerade byggvaror
- Transportföretag
- Grossistföretag
- Byggvaruhandel
- Entreprenörer

Byggindustrins generella försörjningskedjor illustreras i figur 10 nedan (Nordstrand 2008).



Figur 9, Försörjningskedjor i byggindustrin

Ett känt faktum inom byggindustrin är att projekt i vissa fall tenderar att ta längre tid än planerat samt kosta mer än budgeterat. Martin Rudberg (2019), professor i bygglogistik, menar att en väl fungerande logistik är en av förutsättningarna för ett kostnadseffektivt byggande. Rudberg menar att en effektiv bygglogistik kan minska byggtiden med 20% samt minska antalet transporter till och från byggarbetsplatsen med 80% (ibid.).

För att lösa problemen har industrin anammat några av de koncept som länge använts av tillverkningsindustrin. Ett sådant koncept, som tidigare nämnts, är Lean är, en filosofi vilken syftar till att eliminera de aktiviteter i en tillverkningsprocess vilket inte skapar något värde. Larsson et al. (2008) menar att inom Lean Construction, dvs. Lean inom byggindustrin, ska såväl ledtider som lagerstorlekar förkortas. På så vis kan icke-värdeskapande aktiviteter som exempelvis väntetid, transport, förflyttning, överproduktion, lager och defekter elimineras.

S-kostnader

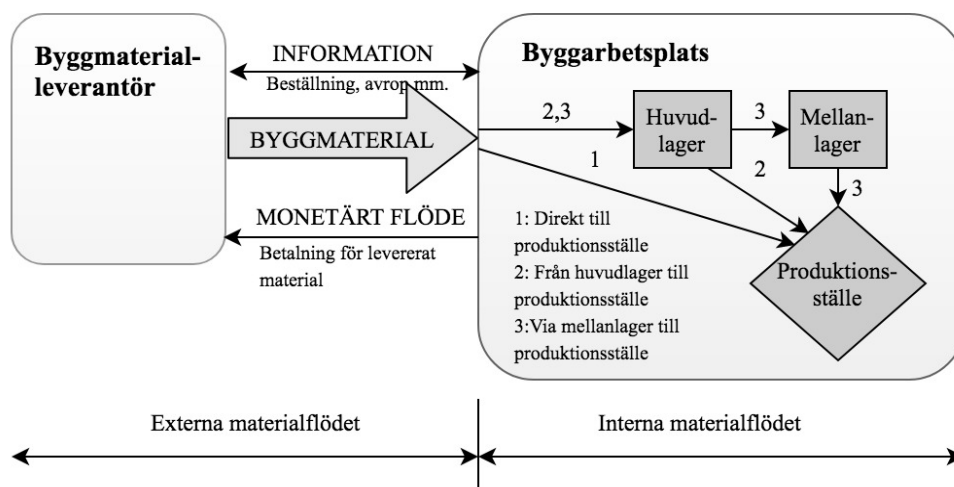
Inom byggindustrin talas det frekvent om S-kostnader. S-kostnaderna, vilka omfattar spill, skador, stöld och slöseri kan direkt hänföras till Lean Construction. Då materialkostnaderna utgör cirka 50 % av entreprenadkostnaden är det, i enlighet med Lean-filosofin, av hög prioritet att minimera resursanvändandet.

JIT Construction

Fredrik Friblick, konsult inom bygglogistik, menar att Just In Time deliveries, JIT-leveranser, karakteriseras av små leveransvolymmer med hög leveransfrekvens, levererade vid behov. Friblick poängterar vikten av leverans vid behov, dvs. leverans vid den tidpunkten då materialet i fråga ska monteras. Detta för att, i enlighet med Lean-filosofin, eliminera de icke-värdeskapande aktiviteterna i form av transporter, lagerhållning, leta efter material mm. I syfte att öka produktiviteten genom JIT-leveranser menar Friblick att planering är av stor vikt. Inte endast under pågående produktion där produktionsledningen är involverad - utan även under de initiala delarna av byggprocessen. Friblick menar att förutsättningarna för JIT-leveranser påverkas i initiala skeden som inköp och projektering. Under dessa skeden måste koordineringen mellan projektering och inköp fungera väl, i synnerhet i de fall då internationella inköp är aktuellt (Husbyggaren 2005).

3.4.1 Externt/Internt flöde

Logistik delas in i *intern logistik* och *extern logistik*, detta gäller såväl materialflödet som informationsflödet vilket framöver kommer beskrivas i form av ett internt och ett externt materialflöde/informationsflöde. Det externa flödet innefattar alla de olika aktörerna i materialets, komponentens eller produktens försörjningskedja medan det interna flödet syftar på det enskilda företags interna verksamhet. Tidigare poängterades vikten av att i en distributionskedja ha såväl god intern som extern logistik, i syfte att optimera material- och informationsflödet. Detta faktum gäller även för byggindustrin. Figur 13, se nedan, illustrerar indelningen av intern och extern logistik i byggprocessen (Larsson et al. 2008).



Figur 10 Indelning externt/internt flöde

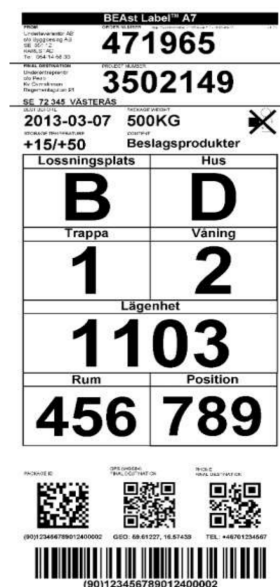
3.4.2 Materialflödet i byggproduktionen

Vikten av logistik och styrning av materialflöden är känd sedan länge. Adekvat kontroll av materialflödet på och kring byggarbetsplatsen kan öka produktiviteten med sex procent eller mera (Navon & Berkovich 2005). Ett av de största problemen vid styrningen och hanteringen av materialflöden på byggarbetsplatser idag är bristen på aktuell information, något som lett till att spill idag ofta ses som ofrånkomligt (ibid.). Enligt Navon och Berkovich (2005) kan en effektivare styrning och materialhantering bidra till förbättrad produktivitet då material finns tillgängligt innan jobbet ska utföras. Arbetare spenderar då mindre tid med att leta efter material och den totala materialkostnaden blir lägre då mängden spill minskar. Idag sker styrningen av materialflöden kring byggarbetsplatsen oftast manuellt av platsledningen med varierande resultat.

I sin studie undersöker Navon och Berkovich (2005) hur digitalisering och automatisering kan effektivisera materialhanteringen. Författarna tar ett helhetsgrepp om hela processen från inköp till internlogistik på byggarbetsplatsen och deras resultat visade på tydliga fördelar med ett automatiserat system. Deras system kunde bland annat automatiskt ta fram listor för materialbeställningar och för vilket material som fanns på byggarbetsplatsen samt ge platsledningen notiser om material som levererats inte stämmer överens med ordern eller om saldons lägstanivåer underskrids. Idag rör sig byggbranschen sig i allt snabbare takt mot system likt det som Navon och Berkovich (2005) använt sig av i sin studie. Många pratar om digitalisering och Industry 4.0 som nästa industriella revolution.

Ett exempel på hur byggbranschen genom digitalisering arbetar för att effektivisera materialhantering är *BEAst label* (figur 11), en branschstandard som utvecklats för märkning av leveranser till byggarbetsplatsen med syftet att effektivisera det interna materialflödet.

BEAst label är en standardiserad etikett på vilken det tydligt framgår till vilken plats på byggarbetsplatsen varan ska levereras. Etiketten ska användas av alla som levererar gods till byggarbetsplatser och har utformats med diverse streck- och QR-koder som möjliggör digital avläsning i samband med leverans och intern transport. Detta system förenklar den interna materialhanteringen då det tydligt framgår vem godset tillhör och vart det ska levereras, något som gör det möjligt för leveransen att ske direkt till platsen den ska monteras (BEAst 2016). En standardiserad märkning lik BEAst label är en förutsättning för att möjliggöra digitalisering och automatisering av materialflöden på en byggarbetsplats, där en stor mängd aktörer och leverantörer är inblandade.



Figur 11 BEAst-label (BEAst, 2016)

Vilket framgår av figur 9 kan materialflödet i byggindustrin ske genom diverse olika aktörer. I somliga fall sker materialflödet genom direktleverans, dvs. direkt från tillverkare till byggarbetsplatsen medan det i andra fall exempelvis sker via grossister eller byggvaruhandlare (Nordstrand 2008).

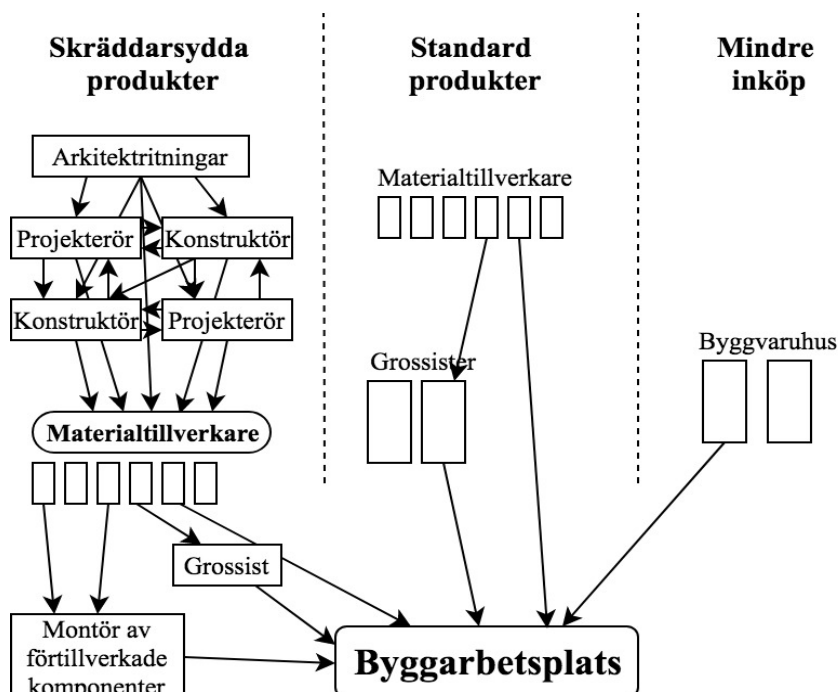
Det råder inget tvivel om att materialet utgör en stor kostnad för ett husbyggnadsprojekt. Nordstrand (2008) menar att cirka 50% av entreprenadkostnaden utgörs av materialkostnader. Detta påstående bekräftas även av Larsson et al. (2008), vilka även poängterar att det utöver materialkostnader tillkommer stora materialrelaterade kostnader för hantering och distribution.

Larsson et al. (2008) poängterar att då ett husbyggnadsprojekt omfattar mängder av olika material är det värt att beakta de logistiska skillnaderna mellan materialen - i syfte att optimera försörjningskedjan. Av denna anledning kategoriseras inte sällan material, detta enligt figur 12 nedan. Material benämnda standardprodukter tillverkas exempelvis ofta i standardmått. Material benämnda ordertyp är produkter där materialen/produkten behöver skräddarsys till projektet i fråga. Bulkprodukter syftar på produkter vars åtgång är konstant och där beställningsprocessen är enklare än för komponenter/element (Larsson et al. 2008).

| | STANDARD PRODUKTER | ORDER PRODUKTION |
|------------------------|---|---|
| BULK PRODUKTER | Cement, virke, isolering, gipsskivor, tegel mfl. | exempelvis Färdigblandad betong |
| KOMPONENTER ELEMENT | Fönster, dörrar, köksskåp, garderober mfl. | Betongelement, badrums- moduler, fasadelement mfl. |

Figur 12 Produkters indelning (Larsson et al., 2008)

Det är viktigt att beakta de logistiska skillnaderna mellan materialen. Detta eftersom exempelvis antalet aktörer varierar, men även för att exempelvis en skräddarsydd produkt tar längre tid att få levererad än en standardprodukt. Nedan, i figur 13, illustreras potentiella försörjningskedjor för olika materialtyper (Wegelius-Lehtonen & Pahkala 1998). Vilket framgår av figuren genomgår skräddarsydda produkter en mer omfattande försörjningskedja än standardprodukter och mindre inköp.



Figur 13 Försörjningskedjor i byggproduktionen (Wegelius-Lehtonen & Pahkala, 1998)

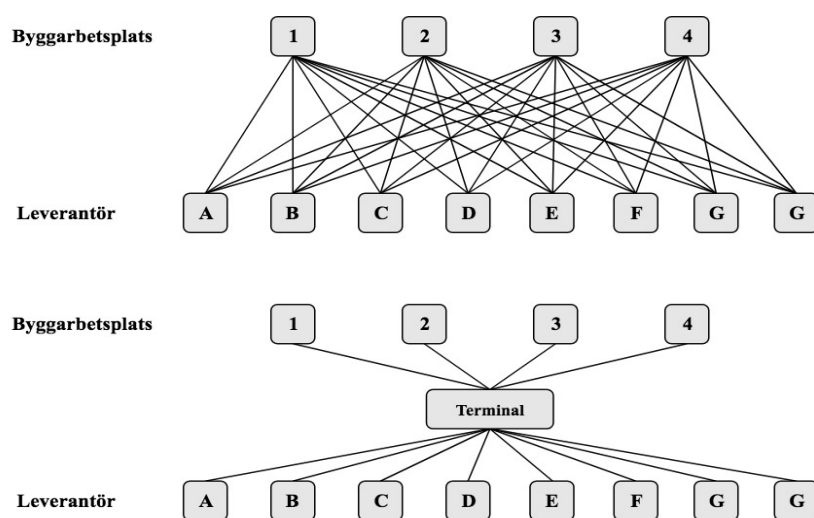
3.4.3 Externt materialflöde

Det externa materialflödet syftar på de aktörer vilka är involverade i flödet innan materialet når byggarbetsplatsen. Exempel på aktörer vilka är involverade i den externa bygglogistiken är:

- Materialtillverkare
- Generalagenter för importerade byggvaror
- Transportföretag
- Grossistföretag
- Byggvaruhandel
- Entreprenörer

Ett sätt att minimera den interna materialhanteringen och materiallagringen i sin helhet är genom ett effektivt externt materialflöde. Nordstrand (2008) menar att ett sätt att minimera kostnaderna för lagring, transport, hantering mm. är genom införandet av terminaler. Detta resonemang bekräftas av Larsson et al. (2008), vilka menar att byggmaterialsterminaler kan fungera som ett alternativ till lager på byggarbetsplatsen.

Särskilt effektivt är materialterminaler, enligt författarna, i områden med intensiv bebyggelse. Materialterminaler är därmed ett sätt att erhålla JIT-leveranser och minska S-kostnaderna (Larsson et al. 2008). Patrik Danielsson (2008), författare av ett examensarbete vilket undersökte terminalisering, menar att materialterminaler är särskilt effektiva för standard- och bulkprodukter - exempelvis gipsskivor. Figur 14 visar skillnaden gällande logistik mellan leverantör och entreprenör i de fall då terminal används och inte används.



Figur 14 Principiell illustration över skillnaden i antal leveranser vid traditionellt förfarande och vid terminalisering.

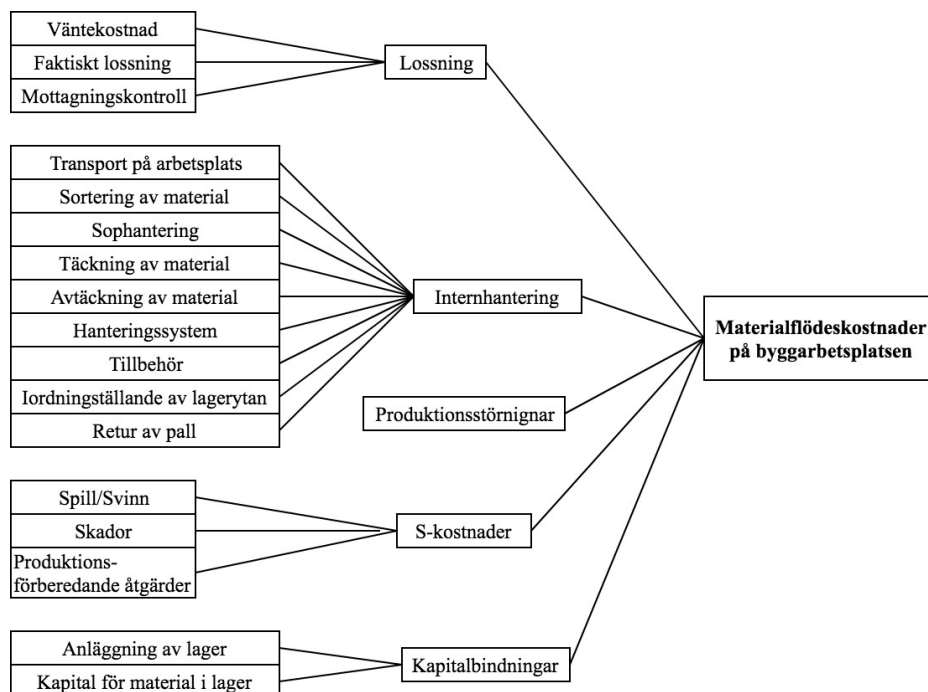
3.4.4 Internt materialflöde

Det interna materialflödet syftar, likt illustrationen i figur 10, på den transport av material vilken sker på byggarbetsplatsen. Larsson et al. (2008) betonar vikten av att rätt material finns på rätt plats vid rätt tidpunkt i ett byggprojekt. Således är det interna materialflödet av hög prioritet, i syfte att eliminera störningar i produktionen. Författarna menar vidare att det framförallt finns sex interna aktiviteter kopplade till materialhanteringen vilka är värda att beakta på en byggarbetsplats (ibid.).

- Mottagning
- Lossning
- Transport till huvudlager
- Transport till mellanlager
- Transport till slutlig montageplats
- Rörelser i samband med produktionen

Vilket framgår av listan ovan utgör diverse transporter inom byggarbetsplatsen en stor del av den interna materialhanteringen på en byggarbetsplats. Transporter inom byggarbetsplatsen utgör stora kostnader för ett entreprenadbolag - varför koncept som JIT-leveranser på senare år uppmärksammats i syfte att eliminera onödiga transporter inom byggarbetsplatsen. Med tanke på de ökade logistikkostnaderna menar Larsson et al. (2008) att materialhanteringen bör vara av hög prioritet för platsledningen på ett byggprojekt.

Då byggmaterial omfattar en så pass hög andel (ca 50 %) av de totala entreprenadkostnaderna finns det starka incitament från entreprenören till att handla upp så billigt material som möjligt. Materialleverantörerna satsar därför på att ta fram så billigt material som möjligt, detta genom att sänka sina egna kostnader. Logistiksatsningarna bortprioriteras, varför materialleverantörens leveransservice i många fall blir undermålig. Larsson et al. (2008) menar därför att lägsta inköpspris inte alltid är ekvivalent med lägsta totalkostnad. Studier visar att ju lägre inköpspriset är, desto högre kostnader tillkommer för logistik. De tillkommande kostnaderna för logistik motsvarar ca 40-250% av inköpspriset, och beror bland annat på materialhantering mm (Vrijhoef & Koskela 2000).



Figur 15 Kostnadsmodell materialflöde (Jarnbring 1994)

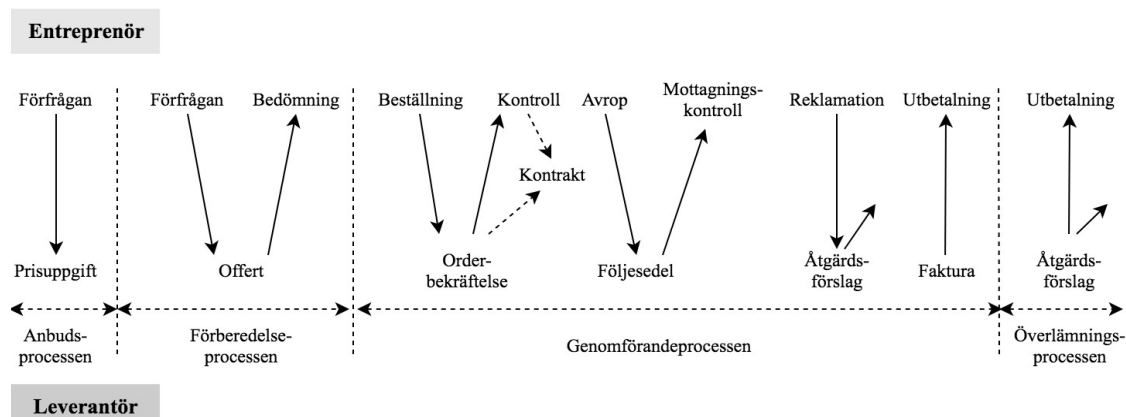
3.4.5 Informationsflödet i byggproduktionens försörjningskedja

På samma sätt som materialflödet i byggproduktionen kan delas upp i ett internt och externt materialflöde är det lämpligt att dela upp informationsflödet i ett internt och ett externt flöde. Det interna informationsflödet syftar i detta fall på flödet av information mellan platsledning, yrkesarbetare och underentreprenörer. Det externa informationsflödet syftar på flödet av information som sker mellan aktörerna i det externa materialflödet.

3.4.6 Externt informationsflöde

Larsson et al. (2008) menar att platsledningens planering och entreprenörens kommunikation med leverantör är förutsättningar för ett, ur ett logistiskt perspektiv, lyckat projekt. Författarna poängterar att i de fall då planering och kommunikationen är bristfällig kan detta bland annat resultera i leveranser av för stor kvantitet - vilket då behöver hanteras internt på byggarbetsplatsen, vilket genererar logistikkostnader. Ytterligare en konsekvens av dålig planering och kommunikation kan vara materialförseningar, vilket hämmar produktiviteten (ibid.).

Idag kräver anskaffningen och hanteringen av material inom byggproduktionen generellt omfattande kommunikation mellan många parter (Hansson et al. 2015). Figur 16 presenterad nedan illustrerar ett vanligt informationsflöde i materialadministrationsprocessen.



Figur 16 Informationsflödet i materialadministrationsprocessen. (Hansson et al. 2015)

Informationsflödet mellan aktörerna i värdekedjan är således av hög prioritet för ett logistikeffektivt resultat. Det mest kritiska flödet, enligt Larsson et al. (2008), sker mellan materialleverantören och entreprenören.

Vilket tidigare nämnts utgör byggmaterialet i många fall cirka 50% av entreprenörens total kostnad. Då byggmaterialet utgör en stor andel av kostnaderna anser Larsson et al. (2008) att byggmaterialleverantören borde ses som en del av byggprocessen vilket de, enligt Larsson et al., inte gör idag. Detta resonemang skulle innebära att leverantörerna får inflytande över såväl informationsflödet som materialflödet - varpå produktionen kan optimeras.

Bertze (2016) har genom ett examensarbete kartlagt materialleverantörens behov för att kunna optimera materialflödet. Bertze (2016) menar att, sett ur en materialleverantörs perspektiv, det hade varit optimalt att i ett initialt skede erhålla ritningar och information om hela projektets materialbehov - tillsammans med en projektplan. Genom ett sådant informationsflöde erhålls tidvinster, varvid leverantören kan erbjuda mer korrekta leveranser i form rätt material, på rätt plats, vid rätt tid (ibid.).

En anledning till den bristfälliga kommunikationen och informationen mellan entreprenör och leverantör idag är det faktum att byggprojekt, till skillnad från tillverkningsindustrin, är "temporära fabriker". På så vis erhålls inte den relation och kommunikation mellan leverantör och entreprenör vilken kan vara fördelaktig för ett optimalt informationsflöde (Larsson et al. 2008). Vidare tas de strategiska besluten i form av exempelvis val av materialleverantör mm., ofta av platsledningen vilket, enligt Borgbrant (2003), "motverkar en effektiv leverantörsstrategi".

En lösning vilken Sjöholt (1999) presenterar, i syfte att optimera logistiken, är att materialleverantörer och entreprenörer i ett tidigt skede bör komma överens om en potentiell logistikprocess och strategi. På så vis kan parterna tillsammans komma överens om transportlösningar, lagerhållning av material samt materialhanteringen. Holgersson och Wootz (1991) menar att ytterligare logistikfrågor vilka kan vara värda att beakta i ett sådant samarbete, i syfte att uppnå besparing, skulle kunna vara leveranstid, förpackningssätt och emballage.

3.4.7 Internt informationsflöde

Det interna informationsflödet i byggproduktionen innefattar den information vilken sker mellan aktörer inom byggarbetsplatsen med syftet att möjliggöra och optimera det interna materialflödet.

3.4.8 Penningflöde

Penningflödet i dagens byggindustri avser det flödet av ekonomiska medel som strömmar mellan aktörer i försörjningskedjan. Med hänsyn till studiens syfte kommer inte penningflödet att studeras närmare i denna rapport.

3.4.9 Arbetskraftsflöde

Enligt Xue et al. (2005) finns det, förutom flödet av material och information, i byggproduktionens försörjningskedja även ett arbetskraftsflöde (*Human Resource Supply Chain*) vilket innefattar försörjningen av arbetskraft till produktionen.

3.5 Gipsväggar och dess försörjningskedja

3.5.1 Gipsväggar och gips som material

Det som vardagligt kallas för gipsvägg är en form av lättvägg som är vanligt förekommande i både bostäder och kommersiella fastigheter. En lättvägg är en icke bärande vägg som kan monteras efter att golvet är lagt för att ge efterfrågad rumsindelning samt uppfylla varierade funktionskrav. Väggen byggs vanligen upp av en regelstomme med stående reglar som sedan täcks med skivmaterial. Vilka material som används kan anpassas beroende på ställda funktionskrav som bland annat brand- och ljudisolerande förmåga, men det vanligaste skivmaterialet i dagens lättväggar är gipsskivor (Träguiden 2019).

Gipsväggar förekommer i ett stort antal olika utföranden och genom att modifiera och utveckla tekniken har gipsskivetillverkare tagit fram lösningar för att uppfylla en mängd olika funktionskrav. Gipsskivor kan exempelvis monteras i två eller tre lager för att möta både högre akustiska och brandisolerande krav (Tomlan 2014).

Gipsskivan har en kärna av gips vilken kläs med ett tunt kartonglager på varje sida. Gipsskivans popularitet har sitt ursprung i dess goda ljud- och brandisolerade egenskaper samt den smidiga bearbetningen vid installationen (Gyproc 2019). Gipsskivor tillhandahålls i en mängd olika utföranden och dimensioner. Ett mått som länge varit standard är 12.5x1200x2400 mm men på senare år har man mer och mer övergått till 12.5x900x2400, detta för att minska belastningen på yrkesarbetare. Den traditionella gipsskivan lämpar sig inte för tyngre infästningar. För att möjliggöra infästning i väggen kan en kortling monteras mellan de stående reglarna, alternativt kan en OSB- eller plywoodskiva monteras bakom gipsskivan. Ytterligare en möjlighet är att använda sig av specialanpassade gipsskivor med möjlighet för direkt infästning (ibid).

Utöver funktionen som rumsindelar används gipsväggen för att inrymma en mängd typer av installationer. Tomrummet mellan gipsskivorna används för att dra bland annat el, VVS, ventilation, styr- och reglerteknik (ByggAi 2019). I kommersiella fastigheter dras installationer ofta vertikalt uppåt i väggen för att sedan anslutas till matarledningar i ett installationstak.

Gips levereras normalt i buntar om ca 40 skivor. Om gipsskivorna måste lagras i väntan på montering rekommenderas att detta sker i ett varmt väderskyddat utrymme då gipsskivor kan mögla i fuktiga miljöer. Om gipsbuntarna måste lagras utomhus bör de beställas emballerade med plast och förvaras

under presenning. Det är viktigt att gipsbuntarna förvaras på en torr hårdgjord yta för att markfukt inte kapillärt ska kunna sugas upp och skada skivorna (ByggAi 2019).

3.5.2 Allmänt om gipsinstallation i dagens byggproduktion

Sörensen och Higson (2015) beskriver att den generella planeringen och strategin för installationen av gipsväggar främst är upp till det aktuella byggprojektets platschef. Arbetsledaren med ansvar för stomkompletteringar kommer också oftast in processen precis när jobbet ska utföras, något som medför att arbetsledaren inte har någon möjlighet att planera arbetet. Ett sätt för platsledningen att planera och samordna arbetet kring gipsinstallationen är med hjälp av arbetsberedningar, vilka består av både dokumentation av arbetet och möten med inblandade aktörer. Inställningen till arbetsberedningar är dock blandad hos yrkesarbetarna där vissa anser att mötena bara hålls för att de måste hållas medan andra är positiva och vill se fler möten (ibid.)

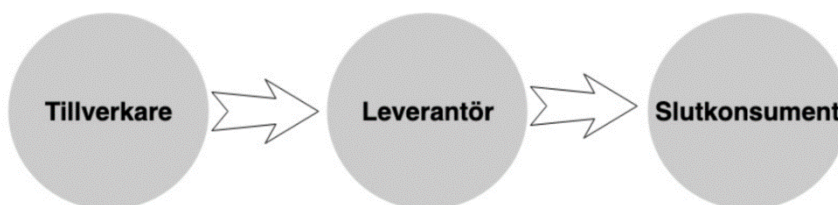
En del i planeringsarbetet är det som med facktermer kallas "mängdning", vilket innebär att antalet gipsskivor som ska monteras beräknas. Mängdningen kan utföras med hjälp av datorprogram eller genom att mäta på pappersritningar. Sörensen och Higson (2015) menar att denna process ofta sker i fler omgångar under byggprocessen på grund av att mängdningar gjorda i tidigt skede inte ses som tillförlitliga. Exempelvis sker alltid en mängdning av gipsväggarna i anbudsskedet men som arbetsledaren måste göra om i produktionsskedet. Sörensen och Higson (2015) menar även att sättet mängdningen går till på skiljer sig mellan olika arbetsledare, där vissa arbetsledare anger mängden gips i kvadratmeter och andra i antal skivor. Ytterligare en aspekt som lyfts fram i rapporten är det stora antalet väggtypen som används idag. Höga krav på ljud och brand leder ofta till att en specifik väggtyp används för varje enskild kravspecifikation, vilket i förlängningen leder en mer komplicerad produktion med större risk för fel. Genom att höja kravnivån för vissa väggar och på så vis använda endast ett par väggtypen kan både montering och logistik av material förenklas (ibid.)

3.5.3 Gipsskivans försörjningskedja

Externt materialflöde

I tidigare avsnitt har den generella bygglogistiken berörts, då framgick vikten av att ta hänsyn till vilken typ av byggmaterial det rör sig om vid analysen av materialflödet. Standardprodukter, som exempelvis gipsskivor, kräver nödvändigtvis inte samma omfattande logistikprocess som exempelvis prefabricerade betongelement.

Gipsskivor, vilka ofta betraktas som en standardprodukt och bulkprodukt, följer ofta en värdekedja med tre aktörer.



Figur 17 Försörjningskedja för gipsskiva

Följande aktörer kan räknas till försörjningskedjan för den färdigmonterade gipsskivan:

- Tillverkare av gipsskivor och skruv
- Leverantör
- Byggproduktion

Leverantören utgörs i fallet för gipsskivan av en materialdistributör/brädgård och en speditör/transportör. Inom aktören byggproduktion ingår befattningar som platsledning, snickare, installatörer och målare.

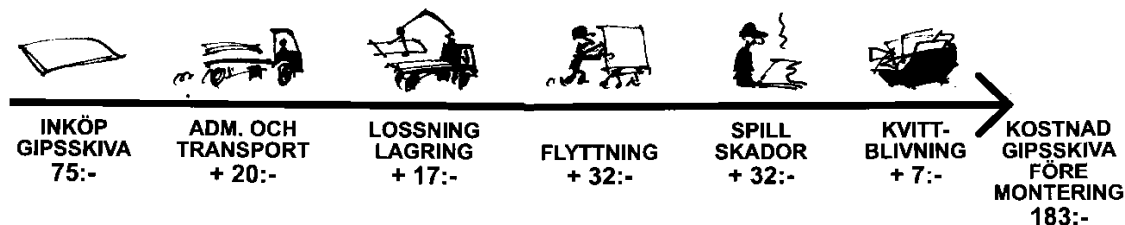
Internt materialflöde

Sörensen och Higson (2015) beskriver att logistiken av gips på byggarbetsplatsen varierar från projekt till projekt och utefter de förutsättningar som råder på just den arbetsplatsen. Principiellt varierar strategin från att lagerhålla gips på arbetsplatsen till att tillämpa JIT-leveranser eller något däremellan. Vad som framstår som bästa strategi skiljer sig åt, där vissa anser att all lagerhållning är onödigt eftersom material måste flyttas runt och riskerar att ta skada medan andra prioriterar att arbetet aldrig står stilla och därmed rättfärdigar viss lagerhållning. Trots denna ovisshet bland de tillfrågade platscheferna konstaterar Sörensen och Higson (2015) att omkostnaderna för hantering av gips på byggarbetsplatsen är omfattande och att en god logistik därför är av stor vikt. Anledningen till att hanteringen av gips är så pass tidskrävande beror enligt de tillfrågade i Sörensen och Higsons rapport (2015) på att gipsskivorna är skrymmande och väger mycket. Ifall logistiken av gipsbuntar är dålig eller obefintlig kan så mycket som en timma per dag och arbetare läggas på att flytta runt gipsbuntar (ibid.)

Interna materialhanteringskostnader för gipsskivor

Vilket tidigare nämnts, i avsnittet "Bygglogistik", kan de kostnader som tillkommer för materialhanteringen uppgå till stora belopp. Vilket presenterade av Sörensen och Higson (2015) gäller detta inte minst för gipsskivor, där ett flertal studier har undersökt gipsskivans materialhanteringskostnader. Resultatet av studierna, vilket presenteras nedan, visar varierade resultat. Detta beror främst på den variation av byggprojekt som undersökts, där varje byggprojekt är unikt - och därmed har olika förutsättningar.

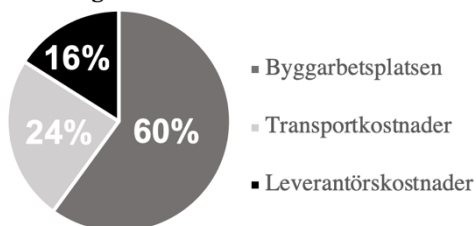
Svensk Byggtjänst (2018) har i Byggarbetsplatsens Teknikhandbok genom en studie, där personer på 20 byggprojekt kontaktats, kartlagt kostnaderna för diverse logistikaktiviteter gällande gipsskivor. Resultatet framgår av figur 18 nedan, där diverse logistikaktiviteter medför en total kostnad om 183 kr/gipsskiva, vilket motsvarar ett pålägg om 144 % av gipsskivans inköpspris.



Figur 18 Logistikkostnader gipsskivor (Svensk Byggtjänst, 2018)

I studien *Performance measurement in construction logistics* har författaren, Tutu Wegelius-Lehtonen (2000), genom fallstudier identifierat de kostnadsbärande momenten vid hantering av gipsskivor. Resultatet var att de totala logistikkostnaderna för gipsskivor uppgår till 27% av inköpspriset. Kostnadernas fördelning illustreras i figur 19 (ibid).

Totala Logistikkostnader



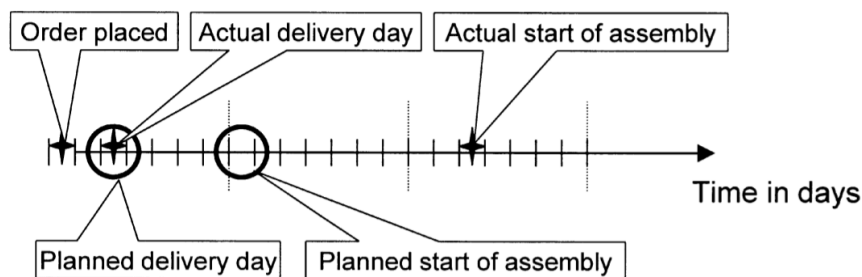
Figur 19 Totala logistikkostnader (Wegelius-Lehtonen, 2000)

Det framgår tydligt av figur 19 ovan att de interna logistikkostnaderna utgör en stor andel (60%) av de totala logistikkostnaderna för projektet. Värt att notera är att endast 16% av de totala logistikkostnaderna kan hänföras till leverantören och att transportkostnaderna står för 24% av de totala logistikkostnaderna för gipsskivorna (Wegelius-Lehtonen 2000). Ursprunget till de interna logistikkostnaderna har kartlagts i samma studie vars resultat redovisas nedan (Wegelius-Lehtonen 2000).

- 21% Avlastning med kran
- 10% Lagring av gips
- 21% Transporter med kran
- 43% Handburna transporter
- 5% Transporter med gipsvagn eller liknande.

Data ovan visar att diverse transporter utgör en stor andel av de interna logistikkostnaderna. Rudberg (2019) menar att ett skäl till detta kan vara det faktum att arbetsplatsens disposition försvårar en optimal materialhantering. Tidigare nämnd studie visar att det som tidigare refererats till som bulkprodukter, exempelvis gipsskivor, generellt sett har högre procentuellt tillägg för logistikkostnader i förhållande till inköpspris. Detta tycks delvis bero på att bulkprodukter ofta medför fler förflyttningar och magasineringsar (Wegelius-Lehtonen 2000).

Figur 20 nedan illustrerar ett delresultat av Wegelius-Lehtonens studie. Genom en fallstudie kunde Wegelius-Lehtonen visa den verkliga tidsåtgången för gipsskivans materialflöde i ett byggprojekt. Figuren visar att leveransen av gipsskivor till byggarbetsplatsen sker två dagar efter beställning. Gipsskivemontaget var tänkt att påbörjas tre arbetsdagar efter leverans, men monterades först tio arbetsdagar efter leverans. Med stor sannolikhet har gipsskivorna under dessa tio arbetsdagar förflyttats åtskilliga gånger, vilket bland annat genererat höga logistikkostnader (Wegelius-Lehtonen 2000).



Figur 20 Gipsskivans verkliga tidsåtgång (Wegelius-Lehtonen, 2000)

3.6 Frågeställningar detaljerade och uttryckta i det teoretiska ramverkets terminologi

Nedan rekapituleras och detaljeras de frågeställningar vilka studien har till syfte att besvara och uttrycks i den terminologi som det teoretiska ramverket tillhandahåller.

- *Vilka är skillnaderna mellan dagens manuella installation och en automatiserad gipsinstallation?*

Vilka är de mest relevanta interna aspekterna av dagens manuella gipsinstallationsprocess? Vilka är de mest relevanta externa aspekterna av denna process i meningen gipsinstallationen betraktad i kontext av byggprocessen som helhet? Vilka interna som externa aspekter förändras i ett automatiserat gipsinstallationsscenario. Vilken roll spelar digitalisering i transitionen mellan manuell och automatiserad installation?

- *Hur ser dagens försörjningskedja för en manuell gipsinstallation ut, och hur kan motsvarande försörjningskedja för en automatiserad gipsinstallation utformas?*

Hur ser försörjningskedjan ut för dagens manuella gipsinstallation i termer av materialflödet, informationsflödet samt arbetsflödet i ett såväl internt (inom byggarbetsplatsen) som externt (utanför byggarbetsplatsen) perspektiv? Hur förändras dessa delflöden för en automatiserad gipsinstallation? Hur bör informationsflödet mellan aktörerna i den i den automatiserade gipsinstallationens försörjningskedja utformas så att den på ett adekvat sätt möter kraven från de förändrade förutsättningar som automatiseringen medför? Hur kan digitalisering påverka flödena i de bägge scenarierna? Fokus för arbetet ligger på materialflödet och informationsflödet och endast delvis på arbetsflödet.

4 Empiri

I detta kapitel presenteras den insamlade empiri som ligger till grund för bevarandet av studiens frågeställningar. Den insamlade empirin har delats upp i två fallstudier varav den en består i en kartläggning av dagens manuella gipsmontage och dess försörjningskedja. Den andra fallstudien undersöker de förändrade förutsättningarna som en automatiserad installation medför för dess försörjningskedja.

4.1 Bakgrund till fallstudie

Dagens gipsinstallationer

Denna fallstudie ämnar ge en heltäckande bild av dagens gipsmontage och dess försörjningskedja hos byggföretaget NCC och gipstillverkaren Gyproc. Denna kartläggning inleds med en mer praktisk beskrivning av själva monteringen av gipsskivor och behandlar därefter försörjningskedjan för dagens gipsinstallation.

Genom observationer och intervjuer har det studerade fallföretagets monteringsprocess kunnat kartläggas. Beskrivningen av dagens manuella montering av gipsskivor har till syfte att ge bättre förståelse för hur arbetet på en gipsvägg går till för att förstå senare resonemang och slutsatser i rapporten. Med bakgrund av att gipsinstallationernas försörjningskedja varierar mycket beroende på typ av projekt diskuteras gipsinstallationer i olika typer av fastigheter mer ingående i empirin.

Dagens försörjningskedja för gipsinstallationer är den mer centrala delen av fallstudien där alla de aktiviteter som omgärdar montaget inkluderas. Detta handlar om både materialflöde, informationsflöde och flödet av arbetskraft. I studien har dessa flöden och aspekter kopplade till dem sorterats med avseende på externt respektive internt flöde, i vilka såväl fysiskt materialflöde, projektering, arbetsplanering, samordning, material- och informationsflöden är aspekter som studeras.

Projekt Oxelvägen är ett byggprojekt i Älta, Stockholm, där NCC bygger en förskola på uppdrag av Nacka kommun. I projektet har entreprenören, NCC, och materialtillverkaren, Gyproc, ingått i ett nära samarbete. Projektet ses därför som ett pilotprojekt för nära samarbete mellan materialtillverkare och entreprenör. Genom tidig kontakt kunde materialleverantör och entreprenör gemensamt komma fram till lämpliga strategier gällande logistik och materialval. Projektet har varit mycket framgångsrikt och även om projektet är ett pilotprojekt ger det värdefulla insikter om vilken riktning branschen rör sig.

Automatiserat gipsskivemontage

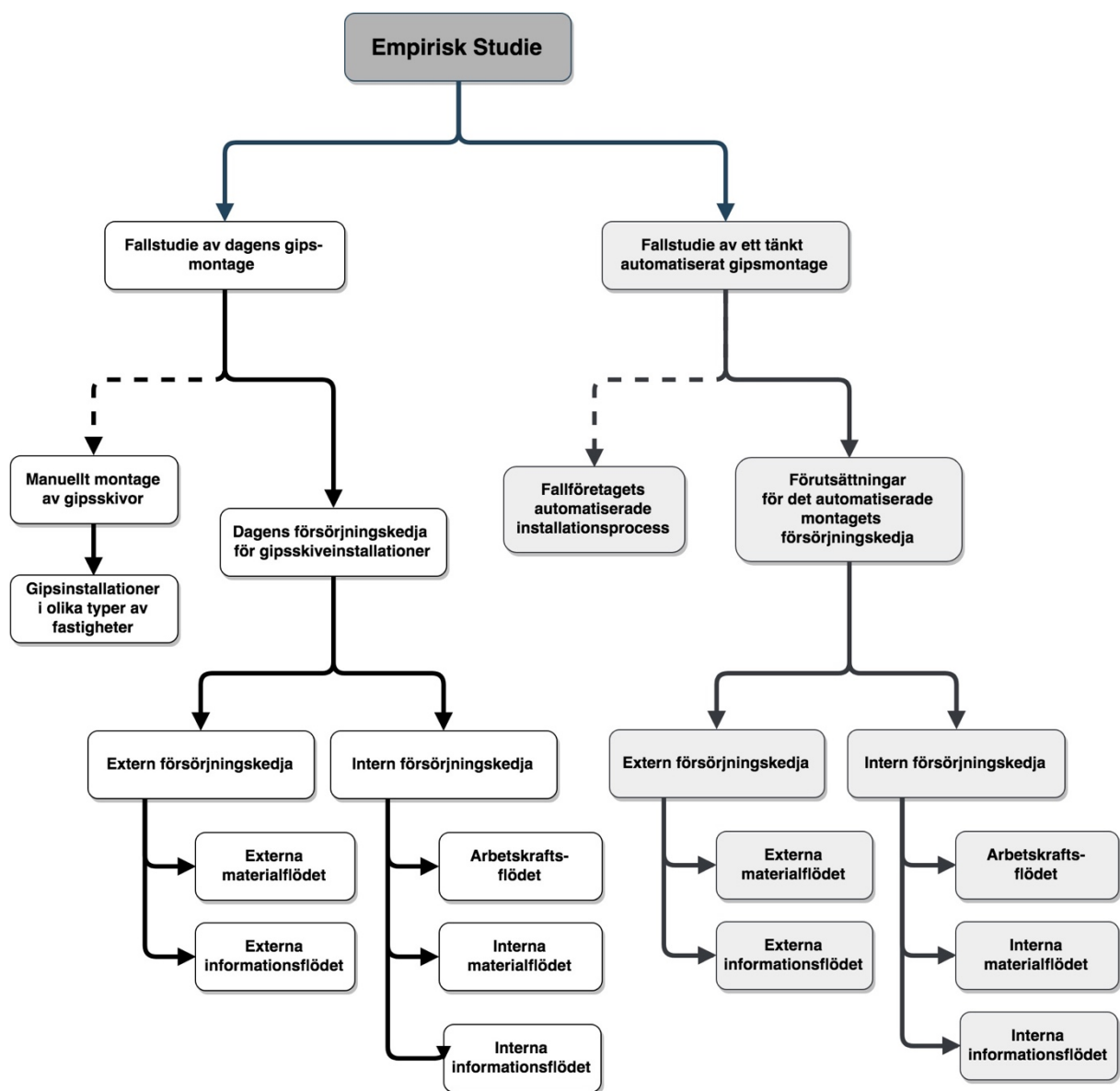
Den andra fallstudien är av en automatiserad installationsprocess för gipsskivor där arbetet utförs av en robot istället för en yrkesarbetare. En automatiserad process ställer nya krav på försörjningskedjan av material och arbetskraft samtidigt som den skapar nya möjligheter då produktionen digitaliseras fullt ut. Syftet med fallstudien är att ge förståelse för en automatiserade installationens speciella krav och förutsättningar, för att i senare skede kunna dra slutsatser kring hur dess försörjningskedja med avseende på material, information och arbetskraft bör utformas.

Den automatiserade processen är fortfarande under utveckling och studien har därför bestått i intervjuer med robotutvecklare och aktörer i byggbranschen har förutsättningar, krav och utmaningar gällande försörjningskedja för ett automatiserat gipsmontage undersökts.

Fallstudien inleds med en beskrivning av den automatiserade installationsprocessen och behandlar sedan ett flertal aspekter kopplade till en automatiserad process försörjningskedja. Analogt med strukturen i fallstudien av dagens gipsinstallationer har material-, information- och arbetskraftsflöden sorterats med avseende på externt respektive internt flöde.

Implementeringen av den automatiserade monteringsprocessen i byggproduktionen kan förväntas ske stegvis, det är därför intressant att undersöka hur processens förutsättningar ser ut både i ett kortsiktigt och långsiktigt perspektiv.

Hierarkisk figur över den empiriska studiens upplägg



Figur 21 Hierarkisk figur över den empiriska studiens upplägg

4.1.1 Genomförda intervjuer

Nedan redovisas de genomförda intervjuerna. I empiridelen har de i fetstil presenterade förkortningarna av personens arbetstitel använts:

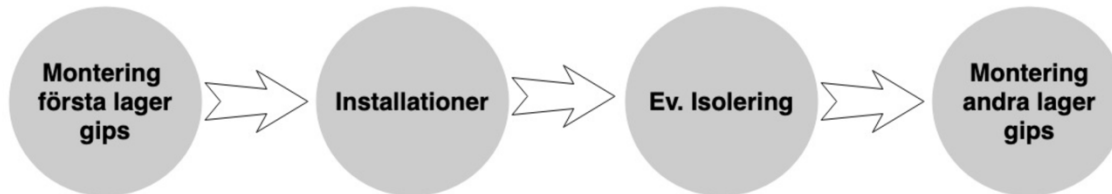
Tabell 1 Respondenter

| Respondent | Förkortning | Företag | Datum | Ort |
|-----------------------|-------------|---------|---------------------|-----------------------|
| Logistikchef 1 | LC1 | NCC | 10.00-12.00 12/3-19 | Hyllie, Malmö |
| Materialtillverkare 1 | MT1 | Gyproc | 10.00-12.00 1/4-19 | Häggvik, Stockholm |
| Materialtillverkare 2 | MT2 | Gyproc | 10.00-12.00 1/4-19 | Häggvik, Stockholm |
| Platschef 1 | PC1 | NCC | 10.00-11.00 5/4-19 | Lund |
| Projektchef 2 | PC2 | NCC | 08.00-10.15 12/4-19 | Limhamn, Malmö |
| Platschef 3 | PC3 | NCC | 10.00-11.30 2/4-19 | Saltsjöboo, Stockholm |
| Platschef 4 | PC4 | NCC | 15.30-16.30 1/4-19 | Älta, Stockholm |
| Arbetsledare 1 | AL1 | NCC | 10.00-11.30 2/4-19 | Saltsjöboo, Stockholm |
| Arbetsledare 2 | AL2 | NCC | 10.00-11.30 2/4-19 | Saltsjöboo, Stockholm |
| Snickare 1 | S1 | NCC | 10.00-11.30 2/4-19 | Saltsjöboo, Stockholm |
| RU1 | RU1 | Build-r | 15.00-17.00 2/5-19 | Telefon |
| RU2 | RU2 | Build-r | 15.00-17.00 2/5-19 | Telefon |

4.2 Dagens gipsinstallationer

4.2.1 Manuellt Montage Gipsskivor

Det manuella montaget av gipsskivor varierar något mellan olika byggarbetsplatser men generellt kan följande arbetsföljd observeras:



Figur 22 Manuellt montage av gipsskivor

Montering av första lagret gips.

Detta steg kallas med facktermer för “enkling” av väggen. Enkling innebär att det första lagret gips monteras på en sida av väggen. Montaget av den första skivan beskrivs nedan:

- A. Gipsskivan trycks mot regelstommen.
- B. Gipsskivan fästs med skruvar i reglarna. Fästning av skivan sker fördelaktigast med en skruvautomat, vissa skruvar kan behöva efterdrags med skruvdragaren. Antalet skruvar som skivan fäst med varierar beroende på lager samt skivans typ och dimension.
- C. Om väggen ska förses med flera lager gips återupprepas stegen a-c. Vid flera lager gips ska skarvarna om möjligt hamna omlott.

Installationer

Efter att det första lagret gips monterats på ena sidan av väggen överlämnas arbetet generellt till installatörerna av el och VVS.

För installationer som ansluter till rummet på sidan av väggen som redan är täckt med gips tar installatören hål i den monterade skivan och fäster sedan installationen enligt gällande normer.

Om installationen ska ansluta till rummet på den öppna sidan av väggen läggs denna lös i väggen eller fästs med hjälp av speciella beslag innan nästa sida gipsas. Eldosor fästs med så kallade dubbeldosor. Beroende på vilka installationer det handlar om kan hål behöva sågas ut i skivan innan den kan sättas på plats. Eldosor kan monteras platt bakom gipsskivan. Innan monteringen av den täckande gipsskivan fästs en stark magnet i dosan som gör att dosan senare kan hittas och borrar upp efter att gipsskivorna monteras. Även tomrör kan läggas löst i väggen och senare dras ut av elektrikern.

Eventuell isolering av väggen

Om väggen ska isoleras görs detta efter installatörerna är klara.

Montering av andra lagret gips.

Detta steg kallas med facktermer för “dubbling” av väggen. Dubbling innebär att gipsskivorna på andra sidan väggen monteras och väggen är därmed försluten. Dubblingen sker analogt med det första lagret bortsett från håltagning för installationer, vilket diskuterats tidigare.

4.2.2 Gipsinstallation i olika typer av fastigheter

Användningen och montaget av gipsväggar varierar mellan olika typer av fastigheter. Generellt skiljer man på bostäder och kommersiella fastigheter, men även inom dessa två kategorier skiljer det sig från projekt till projekt. I kommersiella fastigheter används gipsväggar frekvent då fastighetens stomme oftast inte utgör någon naturlig avdelare som i bostadshus, där lägenhetsskiljande väggar av betong är vanligt förekommande och antalet gipsväggar endast är ett fåtal. Vilken typ av fastighet som byggs får således stor påverkan på både montaget och logistiken kring det.

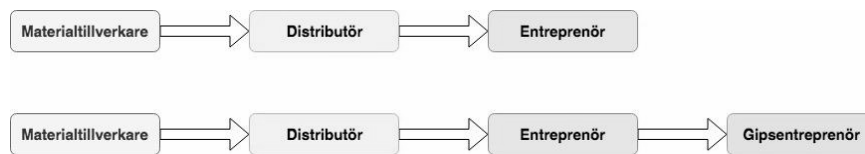
Vid byggnation av moderna flerbostadshus förekommer ett flertal olika byggsystem där bärande stomme av betong är dominerande. Både prefabricerade och platsgjutna system förekommer, en vanlig strategi är att använda prefabricerade väggelement och platsgjutna bjälklag. En fördel med detta system är att rör för el, VVS och ventilation kan gjutas in i bjälklaget. Detta stommsystem medför att den slutliga planlösningen i stora drag finns med redan vid stomresningen.

Vilken stomme som används i kommersiella fastigheter varierar men en vanlig variant är användandet av en stålstomme kombinerat med förspända HDF bjälklag. Efter stomresning är dessa byggnader ett tomt skal och gipsväggar används i dessa fall för att bygga upp de rumsindelade väggarna. Gipsskivor används även i utfackningsväggar i fasaden. Eftersom installationer inte kan inrymmas i HDF-bjälklag dras dessa oftast i ett installationstak. Beroende på vilka akustisk- och brandkrav som ställs på väggen monteras gips upp till nivån för undertaket eller hela vägen upp till nästa bjälklag. För det senare fallet är det inte ovanligt att ytan som ska gipsas är 3-4 meter hög och att gipsskivorna då måste skarvas. Denna skarv utförs i största möjliga mån ovanför undertaket.

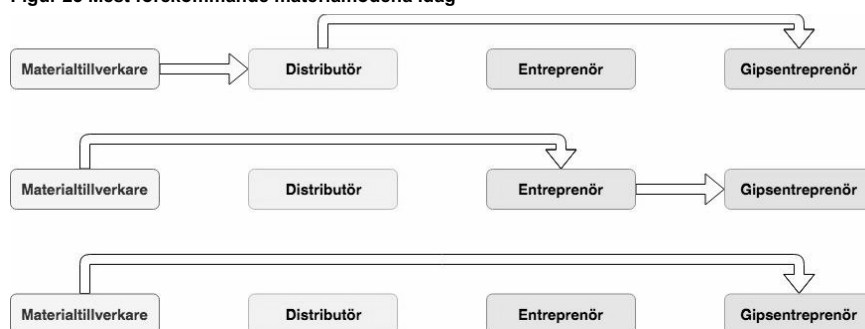
Kabelstegar och matarledningar för installationerna passerar innerväggarna ovanför installationstaket och medför att hål måste tas i väggarna. Detta sker lämpligen efter att väggen är dubblad då gipsskivan annars måste passas in runt ledningarna. Samtliga genomföringar måste akustik- och brandtätas vilket ställer krav på hur stora glipor som kan tillåtas mellan gipsskivor, tak och ledningar.

4.2.3 Externt materialflöde

Vilket presenterats i teorikapitlet finns det i dagens byggproduktion ett antal olika försörjningskedjor för gipsskivor där de vanligaste kan illustreras enligt figur 23. Det förekommer emellertid ett antal andra försörjningskedjor, vilket illustreras i figur 24. Vilken kedja som är mest förekommande och vilken roll respektive aktörer fyller i de olika kedjorna har undersökts närmare i de genomförda intervjuerna.



Figur 23 Mest förekommande materialflödena idag



Figur 24 Potentiella materialflöden

Bland respondenterna finns det idag en delad mening om det externa materialflödets utformning. **MT1** och **MT2** menar att materialflödeskedjan i 80% av fallen sker till entreprenör och underentreprenör, via distributör. **PC1**, **PC3** och **AL1** bekräftar materialtillverkarens resonemang - att det externa materialflödet huvudsakligen sker via materialdistributör. **PC2** följer en annan strategi vid materialbeställningar och poängterar att volymköp, likt beställningar av gipsskivor, i hans fall görs direkt från materialtillverkaren. **MT** menar att gipsunderentreprenörer generellt är för små för att köpa direkt från tillverkare. Underentreprenören kommer in på arbetsplatsen när jobbet ska utföras och har ingen möjlighet köpa in stora mängder gips eller planera materiallogistiken på arbetsplatsen.

PC1 poängterar att flödet *kan* ske direkt från materialtillverkare till entreprenör - vilket vid beställning hos materialleverantören benämns fabriksleverans. **PC3** menar att då det rör sig om stora volymer eftersträvas fabriksleveranser - då detta är mer kostnadseffektivt. Att volymen är en parameter vilket beaktas vid beställning bekräftar **MT**, som även poängterar att geografisk placering är viktigt att beakta. Runt storstadsregioner är fabriksleveranser möjligt, vid mindre orter går i stort sett alltid flödet via materialdistributören.

PC2 menar att de genomför materialbeställningar direkt från materialtillverkare i syfte att minimera antalet led i värdekedjan. Det finns projekt som omfattar 40,000 kvm gips och i dessa projekt medför beställningar från tillverkare 10% lägre inköpspris vilket är en stor skillnad i totalkostnad för gips.

En av anledningarna till varför entreprenören väljer att, i merparten av fallen, få levererat via materialdistributören är eftersom de stora entreprenörerna har ramavtal med materialdistributörerna. **PC3** förklarar att de tidigare handlat via NCC - Supply, men att de idag har "kategori 1" avtal med en av de större materialdistributörerna. **PC1** menar att handla via distributör är en säkerhet, samtidigt som distributörerna erbjuder en service vilka entreprenörerna kan ha nytta av. Distributörerna kan, enligt **PC1**, förhandla till sig andra priser från materialtillverkaren - med tanke på de stora volymer det rör sig om. Ju mer du köper, desto billigare blir priset.

MT menar att förutsättningarna för att köpa gips direkt från materialtillverkare skiljer sig genom att de säljer gips på pall och inte enskilda gipsskivor - som distributören kan göra. Detta medför att det krävs stora volymer för att kunna handla direkt från materialtillverkaren. Historiskt har man varit tvungen att köpa en hel lastbil gips, detta är dock något som håller på att luckras upp. En klar fördel med direktleverans är att materialflödet in på byggarbetsplatsen blir enklare. När man använder sig av distributör går leveransen via en distributör som ska hantera gipset på sin anläggning, detta ökar givetvis både kostnaden, eventuella missförstånd och risken för skador på skivorna.

MT menar vidare att de själva har en helt annan kunnighet kring gipsinstallationer än den genomsnittlige distributören. Kunden kan därigenom få hjälp med system och materialfrågor, planering, miljö mm, vilket öppnar för en mycket bättre dialog. Ju längre värdekedja desto svårare är det att få ett fungerande informationsflöde uppåt i kedjan, en kortare värdekedja leder således till bättre dialog. De menar att man inte ska ha aktörer som inte bidrar med något värde till produkten. I vissa fall bidrar distributören med värde och i dessa fall ska denna självklart vara med. Distributören kan exempelvis tillhandahålla mer avancerade logistik tjänster och i vissa fall även besitta stor kunskap om gips och väggtyper, men i många fall bidrar inte distributören med något större värde.

MT's mål är att ha direktavtal med de större entreprenörerna. Tanken är inte att eliminera distributören utan att skapa en mer flexibel materialflödeskedja vilken kan varieras beroende på det aktuella projektets förutsättningar. "Om kunden vill använda sig av distributör eller om projektets förutsättningar gör detta fördelaktigt ska den givetvis göra det".

Vem utför generellt monteringen av gipsskivor idag och hur påverkas försörjningskedjan vid anlitan av underentreprenör för gipsmonteringen?

Samtliga entreprenörens respondenter är överens om att ett storföretag som NCC sällan använder sig av gipsunderentreprenörer. Vid användandet av underentreprenörer finns det två tillämpbara strategier, enligt respondent **PC1** och **PC2**. Vanligast är att arbetskraften köps in, varvid entreprenören ansvarar för tillhandahållandet av material fram till lossning. En annan strategi är att sälja ut hela arbetet, vilket enligt de två respondenterna förekommer ytterst sällan på det studerade fallföretaget.

I de fall då hela arbetet säljs ut ansvarar underentreprenören för hela momentet, inklusive material. Yrkesarbetarna använder sina egna maskiner, får en ritning och ansvarar för byggnationen. Detta innebär att underentreprenören då har helhetsansvar, ABT-ansvar, och ansvarar för brandtätningar, ljudtätningar, att väggen är rak mm.

I pilotprojekt Oxelvägen har man använt sig av en underentreprenör för montaget av gipsväggar samt den interna materialhanteringen, i och med samarbetet mellan NCC och Gyproc behöll dock NCC ansvaret och kontrollen för inköp av material.

Vad är leveranstiden för gips i dagens försörjningskedja?

MT lagerför alla deras standardvaror. Gipsskivor med längder om exempelvis 2400, 2500, 2700 och 3000 mm kan levereras till distributörer med avtal redan nästa dag. Vid specialbeställda gipsskivor, tex specialanpassade längder måste man komma in med orderna till Gyproc två till tre veckor innan beställning. Minsta beställning är i dessa fall 5000 kvadratmeter. Gyproc har en servicesharter som beskriver vilka tjänster de erbjuder. **AL** menar att i de fall då de beställer från materialdistributör kan få standardskivor levererade dagen efter beställning. Särskilt framtagna skivor tar längre tid.

4.2.4 Internt materialflöde

Under intervjuerna har primärt tre principiella sätt att hantera gips på en byggarbetsplats identifierats.

1. *Lyfta in och fördela gipsskivorna med kran i samband med stomresning innan ovanliggande bjälklag färdigställs.*
2. *Invänta stomresning för att därefter lyfta in gips med bygghiss eller hjul/teleskoplastare.*
3. *Användande av externt logistikföretag vilka i sin tur sköter inlastningen enligt princip ett eller två, alternativt med specialutvecklad lyftutrustning.*

LC menar att den första principen, leverans i samband med stomresning, innebär mer omfattande leveranser av gipsskivor. Materialet beställs i stora volymer, för att därefter placeras strategiskt och lagerhållas på respektive våningsplan. Fördelen med denna princip är att transporten blir väldigt rationell. En nackdel är att gipsskivorna, vilka kommer lagerhållas på respektive våningsplan, ofta står i vägen och därför ofta måste flyttas - ett arbete som är tidskrävande och ger skador på gipsskivorna. Gipsskivorna kan även utsättas för fuktskador under den tiden om huset inte är tätt.

Den andra principen innebär att gipsskivorna levereras och transporteras in i byggnaden vid behov efter att stomresningen är färdig. En fördel, enligt **LC**, är att materialet kan levereras då materialet ska användas och därför inte riskerar att behöva flyttas runt eller skadas. En nackdel, enligt **LC**, är att transporten är mindre rationell - detta då gipset behöver transporteras genom bygghissen och rullas in, något som i sin tur kan ge upphov till skador.

LC poängterar att det på senare år uppkommit företag vilka erbjuder logistikhanteringstjänster. Dessa tjänster innebär att materialet levereras då verksamheten avslutats för dagen, varvid materialet levereras kvällstid. På så vis underlättas transporten av material, samt att yrkesarbetarna kan ägna sig åt de arbetsmoment vilka de är avsedda för.

PC1 och **PC3** menar att då det rör sig om bostadsprojekt är det fördelaktigt om gipset tas in i samband med stomresning, för att därefter portioneras ut. Då det rör sig om kontor och andra kommersiella fastigheter menar **PC1** att avgörande för val av strategi är husets utformning. **PC1** och **PC3** är överens om att med flertalet våningar begränsas möjligheten till att transportera material genom bygghiss och/eller gatt i fasaden.

PC2 vidareutvecklar **PC1** och **PC3**:s resonemang, och menar att ta in gipset i samband med stomresning inte nödvändigtvis är aktuell vid byggnation av kommersiella fastigheter.

PC2 menar att val av strategi snarare beror på kund. När stomresningen pågår är det sällan som fastighetsägaren, vid kommersiella fastighetsprojekt, har skrivit avtal med en hyresgäst. Således vet inte entreprenören hur många innerväggar som ska byggas, varför de inte alltid kan ta in gips i samband med stomresning. Det är sällan hyresgäster vill skriva på kontrakt i byggnationens initiala skeden, innan de sett byggnaden i verkligheten. I **PC2**:s aktuella projekt, som är en kommersiell fastighet, tog de in materialet genom bygghiss och fasadöppning - detta då de under stomresningen inte visste vilken mängd gips som skulle användas i projektet.

PC2 har tidigare använt sig av ett externt logistikföretag, vilka då åtar sig uppdraget att ansvara för mottagningskontroll, distribution och att hålla ordning och reda på etableringen. Under projektet i fråga arbetade logistikföretaget med kvällslyft, där de under kvällar och nätter arbetade med att ta in materialet. Principen fungerade, enligt respondenten, stundtals bra. Generellt ställer sig respondenten positiv till inflytt av material kvällstid - där denne dock hellre ser en egen arbetsledare i positionen som ansvarig för uppdraget.

Hur sker planeringen av det interna materialflödet på byggarbetsplatsen? Med vilken detaljering utförs planeringen?

Samtliga respondenter inom entreprenadbolaget menar att planering är av hög prioritet i syfte att minimera materialförflyttningar.

Med hjälp av ritningar för diverse installationer, exempelvis ventilation, VVS och el, kan **PC3** planera var gipsmaterialet ska portioneras för att inte stå i vägen. **PC3** förklarar att de "strategiskt planerar ut pallar, så att inget står i vägen". **AL1** menar att gipsbuntarna ska ligga nära till hands. Istället för att flytta med bunt till nästa ställe så ska där redan finnas en bunt - anpassad till arbetsmomentet.

PC3 instämmer med **AL1**, och poängterar att det är viktigt att portionera ut materialet - så att det inte blir mycket gips över i ett rum. **S1** har en annan uppfattning, där denne menar att man idag oftast har mycket material på ett ställe - för att med vagn transportera till det utrymme där arbetet ska genomföras. **YA** beskriver detta tillvägagångssätt som smidigt, och menar att en fördelning i respektive rum medför att skivorna ligger i vägen för arbetet.

PC2 menar att tanken att i ett tidigt skede planera var leveranserna ska stå är god, men ställer sig frågande till med vilken noggrannhet detta ska göras. **PC2** menar att de delvis arbetar efter sektioner om ca 500 m² sjök. Respondenten menar vidare att en nackdel med att i ett tidigt skede planera var gipsbuntarna ska stå är det faktum att arbetsledarens ansvar minskar eftersom denne får en serverad lösning. Många arbetsledare är, enligt respondenten, i branschen för att de får tänka själv och hitta på egna lösningar. Respondenten menar att det inom byggproduktionen finns flertalet rätt sätt att bygga på, men att det optimala tillvägagångssättet är det som personen i fråga är bekväm med. Planeringsmomentet i processen hämmar medarbetarens utveckling, menar respondenten.

PC2 menar att de försöker placera material i de utrymmen där ytorna är stora, men att hänsyn måste tas till lasterna. En bunt gips väger nästan ett ton, därför krävs det en kontroll av bärigheten nedåt. Vid lägenhetsförpackat material, som lyfts in i samband med stomresningen, kommer entreprenören fram till en plan för placeringen av gipsbuntarna i samråd med stämpleverantören och stämpplanen. Gipsbuntarna får inte stå i vägen för stämpan som bär nästa bjälklag under gjutningen. Vid kommersiella fastigheter används ofta HDF-bjälklag - vilket inte stämpas på samma sätt som bostadshus.

PC3 menar att leverans och lagerhållning av material måste stämma väl överens med projektets personalprognos. **PC3** vill därför gärna ha materialet en vecka innan montering. I syfte att underlätta för yrkesarbetarna finns en arbetsberedning samt planer för vilket material som ska användas var. **AL** menar att yrkesarbetarna efterfrågar goda ytor att arbeta på, varför planering är av hög prioritet vid materialhantering.

PC4 på pilotprojektet Oxelvägen berättar att de i ett tidigt skede delade upp förskolan i zoner, varpå planeringen av arbete för respektive zon upprättades. Ordningen och bygghandlingar förmedlades därefter till materialtillverkaren, Gyproc, cirka fyra månader innan markarbete och grundläggning påbörjades - vilket gav cirka nio månader för justeringar.

PC4 berättar att platsledningen planerat exakt var i zonerna gipsbuntarna skulle placeras, i syfte att minimera antalet förflyttningar. Gipsbuntarna placerades med minst en meter till vägg, detta för att möjliggöra framkomlighet för alla hantverkare. Materialet skulle därefter användas till zonen och ingen annanstans.

I projekt Oxelvägen arbetade de med längdanpassade skivor. Undertakshöjden var 2,80 m och takhöjden 3.72 m. Materialtillverkaren levererade 3m- samt 0,72m-skivor, vilket i projektet medförde att den horisontella skarven hamnar ovanför undertaket. Målarna behövde därmed inte generalspackla, vilket var ekonomiskt försvarbart. **PC4** påpekar att i liknande projekt uppgår andelen spill till ca 28–35%. I projekt Oxelvägen ligger den verkliga spillåtgången på 9%, 1%-enhet lägre än den ursprungliga kalkylen.

Planering av leveranser – ”Lossningskalendern”

PC1 och **PC2** berättar att NCC på senare år använder sig av ett digitalt verktyg, lossningskalendern, i syfte av att samordna och optimera logistiken i samband med leverans till byggarbetsplatsen. I lossningskalendern anges typ av material, tid för leverans, samt vem materialet ska till och vart det ska. Vidare bokas även resurser i form av grind, lossningszon, manuell inbärning, teleskoplastare eller bygghiss in via lossningskalendern.

PC2 menar att en arbetsledare ansvarar för lossningen och därmed även lossningskalendern. I de fall då leveransen är omfattande krävs det en bokning i kalendern. Vid mindre omfattande leveranser krävs ingen bokning i lossningskalendern.

Vilka system används för märkning av gipsbuntar på byggarbetsplatsen? Använder ni er av standarden BEAst label?

Majoriteten av de tillfrågade respondenterna har inte använt sig av BEAst label, en branschstandard för märkning av kollin.

PC2 menar att de uppfinner hjulet på nytt vid varje projekt, dels för att de kan sina egna beteckningar bäst och dels för att varje projekt är unikt. Samma respondent ställer sig dock positiv till ett system med BEAst label märkning.

PC1 menar att hon, liksom många yrkesarbetare, särskilt i den yngre generationen, ställer sig positiv till alla digitala hjälpmedel vilka underlättar arbetet.

PC3 menar att de arbetar med zoner och att de vid beställningar till materialdistributören, i ordern, kan lägga in beteckningar i form av “Våtzon plan 0”. Detta är, enligt respondenten, ett sätt att förenkla utplaceringen. Samma respondent poängterar vikten av att ha ett startmöte med materialdistributören då ett sådant system används. **AL1** menar att det på väggtyperna framgår vilket gips som ska användas för respektive vägg - vilket de anpassar sig till vid leverans.

I pilotprojekt Oxelvägen använde man sig av BEAst label standarden för märkning av gipsbuntarna. **PC4** förklarar att yrkesarbetare, med hjälp av en mobilapplikation som utvecklats för projektet, enkelt kunde läsa av streckkoden på märkningen och få information om var buntarna skulle stå och vilken typ av skiva buntarna innehöll. **MT** menar att ett företag som Build-r bör satsa på användande av BEAst label, eftersom detta definieras som branschstandard. De poängterar att det i annat fall finns risk för att läsa in sig i ett visst system.

Är det vanligt med internförflyttningar av gipsbuntar på byggarbetsplatsen?

PC3, **AL1** och **S** betonar att de, i ett klassiskt projekt, ständigt måste genomföra förflyttningar av gipsbuntar. De, likt **PC2**, betonar vikten av planering i syfte att minimera förflyttningar och därmed icke värdeskapande aktiviteter. **PC2** menar att då det rör sig om bostadsprojekt beställs alltid materialet lägenhetsanpassat, detta då det är väldigt dyrt att flytta materialet - samtidigt som gipsskivorna lätt går sönder.

Samma respondent menar att förflyttning av pallar främst är ett problem om det saknas gips, eller om gipsen inte kommit in i vid stomresningen. Respondenten menar även att sena ändringar, vilket är förekommande i byggbranschen, kan resultera i många internförflyttningar. Detta då sena ändringar är svårt att ta i beaktning vid planering.

Arbetar ni med JIT-leveranser av gipsskivor eller lagerhåller ni gips på byggarbetsplatsen?

PC1 menar att JIT inte nödvändigtvis är det bästa förhållningssättet när det kommer till gipslogistik i flervåningshus. Vid byggnation av flervåningshus tas gipset in i samband med stomresning och vid bostadsbyggande levereras gips, regler och plywood lägenhetspaketat - vilka fördelas i lägenheterna. Samma princip gäller, enligt respondenten, vid kommersiella fastighetsprojekt.

PC1 poängterar dock att JIT är aktuellt då det rör sig om husprojekt med ett fåtal våningar. I de fall då det rör sig om exempelvis två våningar finns det goda möjligheter att ta in material genom fasaden. Fler än två våningar försvårar detta arbetssätt. I respondentens aktuella projekt ska de arbeta med JIT - detta med tanke på de stora och öppna ytorna på bottenplan - vilket ger goda förutsättningar för JIT.

PC2 menar att det för gips alltid krävs en buffert av material, detta då det är individuellt hur yrkesarbetarna arbetar med gipsmontage. Gipsåtgången vid montage kan skilja med 10% beroende på yrkesarbetare. Således är JIT, enligt respondenten, svårt att tillämpa med gipsskivor i dagsläget. Vidare menar respondenten att gipsskivor, med tanke på dess ömtålighet, inte är optimalt att leverera JIT. Transport i byggnaden resulterar i skadade hörn på skivorna, varpå skivorna får deponeras. Vidare bygger JIT på att det går att transportera materialet i en utvändig bygghiss eller genom fasaden. I annat fall hade det krävts att materialet lyfts in genom trapphus, skiva för skiva, alternativ lyftas in genom balkongdörr - vilket inte är optimalt. **AL1** menar att de i dagsläget sällan arbetar med JIT för gipsskivor, eller skivmaterial generellt.

I pilotprojektet Oxelvägen arbetade man inte med JIT-leveranser. Materialet togs in zon-vis genom en lastbrygga på övre plan och placerades därefter strategiskt ut i respektive zon. **PC4** medger att strategin hade brister i form av att stora mängder material stod kvar i zonerna i väntan på dubbling. Således ändrade de strategi på bottenvåning där de endast tog in material för enkling av väggen. Detta fungerade, enligt **PC4**, betydligt bättre.

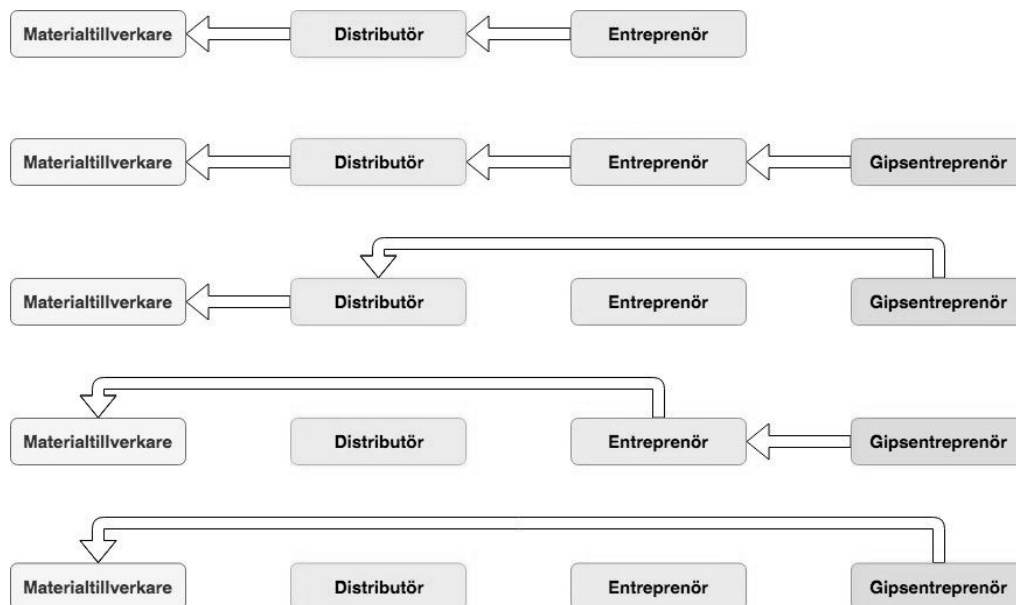
Hur påverkar inköspriset valet av materialleverantör?

PC2 menar att lägsta inköspris på gipsskivor inte nödvändigtvis är ekvivalent med lägsta totalkostnad. Vid val av leverantör görs, enligt respondenten, främst en jämförelse av kvadratmeterpriset hos de olika leverantörerna - för att därefter värdera detta. Respondenten menar att en materialleverantör vars leveranser fungerar klockrent kan vara värt några extra kronor. Fungerar det mindre bra finns det ingen anledning till att fortsätta med samma aktör i framtida projekt. Respondenten väljer således den leverantör som ger bäst förutsättningar.

PC3 menar att de även tar hänsyn till leverantörens geografiska placering, dvs. leverantörens närhet till projektet i fråga, vid beställning av material.

4.2.5 Externt informationsflöde

Analogt med det externa materialflödet introducerades det tillfrågade med ett antal olika möjliga informationsflöden för att undersöka vilket av dessa som var mest förekommande.



Figur 25, Tänkbara informationsflöden i försörjningskedjan för gipsinstallationer.

Samtliga respondenter från entreprenören vilka handlar av materialdistributören, inklusive **MT**, är överens om att det externa informationsflödet ofta, men inte alltid, sker strikt uppströms materialflödet. Då NCC har ramavtal med materialdistributörer sker informationsflödet i flertalet av fallen via dessa, även i de fall då fabriksleverans används. **MT** poängterar att informationsflödets väg delvis beror på informationens innehåll. Då entreprenören har tekniska frågor, dvs. frågor om produkten och dess system, kan flödet ske direkt från entreprenören till materialtillverkaren.

PC2, som ofta köper in gipsmaterial direkt från materialtillverkare, menar att informationsflödet i de fallen går direkt från entreprenör till materialtillverkare. **PC4** berättar att de traditionellt genomför beställningar via materialdistributörer men att såväl materialflödet som informationsflödet i Oxelvägenprojektet skett mellan entreprenör och materialtillverkare. **PC4** menar att direktbeställning till tillverkare är ekonomiskt försvarbart, detta med tanke på att det är en aktör mindre och därmed ett procentpåslag mindre i försörjningskedjan.

Hur fungerar arbetet med "mängdning" av gips idag? Vilken aktör utför mängdningen?

PC2 menar att det ofta genomförs flertalet mängdningar, i olika faser, under ett husprojekt. Detta menar respondenten är på grund av att de i de olika faserna är intresserad av olika saker. I anbudsskedet är anbudsingenjörer främst intresserad av totalkostnaden, varpå mängdningen sker på plan-nivå. Därefter mängdar platsledningen i syfte att upprätta en egen kalkyl, för att slutligen utföra en slutmängdning - i syfte av att veta exakt hur många skivor som behövs.

PC1 och **PC2** menar att såväl de själva som materialdistributören kan genomföra mängdningen. Detta är en tjänst som materialdistributören erbjuder. **PC1** menar att hon kan förmedla bygghandlingar i form av exempelvis ritningar till distributören, för att därefter be om lägenhetspaketerade leveranser. Detta är en tjänst som även materialtillverkaren erbjuder. Dock vill **PC1** ha gips, regler och plywood levererat tillsammans - där Gyproc inte erbjuder plywoodprodukter - varför hon använder materialdistributören som leverantör.

PC2 menar att även om distributören och tillverkaren erbjuder mängdningstjänster så är mängdningsarbete något de föredrar att göra själva. En programvara, bluebeam, används för att erhålla antalet löpmeter vägg och väggtyp. Den primära anledningen till att respondenten föredrar att göra detta själv eftersom det är dem som ska bygga det - och därmed vill behålla kontrollen och ha en hög noggrannhet på arbetet.

Hur sker beställningen av gipsskivor och med vilken framförhållning?

PC1 poängterar vikten av att, så tidigt som möjligt, lägga materialbeställningar. Detta i planeringssyfte. Detta resonemang bekräftas av **PC2**, som menar att beställning måste göras med ett antal månaders framförhållning. Leveransen måste därefter komma några dagar innan stomresning om gipsens ska kunna lyftas in innan nästa bjälklag läggs på. **PC2** menar att det är projektinköparen som ansvarar för inköp av material, vilka i regel ansvarar för inköp för ungefär tre till fyra projekt samtidigt.

AL1 menar att de köper sitt material från NCC:s integrerade affärssystem, inköpsportalen. **PC2** menar att de inte använder inköpsportalen för att skicka upp deras leveransplaner, snarare för att se deras avtal med materialtillverkare och materialdistributörer. I de fall då NCC har ramavtal med materialdistributörer går det, enligt **PC2**, att göra avrop i inköpsportalen. Detta är inte möjligt mot materialtillverkare, som de i regel inte har ramavtal med. **PC2**, som gärna handlar direkt mot materialtillverkaren, menar att de därför oftast skickar beställningar i excel-format direkt till materialtillverkaren. **MT** menar att de tar emot beställningar via telefon eller mail. För distributörer tillhandahåller de även EDI, Electronic Data interchange.

I Pilotprojekt Oxelvägen tog materialtillverkaren i samarbete med entreprenören fram en mobilapplikation vilket fungerade som portal för beställningar. I denna applikation kunde entreprenören justera och flytta i förväg planerade leveranser. **PC4** menar att de i projektet kunde avropa materialet från tillverkaren en (1) dag innan leverans. I vanliga fall genomförs beställningar till distributörer med tre till fyra dagars framförhållning.

Hur ser relationen mellan de olika aktörerna i dagens försörjningskedja ut?

PC1, som ofta genomför sina materialbeställningar via materialdistributören, menar att hon idag har god kontakt med materialdistributören - vilket delvis påverkar val av aktör som ska tillhandahålla materialet. Respondenten menar att närkontakten kan gå förlorad i de fall då beställningar sker direkt till materialtillverkaren. **PC1** vill ha möjligheten att kunna avropa från materialdistributören, som har en förmåga att kunna magasinera materialet. Respondenten jämför leverans från gipstillverkare med leverans från fönsterleverantörer, som inte har möjlighet att lagerhålla material. Vid fönsterbeställningar levereras materialet vid ett bestämt leveransdatum, utan möjlighet till anpassning. Samma gäller, enligt respondenten, vid beställning från gipstillverkare. Respondenten menar att även i de fall då fabriksbeställning gjorts, dvs beställning från distributör men leverans från tillverkare, kan distributören magasinera materialet vid behov. Detta är, enligt **PC1** och **PC3**, en stor fördel.

MT menar att de aktivt arbetar med att upprätthålla en bra relation med andra aktörer i värdekedjan. Genom möjligheten att komma in tidigt i ett projekt kan de med deras expertis se till att projektet använder rätt lösningar. Respondenten menar att med en god relation och närkontakt med kunderna kan de diskutera för- och nackdelar med diverse lösningar. Respondenten poängterar att det inte endast gäller tekniska frågor, utan även frågor gällande logistik. Med exempelvis en annorlunda paketering kan entreprenören välja en mindre kranbil - vilket medför besparingar. Genom att komma in tidigt i projektet kan materialtillverkaren därmed presentera bättre lösningar för projektet i fråga, eftersom det finns större möjlighet att göra förändringar.

På pilotprojektet Oxelvägen berättar **MT** att de i projektet var med och styrde tidplanen, vilket var fördelaktigt. **MT** menar att om de i ett tidigt skede kan vara med och bestämma hur produkterna ska levereras kan de, enligt de själva, vara med och korta ner tidplanen. Väggtyperna för projektet, erhållna från arkitekt, bröts ner i ljudkrav, brandkrav mm och kunde därefter reduceras kraftigt till antalet.

PC4 menar att de initialt haft tolv olika mellanväggstyper från arkitekt, och att de efter samråd med **MT** kunnat reducera antalet innerväggstyper till endast tre. Detta möjliggjordes genom att gå upp i standard på somliga väggar.

PC4 ställer sig positivt till ett tidigt och nära samarbete med materialtillverkare. Respondenten menar att tillverkarens expertis, tidsvinsten på såväl arbete som leveranserna, samt det faktum att materialet är längdanpassat och den digitala beställningsportalen är framgångsfaktorer för projektet. Den huvudsakliga skillnaden då en entreprenör ingår i ett tätt samarbete med en materialtillverkare är, enligt **PC4**, att planeringen måste göras tidigare. **MT** bekräftar resonemanget och menar att planering, samt samordning av installatörer, har varit centralt i projektet. Vidare menar **MT** att de idag ser en framtid där innerväggar köps som färdigt koncept - snarare än materialet löst.

Resultatet av pilotprojekt Oxelvägen

Enligt **PC4** ställde sig underentreprenören, vilken monterade gipsskivorna på Oxelvägen, sig till en början frågande till förutsättningarna och arbetsmetoden. Underentreprenören ansåg att NCC och Gyproc kraftigt överplanerat projektet. Resultatet var dock tydligt; de tolv veckor man räknat med att gipsmontaget skulle reducerades till tio.

I vilken utsträckning arbetar ni med molnbaserade informationshanteringssystem? BIM-Cloud m.fl.

Majoriteten av de tillfråga på NCC ser positivt på användandet av BIM och andra digitala hjälpmedel men medger att det än så länge inte tillämpas fullt ut.

PC2 menar att de arbetar med molntjänster inom BIM i form av pds-system. Respondenten beskriver att pds är ett internt ritningshanteringssystem, vilket externa aktörer bjuds in till och som uppdateras kontinuerligt under projektets fortskridande. Respondenten menar att systemet är väldigt simpelt, och kan liknas vid ett mappsysteem. Därmed finns det, enligt respondenten, utrymme för vidareutveckling av systemet.

4.2.6 Internt Informationsflöde

Hur sker den interna kommunikationen mellan platsledning, gipsmontörer och installatörer?

Majoriteten av de tillfrågade anser att det interna informationsflödet i byggproduktionen främst är en verbal dialog mellan inblandade parter. Arbetsledaren slår väggar, vilket yrkesarbetare därefter arbetar utifrån med en ritning - för att bygga rätt väggtyp. **S** menar att huruvida en vägg är klar för dubbling, dvs. när installationsarbetet är klart, främst framgår av veckovisa möten - alternativt att det står textat på väggen "El klar", mm. **S** menar att en verbal dialog förekommer under aktiviteterna, men att de på förhand har kommit överens med respektive yrkesgrupp om det ska ingå el, ventilation och VVS i väggen. Detta planeras, enligt respondenten, innan regling av väggen.

PC3 menar att de på platskontoret planerar i samråd med installatörerna i vilken ordning arbetet ska ske, för att därefter förmedla ut detta till yrkesarbetarna. **AL** poängterar att de har basmöten, ett möte där lagbasar medverkar. Under basmötet diskuteras tillvägagångssätt och liknande.

AL1 beskriver vidare att det generellt inte krävs komplicerade direktiv eftersom yrkesarbetarna vet hur arbetet ska utföras:

"Vi har ju så duktiga snickare så vi lämnar gipsen och så sköter dem resten. Det brukar inte vara några problem. "

Förekommer det att kommunikationen mellan platsledningen och yrkesarbetare brister?

PC3 poängterar vikten av bra kommunikation i produktionen. Respondenten berättar om ett särskilt projekt vilket involverade 40 stycken yrkesarbetare inom montage. I projektet hade yrkesarbetarna inte helt koll, varpå yrkesarbetarna arbetade med det material som fanns tillgängligt. Detta resulterade sedermera i att våtrum gipsades med vanliga gipsskivor, där våtrumsskivor ska användas.

Hur fungerar planeringen och samordningen av aktörerna som jobbar på gipsväggen?

PC3 menar att de på NCC arbetar efter en planeringsmetod kallas visuell planering. Planeringssystemet innebär att platsledningen tar in aktörer i form av underentreprenörer och yrkesarbetare i syfte att upprätta en specificerad tidplan. Vid visuell planering utgår man från en huvudtidplan där man med underentreprenörer, yrkesarbetare och installatörer kan ta fram en verklig tidplan. **PC1** bekräftar att de arbetar efter ett visuellt planeringssystemet och menar att de utgår från antalet timmar de har i kalkylen. **PC3** berättar att de uppdaterar tidplanen veckovis, där de bland annat går igenom förgående och nästkommande vecka.

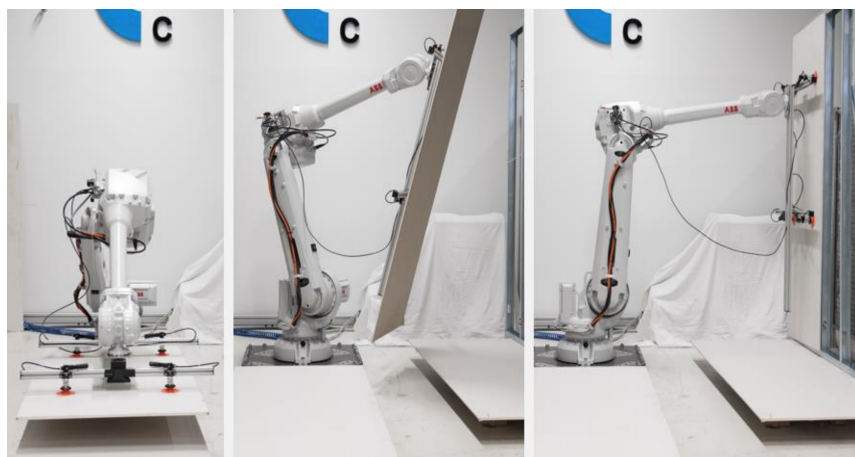
4.3 Automatiserat gipsskivemontage

4.3.1 Fallföretagets automatiserade installationsprocess

Följande stycke presenterar fallföretagets Build-r:s automatiserade process vilken ligger till grund för den fortsatta fallstudien.

På lång sikt är fallföretagets målsättning att tillhandahålla en helt automatiserad process för installationen av skivmaterial i lättväggar, bestående av flera samverkande robotar. För att inte göra systemet för komplicerat till en början planeras emellertid användandet av endast en robot vilken ersätter stegen där gipsskivan hämtas från en vagn, lyfts upp, placeras mot regelstommen och skruvas fast.

Den första prototypen består av en industrirobot monterad på en mobil plattform. Den mobila plattformen har möjlighet att autonomt manövrera på byggarbetsplatsen utifrån en BIM modell. Industriroboten är utrustad med apparatur för att utan mänskligt ingripande kunna lyfta, placera skivan mot reglarna på rätt ställe och skruva fast skivan. Företaget uppskattar att dessa automatiserade stegen kommer ta roboten cirka sex minuter.



Figur 26 Demonstration av monteringsprocess med industrirobot. (Build-r 2019)

I många lättväggar förekommer andra skrivmaterial än gips längre in i väggen, dessa används bland annat för att förbättra ljudisoleringen och möjliggöra infästning med skruv i väggen. Företagets robot arbetar i dagsläget endast med gipsskivor men det finns, enligt Build-r, inget som hindrar roboten från att montera andra skivor, till exempel plywood.

Roboten kan arbeta på natten

I ett framtida scenario där roboten kan utföra relativt stor del av arbetet utan assistans kan monteringen av gipsskivor förläggas till de två tredjedelar av dygnet då arbetet på byggarbetsplatsen normalt sett står

stilla. Detta utgör en stor potential då gipsinstallationen inte är i vägen för andra aktörer samtidigt som den totala installationstiden kan förkortas.

Simulering av installationsprocessen i 4D-BIM

Fallföretaget planerar att simulera det automatiserade installationsarbetet genom en så kallad discrete event simulation i en 4D BIM modell. Detta innebär att robotens arbete planeras i en datormodell där tidpunkt för montaget kan bestämmas för varje enskild skiva. Simuleringen styrs av ett flertal olika parametrar som berör installationsarbetet, tanken är att denna simulering ska bli bättre och bättre ju mer roboten arbetar.

Roboten begränsningar

Den nuvarande robotprototypen är begränsad i den bemärkelsen att den endast kan operera i utrymmen större än 3x3 meter. Således kan roboten idag inte montera gips i mindre utrymmen som exempelvis våtrum (WC). Vidare kan roboten idag inte genomföra avancerade moment, exempelvis hörn eller moment där gipsskivan behöver kapas till.

4.3.2 Arbetskraftflödet

Den automatiserade monteringsprocessen för gipsskivorna förändrar behovet av arbetskraft. Eftersom roboten inte kommer kunna montera all gips innebär detta att väsentliga delar av gipsväggarna måste gipsas på traditionellt sätt. Utöver det kommer den automatiserade processen behöva försörjas med både material och information. Bemanningen av den automatiserade processen är således högst relevant för utformningen av logistiken kring processen då mängden personal och dess kompetens utgör en buffert i systemet. Det är således av intresse att utreda vilken aktör som ska ansvara för olika delar av arbetet.

RU2 menar att fallföretaget i ett långsiktigt perspektiv kommer sträva efter entreprenader med helhetsansvar snarare än "arbetskrafts-entreprenader". **RU1** och **RU2** är överens om att de under de första åren, i samband med fortsatt utveckling av roboten, framförallt kommer prioritera mindre projekt eller mindre delar av stora projekt men att de tror att marknaden efterfrågar helhetslösningar. För att kunna erbjuda helhetslösningar i ett kortsiktigt perspektiv kommer roboten kompletteras med traditionella yrkesarbetare - vilka utför moment som hörn och våtrum, där roboten inte kommer åt. **RU2** menar att de på så sätt kommer ta ansvar för det montage som roboten initialt inte kan genomföra. I ett längre perspektiv har företaget en vision om roboten ska kunna operera helt autonomt, men robotutvecklarna poängterar samtidigt att det kommer vara en lång inlärningsprocess för roboten. Exempelvis kommer genererandet av maskinkod till en början kommer behöva utformas manuellt - något som i framtiden kommer ske automatiskt.

Vilket tidigare poängterats försöker NCC i största mån nyttja sina egna resurser och yrkesarbetare för diverse jobb. NCC säljer sällan ut hela moment, utan tar endast in UE vid behov och då gärna i form av arbetskraft. **PC1** menar att då en robot opererar som gipsmontör bör denna underentreprenadtjänst köpas in som arbetskraft - ett resonemang som **PC2** instämmer med.

4.3.3 Externt materialflöde

Vilket materialflöde anser ni vara mest lämpat för en automatiserad installationsprocess? Förändras förutsättningar för materialflödet gent emot ett manuellt montage?

RU1 anser inte att det externa materialflödet för en automatiserad installation nödvändigtvis bör se ut på ett visst sätt. Istället tror han att det viktigaste för ett välfungerande materialflöde ligger i funktionen hos informationsflödet, att alla aktörer ska ha möjlighet till samma information - hela vägen från gipsmontör till materialtillverkare. Genom detta informationsflöde ska det vara möjligt att få information om prognoser på framtida beställningar och sannolikheten för att dessa är korrekta. **RU1**

menar att det först när detta informationsflöde är på plats, går att diskutera vilken kedja som är mest lämplig. **RU1** menar att det snabbt kommer bli tydligt i vilka fall som de olika mellanhänderna genererar något värde.

RU1 ser ingen principiell skillnad mellan en automatiserad och en traditionell installation men tror att en automatiserad och digitaliserad process kan bidra till en förbättrad informationshantering då den digitala kedjan aldrig bryts. **RU1** medger dock att det mycket väl kan visa sig att dagens kedja är den mest fördelaktiga.

Gällande frågan ifall beställningar direkt från fabrik förenklas i fallet med en automatiserad installation tror **RU1** att ett effektivare och mer omfattande informationsflöde kommer styra materialtillverkaren att leverera direkt till byggarbetsplatsen. Detta eftersom de kommer få tillräckligt med information för att kunna planera sin produktion efter efterfrågan. Detta är en aspekt som bekräftas av **MT**, som menar att god framförhållning är mycket viktigt för att en materialtillverkare ska kunna leverera direkt till byggarbetsplats.

Dagens situation där större huvudentreprenörer generellt köper in materialet själva även vid anlitaandet av underentreprenörer tror **RU1** beror på att huvudentreprenören besitter mycket information om produktionen, de vet alltså med relativt hög säkerhet hur mycket gips som kommer att behövas var och när under projektets gång. De stora entreprenörerna har genom sin storlek även möjlighet att förhandla ner priserna. I framtiden tror **RU1** att den stora tillgången av data kommer styra hur flödet ser ut, något som kan komma att förändra dagens situation då entreprenören inte längre sitter ensam med all data.

Hur förändras distributörens roll vid en automatiserad installation?

Gällande distributörens roll i materialflödet anser **RU1** att det inte i alla situationer nödvändigtvis är bäst att beställa direkt från fabrik. Möjligheten att aggregera flera leverantörers material i samma leverans är en fördel med att använda sig av en distributör. **RU1** tror dock att många aktörer kommer kännas överflödiga ifall hela informationsflödet sker digitalt eftersom problemet reduceras till att integrera två affärssystem.

Är längdanpassat material viktigt för en automatiserad installation?

RU2 anser att en stor fördel med att arbeta direkt mot materialtillverkaren är möjligheten till längdanpassat material. Detta är något som, under förutsättningen att rummen är stora, skulle möjliggöra att majoriteten av *allt gips* kan monteras med robot. **RU2** anser att längdanpassat material, dvs skivor som är anpassade efter takhöjden, är ett måste för en robotiserad process. **RU1** tror även att en fullständig anpassning av skivorna i en skyddad fabriksmiljö i längden borde vara effektivare än att kapa dem på plats manuellt, men medger att detta även ställer högre krav på logistiken både vad det gäller kontroll och att skydda materialet på rätt sätt.

4.3.4 Internt materialflöde

Vem ska ansvara för den interna materialhanteringen vid en automatiserad installation? Vilka krav ställer en automatiserad installation på den interna materialhanteringen?

RU1 och **RU2** menar att den interna materialhanteringen primärt kommer genomföras av egna yrkesarbetare/operatörer. Detta motiveras av att företaget på så sätt har kontroll på exakt var materialet hamnar, samtidigt som de kan erbjuda samma tjänsteerbjudande som deras konkurrenter. **RU2** menar att materialets placering kommer baseras på en ritning, där hänsyn tas till såväl roboten som andra aktörer - i syfte att optimera hela arbetet. **PC2** spekulerar i att en robot kräver mer plats än en yrkesarbetare för montage. Placering av gipsbuntar blir därför, enligt **PC2**, ett kritiskt moment - beroende på projekt. För kommersiella fastigheter är ytorna ett mindre problem, ytorna är generellt sett goda och avståndet mellan väggarna långa.

PC1 menar att en förutsättning för att en extern robotentreprenör ska ha möjlighet att själv sköta materialhanteringen är att materialet levereras efter stomresning. Respondenten menar att i de projekt

där gips lyfts in i samband med stomresning är installationen av lättväggar inte är aktuellt förrän ett antal månader efter stomresning. **PC1** menar därför att en tjänst innehållande materialhantering och logistik därför lämpar sig i de fall då material tas in genom fasad, efter stomresning.

Vision om helautomatiserad materialhantering

I ett långsiktigt perspektiv finns visioner om två samarbetande robotar, där en robot förser roboten som monterar gipsskivor med material. Denna princip reducerar kraftigt problemet med placeringen av gipsbuntar. **RU1** och **RU2** menar att detta genererar en minskning av färdvägen, vilket inte endast är en tidsmässig vinst - utan även en vinst sett ur potentiella problem längs vägen. Skillnaden kan vara att roboten som monterar gips endast behöver åka över en tröskel en gång istället för 16 gånger, eftersom gipsbuntarna följer med roboten. Respondenterna poängterar dock att robotens cykeltid i nuläget är sekundärt, varför roboten inledningsvis kommer arbeta efter en stående gipsvall med bestämda koordinater.

Hur planeras kontrollen och styrningen av det interna materialflödet skötas för en automatiserad installation?

RU1 menar att de idag ingår i ett projekt som handlar om att ta fram en digital tvilling av hela monterings- och materialhanteringsprocessen, något som innebär att processen simuleras i en digital BIM modell. Med en digital tvilling kan de hålla reda på materialflödet, och dela den informationen med leverantörer och andra aktörer på arbetsplatsen. Innan gipsskivorna kommer till arbetsplatsen ska de inblandade aktörerna veta hur mycket material som levereras och vem som ska använda skivorna. “ I denna bunt behöver operatören montera tio skivor och roboten övriga 32”.

Finns det någon plan för hur märkning av gipsbuntar och gipsskivor ska utformas. Hur ser ni på branschstandarden BEAst label?

RU1 och **RU2** känner till BEAst label standarden, vilken de sett utvecklas snabbt den senaste tiden, och är positiva till idén. Dock medger de att de inte planerat för hur kontrollen av det materialflödet ska skötas i detalj.

Är JIT-leveranser fördelaktigt för en automatiserad installation?

RU1 menar att en av de stora fördelarna med JIT är det faktum att materialet inte står på byggarbetsplatsen. Material transporteras idag, enligt **RU1**, upp till sju gånger på byggarbetsplatsen innan det sätts upp. Respondenten menar dock att JIT inte nödvändigtvis är den stora vinsten med ett automatiserat system, och att en framtida simulering kommer påvisa JIT:s inverkan på systemet. **RU1** anser att man bör skilja på JIT i olika processer. I en industri kan JIT innefatta leveranser med precision på sekundnivå. I en annan industri, exempelvis byggindustrin, kan JIT innefatta leveranser på dagsnivå. Respondenten anser att den naturliga utgångspunkten i byggindustrin borde vara att materialet levereras den veckan som det ska sättas upp. Det är en vision som respondenten menar i det långa loppet är det mest effektiva sättet att sköta materialhanteringen på.

4.3.5 Externt informationsflöde

Vilket framgång tidigare anser **RU1** och **RU2** att det viktigaste för ett välfungerande materialflöde ligger i funktionen hos informationsflödet. **RU1** menar att informationsflödet ska göra att alla aktörer har tillgång till samma information - hela vägen upp till den sista aktören. Utöver detta ska informationsflödet i ett framtida scenario innehålla information om prognoser på framtida beställningar och sannolikheten för att dessa är korrekta.

Ställer en automatiserad installation högre krav på tidig och mer grundlig projektering?

RU1 tror inte att de som robotunderentreprenör kommer att ha den bredd som krävs för att vara med i projekteringsskedet och att deras ansvarsområde kommer vara tillräckligt brett ändå. Istället menar att **RU1** att en robotunderentreprenör lämpligen kommer in i produktionskedet då handlingarna är färdiga.

RU1 tror att översättningsprocessen från projektets övergripande BIM modell till mer exakt modell vilken kan utnyttjas för att simulera och styra montaget kommer vara relativt snabb och inte är något som måste tas beaktning till i projekteringsskedet.

Hur kan en automatiserad installation möjliggöra för ett effektivare materialflöde?

RU1 tror att en automatiserad installation kommer att bidra till att planeringen kan effektiviseras genom att data gällande materialflödet och produktionen hela tiden samlas upp och sparas. Dessa data kan sedan användas för att optimera processen. Idag tror **RU1** att väldigt få aktörer samlar in och använder sig av data från produktionen på ett effektivt sätt och att dagens logistikbrister ofta ses som ett oföränderligt faktum. Med en aggregerad datamängd kan brister i logistiken på ett enkelt sätt vägas mot kostnaderna och ge ett starkare underlag för förändringar.

Båda robotutvecklarna anser att en simulering av monteringsprocessen gör det möjligt att ge prognos på när varje individuell gipsskiva kommer att monteras, information de tror kommer vara värdefull både för att planera leveranser men också för de efterföljande arbetena.

Mängdning av gips vid en automatiserad installation

RU1 och **RU2** menar på att en automatiserad installation per definition kommer behöva hålla koll på det exakta antalet skivor som ska monteras och att den så kallade "Slutmängdningen" därför utan större ansträngning kommer kunna ske automatiskt.

Majoriteten av de tillfrågade från byggtreprenören ställer sig positiva till tjänster som förenklar deras arbete. **PC2** menar dock att det, ifall mängdning ingår i underentreprenörens arbete, är viktigt att mängdningen av reglarna inkluderas i detta. Idag mängdas det inte endast utifrån gipsskivor, utan en hel vägg. Det är, enligt respondenten, inte möjligt att ett externt företag mängdar gipsen och entreprenören därefter mängdar reglarna, då blir det dubbelt arbete.

Automatisering av materialbeställningar

Såväl **PC1** som **PC2** ställer sig positiva till att roboten genom ett digitalt system kan sköta materialhantering, logistik och beställning. Kan logistiken synkroniseras med NCC:s lossningskalender är detta, enligt respondenterna, väldigt fördelaktigt. I ett sådant scenario vill **PC1** och **PC4** ha rapporter skickat till sig, för att i ett slutligt skede godkänna leveransen/avropet - platsledningen vill inte förlora kontrollen över logistiken. **PC2** menar att ett automatiskt avrop från leveransplan hade varit fördelaktigt.

AL1 menar att det är viktigt att det i ett digitalt scenario, där roboten automatiskt avropar leveranser, är viktigt att den tar hänsyn till saldot av skivor som den inte kan montera själv. Respondenten menar att om detta inte beaktas blir det merarbete för platsledningen. **RU2** menar att roboten kommer ta hänsyn till detta med en simulering, där roboten genom ett digitalt system och den digitala tvillingen kan saldo föra materialet avsett för såväl operatören som roboten på byggarbetsplatsen.

4.3.6 Internt informationsflöde

Hur ska robotens arbete planeras och samordnas med övriga aktörer? Hur planerar ni att använda er av simuleringar?

PC2 menar att det är viktigt att roboten förhåller sig till entreprenören, detta med tanke på vikten av ett felfritt flöde i de många momenten vilka ska samordnas för en effektiv produktion. Moment som regling, enkling, installation och dubbling måste samverka på ett bra sätt. **PC2** menar vidare att kommunikationen mellan arbetsledare, operatör och robot måste fungera väl, eftersom ändringar ständigt förekommer i produktionen. Roboten måste därför kunna vara flexibel och anpassningsbar. En anpassning skulle exempelvis kunna vara att påbörja enkling på andra sidan innervägg först.

Enligt **RU2** kommer, i ett kortsiktigt perspektiv, mycket av kommunikationen mellan robot, platsledning och övriga aktörer ske genom en operatör på byggarbetsplatsen. Operatören ger sedan roboten instruktioner om vilka väggar som ska gipsas. Operatören fungerar som en buffert mellan den

automatiserade processen och resten av byggproduktionen. I förlängningen menar **RU1** att målsättningen är att så mycket som möjligt av kommunikationen ska ske utan inblandning av operatören.

Vilket tidigare nämnts anser robotutvecklare **RU1** och **RU2** att simuleringar kommer möjliggöra bättre planering av arbeten på väggen. Exempelvis kan det innebära att målarna får information om vilken dag en specifik vägg kommer vara dubblad, vilket medför att de kan planera sitt arbete bättre. Enligt **RU1** kommer simuleringen inledningsvis vara ganska simpel och utgå från uppskattade tidsenheter. I takt med att allt fler skivor monteras kommer dock tidsuppskattningen kontinuerligt bli bättre och att framtida simuleringar kan förbättras genom att klassificera olika situationer efter svårighetsgrad och koppla dessa till tidsåtgången.

På frågan om hur simuleringen ska beakta platsledningen och de övriga aktörerna svarar **RU1** att syftet med simuleringen inte på något sätt är att övertrumfa den stora planeringen och att man självklart behöver information om när platsledningen vill att man ska vara på en viss plats. **RU1** tror dock inte att dagens realtidskoordinerande av de olika aktörerna som arbetar på väggen är en bra lösning men medger att man kommer behöva ha viss flexibilitet i form av användandet av traditionella yrkesarbetare vilka kan utföra mer brådskande arbeten.

Såväl **PC1**, **PC2** och **PC3** ställer sig samtliga positiva till en realtidssimulering av arbetets fortskridande. **PC2** menar att en dygnsrapport med start/slutpunkter hade varit positivt. Denna rapport måste på ett enkelt och smidigt sätt presenteras för platsledningen. **PC1** menar att rapporter med markanta avvikelser från prognos är av hög prioritet - i syfte att kunna korrigera övriga aktörer och sätta in extra insatser. **PC3** menar att nyckeltal för produktionstakt i form av kvadratmeter/dag eller vecka hade varit fördelaktigt, för att kunna implementera detta i sin planering. Listor med vilka väggar som planeras gipsas under ett givet tidsintervall är en annan intressant rapportering, enligt respondenten.

PC1 menar att de idag, när de ligger efter i tidsplaneringen, lägger in extra resurser i form av yrkesarbetare - för att ta igen förlorad tid. Respondenten ställer sig därför frågande till hur produktionstakten kan ökas med en robot. Detta är ett scenario som även **PC3** poängterar och menar att det är viktigt att ha en backup.

Potentiella utmaningar för en automatiserad installation

En fråga som uppkommit under intervjuerna med de tillfrågade platscheferna är vilka kvalitetskrav roboten ställer på förarbetet. **PC2** menar att tidigare arbeten inte alltid är felfritt utförda. Exempelvis förekommer det att elektriker sätter dosor på fel regler. **AL1** bekräftar **PC2**:s resonemang, och menar att arbetet sällan utförs exakt som på ritning. **PC2** menar att väggar oftast tvingas flytta +/- 50 mm till förmån för exempelvis installationer. **AL1** menar därför att det, ifall roboten arbetar utifrån en BIM modell, är viktigt att BIM modellen uppdateras kontinuerligt eller att roboten arbetar utefter verkligheten. **RU2** tror inte att det kommer vara några problem med toleranser upp till +/- 50 mm men att cc måttet måste stämma.

PC2 menar att det inte är monteringen av gipsskivor som är det krävande momenten vid byggnation av väggar. Det är, enligt respondenten, reglingsarbetet, tejpningsen av plast mm, som är de tidskrävande momenten vid arbetet. Respondenten menar att problemen till 90% uppstår i samband med upprepning.

Vidare menar **PC2** att brandklassningar, ljudklassningar, fogning och överlappning av gips utgör svåra moment i arbetet. Även **PC1** poängterar att överlappning och förskjutna skarvar torde utgöra ett problem för roboten - och menar att den därför bör arbeta med längdanpassade skivor för att uppnå en halv skivas förskjutning. Enligt **PC2** förekommer det väggtyper med tre lager gips, och därmed ytterligare en förskjutning. Vidare måste även moment som saxning med fog beaktas, menar respondenten.

PC3 menar att skruvningen kan vara ett problem för roboten. I vissa fall skjuts regeln ut i samband med skruvning, vilket måste åtgärdas. **PC2** instämmer, och menar att skruvningen anpassas beroende på underliggande material.

PC1 ställer sig frågande till en obemannad byggnation med avseende på kontroll. Respondenten hade då velat ha larmfunktion kopplat till telefon, eller tillhandahållande av jour-beredskap från underentreprenör vid behov.

Flertalet respondenter har ställt sig frågande till robotens kvalitetssäkring av materialet, hur roboten vet att den inte monterar en skadad skiva. **RU1** menar att skivorna kommer besiktas innan montage, vilket är en kvalitetssäkringsmetod inom industrin i övrigt.

4.3.7 Allmänna åsikter

PC1 poängterar att teknologisk utveckling i branschen är positivt. Gällande gips har monteringsarbetet utvecklats från enpetare till skruvautomat, respondenten ser därmed fram emot nästa generations utveckling av gipsmontage i form av en robot. Framförallt poängterar respondenten arbetsmiljövinster av automation. Likaså ställer sig **PC3** positivt till ett automatiserat montage, om projektet har rätt förutsättningar. **PC3** menar att en robot hade kunnat arbeta med de tidigare 1200-skivorna istället för dagens 900-skivor, vilket ändrades med tanke på arbetsmiljö. Detta skulle medföra en reduktion om 30% för målarens fogningsarbete.

Nedan illustreras en bild tagen i samband med observationstillfälle på projekt. **PC2** menar att nedan illustrerad vägg är en optimal vägg för robot.



Figur 27 Optimal vägg för robot

5 Analys

I analysen ställs resultaten från intervjuerna och empirin mot teorin. Fokus riktas mot de skillnaderna vilka identifierats gällande en manuell installation och en automatiserad installation. Vidare analyseras och diskuteras dagens försörjningskedja, och hur motsvarande försörjningskedja för en automatiserad gipsinstallation kan utformas avseende material och informationsflöde.

Strukturen i analysen bygger, likt övriga delar av rapporten, på det interna respektive externa material- och informationsflödet.

Supply chain definieras av att flera aktörer samverkar i en kedja, från producent till slutanvändare i syfte att leverera en vara, produkt eller tjänst. Kedjan kan också liknas vid ett nätverk, där varje aktör är beroende av flertalet aktörer och kunder. Bulkprodukter som exempelvis gipsskivor följer inte nödvändigtvis samma logistikprocess som fönster. Empirin bekräftar logistiska skillnader för olika material. En respondent gjorde en jämförelse av gips och fönster, där denne klargjorde distributörens roll och möjlighet till magasinering av bulkprodukter som gips. En annan respondent menade att gipsskivor tillverkas för att därefter direkt byggas in i byggnaden, medan för fönster tillverkas glaset i Polen för att därefter byggas in i fönstret i Tyskland för att därefter levereras till byggarbetsplatsen i Sverige.

Ovanstående resultat är förenliga med slutsatser från Mentzer (2011) Hyll (2005) och Larsson et al. (2008).

Externt Materialflöde

Det externa materialflödet i byggindustrin kan involvera diverse olika aktörer, såsom materialproducenter, transportföretag, grossistföretag, byggvaruhandlare, entreprenörer, mm. Då studien har haft som mål att kartlägga det externa materialflödet för såväl dagens som för en automatiserad process, har detta beaktats i empirin.

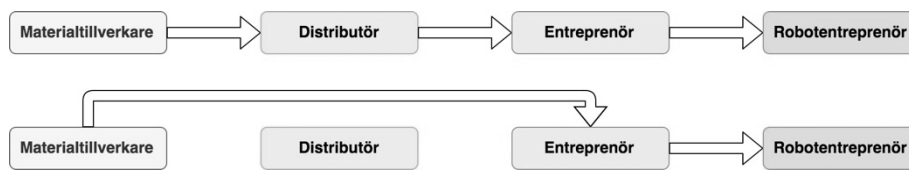
Samtliga respondenter från entreprenadbolaget är överens om att NCC i dagsläget ansvarar för tillhandahållandet av material fram till lossning, varpå företagets egna arbetare eller en underentreprenör, i de fall då UE används, ansvarar för den interna materialhanteringen. I och med detta har NCC, i deras nuvarande produktion, en central roll i utformningen av gipsskivornas externa materialflöde.

I genomförda intervjuer framstår den generella planeringen och strategin för installationen av gipsväggar och dess försörjningskedja främst vara upp till det aktuella byggprojektets platschef. Detta medför att det externa materialflödet skiljer sig beroende på platschef och att en generell kedja inte kan definieras. Entreprenadbolagen styr inte på ledningsnivå vilken aktör dess medarbetare, i form av platsledning, ska inhandla material från. Det är i stället upp till platschefen för det aktuella projektet att bestämma vilken aktör som ska leverera materialet. Entreprenadbolagen ger dock platsledningen förutsättningarna att handla material på ett enkelt och smidigt sätt med verktyg som RAM-avtal, inköpsportalen, mm.

För gipsskivor gäller dessa avtal främst till materialdistributörer, vilket många respondenter väljer att nyttja. I de fall då platsledningen, av olika anledningar, väljer att handla gipsskivor från materialtillverkaren genomförs detta på egen hand - utan tillgång till avtal på organisationsnivå.

Resultaten är förenliga med slutsatser av Sörenson och Higson (2015).

I figur 28 illustreras de vilka, med bakgrund i empirin, anses vara de mest förekommande materialflödeskedjorna för gipsskivor.



Figur 28 Mest förekommande materialflöden

I empirin framgår det att varje platschef tycks följa den kedja som personen i fråga är mest bekväm med. En respondent menar att denne handlar från materialtillverkare av ekonomiska skäl. Det är naturligt att färre led i värdekedjan ger en bättre prisbild, med tanke på att penningkedjan minskar med en aktörs marginalpåslag. Respondenten menar att då 40 000 kvm gips ska handlas in kan ett 10 % lägre pris medföra stora skillnader i totalkostnaden för materialet. I projekt Oxelvägen ingick platschefen ett nära samarbete med materialtillverkaren för att på det sättet tillgodose sig tillverkarens expertis. Genom att involvera materialtillverkaren i ett tidigt skede kunde antalet innerväggstyper minska från tolv till tre, varpå produktionen förenklades. Detta medförde även att materialet kunde köpas in direkt från tillverkaren utan att processen komplicerades. En annan respondent inhandlade gipsmaterialet från distributören, detta eftersom denna ville ha material i form av reglar, gips och plywood levererade och paketerade tillsammans - en tjänst vilken endast distributören kan tillhandahålla. Samma respondent menar att distributören erbjuder ytterligare typer av service vilken entreprenören kan ha nytta av, vilka också kan motivera valet av distributören. Exempelvis kan distributören i viss mån lagerhålla materialet eller justera tidpunkten på en leverans, materialdistributören agerar alltså som en form av logistikpartner åt byggentreprenören. Respondenten menar vidare att i mindre projekt är inte volymen gipsskivor tillräckligt stor för att kunna förhandla till sig bra priser hos materialtillverkaren. Distributören, vilken handlar material avsett för flertalet projekt, kan däremot förhandla till sig bättre priser hos materialtillverkaren än den enskilda platschefen.

Vad som framgår av empirin är dock att gipsskivor ofta beställs längdanpassat. Samtliga respondenter är överens om att horisontella skarvar i största möjliga mån ska undvikas, detta då horisontella skarvar medför ett mer omfattande spacklingsarbete för målaren. Av denna anledning eftersträvas att gipsskivans horisontella skarv ska nå ovan undertaket. I byggnader med undertak lägre än 3 kan detta uppnås med standardgipsskivor men i de fall då undertakshöjden är över 3 meter krävs längdanpassat material (skivor > 3m) för att förhindra spackling av horisontella skarvar. Långa gipsskivor medför dock än tyngre arbetsbelastning på yrkesarbetarna.

I projekt Oxelvägen arbetade NCC med längdanpassat material. I det projektet var undertakshöjden 2.80m och takhöjden 3.72m. De arbetade med standardskivor om 3m, vilket medförde att den horisontella skarven hamnade ovan undertak. Därefter använde de längdanpassade skivor om 72cm för att nå taket och slapp på det sättet majoriteten av kapning på byggarbetsplatsen.

Ytterligare ett incitament till användning av längdanpassade skivor är, förutom möjligheten till förenklat målnings- och spacklingsarbete samt förenklat arbete i sin helhet, det faktum att mängden gipsspill på byggarbetsplatsen minskar. Tidigare beskrevs att de i projekt Oxelvägen haft spill om endast 9%, cirka 20 procentenheter lägre än liknande projekt. En anledning till den låga mängden spill är det faktum att de arbetat med längdanpassat material. I vanliga fall hade 72cm-skivorna beskurits ur 3m skivorna. Detta hade medfört att det på varje 3m-skiva erhålls fyra stycken 72cm-skivor, övriga 12 cm (300-72*4) betraktas som spill. Dessa 12cm motsvarar 4% av allt skivmaterial, vilket innebär hög spillåtgång - endast vid kapning.

Längdanpassade gipsskivorna bör inte betraktas som en standard/bulkprodukt utan mer som en skraddarsydd produkt orderprodukt, något som måste beaktas i de fall då längdanpassade skivor används i produktionen. En respondent för fallföretaget Build-r menar att längdanpassade skivor är ett krav för en automatiserad installation men att de i det långsiktiga perspektivet kommer att sträva efter att arbeta

med fullt anpassade skivor, exempelvis L-formade skivor över fönster/dörrar. Denna vision ställer ytterligare krav på logistiken.

Internt Materialflöde

Studiens resultat visar att det för gipsskivor förekommer tre principiella sätt att hantera logistiken av gips på byggarbetsplatsen. Detta genom 1) Lyfta in o placera ut gipsbuntar i samband med stomresning, 2) Transportera in materialet genom bygghiss eller med teleskoplastare under stomkompletteringen och 3) Användandet av ett externt logistikföretag.



Figur 29 Figur beskrivande två möjliga förfaranden vid transport av gips in på byggarbetsplatsen. Till vänster; Gips tas in under stomresning, till höger: Gips tas in under stomkomplettering.

I de genomförda intervjuerna med platsledningar på NCC har inlyft av gips i samband med stomresning framkommit som det dominerande alternativet vid högre byggnader eftersom det är betydligt svårare eller i vissa fall omöjligt att ta in gips i senare skede. De två senare alternativen används vanligen vid lägre byggnader med god möjlighet till intransport i senare skede eller då planlösningen ännu inte är känd vid stommonteringen.

En respondent menar att ifall ett automatiserat underentreprenörsbolag, likt Build-r, ska ansvara för den interna materialhanteringen är detta under förutsättning att materialet levereras efter stomresning - dvs. genom bygghiss/fasad. Detta förklaras av att montaget av gipsskivor inte är aktuellt förens då huset är tätt, dvs. månader efter stomresning, och att det därför vore opraktiskt för en underentreprenör att sköta materialhanteringen.

För högre byggnader där gips levereras i samband med stomningen bör/kan således samma strategi tillämpas för en automatiserad process som för en manuell process. I ett sådant fall hade ett optimalt scenario troligen varit att robot-underentreprenören i en modell bestämmer var pallarna ska placeras - därefter ansvarar huvudentreprenören för att placera ut materialet i dessa koordinater. Detta kan möjliggöras med exempelvis BEAst labels, där huvudentreprenören vid lossning kan se på etiketten exakt var gipsallarna ska placeras, och vilken aktör de är avsedda för. På så vis behöver den automatiserade underentreprenören inte närvara vid stomresning. Om en sådan strategi tillämpas är det, vilket en respondent påpekade, viktigt att hänsyn tas till "stämpplanen" - vilken ofta tas fram av ett externt företag.

Lean-filosofin betonar vikten av att rätt material finns på rätt plats i rätt tid i ett byggprojekt. Administration och transport, lossning/lagring och flyttning utgör cirka 40% av gipsskivans totala kostnad. Flertalet respondenter menar att interna transporter utgör ett problem, inte endast med hänsyn till att transporterna inte är värdeskapande - utan även att gips, som är ett ömtåligt material, ofta förstörs i samband med interna transporter. Respondenterna försöker av dessa anledningar förebygga interna transporter genom god planering vilket, enligt respondenterna, är av hög prioritet. Resultatet visar att planeringens nivå skiljer sig, likt byggproduktionen i övrigt, beroende på platsledningen. Somliga planerar i detaljnivå var gipsbuntarna ska stå, andra på övergripande nivå och "zon-nivå".

Ovanstående resultat är förenliga med studier från Larsson et al. (2008) , Wegelius-Lehitoneen och Sveriges byggtjänst.

En automatiserad process ställer avsevärt högre krav på det interna materialflödet än den traditionella processen. Representanter från Build-r menar i empirin att den interna materialhanteringen primärt kommer genomföras med egna operatörer. På så vis har de själva kontroll på gipsvallarnas placering, varpå roboten därefter arbetar efter gipsvallens koordinater. Då roboten navigerar enligt BIM-modellen är det av hög vikt att det faktiska materialet är placerat i dessa exakta koordinater - för att roboten ska kunna genomföra arbetet. Vid placering av pallar måste hänsyn tas till såväl roboten själv som andra aktörer. Idag är en optimal placering, enligt en respondent, minst en (1) meter från vägg - på så vis kommer även yrkesgrupper som målare fram. En robot kräver större ytor att operera på vilket medför att placeringen av pallarna, i enighet med en platschefs funderingar, blir kritiskt.

I ett längre perspektiv menar respondenter från fallföretaget Build-r att roboten kommer operera med en parkopplad robot, vilken har för avsikt att förse huvudroboten med material. I ett väl fungerande system skulle detta eliminera många av de problem som den traditionella, men även den mer kortsiktiga automatiserade processen, innebär för den interna materialhanteringen. Stående pallar skulle inte längre innebära ett hinder för andra yrkesgrupper, samtidigt som robotens färdväg optimeras. Detta ställer dock avsevärt högre krav på komplexiteten hos det automatiserade systemet och på robotarnas möjlighet att synkronisera, något som gör att detta endast kan ses som ett framtidsscenario.

Relationen mellan spillkostnader och intern materialhantering är tydlig. I det tidigare nämnda projektet Oxelvägen, ett pilot-projekt där diverse aktörer i gipsskivans värdekedja ingått i ett nära samarbete, planerades gipsvallarnas placering i detaljnivå. I detta projekt markerades gipsvallarnas tänkta placering ut i byggnadens med sprayfärg innan leverans. Vid leverans placerades gipsvallarna i den markerade rutan med minst en (1) meter till närmsta vägg. Materialet skulle därefter användas till zonen och ingen annanstans. På så vis minimerades de interna förflyttningarna, vilket minskade risken för skadat material. Platschefen ansvarig för projektet menade att i ett, sett till förutsättningarna, liknande projekt beläget i Göteborg uppgick andelen spill till 28-35%. I projekt Oxelvägen låg spillåtgången på 9%. Det går med dessa data att påvisa att en god planering och väl utförd materialhantering medför lägre spillåtgång.

Ett annat koncept vilket är frekvent återkommande i studien och som även faller under begreppet Lean är JIT, Just-In-Time leveranser. För gipsmaterial är flertalet respondenter vilka representerar huvudentreprenören och därmed det manuella gipsmontaget inte övertygade om att JIT nödvändigtvis är det bästa förhållningssättet då det rör sig om gipslogistik. Respondenternas främsta argument är att gips idag oftast levereras i samband med stomresning, en hantering vilken omöjliggör JIT. För flervåningshus kan därför en idé och vision om JIT-leveranser av gipsskivor förkastas. För två- och trevåningshus, där det är möjligt att lyfta in gips genom fasad eller bygghiss, finns dock möjlighet till JIT. En respondent menar att JIT innebär mycket fler transporter i byggnaden vilket, med hänsyn till ovanstående stycke, ökar risken för skadat material och därmed spill. En annan respondent menar å andra sidan att en av de stora fördelarna med JIT-leveranser är att materialet inte står på byggarbetsplatsen eftersom det då ofta står i vägen för andra aktörer och riskerar att bli skadat då man måste flytta på gipsbuntarna.

En respondent menar att gips, som är en bulkprodukt, kräver en buffert av material då det är för dyrt att stå utan om materialet tar slut. Respondenten menar att gipsskivemontaget är väldigt individuellt från yrkesarbetare till yrkesarbetare, där gipsåtgången kan skilja upp till 10 % beroende på yrkesarbetare. Vidare kan även yrkesarbetares kapacitet, dvs. gipsad yta per tidsenhet, skilja från person till person. Dessa resonemang försvårar därmed JIT i dagens situation.

En automatiserad process skulle på lång sikt kunna innebära en mer förutsägbar produktion än dagens individberoende som, i linje med en respondents resonemang, kan göra JIT-leveranser svårtillämpade. En automatiserad process innebär att roboten arbetar efter en bestämd kapacitet med en bestämd materialkonsumtion, vilken med hjälp av simuleringar gör det möjligt att ta fram trovärdiga prognoser för arbetets fortskridande samt vilket material det krävs för att genomföra arbetet. En simulering av en

automatiserad process vilken överensstämmer med det verkliga utfallet medför därför en stor potential för JIT-leveranser i framtidens produktion.

Respondenterna vilka representerar robotföretaget menar att JIT inte är den stora vinsten för ett automatiserat system men menar samtidigt att det, med en automatiserad process -vilken konstant lagrar produktionsdata, kommer gå att avgöra JIT-leveransers inverkan på byggproduktionen och därmed dess nytta. Respondenterna menar vidare att JIT-leveranser i byggbranschen kan innebära leveranser på dagsnivå, medan det i andra industrier kan vara leveranser med precision ända ner på sekundnivå. I byggindustrin tror de att den naturliga utgångspunkten borde vara att materialet levereras åtminstone den veckan det ska monteras.

Arbetskraftsflöde

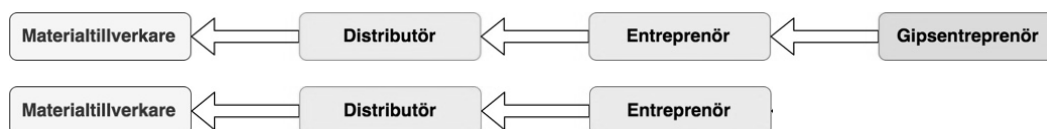
Under de genomförda intervjuerna har det framkommit att NCC, i majoriteten av sina projekt, genomför monteringen av gips i egen regi -antingen med egna eller med inhyrda snickare. Anledningen till detta är att installationen av gipsväggar, förutom monteringen av gips, innefattar ett flertal andra moment och aktörer vilka måste samordnas i syfte att få hela produktionen att flyta på så effektivt som möjligt. För att kunna hantera denna samordning är det ur entreprenörens synvinkel praktiskt att själv kunna styra gipsarbetet. En av de intervjuade platscheferna uttryckte det som att ”alla är beroende av gipsen”, med detta menar han att alla de andra arbetena på gipsväggen styrs av monteringen av gips.

Den spontana inställningen hos platscheferna är, i linje med tidigare resonemang, att robotunderentreprenören bör hyras in som arbetskraft för att utföra vissa delar av montaget eller vissa specifika väggar på ett liknande sätt som arbetskraft idag hyrs in för att täcka upp när den egna arbetskraften inte räcker till. Robotutvecklarna anser dock att branschen efterfrågar helhetslösningar där en robotunderentreprenör alltså ska ta ansvar för allt gipsmontage.

Vilken av dessa strategier som används kan få avgörande konsekvenser för den kringliggande försörjningskedjan och framförallt funktionen hos de informationsflöden vilka måste upprättas. Något som kan göra implementeringen enklare ifall robotutvecklarnas linje anammats är att robotunderentreprenören i det scenariot planerar att använda sig av egen personal, alternativt ingå partnerskap med specialiserade gipsmontörer för att sköta den automatiserade processen. Detta är en strategi som gör att det finns en buffert mellan den automatiserade processen och den resterande byggproduktionen, komplicerade moment och realtidskommunikation skulle då kunna ske direkt med personalen.

Externt informationsflöde

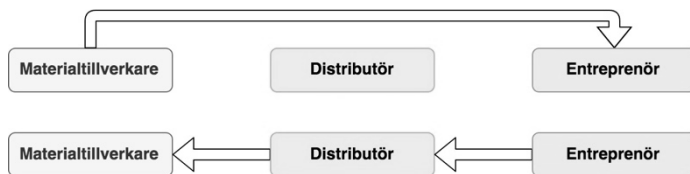
Kvaliteten på platsledningens planering och entreprenörens kommunikation med leverantör är förutsättningar för ett, ur ett logistiskt perspektiv, lyckat projekt. Det externa informationsflödet är således av hög prioritet för ett logistikeffektivt resultat. Vad som framkommit i resultatet från empirin är att informationsflödet oftast men inte nödvändigtvis går rakt uppströms materialflödet.



Figur 30 Det vanligaste externa informationsflödet

Flertalet respondenter har exempelvis under intervjuerna berättat om möjligheterna till fabriksleveranser. En fabriksleverans kännetecknas av att materialet beställs via distributör, men levereras från fabrik. Ett incitament till fabriksleveranser är att det är ekonomiskt fördelaktigt. En fabriksleverans skulle medföra att materialflödet sker från tillverkare till entreprenör, men att

informationsflödet sker från entreprenör till tillverkare, via distributör. I detta fall hanterar inte distributören materialet fysiskt.



Figur 31 Informationsflöde vid fabriksleverans

Tidigare i analysen framkom det att entreprenadbolagen inte centralt styr vilken aktör dess medarbetare ska handla material från. Entreprenadbolaget ger förutsättningar i form av RAM-avtal och digitala verktyg som inköpsportalen, men det är i slutändan upp till platschefen att bestämma var materialet ska inhandlas från. Detta kan motverka en effektiv leverantörsstrategi.

Detta överensstämmer med slutsatser från Borgbrant (2003).

Då byggmaterialet utgör upp till 50% av entreprenörens totalkostnad borde den aktör vilken ska tillhandahålla materialet ses som en del av byggprocessen. Under intervjuerna framkommer det dock att flertalet respondenter upplever att de idag har en god kontakt och relation med den leverantör de väljer att använda. Den relation som respondenterna byggt upp med diverse leverantörer under sin karriär tycks till viss del påverka val av leverantör. En respondent, vilken handlar från materialdistributören, tror att närkontakten till viss del kan gå förlorad om materialet istället handlas direkt från tillverkaren. Samtidigt menar materialtillverkaren att de frekvent arbetar med att upprätthålla goda relationer med andra aktörer i försörjningskedjan. Med en god kontakt kan tillverkaren exempelvis diskutera för- och nackdelar med diverse tekniska lösningar, men även diskutera logistikfrågor.

I projekt Oxelvägen arbetade entreprenören i ett nära samarbete med materialtillverkaren, vilket under intervjuerna framkommit är ett tämligen unikt samarbete i dagens byggproduktion. I projektet, som såväl entreprenören som materialtillverkaren menar har varit ett väldigt lyckat projekt, förmedlades bygghandlingar till tillverkaren i ett tidigt skede (cirka fyra månader innan stomresning).

Materialtillverkaren kunde på så sätt vara med och styra såväl tidplan, produkter och leveranssätt. Materialtillverkaren var med och kortade ner tidplanen, samt bidrog med expertis som innebar att antalet olika väggtyper minskade från tolv till endast tre. Platschefen för projektet menar att framgångsfaktorer för projektet var tillverkarens expertis, tidsvinsten på såväl arbetet som leveranserna, det längdanpassade materialet samt den digitala beställningsportalen i mobilapplikation-format vilken utvecklats av Gyproc.

I studien har det tydligt framkommit att byggbranschen sakta rör sig mot ett digitaliserat arbetssätt men att det fortfarande återstår mycket arbete innan användningen når hela vägen ut i produktionen. Digitala verktyg som BIM-modeller möjliggör ett rationellt informationsutbyte mellan aktörerna i värdekedjan och utgör således en stor potential för bättre externa informationsflöden. Det kan dock diskuteras om BIM, med dess digitala system och digitala informationsutbyte, hämmar närkontakt och relation mellan aktörerna i värdekedjan.

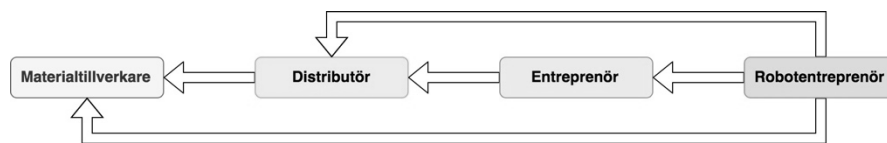
BIM och 4D-Simulering

Med BIM-verktyg kan ett obrutet informationsflöde genereras, där rätt aktör får rätt information, vid rätt tillfälle (SKL, 2019). Projektinformationen kan, via en BIM-tjänst med molnlagring, presenteras för respektive berörda parter på ett adekvat sätt. Under intervjuerna har det framgått att BIM-molntjänster idag inte är helt utvecklat i dagens produktion. En platschef menar att de arbetar med BIM-molntjänster i form av ett pds-system. Till detta system, vilket kan liknas med ett enkelt mappsystem, bjuds externa aktörer in. BIM-modellen uppdateras kontinuerligt under produktionen, varpå de externa aktörerna kan ta del av den nya informationen. Dock menar respondenten på att dagens verktyg är väldigt enkla, och att det därmed finns stor utvecklingspotential av systemet.

Något som utgör en utmaning för en automatiserad installationsprocess är att dess opererande bygger på felfria digitala handlingar i form av BIM-modeller. Bilden som erhållits genom intervjuer är att dessa

modeller redan används flitigt redan idag, framförallt i projekteringskedet, men att det inte sällan övergår till analoga pappersritningar i uppförandeskedet. För att den automatiserade installationsprocess ska fungera måste det således finnas en väl bearbetad digital grund, något som kommer ställa högre krav på detaljeringen i BIM-modellen och att den kontinuerligt uppdateras utifrån förändringar under produktionen.

Även om en automatiserad process ställer nya krav skapar den även stor potential för ett välutvecklat samarbete mellan olika aktörer i byggprocessen. Fallföretaget Build-r har för avsikt att genomföra 4D BIM-simuleringar, dvs. simuleringar av byggnadens uppförande över tiden, vilka kan användas för att planera och styra specifika arbetsmoment, samt styra flödet av material- och arbetskraft. Information från simuleringen tillsammans med övrig information vill de göra tillgänglig för alla aktörer i gipsinstallationens försörjningskedja genom ett transparent informationsflöde där alla aktörer har tillgång till samma information.



Figur 32 | ett framtida scenario är robotutvecklarnas förhoppning att ett transparent, digitalt informationsflöde ska möjliggöra för nya informationsflöden.

4D BIM-modeller kan således komma att spela en stor roll för en automatiserad process. Detta då simuleringar kan generera värdefull data om processens förväntade fortskridande och ligga till grund för projektplaneringen, vilket övriga aktörer genom en moln-tjänst kan ta del av. Fallföretaget planerar att genomföra så kallade *discrete event simulations*, vilket innebär att robotens arbete planeras i en datormodell där tidpunkt för montaget kan bestämmas för varje enskild skiva. Respondenterna vilka representerar robotföretaget tror att en sådan simulering kan generera information vilken är av värde för dels leveransplanering, men även för de efterföljande arbetsmomenten.

Beställning

Samtliga respondenter menar att det är av stor vikt att genomföra materialbeställningar i ett tidigt skede, framförallt då gips ska tas in vid stomresning och då materialet beställs direkt från materialtillverkaren. Många respondenter menar att de idag genomför beställningar med ett antal månaders framförhållning. Det är dock viktigt att skilja på beställning och avrop. I beställningen framförs en leveransplan, vilket avrop senare sker utefter. Med hjälp av NCC:s integrerade affärssystem "Inköpsportalen" kan platsledningen göra avrop på ett enkelt och smidigt sätt i den digitala applikationen.

Avrop och mindre beställningar från materialdistributörer görs generellt mellan ett par dagar och en vecka före planerad leverans. Vid inlyft vid stomresning måste dock materialet beställas med bättre framförhållning då det rör sig om stora mängder. Då materialet inte tas in vid stomresning utan, genom bygghiss/fasad under stomkompletteringen menar respondenterna att de vill ha materialet på arbetsplatsen cirka en vecka före montage för att inte riskera att stå utan material.

En automatiserad process kan möjliggöra förenklingar i beställningsprocessen. De intervjuade robotutvecklarna menar att informationsflödet kan innehålla prognoser på framtida beställningar samt sannolikheten för att dessa är korrekta, vilket kan förmedlas till samtliga aktörer i försörjningskedjan.

Vidare möjliggör en automatiserad process automatiska avrop. Med ett digitalt system kan roboten saldföra det material som finns på byggarbetsplatsen, samtidigt som systemet uppdateras i samband med montage. I ett digitalt system, där simuleringar, produktion och saldföring samverkar - finns möjlighet för roboten att per automatik avropa material från leverantören. Detta är ett scenario som flertalet respondenter inom platsledningen ställer sig positiva till. Vidare menar respondenterna att ett optimalt scenario hade innefattat en synkronisering mellan beställningarna och NCC:s verktyg "Lossningskalendern".

Mängdning

Mängdning förklaras som det moment där antalet gipsskivor som ska monteras beräknas. Sörenson och Higson (2015) beskriver hur mängdning i dagens byggproduktion sker under flertalet tillfällen, delvis av en anbudsingenjör i anbudsskedet men även av exempelvis en arbetsledare i produktionen. Under intervjuerna har resonemanget bekräftats, där respondenterna menar att de är intresserade av olika saker under de olika mängdningstillfällena.

Under anbudsskedet är entreprenören intresserad av totalkostnaden, varpå mängdningen sker på plan-nivå. Under slutmängdningen är de intresserade av antalet gipsskivor. Många respondenter påpekar att mängdningen kan ske externt, där exempelvis materialleverantören kan bistå platsledningen med mängdning.

En fördel med en automatiserad process är att resultatet från det traditionella mängdningsarbetet kan ingå i den simulering vilken robotföretaget planerar att utföra. I simuleringen, vilken sker ner på enhetsnivå för varje gipsskiva, kan därför antalet gipsskivor som krävs i produktionen bestämmas på ett rationellt sätt. Viktigt är dock att, i de fall då fallföretaget erbjuder mängdningstjänsten, även inkludera reglarna - detta då gipsskivor och regler idag mängdas tillsammans.

Internt informationsflöde

Det interna informationsflödet för gipsinstallationer, vilket är flödet av information mellan aktörerna på byggarbetsplatsen, inkluderar idag kommunikation mellan platsledning, snickare, installatörer och övriga aktörer såsom målare m.fl. Denna kommunikation utgörs idag främst av en muntlig dialog mellan aktörerna och arbetet koordineras till stor del i realtid av arbetsledaren. Platsledningen använder sig av veckovisa ”måndagsmöten” där alla aktörer närvarar för att stämma av och planera det fortsatta arbetet. För varje specifikt arbetsmoment tas även arbetsberedningar fram vilka mer eller mindre detaljerat beskriver hur arbetet ska utföras. Vilket nämnts tidigare används digitala hjälpmedel i mycket liten omfattning i denna delen av byggproduktionen.

För fallet med en automatiserad gipsinstallation tillkommer två nya aktörer i form av montageroboten och dess operatör, något som ställer nya krav på det interna informationsflödet. Vilket poängterats tidigare är bemanningen/arbetskraftsflödet kopplat till processen avgörande för hur omfattande dessa krav kommer vara i det initiala skedet eftersom en mer kompetent och tränad bemanning kan fungera som en buffert mellan den automatiserade processen och den övriga produktionen.

Sett till hela gipsinstallationens försörjningskedja torde, för en automatiserad produktion, flödet mellan entreprenör och underentreprenör, dvs. det interna informationsflödet, vara det mest kritiska flödet. Under intervjuerna framgår det att dagens byggproduktion är väldigt flexibel och anpassningsbar, detta då ändringar i produktionen är frekvent återkommande. Således är det av stor vikt att kommunikationen mellan platsledningen, operatör och robot sker på ett felfritt sätt, samtidigt som roboten på ett enkelt sätt måste kunna anpassa dess arbete. Exempel på en ändring kan vara att enkla andra sidan av väggen först, mm.

Vilket nämnts tidigare i detta kapitel planerar robotutvecklarna att använda sig av simuleringar för att generera information av värde även för de interna aktiviteterna på byggarbetsplatsen. Informationen om robotens arbete kan vara av intresse för att exempelvis på ett bättre sätt kunna schemalägga aktiviteter som installations- och målningsarbete. Vidare kommer den stora mängden data som samlas in under arbetet kunna förbättra och optimera framtida planering och arbete.

Från intervjuerna framgår det att samtliga respondenter, vilka har höga befattningar inom produktionen, ställer sig positiva till såväl simulering i ett tidigt skede som realtidssimulering av gipsskivemontaget. Utöver detta efterfrågar en del respondenter informationsflöden i form av dygnsrapporter, andra efterfrågar notiser då robotens arbete avviker markant från planeringen, detta för att möjliggöra extra insatser eller omplanering av andra moment. Många respondenter ställer sig positiva till utvecklingen av en automatiserad installation men hade samtidigt, med den korta betänketid som rådde under

intervjun, svårt att sätta sig in i hur produktionen kommer/bör se ut för att möjliggöra en sådan installation.

För att ge en bättre bild av de tillfrågade respondenternas inställning till olika frågeställningar kopplade till gipsinstallation och en automatiserad gipsinstallation, vilka berörts under intervjuerna, presenteras detta med hjälp av en matris nedan.

| | |
|------------|--|
| Positiv | |
| Neutral | |
| Negativ | |
| Framgår Ej | |

| | | | | | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| MT1 | MT2 | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | AL1 | AL2 | S1 | RU1 | RU2 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|

Dagens gipsinstallationer

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Direktleverans från tillverkare | | | | | | | | | | | |
| Leverans från distributör | | | | | | | | | | | |
| Längdanpassade gipsskivor | | | | | | | | | | | |
| JIT- leveranser av gips | | | | | | | | | | | |

Digitalisering och simulering

| | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Simulering | | | | | | | | | | | |
| BEAst | | | | | | | | | | | |
| Digitalisering | | | | | | | | | | | |
| Mängdning | | | | | | | | | | | |
| Beställning | | | | | | | | | | | |

Allmänt

| | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Robot | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Tillverkare: Respondentens inställning till direktleverans av gips från materialtillverkaren.

Distributör: Respondentens inställning till att använda distributören som leverantör av gipsskivor.

Längdanpassat: Hur är respondentens inställning till längdanpassade gipsskivor.

JIT: Hur är respondentens inställning till JIT-leveranser av gips.

Simulering: Hur är respondentens inställning till att få information från en simulering av gipsmontaget.

BEAst: Hur är respondentens inställning till att arbeta med märkning av pallar enligt BEAst label.

Digitalisering: Hur är respondentens inställning till en ökad digitalisering inom branschen.

Mängdning: Hur är respondentens inställning till att erhålla mängdning från UE-bolag.

Beställning: Hur är respondentens inställning till ett beställningssystem styrt av en robot.

Robot: Hur är respondentens generella inställning till en ökad robotik i byggbranschen.

6 Slutsats & diskussion

I detta kapitel presenteras svaren på studiens frågeställningar i den mån det är möjligt samt övriga relevanta slutsatser som dragits utifrån teori och empiri tidigare i rapporten. I kapitlet sammanfattas den bild som författarna skapat sig av försörjningskedjan för dagens gipsinstallationer samt hur denna kan komma att påverkas för fallet med en automatiserad installationsprocess. Vidare diskuteras möjliga utformningar hos de informationsflöden vilka kan bli aktuella vid en automatiserad installation.

6.1 Dagens försörjningskedja för gipsinstallation

En generell slutsats som kan dras från studien är att försörjningskedjan kopplad till dagens gipsinstallationer varierar beroende på det aktuella projektets typ, storlek och platschef's personliga preferenser.

Externt materialflöde

I dagens byggproduktion hanteras gipsskivor generellt som en standard-/bulkprodukt. Gipsskivor säljs i standardstorlekar och det finns ett antal olika tillverkare att välja mellan. Entreprenören behöver således inte ha någon längre framförhållning vid beställning av gips i standardlängder. Vid användning av längdanpassade gipsskivor ställs däremot högre krav på framförhållning och större volymer eftersom materialet måste kapas till på fabrik. Längdanpassade gipsskivor används idag främst i lägenhetsprojekt där takhöjden oftast är fast i hela projektet.

Större byggentreprenörer sköter i stort sett alltid tillhandahållandet av material fram till lossning själva, oavsett om det är företagets egen personal eller en underentreprenör som sköter montaget. I dagsläget väljer många av den tillfrågade entreprenörens platschefer att använda sig av en materialdistributör som leverantör för allt material till innerväggarna, något som motiveras av att beställningen är smidig och att distributören har möjlighet att aggregera olika byggnadsmaterial i samma leverans. Några av respondenterna anser dock att det finns fördelar med att beställa direkt från materialtillverkaren då de kan få ner priset.

Internt materialflöde

Generellt har följande strategier för den interna materialhanteringen kunnat urskiljas:

1. Att med kran lyfta in och placera ut gipsbuntar strategiskt i samband med stomresning.
2. Att transportera in materialet genom bygghiss eller med teleskoplastare under stomkompletteringen.
3. Att använda sig av ett externt logistikföretag vilka tar in materialet enligt strategi två.

Vid byggnation av bostadshus och kontorshus med många våningar är strategi nummer ett dominerande eftersom transport av skivorna med hiss eller teleskoplastare i dessa fall är allt för omständligt eller helt omöjligt. För lägre byggnader med mer öppna planlösningar öppnas möjligheten för strategi nummer två. Fördelen med att använda ett externt logistikföretag för att sköta den interna materialhanteringen

beskrivs vara möjligheten till att ta in materialet på eftermiddagar och kvällar, när detta inte stör den övriga produktionen.

Två avgörande aspekter som påverkar den interna materialhanteringen av gipsbuntar är den höga vikten kombinerat med att gipsskivorna lätt går sönder. En respondent uppgav att så mycket som tre gipsskivor i varje bunt kan behöva slängas på grund av skador under hanteringen. Dessa aspekter gör att man i dagens byggproduktion i största utsträckning undviker förflyttningar av gipsbuntar inne på byggarbetsplatsen. Av tidigare nämnda anledningar samt en rädsla för att stå utan gips till yrkesarbetarna är JIT leveranser av gipsskivor sällan förekommande i dagen produktion.

Arbetskraftsflöde

Den i fallstudien studerade byggtreprenören utför, i majoriteten av sina projekt, monteringen av gipsskivor i egen regi. Antingen genomförs detta med egna eller med inhyrda snickare. Det förekommer mycket sällan att större byggtreprenörer säljer ut hela arbetet på underentreprenad. Delvis eftersom installationen av gipsväggar förutom monteringen av gips innefattar ett flertal andra moment och aktörer vilka måste samordnas i syfte att få hela produktionen att flyta på så effektivt som möjligt.

Externt informationsflöde

Det externa informationsflödet kan se olika ut beroende på vilken information man syftar på. Produktfrågor kan exempelvis gå direkt från gipsunderentreprenör till materialproducent medan beställningar av gipsskivor i de flesta fall sker rakt uppströms materialflödet. Det förekommer dock även så kallade fabriksleveranser där materialet beställs via distributören men levereras direkt från fabrik. Beställningar sker per mail, telefon eller webbaserade inköpsportaler beroende på platschef och materialleverantör. Mellan distributör och gipstillverkare används EDI (Electronic Data Interchange).

Internt informationsflöde

Det interna informationsflödet är i dagens produktion främst en verbal dialog mellan platschef, arbetsledare, yrkesarbetare och övriga aktörer. Information om planering och arbetsberedningar kommuniceras genom veckovisa möten där alla aktörer närvarar och de ritningar som används finns generellt i pappersform. Innan stomkompletteringen påbörjas upprättar platsledningen en övergripande tidsplan med start och sluttider för de olika momenten medan den mer detaljerade planeringen utförs av arbetsledaren, vilken mer eller mindre koordinerar arbetet i realtid.

Byggbranschen rör sig långsamt mot mer digitaliserade informationsflöden, dels genom användningen av BIM-modeller men även i form av digitala hjälpmedel för specifika uppgifter såsom NCC:s leveransplaneringsverktyg "lossningskalendern" och deras webbaserade inköpsportal. Omfattningen av digitala informationsflöden skiljer sig från projekt till projekt och den generella uppfattningen är att det än så länge inte tillämpas fullt ut. Vissa av aktörerna i det externa materialflödet använder sig av EDI men majoriteten av kommunikationen går fortfarande via mail eller telefon.

6.2 Skillnaderna mellan dagens manuella installation och en automatiserad gipsinstallation

Företaget, vars automatiserade gipsinstallationsprocess studerats i rapporten, ämnar automatisera dagens process med så lite inverkan på själva byggsystemet och den resterande byggproduktionen som möjligt. Detta tror företaget är essentiellt för att möjliggöra en implementering i byggbranschen. Trots denna inställning hos robotutvecklarna kommer ett automatiserat montage medföra vissa skillnader då

roboten ställer högre krav på planering, struktur, digitalisering av information och manöverutrymme på byggarbetsplatsen. En förutsättning för ett effektivt användande av en automatiserad installation är även användningen av längdanpassade gipsskivor.

Under stomkompletteringsskedet arbetar ett flertal olika aktörer i form av bland annat snickare, installatörer och målare på lättväggarna samtidigt. I dagens byggproduktion är det upp till varje projekts platschef att själv bestämma hur samordningen och logistiken kring arbetet ska gå till, något som i ett långsiktigt perspektiv kommer vara utmanande för en automatiserad produktion då den av princip är mindre flexibel än traditionell arbetskraft. Detta kan innebära att mer omtanke behöver ägnas åt att planera och samordna arbetet i ett tidigare skede.

För att roboten ska kunna hitta utställda gipsbuntar måste dess läge vara känt för roboten. Detta innebär att gipsbuntar måste placeras på i förväg bestämda positioner eller att dess lägen matas in i BIM-modellen efterhand. Vid utplacering av gipsbuntar och annat material räknar man idag med att behöva en meter fri yta i anslutning till gipsväggen för att kunna utföra den manuella monteringen, ett avstånd som ökar för ett automatiserat montage. Att se till att roboten får plats och att inte gipsbuntar eller annat material står i vägen kan utgöra en utmaning.

En förutsättning för ett automatiserat montage av gipsskivor är att den digitalisering av informationsflöden, i vilken användningen av BIM modeller spelar en avgörande roll, tar ytterligare kliv framåt. Dessa utgör grunden för att roboten ska kunna navigera på arbetsplatsen men även för den simulering vilken förväntas ge viktig information om processen. Förutom själva existensen av BIM modellen krävs det att information är uppdaterad och överensstämmande med den faktiska byggnaden.

En automatiserad installation har potentialen att medföra stora vinster i form av förbättrad arbetsmiljö då yrkesarbetare slipper utföra många tunga och repetitiva moment, samt ökad effektivitet då den automatiserade monteringen i framtiden skulle kunna ske utanför dagens arbetstider.

En aspekt som lyfts fram av robotutvecklare är möjligheten att simulera den automatiserade processen i en så kallad 4D BIM modell. Simulering i kombination med processens förutsägbarhet möjliggör bättre planering och kan potentiellt möjliggöra JIT-leveranser. Även möjligheten till kontinuerlig datainsamling utgör en potential då dessa data i senare skede skulle kunna användas för att styra produktionen och ta mer välgrundade beslut.

6.3 Förutsättningar och förslag på försörjningskedja för en automatiserad gipsinstallation

Externt materialflöde

Under förutsättningen att den automatiserade installationsprocessen enbart kommer använda sig av längdanpassade skivor och i förlängningen helt anpassade skivor övergår gipsskivan från att vara en standard-/bulkprodukt till en mer skräddarsydd produkt. I linje med detta resonemang är det rimligt att anta att det externa materialflödet på lång sikt kan väntas anta ett utseende liknande mer skräddarsydda produkter. Då längdanpassning utförs idag, görs detta av gipstillverkaren direkt på fabrik och skivorna levereras generellt direkt till byggarbetsplatsen. Ett materialflöde för mer längdanpassad eller helt anpassat gips tjänar således lite på att gå via en materialdistributör.

Nackdelen med att inte använda sig av en materialdistributör är förlusten av förmågan att aggregera olika material i samma leverans och möjligheten att avropa mindre mängder material, något som kan bli ett problem i fallet för en automatiserad installation där tillgången på fritt utrymme kan förväntas extra betydelsefull. För större projekt finns stora ekonomiska incitament för entreprenören att handla direkt från materialtillverkaren men dessa ska inte övervärderas i relation till de dolda kostnader som kan uppstå i samband med en mer omfattande intern materialhantering.

Internt materialflöde

På samma sätt som i dagens produktion bör valet av strategi för den interna materialhanteringen grunda sig i typen av byggprojekt även vid användningen av ett automatiserat montage. Vid byggnation av högre byggnader kommer det med största sannolikhet fortsättningsvis vara fördelaktigt att ta in gips vid stomresning, något som dock kräver att gipsbuntarnas utplacering planeras i samråd mellan robotunderentreprenören och entreprenören i tidigt skede för att undvika stora omförflyttningar i senare skede.

Vid lägre och mer öppna byggnader kan JIT leveranser vara ett intressant alternativ för en automatiserad process. Dock är längdanpassade gipsskivor i dagsläget mindre förenligt med JIT eftersom skivorna generellt levereras direkt från fabrik, kvantiteten måste vara stor och leveranstiden kan vara upp till ett par veckor. I ett initialt läge kan JIT leveranser därför ses som mest attraktiva i projekt där längdanpassat gips inte är nödvändigt, vilket exempelvis skulle kunna vara köpcentrum eller kontor utan ljudkrav, där gipsen endast löper från golv till undertakets nivå.

I framtiden kan detta komma att förändras i de fall då de planerade 4D-simuleringarna uppnår tillräcklig precision. Simuleringen skulle i dessa fall kunna användas för att ge materialtillverkaren tillräckligt exakta prognoser för att denne ska kunna leverera gipset JIT.

Arbetskraftsflöde

En generell slutsats studien visat på är vikten av ett väl genomtänkt arbetskraftsflöde/bemanning för den automatiserade installationsprocessen. Resultatet från fallstudien tyder på att den spontana inställningen hos platschefer är att robotunderentreprenören bör hyras in som arbetskraft för att utföra vissa delar av montaget eller vissa specifika väggar medan robotunderentreprenören anser att branschen efterfrågar helhetslösningar där underentreprenör tar ansvar för allt gipsmontage.

Något som kan göra implementeringen enklare ifall det andra alternativet tillämpas är att robotunderentreprenören i det scenariot planerar att använda sig av egen personal, alternativt ingå partnerskap med specialiserade gipsmontörer för att sköta den automatiserade processen. Detta är en strategi som gör att det finns en buffert mellan den automatiserade processen och den resterande byggproduktionen, komplicerade moment och realtidskommunikation skulle då kunna ske direkt med personalen.

Externt informationsflöde

Genom ett transparent digitalt informationsflöde, där alla aktörer från materialtillverkare till underentreprenörer har tillgång till samma information, kan informationsvägar förkortas och nya typer av försörjningskedjor möjliggöras. Detta sätt att tänka på informationsflöden möjliggörs idag endast genom en full implementering av BIM eller liknande system i hela byggindustrins försörjningskedja.

En slutsats från studien är att branschen just nu är inne i en omställningsfas där man rör sig långsamt mot ett mer digitaliserat arbetssätt, varför det är svårt att utreda exakt vilka format och system som kommer vara aktuella framöver. Det är således viktigt att vara lyhörd för vilket håll branschen rör sig samtidigt som det också finns möjlighet att påverka den. En förhoppning är att branschen samlas kring en standard för dessa digitala informationsflöden inom den närmaste framtiden.

Genom att sluta cirkeln av digitalisering i byggproduktionen kan även en automatiserad installationsprocess per automatik öppna upp för automatisering av ytterligare arbetsuppgifter och informationsflöden vika idag sker analogt.

I genomförda intervjuer har samtliga tillfrågade ställt sig positiva till tjänster såsom automatisk mängdning och avrop av material men är måna om att inte lämna ifrån sig kontrollen till en underentreprenör. Det är således av vikt att utforma sådana system för att inkludera platsledningen i

beslutsprocessen. Vidare poängteras även vikten av att inte plocka russinen ur kakan genom exempelvis enbart mängda gipsskivor och inte ta med regler.

Under förutsättningen att en mer tillförlitlig planering kan uppnås genom simuleringar ställer sig den i studien tillfrågade materialtillverkaren positiv till att i framtiden kunna få prognoser på kommande materialbeställningar för att på det sättet kunna styra sin produktion.

Internt informationsflöde

En automatiserad gipsinstallation skapar nya förutsättningar för det interna informationsflödet då delar av dagens muntliga dialog mellan de inblandade aktörerna måste ske digitalt. Vilket framgån timer tidigare i slutsatsen har arbetskraftsflödet kring den automatiserade processen stor påverkan på de krav som ställs på kommunikationen och i linje med detta resonemang är det lämpligt att inledningsvis använda sig av tränad personal för att bemanna processen. Tränad personal möjliggör för mindre avancerade informationsflöden då kommunikationen inledningsvis kan ske på samma sätt som i dagens produktion.

Ett mer framtida scenario där roboten förutses arbeta helt autonomt kommer kräva betydande förändring och strukturering av dagens arbetssätt, då alla aktörer måste förhålla sig till en i förväg bestämd planering.

Det kan konstateras utifrån intervjuer att platsledningen ställer sig positiv till att simuleringar används både för planering och för koordinering av övriga aktörer under produktionen. Vidare önskar de att kontinuerligt delges information om hur arbetet fortlöper. Detta kan vara information om avklarad arbete och notiser om störningar. Det är även viktigt att den automatiserade installationen kan agera flexibelt då ändringar och förseningar är vanligt förekommande i dagens byggproduktion.

För att möjliggöra sådana synergier vilka presenterats tidigare i slutsatsen krävs en digitalisering i hela materialflödet. För det interna materialflödet innebär detta möjligheten att hela tiden kunna överblicka vilket material som finns på byggarbetsplatsen och var det står. BEAst label, vilken uppmärksammats under studien, utgör en standard för märkning av varor som även möjliggör en digitalisering av hela flödet då märkningen kan läsas av och informationen kan lagras.

6.4 Fortsatt forskning inom området

En av de slutsatser som dragits i rapporten är vikten av ett digitaliserat informationsflöde i hela byggproduktionen, något som ställer krav på organisationsöverskridande standarder. För framtida studier inom området för en automatiserad byggproduktion är en rekommendation därför att undersöka vilka standarder som finns idag samt vilka standarder som skulle behövas för ett digitaliserat informationsflöde kopplat till materialflöde avseende upphandling, beställning, produktionsdata, avrop, mm.

Ytterligare aspekt vilken diskuterats i rapporten är huruvida en automatiserad underentreprenör bör ta helhetsansvar för dess arbete, eller agera arbetskraft åt huvudentreprenören. Detta är något som skulle vara intressant att undersöka vidare. Även distributörens roll, vilken kan komma att förändras i en framtida automatiserad produktion, kan vara ett intressant mål för fortsatta studier.

Det bör noteras att det ej är realistiskt att tro att en automatisering av gipsmontering i en driftssituation kan ske i ett enda steg. Det rimliga är att införandet av en automatisering sker i flera steg där robustheten och flexibiliteten för den automatiserade processen succesivt uppgraderas. Ett villkor för framgång är att samtliga inblandade partner har en samsyn kring de troliga stegen samt att de för varje steg har enats om en realistisk fördelning av ansvar.

För vidare forskning inom ämnesområdet för automatiserad gipsinstallation rekommenderas fallstudier och studier av data från Build-r:s kommande pilotprojekt. Studier av faktiska fältförsök kan bidra till

större förståelse för den automatiserade installationsprocessen och möjliggöra för mer konkreta förslag gällande dess försörjningskedja.

Analys av data från pilotprojekten kan ligga till grund för att undersöka hur sådan produktionsdata på bästa sätt kan användas i de simuleringar Build-r planerar att göra. Vidare skulle det vara intressant att undersöka simuleringens potential för en bättre samordning av aktörerna involverade i innerväggsproduktionen.

Denna studie har avgränsats till kommersiella fastighetsprojekt, samtidigt är bostadsbyggandet kanske det som är i störst behov av effektivisering. Intressant hade därför varit att undersöka vilka krav bostadsbyggande ställer på en automatiserad byggproduktion och hur man skulle kunna förändra bostadsbyggande för att underlätta en automatiserad produktion

7 Referenser

- Arch2o. (2019). "Robotization" of BIM : How Robots Could Improve BIM Workflow
<https://www.arch2o.com/robotization-bim-robots-improve-bim-workflow/> [2019-03-19]
- Aronsson, H., Ekdahl, B. och Oskarsson, B. (2004) Modern Logistik - för ökad lönsamhet. Malmö: Liber
- Balaguer, C. (2004). Nowadays trends in robotics and automation in construction industry: Transition from hard to soft robotics. University Carlos III of Madrid.
- BEAst (2016). BEAst Label, Manual för märkning av leveranser till byggarbetsplatser. https://www.beast.se/wp-content/uploads/2013/11/BEAst-Label_Manual_v1-03.pdf [2019-04-13]
- Bell, J. (2000). Introduktion till forskningsmetodik. Lund: Studentlitteratur AB.
- Bertze, A. (2016). Från BIM-modell till logistik. Uppsala Universitet.
- Björmland, D. (2003). Logistik för konkurrenskraft - ett ledaransvar. Malmö: Liber.
- Bock, Thomas. (2008). Construction Automation and Robotics. TU Munchen.
- Borgbrant, J. (2003). Byggprocessen i ett strategiskt perspektiv. Stockholm: Byggkommissionen.
- Boton, C., Kubicki, S. & Halin, G. (2015). 4D/BIM simulation for pre-construction and construction scheduling. Multiple levels of development within a single case study. Creative Construction Conference.
- Brehm, E. (2019). Robots for masonry construction – Status quo and thoughts for the German market. Karlsruhe University of Applied Sciences.
- Bureau of Economic Analysis (BEA), Hideyuki (2011)
- ByggAi (N.D.). Arbetsinstruktion. <https://byggai.se/ai/0060-63KBC32.pdf> [2019-03-12]
- Byggindustrin (2008). Flytta gips - en lönsam affär.
<http://byggindustrin.se/artikel/nyhet/flytta-gips-en-lonsam-affar-10774> [2019-02-17]
- Byggindustrin (2019). Intresset för byggindustrin har vaknat. <http://byggindustrin.se/artikel/nyhet/intresset-bygglogistik-har-vaknat-24664> [2019-03-19]
- Byggindustrin (2013). Ny framtid för bim - i molnet. <http://byggindustrin.se/artikel/debatt/ny-framtid-bim-i-molnet-18732> [2019-04-01]
- CSCMP (2019). Supply Chain Management Definitions and Glossary.
https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921 [2019-02-05]
- Danielson, P. (2007). Terminalisering hos JM. Luleå Universitet
- Ding, L., Wei, R. & Che, H. (2014). Development of a BIM-based automated construction system. Institute of Construction Management, School of Civil Engineering and Mechanics: Huazhong University of Science and Technology.
- Ekvall, T. (2017). Är produktiviteten låg i svenskt byggande? Prognoscentret <https://prognoscentret.se/artikel/produktiviteten-lag-i-svenskt-byggande/?fbclid=IwAR22Zcn2hSCwEJRC6j2allihpW4AWc7VrdWnJRQaPufEoPtXC17Nd6LSbUw> [2019-03-04]
- Gunnarsson, R. (2002). Validitet och Reliabilitet
http://infovoice.se/fou/bok/10000035.shtml?fbclid=IwAR3LDRNWuig6_unTqVgM5baCYICbjbBvDUlOcJxuD377wfHZb51V70cXgZ8 [2019-03-10]
- Gyproc (2018). Gipsskivor och andra byggskivor. <https://www.gyproc.se/produkter/gipsskivor-och-andra-byggskivor> [2019-02-22]
- Hansson, B., Olander, S., Landin, A., Aulin, R. & Persson, U. (2015). Byggledning Projektering. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur AB.
- Holgersson, S. och Wootz, B. (1991) Byggmaterialmarknaden. Stockholm: Byggförlaget.
- Holme, Idar Magne & Solvang, Bernt Krohn (1997). Forskningsmetodik: om kvalitativa och kvantitativa metoder. 2., [rev. och utök.] uppl. Lund: Studentlitteratur

- Husbyggaren (2005). Byggmaterial som levereras i exakt tid sparar pengar.
<http://www.husbyggaren.se/artiklar/915079352.html> [2019-02-20]
- Hyll, H. (2005). *Logistical Principles in Construction Supply Chains*. Lic.-avh. Lunds Tekniska Högskola
- Jakobsson, Ulf (2011). *Forskningens termer och begrepp*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Jarnbring, J. (1994). *Byggarbetsplatsens materialflödeskostnader: en studie av struktur, storlek och påverkansmöjligheter*. Lic.-avh. Lund : Univ.
- Jonsson, P. & Mattsson, S.-A. (2005). *Logistik - Läran om effektiva materialflöden*. Lund: Studentlitteratur
- Katz, D. Kenney, J. Brock, O. (2008). How can robots succeed in unstructured environments. In *Workshop on Robot Manipulation: Intelligence in Human Environments at Robotics: Science and Systems*
- Larsson, B., Hjort, B., Söderlind, L. & Wennersten, M. (2008). *Logistik vid husbyggnad - några praktikfall*. Göteborg: Sveriges Byggingustrier.
- Mentzer, J.T., DeWitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D. & Zacharia, Z.G. (2001). *Defining Supply Chain Management*. *Journal of Business Logistics*.
- Navon, R. & Berkovich, O. (2005). *Development and On-Site Evaluation of an Automated Materials Management and Control Model*. American Society of Civil Engineers: *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Neelamkavil, J. (2009). *Automation in the prefab and modular industry*. National Research Council Canada.
- Nordstrand, Uno (2008). *Byggprocessen*. 4., [rev.] uppl. Stockholm: Liber
- Patel, R. & Davidson, B. (2003). *Forskningsmetodikens grunder*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Poppy, W. (1994) 'Driving forces and status of automation and robotics in construction in Europe', *Automation in Construction*, 2(4), pp. 281–289.
- Prevent (2015) Effektivare med 5S-metoden.
<https://www.prevent.se/globalassets/documents/prevent.se/arbetsmiljoarbete/verksamhetsutveckling/5s/effektivare-med-5s-metoden.pdf> [2019-03-19]
- Prognoscentret (2017). Är produktiviteten låg i svenskt byggande?
<https://prognoscentret.se/ar-produktiviteten-lag-i-svenskt-byggande/> [2019-04-01]
- Punch, K.F. (2005). *Introduction to Social Research: Quantitative and Qualitative Approaches*. 2:a uppl. London: Sage.
- Sahlgrenska Akademin (2011). *Validitet och reliabilitet*.
<http://infovoice.se/fou/bok/10000035.shtml> [2019-05-01]
- Stockholms Universitet (2019). *Användning av hypotetisk-deduktiv metod*.
<https://people.dsv.su.se/~hk/vetenskapsteori/f3a.htm> [2019-02-04]
- Sveriges Kommuner och Landsting (2017). *BIM - digitalisering av byggnadsinformation*.
<https://webbutik.skl.se/bilder/artiklar/pdf/7585-513-4.pdf?issuosl=ignore> [2019-02-17]
- Sjöholt, O. (1999). *Bedre byggelogistikk - praktiske tips*. Norges byggforskningsinstitutt.
- Söderström, Magnus. (2013) *Ny framtid för bim - i molnet*. Byggingustrin.
<https://byggindustrin.se/artikel/debatt/ny-framtid-bim-i-molnet-18732> [2019-02-27]
- Sörensen, M & Higson, A. (2015). *Optimering av gipshantering inom produktion - reducering av onödiga kostnader*. Kungliga Tekniska Högskolan.
- Tomlan, Michael A. & Jester, Thomas C. (red.) (2014[2014]). *Twentieth-century building materials: history and conservation*. Los Angeles, California: Getty Conservation Institute
- Träguiden (2017). *Innerväggar*
<https://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktiv-utformning/stomkomplettering/ej-barande-vaggar/innervaggar/> [2019-03-19]
- Vrijhoef, R & Koskela, L. (2000). *The four roles of supply chain management in construction*. *European Journal of Purchasing & Supply Management*.
- Wegelius-Lehtonen, T. (2000). *Performance measurement in construction logistics*. Department of Industrial Management, Helsinki University of Technology
- Wegelius-Lehtonen, T. & Pahkala, S. (1998). *Developing material delivery processes in cooperation: An application example of the construction industry*. Helsinki University of Technology.
- Xue, X., Li, X. & Shen, Q., Wang, Y. (2005). *An agent-based framework for supply chain in construction*