SBUF

ID: 13687

CHALMERS

vti

LINKÖPINGS UNIVERSITET

EFFEKTIVA MATERIALFLÖDEN HOS INSTALLATÖRER VIA SAMORDNADE INFORMATIONSFLÖDEN

Micael Thunberg och Anna Fredriksson (Linköpings universitet)
Linea Kjellsdotter Ivert (VTI)
Mats Johansson (Chalmers Tekniska Högskola)

2020-04-06

SBUF stödjer
forskning & utveckling
som leder till
praktisk handling

FÖRORD

Detta projekt har finansierats av SBUF, svenska byggbranschens utvecklingsfond. Projektets ledningsgrupp har bestått av forskare från Linköpings universitet (Micael Thunberg och Anna Fredriksson), Statens väg och transportforskningsinstitut (Linea Kjelsdotter Ivert) samt Chalmers tekniska högskola (Mats Johansson). Dessa har alla likvärdigt bidragit till projektets framfart och resultat. Utöver dessa har andra företag och organisationer bidrag med sin kunskap och erfarenhet. Dessa är i alfabetisk ordning Assemblin, Bravida, Caverion, CS logistics, Dahl, IFS, Installatörsföretagen, Lindab, Myloc, Ncc, Optimera, Paroc, Peab, Pipe Chain, Ragnsells, Region Västerbotten, Schenker, Sefab, Skanska, Tyringe och ÅF.

Tack för allt ert stöd under detta projekt!

Författarna, mars 2020.

SAMMANFATTNING

Efter avslutat projekt går det att dra slutsatsen att mycket finns att göra gällande att effektivisera de 50–80 % av materialflödena till ett byggprojekt som installatörerna står för. Olika bygglogistiklösningar som finns på marknaden kan ha en positiv effekt på kostnaderna för installatörerna men många av de verktyg och system för ekonomisk hantering som finns kan inte på ett fullgott sätt visa på ekonomiska vinster med bygglogistiklösningarna samt hur man kan dra nytta av dom. I detta projekt har vi utvecklat en roadmap för vilka kostnadsposter som bör undersökas när en bygglogistiklösning ska utvärderas. Själva utvärderingen bör göras inför införandet men även under tiden. Genom olika case har denna roadmap testats och resultaten visar på att tidsvinster för materialhantering, fakturahantering och avfallshantering kan visualiseras. Figurerna nedan visar vilka kostnadsposter som bör utvärderas (Transport, Lagerhållning, Avfall, Administration, Materialhantering och Lagerföring) och ett exempel på vad exakt kopplat till Transportkostnader. Det övergripande syftet med projektet är att förbättra installatörers logistik, dvs material och informationsflöden och på så sätt öka resurseffektiviteten i byggkedjan. En prioriterad del är att kunna kvantifiera effekten av olika förslag för att uppnå en förbättrad logistik, för att göra detta behöver företag dela data och information (leveransinformation, leveransplanering och projektinformation). Denna data och information behövs för två syften; 1) uppföljning av kostnader av och nyttor med logistik, 2) för att kunna öka nyttan med logistik behövs information som koordinerar olika arbetsmoment. Det finns dock fortfarande stora kunskapsluckor kring hur informationsdelningen ska gå till, dvs processen kring informationsdelningen och nyttiggörandet av informationen, samt mer precist vilka effekter bättre information får på materialflödet och därmed resurseffektiviteten i företagen. Fortsatt arbete berör:

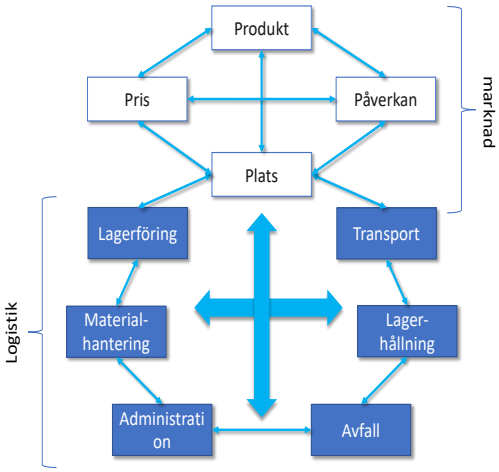
1. Forskning om hur man kan identifiera kostnadsfördelning i en försörjningskedja vid införandet av en bygglogistiklösning.

2. Forskning om hur man kan identifiera ansvarsfördelning i en försörjningskedja vid införandet av en bygglogistiklösning.

3. Forskning om hur ett affärssystem ska utformas för att kunna samla in nödvändig data och visa på kostnadsfördelningar i en försörjningskedja.

Nyckelord: Bygglogistiklösningar, Totalkostnadsutvärdering, Installatörer

KOSTNADS-POST	AKTIVITET	KOSTNADS-DRIVARE	VEM HAR ANSVARET			
			Logistiklösning		Traditionellt	
			Aktör 1	Aktör 2	Aktör 1	Aktör 2
TRANSPORTER	Planering	Ansvar				
		Antal transporter				
		Express				
		Transportkostnad				
		Fyllnadsgrad				
	Mottagning	Ansvar				
		Turn around tid				
		Antal hanteringar/förflyttningar i snitt per mottaget gods				
		Antal lull				
		Lull utnyttjande grad				
		Antal godsmottagare				
		Smarta container				
		Antal samtal/mail leverantörer				



INNEHÅLL

1 INTRODUKTION 1

1.1 PROBLEMBESKRIVNING 1
1.2 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING 1

2 LITTERATUR 1

2.1 TOTALKOSTNADSMODELLERING 1
2.2 KOSTNADSFÖRDELNINGAR I FÖRSÖRJNINGSKEDJOR 2
2.3 INSAMLINGSSYSTEMETS KOSTNADER 3

3 METOD 4

3.1 FALLSTUDIE NUS 5
3.2 FALLSTUDIE BYGGVARUHANDEL – LOKAL ENTREPRENÖR 6
3.3 FALLSTUDIE INSAMLINGSSYSTEM AV BYGGAVFALL 6

4 TOTALKOSTNADSMODELLERING 7

4.1 BEHOV AV BYGGLOGISTIK 8
4.2 TRANSPORT 8
4.3 LAGERFÖRING, LAGERHÅLLNING OCH MATERIALHANTERING 9
4.4 AVFALL 10
4.5 ORDER OCH FAKTURAHANTERING 13
4.6 SAMMANSTÄLLNING AV POTENTIALEN AV BYGGLOGISTIK 13
4.7 FORTSATT FORSKNING - ROADMAP 15

5 AVSLUTANDE DISKUSSION 17

5.1 SLUTSATSER 17
5.2 NYTTAN MED PROJEKTET 18
5.3 FORTSATT ARBETE 19

LITTERATURFÖRTECKNING 19

1 INTRODUKTION

1.1 Problembeskrivning

Just nu testas många olika lösningar för att effektivisera materialflödet i byggbranschen. Det vanligaste är att basera lösningen på en check-point eller en terminal och sedan ha ett antal ytterligare tillagda logistikaktiviteter (Fredriksson et al., forthcoming) Målet med en check-point-lösning är att åstadkomma tidsstyrda leveranser och minska trängseln på och omkring byggarbetsplatsen (ibid). Målet med en terminallösning är att minska antalet transporter sista biten in till byggarbetsplatsen (Janné och Fredriksson, 2019). Det vanligaste sättet med en terminal är att leverera material med en tillräckligt hög fyllnadsgrad i transporten direkt till byggarbetsplats medan övrigt går via terminalen (Janné och Fredriksson, 2019; Lundesjö, 2011). Om det körs via terminalen, tas materialet emot, kontrolleras, registreras och lagras i väntan på att bli avropat från byggarbetsplats (Lundesjö, 2010; 2011). När materialet avropas plockas, packas och levereras materialet till byggarbetsplatsen. Om så önskas av entreprenören kan ytterligare värdeadderande aktiviteter såsom kittning och inbärning läggas till (Janné och Fredriksson, 2019; Lundesjö, 2010). Det finns stor potential i denna typen av lösningar, dock är det osäkert hur de påverkar logistikkostnaderna för olika aktörer (Janné och Rudberg, 2017). Byggmaterial idagsläget är ofta beställda inklusive leverans, vilket innebär att logistikkostnaderna på sätt och vis är osynliga och inte ses som verkliga kostnader av byggaktörerna (Fang och Ng, 2011).

1.2 Syfte och frågeställning

Det övergripande syftet med projektet är att förbättra installatörers logistik, dvs material och informationsflöden och på så sätt öka resurseffektiviteten i byggkedjan. En prioriterad del är att kunna kvantifiera effekten av olika förslag för att uppnå en förbättrad logistik. Tidigare studier har gett god förståelse för vilken typ av information (leveransinformation, leveransplanering och projektinformation) som behöver delas. Det finns dock fortfarande stora kunskapsluckor kring hur informationen ska delas, dvs processen kring informationsdelningen och nyttiggörandet av informationen, samt mer precist vilka effekter en effektivisering i informationsflödet får på materialflödet och därmed resurseffektiviteten i företagen.

Syftet har uppfyllts genom tre fallstudier som har studerats närmare. I en av fallstudierna studeras effekterna på material- och informationsdelning samt kostnadsdelning vid införandet av en terminallösning. I fallstudie två studeras vad som händer med kostnad- och roll-/ansvarsfördelning när en bygglogistiklösning implementeras. Till sist, det tredje fallet studerar insamlingssystemet av byggavfall.

2 LITTERATUR

Konsten att modellera totalkostnader kopplat till logistik bygger på teorin bakom transaktionskostnader (*Transaction Cost Theory*) utvecklad av Commons på 1930 talet och spridd via Coase och Williamson i mitten av 1900 talet. Coase (1937) diskuterade huruvida man kunde uppskatta när det är läge att utföra ett arbetsmoment internt inom företaget och när det är läge att outsourca arbetsmomentet till marknaden. Detta innebär att undersöka när kostnaderna för att förflytta aktiviteterna till en extern part understiger att genomföra aktiviteterna själv.

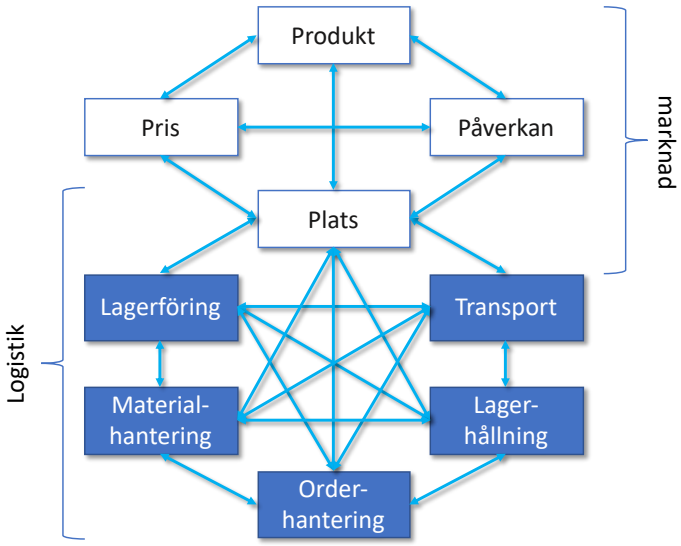
2.1 Totalkostnadsmodellering

En viktig grundpelare inom logistik handlar om systemtänkande (Christopher, 2011) och att inse hur en förändringar av en del i systemet påverkar andra delar. Detta innefattar bl.a. att förstå hur en förändring påverkar olika kostnader inom systemet (i det här fallet en försörjningskedja). Olika

modeller för att undersöka hur en logistikförändring påverkar totalkostnader finns, men några av de vanligast förekommande är de av Oskarsson *m. fl.* (2013) och Lambert (1975). Vilken den senare har vidareutvecklats av Grant *m. fl.* (2006). Dessa nämner att vanliga kostnadsposter som påverkas vid en logistiskförändringar är:

- Lagerföring
- Lagerhållning
- Materialhantering
- Orderhantering
- Transport
- Materialkostnader

För att visa hur dessa kostnadsposter påverkar varandra samt att en logistisk förändring även påverkar marknadsföringsmixen (4P enligt McCarthy (1960)) pris, produkt, påverkan och plats presenterar Grant *m. fl.* (2006) en schematisk bild enligt Figur 1.



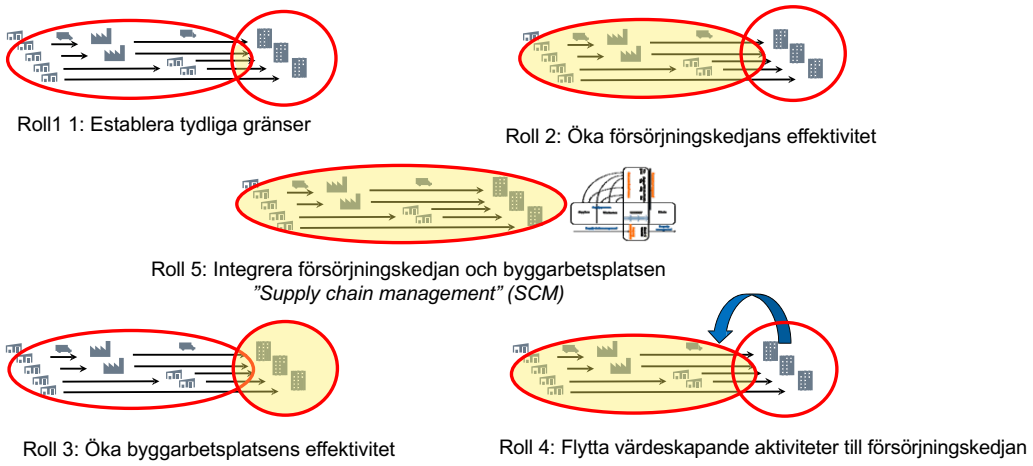
Figur 1. Totalkostnadsmodell enligt Grant et al. (2006).

2.2 Kostnadsfördelningar i försörjningskedjor

Den vetenskapliga utmaningen (kunskapen om hur en förändring av logistikupplägg påverkar fördelning av ansvar och kostnader mellan aktörer) är inte unik för byggbranschen, även om den accentueras där p.g.a. projektfokuseringen. Dekker och Van Goor (2000) samt LaLonde Bernard och Pohlen Terrance (1996) diskuterar att vanliga metoder för kostnadskalkylering som påläggs-, självkostnads- och ABC-kalkylering inte fungerar när aktiviteter utförs av olika aktörer i en försörjningskedja. När då en förändring i logistikupplägg utförs blir inte produktkostnadskalkylen rättvisande. Många kostnader kopplat till logistiken (som materialhantering, lagring, etc.) blir dolda i de olika leden i värdekedjan, varpå en effektivisering i dessa aktiviteter inte ger en rättvisande bild i kostnadskalkyleringen med de traditionella metoderna. Än så länge har inga forskare kunnat visa på hur kostnadskalkylering kan göras mer rättvisande i en värdekedja och därmed kunna visa på effekten på kostnaderna för olika aktörer när organisationen av logistiken förändras.

En förändring i logistikaktiviteterna i ett byggprojekt, t.ex. införandet av en terminal för mellanlagring, förändrar vilka aktiviteter som utförs på site (av en entreprenör/installatör) vs i försörjningskedjan (av en annan aktör) och det ställer beroendet mellan den projektorienterade byggprocessen och den flödesorienterade försörjningskedjan på sin spets. Försörjningskedjan letar sig in på site samtidigt som aktiviteter som tidigare har utförts av entreprenören kan komma att

”lyftas” ut från byggprocessen till försörjningskedjan. Vrijhoef och Koskela (2000) benämner flytten som bygglogistikens ”Roll 4”, se Figur 2 nedan, medan att tydliggöra gränssnittet mellan byggarbetsplatsen och värdekedjan som Roll 1. Detta gör att tidigare sätt att kalkylera kostnader ifrågasätts. Bättre verktyg för att visa på hur ansvar och kostnader förflyttas mellan aktörer måste skapas. Forskningsutmaningen i detta består i att kunna visa på hur olika former av bygglogistiklösningar påverkar vilka aktiviteter som ska/kommer utföras av vem i försörjningskedjan/byggprocessen och därmed hur kostnaden för att utföra dessa aktiviteter bör fördelas.



Figur 2. Bygglogistikens fem roller (Vrijhoef och Koskela, 2000).

2.3 Insamlingssystemets kostnader

Med insamling avses sortering, lagring och transport av byggavfall. Dagens insamlingssystem för byggavfall går ut på att byggentreprenören sorterar avfall på byggarbetsplatsen där avfallsentreprenören hämtar upp och kör avfallet vidare till förbehandlingsanläggningar. De stora volymerna byggavfall går som deponi, följt av användning som konstruktionsmaterial[1] och återfyllnad[2]. Därefter kommer energiåtervinning och sist materialåtervinning (SMED rapport 6839, 2018). I sammanhanget är det viktigt att göra skillnad på *inerta material* (mineralavfall och schaktmassor), *metaller, glas* och *brännbara material* (trä, papper, plast, gummi, etc.). Inerta material förändras inte fysikaliskt, kemiskt eller biologiskt under lagring och bryts heller inte ner biologiskt. Inerta material tas till särskilda anläggningar där de sorteras och krossas för att sedan användas till nya vägar, dränering, jordförbättring, som konstruktionsmaterial eller som tillsatsmaterial vid tillverkning av nya material, eller deponeras. Metaller, glas och brännbara material å andra sidan sorteras och vidareförädlas beroende på materialslag. Det handlar då om energiåtervinning, konventionell materialåtervinning eller deponi.

I Sverige genererar byggindustrin näst efter gruvsektorn mest avfall, 9,8 miljoner ton per år (Boverket, 2017). EU:s återvinningsmål för byggavfall deklarerar att minst 70 viktprocent av icke farligt bygg- och rivningsavfall ska återanvändas eller återvinnas före 2020. Samma mål återfinns som etappmål i det svenska miljömålssystemet (SMED rapport 6839, 2018). Uppföljning av etappmålet visar att 50 procent av bygg- och rivningsavfallet återvanns 2016 (ibid), vilket innebär att Sverige är en bra bit från att klara det uppsatta målet. För att nå återvinningsmålen måste en större andel material materialåtervinnas och detta i sin tur ställer krav på sortering. Inom

[1] *Användning som konstruktionsmaterial* omfattar användning av avfall som funktions, konstruktions och täckmaterial på och utanför deponier
[2] *Återfyllning* avser användning av avfall för återställningsändamål i utgrävda områden eller för tekniska ändamål vid landskaps och anläggningsarbeten istället för andra material.

byggbranschen finns en pågående diskussion om var i kedjan sortering av material som idag energiåtervinns ska ske (Kalantari et al, 2019). De fördelar som nämns med att sorteringen sker på byggarbetsplatsen är att kvaliteten på materialet bibehålls och att detta därmed skapar bättre förutsättningar för materialåtervinning. (t ex Poon et al., 2001; Shen et al., 2004). Källsortering har även visat sig ge kostnadsbesparingar eftersom behandlingskostnaden sjunker med en ökad andel sorterade material och behandlingskostnaden är den stora kostnadsposten i insamlingssystemet (Manjunath och Umrigar, 2017). Samtidigt ställer en ökad källsortering ökade krav på logistiken då det typiskt krävs fler avfallsbehållare, mer hantering på byggarbetsplatsen och risk för fler avfallstransporter på grund av en ökad komplexitet.

De kostnader som uppkommer i samband med insamling av avfall kan delas in i (Duran et al., 2006):

- Lagring- och hanteringskostnader i samband med att avfall lagerhålls och hanteras hos avfallsgenererare.
- Transportkostnader i samband med att transportera avfall från avfallsgenererare till avfallshanterares anläggning.
- Behandlingskostnader i samband med att avfallet ankommer till avfallshanterares anläggning för att tas om hand.

Lagrings- och hanteringskostnad utgörs av kostnader för att hyra avfallsbehållare, kostnad i samband med att avfallsbehållare ska ställas ut och hämtas från byggarbetsplats, samt kostnad för att sortera och transportera avfallet på byggarbetsplatsen. Transportkostnad utgörs av personal och fordonskostnad inklusive bränsle för att transportera avfall från byggarbetsplatsen till första mottagningsanläggning. Behandlingskostnaden är den viktbaserade avgift som avfallshanteringsföretaget tar ut från den som genererar avfallet. I denna kostnad ligger vad det kostar för avfallshanterings-företaget att ta hand om materialet. Typiskt ska avfallshanteringsföretaget vidareförädla materialet genom att sortera, krossa, demontera samt transportera till kund. En del material får avfallshanteringsföretaget betalt för medan det kostar att bli av med andra. Tabell 1 innehåller behandlingskostnader för olika materialfraktioner baserade på Manjunath och Umrigar (2017). Minuskostnader betyder att materialet säljs med vinst.

Tabell 1. Behandlingskostnader för olika material

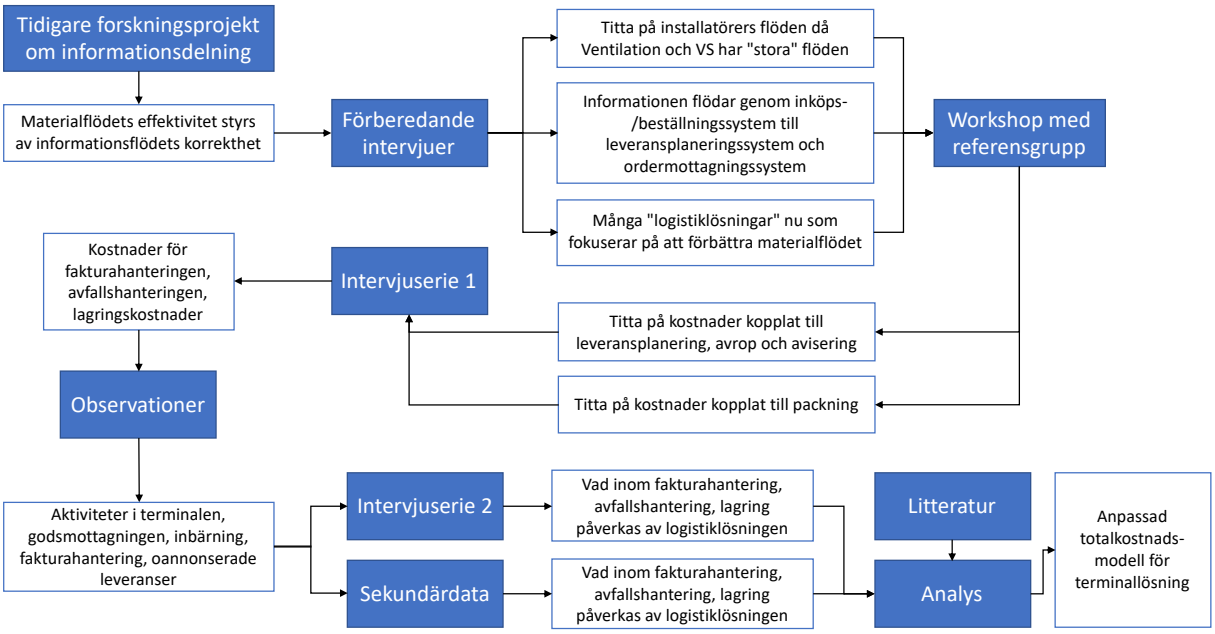
Materialslag	**Behandlingskostnad (SEK/Ton)**
Blandat avfall	1 300
Brännbart avfall	1 130
Betong och tegel	400
Trä	300
Skrot	-600
Ren betong	150
Armerad betong	250
Fyllnadsmassor	390
Isoleringsmaterial	915
Gips	750
Utsorterad plast för materialåtervinning	-1 200
Mineralull	950
Deponi	980

3 METOD

Resultaten i detta projekt bygger på erfarenhet från tre fallstudier (*eng.* case studies). Enligt Flick (2009) är fallstudier en bra metod då det som undersöks inte tidigare har studerats så väl. Effekterna av olika bygglogistiklösningar på informationsbehov, kostnadsfördelningar och ansvarsfördelningar har tidigare inte studerats i en byggkontext. Detta gör att fallstudie lämpar sig som metod. Nedan presenteras kort metoden för vart och ett av casen.

3.1 Fallstudie NUS

I fallstudie NUS (ombyggnation av Norrlands universitetssjukhus) var syftet att undersöka effekterna av användandet av en terminallösning på informationsbehovet samt kostnadsdelningarna. För att uppfylla det syftet användes en blandning av teoretisk utgångspunkt samt empirisk datainsamling i form av observationer, workshops och intervjuer. Den teoretiska utgångspunkten var Grant *m. fl.* (2006)s modell i Figur 1. Det innebär att de kostnadsposterna användes som utgångspunkt för att identifiera vad mer specifikt som påverkar dessa kostnadsposter. Genom 26 st intervjuer, 5 workshop, 12 möten och 8 observationer har dessa kostnadsposter förfinats samt ev. nya kostnadsposter identifierats. Den övergripande processen presenteras i Figur 3.



Figur 3. Övergripande design för fallstudie NUS.

Under projektets gång har två examensarbeten gjorts vars intervjuer och observationer ligger till grund för slutsatserna i denna artikel. De som intervjuats samt under förberedande intervjuer är platschef på terminalen, projektledare hos en installatör samt arbetsledare och platschef hos en entreprenör. Under intervjuserie 1 så har en operativ inköpschef hos en installatör, IT-systemansvarig hos en installatör, säljare hos ett ventilationsföretag samt en logistikchef hos en materialleverantör. Under intervjuserie 2 så har fastighetschefen på NUS, regionchef hos avfallshanteraren, RV:s projektchef för NUS, arbetsledare hos en entreprenör, projektledare hos en installatör, godsmottagare on-site, projektingenjör hos en entreprenör, platschef hos en entreprenör samt inköpare hos en entreprenör. Observationerna har omfattat hur material och leveranser hanteras både i terminalen och on-site, vad som händer om en leverans inte är annonserad och hur felaktiga fakturor hanteras. Sekundärdata har hämtats ifrån leveransplaneringssystemet gällande antal leveranser till terminal och site, antal oannonserade leveranser, lagringstid i terminal för ventilationsmaterial, tid för godsmottagning on-site och inbärningstider.

3.2 Fallstudie Byggvaruhandel – Lokal entreprenör

I fallstudien med Byggvaruhandel – Lokal entreprenör var syftet att undersöka mer i detalj hur ansvarsfördelningen mellan två aktörer förändras vid införandet av en terminallösning samt försöka uppskatta hur den totala kostnadsmassan påverkas. För att genomföra fallstudien togs en utvärderingsmall fram, en förlaga till tabell 6. Denna utvärderingsmall är baserad på Grant *m. fl.* (2006)s modell i Figur 1, men anpassning har gjorts för att fungera i projektkontexten med fragmenterad ansvarsfördelning. På grund av bristen på data inom byggbranschen har vi också valt att ställa en bygglogistiklösning mot traditionellt arbetssätt för att underlätta uppskattningar från respondenterna. Då kan respondenterna anta att traditionellt arbetssätt utgör 100% och sedan ange ökningar och minskningar med hjälp av bygglogistiklösningen i förhållande till detta. Denna har sedan använts för att utvärdera lösningen i fallet. Totalt har en workshop, tre intervjuer med byggvaruhandel och en intervju med lokala entreprenören genomförts. Vidare har observationer av byggarbetsplatsen och byggmaterialhandelns lokaler också gjorts. Därtill har också utvärderingsmallen använts på ett annat byggprojekt i Östergötland för att utvärdera bygglogistiklösningens effekter för en markentreprenad och identifiera skillnaden mellan olika faser i byggprojektet.

3.3 Fallstudie Insamlingssystem av byggavfall

I fallstudien Insamlingssystem av byggavfall var syftet att öka kunskapen om vad en ökad sorteringsgrad av byggavfall får för konsekvenser på fyllnadsgrader i lastbilar och på insamlingskostnader. Bakgrunden är att sortering är en förutsättning för en ökad materialåtervinning men att det råder en oro för att en ökad källsortering kommer skapa en ökad komplexitet i logistiken och därmed ökade insamlingskostnader för byggentreprenören. Studien bygger på avfallsstatistik från 22 nybyggnationsprojekt från Byggföretaget NCC Building Sverige under perioden 2016–2019. I dessa projekt användes avfallsentreprenören Ragnsells och både NCC och Ragnsells har hjälp till i datainsamlingen och planeringen av analysen.

Data har analyserats i termer av sorteringsgrader, fyllnadsgrader för olika fordonstyper och materialslag samt insamlingskostnader.

Sorteringsgrad: Sorteringsgrad har räknats fram separat för brännbara material, inerta material och metaller, från och med nu kallade materialkategorier. För materialkategorin blandade material för eftersortering (från och med nu kallad blandade material) är den alltid noll. För varje materialkategori har vi räknat ihop hur mycket som sorterats i oblandade material och dividerat detta med den totala andelen (dvs både det som sorterats ut och det som inte sorterats ut). Som ett exempel har ett projekt en sorteringsgrad för inerta material på 64 % eftersom de sorterade inerta materialen (gips, tegel och mineralull) är 70 ton och den totala summan av inerta material (samtliga inerta material där även gips, tegel och mineralull ingår) är 110 ton. För att kunna genomföra denna beräkning har vi behövt kategorisera samtliga material som finns i databasen som brännbara material, inerta material, metaller, blandade material, elektronik och farligt avfall. Vidare har vi delat in samtliga material som blandade eller sorterade. Se bilaga 1 för hur vi gjort kategoriseringen. Farligt avfall och elektronik har exkluderats från analyserna.

Fyllnadsgrad: Fyllnadsgrader har räknats fram för samtliga material med avseende på fordonstyp. De olika typerna av fordon som används i projekten är direkttömmande, flakbil, frontlastare, komprimatorbil, kranbil, lastväxlare, liftdumper och servicebil. Fyllnadsgraden per materialslag har approximerats som medelvärdet av den vikt som hämtats upp av respektive fordonstyp i det specifika projektet dividerat med det maxvärde som registrerat för denna fordonstyp sett över samtliga projekt som hämtats upp just detta materialslag Maxvärdet som hittats får därmed approximera 100 % fyllnadsgrad. Fyllnadsgrader har räknats fram för materialkategorierna blandade material, brännbara material, inerta material och metaller, där varje materialkategori

delats upp i sorterat och blandat. Varje materialkategori innehåller således ett antal olika material och fordonstyper och för att få fram en fyllnadsgrad per materialkategori har vi använt oss av viktade värden som räknats fram som antal körningar för respektive material med en viss fordonstyp dividerat med totalt antal körningar inom materialkategorin. Exempelvis om vi tittar på brännbara material för ett projekt så har vi sorterat materialen träavfall som körs med liftdumper, LDPE plastfilm som körs både med komprimatorbil och flakbil samt wellpapp som körs med liftdumper. Vi har först räknat fram fyllnadsgraden för träavfall och liftdumper, LDPE plastfilm och komprimatorbil, LDPE plastfilm och flakbil samt wellpapp och liftdumper. För att kunna få fram en fyllnadsgrad för materialfraktionen ”brännbart material sorterat” behöver vi vikta de olika fyllnadsgraderna på något sätt. Detta har vi gjort genom att räkna fram en så kallad viktningskoefficient baserat på antal hämtningar för respektive material. I just detta exempel sker 59 hämtningar totalt för brännbara material sorterat. Träavfall med liftdumper hämtas 4 gånger och då får man en viktningskoefficient på 4/59. Fyllnadsgraden för träavfall i detta exempel var 48% och vi multiplicerar viktningskoefficienten med fyllnadsgraden. Samma sak gör vi för LDPE plastfilm och komprimatorbil, LDPE plastfilm och flakbil samt wellpapp och liftdumper. Genom att summera dessa tal får vi fram fyllnadsgraden för brännbart sorterat för detta specifika projekt.

För vissa enskilda hämtningar har vikterna varit orimligt höga. Dessa har vi sett som en outlier och tagit bort och istället använt näst högsta vikten. På samma sätt har det för en del material och fordonstyper bara funnits en eller ett fåtal hämtningar vilket resulterat i en orimligt låg maxvikt. Vi har i dessa fall letar efter liknande material med fler hämtningar för att hitta en rimlig maxvikt. Exempelvis för färgad LDPE plastfilm[3] som körs i flakbil så är maxvikten enligt den insamlade datan 0,008 ton. Det visade sig att det rör sig om endast hämtning för samtliga projekt. Däremot har maxvikten för LDPE plastfilm 80/20 en maxvikt på 0,26 varför denna siffra används även för färgad LDPE plastfilm.

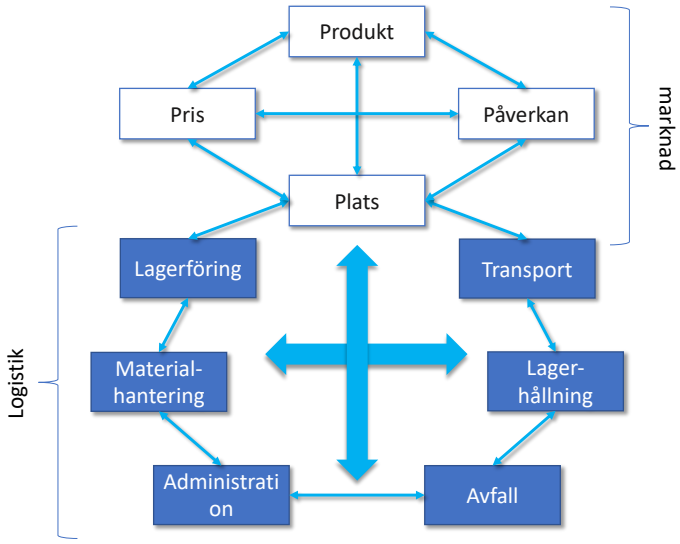
Förutom fyllnadsgrad har vi även för totalen av projekten beräknad medelvikt per hämtning för de olika materialen, d.v.s. resultatet av fyllnadsgraden, för att utröna om en ökad sortering ger en ökad eller minskad transporteffektivitet. Det kan noteras att medelvikten påverkas extremt mycket även av materialets effektiva densitet.

Insamlingskostnader: För beräkning av insamlingskostnader har vi tittat på behandlingskostnaderna från Tabell 3 samt två konfidentiella källor. Vi har räknat fram hur mycket material som samlats in totalt för samtliga projekt och jämfört de behandlingskostnader som uppstått baserat på den sortering som gjorts med att man inte sorterat ut brännbara material, inerta material och metaller.

4 TOTALKOSTNADSMODELLERING

Syftet med detta arbete har bl.a. vara att visa på hur man kan modellera kostnaderna för användandet av bygglogistiklösning. Figur 4 nedan visar övergripande hur kostnaderna kan modelleras baserat på kunskap från Byggmaterialhandel/Entreprenör samt NUS casen. I förhållande till Grant *m. fl.* (2006)s modell i Figur 1 har vi lagt till fakturahantering, materialhantering och avfall, dessa är poster som är betydande i bygg men inte i andra industrier.

[3] LDPE plastfilm kan delas in på olika sätt med avseende på förhållandet mellan transparent plast och färgad plast. 80/20 betyder att 80% består av transparent plast och 20% för färgad plast, 95/5 betyder att 95% består av transparent plast och 5% av färgad. Behandlingskostnaderna är olika för dessa olika material. Sämst betalt får man för färgad LDPE film



Figur 4. Totalkostnadsmodell för bygglogistiklösningar.

4.1 Behov av bygglogistik

När ingen tar ansvar för den logistiska helheten på ett projekt uppstår ett antal krockar gällande hur man ska utnyttja tid och yta i projektet. Detta utgör grunden för Region Västerbotten till att dom ville införa en logistiklösning. En viktig anledning för Region Västerbotten att tvinga entreprenörerna leveransplanera och lagra större mängder material på Terminalen var för att minska mängden material som lagras på site. Man ville helt enkelt inte ha material i vägen som hindrade patienter, personal, trafik samt ambulanstransporter. Det gör att om man ska få en korrekt kostnadsjämförelse i NUS caset, måste kostnaden för att lagra material på terminalen ställas mot Region Västerbottens eventuella kostnader av stopp eller förseningar i dessa flöden. Dock har inga kostnadsberäkningar har tidigare gjorts för att se t.ex. hur mycket en hindrad ambulans kostar.

I byggmaterialhandlare/entreprenör caset så var skälet till att införa en bygglogistiklösning den ytterst begränsade ytan på site. Det gjorde att entreprenören upplevde att för att kunna bygga effektivt var de tvungna att begränsa mängden material på site men också förflyttningen av det materialet (maskiner och personal som springer runt), därmed blev lagring på terminal och inbärning viktiga alternativ. I detta caset har byggmaterialhandlaren tagit över ansvaret för mängdning och rapportering (inklusive materialbeställningar), leveransplaneringsansvaret varit delat mellan parterna och skett genom gemensamma möten en gång i veckan, samt skött lagerhållning, transport, lossning, inbärning och städning (de tre sista med hjälp av två olika underleverantörer). Inbärning har också skett kvällstid. I det här fallet är det lättare att uppskatta vilken påverkan dessa hinder hade haft. Enligt platschef har lösningen kostat ca 3,5 miljoner SEK, men man har kunnat minska produktionstiden vilket har gjort det möjligt att ha 25 YA istället för 32 på plats, man har sparat ca 4 man månader på minskad mängdning och totalt kunnat ha en mindre tjänsteman på plats, 3 istället för 4.

4.2 Transport

I båda casen har en terminaloperatör (Schenker för NUS och byggmaterialhandlaren) tagit över ansvaret för transporter från terminal till byggarbetsplats. Det gör att man från terminal till site kan få en samlastningseffekt gällande framförallt ej fulla leveranser. I NUS-fallet kunde en samlastningseffekt på 70 % uppnås. Fortfarande behövde 30 % av transporterna ske direkt ex. då lastbilarna var så pass välfyllda från början att ytterligare samlastning ej var möjlig. I byggmaterialhandlare/entreprenör caset har samlastningen möjliggjorts av att byggmaterialhandlaren har öppnat upp för att hantera även andras material i sin terminal. I

byggmaterialhandlare/entreprenör ser man en förkortad turn-around tid för transporter från i genomsnitt 25 min till 15 min pga samma chaufför och ökad tillgänglighet av lossningsutrustning. Ett problem med transporterna på NUS har varit att ca 32 % av leveranserna varit oannonserade/oplanerade. Detta har inneburit extra tid för att få fram hjullastare och tid för godsmottagaren att inställa sig, vilket har påverkat turn-around tiden. Det är entreprenörerna och installatörernas ansvar att planera transporterna.

4.3 Lagerföring, lagerhållning och materialhantering

För materialhanteringen på site har logistiklösningen på i båda casen inneburit att installatörer (enbart NUS) och entreprenörer får material levererat till leveransplats inne på sjukhusområdet. Dvs hantverkare och montörer behöver inte längre bära in material eller för den delen leta efter material på site och därmed inte ta produktionstid i anspråk för att ta hand leveranser. Tidigare studier (Thunberg och Persson, 2014) visar på att månadskostnaden för att flytta material på en byggarbetsplats uppgår till ca 30 000 kr, för ett projekt med budget om 60 MSEK och att kostnaden för att leta efter material i snitt per månad är 22 000 kr per projekt. Dessutom har lösningen inneburit att inkommande leveranser är planerade i förväg till stor del, vilket gör att resurser finns på plats, det gör som skrivs ovan under transporter att turn-around tiden har minskat från 25 till 15 min i byggmaterialhandlare/entreprenör caset.

Vidare är det inbärarna som är ansvariga för den mesta av lossningen och det gör att entreprenören inte behöver närvara då. Man har gått från 4 hanteringar per material i snitt till 3, och i princip allt ansvar har gått över till inbärarna från entreprenören. Ett problem är att ovana inbärare orsakar mer skador på materialet, något som har upplevt i början av byggmaterialhandlare/entreprenörs caset. I byggmaterialhandlare/entreprenörs caset har installatörerna inte varit anslutna till lösningen utan tagit sitt material vid sidan av. Här kan platschefen vittna om vissa problem med att man från installatörerna inte har städat efter sig och på så sätt hindrat nästkommande aktör, som fått börja med att städa. Denna städning har gjorts av inbärningsfirman och sedan har installatören debiterats kostnaden. En aspekt som entreprenören i byggmaterialhandlare/entreprenör caset upplever har sparat mycket tid på är att man har fått färdigkapat material levererat, det har kostat mer i inköpspris men tidsbesparingen har varit stor så stor att man upplever att det går jämt ut. Vidare behöver man inte heller hantera spillet, sortera det och betala för den delen av materialet. Lägenhetsförpackat innebär också att materialet kommer till rätt plats direkt vilket innebär mindre letande och väntan, i snitt mellan 20-50% kortad tid beroende på vad det är exakt som fokuseras på.

För lagerhållningen gäller på NUS att fakturor för kostnader kopplat till hanteringen och lagringen on-site uppstår för i detta val RV. Även om entreprenörer eller installatörer själva inte ansvarar för kostnader kopplat till driften av terminalen så är det ändå kostnader som man är med och betalar för via faktura. Vidare kan man i byggmaterialhandlare/entreprenörs caset se att man har istället för att utnyttja ca 400 kvm yta på site för lagring av material har man haft en fördelning som följer 100 kvm på site och 300 kvm på terminal.

För lagerföring är det svårt att uttala sig, då denna kostnad beror på hur mycket material som lagras, dess kostnad och hur länge, samt eventuellt svinn och kassationer. Besparingar som byggföretagen kan göra genom att inte ha för mycket material på siter är kopplade till kostnader för att material ev. förstörs för att det har lagrats för länge på site (väder och vind, transportskador på site, etc). I dagsläget bokförs inte hur mycket kassationer och svinn som uppstår. Försäkringskostnader täcker inte materialförstörelse. Kapitalkostnaden styrs av vilken internränta/kalkylränta man använder sig av. byggmaterialhandlare/entreprenör caset ser man t.ex. till att ha en mindre buffert på site och sedan att man genom den gemensamma planeringen låter byggmaterialhandlaren ta hem material i tid till terminalen. Det gör att byggmaterialhandlaren

upplever att man har kunnat minska sin kapitalbindning genom att ha mer rätt material hemma och beställa hem i rätt tid.

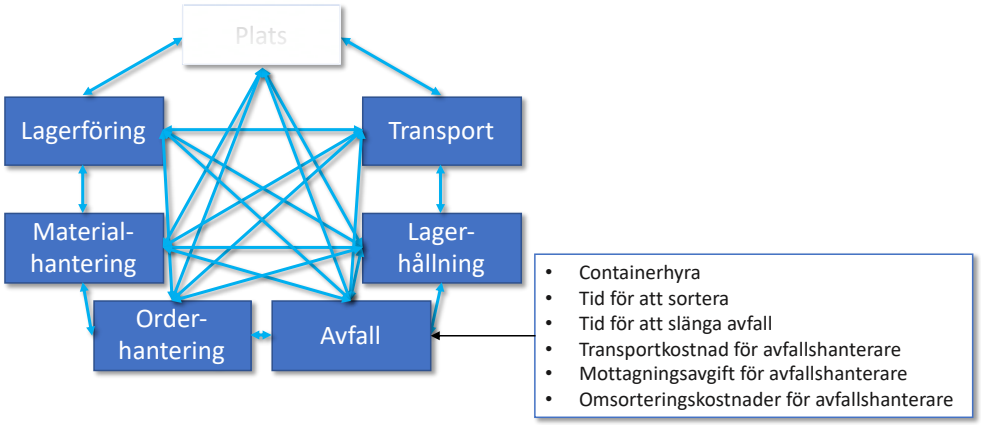
Kostnadsdrivare för lagerföring, materialhantering och lagerhållningskostnaden sammanfattas i Tabell 2.

Tabell 2. Kostnader för att lagerföra, hantera och lagerhålla material i ett byggprojekt

RV	Entreprenör
Hindrad ambulans	Kassationer
Längre väg för personal att gå	Svinn
Länger väg för patienter att gå	Försäkringskostnader
Trafikstockningar	Tid för inbärning
Tid för att flytta material (vid löpande räkning)	Tid för att leta material
	Kostnad för utrustning för att flytta material (lull, teleskoplift, hissar)
	Förlorad tid pga av material i vägen för nästkommande
	Undan plockning av spill och städning av arbetsplats
	Kapitalkostnader för materialet, beroende på tid lagrat och kostnad för material
	Hyra för terminal + hanteringskostnader där
	Kapning av material

4.4 Avfall

I NUS caset innebär logistiklösningen med att material blir sorterat redan vid inbärningsplatsen (och att ev felsorteringar rättas till av godsmottagaren) och att hantverkare och montörer inte behöver gå till godsmottagningsytan att färre sorteringsfel uppstår och att mer tid kan läggas på produktion. Sorteringsfel som uppstår faktureras av avfallshanteraren, som behöver sortera om ev felsorteringar. Avfall hämtas av TPL-företaget och det var mellan januari och augusti 2019 totalt 203 st hämtningar. Varje hämtning tar ca 15 min vilket även inkluderar att sortera om avfallet på plats för TPL-företagets personal. Detta innebär en ökad tid till produktionen om ca 51 timmar. Antalet omsorteringar är inget som registreras i nuläget. I byggmaterialhandlare/entreprenör caset uppskattar man att det färdigkapade materialet har minskat spillet på site med 20%. Antalet fraktioner som behövs på en byggarbetsplats påverkas inte av terminallösningen. Därmed påverkas inte containerhyran av logistiklösning, som entreprenören får betala per fraktion som finns på site. I NUS caset är det Entreprenör 1 som har stått får containerhyran för de olika fraktionerna. Dock är containerhyran ingen kostnad som påverkar installatören, men däremot tid för att sortera och slänga avfall.



Figur 5. Kostnadsdrivare för avfallshantering.

I avfallscaset kan man se att det inte finns något samband mellan sorteringsgrad och fyllnadsgrad. Med andra ord behöver man inte vara orolig för att en ökad sortering per definition skapar sämre fyllnadsgrader, men inte heller att man genom att sortera alltid automatiskt når bättre fyllnadsgrader. Intressant att notera är att fyllnadsgraden och transporteffektiviteten i snitt för projekten är högre för de sorterade materialen inom varje materialkategori än för de blandade materialen.

Gällande insamlingskostnader kan man dra slutsatsen att man har sparat mer behandlingskostnader på att sortera brännbara material än inerta material. Exempelvis har man sparat 762 000 kr eller 35% på att sortera brännbara material istället för att skicka dessa som brännbart blandat. Vidare har man sparat 3 181 000 kr eller 54 % på att sortera på det sätt man gjort jämfört med att skicka allt som blandat för eftersortering. Genom att sortera ut 51 % av de brännbara materialen så sparar man 35 % medan man i fallet för inerta sorterar ut 44 % och sparar 11 %. Man kan också konstatera att det finns stora kostnadsbesparingar kopplat till metaller. I projekten sorteras endast 1 % men detta står för 3 % besparingar och motsvarar 12 000 kronor. Enbart baserat på detta resultat skulle en rekommendation vara att fokusera på att sortera ut brännbara material. Detta syns inte i projekten idag då man är lika bra på att sortera brännbara material som inerta material. Samtidigt har projekten bättre fyllnadsgrader för de inerta materialen än för de brännbara materialen, vilket påverkar transportkostnaderna eftersom en ökad fyllnadsgrad betyder färre transporter, givet att frekvensen på transporterna kan minskas vilket torde vara fallet för de system vi studerat.

Eftersom fyllnadsgraden för sorterade material är högre än för blandade så det är i denna studie inte så att antalet transporter ökar när man sorterar fler materialslag. Däremot kommer ett ökat antal materialslag föra med sig ökade lagrings- och hanteringskostnader eftersom det krävs fler avfallsbehållare, och därmed högre hyreskostnader, och som även kräver transport i samband med att avfallsbehållare ska ställas ut på byggarbetsplatsen och hämtas hem från byggarbetsplatsen. Dessutom kan en ökad sortering betyda ökad hantering då material ska sorteras, identifieras och läggas på rätt plats. En rekommenderad prioritering kan vara att se till att sortera ut de material man redan sorterar i så hög omfattning som möjligt innan man ökar på antalet fraktioner. Här det också viktigt att arrangera arbetsplatsen så att arbetet för att sortera ut ett material inte tar längre tid än om materialet skulle slängas i en avfallsbehållare för blandat material.

Tabell 3. Behandlingskostnader för samtliga projekt kopplat till kategorierna blandade material, brännbara material, interna och metaller.

Materialkategori		vikt andel	medelpris(kr/kg)	sparad kostnad kkr	minskad /ökad behandlingskostnad %	medeltrp(ton)	minskad/ökad trp#%
Blandade material	**Blandad fraktion**	**100%**	1,3			1,3	0%
Brännbara material	**Blandad fraktion Total**	**49%**	0,98			0,83	
Brännbara material	**Sorterad Total**	**51%**	0,3	-762	-35%	1,18	-18%
Inert	**Blandad fraktion massor**	**31%**	0,4			3,76	
	Blandad fraktion deponi	**25%**	0,98			1,86	
	Sorterade tegel, betong	**4%**	0,37	-2	-0,1%		
	Sorterade övr	**40%**	0,78	-118	11%		
Inert	**Sorterad Total**	**44%**	0,74	**-120**	**11%**	2,05	-2%
Metall	**Blandad fraktion Total**	**99%**	-0,99			1,48	
Metall	**Sorterad Total**	**1%**	-6,85	-12	-3%	0,14	4,90%
Totalt jmf m blandat	**total**	x	0,6	-3181	54%		

På totalen av de 22 projekten har NCC sparat 54 % genom att sortera på det sätt man gör i jämförelse med att inte sortera alls och skicka allt avfall som blandat material för eftersortering. Omvandlat till kronor handlar det om 3 181 000 i behandlingskostnader. Behandlingskostnaden måste förstås ställas i relation till övriga insamlingskostnader såsom lagrings- och hanteringskostnader samt transportkostnader. Ett ökar antal sorterade material skulle kunna betyda fler transporter, om det är så att man inte kan få samma lasteffektivitet för de sorterade materialslagen som för de blandade (d.v.s. att man når tillräckliga fyllnadsgrader). I sista kolumnerna i tabell 4 har vi räknat ut medelvikt per hämtning för de olika segmenten och på så vis indikera om sorteringen hittills inneburit en total ökning eller minskning av transporterna. Resultatet är (såklart) i linje med fyllnadsgraddata och visar att för brännbara material och inerta material har de sorterade fraktionerna kunnat hämtas mer effektivt (fler ton per hämtning i snitt) än de blandade fraktionerna. I de flesta fall tillkommer dock en del hantering i samband med att material sorteras, dessutom så betyder ökad sortering typiskt ytterligare en avfallsbehållare, vilket drar upp lagring och hanteringskostnader. Denna extra avfallsbehållare behöver ställas ut på byggarbetsplatsen samt hämtas hem, vilket adderar två transportkostnader per materialslag (till kostnadsposten lagrings- och hanteringskostnader). Om man går in mer i detalj för de olika fraktionerna kan man exempelvis se att för LDPE plastfilm 95/5 så har man gjort en kostnadsbesparing på 289 kr gällande behandlingskostnader. I just detta fall har man mest troligen gått back eftersom lagrings- och hanteringskostnaderna överstigit detta. Containerhyra ligger typiskt på 400 kr.

Ovan säger att huruvida man tjänar på källsortering är beroende på vilket material det handlar om. Förenklat så kan man tänka sig att transportkostnaden ofta är konstant oavsett om man skickar material som blandat eller sorterat medan behandlingskostnaden är högre för blandat än sorterat och lagrings- och hanteringskostnaden är lägre för blandat än sorterat. I första hand bör man med andra ord lägga fokus på att sortera ut material med låga behandlingskostnader (eller hög ersättning) relativt behandlingskostnaden för blandat material. Vidare kan det förtydligas att om man på smarta sätt kan sortera ut skrymmande delar av blandade material till icke skrymmande sorterade material så kan man lyckas med att inte fördyra lagrings- och hanteringskostnaden. En viktig anmärkning i sammanhanget är att när det gäller installationsspill så ska detta i de bästa av världar vara noll. Egentligen är det med andra ord inte rätt att prata i termer av sparade pengar utan snarare om ödslade pengar genom att exempelvis beställa in för mycket material från början. Förutom att man köpt in material som inte används tillkommer med andra ord en kostnad för att ta hand om det installationsspill som uppkommer.

Om man tittar på siffrorna för sorteringsgrad och fyllnadsgrad var för sig så är det tydligt att det finns en stor förbättringspotential i insamlingssystemet. Sorteringsgraden för de olika materialkategorierna för projekten i medeltal ligger mellan 3 % och 52 % medan fyllnadsgraderna ligger mellan 24 % och 48 %.

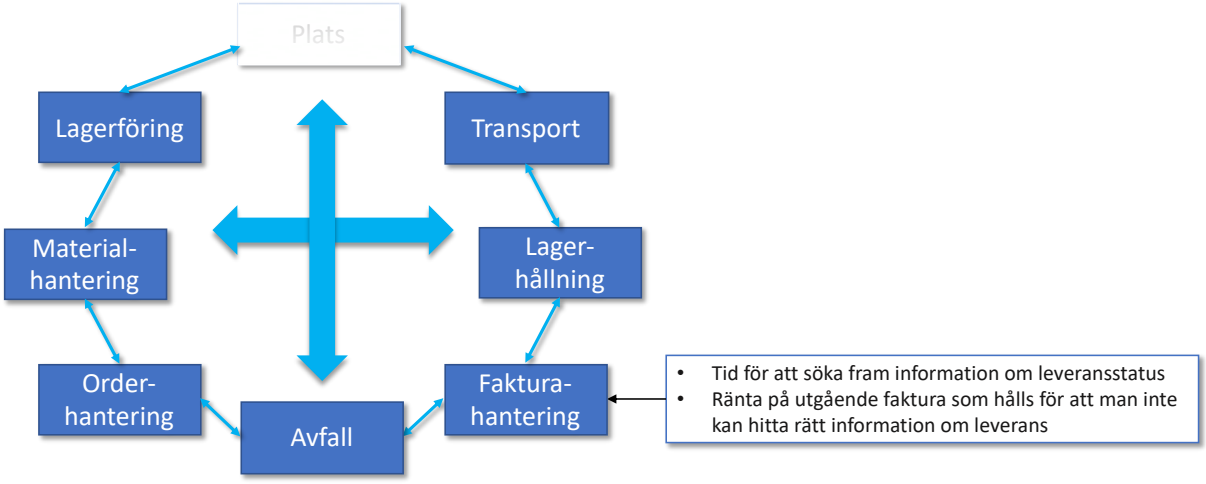
4.5 Order och fakturahantering

Något som framhålls som bygglogistiklösningarnas stora potential men också märkbara påverkan är administrativa uppgifter som kopplar till order och fakturahantering. I byggmaterialhandlare/entreprenör caset ser man här en stor fördel. Genom att ha veckoliga möten där man stämmer av läget mellan entreprenör, byggmaterialhandlare och inbärare har man sparat stora mängder tid på framförallt orderhantering. Tabell 4 nedan visar tiden man anser sig ha sparat. En aspekt som entreprenören i byggmaterialhandlare/entreprenör caset upplever har sparat mycket tid är att använda sig av standardmaterial, t.ex. på infästningsmaterial, det blir färre diskussioner om vad som ska användas och därmed mindre administration.

Tabell 4. Kostnadsposter för orderhantering och tid sparad i byggmaterialhandlare/entreprenör caset.

Orderhantering		Byggmaterial handlare	Entreprenör	Traditionellt entreprenör
	Antal platschefer		1-2	2-3
Inventering/ beställningar	Tid per vecka		8 hrs	12 hrs
Beställningar (mail/telefon)	Tid per vecka		20 hrs	40 hrs
Mängdning	Tid per vecka	15 hrs	10 hrs	40 hrs
Avrop	Ändringar	2 hrs	2 hrs	8 hrs

NUS caset har leveransplaneringen inneburit en viss ökad tid för själva orderläggningen, men denna hämtas in via att mindre tid läggs på godsmottagning för hantverkare och montörer. I fakturahanteringen ingår därmed aktiviteter som den tid som den som ska attestera fakturan lägger ned på att söka fram rätt information som behövs för att kunna attestera samt beloppet på utgående faktura (multiplicerat med internränta/kalkylränta för den period som inte kunnat faktureras för).



Figur 6. Kostnadsmodellering fakturahanteringen.

4.6 Sammanställning av potentialen av bygglogistik

Kostnadspost	Kostnadsdrivare	Potential	Kostnadsflytt
Transport	Turn-around tid	Färre transporter = Kortare turn-around tid, ca 40% = lägre transportkostnad så småningom	Win-win för alla, både transportör och site. Färre och kortare avbrott för site. Kortare lossning för transportör.
	Antal transporter	Färre transporter = Lägre	Kostnad synliggörs då TPL tar betalt av

		transportkostnader, ca 70 % färre transporter	beställande part för transporterna.
Materialhanterin g	Tid för inbärning	Tidsbesparing med upp till 80% på detta arbetsmoment	Tid för inbärning övergår från entreprenör/installatör till TPL
	Tid för att leta material	Tidsbesparing med upp till 20% på detta arbetsmoment	Ingen, bara vinst i detta
	Kostnad för utrustning för att flytta material (lull, teleskoplift, hissar)	Tidsbesparing i och med planerade leveranser – siffra saknas fortfarande	Planering för byggmaterialhandlare/TP L
	Kapning av material	Tidsbesparing i och med kapning utanför site, 10% mot normalfallet	Går kostnadsmässigt jämt ut.
	Undan plockning av spill och städning av arbetsplats	Tidsbesparing i och med inbärare gör detta nattetid, YA och UE kan påbörja arbete direkt.	Tid för städare
		Totalt på materialhantering är en besparing på 22% besparing i arbetstid totalt under projektet (från 32 till 25 YA)	
Lagerhållning	Hyra för terminal + hanteringskostnader där		Kostnad synliggörs och finns inte i just denna form annars
Lagerföring	Kapitalkostnader för materialet, beroende på tid lagrat och kostnad för material	Minskar i och med att man äger materialet kortare tid	Möjlighet att också minska kapitalbindning för leverantörer genom bättre synliggörande av behov i planeringen
	Kassationer	Minskar eftersom mindre material på site som kan förstöras	
	Svinn	Minskar eftersom färre saker att stjäla	
	Försäkringskostnader	Borde minska eftersom risken minskar	Flyttas delvis över på annan part
Avfall	Containerhyra	Färre containrar behövs då man fått bättre koll på vilka fraktioner som behövs	
	Tid för att slänga avfall	51 min besparing per dag i NUS caset som kunde övergå till produktion.	
	Tid för att sortera		
	Transportkostnad	På totalen av de 22 projekten har NCC sparat 54 % genom att sortera på det sätt	
	Mottagningsavgift		
	Omsorteringskostnad		

		man gör i jämförelse med att inte sortera alls och skicka allt avfall som blandat material för eftersortering.	
Orderhantering	Inventering/ Beställningar/mängdning	Genom bättre koll på materialbehov och tillgängligt material bör denna minska	Siffror saknas just nu
	Beställningar (mail/telefon)/Avrop	10 min extra tid för platsledningen men som kunnat besparats produktionspersonalen	
		Totalt på orderhantering 25% besparing i tid (minskning från 3 till 4 tjänstemän)	Flyttar delvis över på annan part när dom tar över ansvaret
Fakturahantering	Söka leveransstatus	Kostnad i NUS för en UE 50 000 kr/mån för att inte kunna fakturera då man inte hittade leveransstatus.	
	Tid att driva in pengar	Kortad tid för betalning.	

4.7 Fortsatt forskning - Roadmap

En annan viktig del i syftet med det arbete är att skapa en roadmap vid implementering av bygglogistiklösningar. Baserat på NUS och Optimera/Sefab casen har två viktiga iakttagelser gjorts gällande när en bygglogistiklösning ska implementeras; nämligen att kostnad och ansvar förskjuts i förkörningskedjan. Den förstnämnda är rätt så väl identifierad sedan tidigare, dock har man inte kunnat sätta siffror på det som vi har gjort i denna studie, men den sistnämnda är inte så etablerad i diskussionen om bygglogistiklösningar. I och med att en lösning (t.ex. terminalisering och inbärning) införs så kommer en utomstående tredje part att utföra vissa aktiviteter som tidigare utförts av entreprenör eller installatör. Hur ansvarsfördelning förändras samt därmed hur kostnaderna omfördelas är ett vitt blad både forskningen och i praktiken som måste studeras närmare. Här finns en stor potential att arbeta vidare med vad som behöver undersökas närmare när en logistiklösning ska implementeras. I

Tabell 5 återges delar av roadmapen. Den utgår från de kostnadsposter som presenteras i Figur 4 uppdelat i vilka aktiviteter som påverkas av införandet av en bygglogistiklösning samt vilka kostnadsdrivare som har identifierats. Tanken är att de aktörer som påverkats av implementering av bygglogistiklösning (tjänsteleverantören och entreprenören) tillsammans sätter sig och fyller i början i hur man tror att ansvaret ock kostnaderna för aktiviteten påverkas vid införandet och sedan kontinuerligt följer upp detta. På så sätt får man en bild över vad som kommer påverkas och i vilken grad för vilken aktör.

Tabell 5. Exempel på hur Transportkostnaderna kan undersökas innan införandet och som uppföljning.

KOSTNADS-POST	AKTIVITET	KOSTNADS-DRIVARE	VEM HAR ANSVARET			
			Logistiklösning		Traditionellt	
			Aktör 1	Aktör 2	Aktör 1	Aktör 2
TRANSPORTER	Planering	Ansvar				
		Antal transporter				
		Express				
		Transportkostnad				
		Fyllnadsgrad				
	Mottagning	Ansvar				
		Turn around tid				
		Antal hanteringar/förflyttningar i snitt per mottaget gods				
		Antal lull				
		Lull utnyttjande grad				
		Antal godsmottagare				
		Smarta container				
		Antal samtal/mail leverantörer				

Vidare behöver ytterligare detaljanalyser göras för avfallssidan och verifiera de samband som setts mellan sortering, fyllnadsgrad och kostnader för detta. Även det handlar om en kostnads och ansvarsfördelning mellan två parter. T.ex. skulle man där genomföra korrelationsanalyser för att förstå om det finns ett samband mellan sorteringsgrad och antal materialslag som sorteras som resultaten indikerar. Vi såg inget samband mellan fyllnadsgrad och antalet fordonstyper som användes i projekten, men även detta skulle vara intressant att gräva vidare i. Finns det någon fordonstyp som projekten lyckas nå en bättre fyllnadsgrad för än andra? Intressant är också att undersöka korrelationen mellan sorteringsgrad och fyllnadsgrad mer i detalj. I studien har vi grupperar material i brännbart, inerta och metaller och det skulle vara intressant att undersöka hur sorteringsgrader och fyllnadsgrader förhåller sig för olika materialslag. Dessutom har vi endast undersökt fyllnadsgrader i fordon men detta kan med fördel utökas till att titta på fyllnadsgrad i behållare. I fortsatta studier skulle man gärna vilja undersöka vilken typ av mått som kan användas för att få en bättre bild av logistikeffektivitet i insamlingssystemet och möjliga förbättringsåtgärder. Kopplat till kostnader så har vi studerat behandlingskostnader och i fortsatt forskning skulle man vilja räkna mer på lagrings- och hanteringskostnader samt transportkostnader. Intressant vore även att relatera avfallsmängder per materialslag till material som köpts in för att kunna öka kunskapen om vilka material som hanteras effektivt och vilka som inte gör det.

5 AVSLUTANDE DISKUSSION

5.1 Slutsatser

Det övergripande syftet med projektet var att förbättra installatörers logistik, dvs material och informationsflöden och på så sätt öka resurseffektiviteten i byggkedjan. En prioriterad del var att kunna kvantifiera effekten av olika förslag för att uppnå en förbättrad logistik. Själva kvantifieringen har delvis kunnat uppfyllas (t.ex. genom beräknings av avfallshantering och fakturahanteringen). Där emot har ett viktigt forskningsområde identifierats som måste lösas först innan de kvantitativa effekterna fullt ut kan undersökas. Detta rör hur kostnader just förskjuts i försörjningskedjor vid införandet av en bygglogistiklösning. Kostnadsmodellen som presenteras i Figur 4 och ex. på den praktiska tillämpningen av modellen i Tabell 6 där ett första utkast för att

identifiera hur kostnaderna omfördelas, även om de mer visar på *att* en kostnad förskjuts och inte *hur* mycket.

Ytterligare en anledning till att en fullständig kvantitativ analys av kostnaderna kunnat göras är att all nödvändig data inte samlas in av parterna. I fallet NUS har vi kunnat visa på vilken information som behöver samlas in för att kunna utvärdera huruvida en logistiklösning är lönsam eller ej. Tabell 7 nedan återger för de kostnadsposter som undersökts vilken information som behövs. Genom att systematiskt börja samla in denna data och analysera hur en logistiklösning kommer påverka dessa kan man även svara på om det kommer bli lönsamt eller ej. Detta är ett stort bidrag till branschen då kunskap om exakt hur logistiklösningar ska utvärderas saknas nuläget. Dock behövs fler studier på hur man systematiskt och digitalt kan börja samla in efterfrågad data.

Slutsatsen i projektet är att kunna förbättra installatörers materialflöden och kunna beräkna kostnadseffekterna av detta krävs mer forskning och förståelse.

Tabell 6. Data som behövs för att beräkna kostnader.

	DATA SOM BEHÖVS
LAGERFÖRING	Hur ofta ambulanser hindras Interna transporttider för personal Interna transporttider för patienter Antal fordon per timma på anslutande väg Kassationer per år (och anledning) Svinn per år Försäkringskostnader Hur ofta material flyttas och tid för detta Kapitalkostnader på site
MATERIAL-HANTERING	Inbärningstider Tid för att leta efter material och kostnad Tid för att flytta på material som är i vägen och kostnad Tid för att få fram hjullastare akut Tid för att få fram godsmottagare akut Utebliven produktionskapacitet vid akuta leveranser
AVFALLS-HANTERING	Containerhyra Tid för att sortera Tid för att slänga avfall Transportkostnad för avfallshanterare Mottagningsavgift för avfallshanterare Omsorteringskostnader för avfallshanterare
FAKTURA-HANTERING	Tid för att söka fram information om leveransstatus Ränta på utgående faktura som hålls för att man inte kan hitta rätt information om leverans

5.2 Nyttan med projektet

Den vetenskapliga nyttan med resultatet från projektet är en insikt i att svårigheter i att beräkna kostnadsförändringar dels beror på att kunskap saknas i hur kostnader och ansvar för aktiviteter kopplat till logistiken förskjuts i försörjningskedjan när en bygglogistiklösning införs. Detta har inte beforskats såväl vare sig i en byggkontext eller i annan kontext. Detta måste undersökas närmare för att kunna ge framtida rekommendationer kring vilka aktiviteter kopplat till installatörers

materialflöden som ska utföras av installatörerna alternativt av en annan aktör. Detta påverkas också av vilka bygglogistiklösningar som studeras.

För praktiker har projektet ändå skapat en guideline (ex. i Tabell 5**Fel! Hittar inte referenskälla.**) för hur kostnadsfördelningar kan mellan aktörer kan uppskattas samt vilken typ av data/information som behöver samlas in för att kunna göra fullständiga kostnadsberäkningar (se Tabell 6). Förhoppningsvis ger detta uppslag för framtida aktörer att skapa system för att samla in denna typ av data och kunna visa på kostnadsfördelningar i försörjningskedjorna.

5.3 Fortsatt arbete

För att sammanfatta. Dessa 3 framtida arbeten ser vi som potentiella:

1. Forskning om hur man kan identifiera kostnadsfördelning i en försörjningskedja vid införandet av en bygglogistiklösning.
2. Forskning om hur man kan identifiera ansvarsfördelning i en försörjningskedja vid införandet av en bygglogistiklösning.
3. Forskning om hur ett affärssystem ska utformas för att kunna samla in nödvändig data och visa på kostnadsfördelningar i en försörjningskedja.

LITTERATURFÖRTECKNING

Boverket (2017). Bygg- och fastighetssektorns uppkomna mängder av avfall. https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/avfall/

Christopher, M. (2011). *Logistics and supply chain management,* Edinburgh Gate, Prentice Hall - Financial Times.

Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica,* 4**(16),** 386-405.

Dekker, H. C. & Van Goor, A. R. (2000). Supply Chain Management and Management Accounting: A Case Study of Activity-Based Costing. *International Journal of Logistics Research and Applications,* 3**(1),** 41-52.

Fang, Y. & Ng, S. T. (2011). Applying activity-based costing approach for construction logistics cost analysis. *Construction Innovation,* 11**(3),** 259-81.

Flick, U. (2009). *An introduction to qualitative research,* London, UK, SAGE Publication.

Grant, D. B., Lambert, D. M., Stock, J. R. & Ellram, L. M. (2006). *Fundamentals of logistics management*, Maidenhead, Berkshire : McGraw-Hill Education, cop. 2006.

Janné, M. & Fredriksson, A. (2019). Construction logistics governing guidelines in urban development projects. *Construction Innovation,* 19**(1),** 89-109.

Janné, M. & Rudberg, M. 2017. Costs and benefits of logistics solutions in construction. *24th EurOMA conference.* Edinburgh, Scotland.

LaLonde Bernard, J. & Pohlen Terrance, L. (1996). Issues in Supply Chain Costing. *The International Journal of Logistics Management,* **(1),** 1.

Lambert, D. M. (1975). *The Development of an Inventory Costing Methodology: A Study of the Costs Associated with Holding Inventory*, National Council of Physical Distribution Management.

Lundesjö, G. 2010. Barts Hospital, London. Banbury, Oxon, Great Britain: Waste & Resources Action programme.

Lundesjö, G. 2011. Using Construction Consolidation Centres to reduce construction waste and carbon emissions. Banbury, Oxon, Great Britain: Waste & Resources Action Programme.

McCarthy, E. J. (1960). *Basic Marketing: A Managerial Approach*, R.D. Irwin.

Oskarsson, B., Aronsson, H. & Ekdahl, B. (2013). *Modern logistik - för ökad lönsamhet,* Linköping, Liber.

Thunberg, M. & Persson, F. (2014). Using the SCOR model's performance measurements to improve construction logistics. *Production Planning and Control,* 25**(13),** 1065-78.

Vrijhoef, R. & Koskela, L. (2000). The Four Roles of Supply Chain Management in Construction. *European Journal of Purchasing & Supply Management,* 6169-78.