

Lean Construction as a Strategy for Reducing Material Waste in the Building Sector

A Literature Study on the Potential for Reducing Material Waste Through Lean Philosophy and Its Methods

Melek Nuraldin



LUNDS
UNIVERSITET

Copyright ©Melek Nuraldin

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

ISRN LUTVDG/TVBP-26/5790-SE
Lunds tekniska högskola
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Byggproduktion
Box 118
SE-221 00 LUND

Lund University
Lund 2026

Abstract

Title: *Lean Construction as a Strategy for Reducing Material Waste in the Building Sector – A Literature Study on the Potential for Reducing Material Waste Through Lean Philosophy and Its Methods*

Author: Melek Nuraldin

Supervisor: Stefan Olander

Examiner: Rikard Sundling

Background:

The Construction sector is globally one of the most resource-intensive sectors that accounts for significant material consumption and waste generation. Approximately 10% of Sweden's construction and demolition waste consists of material waste. Alongside this 30 -35% of the total production costs are linked to waste and spillage.

Purpose and research questions:

The study aims to analyze and investigate to which extent Lean Construction and its methods can reduce material waste in the construction sector and to identify the factors and causes of material waste. The research questions are:

- How and to what extent can Lean Construction reduce material waste, climate impact and inefficient resource use?
- Which stages of the construction process generate material waste and what are the primary causes?
- Which organizational factors influence the implementation of Lean Construction?

Theoretical foundation and methodology:

This study is a literature review following Säfsten and Gustavsson's stepwise methodology. The study consists of two analytical tracks, one for Lean Construction and one for material waste. These two tracks are then subsequently combined. The material sources are primarily scientific articles, previous theses and reports.

Result and Analysis:

Material waste originates from an interplay between design-, planning-, and production phases. Design errors alongside poor coordination between different disciplines have been proved to be of particular significance. The Lean- tools Last Planner System, Just-in-Time, 5S and Value Stream Mapping have shown a clear ability to reduce waste and to provide that the Lean approach is implemented across the entire organization. Critical success factors that have been identified are management commitment and education at all levels in the organization.

Conclusion:

Lean Construction offers substantial opportunities for reducing material waste in the construction industry. However, its full potential is only achieved when the philosophy is applied and implemented as a whole, not as isolated and individual tools. The main identified barriers are insufficient management support, limited or inadequate knowledge, and lastly resistance to change.

Keywords:

Lean Construction, Material Waste, Construction Production, Sustainability, Resource efficiency

Sammanfattning

Titel: *Lean Construction som en strategi för att minska materialspill i byggsektorn – En litteraturstudie om möjligheten att minska materialspill genom Lean- filosofi och dess metoder.*

Författare: Melek Nuraldin

Handledare: Stefan Olander

Examinator: Rikard Sundling

Bakgrund:

Byggsektorn är globalt sett en av de mest resursintensiva sektorerna och står för en betydande andel av materialförbrukning och avfallsgenerering. Ungefär 10 % av Sveriges bygg- och rivningsavfall består av materialavfall. Utöver detta är 30-35 % av de totala produktionskostnaderna kopplade till avfall och spill.

Syfte och frågeställningar:

Studien syftar till att analysera och undersöka i vilken utsträckning Lean Construction och dess metoder kan minska materialspill inom byggsektorn och att identifiera faktorer och orsaker till materialspill. De frågeställningar som besvaras är:

- Hur och i vilken utsträckning kan Lean Construction och dess metoder bidra till minskat materialspill, klimatpåverkan och ineffektivt resursutnyttjande i byggproduktion?
- Vilka moment i byggprocessen genererar materialspill och vilka är de främsta orsakerna till materialspill i byggproduktion?
- Vilka organisatoriska faktorer, incitament och uppföljningsmetoder påverkar implementering och användning av arbetsmetoden Lean Construction och hur påverkas möjligheten att arbeta mer spillreducerande i byggprojekt.

Teori och metod:

Den utförda studien är en litteraturstudie som följer Säfsten och Gustavssons stegvisa metodik. Studien består av två analytiska spår, ett för Lean Construction och ett för

materialavfall. Dessa två områden kombineras sedan. Materialkällorna är främst vetenskapliga artiklar tidigare examens- och kandidatarbeten och rapporter.

Resultat och analys:

Materials spill uppstår i ett samspel mellan design-, planerings- och produktionsfasen. Designfel tillsammans med bristfällig samordning mellan olika discipliner har visat sig vara av särskild viktig betydelse. Lean-verktygen Last Planner System, Just-in-Time, 5S och Value Stream Mapping har visat en tydlig förmåga att minska spill och att för att säkerställa att Lean-metoden implementeras i hela organisationen. Kritiska framgångsfaktorer som har identifierats är ledningens engagemang och utbildning/kunskap på alla nivåer i organisationen.

Slutsatser:

Lean Construction erbjuder betydande möjligheter för att minska materials spill inom byggbranschen. Dess fulla potential uppnås dock endast när filosofin tillämpas och implementeras som en helhet, inte som isolerade eller individuella verktyg. De framstående hinder som identifierats är otillräckligt ledningsstöd, begränsad eller otillräcklig kunskap och slutligen motstånd mot förändring.

Nyckelord:

Lean Construction, materials spill, byggproduktion, hållbarhet, resurseffektivitet

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	1
1.1	Syfte	2
1.2	Målsättning och frågeställning	2
1.3	Avgränsningar	3
2	Metodik och Litteraturstudie	4
2.1	Urval och avgränsning av källor	4
2.2	Två analytiska spår	5
2.3	Sökstrategi och urval	5
2.4	Litteraturstudiens metod	6
2.5	Metoddiskussion	6
3	Teoretisk referensram	8
3.1	Lean production	8
3.1.1	TPS-huset (The House of Lean)	10
3.2	Lean Construction	12
3.3	Lean – principer i byggbranschen	12
3.4	Lean – verktyg	13
3.4.1	Last planner System (LPS)	13
3.4.2	Just-in-Time (JIT)	14
3.4.3	Value Stream Mapping (VSM)	15
3.4.4	5S- Fem varför	15
3.4.5	Push- respective pull-planering	16
3.5	Spill och slöseri	16
3.6	Materials spill i byggbranschen	18
3.6.1	Definition av materials spill	18
3.6.2	Typer av materials spill	18
3.6.3	Mätning av materials spill	19
3.6.4	Orsaker till materials spill	19
3.6.5	Klimatpåverkan och hållbar utveckling	21
3.6.6	Byggsektorns klimatpåverkan - en översikt	21
3.6.7	Koppling mellan materials spill och klimat	22
4	Resultat	23

4.1	Orsak till materialspill	23
4.1.1	Projekteringsfas	23
4.1.2	Produktionsfas	24
4.1.3	Organisatoriska faktorer	26
4.2	Organisatoriska faktorer och hinder vid användning av Lean Construction	27
4.2.1	Ledningens roll, engagemang och stöd	27
4.2.2	Mellanchefernas roll	29
4.2.3	Utbildning och kunskap	30
4.2.4	Motstånd mot förändringar	31
4.3	Effekter av Lean på materialspill	31
4.3.1	Last Planner system (LPS)	32
4.3.2	Just-in-Time (JIT)	33
4.3.3	Value Stream Mapping (VSM)	35
4.3.4	5S-Fem varför	36
4.4	Lean Construction- En kritisk syn	36
5	Analys och diskussion	38
5.1	Lean i Praktiken	42
5.2	Lean och dess effekt på minskat klimatavtryck	44
6	Slutsats och svar på frågeställningar	46
6.1	Förslag på framtida studier	47
7	Referenslista	49

1 Bakgrund

Ur ett globalt perspektiv är byggsektorn en av de mest resursintensiva branscherna och står för en betydande del av materialförbrukningen, avfallsgenereringen samt klimatutsläppen. Enligt rapporten från FN:s miljöprogram (UNEP) står byggsektorn för 32% av den totala energianvändningen globalt och 34% av de globala koldioxidutsläppen. Trots ökade insatser för utnyttjning och användning av förnybara energikällor och energieffektiviserande lösningar är utvecklingen otillräcklig för att uppnå de fastställda klimatmålen (UNEP, 2025). Sveriges bygg- och rivningsavfall uppgick år 2020 till 14,6 miljoner ton (Naturvårdsverket, 2025a). Även om rivningsavfall utgör den största mängden av denna siffra utgör materialspill ungefär 10 % av den genererade avfallsmängden. Därmed utgör förlorad eller ineffektiv användning av material en tydlig ekonomisk belastning (Wahi *et al.*, 2016).

Enligt Jensen (2010) uppskattas 30–35% av produktionskostnaderna för byggprojekt vara kopplade till slöseri och spill. Spill och slöseri kan visa sig i form av väntetider, omarbete, skador samt materialspill. Däremot är en omfattande del av spillet kopplat till hantering av material. Detta är en tydlig indikation på att det finns stora förbättringsmöjligheter om man i branschen systematiskt arbetar för att identifiera, åtgärda och eliminera icke-värdeskapande aktiviteter (Jensen, 2010).

Enligt Svenska Akademiens Ordbok definieras ordet materialspill som *“den del av råämnet till en produkt som går förlorad vid tillverkningen”* (SAOB, 1938). Materialspill innebär att inköpt material inte utnyttjas effektivt och att det går förlorat. Materialet byggs inte in i projektet under byggprocessen utan går istället förlorat utan att dess fulla värde skapas och tas tillvara. Ett ytterligare sätt att definiera materialspill där ett konkret värde erhålls är att definiera det som skillnaden mellan den mängd material som levereras till byggarbetsplatsen och den mängd som i verkligheten används i konstruktionen där även justering för befintlig lager görs. Genom att använda beräkningsmetoden som Formoso beskriver i artikeln erhålls ett procentuellt värde av det spill som uppkommer i ett byggprojekt där både direkt spill, överblivet eller oanvänt material, indirekt spill och ineffektiv materialanvändning beaktas (Formoso *et al.*, 2002). Materialspill uppstår bland annat till följd av brister i planeringen, kommunikation, överbeställning och felhantering av material (Salame & Valencuk, 2016). Detta tyder på att uppkomst av spill inte enbart utgörs av tekniska problem utan även organisatoriska samt processrelaterade problem.

Genereringen av materialspill sker i flera faser och är inte enbart kopplat till en del av byggprocessen. Under projekteringsfasen kan designfel, fel eller otillräcklig information i ritningar eller i dokument samt frekventa ändringar i design påverka genereringen av spill. Även genomförandefasen bidrar till uppkomsten av materialspill där den främsta anledningen anses vara felaktig materialhantering. Däremot betonas det i artikeln *Design decision making for construction waste minimisation* att den betydande delen av materialspill uppkommer tidigt i byggprocessen, därmed i projekteringsfasen (Mahinkanda *et al.*, 2023). Beslut som fattas i detta skede har en avgörande inverkan på uppkomsten av avfall och spill samt att en betydande del av framtida avfall och spill kan förebyggas redan i ett tidigt skede.

Lean Production, även kallad Toyota-modellen, har vuxit fram som en ledningsfilosofi och arbetsmetodik för att skapa ett ökat värde med mindre resursförbrukning. Den anpassade modellen för byggbranschen kallas för Lean Construction och kan användas inom byggbranschen för att effektivisera arbetsprocessen. Grundidén inom denna filosofi är att det utförda arbetet ska präglas av effektivitet och smarthet, inte av intensitet. Detta kan uppnås genom att identifiera och eliminera de aktiviteter som inte tillför ett värde. Grunden till det är att rätt material, verktyg samt resurser finns på rätt plats, vid rätt tid och i tillräcklig mängd (Jensen, 2010).

Hållbarhet, resurseffektivitet och kostnadseffektivitet är framträdande faktorer som bidrar till att ett ökat intresse för ett Lean-inspirerat arbetssätt inom byggsektorn. Därmed är en djupare förståelse för hur Lean Construction och dess metoder kan bidra till en hållbar byggbransch, både ur ett miljömässigt perspektiv och ur ett ekonomiskt perspektiv viktigt. Att undersöka hur Lean Construction kan prägla en minskad generering av materialspill utgör grunden för detta arbete.

1.1 Syfte

Detta kandidatarbete har som syfte att undersöka i vilken utsträckning Lean Construction och dess metoder kan bidra till en hållbar byggprocess, med särskilt tonvikt på minskad mängd materialspill. Studien avser även att identifiera och kartlägga de orsaker som bidrar till generering av materialspill. Genom att analysera materialspill, tillämpning av Lean Construction och resurseffektivitet i byggbranschen syftar arbetet till att skapa ett samband och ge en ökad förståelse samt belysa i vilken utsträckning denna arbetsmetod kan resultera i både en ekonomisk och miljömässig hållbarhet

1.2 Målsättning och frågeställning

De frågeställningar som är relevanta och som kommer försökas besvaras under studien är följande;

- Vilka moment i byggprocessen genererar materialspill och vilka är de främsta orsakerna till materialspill i **byggprocessen**?
- Hur och i vilken utsträckning kan Lean Construction och dess metoder bidra till minskat materialspill och klimatpåverkan byggprocessen?
- Vilka incitament och organisatoriska faktorer är betydelsefulla för en framgångsrik implementering av Lean Construction

1.3 Avgränsningar

Studien är avgränsad till en litteraturstudie och omfattar därmed inte egna empiriska studier. Resultaten bygger enbart på tidigare forskning, arbeten och studier. Arbetet avgränsas till byggprocessen och materialspill i byggbranschen där rivningsfasen och avfall från denna fas inte behandlas i studien. Detta då studiens huvudsakliga syfte är hur genereringen av materialspill kan minskas. Vidare avgränsas studien till att enbart behandla styrmodeller inom Lean Construction som kan användas för att minska mängden genererad materialspill, andra sätt att styra produktion och organisation behandlas enbart för ökad förståelse av Lean Construction. Studien fokuserar på den svenska byggbranschen. För att skapa en bredare förståelse av Lean Construction inkluderas internationell forskning och tidigare studier.

2 Metodik och Litteraturstudie

Studien avser att undersöka, analysera och sammanställa tidigare utförda arbeten och befintlig forskning inom det aktuella området. Metoden bygger på att systematiskt insamla, granska och analysera tidigare examensarbeten, vetenskapliga artiklar och rapporter.

Den valda analysmetoden syftar till att skapa en djupare teoretisk förståelse samt identifiera och sammanställa samband mellan Lean Construction, materialspill och implementering av denna arbetsmetod. Detta skapar en möjlighet att erhålla en bred bild av befintlig kunskap inom området och identifiera de bidragande faktorerna till materialspill

2.1 Urval och avgränsning av källor

För en strukturerad litteraturgenomgång anger Säfsten och Gustavsson (2019) en steg-för-steg metod. Detta har nyttjats vid litteraturstudien. Följande steg har genomgåts (Säfsten & Gustavsson, 2019, S. 75–77):

1. **Identifiering av lämpliga sökord:** Utgångspunkten för sökorden är de teoretiska begrepp som använts i syfte och frågeställning. Olika synonymer till begreppen utökar möjligheten till att nå flera litterära skrifter.
2. **Kriterier formuleras för inkludering /exkludering av litteratur:** Här gäller det att besluta den grund som litteraturen ska stå på och inkluderas i studien. Frågor som ställs är *vilka typer av publikationer ska ingå?* och *från vilka tidsperioder?*
3. **Val av sökverktyg och databas:** Relevanta databaser ska väljas.
4. **Översiktlig genomgång av litteratur:** Läsning av titel, sammanfattning och abstract möjliggör en övervägning kring litteraturens relevans.
5. **Fördjupad genomgång av litteratur:** När relevant litteratur har valts och identifierats utförs en fördjupad genomgång och läsning. Även här kan litteraturen väljas bort om den anses irrelevant.

6. **Analys och extraktion av information:** Innehållet analyseras och den information som behövs extraheras och slutligen presenteras.

Urvalet av källor som använts har avgränsats till källor som är direkt relevanta för studiens ändamål, syfte och frågeställningar. Tre huvudsakliga kategorier har prioriterats: Tidigare examensarbeten och kandidatarbeten, vetenskapliga artiklar samt rapporter från myndigheter och organisationer.

Källor har valts utifrån deras relevans, trovärdighet, vetenskaplig kvalitet samt koppling till studiens frågeställningar (Säfsen & Gustavsson, 2019). För att säkerställa relevans och aktualitet har källor publicerade de senaste 10–15 åren prioriterats, dock har även äldre källor nyttjats för äldre teorier som begreppsförklaring samt beskrivning av arbetsmetoden Lean Construction och Lean Production.

2.2 Två analytiska spår

Arbetet har strukturerats kring två huvudsakliga spår där det första behandlar Lean Construction, dess ursprung samt relevanta arbetsmetoder. Det andra spåret fokuserar på materialspill, påverkan på klimat och hållbarhet inom byggbranschen. Hädanefter har de två separata spåren sammanförts för att avgöra vart i byggprocessen Lean Construction har störst betydelse för att påverka generering av materialspill samt hur arbetsmetoden kan användas för att öka resurseffektivitet. Denna uppdelning gör det möjligt att få en tydligare helhetsbild av organisatoriska arbetssätt, metoder och implementering och även miljömässiga konsekvenser

2.3 Sökstrategi och urval

Litteraturen har sökts i flera olika databaser och sökplattformar. Databaser som används är Lunds universitets Publikationer (LUP), Digitala Vetenskapliga Artiklar (Diva), Google Scholar och uppsök. Även sökning via sökmotorn Google har utförts. För sökning och identifiering av relevanta källor har flertalet nyckelord använts där några av dem är följande; Lean Construction, Lean Production, materialspill/material waste, construction waste management, byggavfall, Just-in-Time, 5S/fem varför, Value Stream Mapping, hållbart byggande/sustainable construction, klimatpåverkan och hållbarhet inom byggbranschen. För att fånga upp artiklar och forskning från olika geografiska sammanhang har sökningen utförts både med svenska och engelska sökord

2.4 Litteraturstudiens metod

Studiens syfte utgör utgångspunkten för denna litteraturstudie. Arbetet inleddes med en teoretisk referensram där centrala begrepp som Lean Production, Lean Construction, materialspill och klimatpåverkan definierades. De nämnde begreppen utgör även grunden för den utförda litteraturstudien. Urvalet av källor skedde enligt Säfsten och Gustavsson (2019) stegvisa metod. Titeln på den sökta litteraturen, nyckelord samt sammanfattningen granskades för att avgöra relevans för studien syfte. Litteraturen som valts strukturerades i de två analytiska spåren Lean Construction och materialspill. Hädanefter genomfördes en djupare läsning av de källor som bedömdes vara relevanta. I resultatkapitlet sammanställdes och presenterades de tidigare forskningarna och studierna utan egna tolkningar eller analyser. Här identifierades samtliga orsaker för materialspill, effekter av Lean Construction och de samtliga organisatoriska faktorer som har en påverkan på implementeringen av Lean. I analys- och diskussionskapitlet jämfördes de erhållna resultatet från de olika studierna. Egna slutsatser, analyser och sammanställningar inkluderades. Här identifierades även återkommande mönster, samband och faktorer samt skillnader som uppkom mellan de olika studierna. Detta låg till grund för de efterkommande slutsatserna som drogs. Vid slutsatsen identifierades de främsta delar som direkt är relevanta för frågeställningen. De största faktorerna plockades ut och presenterades i slutsatsen enligt de tre frågeställningarna.

2.5 Metoddiskussion

Säfsten och Gustavssons (2019) stegvisa metod möjliggör en strukturerad och systematisk litteraturgenomgång som även är reproducerbar. En bred sökstrategi används där flera olika databaser utnyttjas för litteratursökning. Både svenska och engelska sökord minskar risken för miss av relevant forskning och studier. Det ger även en bredare täckning av det studerade området. Två analytiska spår används vid metodiken, en för Lean Construction och för materialspill och hållbarhet. Dessa knyts sedan samman i analysdelen. Det skapar dels struktur men gör det även möjligt att hantera två kunskapsområden parallellt. Vidare ger det en mer heltäckande bild då båda kunskapsområdena är relevanta inom byggsektorn. Ett tydligt urvalskriterium av litteratur är gjord där både äldre och nyare forskning, studier och arbeten inkluderas. Detta ökar studiens validitet.

Däremot bygger studien enbart på sekundärkällor då inga empiriska studier är gjorda. Därmed kan den presenterade studien inte verifieras eller falsifieras med egna undersökningar eller empiriska studier. Ett problem med det studerade området är att den publicerade forskningen kan vara snedvriden mot positiva resultat. Studier som indikerar att Lean Construction fungerar väl publiceras i större utsträckning än studier som tyder på misslyckad implementering vilket kan påverka resultatet och analysen som framställs i denna studie. Publikationsbias är därför värt att nämna i denna studie. Dwan et al (2010)

nämner i sin forskning att studier med positiv eller statistiskt signifikanta resultat publiceras snabbare än studier med negativt resultat (Dwan et al, 2010). I detta fall hade empirisk studie kunnat bekräfta eller vederlägga Lean Constructions arbetsfilosofi och kunna pröva och undersöka huruvida Lean Construction fungerar i praktiken.

3 Teoretisk referensram

I detta kapitel behandlas teorin som ligger till grund för den kommande analysen

3.1 Lean production

Lean Production är en arbetsfilosofi som har utvecklats och växt fram i Japan. Det har sitt ursprung i Toyota Motor Corporation och har vidareutvecklats till Toyota Production System (TPS). Idén bakom systemet är att skapa högsta möjliga kundvärde med minsta möjliga resursförbrukning. Det bygger på att identifiera och eliminera de aktiviteter som inte tillför ett värde, benämns icke-värdeskapande aktiviteter, samtidigt som de värdeskapande aktiviteterna och processerna ska utvecklas, förbättras och optimeras (Womack & Jones, 1996). Lean Production har en stark anknytning till Toyota och deras arbetssätt. Inom Toyota kallas arbetssättet för "*The Toyota Way*" och arbetsfilosofin läggs stor vikt på ständig förbättring, respekt för människor och att systematiskt utföra arbeten med effektiva flöden. Ett centralt tankesätt är att eliminera slöseri (kallad "muda"). Detta innefattar de icke-värdeskapande aktiviteterna och genom att minska eller till och med eliminera dessa moment kan processer bli både effektiva och mer lönsamma (Liker, 2004).

Liker understryker att organisationen Toyota arbetar med kontinuerlig förbättring, även kallad kaizen. Hela organisationen från ledning till produktionsarbetare kontinuerligt arbetar systematiskt och ständigt med att minska variation och slöseri i hela arbetsprocessen. Vidare nämns det att problem inte ses som negativt utan som en möjlighet till utveckling, förbättring och lärande (Liker, 2004). Toyota Production System (TPS) grundar sig i fjorton principer. Dessa ligger till grund för arbetssättet och tolkningen av Lean Production. De fjorton principerna är följande (Liker, 2004):

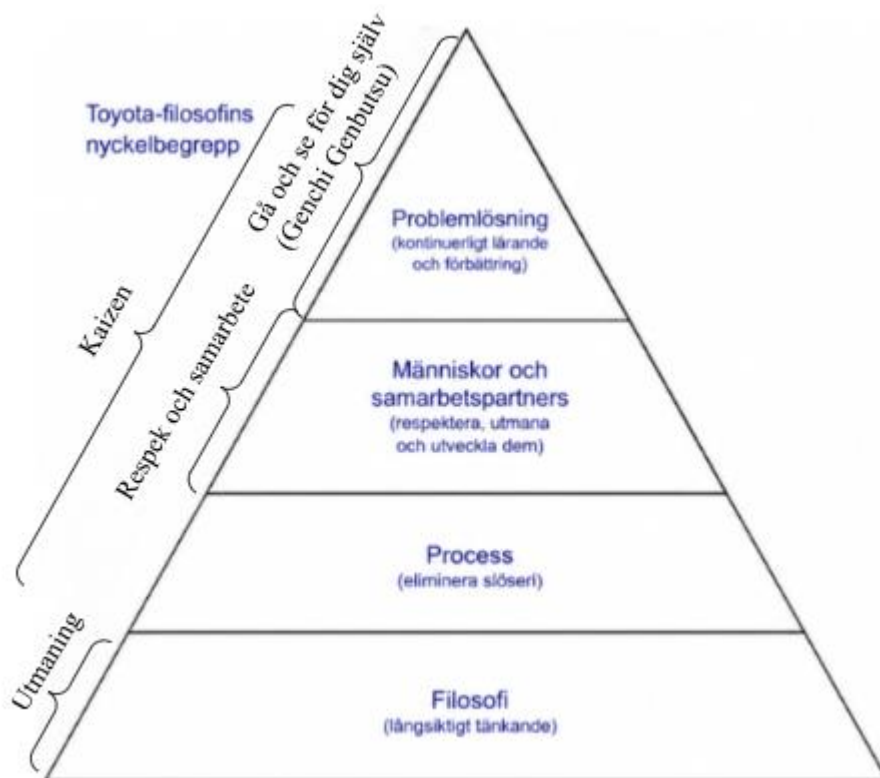
1. Basera dina ledningsbeslut på en långsiktig filosofi, även på bekostnad av kortsiktiga ekonomiska mål.
2. Skapa kontinuerligt processflöde för att lyfta fram problem. Arbeta för att eliminera slöseri (muda) genom strävan av ständig förbättring (kaizen).
3. Använd pull-system för att undvika överproduktion. Pull-system syftar till att enbart påbörja produktion efter kundorder är lagd. Principen syftar till att styra

efterfrågan genom att enbart producera det som behövs, när det behövs. I kontrast till Pull-systemet finns push systemet där företag producerar och lagerhåller produkter innan kundorder.

4. Jämna ut arbetsbelastningen (heijunka). *Arbeta som sköldpaddan, inte haren.* Syftet med denna princip är att arbetet ska balanseras så att toppar och dalar undviks.
5. Stanna/stoppa flöden för att lösa problem. Bygg en kultur där man stannar upp för att åtgärda problem. Målet är att uppnå rätt kvalitet och göra rätt från början.
6. Standardiserade uppgifter är grunden för kontinuerlig förbättring och medarbetarnas egenmakt/frigörelse.
7. Använd visuell kontroll så att inga problem döljs. Genom att visualisera blir problem synliga och tydliga vilket hjälper organisationen att identifiera och åtgärda fel.
8. Använd endast pålitlig, noggrant testad teknik som stödjer anställda och processer.
9. Utveckla ledare som grundligt förstår arbetet, lever filosofin och lär ut den till andra.
10. Utveckla exceptionella människor och team som följer företagets filosofi.
11. Respektera utökade nätverk av partners och leverantörer genom att utmana dem och hjälpa dem att förbättra sig.
12. Se till att beslutfattare arbetar nära produktion. Principen kallas för *genchi genbutsu* och betyder *gå och se själv för att grundligt förstå situationen*.
13. Fatta beslut långsamt genom konsensus, och överväg noggrant alla alternativ, implementera beslut snabbt (nemawashi).
14. Bli en lärande organisation genom obeveklig reflektion (hansei) och kontinuerlig förbättring (kaizen)

De fjorton principerna delas upp i fyra kategorier som alla börjar på P; *Philosophy (Filosofi)*, *Process (Process)*, *People/Partners (Människor och samarbetspartners)* och *Problem solving (Problemlösning)*. Uppdelningen kan ses i figur 1 som är en anpassning av Likers (2004) modell *Toyota Way*. Modellen som kallas för Toyota Way illustrerar Toyotas ledningsfilosofi. Modellen är uppbyggd nerifrån uppåt där filosofin utgör grunden och den baseras på att ledningsbeslut ska tas utifrån långsiktigt tänkande och filosofi, även på bekostnad av kortsiktiga ekonomiska mål (Liker, 2004). Beslut bör fattas utifrån ett helhetsperspektiv istället för kortsiktiga vinster. Processerna bygger på filosofin som omfattar grundprincipen i TPS. Vid denna nivå av pyramiden ska flöden som synliggör problem skapas, arbetsbelastningen ska jämnas ut (heijunka), vid kvalitetsproblem ska processen/flödet stoppas (jidoka), för ständig förbättring ska uppgifter standardiseras, visuell styrning kan användas så att problem inte döljs och

slutligen ska enbart pålitliga och väl testade tekniker användas i processen (Liker, 2004). Människor och samarbetspartnern är de som möjliggör processer och respekt samt samarbete ska finnas. Att utveckla ledare som lever den grundläggande filosofin (nivå ett i figur 1) och att respektera, utveckla och utmana medarbetar innefattas i denna nivå. Här läggs vikt även på samarbetspartners och leverantörer och det lyfts även att man ska respektera, hjälpa och utmana dem (Liker, 2004). Detta tydliggör att filosofin inte enbart ska stanna internt utan ska också nå externa delar för att optimera Lean. Problemlösningen befinner sig i toppen av pyramiden och blir resultatet av hela systemet. Här uppmuntras man att förstå grundorsakerna, fortlöpa lärandet genom kaizen samt att beslut ska fattas långsamt genom konsensus. En övervägning av alla alternativ ska utföras och därefter ska implementeringen ske snabbt. Liker understryker att företag som implementerar Lean ofta fastnar och stannar på processnivån, en filosofi byggs aldrig upp och därmed blir de utförda och åstadkomna förbättringarna inte bestående (Liker, 2004).



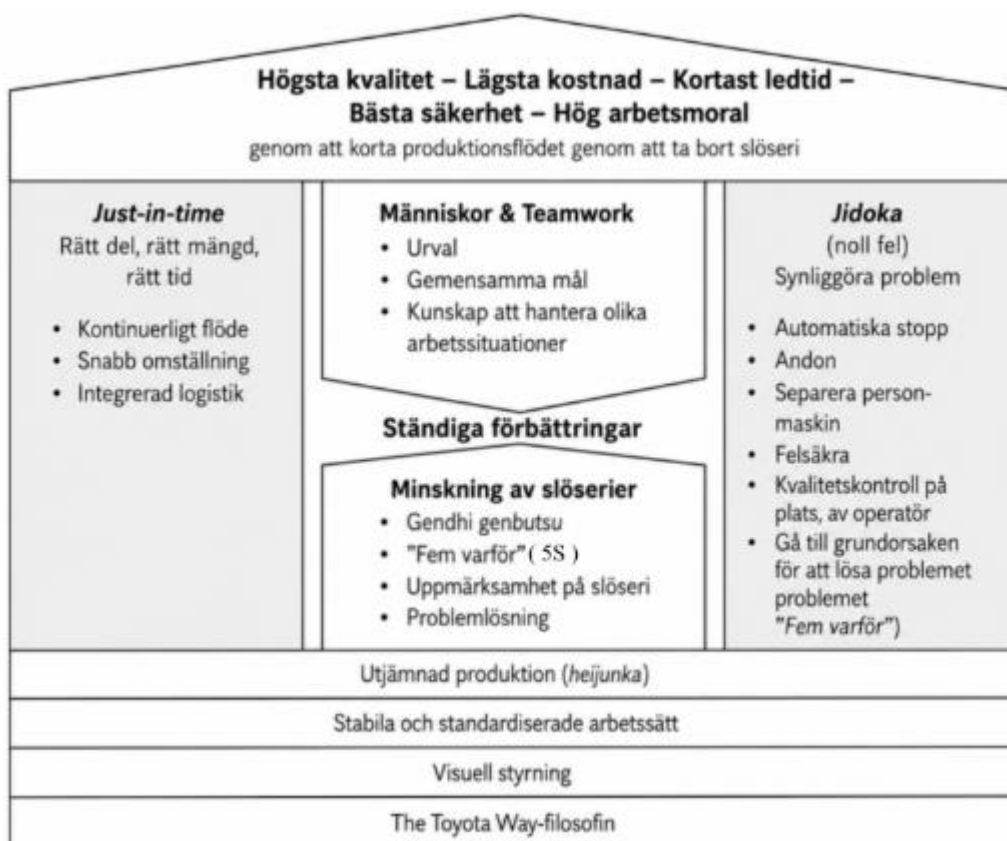
Figur 1: Modell av Toyota Way, anpassad av Liker, 2004.

3.1.1 TPS-huset (The House of Lean)

TPS-huset, även kallat TPS-tempel och Lean-huset, är ett illustrativt sätt att beskriva TPS som ett sammanhängande system där samtliga delar och strukturer behöver samverka.

TPS-huset illustreras i figur 2. Syftet med denna illustration är att visa att en svag länk försvagar hela systemet. Grunden i huset består av Toyota Way-filosofin, visuell styrning, stabila och standardiserade arbetssätt och utjämnad produktion, även kallad heijunka. Systemet bygger på två huvudspelare: Just-in-Time och Jidoka. Just-in-Time handlar om att rätt material ska levereras i rätt mängd vid rätt tidpunkt medan Jidoka innebär att synliggöra problem, stoppa produktion vid fel och lösa grundorsaken till problemet innan arbetet fortgår. De två pelarna syftar till att fel aldrig ska passera till nästa arbetsmoment utan ska elimineras. I centrum av systemet finns människorna och tyder på att medarbetare är delaktiga i att lösa problem systematiskt, förbättra arbetssätt och arbetsmiljön samt minska slöseri. Taket visar slutligen målen med TPS där högsta kvalitet, lägre kostnader, korta ledtider, bäst säkerhet och hög arbetsmoral inkluderas (Liker, 2009; Jensen, 2010).

Liker beskriver TPS som ett hus där grunden, pelarna och taket tillsammans visar hur Toyota arbetar för att uppnå kvalitet, säkerhet, låga kostnader, god arbetsmoral samt produktivitet (Liker, 2009).



Figur 2: TPS-Huset, anpassad av Liker, 2009.

3.2 Lean Construction

Lean Construction är en anpassning av Lean Production till byggbranschens specifika förutsättningar och syftar till att skapa värdeskapande, effektivare samt väl samordnade byggflöden. Begreppet introducerades i samband med rapporten "*Application of the new production philosophy to construction*" 1992 av Larui Koskela (Koskela, 1992). Lean Construction utgår från samma grundfilosofi som Lean Production, där eftersträvan av värdeskapande aktiviteter och eliminering av slöseri står i centrum. Däremot kännetecknas, till skillnad från tillverkningsindustrin, byggbranschen av projektbaserad produktion, hög grad av variation samt en stor involvering av aktörer. Detta resulterar i ineffektiva arbetsflöden och ökad mängd slöseri (Bertelsen, 2004). Utgångspunkten inom Lean Construction anses vara att byggprocessen inte enbart ska ses som en sekvens av enskilda aktiviteter utan ska betraktas som ett sammanhängande flöde. Därav betonas vikten av informationsflöden, synliggörande av problem samt god organisering av arbetet för att förhindra avbrott, minimera väntan och omarbeten (Koskela, 2000).

3.3 Lean – principer i byggbranschen

Koskela definierar elva principer för att kunna applicera Lean-filosofin på byggbranschen. Dessa elva principer kan användas som vägledning vid förbättring och optimering av processflöden. Vidare poängterar Koskela att det inte enbart räcker att effektivisera själva arbetet utan optimering för hur arbetet flyter genom hela systemet krävs. De elva principerna är följande (Koskela, 2000):

1. Minska icke-värdeskapande aktiviteter
2. Öka värdet för kunden. Utgår från kundens behov och det de värdesätter
3. Reducera variationer
4. Reducera cykeltiden.
5. Förenkla processen genom att minimera antalet steg, delar och samband
6. Öka flexibiliteten i vad som produceras
7. Öka transparensen i processen
8. Fokusera på hela processen. Optimera helheten inte enskilda delar
9. Arbeta ständigt med förbättringar och bygg in dessa i processen
10. Balansera flödesförbättringar med konverteringsförbättringar
11. Benchmark (jämför med de som gör det bättre, verksamhetsjämförelse).

Lean Construction Institute (LCI) bildades 1997 av Glenn Ballard och Greg Howell i syfte att utveckla samt sprida kunskap kring effektivisering och organisering av arbeten i projekt. Detta då de ansåg att byggbranschen under en längre tid hade präglats av strikta kontraktsavtal med tämligen hänsyn till produktionssystemets effektivisering och hantering (Lean Construction Institute, u.å.c). Lean Construction Institute introducerar sex principer. De framställda principerna ligger nära Likers framtagna fjorton principer, se avsnitt 7.1, men har anpassats för byggsektorns behov och förutsättningar. De sex principerna beskriva av Lean Construction Institute är följande (Lean Construction Institute, u.å.d):

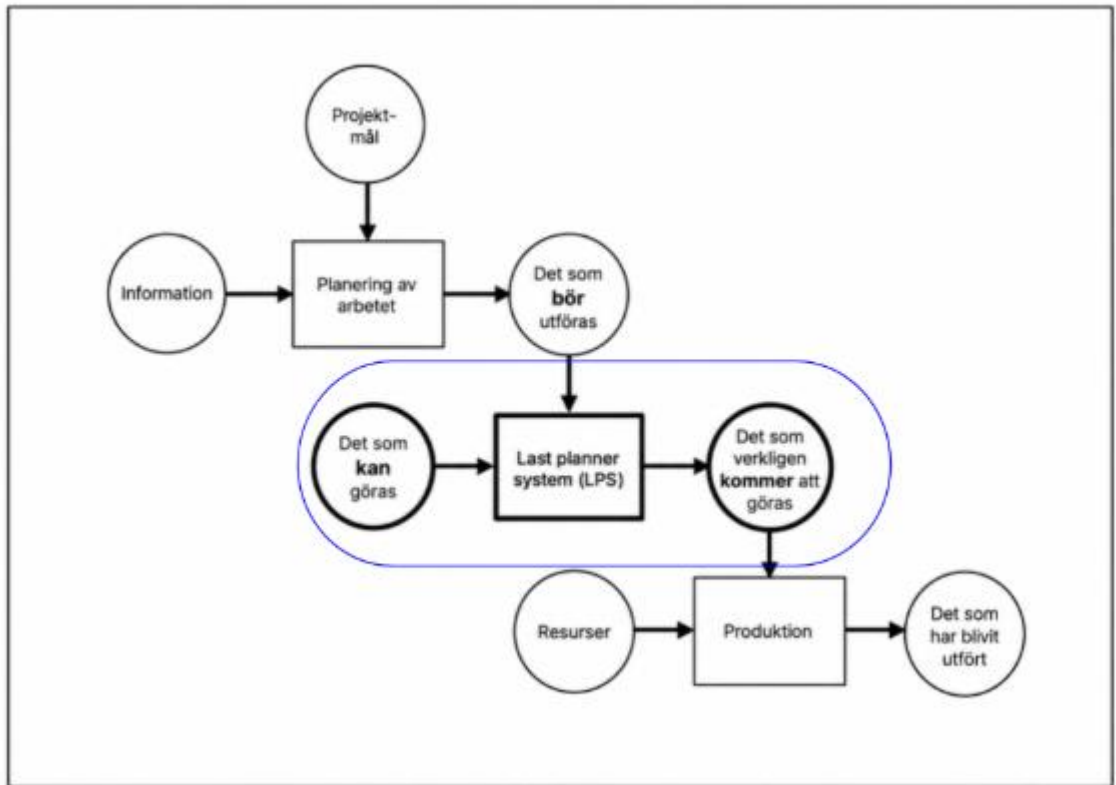
1. Respekt för människor
2. Optimera helheten
3. Eliminera slöseri
4. Fokusera på flöde
5. Skapa värde
6. Kontinuerlig förbättring

3.4 Lean – verktyg

För implementering av Lean Construction i arbetsprocesser används flera olika verktyg och metoder vars syfte är att förbättra planering, öka resurseffektiviteten i byggprojekt samt förbättra samordning och kommunikation.

3.4.1 Last planner System (LPS)

Last Planner System (LPS) är ett system för projektproduktion som främjar skapandet av ett tydligt och förutsägbart arbetsflöde. Systemet har som syfte att förhindra och motverka försenade och budgetöverstigande projekt. Denna metod bygger på att involvera samtliga personer som utför arbetet i planeringsprocessen, detta då variationen vid produktion minskas samt förbättrad samordning erhålls (Lean Construction Institute, u.å.e). En kortsiktig samt detaljerad planering resulterar i effektivare identifiering av problem och hinder samt ökad tillförlitlighet i produktionsstadiet. Som helhet kan systemet användas för att omvandla det som bör utföras till vad som kan göras i praktiken. Genom att ta hänsyn till de förutsättningar som finns filtreras det som inte går att utföras bort vilket i sin tur leder i att effektivisering uppstår. Detta resulterar i en planering med arbeten som är genomförbara. Planeringen går från vad som bör göras till vad som kan göras och slutligen till vad som verkligen kommer att göras. Systemet presenteras i figur 3 (Ballard, 2000).



Figur 3: The Last Planner System som helhet, anpassad av Ballard, 2000. De inringade området omfattar av LPS.

3.4.2 Just-in-Time (JIT)

Denna metod är kopplad till materialhantering och hantering av onödiga transporter vilket är transporter av material och verktyg innan det behövs, i större mängder än behovet eller i ett tätare intervall än behovet. JIT syftar till att material levereras i rätt mängd, vid rätt tidpunkt och i rätt ordning. Detta för att minska mängden material som lagerhålls, minska väntetider samt onödiga transporter. Vidare uppstår inte överskott på lagern vilket minimerar mängden slöseri. Vid byggprocesser används metoden för att minska behovet av mellanlager vid arbetsplatsen samt för att skapa jämnare arbetsflöden (Lean Construction Institute, u.å.a) Detta är särskilt viktigt vid byggprojekt där trånga miljöer kan uppkomma.

För implementering av metoden finns tre huvuddelar (reLean, 2017):

1. Kontinuerligt flöde: Material skall alltid röra på sig.

2. Takt tid: Tiden det tar för att producera en enhet och beräknas för att kontrollera om arbetet är i fas med planerad tid.
3. Pull-system: Skapandet av ett system som tillverkar och levererar efter efterfrågan.

3.4.3 Value Stream Mapping (VSM)

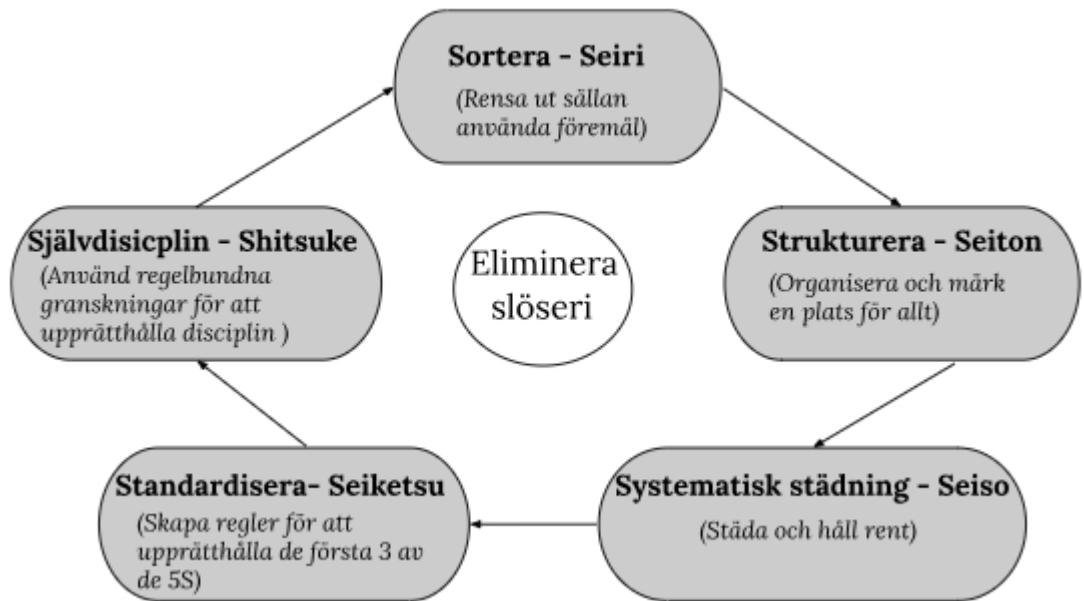
Value Stream Mapping (VSM), även kallad värdeflödeskartläggning, är ett verktyg för att förbättra processer och flöden samt eliminera slöseri. Enligt Lean Construction Institute definieras VSM som *“A team-based methodology for analyzing the current state and designing a future state for a series of events that take a product or service from its beginning through to the customer”*. Metoden bygger därmed på att kartlägga hela byggprocessen och analysera samtliga steg och aktiviteter kopplade till de olika processerna under projektets gång. Detta resulterar i synliggörande samt visualisering av slöseri, flaskhalsar samt icke-värdeskapande aktiviteter. Dessa effekter nås detta både i materialflöden och kommunikations-och informationsflöden. Vidare syftar även analysmetoden till att identifiera vilka delar av processen som kan flyttas, effektiviseras eller tas bort. VSM har till skillnad från de andra planeringsmetoderna ett helhetsgrepp för avgörande av vilka steg som främst är nödvändiga för produktionen av slutprodukten (Lean Construction Institute, u.å.f).

3.4.4 5S- Fem varför

5S är ett grundläggande verktyg inom Lean och syftar till att skapa struktur, ordning samt standardisering på arbetsplatsen. Verktöget har som syfte att utföra aktiviteter för att eliminera slöseri/spill som kan resultera i fel, defekter och skador på arbetsplatsen (Liker, 2004). Verktöget uppmuntrar till att enbart ha material, information och utrustning där det behövs och när det behövs, vilket är avgörande för god planering av arbetet samt för att uppnå maximal flödeseffektivitet (Lean Construction Institute, u.å.h). De fem S illustreras i figur 4 och står för de japanska orden: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu och Shitsuke*. En översättning av detta ger följande (Liker, 2004):

- **Seiri - Sortera.** Sortera föremål och behåll enbart det som används och behövs
- **Seiton - Strukturera.** Innebär att man systematiserar och organiserar genom att allt ska ha sin rätta plats
- **Seiso - Systematisk städning.** Städprocessen fungerar ofta som en inspektion som resulterar i att fel/defekter/skador kan upptäckas i tid, innan kvalitetsproblem och maskinhaveri uppstår.
- **Seiketsu - Standardisera.** Genom att skapa regler, system och processer som resulterar i att de först tre S kan upprätthållas.

- **Shitsuke** - *Självdisciplin*. Skapa vana och självdisciplin. Att hålla ordning kräver både disciplin och ett kontinuerligt arbete för att förbättra och kunna följa rutiner



Figur 4: Illustration av 5S verktyget, anpassad av (Liker, 2004).

3.4.5 Push- respektive pull-planering

Push som planeringssystem är den traditionella metodiken som används där tidsscheman tas fram och aktiviteter trycks ("pushas") fram enligt en förutbestämd start- och sluttid. Detta innebär att material och arbetskraft släpps in i projektet oavsett om arbetet är redo och om nästa steg kan påbörjas (Ballard, 2000). Detta traditionella planeringssystem bygger därför på prognostiserade tidslinjer där datumet avgör när ett arbete, informationsflöde eller process ska påbörjas. Detta kan skapa flaskhalsar samt överproduktion eftersom aktiviteter genomförs enligt prognoser istället för det verkliga behovet och förutsättningen. Ett av de fjorton principer som Toyota Production System grundar sig i är användandet av Pull-system (Se punkt 3 i avsnitt 7.1). Systemet bygger på att inget ska produceras eller konstrueras innan nästa process är klar eller innan efterfrågan finns (Ballard, 2000). Efterfrågan är det som ska vara dragande och det som styr takt och flöde (Jensen, 2010). Pull-planering skapar ett förutsägbart flöde då planeringen säkerställer att föregående aktivitet är avslutad och att efterföljande aktiv kan startas vilket resulterar i effektivare produktion med mindre väntetider.

3.5 Spill och slöseri

Sammanlagt finns det åtta typer av spill och slöserier som Toyota har identifierat. Dessa samtliga åtta aktiviteter bidrar inte till värdeskapande för företag och organisationer. De åtta typerna är följande:

1. **Överproduktion/underproduktion:** Produktion av de varor/komponenter som saknar beställning. Detta skapar slöseri genom att överlager uppstår vilket i sin tur förorsakar överbemanning samt ökade och onödiga kostnader för lagerhållning och transporter (Liker, 2009). Det kan även innebära beställning av för mycket material vilket resulterar i att målet med att inte ha för mycket eller för lite material inte kan uppnås (Lofjård, 2020). En annan bedömning av över-/underproduktion kan vara att man utför arbete innan det behövs, efter att det behövs, eller i fel mängd. Arbetet produceras inte vid rätt tidpunkt och i rätt mängd för det nästkommande arbetet vilket strider mot Lean-verktyget Just-in-Time (Lean Construction Institute, u.å.g).
2. **Väntan:** När arbetare som exempelvis väntar på automatiserade maskiner, väntar på nästa steg i processen, på verktyg uppstår en onödig väntan (Liker, 2009). Vänteförluster uppstår även när människor, information eller arbete drabbas av oplanerade förseningar mellan eller mitt i olika arbetssteg (Lean Construction Institute, u.å.g).
3. **Onödiga transporter eller förflyttningar:** Onödiga transporter eller förflyttningar innebär att material, produkter, maskiner förflyttas i onödan. Interna transporter bidrar inte till något värde (Liker, 2009). Dessutom kan det även innebära onödig informationsförflyttning mellan system. Denna typ av spill uppstår ofta vid dålig planering (Lean Construction Institute, u.å.g).
4. **Överarbetning eller felaktig bearbetning:** Detta innebär att ytterligare arbete utförs och att man tillverkar i en högre kvalitet än det som begärs av kunden och det kunden är villig att betala för (Lofjård, 2020). Vidare räknas även felval av material och verktyg till felaktig bearbetning (Liker, 2009).
5. **Överlager:** Överskott av råvaror, produkter, material som orsakar längre flödestider genom att buffertar skapas vilket tar upp yta. Överlager är resultatet av dålig produktionsplanering, leverans och logistikproblem samt långa ställtider (Liker, 2009).
6. **Onödiga arbetsmoment:** Till onödiga arbetsmoment räknas all form av onödiga rörelser som utförs av anställda under ett arbetsmoment till. Ett exempel kan vara när arbetare letar efter verktyg eller material (Liker, 2009).
7. **Defekter:** Defekter innebär de kvalitets avvikelser som uppkommer och innefattar fel producerade konstruktionsdelar, komponenter, reparationer, bristfällig information (Liker, 2009). Vid defekter krävs omarbete, korrigering eller förtydligande (Lean Construction Institute, u.å.g).
8. **Outnyttjad kreativitet hos de anställda:** Detta handlar om att ta vara på anställdas förmåga och kompetens. Genom att inte lyssna på anställda förloras

tid, idéer och förbättringar går miste om, vilket innebär att tillfällen för att lära sig förloras (Liker, 2009).

3.6 Materialspill i byggbranschen

3.6.1 Definition av materialspill

Enligt Svenska Akademiens Ordbok definieras ordet materialspill som *“den del av råämnet till en produkt som går förlorad vid tillverkningen”* (SAOB, 1938). I byggbranschen definieras materialspill som det material som levereras till en byggarbetsplats eller som hanteras på arbetsplatsen men som inte blir en del av den färdiga slutprodukten. Därmed är materialspill från byggarbetsplatser all onödig förbrukning av material (Lindhe, 1996). Materialspill redovisas i många sammanhang som en procentsats, där hur stor del av ett material som har byggts in i konstruktionen beskrivs (Persson & Sjelin, 2014). Definitionen av materialspill kopplad till byggbranschen beskrivs i rapporten *“Metoder för mätning av materialförbrukning”* enligt följande (Lindhe, 1996).

- Spill orsakat av lagring och transport på arbetsplatsen.
- Spill vid tillverkning.
- Spill som uppkommer vid inbyggandet av materialet.
- Spill som uppkommit vid en oekonomisk tillkapning av materialet.
- Spill orsakat av att överskottsmaterial ej tagits till vara.
- Spill orsakat av att materialet använts till annat än avsett.
- Spill orsakat av stöld.
- Spill orsakat av felanvändning.
- Spill orsakat av att rätt kvantitet ej är beställd.

3.6.2 Typer av materialspill

Materialspill kan separeras till två olika kategorier, direkt och indirekt materialspill. Direkt spill innebär fysisk förlust eller en fullständig förlust orsakad av skada. Spill som enbart skapar ekonomisk förlust kategoriseras som indirekt spill. Detta inkluderar inte det avfall som fysiskt försvinner, går förlorad eller uppstår som spill utan det material som resulterar i ekonomisk förlust. Det kan innefatta material som används i större mängder än det som planerats och dimensionerats (Porwal, 2013).

3.6.3 Mätning av materialspill

För analys och kvantifiering av materialspill används kategorier av materialmängd. Benämningen mängdkategorier syftar till att systematisera materialspillen genom att relatera den mängd material som används till den mängd material som faktiskt byggs in i konstruktionerna. Lindhe (1996) poängterar i sin rapport att enligt rapporten "*Metoder för mätning av materialförbrukning*" kan materialspill beräknas utifrån tre mängdkategorier. Dessa mängdkategorier har åstadkommit genom sammanställning av projektunderlag samt mätningar från byggarbetsplatser. De tre mängdkategorierna är (Lindhe, 1996):

- **Nettomängd** - Nettomängd avser den materialmängd som kan beräknas utifrån ritningar och beskrivningar.
- **Driftmängd** - omfattar den mängd material som förbrukas i praktiken för att utföra ett arbetsmoment. Denna mängd bestäms genom att utföra mätningar på den mängd material som körs till byggarbetsplatsen.
- **Totalmängd** - Avser den totala mängden material som levereras till en viss arbetsplats. Denna mängd bestäms genom beräkning, sammanställning och summering av fakturor som stäms av mot följesedlar.

Genom att studera mängdkategorierna kan det totala materialspillen beräknas och definieras enligt följande (Lindhe, 1996):

$$\text{Materialspill} = \text{Totalmängd} - \text{Nettomängd} \quad (1)$$

Vidare delas det totala spillet in i två typer av tillskott där det första är drifttillskott som avser skillnaden mellan driftmängden och nettomängden. Denna typ av tillskott uppkommer på byggarbetsplatsen under byggnation och tillverkning och utgörs i första hand av spill från kapning av material. Den andra typen av tillskott benämns arbetsplatstillskott och avser skillnaden mellan totalmängd och driftmängd. Uppkomsten av denna typ av tillskott sker till följd av felanvändning eller felhantering av material (Lindhe, 1996).

3.6.4 Orsaker till materialspill

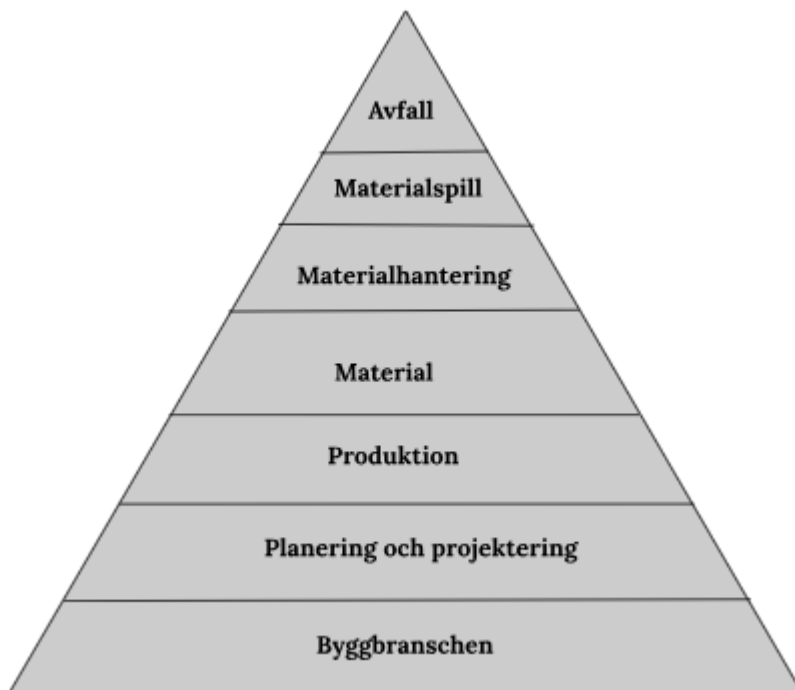
Porwal (2013) skriver att centrala faktorer som orsakar spill inom byggprocessen innefattar designförändringar (ändringar i ritningar), bristfällig projektering, omarbeten samt dålig samordning i drift och tillsyn. Porwal betonar även att materialspill sällan uppstår av en enskild händelse och anledning utan genom en kombination av händelser och samverkan av olika faktorer (Porwal, 2013).

Projektering och planering är avgörande skeden för minimering av materialspill. Den mängd spill som uppstår är i många fall ett resultat av bristfällig planering. Detta då man i detta skede lägger grunden för hur material ska användas, beställas och mängdas. Under denna fas uppstår materialspill på grund av bristfälliga ritningar, otillräcklig och otydlig information eller frekventa designändringar. Vidare är design-och projekteringsskedet centralt då tidiga beslut påverkar möjligheten att minska byggavfall längre fram i processen (Mahinkanda *et al.*, 2023).

I produktionsfasen blir materialsпилlet synligt och konkret. I denna fas uppstår materialspill av drifttillskott och arbetsplatstillskott som omfattar det spill som uppstår på arbetsplatsen under produktionsskedet (Hlawn Ceu, 2015). Felhantering av material anses vara en av de bidragande faktorerna där skador vid transport, fel eller dålig lagerhantering, bristande arbetsmetoder samt omarbeten inkluderas (Salame & Valencuk, 2016).

Vidare har organisatoriska faktorer även en stor betydelse. Genereringen av materialspill påverkas av kommunikationsbrist, projektets storlek, ytan som arbete utförs på, transporter och även logistiken och hur väl den fungerar mellan de olika aktörerna. Vid otydlig information och ansvarsfördelning samt dåliga informationsflöden ökar risken för felhantering, felbeställning samt dubbelarbete vilket resulterar i en ökad mängd materialspill (Hlawn Ceu, 2015).

För att åskådliggöra materialsпилlets omfattning i byggindustrin samt dess koppling till olika processskeden kan figur 5 studeras. Figuren illustrerar en hierarki för avfallshantering och visar hur olika nivåer i byggprocessen hänger samman. Materialspill är placerade högre upp i pyramiden. Detta tydliggör att materialspill inte uppstår isolerat utan till följd av de beslut och processer från tidigare skeden (Persson & Sjölin, 2014).



Figur 5: Anpassad illustration av Persson & Sjölin (2014) där samband mellan beslut i tidiga skeden och uppkomst av materialspill visas.

3.6.5 Klimatpåverkan och hållbar utveckling

Klimatpåverkan och hållbarhet har under de senaste decennierna utgjort en central fråga inom flera områden, detta särskilt inom samhällsutveckling och byggbranschen. Klimatpåverkan handlar om hur mänskliga aktiviteter bidrar till utsläpp av främst växthusgaser som i sin tur resulterar i klimatiförändringar (WWF, 2026). Begreppet hållbar utveckling introducerades 1987 av FN:s världskommission för miljö och utveckling. Hållbar utveckling definieras som *“Hållbar utveckling är en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov”* och bygger på tre dimensioner: det sociala, det miljömässiga (ekologiska) samt det ekonomiska (UNDP, 2017). Därmed innebär hållbarhet att resurser används på det vis som minskar den negativa påverkan på miljön, samtidigt som ekonomiska och sociala aspekter tillgodoses (institut för språk och folkminne, 2025). Inom byggbranschen utgör hållbarhet en särskilt viktig roll då material, transporter, produktion och avfall påverkar både klimatet och resursförbrukningen där viktiga åtgärder kan tas inom samtliga faktorer för att främja hållbarhet (Naturvårdsverket, 2025b).

3.6.6 Byggsektorns klimatpåverkan - en översikt

Bygg och fastighetssektorn är en av de mest resurs- och energikrävande sektorerna. Miljöpåverkan från denna sektor står för en betydande del av samhällets totala miljöpåverkan. Enligt Boverket står byggsektorn för 4–39% av miljöpåverkan i Sverige där avfall, med 39% av den totala genererade avfallsmängden i Sverige, utgörs av bygg- och rivningsavfall. Varor och byggimport från andra länder resulterar även i att sektorn bidrar till ytterligare utsläpp i andra länder (Boverket, 2025). Vidare uppgick Sveriges bygg- och rivningsavfall år 2020 till 14,6 miljoner ton, vilket utgjorde den största mängden av den totalt genererade avfallsmängden (Naturvårdsverket, 2025a).

United Nations Environment program (2024) anger att byggsektorn står för 34% av den globala energikonsumtionen samt 37% av de globala energi- och processrelaterade koldioxidutsläppen vilket gör sektorn till en av den starkt bidragande utsläppskällan globalt och utgör därmed en central roll i klimatomställningen (UNEP, 2024).

3.6.7 Koppling mellan materialspill och klimat

För att utvinna eller tillverka material krävs resurser. Materialspill innebär att den förbrukade energin och den genererade utsläppen under tillverkning eller utvinning går till spillo vilket resulterar i ineffektiv användning av naturresurser. Detta innebär att klimatutsläpp redan har uppstått utan att materialet har byggts in i konstruktionen och bidragit till den färdiga slutprodukten (Formoso *et al.*, 2002). Då en stor del av utsläppen av växthusgaser och klimatpåverkan kommer från materialtillverkning och transporterering innebär det att de resurser vid utvinning, producentering och transporterering som gått förlorad inte enbart resulterar i ekonomiska förluster, utan utgör även en drivkraft till klimatpåverkan (Heravi & Trogen, 2021).

4 Resultat

I detta avsnitt presenteras enbart det resultat som erhålls från genomgången av litteraturstudien där tidigare forskning och studiers resultat identifieras och presenteras. Här redovisas de samtliga identifierade orsaker till materialspill, de organisatoriska faktorer som påverkar implementeringen av Lean samt de olika verktygens effekter.

4.1 Orsak till materialspill

Den undersökta litteraturen visar att materialspill i byggbranschen sällan uppstår av en enskild orsak, utan uppstår av ett samspel mellan projekteringsfaktorer, organisatoriska faktorer samt produktionsfaktorer.

4.1.1 Projekteringsfas

Mahinkanda et al (2023) styrker i sin forskning att projekteringsfasen är den avgörande fasen för genereringen av materialspill. Författarna stryker under att de designrelaterade orsaker är centralt i generering av byggavfall och spill (Mahinkanda et al, 2023). Denna fas lägger grunden för hela projektet då ritningar och tekniska lösningar fastställs här. Om projekteringen inte är tillräckligt genomarbetad kan små designfel generera en stor mängd spill senare. Små designfel kan innefatta otydliga mått, felaktiga mått, bristande samordningen mellan arkitekt-, konstruktions- och installationsritningar, överdimensionering av konstruktion samt valet av materialmått då konstruktioner där standardmått inte används resulterar i spill vid kapning. Porwal (2013) framhåller även detta i sin rapport *Construction Waste Management at Source: A building information Modeling Based System Dynamic Approach*, där skribenten menar att brister i projektering, sena designändringar samt otillräcklig samordning är ledande orsaker till generering av materialspill (Porwal, 2013). Att projektering och planering är avgörande är även en punkt som Lindhe (1996) anger i sin rapport *Effektivare materialanvändning på byggarbetsplatsen - En studie av materialspill* där det nämns att projektering och planering utgör grunden för uppkomsten av materialspill vid produktionsskedet. Vidare nämner författaren att projekteringen ofta styrs av tidspress och ekonomi vilket resulterar i att tankar och arbeten som berör materialförbrukning och hur dessa kan minskas inte alltid prioriteras utan hamnar i bakgrunden (Lindhe, 1996). Detta kan leda till att utveckling av hållbara lösningar underställs vikten av att hålla budget och tidsplanen vilket tyder på en problematik inom byggbranschen där kortsiktiga ekonomiska mål väger

tyngre än miljö och hållbarhetsaspekter. Även om budgetering och tidsplan är viktigare faktorer bör designfaktorer, planering, projektering och materialförbrukning inte ses undan. Detta då bristande fokus på materialeffektivitet kan resultera i ökad mängd materialspill, omarbete och avfallshantering och därmed generera en högre kostnad samt förlängd tidsplan. Lindhe (1996) skriver även att vid intervju av en arbetsledare framkom vikten av att inte utföra alltför tidiga arbetsberedningar, detta då tidiga arbetsberedningar som utförs innan fastställande av samtliga detaljer kan resultera i ökad mängd spill (Lindhe, 1996). Material som beställs, levereras eller monteras innan ändringar, detaljer och kompletteringar har kommunicerats och fastställts i projekteringssskedet skapar dels förseningar, ökade kostnader och behov av omarbete, dels ökad mängd avfall. Detta då material som föreskrivits i vissa fall inte kan användas. Ytterligare en faktor som anses vara en orsak till generering av materialspill är brister i mängdberäkningar, något som Salame och Valencuk (2016) lyfter i sitt arbete. Mängdberäkningar som inte utförts korrekt eller där brister råder kan resultera i överbeställningar, bristande precision som medför ineffektiv materialanvändning samt överskottsmaterial. Detta förblir oanvänd och genererar därmed spill (Salame & Valencuk, 2016).

4.1.2 Produktionsfas

Även om de främsta orsakerna till materialspill grundläggs tidigt i projekteringsfasen blir spillet synligt under produktionsfasen av en konstruktion. Lindhe (1996) skriver i sin rapport att uppkomsten av materialspill under produktion är relaterad till arbetsplatsprocesser, där lagring, transporter och hantering anges. Vidare anges även nio orsaker till materialspill, listade under avsnitt 7.6.1 där även en indelning i två kategorierna av materialspill görs; Drifttillskott och Arbetsplatstillskott (Lindhe, 1996). Att arbetsplatstillskottet är mest resursslöseri är Persson och Sjelins (2014) värdering. Detta då material köps in och sedan kasseras utan att det byggs in, inget värde skapas. Skadat material, överblivet material, felbyggnation där man rivit och gjort om samt skador på färdigbyggda delar är några exempel som skribenterna anger som orsak för uppkomst av arbetsplatstillskott. Vidare anges även material som utsätts för väder och vind som en stor orsak till denna typ av tillskott av materialspill. Material som lagras utomhus löper större risk för fuktskador i jämförelse med material som lagras inomhus. Interna och externa transport under produktionsfasen avger kvalitet och skick på materialet som ska förbrukas. Ytstorleken där projektet utförs på är även viktig, detta då den avgör möjligheten att kunna lagra material som ska användas på ett korrekt sätt samt möjligheten att lagra överskottsmaterial. Trånga utrymmen kan resultera i att material som blir över direkt kasseras istället för att förvaras för att frigöra utrymmen (Persson & Sjelins, 2014). Lindhes studie från 1996 visar en trend där arbetsplatstillskottet minskat, detta i jämförelse med mätningar från år 1983. Minskningen är en följd av varsammare hantering av material, färre beställda enheter, ökad frekvens av materiallagring direkt vid inbyggnadsstället samt beställningar av material som specialförpackats (kan exempelvis vara våningsförpackning). Minskningen tyder på att arbetsplatstillskottet är tämligen lättare att påverka då det i många fall handlar om hanteringsrutiner, lagringsmetoder samt beställningsvolym (Lindhe, 1996). Material som klassas som drifttillskott utgör till viss del ett syfte. Spill vid mått och mängdanpassning anges som en

av orsakerna för uppkomsten av denna typ av tillskott. Här kapas materialet för att kunna byggas in och anses därmed som en bieffekt av ett värdeskapande moment (Persson Sjelín, 2014). I kontrast mot Perssons och Sjelíns (2014) antydande om att arbetsplatstillskottet är det största resursslöseriet, klarlägger Hlawn Ceu (2015) vid studerande av avfallsmängder att det mesta av materialspillet kommer från drifttillskott. Även om materialspillet i produktionsskedet omfattar både av drifttillskott och arbetsplatstillskott visar skribentens studier att den största avfallsmängden består av drifttillskott (Hlawn Ceu, 2015).

Felhantering av material är något som anses vara en bidragande faktor till materialspill i produktionsfasen, detta enligt Salame och Valencuk (2016). Här inkluderas skador vid transport, fel eller dålig lagerhantering, bristande arbetsmetoder samt omarbeten. Skribenterna menar att dålig lagerhantering resulterar i att material skadas, att uppkomst av kvalitetsbrister ökar, exponeras för stölder samt exponeras för klimat som kan skada materialet. Transportskador inkluderar brister vid mottagning av varor där varor som inte kontrolleras vid leverans resultera i att defekter, skador och felaktiga kvantiteter inte upptäckas i tid. Brister i arbetsmetoder inkluderar felhantering av material som inte möjliggör återanvändning. Vidare betonas det att byggarbetsplatser utgörs av dynamiska miljöer och präglas ofta av tillfälliga och föränderliga arbetsmiljöer. Material kan därmed förflyttas innan det används vilket ökar risken för skador och förlorat material (Salame & Valencuk, 2016).

Logistik och leveransplaner är ytterligare en faktor som identifieras som en central orsak till materialspill. Heravi och Trogen (2021) drar slutsatsen av att stora mängder spill uppstår till följd av överbeställningar och dåligt planerade leveranser. Tidiga leveranser till arbetsplatsen, i syfte för att undvika förseningar, resulterar i mellanlagring vilket leder till ökad risk för materialskador och förflyttningar. Detta då trängsel vid projektområdet kan uppstå (Heravi & Trogen, 2021). Liknande slutsatser dras av Hlawn Ceu (2015) som lyfter fram att logistiska problem särskilt uppstår vid större projekt. Skribenten menar att vid större projekt kan flera entreprenörer arbeta parallellt vilket kan resultera i uppkomsten av bristande samordning mellan leveranser och produktion vilket i sin tur resulterar i trånga arbetsytor, överlager samt ineffektiva materialflöden (Hlawn Ceu, 2015). Även Salame och Valencuk instämmer med att logistiska och leveransfaktorer orsakar materialspill. I deras arbete lyfter skribenterna att det finns tre stycken olika lagerterminaler (Salame & Valencuk, 2016);

- Huvudlager: Lagertyp där material skyddas under längre tidsperioder
- Mellanlager: Temporär lagringsterminal. Detta lager kan bidra med att underlätta produktionen då material kan fördelas löpande utifrån produktionsbehovet.
- Produktionslager: Olika lager som arbetarna förbrukar för direkt produktionsrelaterade arbeten.

Vidare nämner Salme och Valencuk (2016) att logistikaktiviteter påverkar mellanlagringen av material. Vid tidiga leveranser uppstår behov av mellanlager vilket kan orsaka flera interna transporter och förflyttningar. Detta ökar risken för skador, svårigheter med att organisera material vilket i sin tur kan skapa ineffektiva materialflöden, felhantering och materialspill. Resultatet av rapporten tyder på att logistiska problem har en direkt påverkan på materialeffektivitet i byggbranschen (Salame & Valencuk, 2016). Mellanlager är även en faktor som Lindhe (1996) ägnar utrymme åt i sin rapport. Skribenten menar att lagerhanteringen har en stor betydelse för materialförbrukning. Denna typ av lager föredras att vara under korta tidsperioder, detta för att förhindra stölder menar Lindhe (1996). Vid utomhuslager uppkommer skador lättare och vid omflyttning av material ökar risken för skador, där skador anses som en orsak till materialspill (Lindhe, 1996).

4.1.3 Organisatoriska faktorer

Utöver de tekniska och logistiska problemen finns det även organisatoriska faktorer som bidrar till materialspill. Byggarbetsplatsen och byggprojekt är en dynamisk miljö och kännetecknas av många involverade aktörer och tillfälliga projektorganisationer vilket skapar stora risker för såväl missförstånd som bristande samordning. Bertelsen (2004) resonerar till att byggproduktion bör betraktas som komplexa produktionssystem. Relationer, informationsflöden samordning och organisation är viktiga faktorer och bör ställas till samma vikt som utförandet och byggnationen av konstruktionen (Bertelsen, 2004). Persson och Sjölin (2014) konstaterar i sin rapport att materialspill enbart utgörs av 1–3 % av projektets totalkostnad. Detta är en relativt liten del och därmed menar skribenterna att motivationen för förändring brister och att det är lönsammare att fokusera på andra åtgärder som genererar mer kapital. Därmed saknar byggföretag ekonomiskt incitament för att prioritera frågan om materialspill (Persson & Sjölin, 2014).

Tidspress anses som en återkommande organisatorisk faktor och fastställs av flera studier som en bidragande orsak. Persson och Sjölin (2014) skriver *“En sämre genomarbetad projektering och planering är oftast en följd av tidspress”* (Persson & Sjölin, 2014, s. 29). Tidsbrist möjliggör inte utrymme för att skapa förutsättningar för resurseffektivitet, genomtänkta detalj- och designritningar, tekniska lösningar och optimalt materialutnyttjande vilket påverkar genereringen av materialspill negativt. Lindhe (1996) identifierar i sin studie att enbart två av de fjorton undersökta arbetsplatserna ansåg sig ha haft god tid för planering innan byggstart och nämner även att en stor del av den inledande planeringen fick göras i efterhand, när man kommit till byggarbetsplatsen (Lindhe, 1996). Detta resulterar i att brister kan uppstå, omarbeten, missförstånd samt felhantering vilket orsakar materialspill. Liknande resultatet erhålls av Salame och Valencuk (2016) studie där tidsplanering och bristande framförhållning lyfts fram som orsaker för generering av materialspill (Salame & Valencuk, 2016)

Materialspill minskas med ökat engagemang och delaktighet, detta är något Lindhe (1996) betonar. Engagemanget beror bland annat på personkemi, kunskap och motivation och kan skapas genom väl fungerande samarbeten mellan arbetsledning och yrkesarbetare, inkludera yrkesarbetare tidigt i driften och skapa förtroende. Vidare lyfts vikten av informationsutbyte. På arbetsplatsen uppstår många fel till följd av missförstånd eller bristande informationsutbyten mellan medarbetare. I materialsammanhang kan missförstånd och brister i kommunikation resultera i felanvändning och felhantering av material. Vid en intervju där fjorton arbetsplatser inkluderas besvarade endast två personer att de upplevde dåliga kommunikationsflöden. Även om det erhållna resultatet visar att kommunikationsbrister inte upplevdes bland de undersökta arbetsplatserna höll samtliga med om att brister i kommunikation kan ge upphov till onödigt materialspill (Lindhe, 1996). Anlitning av och satsning på internationella underentreprenörer kan resultera i en språkbarriär där kommunikationen kan försvåras, menar skribenterna Salame och Valencuk (2016). Flerspråkighet vid projekt kan resultera i missförstånd kring ritningar, instruktioner och materialhantering vilket kan ha en negativ effekt på materialspill (Salame & Valencuk, 2016). Kommunikationsfaktorer är även något som Jensen (2010) lyfter fram där det nämns att byggbranschen under en längre period har präglats av arbetssätt där enskilda aktörer optimerar sitt eget arbete och sina delar. Detta resulterar i brister i helhetssyn av projektet (Jensen, 2010). Detta arbetssätt kan resultera i suboptimering där bland annat stora materialmängder kan ses som ekonomiskt fördelaktiga men kan öka mängden spill genom logistiska problem.

Vid frågan om materialspill anses kunskapsbrist likaså vara en bidragande faktor. Den utförda intervjun som presenterar i Persson och Sjelins (2014) arbete visar att utbildning kring avfallshantering fås men att den erhållna kunskapen är grundläggande (Persson & Sjelins, 2014). Det finns även en kunskapsbrist kring vad materialspill är och hur den ska behandlas där det dessutom är svårt att skilja på avfall och spill (Salame & Valencuk, 2016). Lindhes mätningar visar att yrkesarbetares skicklighet, kunskap och erfarenhet är av betydande karaktär för genereringen av materialspill, detta specifikt för drifttillskottet (Lindhe, 1996).

4.2 Organisatoriska faktorer och hinder vid användning av Lean Construction

4.2.1 Ledningens roll, engagemang och stöd

För en lyckad implementering av Lean Construction är ledningens stöd en av de mest avgörande faktorerna. I en systematisk litteraturstudie där 230 vetenskapliga artiklar studerats av Moradi och Sormunen (2023) identifieras bristande stöd och engagemang från högsta ledningen, bristande medvetenhet och förståelse av Lean Construction samt motstånd mot förändring både hos organisation men också hos anställda som de tre

främsta barriärerna för implementering av Lean Construction. Hädanefter, nämner skribenterna att för införande och implementering av Lean krävs en utveckling av Lean kultur, detta genom att främja utbildning och forskning inom Lean, tillämpa de Lean-verktyg och tekniker som nämns inom principen samt ett stöd och engagemang från högsta ledningen (Moradi & Sormunen, 2023). Samtliga ovan nämnda faktorer tyder på att organisationen och ledningen har en central samt drivande roll för att skapa goda förutsättningar för Lean Construction. Liknande punkter slås fast av Dhakal et al (2012). Åtta betydelsefulla faktorer för lyckad Lean implementering nämns. De åtta elementen är ledningens stöd, ledarskap, medarbetarnas delaktighet och befogenheter, stärkta relationer med kunder, partners och leverantörer, utbildning, relationer mellan olika avdelningar och slutligen teamwork och gruppgemenskap. Skribenterna nämner att dessa åtta element utgör en central del av den organisationskultur som Toyota har tagit fram och de är några av de mest kritiska faktorerna som krävs för framgång. Vid hantering av dessa faktorer kan organisationer, enligt skribenterna, skapa och utveckla en kunskapsfrämjande och lärande organisationskultur, högt engagemang av medarbetare samt en miljö som främjar kontinuerliga förbättringar (Dhakal et al, 2012). Skribenten Orr (2005) menar att ledarskapets beteende har en större betydelse än Lean-verktygen och syftar till att vikt ska läggas i det området då det i hög grad påverkar hur lyckad implementeringen av Lean Construction blir. Vidare listas fem grundläggande kategorier för ett framgångsrikt ledarskap: Uppbyggnad av förtroende, främja motivation, säkerställa rätt kompetens, val och utveckling av rätt personer för ett strategiskt arbetssätt och slutligen stöttande ledarskap (Orr, 2005). Uppbyggnad av förtroende mellan ledning och medarbetare resulterar i ökat samarbete, ökad vilja för deltaganden i förändringsarbete samt öppen kommunikation. Motivation ses som en central faktor hos medarbetare då det är starkt kopplat till deras engagemang. Kompetens och kunskap bidrar till effektivare arbetsprocesser, något som utgör en grund i Lean och val och utveckling av rätt personer möjliggör att individer med rätt förutsättningar, rätt grund samt rätt värderingar och engagemang kan förstärka företagets och organisationers mål och arbeten. Ett stöttande ledarskap vägleder, uppmuntrar och skapar förutsättningar för framgång, speciellt vid nya arbetssätt och metoder. Dessa faktorer menar Orr är en av starkaste förutsättningarna för framgång vid implementering och upprätthållning av Lean Construction.

Liker och Meier (2006) anger att företag ofta har olika avsikter med Lean implementering och transformation. I samband med detta nämner dem att det både finns kortsiktiga och långsiktiga mål. Målsättningen för de kortsiktiga målen är kunniga medarbetare som kan utföra arbetet, skickliga och framgångsrika processer samt kompetenta partners som utför sitt jobb optimalt (Liker & Meier, 2006). De kortsiktiga målen handlar därför om att ha rätt människor, rätt processer och rätt partners. Långsiktiga målen inkluderar de mål som kräver engagemang från ledningen. Till dessa mål nämner skribenterna Liker och Meier (2006); fokus och vikt på lärande och ständig förbättring, värdeflödesförbättring, även kallad Value Stream Improvements, och en lärande och kunskapsfrämjande organisation. Förenligt med Moradi och Sormunens (2023) forskning lyfter Liker och Meier (2006) att engagemang från högsta ledningen är en viktig faktor och nämner detta som en utmaning. Detta håller även Brandes et al (2020) med om och skriver att ledningen traditionellt sett

har delegerat implementeringen av Lean vidare till produktionen, detta då de inte har sett det som ledningens ansvar och arbetsuppgifter. Därav brister förståelsen av att Lean är en verksamhetsfilosofi som ska genomsyra hela organisationen och enligt Brandes et al (2020) utgör detta ett hinder (Brandes et al, 2020). Enligt skribenterna Liker och Meier (2006) är de kortsiktiga målen något som varje företag strävar efter och uppkommer oftast naturligt (Liker & Meier, 2006). De långsiktiga målen kräver att ledningen investerar både kapital men även tid, det ger inte en direkt vinst på kort sikt men på lång sikt kan stora framsteg uppnås. Slutligen nämner Liker och Meier (2006) *“Det kan vara nödvändigt att investera en del pengar på kort sikt för att få de högkvalitativa lean processerna som behövs för att spara pengar på lång sikt”* (Liker & Meier, 2006 s.20). Detta innebär att pengar behöver läggas för att bygga Lean system, avkastningen blir svår att räkna i kalkyler då vinsten uppnås på lång sikt. Här handlar det om att organisationen och ledningen aktivt ska ta beslut för att investera i Lean processer även om vinsten inte uppnås direkt.

4.2.2 Mellanchefernas roll

Brandes et al (2020) identifierar mellancheferna som en särskilt kritisk grupp. Det nämns att denna chefsroll fungerar som en kommunikationslänk mellan den högre eller högsta ledningen och de operativa delarna av organisationen. Skribenterna skriver i sin slutsats att mellanchefernas roll identifieras som en nyckelposition vid implementering av Lean Construction. Det framkommer att cheferna som har denna roll saknar tillräcklig kunskap. Detta gör att strategin och arbetssättet som finns inom Lean inte förmedlas vidare till medarbetare. Resultatet blir ett bristande stöd till de operativa arbetarna. Vidare nämner Brandes et al (2020) att för förändring och stödning av organisationskulturen har mellancheferna en betydelsefull roll. De finner att dessa chefers engagemang och förståelse för Lean Construction är av viktiga karaktär, detta då de aktivt påverkar hur arbetsmomenten kommuniceras, accepteras bland medarbetare samt hur de tillämpas i praktiken. Deras kunskap kan därmed öka motivation, främja samarbeten samt bygga upp en arbetskultur som präglas av förbättringsarbeten (Brandes et al, 2020). Det resultat som skribenterna Brandes et al (2020) erhåller tyder på att mellanchefernas agerande påverkar medarbetarnas engagemang och inställning till förändringsarbete och är därmed inte enbart förenligt med en påverkan på organisationens arbetssätt. Därav blir mellancheferna en central faktor för hur väl implementeringen av Lean accepteras i arbetet. Detta är en koppling som Moradi och Sormunen (2023) lyfter fram i sin rapport *Implementing Lean Construction: A Literature Study of Barriers, Enablers, and Implications*. De nämner att människor anses vara den främsta orsaken till hinder, framgångsfaktorer och konsekvenser vid införande och implementering av arbetsfilosofin. Människor ses ha en stor betydelse för framgångsrik implementering av Lean och påverkar implementeringen på tre nivåer: individnivå, företagsnivå och slutligen styrningsnivå. Den första nivån, individnivån, handlar om personliga egenskaper, motivation samt ledarskap (Moradi & Sormunen, 2023). Detta bygger på att en individs attityd, engagemang samt förmåga att acceptera och driva igenom förändringar har en direkt inverkan på det utförda arbetet i praktiken. Den andra nivån, företagsnivå, innefattar organisationens arbetskultur,

kompetens, processer samt beredskapen och uppmärksamheten för förändring (Moradi & Sormunen, 2023). Präglas en organisation av tydliga arbetsprocesser och moment, samarbete samt en kultur där lärande stöds skapas gynnsamma förutsättningar för både införande och upprätthållande av Lean Construction. Den sistnämnda nivån, styrningsnivån, inkluderar policys, standarder och regelverk (Moradi & Sormunen, 2023). Dessa spelar en viktig roll då ramar och förutsättningar skapas utifrån dessa faktorer. Skribenterna Moradi och Sormunen (2023) anser även att investering i arbetare och utveckling av deras egenskaper och kunskaper ger resultat genom hela projektets livscykel (Moradi & Sormunen, 2023).

4.2.3 Utbildning och kunskap

Bristande kunskap och förståelse är ett tydligt hinder och något som lyfts fram av Svensson och Hörström (2016). Medarbetarnas kunskap och förståelse är avgörande för att Lean ska fungera i praktiken detta då vid förståelse av varför nya arbetsrutiner och arbetssätt införs minskar motståndet för det. Då Lean inte enbart ses som ett verktyg utan ses som en arbetsfilosofi där ett nytt sätt att tänka vid planering, samarbeten och förbättringar menar skribenten att utbildning och kunskap krävs på alla nivåer i en organisation, från ledning till yrkesarbetare. Skapas inte en förståelse för syftet med förändring, menar skribenten att Lean kan uppfattas som ett ytterligare administrativt krav vilket leder till uppkomsten av motstånd i organisationen. Med utbildning skapas även bättre struktur samt ökad samverkan mellan olika yrkesgrupper i organisationen (Svensson & Hörström, 2016). I byggproduktion är flera aktörer involverade och olika yrkesgrupper har olika uppfattning och förståelse kring planering, kommunikation samt arbetsprocesser vilket resulterar i kommunikationsbrister samt missförstånd. Genom utbildning kan en gemensam kunskapsgrund skapas kring Lean filosofin vilket gynnar och underlättar implementeringen av Lean Construction. I likhet med Svensson och Hörström (2016), lyfter även Olsson (2007) fram vikten av utbildning och menar att problem kring spill, väntetider och dålig samordning som uppstår inom byggbranschen ofta beror på bristande kunskap kring effektiva arbetssätt. Enligt skribenten möjliggör en god kunskapsbas hos arbetare möjligheten att identifiera slöseri samt förbättra arbetsflöden och arbeta mer organiserat och strukturerat, vilket är faktorer som nämns inom Lean. Precis som Svensson och Hörström (2016) identifierar i sin studie, påpekar även Olsson (2007) att utbildning är viktig för att skapa samma förståelse för mål, processer och arbetsmetoder (Olsson, 2007). Brandes et al (2020) utförda enkätundersökning styrker även påståendet om att utbildning kan ses som ett hinder. Vid frågan om vilka hinder projekteringsledare såg vid implementering av Lean på NCC framkom det att 36 av 55 projekteringsledare ansåg bristande kunskap som det största hindret (Brandes et al, 2020). Vidare bekräftar Moradi och Sormunens (2023) utförda studie att bristande medvetenhet och förståelse för Lean Construction är en frekvent förekommande barriär över de studerade tolv länderna, däribland Sverige.

Brandes et al (2020) studie uppvisar ett positivt beteende hos chefer för möjlighet och vilja för kunskapsökning och deltagande i utbildning. Fem av de frågade åtta

respondenterna hade en positiv inställning för kunskapsökning och utbildning. Vidare framgår det att de respondenter som genomgått en utbildning generellt upplevde en större förståelse för området och att de ansåg sig i hög grad ha tillräckligt med kunskap om Lean Construction. Brandes et al (2020) studie ger en tydlig bild av att kunskapen om Lean varierar mellan respondenterna och att de insatser som görs i organisationen om utbildning är begränsade och ojämnt fördelade mellan olika områden, detta då det framkommer att enbart ett fåtal av mellancheferna hade genomgått en utbildning. Därav tyder det på att Lean inte var integrerade och en del av organisationens kompetensutveckling.

4.2.4 Motstånd mot förändringar

Enligt Brandes et al (2020) har en organisationskultur inom byggbranschen byggts upp under en lång period och förändringar är därför svåra att implementera och genomföra. Bekvämlighet, säkerhet samt känsla av trygghet gör att medarbetare vill fortsätta med sitt vanliga arbetssätt. Detta leder till att när förändringar genomförs uppstår motstånd. Kulturen inom organisationen har en stor betydelse för att motverka motståndet menar skribenterna och är även avgörande för implementering av Lean. Lean- forskaren som intervjuas av Brandes et al (2020) uppskattar att det krävs sju till tio års arbete för att Lean ska genomsyra hela organisationen (Brandes et al, 2020). Detta visar att kulturförändringar inom organisationer är komplexa och tidskrävande processer. Motstånd mot förändring identifieras även i Moradi och Sormunens (2023) studie som den näst mest frekventa barriären för implementering av Lean Construction (Moradi & Sormunen, 2023). Byggbranschen och byggproduktionen skiljer sig från andra tillverkningsindustrier genom unika projekt, platsbyggnation, temporära arbetsplatser samt temporära organisationer. Skribenten anger att det resulterar i en viss skepticism bland arbetare inom byggbranschen mot Lean tänkandet (Jensen, 2010). Detta indikerar att inom byggorganisationer finns det ett starkt motstånd mot införande av Lean Construction. Ett annat problem som kan skapa motstånd lyfter Bertelsen (2004) fram där han argumenterar för att många aktörer inom byggsektorn tenderar att lösa problem reaktivt, vilket begränsar utvecklingen av ett systematiskt och strukturerat förbättringsarbete där förebyggande faktorer främjas (Bertelsen, 2004). En vana för ett reaktivt förhållningssätt kan skapa motstånd vid implementering av Lean, detta då Lean filosofin bygger på ett arbetssätt som står i kontrast till reaktiv problemlösning. Även Koskela (1992) lyfter att byggsektorn länge har präglats av enskilda aktiviteter och resursutnyttjande istället för processoptimering och helhetslösningar. Det råder en vana i att optimera enskilda områden och arbetsmoment istället för att optimera hela produktionsprocessen och se den som en hel kedja (Koskela, 1992). Detta resulterar i att övergången till Lean kan försvåras och mötas av motstånd då implementeringen av Lean som arbetsmetod innebär ett förändrat synsätt på hur byggproduktionen ska organiseras samt styras.

4.3 Effekter av Lean på materialspill

Litteraturgenomgången visar enstämmigt att implementering av Lean Construction leder till en minskning av materialspill och att det kan uppnås genom förbättrad planering, ökade processkontroller och minskade variation i produktionen. Centralt gäller att materialspill betraktas som slöseri ("muda") som ska elimineras. Studierna utförda av Koskela (1992) och Womack och Jones (1996) nämner båda att elimineringen kan uppnås genom att systematiskt förbättra hela produktionssystemet (Koskela, 1992; Womack & Jones, 1996). Lean Construction ska inte ses och användas som ett enskilt verktyg för att minska materialspill utan ska ses som en filosofi som präglar hela organisationen, där arbetssätt, logistik, ledarskap, utbildning samt kontinuerliga förbättringar samverkar för att reducera genereringen av materialspill och slöseri. Vidare indikerar forskningen att effekten på materialspill blir störst när Lean implementeras genom hela byggprocesskedjan och inte enbart vid enskilda arbetsmoment. Grundprincipen i Lean filosofin är att identifiera och eliminera de aktiviteter som inte tillför något värde (Womack & Jones, 1996). Av de elva principerna Koskela definierar är den första principen att minska icke-värdeskapande aktiviteter (Koskela, 2000). Även Lean Construction Institut inkluderar eliminering av slöseri som en av de sex framtagna principerna (Lean Construction Institute, u.å.d). Detta indikerar vikten av att eliminera de icke-värdeskapande aktiviteterna, där materialspill ingår. Ineffektiva materialflöden, omarbete, felhantering, överproduktion, brister i logistik anges som orsaker till generering av materialspill. Koskela (2000) beskriver att förbättrade flöden och reducerade variationer genom arbetsprocessen resulterar i effektivare resursanvändning vilket är direkt kopplat orsakerna av uppkomsten av materialspill (Koskela, 2000). Lean Construction angriper de angivna orsakerna genom att strukturera arbetsflödet, optimera projekteringsprocessen samt reducera osäkerheten i produktionsskedet. Resultatet blir dels en reduktion av spill i efterhand, dels en förebyggande minimering redan i projekteringsskedet.

4.3.1 Last Planner system (LPS)

Last Planner System som leder till skapandet av tydliga och förutsägbara arbetsflöden påverkar arbetsplatstillskottet, det vill säga det spill som uppstår av fel, överblivet material, skador och omarbete.

Systemet beskrivs av Ballard (2000) som ett verktyg för att omvandla vad som bör göras till vad som kan göras. Detta leder till att arbeten enbart kan utföras när förutsättningarna för dem finns (Ballard, 2000). Ur ett materialspillsperspektiv är detta relevant då påbörjade arbete utan rätt förutsättningar som material, kunskap och information kan resultera i felhantering och omarbeten vilket är direkt kopplat med generering av materialspill.

Persson och Sjölin (2014) anger att orsaker för materialspill är kopplade till dålig planering, dålig revidering och fel mängdberäkningar (Persson & Sjölin, 2014). Detta är

problem som LPS är tänkt att reducera. LPS har som syfte att förbättra planeringen och tillförlitligheten kring detta område genom att ska mer förutsägbara arbetsflöden. Lean Construction Institute anger att endast 54 % av det planerade arbetet inom utsatt tid färdigställs i traditionella byggprojekt med traditionella planeringssystem (Lean Construction Institute, u.å.e). LPS har en central roll i att identifiera och hantera produktionsbegränsningar i förväg. Arbeten som startas utan nödvändiga förutsättningar, utan rätt material eller ofullständiga ritningar resulterar i kvalitetsbrister, omarbeten samt felhantering vilket är givna orsaker för materialspill. Systemet LPS motverkar systematiskt dessa problem genom att kontrollera hinder och förutsättningar innan ett arbete påbörjas (Karaz et al, 2024). Systemet innebär också ett skifte från aktivitetsstyrning till flödesstyrning. I traditionell planering och ledning optimeras ofta enskilda arbetsmoment och man strävar ofta att hålla tidsramen för specifika områden. LPS möjliggör istället ett jämnt och kontinuerligt produktionsflöde där arbeten kan fortgå utan störning och väntetider (Agrawal et al, 2024).

Last Planner System är ett system som bygger på god kommunikation mellan aktörer, där utföraren av ett arbetsmoment sätts i centrum för planeringen av arbetsuppgifterna (Svensson & Hörström, 2016). Då planeringen sker i nära relation med samtliga aktörer och en samverkan upprätthålls kan det resultera i underlättad samordning mellan materialleveranser. Ur ett spillperspektiv är LPS inte enbart framgångsrikt vid tidsplanering. Med LPS-system minskar de indirekt spillorsakerna, detta då vid en stabil och genomarbetad planering minskas risken för omarbeten, drifttillskott (kapspill främst) och snabba improviserade lösningar.

4.3.2 Just-in-Time (JIT)

Det finns skillnader mellan byggprojekt där traditionella leveranser har använts och där JIT-leveranser har använts. Vid JIT levereras mindre kvantitet men i ett tätare intervall, leveranstiden ska vara kort och beställningsrutiner enkla (Sundström, 2019). Detta kan jämföras med det traditionella sättet att hantera material där lagerföring görs genom inköp av större mängd material i ett tidigt skede i byggproduktionen (Andersson & Hultberg, 2012). En anpassning av materialets emballage görs istället efter transportererna samtidigt som transportererna sker direkt till produktionen, detta för att få ett bättre flöde i produktionen (Sundström, 2019).

Utrymmesbrist i byggprojekt är ett återkommande problem, detta speciellt vid projekt i tätbebyggda områden. Bristen av utrymme på byggarbetsplatsen försvårar möjligheten att skapa ordning och struktur. Vid trånga utrymmen är det särskilt viktigt att upprätthålla struktur och hålla material, maskiner och verktyg organiserade, detta med hänsyn på arbetsmiljö och effektivitet (Sundström, 2019). Vid byggarbetsplatser innebär lagring av material att upplagsplatser behöver användas. Precis som Sundström (2019) nämner även Andersson och Hultberg (2012) att vid användning av Just-in-Time logistik kan upplagsplatser i viss omfattning undvikas. Det framgår även att byggarbetsplatsen blir

mer öppen och flexibel, samtidigt som förflyttning mellan olika upplagsplatser kan undvikas (Andersson & Hultberg, 2012). Dålig lagerhantering där material som exponeras för olika väderlek och stölder, överbeställningar, mellanlager, samt förflyttningar anges som några bidragande faktorer för materialspill (Formoso et al, 2002; Salame & Valencuk, 2016). Genom att implementera JIT i logistikprocessen kan dessa faktorer minskas och därmed kan en mindre mängd materialspill genereras. Just-in-Time kan därmed ses som ett verktyg som effektiviserar logistiken och möjliggör en effektivare planering vid produktionsskedet som resulterar i en mindre mängd genererad materialspill.

Vid användning av Lean-verktyget JIT framhålls det att materialstölder, materialskada och materialförflyttningar minskas. Denna minskning sker främst då material lagras kortare tid och i mindre volym (Andersson & Hultberg, 2012). Detta kan indirekt kopplas till minskat materialspill då förlusterna av material minskas. Dessutom angriper JIT överlagring och överskottslager. För att inte riskera förseningar och stillastående är buffertlager något som förekommer i projekt (Lean Construction Institute, u.å.a). Detta resulterar i direkt materialspill. Lean-verktyget JIT angriper detta problem genom att material endast beställs i den kvantitet som behövs (Lean Construction Institute, u.å.a).

Trots dess angivna fördelar innefattar JIT även av risker. Verktyget Just-in-Time kräver god och preciserad planering, pålitliga leverantörer samt hög samverkan mellan aktörer (Andersson & Hultberg, 2012; Sundström, 2019). En risk som tillkommer i samband med JIT-logistiken är försenade projekt, detta om leveranserna inte anländer enligt tidsplanen. En lösning anges vara planering av leveranserna i ett tidigt skede, redan i projekteringsfasen. Diskussioner och noggrann planering med leverantörer utgör en möjlighet att bestämma både datum och tid för leveranser, däremot kräver detta att företag arbetar med pålitliga leverantörer som kan garantera materialleveranser enligt tidsplanen (Andersson & Hultberg, 2012). Stärkta relationer med partners och leverantörer anges som en av de åtta punkterna som Dhakal et al (2012) anger. Även Liker (2004) anger att ett utökat nätverk av leverantörer är en av de fjorton principerna som Toyota Production System (TPS) grundar sig i (Dhakal et al, 2012; Liker, 2004). För ett lyckat arbete med Lean-verktyget JIT anges att en förutsättning är långsiktiga relationer med leverantörer, uppnås inte detta kan det utgöra ett hinder och risk för ett mindre framgångsrikt arbete uppstår (Andersson & Hultberg, 2012; Sundström, 2019). Olika typer av byggprojekt har varierande förutsättningar. Detta innebär att möjligheten att tillämpa JIT inte alltid finns. Material som ska hanteras i trånga utrymmen eller där material behöver levereras till svåråtkomliga områden eller platser utgör ett hinder för implementeringen av Lean-verktyget Just-in-Time. Andersson och Hultberg (2012) anger i sin studie att vid projektet Annedal där ett flerbostadshus byggdes hade implementeringen av JIT-logistiken inte gynnat projektet. Detta då materialet behövdes placeras på varje våning samt i varje lägenhet innan gjutningsarbetet skulle fortgå. I detta projekt hade användandet av Lean-verktyget resulterat i leveranser i efterhand istället för i början av arbetet. Skribenterna argumenterar för att i sådana fall där leveranser till svåråtkomliga platser ska ske kan det vara mer praktiskt och mindre otympligt att lagerföra material i förväg för att både

undvika arbetsmiljöproblem och förseningar (Andersson & Hultberg, 2012). JIT kräver god planering samt planering innan produktionsstart. Detta innebär ökade kostnader i projektering och planeringsskedet. Denna ökade kostnad behöver vägas mot kostnader för materialspill. Vidare innebär detta även att vid störning eller försening blir konsekvenserna större än enbart produktionsstopp. De resurser och kostnader som läggs på planering, effektivisering och projektering påverkas också negativt (Sundström, 2019). Praktiskt har JIT i svenska byggbransch en relativt hög leveransprecision. 17 % av de frågade respondenterna inom NCC anger att de upplevt frekvent avbrott på grund av väntan på leveranser (Svensson & Hörström, 2016). Detta tyder på att det finns en viss säkerhet inom den svenska byggbranschen för förseningar. Däremot är byggsektorn komplex med flera samverkande aktörer och olika leverantörer både inom Sverige, men även andra länder kan förekomma.

En begränsning för implementering av JIT är just internationella leverantörer. För det företag som har internationella leverantörer med långa leverantörskedjor anger Lean Construction Institute (u.å.a) tre lösningar som möjliggör en fortsatt användning av JIT. Det första är att övergå till en lokal leverantör, dock är detta inte alltid möjligt. Andra förslaget är att hyra lokala lagerutrymmen som möjliggör att lagring och sortering av de beställda materialen i förväg samt att en fullständig kontroll över materialleveranser, tid och plats upprätthålls. Detta möjliggör även identifiering av trasigt och felaktigt material tidigt i processen innan produktionsskedet och byggstart. Den tredje lösningen syftar till om det inte är möjligt att beställa från en lokal leverantör och möjlighet och budget inte finns för hyrning av ett lokalt lagerutrymme. Lean Construction Institute menar att genom att logistikern som ansvarar för leveranser och logistik är vaksam kan Just-in-Time fortfarande användas, det gäller att ha en god överblick över beställnings- och leveransscheman (Lean Construction Institute, u.å.a).

4.3.3 Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream Mapping skiljer sig från de andra Lean-verktygen på det sätt att det inte i sig själv resulterar i mindre materialspill utan istället synliggör var materialspillet i kedjan uppstår. Detta är en förutsättning för att de andra Lean-verktygen ska kunna appliceras på rätt sätt (Liker & Meier, 2005). VSM kartlägger och visualiserar hela materialflödet. Det ska inkludera råmaterials- och informationsflöden, beslutspunkter, överlämningar samt interaktioner med andra system som används i projektet. Vanliga problem som kan identifieras med VSM är frångopplade processer som uppstår när övergång mellan aktörer och arbetsmoment inte är flytande eller sammanhängande, ofullständig och otydlig informationsöverföring, ojämn arbetsbelastning/ojämn produktionstakt (kallas mura), aktiviteter som ses som icke-värdeskapande (slöseri), förseningar, ineffektiva resultatet som innefattar processer som inte levererar de avsedda resultatet och områden med höga kostnader (Lean Construction Institute, u.å.f). Många av de angivna problemen som kan identifieras med VSM är direkt kopplade till materialspill och genereringen av det. VSM utgör även en möjlighet för organisationer att identifiera och visualisera främst vart

värdeskapande aktiviteter finns men även vart flaskhalsar uppstår, vart extra personal i processen behövs och vart felutföring av arbete uppstår (Jensen, 2010). Systemet möjliggör även att undersöka varje steg och på så sätt identifiera områden där icke-värdeskapande aktiviteter finns vilket direkt kan ha en påverkan på materialspill (Lean Construction Institute, u.å.f).

4.3.4 5S-Fem varför

5S anges som en av de enklaste Lean-metoderna att införa i ett befintligt företag. Detta då den anses vara både lätt att införa och för arbetare att ta till sig (Svensson & Hörström, 2016). Införande av 5S bidrar till en bättre och mer organiserad arbetsplats vilket minskar risken för materialskada och att material försvinner. Dessutom underlättas arbetet kring korrekt materialhantering (Lean Construction Institute, u.å.h; Liker & Meier, 2006). Hlawn Ceu (2015) stödjer även detta och anger även att bristande ordning är en orsak till generering av materialspill (Hlawn Ceu, 2015). 5S skapar struktur, något som är värdefullt för arbete mot skapande av materialspill. Vid struktur och organiserade arbetsplatser har samtliga verktyg och material bestämda platser. Detta minskar risken för överbeställningar, felanvändning av material och att material försvinner, vilket innebär att en mindre mängd materialspill kan genereras vid tillämpning av detta verktyg (Liker & Meier, 2005; Svensson & Hörström, 2016). Vidare synliggörs överflödigt material (Liker, 2004). *“In mass production, without the five 5 s, many wastes accumulate over the years, covering up problems”* (Liker, 2004, Chapter 13; The Principle Clean It Up, Make It Visual). Inom byggbranschen innebär detta att överskottsmaterial synliggörs och kan användas i projektet. Elimineras eller minskas överskottsmaterial minskas även materialspill, detta då denna typ av material ses som orsaker till spill (Salame & Valencuk, 2016). Vidare är det även möjligt att via 5S minska stressnivåerna på arbetsplatserna och öka produktivitet. Struktur möjliggör att man snabbt kan hitta rätt material vilket minimerar risken av att fel material monteras på fel ställe och sedan orsakar spill (Lean Construction Institute, u.å.h).

4.4 Lean Construction- En kritisk syn

Lean Construction som arbetsfilosofi talar om effektivitet, flexibilitet, kvalitet, resursutnyttjande, minskat spill samt ökat teamarbete. Däremot ställer sig Green (1999) emot detta. Han menar att den effektiviteten som uppnås är på bekostnad av arbetskraft, detta då Lean-principen i praktiskt sammanhang kan innebära ökad kontroll, övervakning samt utnyttjande av arbetare. Det nämns att japanska företag som etablerat sig i USA inte har motsvarat den idealbild av Lean som beskrivits i litteraturen och att Lean-utopin aldrig uppnåtts. Trots höga löner vid Mazdas fabrik i Michigan uttryckte arbetarna missnöje och klagade på dålig säkerhet, hög arbetsstress, minskad personlig frihet och även diskriminerande villkor. Liknande kritik riktas även mot Nissans fabrik i Sunderland, Storbritannien (Green, 1999). Detta står helt i kontrast mot det som lyfts upp i Leans

arbetsfilosofi. Lean framställs som ett arbetssätt där effektivitet kombineras med respekt för människor, samarbetspartner, leverantörer, delaktighet samt ständigt utvecklande och ökad värdeskapande (Womack & Jones, 1996). Greens framställda artikel leder till att arbetssättet kan ses som en metod som bidrar till kontroll och utnyttjande genom ökad stressnivå och intensifierat arbete. Skribenten argumenterar för att implementering och tillämpning av Lean är beroende av svaga fackföreningar samt minskad industriell demokrati och menar att japanska arbetsmarknadsförhållanden historiskt har möjliggjort detta. Lyckad Lean implementering i västvärlden menar han åtföljs av både politiska och ekonomiska förändringar som minskar fackföreningarnas makt och arbetarens arbetsvillkor (Green, 1999).

Arbetsförhållandena i Japan karakteriseras ofta av långa arbetstider och sömnproblem vilket har negativa effekter på arbetssäkerhet och hälsa (Yamauchi et al, 2019). Detta är även punkt som Green (1999) lyfter. Japans arbetsindustri förväntar sig att arbetare anpassar sig till företagets behov, dels genom höga prestationskrav, dels genom lojalitet till den organisation man arbetar för (Green, 1999). Detta kan resultera i försämrad livskvalitet och ökat hälsoproblem, främst stressrelaterade hälsorisker. "*Karoshi*" är ett begrepp som förekommer i Japan och har använts sedan 1970. Begreppet innebär "*plötslig död av överarbete*" (International Labour Organization, 2013). Green skriver "*Muda is to be eliminated, karoshi is the price to be paid*" (Green, 1999, S.25). Detta innebär att de extrema effektivitetskraven som Lean syftar till kommer på bekostnad av människans välbefinnande.

Green erbjuder ett värdefullt korrektiv till den okritiska Lean Construction. Kritiken som Green framställer handlar om risken av att människans hälsa och arbetsvillkor hamnar i bakgrunden när prioritering och uppmärksamhet läggs på produktivitet och resurseffektivitet. Däremot är det värt att nämna att Green (1999) inte ifrågasätter den tekniska effekten utan ifrågasätter de sociala, mänskliga och politiska kostnaderna som enligt honom systematiskt utelämnas i de framställda litteraturerna.

5 Analys och diskussion

Materialspillet har identifierats att utgöra en betydande del av spillet som uppstår vid byggprojekt och står både för ekonomisk och miljömässig belastning för byggsektorn. Byggsektorns bygg- och rivningsavfall utgör en betydande del av Sveriges totala avfallsgenerering och 10 % av den genererade avfallsmängden utgörs av materialspill. Vidare uppskattas även att 30–35 % av produktionskostnaderna vara kopplade till spill och slöseri som definieras enligt de åtta punkterna under avsnitt (7.5). Kärnan med Lean filosofin är att identifiera och eliminera de icke-värdeskapande aktiviteterna. Spill definieras som icke-värdeskapande aktiviteter och kan enligt Lean uppstå i olika former som bland annat genom väntetider, omarbete, skador, felhantering eller ineffektiv materialhantering. Samtliga har fastställts resultera i materialspill som även det per definition är en icke värdeskapande aktivitet. Av de elva principerna för Lean Construction som framställs av Koskela (2000) är den första att minska de icke-värdeskapande aktiviteterna. Även Lean Construction Institute anger detta i sina sex framtagna principer. Därmed finns det en direkt länk mellan minskat materialspill och Lean-filosofin, där minskningen blir ett ingående och centralt mål.

Lean som arbetsmetod riktar sig inte enbart mot enskilda delar i byggprojektet utan riktar sig till hela kedjan och ska genomsyra samtliga delar i projektet. Detta kan även ses i de fjorton principerna som Toyota Production System grundar sig i enligt avsnitt 7.1 som bland annat återspeglar att förbättra arbetsflöden för att öka resurseffektivitet genom att minska de icke-värdeskapande aktiviteterna. Den utförda studien pekar entydigt på att Lean Construction leder till minskat materialspill, däremot betonas det att arbetsmetodiken inte ska ses som ett enskilt verktyg utan ska ses som en helhetsfilosofi. Arbetssätt, ledarskap, utbildning, logistik och kontinuerliga förbättringar bör samverka för att reducera genereringen av materialspill. Detta är därför den centrala insikten som nås. En organisation som enbart implementerar enstaka Lean-verktyg utan att samtidigt hantera ledarskap, planeringsprocess eller samverkan mellan leverantörer riskerar att få begränsat resultat där målet med minskat materialspill inte uppnås.

De identifierade orsakerna till materialspill grundar sig i flera faktorer. Dessa faktorer uppträder i hela byggprocessen från organisatoriska faktorer till projektering, planering och slutligen produktion. En tydlig återkommande orsak i litteraturen är brister i projektering, planering och design. Denna fas som även utgör den första fasen i byggprojekt har en särskilt stor betydelse. Detta då de beslut som tas och fastställs i denna process påverkar de efterkommande delarna av projektet. Den genomförda litteraturstudien indikerar att små designfel, felaktiga mängdberäkningar och frekventa

designändringar ger upphov till materialspill i den senare delen av projektet. Vidare tyder resultatet på vikten av ett samspel mellan olika discipliner. Arkitekter, konstruktörer samt entreprenörer behöver samarbeta, kommunicera och tillsammans ta beslut kring de design- och projekteringsrelaterade frågorna. Att ett samarbete i ett tidigt skede resulterar i en minskad risk för uppkomsten av materialspill är många ense om.

Tidspress är något som identifierats av de undersökta studierna. Det framhålls att projekteringsskedet ofta styrs av tidspress. Även ekonomiska begränsningar är något som lyfts fram. En projekteringsprocess som styrs av tidspress och begränsad ekonomi kan resultera i att materialeffektivitet, resursoptimering och hållbarhetsaspekter hamnar i bakkant och inte tas hänsyn till, detta trots dess långsiktiga betydelse. Redan 1996 framhåller Lindhe att de kortsiktiga målen ofta ges större betydelse än hållbarhetsaspekter i projekteringsprocessen. Även om detta är ett uttalande som gjorts flera decennier tidigare bekräftas den av Persson och Sjelin (2014) studie som anger att materialspill utgör 1–3 % av projektets totalkostnad. Detta tyder på att det är mer lönsamt ekonomiskt att fokusera på åtgärder som generera större kapital. Därmed kan det ses som att ett ekonomiskt incitament hos byggföretag för förändring där materiaspillsfrågan och hållbarhetsfrågor inte finns. Att projekteringsprocessen än idag styrs av ekonomi och tid är därmed fortfarande aktuellt att fastställa. Ledningen och organisationen uppmuntrar till snabba beslut och budgetstyrning där utrymme för genomtänkta och långsiktiga materiallösningar inte ges. För att minska genereringen av materialspill bör projekteringsfasen inte pressas av tid och ekonomi. I situationer där tidspress och ekonomiska brister uppkommer kan kvaliteten bli lidande. Problemen kan skjutas vidare till produktionsfasen där lösningar blir dyrare, mer omfattande och mer resurskrävande. Är projektering- och designfasen väl genomtänkt och genomförd kan det både bidra till lägre klimatpåverkan i form av minskat materialspill och bättre ekonomiska förutsättningar i projektet. Därmed bör projekteringen ses som en investering snarare än en kostnad.

De faktorer som under projekterings-, design- och planeringsskedet identifierats bidra till materialspill kan därmed sammanställas på följande vis:

- Otydliga eller felaktiga mått på de framtagna ritningarna.
- Bristande samordning mellan arkitekt-, konstruktion- och installationsritningar.
- Sena och frekventa designändringar.
- Bristande och otillräcklig samordning mellan olika discipliner.
- Överdimensionering.
- Felaktiga eller bristande mängdberäkningar. Detta leder till överbeställningar.
- Icke-standardiserade mått som resulterar i kappspill (drifttillskott).

Materialspillet blir synligt och mätbart vid produktionsfasen och uppstår främst i två uppdelade typer av tillskott, arbetsplatstillskott och drifttillskott. Drifttillskott som uppstår vid kapning och anpassning av material vid byggnation anses till viss del oundvikligt. En bättre projekteringsprocess där optimal design och god planering utnyttjas kan standardmått och optimerade planer kring tillkapade materialsdelar uppnås. Lean kan därför verka i planeringsprocessen för att minska drifttillskottet. Felhanteringen, skador vid transport, bristande lagerhantering, felaktiga eller undermåliga arbetsmetoder och omarbeta, dessa faktorer sammanfaller under arbetsplatstillskott. Till skillnad från drifttillskottet anses denna typ av materialspill vara resursslöseri då material köps in och kasseras utan att byggas in i konstruktionen. Här har Lean-verktygen en tydlig roll och kan anses vara en direkt verkningsmekanism för att minska mängden materialspill. Drifttillskottet kräver projekterings- och ritningsändringar medan arbetsplatstillskottet kräver ändringar i materialhantering, lagring och beställning något som anses vara lättare, mindre kostsamt samt snabbare att utföra.

Last Planner System (LPS) hanterar bristfällande planering som är en av de mest grundläggande orsakerna av materialspill. System omvandlar “vad som bör göras” till “vad som kan göras” och slutligen till “vad som verkligen kan göras”. En involvering av samtliga utförare i planeringsprocessen är viktig för att dels minska variation, dels förbättra samordning. Detta bidrar även till bättre kommunikationsflöden och tydligare instruktioner vilket även minskar risken för felhantering och missförstånd som i sin tur även det kan bidra till materialspill. Det som främst angrips med detta system är planeringsbrister som inkluderar dålig/bristfällig planering, dålig revidering och fel mängdberäkningar. Icke-värdeskapande aktiviteter och omarbeten undviks också eftersom LPS grundar sig i att arbete med fel förutsättningar inte ska påbörjas. Arbeten som påbörjas med fel förutsättningar som inkluderar fel material, kunskapsbrist och informationsbrist resulterar i felhantering och omarbeten vilket är direkt kopplat till generering av materialspill. Även arbetsplatstillskottet som enligt Persson och Sjin (2014) ses som den bidragande faktorn för generering av materialspill i produktionsskedet påverkas av LPS, detta eftersom tydliga arbetsflöden skapas. Vidare angrips även indirekta spillorsaker då genomarbetad planering där arbeten enbart utförs vid rätt förutsättningar minskar risken för kappspill, snabba improviserade lösningar och omarbeten. LPS som planeringssystem innebär också ett skifte från aktivitetsstyrning till flödesstyrning vilket innebär att helheten optimeras istället för enskilda arbetsmoment och resulterar därmed i att systematiskt motverka kvalitetsbrister som kan finnas. Att enbart 54 % av planerat arbete färdigställs i traditionella projekt är en stark indikation på att en betydande förbättring kan ske just vid planeringssystemet. Däremot kräver Last Planner System en viss kulturförändring. Traditionell toppstyrd planering där de högst i ledningen tar beslut ersätts istället av en planering där involvering av olika discipliner och arbetare krävs vilket dels kan skapa motstånd, dels kräver en kulturförändring vilket oftast tar lång tid.

Lean kan användas för att minska arbetsplatstillskottet detta då det oftast handlar om hanteringsrutiner, lagringsmetoder samt beställningsvolym. Det främsta verktyget som

angriper dessa logistiska problem är Just-in-Time (JIT). Genom att material levereras i rätt mängd, vid rätt tidpunkt och i rätt ordning minskas behovet av lagerhållning vilket resulterar i minskad risk för stölder, materialskador och förflyttningar. En slutsats som kan dras av JIT är att den minimerar behovet av lagring och upplagsplatser på arbetsplatsen, vilket är särskilt betydelsefullt vid trånga utrymmen. Detta minimerar och i vissa fall även eliminerar lagringsskador och hanteringsskador som annars kan leda till materialspill. Överskottslager, mellanlager och bristfällig lagerhantering är samtliga faktorer som anges som bidragande orsaker för materialspill. Vidare minimeras även den tid materialet exponeras för olika väderförhållanden vilket Persson och Sjelin (2014) anger som en av orsakerna för arbetsplatstillskott. Eftersom Lean Construction Institute beskriver onödiga transporter som en av de åtta slöserityperna kan JIT användas för att minimera förluster som uppstår i samband med transporter och lagring, detta då materialet levereras direkt till området där det ska användas. Däremot kräver Just-in-Time preciserad planering, pålitliga leverantörer samt hög samverkan mellan olika aktörer. Detta är inte alltid förutsättningen i byggbranschen som i de flesta fall består av tillfällig projektorganisation och föränderliga och unika förutsättningar som kan innebära kortsiktiga leverantörsrelationer. Dessutom krävs det också att vid implementering av JIT att aktörer och leverantörer är beredda på att anpassa sig efter projektet och ett strikt leveranssystem. Detta kan innebära att en kulturförändring behöver ske vilket i sig kan möta motstånd men även ta lång tid. Vidare konstateras det att vid svåråtkomliga utrymmen där lagerföring krävs i förväg är JIT olämpligt som logistikverktyg vilket indikerar att verktygets effektivitet är situationsberoende. Därmed krävs bedömning av projektets förutsättningar innan implementering utförs.

Value Stream Mapping, till skillnad från de andra verktygen, minskar inte i sig materialspill utan synliggör vart i processkedjan det uppstår. Eftersom VSM kartlägger material- och informationsflöden, identifierar flaskhalsar och icke-värdeskapande aktiviteter utgör det en förutsättning för att de övriga verktygen ska kunna implementeras på ett korrekt och effektivt sätt. Metoden för att kartlägga hela byggprocessen kräver dock detaljerad informationstillgång, brett deltagande från olika delarna av organisationen samt är tidskrävande att genomföra, vilket kan utgöra begränsningar för implementering.

Bristande ordning och struktur anges som orsaker för materialspill. Detta hanteras av verktyget 5S som även anges och framstår som det enklaste verktyget att implementera. Överbeställningar, material som försvinner och felanvändning är alla faktorer som minskas när bestämda platser för verktyg och material, organisation och struktur skapas. 5S visar sig även synliggöra överflödigt material som kan användas i projektet istället för att bidra till spillet.

Analysen indikerar att samtliga verktyg hänger samma vilket illustreras av TPS-husets beskrivning. Huset beskrivs som starkt när alla ingående delar hänger samman och är starka. Därför kan Value Stream Mapping ses som en förutsättning för att implementeringen av de andra verktygen. Implementeras inte de andra Lean-verktygen

kommer materialspillet inte att minskas utan enbart att synliggöras. Genom att studera resultatet kan slutsatsen dras att JIT och 5S hänger samman. Utan ett fungerande 5S system för materialorganisation kan det material i överlagret glömmas bort och förbli oanvänt vilket direkt påverka nyttan av JIT. Just-in-Time förutsätter stabila processer och standardiseringar med tillförlitliga flöden. Detta är något som Last Planner System hanterar. Lean-verktygen hänger samman och ska därför inte ses som fristående metoder. Detta tyder på att en isolerad implementering av enskilda verktyg inte gynnar organisationer och kommer inte att resultera i minskat materialspill.

5.1 Lean i Praktiken

Sambandet mellan Lean och minskat materialspill förmedlas av organisatoriska faktorer. Avgörande faktorer är ledningens engagemang och stöd men även kunskap och utbildning kring materialspill och Lean framstår som viktiga faktorer. Flertalet studier som analyserats är ense om att ledningens stöd och engagemang är den avgörande faktorn för lyckad implementering av Lean. Det framstår att vid undersökning har denna faktor identifierats som den främsta barriären och det nämns även av Orr (2005) att Lean-verktygen inte är det viktigaste utan ledarskapets beteende är det som spelar en avgörande roll. Brist av kunskap och förståelse för Lean utgör även en viktig roll. Utbildning på alla nivåer anses som en förutsättning för att lyckas införa Lean Construction. Att Lean inte ska ses som ett enskilt verktyg utan en arbetsfilosofi är något som nämns flertalet gånger. Utan förståelse för varför nya rutiner införs eller nya arbetsmetoder väljs uppstår motstånd. Vid kunskapsbrist nämns det att Lean snarare ses som ett ytterligare administrativt krav som ska utföras snarare än ett stöd i arbetet. En kultur där kontinuerligt lärande och kunskapsutveckling främjas måste finnas på plats och stödjas av organisationen. Att utveckla ledare som grundligt förstår arbetet och lär ut Lean-filosofin är en av de fjorton principerna som fastställs av Liker (2004). I praktiken visar sig utbildningsinsatserna vara begränsade och även ojämnt fördelade mellan olika områden. Vidare identifieras flera hinder i samband med implementering av Lean. Motstånd mot förändring, tidsbrist och en branschkultur där kortsiktiga ekonomiska mål väger tyngre än långsiktig hållbarhetsvinst är hinder som upptäckts. I praktiken syns inte de investeringar som görs i Lean på kort sikt och avkastningen är svår att räkna på. De mål som sätts med Lean som arbetsfilosofi uppnås oftast på lång sikt. Därmed krävs det långsiktiga investeringar av organisationer och företag för att bygga Lean-system. Tidsaspekten är något som lyfts fram som en begränsning av implementeringen av Lean. Det framgår att företag som implementerar Lean oftast fastnar på processnivån och att en filosofi aldrig lyckas byggas upp. Dessutom nämns det av en Lean-forskare att det krävs sju till tio års arbete för att Lean ska genomsyra hela organisationen. Detta kan av flera organisationer, företag och aktörer ses som för lång tid. En organisatorisk aspekt som anses viktig är att byggbranschen präglas av projektbaserad produktion där tillfälliga organisationer samt många inblandade aktörer förekommer, vilket skiljer sig från tillverkningsindustrin där Lean utvecklats från. Detta skapar en särskild utmaning vid implementeringen av arbetsfilosofin eftersom det blir svårt att bygga långsiktiga relationer och en etablerad

Lean-kultur när varje projekt är unik och där aktörer, ledning och organisationer skiftar. Vidare framkommer det även att branschen präglas av reaktiv problemlösning. Detta kan anses som ett djupt rotat problem där det finns en tendens att lösa problem reaktivt. Reaktiva problemlösning som arbetsmetod står helt i kontrast mot arbetsfilosofin Lean, som istället förespråkar ett systematiskt och förebyggande angreppssätt. För att ändra på detta arbetssätt krävs dels en kulturförändring, dels utbildning och kunskapsökning.

Den första principen som Liker 2004 slår fast i sina fjorton principer (se 7.1) är *“Baserad på ledningsbeslut på en långsiktig filosofi, även på bekostnad av kortsiktiga ekonomiska mål”*. Detta kan ses som en av grunderna i arbetsfilosofin. Problemet som uppstår i byggbranschen är att den är strukturellt uppsatt för det motsatta. Det har identifierats att byggbranschen i de flesta fall utgörs av tillfälliga organisationer där aktörer, olika discipliner och olika företag samlas för ett enskilt projekt och splittras därefter. Incitamentet för att utveckla en långsiktig filosofi blir svagt när varje enskilt och unikt projekt har sin egen organisation, ledning, budget, tidsplan och mål. Det tidigare nämnda sju till tio års tidsspannet för att utveckla en organisation som genomsyras av Lean sträcker sig över många projekt. Detta utgör ett stort hinder då ett enskilt projekt inte kan bära den budget som krävs för den omställning som Lean Construction kräver. Detta resulterar i många fall att aktörer istället reducerar Leans arbetsfilosofi till enstaka verktyg och metoder och väljer därför att enbart implementera dem. Detta leder till ytligt införande av de verktyg som framställs i Lean Construction där kortsiktig framgång kan uppnås men sällan de långsiktiga. För att lyckas uppnå en minskad mängd materialspill krävs det att samtliga delar av processen optimeras vilket man framgår vid denna typ av genomförande.

De incitament som kan ses för införandet av Lean är främst de ekonomiska och miljömässiga. Resurseffektivitet som Lean förespråkar, leder till kostnadseffektivitet vilket väcker ett intresse för ett Lean-inspirerat arbetssätt. Samtidigt finns det ett motverkande incitament när det handlar om materialspill. Materialspillet som enbart utgör 1–3 % av ett projekts totalkostnad resulterar i att motivationen för förändringen brister, detta om man enbart är ute efter minskad mängd materialspill. Incitamentet att prioritera andra områden där ett högre kapital kan genereras blir starkare. Det som kan fastslås är att de incitament som finns för Lean är till viss del paradoxala. Effektivare processflöden, minskat materialspill och bättre kvalitet som utgör de stora vinsterna uppnås först på lång sikt, medan de finansiella kraven som implementeringen kräver bekostas på kort sikt.

Green (1999) ställer sig starkt emot den okritiserade Lean-principen. Han menar att den uppnådda effektiviteten är på bekostnad av arbetskraften. I praktiken menar han att Lean innebär ökad övervakning, kontroll och utnyttjad av arbetare. Hans citat *“Muda ska elimineras, Karoshi är priset som betalas”* belyser en risk med Lean. De effektivitetskrav som ställs kan komma att bekosta människans välbefinnande. De sociala, mänskliga och politiska kostnaderna som Green (1999) belyser är något som utelämnas av resterande litteratur. Detta är även Greens kärnargument där han menar att Lean inte saknar teknisk effekt utan att den framställda positiva bilden av arbetsfilosofin aktivt utelämnar de

mänskliga och social kostnaderna som behöver betalas. Frågan som då kan ställas är går det att förena Leans huvudfokus på spillreducering med goda arbetsvillkor? Kritiken som Green (1999) framställer kring att effektivitet uppnås på bekostnad av arbetare står strakt emot den grundprincip som Lean Construction Institute framställer i sina sex framtagna principer. Princip ett anges vara "*Respekt för människor*". I *The Toyota Way* anges även detta som en bärande princip och i TPS huset placeras människan i mitten av huset. Detta indikerar på att teoretiskt bör inte effektiviteten uppnås på bekostnad av människans välbefinnande. Den spänning som då uppstår är att de praktiska exempel som Green (1999) framställer motsäger teorin. Den slutsats som då kan tas av Greens (1999) kritiska syn på Lean är att idealbilden sällan uppnås i verkligheten.

Den tekniska effekten berörs inte av Greens (1999) kritiska syn på Lean, däremot väcker den en tanke kring materialspill. De praktiska exempel som Green (1999) framställer inkluderar att arbetare upplevt ökad kontroll, minskat välbefinnande och ökade stressnivåer. Om dessa faktorer hos arbetare ökar, vad får då det för effekter på materialspill? De åtta typerna av spill och slöseri introduceras i avsnitt 7.5, där den åttonde punkten är aktuell vid denna fråga. "*Outnyttjad kreativitet hos de anställda*" som är den åttonde slöseripunkten, handlar om att en implementering som bortser människans kunskap riskerar att inte upptäcka spillet och slöseriet. Materialsplet upptäcks och identifieras bäst av de som hanterar materialet dagligen, detta specifikt för drifttillskottet och arbetsplasttillskottet. När arbetare pressas, övervakas och utsätts för höga stressnivåer, som Green (1999) menar blir ett resultat av Lean, kan engagemangsviljan till ökad förbättring och rapportering av fel minska vilket kan ha en påverkan på mängden materialspill. Vidare kan ökade stressnivåer resultera i felhantering vilket också utgör en av orsakerna för generering av materialspill. Däremot är det viktigt att konstatera att Greens (1999) givna exempel är hämtade från bilindustrin och inte byggbranschen. Den svenska byggsektorn innehar starka fackföreningar och arbetsmiljöansvar är lagstadgad.

5.2 Lean och dess effekt på minskat klimatavtryck

Leans arbetsfilosofi grundar sig i att eliminera slöseri (muda) vilket klassificeras som en icke-värdeskapande aktivitet. Ur klimatsynpunkt utgör materialspill en särskild viktig form av slöseri. Detta då materialet redan har orsakat utsläpp vid råvaruutvinning, tillverkning och transporter. Det som skiljer materialspill mot de andra typerna av byggavfall är att materialsplet aldrig bidrar till den färdiga konstruktionen, utan de resurser som går åt för att tillverka varan går helt förlorade. Därmed är materialspill inte enbart en ekonomisk förlust utan även en direkt klimatförlust. Ur byggsektorns syn är detta särskilt viktigt. Branschen står för 37 % av de globala energi- och processrelaterade koldioxidutsläppen och i Sverige var år 2020 den största genererade avfallsmängden från byggsektorn och motsvarade 14,6 miljoner ton. Rivningsavfallet är den största delen av dessa siffror men det framgår även att materialspill utgör ca 10 % av den totala avfallsvolymen. Byggsektorns stora storlek gör därför frågan kring materialspill och dess klimatavtryck relevant.

Lean-verktygen möjliggör ett minskat klimatavtryck. Just-in-Time minimerar behovet av lagerhållning, vilket minskar risken för lagrings- och hanteringsskador. Överlager angräps direkt med JIT och förhindrar överbeställning av material vilket har en positiv inverkan på klimatavtrycket. Även 5S bidrar till att överflödigt material synliggörs och kan återanvändas i projekt. Material som annars skulle gå till spillo kan därmed användas och ett mindre klimatavtryck uppnås. Förutsägbara arbetsflöden som skapas med Last Planner System (LPS) resulterar i mindre mängd arbetsplatstillskott, även detta leder till ett bättre klimatavtryck. Med Value Stream Mapping kan bidragande faktorer till materialspill identifieras och synliggöras. Detta innebär att resurser kan allokeras där det behövs vilket kan bidra till en minskad klimatbelastning då resurser och material kan hanteras på bättre sätt. Under rätt förutsättningar kan Lean vara en kraftfull metod för att minska klimatavtrycket som byggbranschen står för. Genom att eliminera slöseri och identifiera de områden där materialspill uppstår i processkedjan kan goda resultat uppnås. Däremot är det ännu en gång viktig att nämna att Lean enbart fungerar optimalt när arbetsfilosofin genomsyrar hela organisationen, och därmed uppnås de framträdande resultaten enbart när de finns en samverkan mellan de olika metoderna och en organisation som aktiv engagerar sig i de fjorton angivna Lean-principerna.

6 Slutsats och svar på frågeställningar

Den utförda litteraturstudien visar att materialspill är ett komplext problem som inte har en enskild orsak utan grundar sig i ett samspel mellan projekterings-, planerings- och produktionsfasen. De moment i byggprocessen som framställs som de främst bidragande orsaker för generering av materialspill återfinns dels i projekteringsfasen, dels i produktionsfasen. I projekteringsfasen är bidragande faktorer designfel, otillräcklig information i ritningar, frekventa designändringar och bristande samordning mellan olika discipliner. De källor som generar materialspill i produktionsfasen är felaktig materialhantering, felaktig lagerhantering, omarbeten, transporter samt överskottslager. Utöver dessa tekniska orsaker framkommer det även att organisatoriska faktorer påverkar mängden materialspill genom hela byggprocesskedjan. Här anges faktorer som tidspress, kortsiktiga ekonomiska mål och bristande kommunikation mellan aktörer.

Resultatet visar att Lean Construction har en tydlig förmåga att minska materialspill och klimatpåverkan. Litteraturgenomgången visar enstämmigt att vid implementering av Lean Construction och dess metoder kan mindre mängd materialspill åstadkommas. Detta genom förbättrade arbetsflöden, förbättrad planering och minskad variation vid produktion. Vidare har även Lean-verktyg visat sig vara verkningsfulla. De verktyg som identifierats ha en effekt på materialspill är Last Planner System (LPS) där planeringsbrister angrips och förutsägbara arbetsflöden skapas, Justin-in-Time (JIT) som påverkar överskottslager och minskar lagringskador, samt organiseringsverktyget 5S där ordning och struktur skapas och överflödigt material synliggörs. Slutligen har även Value Stream Mapping (VSM) identifierats som ett verktyg som indirekt påverka materialspill då verktyget möjliggör identifiering och synliggöring av vart i processkedjan spill och icke-värdeskapande aktiviteter uppstår.

Materialsпилlets klimatpåverkan är särskilt viktigt. Detta eftersom materialet orsakar utsläpp vid råvaruutvinning, tillverkning och transporter men går till spillo utan att bidra till den färdiga konstruktionen vilket blir en direkt klimatbelastning. De undersökta Lean-verktygen har identifierats bidra till ett minskat klimatavtryck. JIT bidrar genom att förhindra överbeställningar och minska lagerhållningen, 5S bidrar till återanvändning av överskottsmaterial som annars glöms bort och slutligen skapar LPS förutsägbara flöden som har en inverkan på arbetsplatsstillskottet. Det har därför identifierats i studien att under rätta förutsättningar kan Lean Construction vara en kraftfull metod för att minska klimatavtrycket som byggsektorn står för.

Däremot är en central och genomgående insikt att Lean Construction inte kan implementeras som enskilda verktyg. Arbetsfilosofin kan inte reduceras till enstaka moment utan den studerade forskningen betonar starkt att arbetsmetoden måste ses som en helhetsfilosofi där det finns en samverkan mellan arbetssätt, ledarskap, utbildning, logistik samt kontinuerliga förbättringar. Därför är det viktigt att poängtera att den effekt på minskat materialspill uppnås när implementeringen sker genom hela processkedjan. Sker implementeringen med enstaka Lean-verktyg uppstår en risk där begränsade resultat uppnås.

Ledningens engagemang och stöd utgör den mest avgörande faktorn för en lyckad implementering av Lean Construction. Det har identifierats att bristande stöd och bristande medvetenhet och kunskap kring Lean Construction utgör barriärer vid implementeringen av arbetsfilosofin. Dessutom har även mellanchefernas roll identifierats som särskilt viktiga. Detta eftersom dessa chefer utgör en kommunikationslänk mellan ledningen, de högre uppsatta cheferna och de operativa delarna. Därför påverkar de aktivt hur arbetsmetoderna kommuniceras och tillämpas i praktiken. Slutligen visar litteraturstudien att utbildning på samtliga nivåer utgör en förutsättning för att motverka de motstånd som kan uppstå vid implementeringen av denna arbetsfilosofi.

De identifierade incitament som driver implementeringen av Lean Construction är främst de ekonomiska och miljömässiga. Den resurseffektiviteten som arbetsfilosofin resulterar i leder till kostnadseffektiva projekt vilket i sin tur skapar ett intresse för Lean. Däremot har även ett paradoxalt incitament påträffats. Byggsektorns materialspill utgör enbart 1–3 % av ett projekts totala kostnad. Därför brister den drivkraft som finns förändring om det uppsatta målet enbart består av minskat materialspill. De implementeringskostnader som Leans arbetsfilosofi medför bekostats på kort sikt men vinsterna uppnås på långt sikt. Detta skapar ett problem och försvårar möjligheten att arbeta utifrån ett Lean-filosofi eftersom byggbranschen innehar en projektbaserad struktur. De tillfälliga organisationerna och kortsiktiga relationerna utgör ett hinder för att uppnå de långsiktiga Lean-kulturen som krävs för att uppnå resultat.

Den slutsats som kan dras av den utförda litteraturstudien är att Lean Construction erbjuder betydande möjligheter för att minska materialspill men dess fulla potential uppnås enbart när arbetsfilosofin genomsyrar samtliga delar i byggprocessen. Lean Construction framstår inte enbart som en arbetsmetod för effektivisering av produktion utan även som ett strategiskt verktyg som möjliggör en hållbar utveckling av byggbranschen. Därför handlar inte enbart minskat materialspill om att reducera kostnader i projekt och att spara resurser utan det handlar även om att ta ansvar för omställningen mot ett hållbarare samhälle.

6.1 Förslag på framtida studier

Den utförda studien är en litteraturstudie och hade kunnat kompletterats med empiriska fallstudier. Detta hade möjliggjort utvärdering och kvantifiering av de teoretiska samband som identifierats i litteraturen. Fortsatt studie hade kunnat innefatta en kvantifiering av hur den Lean-relaterade spillreduktionen fördelar sig mellan byggprocessens olika skeden.

I byggsektorn finns det även andra relevanta verktyg som kan användas i olika processskeden. Ett av dessa är BIM. En möjlig inriktning att studera är att undersöka integrationen mellan Lean Construction och det digitala verktyget BIM och hur dessa tillsammans kan förbättra projekteringsfasen för att förebygga materialspill. Designskedet är särskilt relevant att undersöka och studera, detta för att beslut som fattas i ett tidigt skede har en stor påverkan på den genererade mängden materialspill i senare skeden.

Den kritiska synen på Leans arbetsfilosofi som framställs i arbetet kräver fortsatt studie. Det finns avsaknad forskning kring de sociala aspekterna av hållbarhet vid Lean implementering. Greens (1999) framställda kritik kring ökad kontroll och stress hos arbetare saknar en empirisk grund i byggsektorn och hade kunnat studerats på djupare nivå. Framtida studier hade kunnat innefatta undersökning kring hur arbetsmiljö och produktivitet samspelar vid implementering av Lean Construction specifik i en svensk kontext där straka fackföreningar och lagstadgat arbetsmiljöansvar finns.

7 Referenslista

Andersson.r., Hultberg.R. (2012). *Materialhantering i byggbranschen- En jämförelse mellan Just-in-Time-leveranser och lagerföring på byggarbetsplats.* [https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-](https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-9213&pid=diva2%3A547008&c=1&searchType=SIMPLE&language=sv&query=Materialhantering+i+byggbranschen-+En+j%C3%A4mf%C3%B6relse+mellan+Just-in-Time-leveranser+och+lagerf%C3%B6ring+p%C3%A5+byggarbetsplats.&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author_sort_asc&sortOrder2=title_sort_asc&onlyFullText=false&sf=all)

[9213&pid=diva2%3A547008&c=1&searchType=SIMPLE&language=sv&query=Materialhantering+i+byggbranschen-+En+j%C3%A4mf%C3%B6relse+mellan+Just-in-Time-leveranser+och+lagerf%C3%B6ring+p%C3%A5+byggarbetsplats.&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author_sort_asc&sortOrder2=title_sort_asc&onlyFullText=false&sf=all](https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-9213&pid=diva2%3A547008&c=1&searchType=SIMPLE&language=sv&query=Materialhantering+i+byggbranschen-+En+j%C3%A4mf%C3%B6relse+mellan+Just-in-Time-leveranser+och+lagerf%C3%B6ring+p%C3%A5+byggarbetsplats.&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author_sort_asc&sortOrder2=title_sort_asc&onlyFullText=false&sf=all)

Ballard, G. (2000). *The Last Planner of Production Control* https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=vJSGrkAAAJ&citation_for_view=vJSGrkAAAJ:DUooU5lO8OsC [Hämtad 2026-05-05]

Bertelsen. S (2004). *Lean Construction: Where are we and how to proceed* [Lean Construction: Where Are We and How To Proceed?](#) [Hämtad 2026-05-04]

Brandes. O, Cesar. E, Persson.J, Skogh. M & Thorsson, J. (2020) *Betydelsen av en central strategi och utbildning En fallstudie om mellanchefernas roll vid implementering av lean construction på ett svenskt entreprenadföretag* <https://odr.chalmers.se/bitstreams/f64f7eff-94d9-4d14-a75e-70dd8d9ce66d/download>

Boverket. (2025). *Miljöindikator-aktuell status* <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/> [Hämtad 2026-05-06]

Dhaka. H. N, Alnajem. M., & Bennett, N. (2012). *The role of culture and leadership in lean transformation: a review and assessment model. International Journal of Lean Thinking, volume 3.*

https://www.researchgate.net/publication/318960436_The_role_of_culture_and_leadership_in_lean_transformation_a_review_and_assessment_model

Dwan.K, Gamble.C., Williamson.P & Kirkham.J. (2013). *Systematic Review of the Empirical Evidence of Study Publication Bias and Outcome Reporting Bias- An Updated Review*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23861749/>

Formoso, C.T., Soibelman, L., De Cesare, C.M. & Isatto, E.L. (2002). *Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention* <https://scispace.com/pdf/material-waste-in-building-industry-main-causes-and-3xez4i6dgp.pdf> [Hämtad 2026-04-17]

Green, S. (1999) *The Dark Side Of Lean Construction: Exploitation And Ideology*. https://www.researchgate.net/publication/2573938_The_Dark_Side_Of_Lean_Construction_Exploitation_And_Ideology

Heravi. A & Trogen.A (2021). *Materialspill i byggproduktion: Mot ett grönare byggande tillsammans* <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1592253&dswid=-3003> [Hämtad 2026-05-06]

Hlawn Ceu.T. (2015). *Minska materialspillmängden på bygget- bostadsproduktion* <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A852916&dswid=-2586> [Hämtad 2026-05-06]

Institut för språk och folkminne. (2025). *Hållbarhet* <https://www.isof.se/svenska-spraket/facksprak-och-terminologi/termgrupper-och-organisationer/hallbarhetstermgruppen/hallbarhetstermlistan/termer/hallbarhet> [Hämtad 2026-05-06]

International Labour Organization. (2013). *Case Study: Karoshi: Death from overwork*. <https://www.ilo.org/publications/case-study-karoshi-death-overwork>

Jensen, P. (2010). *Lean i byggbranschen* <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/1691401> [Hämtad 2026-04-17]

Karaz . M., Teixeira.J., Gondim do Amaral. T. (2024). *Mitigating Making-Do Practices Using the Last Planner System and BIM: A System Dynamic Analysis* https://www.researchgate.net/publication/382612981_Mitigating_Making-Do_Practices_Using_the_Last_Planner_System_and_BIM_A_System_Dynamic_Analysis

Koskela. L (1992) *Application of the New production philosophy to construction*
[Application of the New Production Philosophy to Construction](#) [Hämtad 2026-05-04]

Koskela. L (2000) *An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction*

[An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction](#) [Hämtad 2026-05-04]

Lean Construction institute. (u.å.a). *Introduction to Just-in-time*
<https://leanconstruction.org/lean-topics/just-in-time/> [Hämtad 2026-04-17]

Lean Construction institute. (u.å.b). *An Introduction to Value Stream Mapping*
<https://leanconstruction.org/lean-topics/value-stream-mapping/> [Hämtad 2026-04-17]

Lean Construction institute . (u.å.c) *LCI Through the years* [History | Lean Construction Institute](#) [Hämtad 2026-05-04]

Lean Construction Institute. (u.å.d). *Tenets of Lean*
<https://leanconstruction.org/about/lean-tenets/> [Hämtad 2026-05-05]

Lean Construction Institute. (u.å.e). *Introduction to the Last Planner System*
<https://leanconstruction.org/lean-topics/last-planner-system/> [Hämtad 2026-05-05]

Lean Construction Institute. (u.å.f). *An introduction to Value Stream Mapping*
<https://leanconstruction.org/lean-topics/value-stream-mapping/> [Hämtad 2026-05-06]

Lean Construction Institute. (u.å.g). *An Introduction to Waste*
<https://leanconstruction.org/lean-topics/8-wastes-of-lean/>

Lean Construction Institute. (u.å.h). *An introduction to Lean 5S*
<https://leanconstruction.org/lean-topics/5s/> [Hämtad 2026-05-06]

Liker (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* [Mcgraw-Hill - The Toyota Way - 14 Management Principles From The World'S Greatest Manufacturer](#) [Hämtad 2026-05-04]

Liker, J. K. & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide For Implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill. <https://kalima13.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/04/book-lss-toyota-way.pdf>

Lindhe, N. (1996). *Effektivare materialanvändning på byggarbetsplatsen: En studie av materialspill*. <https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/40C1803D-DF47-4D00-AFFD-699F4A2A9718/FinalReport/SBUF%2003106%20Slutrapport%20Effektivare%20materialanv%C3%A4ndning%20p%C3%A5%20byggarbetsplatsen.pdf> [Hämtad 2026-05-06]

Lofjård. A. (2020). *Implementering av Lean Construction inom byggbranschen: Ett slöseri eller ett verktyg?* <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1453075>

Mahinkanda, M.M.M.P., Ochoa Paniagua, J.J., Rameezdeen, R., Chileshe, N. & Gu, N. (2023). *Design decision-making for construction waste minimisation: A systematic literature review*. Buildings <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/11/2763> [Hämtad 2026-04-17]

Moradi. S & Sormunen.P (2023) *Implementing Lean Construction: A Literature Study of Barriers, Enablers, and Implications* https://www.researchgate.net/publication/368608959_Implementing_Lean_Construction_A_Literature_Study_of_Barriers_Enablers_and_Implications [Hämtad 2026-05-16]

Nahmens. I. & Ikuma. L. (2012). *Effects of Lean Construction on Sustainability of Modular Homebuilding* [https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000054?casa_token=mTqWx-02ygAAAAA:1WrGn_rw6jWqHHvZzyLaKbKRzCLNKqxjvNIVVczdLv3tgZGQ4N3G9R8AAr05BA6IBqw1t-FPViU](https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000054?casa_token=mTqWx-02ygAAAAA:1WrGn_rw6jWqHHvZzyLaKbKRzCLNKqxjvNIVVczdLv3tgZGQ4N3G9R8AAr05BA6IBqw1t-FPViU)

Naturvårdsverket. (2025a). *Bygg- och rivningsavfall* <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avfall/avfallslag/bygg--och-rivningsavfall/> [Hämtad 2026-04-17]

Naturvårdsverket. (2025b). *Klimatet och bygg- och fastighetssektorn*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-bygg--och-fastighetssektorn/> [Hämtad 2026-05-06]

Orr. C. (2005) *Lean leadership in construction* <https://iglc.net/Papers/Details/380> [Hämtad 2026-05-16]

Olsson. P (2007) *Lean Construction i teori och praktik* <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1027895> [Hämtad 2026-05-16]

Persson. A & Sjölin.M (2014) *Uppkomst av materialspill vid nyproduktion av flerbostadshus* <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:753008> [Hämtad 2026-05-06]

Porwal, A. (2013). *Construction waste management at source: A building information modeling based system dynamics approach*. <https://open.library.ubc.ca/soa/cIRcle/collections/ubctheses/24/items/1.0074315> [Hämtad 2026-05-06]

ReLean. (2017). Just-in-Time <https://www.relean.se/just-in-time> [Hämtad 2026-05-05]

SAOB. (1938) *Materials spill* <https://svenska.se/?activeTab=saob&q=materials spill> [Hämtad 2026-04-17]

Salame, L & Valencuk, M (2016) Effektivisering av byggbranschen med avseende på materialspill <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:967410> [Hämtad 2026-04-17]

Svensson. A & Hörström. E (2016) *Gör om, gör rätt – En fallstudie av Lean Construction i svensk byggproduktion* <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/8882422>

Sundström . E. (2019). Just-in-time- En möjlighet för effektivisering i ett byggprojekt? <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1334641&dsid=-3965>

UNEP. (2025) *Global status report for buildings and construction 2024/2025* <https://wedocs.unep.org/items/cd45bf5e-f635-4b6e-a453-8de0433aef35> [Hämtad 2026-04-17]

UNEP. (2024). *Global Status Report for Buildings and Construction - Beyond foundations: Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector* <https://wedocs.unep.org/rest/api/core/bitstreams/75c570dd-e011-4bfd-a8a0-2bdef38c0599/content> [Hämtad 2026-05-06]

UNDP. (2017). *Vad betyder hållbar utveckling?* <https://globalamalen.se/fragor-och-svar/vad-betyder-hallbar-utveckling/> [Hämtad 2026-05-06]

Wahi, N., Joseph, C., Tawie, R. & Ikau, R. (2016). *Critical review on construction waste control practices: Legislative and waste management perspective*. Procedia – Social and Behavioral Sciences. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042816305614> [Hämtad 2026-04-17]

WWF. (2026). *Klimatpåverkan* <https://www.wwf.se/ordlista/klimatpaverkan/> [Hämtad 2026-05-06]

Yamauchi.T., Sasaki. T., Takahashi. K., Umezaki. S., Takahashi. M., Yoshikawa. T., Suka. M., Yanagisawa. H. *Long working hours, sleep-related problems, and near-misses/injuries in industrial settings using a nationally representative sample of workers in Japan* <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0219657>

Böcker

Liker, L (2009) *The Toyota Way- Lean för världsklass*. Upplaga 1, Malmö: Liber. ISBN 978-91-47-08902-4

Säfstén.K., Gustavsson. M. (2019). *Forskningsmetodik för ingenjörer och andra problemlösare*. Upplaga 1:1, Lund: Studentlitteratur. ISBN: 978-91-44-06742-1

Womack & Jones. (1996) *Lean thinking* [Hämtad 2026-05-04]