PLANs Forsknings- och Tillämpningskonferens 2026

Artiklar från konferensen på KTH

Stockholm 13-14 oktober 2026

Transportera luft eller avfall? Logistiska målkonflikter mellan plan- och volymelement inom industriellt byggande

Jarkko Erikshammar[1] och Jacob Asplund[1]

1. Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå, 0920–491860
jarkko.erikshammar@ltu.se; jacasp-0@student.ltu.se

SAMMANFATTNING

Bygg- och fastighetssektorn står för en betydande andel av Sveriges klimatpåverkan, där transporter utgör en växande men ofta underskattad utsläppskälla. Samtidigt ökar användningen av industriellt byggande och prefabricerade byggsystem, vilket förändrar förutsättningarna för projektbaserad produktionslogistik och skapar behov av fördjupad kunskap. Även om industriellt byggande i många situationer har visat sig vara mer effektivt än traditionellt platsbyggande, pågår det fortfarande omfattande diskussioner kring valet av produktionsstrategi och andelen värdeskapande aktiviteter i husfabrik kontra byggarbetsplats. Inom bygg finns det sedan tidigare kända logistiska utmaningar, kopplade till byggkomponenternas storlek, färdigställandegrad och transportkaraktär, som skiljer sig för traditionell tillverkning. En central målkonflikt uppstår mellan färdigställandegrad och transporteffektivitet. Där volymelement å ena sidan reducerar arbete och spill på byggarbetsplatsen, men samtidigt genererar skrymmande transporter. Planelement å andra sidan möjliggör hög fyllnadsgrad och effektiv samlastning, men kräver fler material- och avfallsflöden till, på och från byggarbetsplatsen. Forskning inom byggkontext tenderar att behandla inkommande materialflöden och utgående avfallsflöden som separata processer, vilket riskerar att skapa suboptimeringar i projektbaserade försörjningskedjor. Det finns därmed ett behov av en systemorienterad analys som kan fånga samspelet mellan färdigställandegrad och transporteffektivitet inom industriellt byggande. Syftet med studien är att undersöka hur byggtransporter skiljer sig mellan plan- och volymelement. Studien bygger på en deduktiv forskningsansats där litteraturstudier kombineras med semistrukturerade intervjuer med branschaktörer. Initialt utvecklas en konceptuell systemkarta över logistiska flöden, vilket därefter operationaliseras i en beräkningsmodell för analys av fyllnadsgrad, trafikarbete, transportarbete och klimatpåverkan. Analysen indikerar att de två produktionsstrategierna ger upphov till olika former av logistisk ineffektivitet och att ineffektivitet snarare kan förskjutas mellan olika delar av försörjningskedjan än helt elimineras. Analysen indikerar att komponenternas storlek och geometri har betydande påverkan på kapacitetsutnyttjandet och behovet av specialiserade transportlösningar. Det praktiska bidraget utgörs av en analysmodell som kan användas som beslutsstöd i tidiga skeden för att analysera och jämföra effekter på försörjningskedjan av olika byggsystem och produktionsstrategier för industriellt byggande. Studien bidrar också med en empirisk beskrivning av materialflöden och deras förhållande inom konstruera-mot-order (Engineer-to-order) system. Studiens teoretiska bidrag ligger i att bredda det traditionella bygglogistikperspektivet genom att integrera inkommande materialflöden och utgående avfallsflöden i ett gemensamt systemperspektiv på projektbaserad produktionslogistik. Studien bidrar därmed till utvecklingen av robusta och hållbara försörjningskedjor genom att synliggöra hur produktionslogistik kan fungera som möjliggörare för mer resilient och resurseffektiv byggprocess i turbulenta tider.

1 INTRODUKTION

Bygg- och fastighetssektorn står för ungefär en femtedel av Sveriges totala växthusgasutsläpp (Boverket, 2025), där transporter utgör en betydande men ofta underskattad del av klimatpåverkan. Samtidigt ökar användningen av industriellt byggande och prefabricerade byggsystem, vilket förändrar förutsättningarna för projektbaserad produktionslogistik. Logistik handlar i detta sammanhang om att planera och styra fysiska materialflöden samt tillhörande resurs-, informations- och monetära flöden (Björklund, 2018). När en större andel av byggproduktionen flyttas från byggarbetsplatsen till fabrik förändras inte bara var värdeskapandet sker, utan även hur material och byggkomponenter behöver transporteras och hur de logistiska flödena behöver planeras och styras på byggarbetsplatsen.

Industriellt byggande bygger på standardiserade och repeterbara processer där en strategisk andel av värdeskapandet sker i en kontrollerad fabriksmiljö (Erikshammar et al., 2013). Prefabricering kan därigenom bidra till kortare byggtider, jämnare kvalitet och en säkrare arbetsmiljö (Wu et al., 2021). Även om industriellt byggande i många situationer har visat sig vara effektivare än traditionellt platsbyggande (Stehn & Jimenez, 2024), kvarstår diskussionen om valet av produktionsstrategi och, mer specifikt, hur stor andel av de värdeskapande aktiviteterna som bör genomföras i fabrik respektive på byggarbetsplatsen. Detta är inte enbart en produktionsteknisk fråga. Förflyttningen av aktiviteter mellan fabrik och byggarbetsplats förändrar även materialflödena och därmed förutsättningarna för produktionslogistiken.

Till skillnad från traditionell tillverkning kännetecknas byggandet av projektbaserade och i hög grad kundanpassade produktionssystem, där produkter och försörjningskedjor delvis konfigureras för det enskilda projektet. Ur ett Engineer-to-Order (ETO) perspektiv innebär detta att produktions- och logistiklösningar koordineras mot projektspecifika förutsättningar. Inom byggandet finns sedan tidigare kända logistiska utmaningar kopplade till bland annat byggkomponenternas storlek, färdigställandegrad och transportkaraktär. Transport av prefabricerade byggkomponenter påverkas även av dimensioner och viktfördelning (Almashaqbeh och El-Rayes, 2022).

Detta skapar en målkonflikt mellan färdigställandegrad och transporteffektivitet. Inom industriellt byggande representerar plan- och volymelement två produktionsstrategier som tydliggör denna målkonflikt. Planelement kan packas relativt tätt, vilket möjliggör hög fyllnadsgrad och goda förutsättningar för samlastning. Samtidigt innebär färdigställandegraden att arbete genomförs på byggarbetsplatsen, vilket kan generera andra materialflöden. Volymelement har däremot en hög färdigställandegrad och kan reducera såväl arbete som materialspill på byggarbetsplatsen (Lopez och Froese, 2016). Samtidigt innebär komponenternas utformning att en betydande mängd innesluten luft transporteras (Rojas-Herrera et al., 2025). Stora komponenter ökar även behovet av specialtransporter (Peiris et al., 2022).

Produktionsstrategierna skapar därmed olika logistiska förutsättningar snarare än att den ena nödvändigtvis eliminerar den andras ineffektivitet. En högre färdigställandegrad kan reducera materialhantering, arbete och avfall på byggarbetsplatsen, men samtidigt försämra transporteffektiviteten. En lägre färdigställandegrad kan omvänt möjliggöra ett effektivare kapacitetsutnyttjande under transporten, men generera fler material- och avfallsflöden till, från och på byggarbetsplatsen.

Problemet är att dessa flöden ofta analyseras separat. Forskning inom bygglogistik tenderar att fokusera på inkommande materialförsörjning, medan avfall och andra utgående flöden behandlas inom separata forskningsområden. Ett sådant fragmenterat perspektiv riskerar att leda till suboptimering i den projektbaserade försörjningskedjan. En produktionsstrategi kan exempelvis framstå som effektiv när enbart fyllnadsgrad och inkommande transporter analyseras, men mindre effektiv när även kompletterande materialflöden, avfall och returflöden inkluderas. På motsvarande sätt kan en hög färdigställandegrad framstå som resurseffektiv på byggarbetsplatsen samtidigt som ineffektiviteten förskjuts till transportledet.

Trots att de logistiska egenskaperna hos plan- och volymelement är relativt väl kända saknas därför en samlad förståelse för hur valet av strategi påverkar transporteffektiviteten och hur logistisk ineffektivitet förskjuts mellan olika delar av den projektbaserade försörjningskedjan. För att undvika suboptimering behöver inkommande materialtransporter och utgående avfallsflöden betraktas som delar av samma produktionslogistiska system. Det finns därmed behov av en systemorienterad analys som kan fånga samspelet mellan färdigställandegrad, komponentstorlek, transporteffektivitet och cirkulära flöden inom industriellt byggande.

1.1 Syfte

Mot denna bakgrund är syftet med studien att undersöka hur byggtransporter skiljer sig mellan plan- och volymelement inom industriellt byggande ur ett systemperspektiv. Genom att inkludera såväl inkommande transporter som utgående avfallsflöden avser studien att öka förståelsen för hur valet av produktionsstrategi påverkar den projektbaserade produktionslogistiken.

Forskningsfrågor

1. Hur skiljer sig inkommande materialtransporter och utgående avfallsflöden mellan plan-respektive volymelement?
2. Hur kan skillnader i logistisk effektivitet mellan plan- och volymelement analyseras genom fyllnadsgrad, trafikarbete, transportarbete och klimatpåverkan?
3. Hur kan ett systemorienterat beräkningsverktyg användas för att analysera och stödja valet av produktionsstrategi inom industriellt byggande?

2 LITERATURÖVERSIKT

2.1 Projektbaserad bygglogistik och systemsyn

Logistik inom byggsektorn omfattar planering och koordinering av material-, resurs- och informationsflöden mellan försörjningskedjans aktörer. Inom Construction Supply Chain Management (*Sv. Bygglogistik*) betonas integrationen mellan dessa aktörer och aktiviteter för att skapa ett sammanhängande flöde från leverantör till byggarbetsplats (Behera et al., 2015). Byggandet skiljer sig samtidigt från traditionell tillverkning genom sin projektbaserade karaktär, där temporära organisationer etableras kring en produkt som uppförs på en specifik plats (Oskarsson et al., 2013). Detta skapar fragmenterade försörjningskedjor och en risk för att enskilda aktörer eller aktiviteter optimeras på bekostnad av systemets samlade prestation (Briscoe och Dainty, 2005).

Ett systemperspektiv innebär därför att logistisk effektivitet inte enbart kan bedömas utifrån enskilda transporter eller aktiviteter, utan behöver analyseras utifrån hur förändringar i en del

av försörjningskedjan påverkar andra delar (Björklund, 2018). Lundesjö (2015) framhåller på motsvarande sätt att bygglogistik syftar till att koordinera flöden över organisatoriska gränser och därigenom minska slöseri i gränssnitten mellan aktörer. Detta är särskilt relevant inom byggandet, där produktionsbeslut kan reducera resursanvändningen i en del av systemet samtidigt som transportbehov eller andra logistiska aktiviteter ökar i en annan.

Systemgränsen är även central ur ett hållbarhetsperspektiv. Grön logistik innebär att traditionella logistiska prestationsmål kompletteras med miljö- och resurseffektivitet (McKinnon et al., 2015). Ett sådant perspektiv omfattar inte enbart inkommande materialflöden utan även retur- och avfallsflöden (Björklund, 2018). För bygglogistiken innebär detta att transporteffektivitet behöver relateras till såväl materialförsörjningen till projektet som de flöden som lämnar byggarbetsplatsen. En avgränsning till enbart inkommande transporter riskerar därmed att dölja hur logistisk ineffektivitet förskjuts mellan olika delar av försörjningskedjan.

2.2 Industriellt byggande och färdigställandegrad

Industriellt byggande bygger på standardiserade processer och en förflyttning av värdeskapande aktiviteter från byggarbetsplatsen till en mer kontrollerad fabriksmiljö (Erikshammar, 2013). Vrijhoef och Koskela (2000) beskriver denna förflyttning som ett sätt att reducera den osäkerhet som kännetecknar platsbaserad produktion. Fabriksmiljön skapar samtidigt bättre förutsättningar för materialstyrning, standardisering samt hantering av spill (Tam et al., 2007).

Planelement och volymelement representerar olika färdigställandegrader och därmed skilda logistiska förutsättningar. Planelement är tvådimensionella komponenter som möjliggör tät packning och högt kapacitetsutnyttjande, vilket innebär att transporten främst blir viktbegränsad (Gibb, 1999; Kamali och Hewage, 2016; Lidelöw et al., 2015). Den lägre färdigställandegraden medför samtidigt fler aktiviteter och kompletterande materialflöden på byggarbetsplatsen. Volymelement är enheter med högre färdigställandegrad, vilket reducerar aktiviteter på byggarbetsplatsen, men deras storlek och geometri kan samtidigt kräva specialtransporter (Lawson et al., 2014; Erikshammar och Persson, 2024; Wuni och Shen, 2020).

Detta innebär en principiell målkonflikt mellan färdigställandegrad och transporteffektivitet. Wang och Sinha (2021) visar att en ökad prefabriceringsgrad inte nödvändigtvis leder till lägre klimat- och energipåverkan, eftersom vinster i produktionen kan motverkas av ökade transportbehov. Eštoková et al. (2023) visar på motsvarande sätt att transportavståndet får ökad betydelse för prefabricerade system. Logistiken utgör därmed en mekanism genom vilken produktionsstrategins fördelar och nackdelar fördelas mellan fabrik, transport och byggarbetsplats.

2.3 Material- och avfallsflöden i industriellt byggande

Skillnaderna mellan produktionsstrategierna omfattar inte enbart transporten av de huvudsakliga byggkomponenterna. När aktiviteter förflyttas mellan byggarbetsplats och fabrik förändras även kompletterande material-, emballage- och avfallsflöden. Industriellt byggande kan genom en kontrollerad fabriksmiljö reducera materialspill och förbättra möjligheterna till sortering och återvinning (Tam et al., 2007).

Ur ett systemperspektiv innebär detta att inkommande och utgående flöden behöver analyseras tillsammans. En produktionsstrategi med hög transporteffektivitet för huvudkomponenterna kan samtidigt generera fler kompletterande leveranser och större avfallsflöden på byggarbetsplatsen. Omvänt kan en hög färdigställandegrad reducera dessa flöden men kräva fler eller mer resurskrävande transporter av själva byggkomponenterna. Den logistiska ineffektiviteten behöver därför inte elimineras genom ökad industrialisering, utan kan i stället förskjutas mellan olika delar av produktionssystemet.

Detta har även betydelse för hur klimatpåverkan av bygglogistik avgränsas. Inom livscykelanalys behandlas transport av byggprodukter till byggarbetsplatsen huvudsakligen inom modul A4, medan delar av spill- och avfallshanteringen återfinns i andra livscykelmoduler (Boverket, 2024a). En sådan uppdelning är relevant för klimatredovisning men riskerar att fragmentera analysen ur ett produktionslogistiskt perspektiv. För jämförelser mellan olika produktionsstrategier behöver därför systemgränsen utformas så att förändringar i både inkommande och utgående flöden kan synliggöras.

2.4 Operationalisering av logistisk effektivitet

För att jämföra produktionsstrategier behöver logistisk effektivitet operationaliseras genom flera kompletterande nyckeltal. Transportarbete uttrycks i tonkilometer och beskriver mängden transporterat gods i relation till transportsträckan (Björklund, 2018). Måttet synliggör godsförflyttningen men har begränsningar för volymgods, eftersom ett lätt men skrymmande gods kan ge ett lågt transportarbete trots att hela fordonets kapacitet tas i anspråk. Tomma returtransporter synliggörs inte heller genom transportarbetet.

Trafikarbete, uttryckt i fordonskilometer, beskriver i stället den sammanlagda fordonsrörelsen och inkluderar därmed transportens faktiska användning av transportsystemet (Björklund, 2018). Detta är särskilt relevant för volymelement, eftersom komponenternas storlek kan innebära att fler fordon krävs för att transportera en given mängd byggkomponenter. Trafikarbete tar däremot inte hänsyn till mängden gods eller fordonets kapacitetsutnyttjande.

Fyllnadsgrad kompletterar dessa mått genom att beskriva hur stor andel av fordonets kapacitet som utnyttjas (Santén, 2017). Fyllnadsgraden kan baseras på vikt, volym eller yta beroende på vilken faktor som begränsar transporten (Björklund, 2018). Distinktionen är central vid jämförelse mellan plan- och volymelement. Planelement kan i högre grad vara viktbegränsade, medan volymelement typiskt är volymbegränsade. En transport kan därför ha hög volymfyllnadsgrad samtidigt som viktkapaciteten utnyttjas i begränsad omfattning.

Inget av dessa nyckeltal ger således ensamt en tillräcklig bild av logistisk effektivitet. Ett ensidigt fokus på fyllnadsgrad kan exempelvis dölja skillnader i antal transporter, medan transportarbete kan underskatta resursanvändningen för volymbegränsat gods (Wehner, 2023). I denna studie betraktas därför fyllnadsgrad, trafikarbete, transportarbete och klimatpåverkan som komplementära mått. Tillsammans möjliggör de en systemorienterad analys av hur komponentstorlek och färdigställandegrad påverkar transporteffektiviteten och hur logistisk ineffektivitet fördelas mellan olika produktionsstrategier inom industriellt byggande.

3 METOD

3.1 Forskningsdesign

Studien genomfördes som en modellutvecklande studie med deduktiv utgångspunkt. Modellutvecklingen kombinerade litteraturbaserad konceptualisering med kvalitativa expertintervjuer för systemkartläggning och validering. Intervjuerna hade två huvudsakliga funktioner: dels att bidra med empirisk kunskap för att identifiera, avgränsa och strukturera de logistiska flöden som inkluderades i systemkartan, dels att validera systemkartan och den efterföljande beräkningsmodellen mot praktiska förhållanden inom industriellt byggande.

Forskningsprocessen genomfördes iterativt i fyra huvudsakliga steg. Först identifierades relevanta logistiska flöden, systemgränser och nyckeltal genom litteraturstudien. Därefter utvecklades en systemkarta som granskades och reviderades med stöd av intervjuerna. I ett tredje steg operationaliserades systemkartan i en beräkningsmodell. Slutligen validerades modellens struktur och antaganden genom förnyad återkoppling från branschexperterna. På detta sätt kombinerades teoretiskt härledda begrepp och mått med empirisk kunskap om de faktiska logistiska förutsättningarna.

3.2 Litteraturstudie

Litteraturstudien genomfördes för att etablera den teoretiska referensramen, definiera systemgränser och identifiera relevanta mått för jämförelse av logistisk effektivitet. Sökningar genomfördes i Google Scholar och databaser tillgängliga via Luleå tekniska universitetsbibliotek. Centrala sökbegrepp var *Construction Supply Chain Management*, *modular construction*, *off-site construction*, *construction transportation*, *fill rate* och *carbon emissions*. Nyare vetenskapliga publikationer prioriterades, medan äldre publikationer inkluderades när de representerade etablerade teoretiska utgångspunkter.

Materialet kompletterades med myndighets- och branschrapporter, framför allt för transportstatistik, klimatdata och regelverk. Litteraturstudien användes även för att identifiera de logistiska nyckeltal som senare operationaliserades i beräkningsmodellen: fyllnadsgrad, trafikarbete, transportarbete och klimatpåverkan.

3.3 Intervjuer och utveckling av systemkartan

Systemet avgränsades till den logistiska kedjan från inkommande materialtransporter till fabrik, via transport av färdiga byggkomponenter till byggarbetsplatsen, till utgående avfallsflöden från byggarbetsplatsen. Samma principiella systemgränser användes för plan- och volymelement för att möjliggöra jämförelse mellan produktionsstrategierna.

Utifrån litteraturstudien utvecklades initialt en preliminär systemkarta över identifierade noder och materialflöden. Systemkartan användes därefter som utgångspunkt för fyra semistrukturerade expertintervjuer. Respondenterna (Tabell 1) representerade olika delar av industriellt byggande: bygg- och projektledning, tillverkning av planelement, tillverkning av volymelement samt rådgivning och akademi. Urvalet syftade till att fånga olika perspektiv på materialflöden och de praktiska förutsättningarna för respektive produktionsstrategi.

Tabell 1: Respondenter

Benämning	Roll	Organisationstyp	Tid (min)
R1	Projekteringsledare	Konsult	61
R2	VD	Entreprenör	18
R3	Rådgivare/Adjungerad Professor	Akademi	38
R4	Ansvarig Byggsystem	Entreprenör	15

Intervjuerna genomfördes digitalt via Microsoft Teams och varade mellan 15 och 61 minuter. I stället för ett strikt frågeformulär användes den preliminära systemkartan som ett gemensamt diskussionsunderlag. Respondenterna ombads att utifrån sin erfarenhet bedöma de identifierade flödena, identifiera saknade eller felaktiga samband samt diskutera flödenas relativa storlek och logistiska karaktär.

Återkopplingen användes iterativt för att revidera systemkartan och korrigera teoretiskt härledda antaganden som inte överensstämde med praktiken. Den reviderade systemkartan återfördes därefter till respondenterna för en andra granskning, vilken genomfördes genom digitala möten och e-post. Detta steg fungerade som en empirisk validering innan systemkartan fastställdes och operationaliserades i beräkningsmodellen.

3.4 Utveckling av beräkningsmodellen

Den validerade systemkartan utgjorde strukturen för den beräkningsmodell som utvecklades i Microsoft Excel. Modellen konstruerades för att kvantifiera och jämföra de logistiska konsekvenserna av plan- respektive volymelement. Den består av tre principiella delar: indata, beräkningslogik och utdata. Indata omfattar material- och avfallsmängder, transportavstånd, antal sändningar, fordonskapacitet och dimensioner samt drivmedelsrelaterade parametrar. Modellen använder projektspecifika och justerbara parametrar för att möjliggöra jämförelser mellan olika produktions- och transportscenarier.

Beräkningsmodellen operationaliserar logistisk effektivitet genom fyllnadsgrad, trafikarbete, transportarbete och klimatpåverkan. Eftersom plan- och volymelement har olika fysiska egenskaper beräknas fyllnadsgrad utifrån både vikt och volym. Detta är särskilt betydelsefullt för volymelement, där fordonets volymkapacitet kan vara fullt utnyttjad samtidigt som viktkapaciteten endast utnyttjas i begränsad omfattning. Kombinationen av flera nyckeltal används för att undvika att en enskild indikator ger en missvisande bild av systemets logistiska effektivitet.

Valideringen genomfördes som en integrerad del av modellutvecklingen. Expertgranskningen användes för att bedöma systemkartans och modellstrukturens innehållsmässiga relevans och rimlighet i förhållande till praktiska förhållanden inom industriellt byggande. (Almanasreh et al., 2019).

Modellen bygger dessutom på transparenta och justerbara variabler snarare än fasta projektspecifika värden, vilket möjliggör tillämpning på olika scenarier. Modellen ska dock förstås som ett analytiskt beslutsstöd snarare än som en prediktiv modell. Resultatens tillförlitlighet är beroende av kvaliteten på den projektspecifika indata som används.

4 RESULTAT

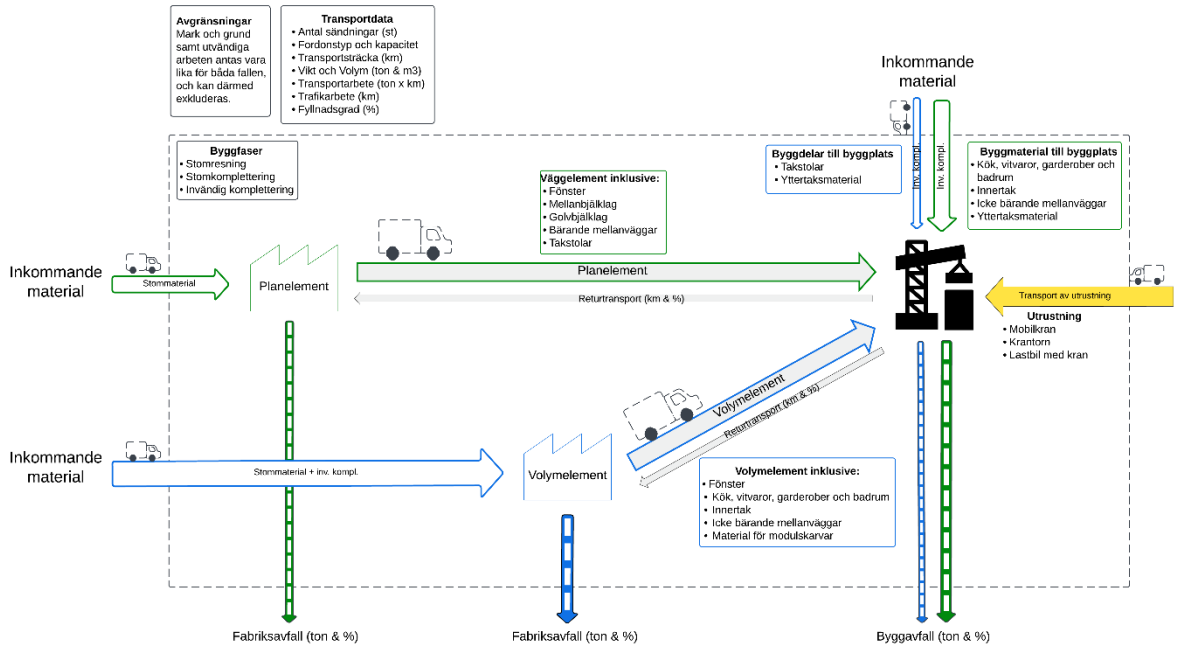
Resultatet består av två delar. Den första delen redovisar den empiriskt validerade systemkartläggningen och de identifierade skillnaderna i logistiska flöden mellan plan- och volymelement. Den andra delen presenterar den beräkningsmodell som utvecklats för att operationalisera systemkartan och möjliggöra jämförelser av produktionsstrategiernas logistiska konsekvenser.

4.1 Logistiska flöden för plan- och volymelement

Systemkartläggningen visar att plan- och volymelement ger upphov till olika strukturer för material- och transportflöden mellan fabrik och byggarbetsplats (Se Figur 1).

Transportförutsättningar och kapacitetsutnyttjande

Intervjuerna visar två principiellt olika transportlogiker. För volymelement styrs kapacitetsutnyttjandet huvudsakligen av komponentens yttre dimensioner i relation till fordonets tillgängliga lastutrymme. Respondenterna (R1-R4) beskrev detta som ett geometriskt relativt låst transportupplägg, där möjligheten att öka fyllnadsgraden genom konventionell lastoptimering är begränsad. Samtidigt framkom att det i vissa fall är möjligt att utnyttja utrymmet inuti volymelementen för transport av kompletterande material.



Figur 1: Systemkarta över material- och avfallsflöden för plan- respektive volymelement.

För planelement är transportförutsättningarna mer flexibla. Elementen kan staplas och transporten begränsas därför i högre grad av vikt, staplingshöjd och lastbärarens dimensioner. Resultaten visar även att färdigställandegraden inom kategorin planelement påverkar transportegenskaperna. Ett mindre färdigställt, kompakt element har andra logistiska egenskaper än exempelvis ett förisolerat väggelement med större fysisk volym.

En ytterligare skillnad är möjligheten till samlastning. Planelement kan i större utsträckning hanteras som partigods och samlastas med annat gods, medan större volymelement oftare kräver dedikerade transporter. En respondent (R2) beskrev denna skillnad enligt följande:

”*Vårt gods kan samlastas med annat gods. Man kan boka flakmeter eller parti, så att andra kan ställa sitt gods ovanpå våra element. Det gör att man kan utnyttja lastbilens kapacitet bättre*.”

Inkommande material- och utgående avfallsflöden

Skillnaderna mellan produktionsstrategierna omfattar även kompletterande flöden. För planelement kvarstår en större andel av produktionsaktiviteterna på byggarbetsplatsen. Respondenterna identifierade därför kompletterande leveranser av exempelvis innerväggar, köks- och badrumsinredning samt vitvaror som betydelsefulla flöden. En respondent (R3) beskrev detta som:

”…kompletteringsflödet för planelement är betydande. Kök, badrumsinredning, vitvaror och innerväggar måste transporteras separat till byggarbetsplatsen, vilket driver antalet sändningar.”

Intervjuerna visar samtidigt att omfattningen är projektspecifik. Kompletterande material kan i vissa fall transporteras via fabriken och samlastas med planelementen, vilket reducerar behovet av separata leveranser. Resultaten indikerar således att produktionsstrategin skapar olika logistiska grundförutsättningar, samtidigt som det faktiska utfallet påverkas av hur försörjningskedjan organiseras. Samtidigt identifierades vissa materialflöden som ligger utanför själva volymelementet. Exempelvis levereras takstolar i det studerade systemet direkt till byggarbetsplatsen snarare än via volymelementfabriken.

Systemkartläggningen inkluderar även utgående flöden av emballage och byggavfall, samt inkommande utrustning och maskiner. Dessa flöden skiljer sig mellan produktionsstrategierna eftersom en större andel av materialbearbetningen sker på byggarbetsplatsen vid lägre färdigställandegrad och kräver annan typ av utrustning för montering.

4.2 Datatillgång och parametrisering

Intervjuerna identifierade datatillgång som en central förutsättning för att kvantifiera de kartlagda flödena. Framför allt framkom en skillnad mellan ekonomiska transportdata och uppgifter om de faktiska fysiska flödena. Transporter kan exempelvis faktureras utifrån flakmeter eller schablonvikter, vilket innebär att fakturerad vikt inte nödvändigtvis motsvarar faktisk transporterad vikt. En respondent (R2) beskrev utmaningen så här:

”*De vikter som står i listorna är inte de verkliga vikterna, utan de fakturerade vikterna vi betalar för. […] Det är jätteviktigt att skilja på verkliga ton och fakturerade ton.*”

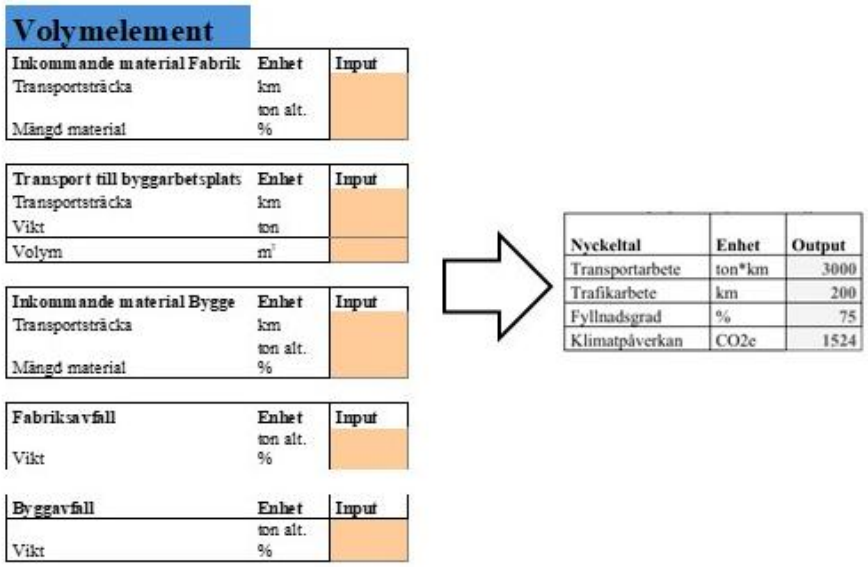
Intervjuerna visade också att information om faktisk vikt, volym och fyllnadsgrad inte alltid lagras strukturerat. Mot denna bakgrund identifierades antal sändningar, transportsträcka, fordonstyp, faktisk vikt och faktisk volym som centrala parametrar för modellen. För att möjliggöra jämförelser mellan produktionsstrategierna behöver modellen således skilja mellan köpt transportkapacitet och faktiskt kapacitetsutnyttjande.

4.3 Beräkningsmodell

Den validerade systemkartan operationaliserades sedan i en beräkningsmodell strukturerad i tre delar: indata, beräkningslogik och utdata enligt figur 2.

Indata omfattar projektspecifika uppgifter om byggnad och materialflöden, transportsträckor, antal sändningar, fordonskapacitet och drivmedel samt mängden genererat fabriks- och byggavfall. För volymelement inkluderas både vikt och volym eftersom transporten kan vara volymbegränsad långt innan fordonets maximala viktkapacitet har uppnåtts. Materialmängder kan anges som absoluta värden eller som andel av projektets totala materialmängd, vilket möjliggör användning även i tidiga projektskeden.

Beräkningslogiken omsätter dessa flöden till fyra huvudsakliga logistiska nyckeltal: transportarbete (tonkilometer), trafikarbete (fordonskilometer), fyllnadsgrad baserad på vikt och volym samt klimatpåverkan (CO_2e). Nyckeltalen beräknas både för enskilda flöden och för det samlade systemet. Kombinationen av vikt- och volymbaserad fyllnadsgrad gör det möjligt att särskilja viktbegränsade och volymbegränsade transporter.



Figur 2: Beräkningsmodellens principiella struktur: Indata → Beräkningslogik → Utdata.

Modellen möjliggör även scenarioanalyser genom att centrala parametrar kan varieras. Transportavstånd, komponentstorlek, fyllnadsgrad, antal sändningar och avfallsmängder kan därmed förändras för att analysera hur olika projekt- och logistikförutsättningar påverkar de beräknade nyckeltalen. Modellen operationaliserar på detta sätt den systemorienterade jämförelsen mellan plan- och volymelement och skapar ett kvantitativt underlag för analys av olika produktionsstrategier.

5 DISKUSSION

5.1 Färdigställandegrad och förskjutning av logistisk ineffektivitet

Studiens resultat visar att valet mellan plan- och volymelement inte enbart är ett val mellan två byggsystem, utan mellan produktionsstrategier som fördelar aktiviteter och logistiska flöden på olika sätt mellan fabrik, transport och byggarbetsplats. Detta kräver ett systemorienterat perspektiv på bygglogistik, där effektivitet behöver analyseras utifrån försörjningskedjans samlade prestation snarare än genom optimering av enskilda aktiviteter (Björklund, 2018).

Den centrala skillnaden kan relateras till byggsystemens färdigställandegrad. Volymelement innebär att en större andel av värdeskapandet sker i fabrik, vilket reducerar behovet av kompletterande aktiviteter, materialhantering och spill på byggarbetsplatsen. Detta ligger i linje med Vrijhoef och Koskelas (2000) argument att aktiviteter kan flyttas från den mer osäkra byggarbetsplatsen till en kontrollerad produktionsmiljö. Samtidigt visar resultaten att denna förflyttning har en logistisk konsekvens: när färdigställandegraden ökar övergår transporter från att i huvudsak vara viktbegränsad till att bli volymbegränsad.

För volymelement styrs kapacitetsutnyttjandet därför i stor utsträckning av modulens geometri i relation till fordonets dimensioner. Den inneslutna ”luften” är samtidigt en del av produktens funktionella utformning och kan inte reduceras genom traditionell lastoptimering. Ur ett snävt transportperspektiv innebär detta ett ineffektivt utnyttjande av fordonets viktkapacitet. Ur ett produktionsperspektiv representerar samma volym emellertid en högre färdigställandegrad och därmed värdeskapande aktiviteter som redan genomförts i fabrik. Resultatet nyanserar därmed föreställningen om transporterad luft som entydigt logistiskt slöseri. Vad som framstår som ineffektivitet i transportledet kan samtidigt möjliggöra effektivisering i produktionsledet.

Planelement uppvisar den motsatta logiken. Deras geometri möjliggör tätare packning, stapling och i större utsträckning samlastning med annat gods. Detta skapar förutsättningar för högre kapacitetsutnyttjande och överensstämmer med Björklunds (2018) argument om samlastning som ett sätt att förbättra transporteffektiviteten. Den lägre färdigställandegraden innebär emellertid att fler aktiviteter kvarstår på byggarbetsplatsen. Därmed tillkommer kompletterande materialflöden, emballage och byggspill som i sin tur genererar hantering och utgående avfallsflöden.

Den samlade analysen indikerar därmed att logistisk ineffektivitet inte nödvändigtvis elimineras genom valet av produktionsstrategi, utan kan förskjutas mellan fabrik, transport och byggarbetsplats. En optimering av transporten av huvudkomponenten kan skapa ytterligare aktiviteter och flöden på byggarbetsplatsen, medan en högre färdigställandegrad kan reducera dessa flöden men samtidigt försämra transporteffektiviteten. Detta förklarar varför en analys som enbart omfattar transporten från fabrik till byggarbetsplats riskerar att leda till suboptimering.

5.2 Komponentstorlek som logistisk begränsning

Resultaten visar vidare att komponentstorleken är central för att förstå skillnaderna mellan produktionsstrategierna. Planelement kan i högre grad hanteras som konventionellt gods där kapaciteten begränsas av vikt och staplingshöjd. Volymelement begränsas däremot huvudsakligen av bredd, höjd och längd. Detta kan medföra behov av dedikerade transporter,

begränsade ruttval och specialtransporter, vilket överensstämmer med Lawson et al. (2014) och Wuni och Shen (2020).

Komponentstorleken påverkar därmed inte enbart fyllnadsgraden utan även försörjningskedjans flexibilitet. Möjligheten att samlasta, använda alternativa transportörer och förändra transportupplägg minskar när godset kräver specialiserade transportlösningar. För volymelement innebär detta dessutom att tomma returtransporter kan bli strukturellt svåra att undvika. Det illustrerar begränsningen med att använda enskilda logistiska nyckeltal. En transport kan vara fullt utnyttjad volymmässigt men samtidigt ha låg viktfyllnadsgrad och generera ett omfattande trafikarbete.

Transportavståndet förstärker denna målkonflikt. Eštoková et al. (2023) visar att transporternas relativa miljöpåverkan ökar med avståndet och därmed kan reducera de miljömässiga vinster som uppnåtts genom fabriksbaserad produktion. En hög färdigställandegrad kan därför inte betraktas som logistiskt effektiv oberoende av den geografiska strukturen i försörjningskedjan. Färdigställandegrad, komponentstorlek, transportavstånd och kapacitetsutnyttjande behöver analyseras som ömsesidigt beroende parametrar.

5.3 Ett systemperspektiv på inkommande och utgående flöden

En central implikation är behovet av att integrera inkommande materialflöden och utgående avfallsflöden i samma analys. Inom traditionell bygglogistik ligger fokus ofta på att säkerställa materialförsörjningen till byggarbetsplatsen, medan avfall och returflöden behandlas separat. Resultaten visar att denna uppdelning blir problematisk vid design av försörjningskedjan.

För planelement kan en effektiv transport av huvudkomponenten exempelvis kombineras med större behov av emballage, kompletterande material och avfallshantering på byggarbetsplatsen. För volymelement koncentreras i stället en större del av materialhanteringen till fabriken, där förutsättningarna för sortering och återvinning generellt är bättre (Tam et al., 2007). Produktionsstrategin påverkar därmed inte endast mängden logistiska aktiviteter utan även var i systemet de uppstår.

Detta utgör en viktig koppling mellan bygglogistik och cirkulär logistik. Ett systemperspektiv behöver inkludera både försörjningen av material och de flöden som uppstår efter användning, bearbetning och emballering. Genom att behandla dessa som delar av samma projektbaserade produktionslogistik blir det möjligt att identifiera om en effektivisering faktiskt reducerar resursanvändningen eller endast förflyttar den till en annan del av systemet.

5.4 Modellen som beslutsstöd

Den utvecklade modellen operationaliserar detta systemperspektiv genom att kombinera fyllnadsgrad, trafikarbete, transportarbete och klimatpåverkan. Kombinationen är betydelsefull eftersom inget enskilt nyckeltal fullt ut kan beskriva skillnaderna mellan produktionsstrategierna. Transportarbete är exempelvis starkt kopplat till godsets vikt och riskerar därmed att underskatta resursanvändningen för volymbegränsade transporter. Trafikarbete synliggör fordonsrörelser men inte kapacitetsutnyttjandet, medan fyllnadsgrad behöver relateras till den faktor, vikt eller volym, som faktiskt begränsar transporten.

Modellens praktiska värde ligger därför främst i möjligheten att jämföra alternativa produktionsstrategier. Genom att variera exempelvis transportavstånd, komponentstorlek,

fyllnadsgrad och avfallsmängder kan konsekvenser av olika systemval synliggöras innan produktionsstrategin är låst. Modellen bör således inte betraktas som ett verktyg för att identifiera ett generellt optimalt byggsystem, utan som ett beslutsstöd för att synliggöra målkonflikter och potentiella suboptimeringar under projektspecifika förutsättningar. Expertgranskningen gav också empiriskt stöd för modellens relevans och bidrog till att modifiera och komplettera den litteraturbaserade systemstrukturen.

5.5 Teoretiska och praktiska bidrag

Studiens teoretiska bidrag ligger i att bredda det traditionella bygglogistikperspektivet genom att integrera inkommande materialflöden och utgående avfallsflöden i ett gemensamt systemperspektiv på projektbaserad produktionslogistik. Färdigställandegrad bestämmer i hög grad var produktionsaktiviteterna utförs, medan komponentens geometri och storlek bestämmer transportens fysiska förutsättningar. Tillsammans påverkar dessa hur logistisk belastning fördelas mellan fabrik, transport och byggarbetsplats.

Det praktiska bidraget är ett analysramverk som kan stödja jämförelser mellan produktionsstrategier i tidiga skeden. I stället för att bedöma byggsystem utifrån isolerade indikatorer möjliggör modellen en sammanvägd analys av transport- och resurskonsekvenser i försörjningskedjan. Inom ETO konfigureras produkt, produktionssystem och delar av försörjningskedjan mot projektspecifika krav. Därför kan transporteffektiviteten inte fastställas generellt för ett byggsystem utan behöver analyseras utifrån den specifika konfigurationen av komponentstorlek, färdigställandegrad, transportavstånd och logistikupplägg.

En begränsning är att modellen ännu inte har validerats med fullständiga projektspecifika transportdata. Intervjuerna visar att detaljerade uppgifter om faktisk vikt, fyllnadsgrad och materialflöden inte alltid registreras systematiskt. Modellens resultat är därför beroende av kvaliteten på tillgängliga indata. Fortsatt forskning bör testa modellen med empiriska data från genomförda projekt och analysera hur förändringar i färdigställandegrad, transportavstånd och komponentstorlek påverkar systemets samlade logistiska prestanda. En sådan utveckling kan stärka produktionslogistikens roll som möjliggörare för mer robusta, resurseffektiva och hållbara projektbaserade försörjningskedjor.

6 SLUTSATSER

Studiens syfte har varit att undersöka hur byggtransporter skiljer sig mellan plan- och volymelement inom industriellt byggande ur ett systemperspektiv. Genom att inkludera såväl inkommande materialtransporter och transport av utrustning, som utgående avfallsflöden har studien avsett att öka förståelsen för hur valet av produktionsstrategi påverkar den projektbaserade produktionslogistiken. Det innebär en förståelse av hur logistisk ineffektivitet uppstår och förskjuts mellan olika delar av försörjningskedjan.

6.1 Besvarade forskningsfrågor

1. *Hur skiljer sig inkommande materialtransporter och utgående avfallsflöden mellan plan- respektive volymelement?*

Resultaten indikerar att produktionsstrategierna ger upphov till olika strukturer för de logistiska flödena. Planelement har genom sin geometri bättre förutsättningar för tät packning,

samlastning och ett högt viktbaserat kapacitetsutnyttjande. Den lägre färdigställandegraden innebär samtidigt att fler aktiviteter genomförs på byggarbetsplatsen, vilket medför kompletterande materialtransporter samt ökade flöden av emballage, spill och avfall.

Volymelement uppvisar delvis en motsatt logistisk struktur. Den högre färdigställandegraden innebär att en större andel av värdeskapandet och materialhanteringen sker i fabrik, vilket reducerar behovet av kompletterande materialflöden och avfallshantering på byggarbetsplatsen. Samtidigt medför komponenternas storlek och tredimensionella geometri att transporterna i högre grad blir volymbegränsade och kan kräva dedikerade eller specialiserade transportlösningar.

Studien menar därmed att valet av produktionsstrategi inte enbart påverkar mängden transporter utan även var och i vilken form de logistiska flödena uppstår i försörjningskedjan.

2. *Hur kan skillnader i logistisk effektivitet mellan plan- och volymelement analyseras genom fyllnadsgrad, trafikarbete, transportarbete och klimatpåverkan?*

Systemanalysen visar att skillnaderna mellan produktionsstrategierna inte kan representeras med ett enskilt logistiskt nyckeltal. Planelement och volymelement har olika kapacitetsbegränsningar, vilket innebär att fyllnadsgrad, trafikarbete, transportarbete och klimatpåverkan behöver analyseras tillsammans.

Samtidigt visar samma systemanalys att en hög transporteffektivitet för huvudkomponenten inte nödvändigtvis innebär en hög effektivitet för försörjningskedjan som helhet. De kompletterande material- och avfallsflöden som följer av en lägre färdigställandegrad behöver också inkluderas. Den centrala slutsatsen är därför att logistisk ineffektivitet inte nödvändigtvis elimineras genom valet av produktionsstrategi, utan förskjuts mellan fabrik, transport och byggarbetsplats. En högre färdigställandegrad kan reducera materialhantering och avfallsflöden på byggarbetsplatsen men samtidigt öka transportbelastningen, medan en lägre färdigställandegrad kan ge effektivare transport av huvudkomponenterna men generera fler kompletterande flöden på byggarbetsplatsen.

3. *Hur kan ett systemorienterat beräkningsverktyg användas för att analysera och stödja valet av produktionsstrategi inom industriellt byggande?*

Den utvecklade modellen visar hur fyllnadsgrad, trafikarbete, transportarbete och klimatpåverkan kan kombineras med inkommande material- och utgående avfallsflöden inom gemensamma systemgränser. Därigenom kan konsekvenser av olika produktionsstrategier analyseras utifrån flera logistiska dimensioner samtidigt.

Modellens huvudsakliga användningsområde är som beslutsstöd. Genom att variera projektspecifika parametrar såsom transportavstånd, komponentstorlek, kapacitetsutnyttjande och avfallsnivåer kan alternativa produktions- och logistikupplägg jämföras innan centrala systemval har låsts. Modellens funktion är därmed inte att identifiera ett generellt optimalt byggsystem, utan att synliggöra målkonflikter, logistiska hotspots och potentiella suboptimeringar under projektspecifika förutsättningar.

Sammantaget visar studien att färdigställandegrad och komponentstorlek bör betraktas som centrala parametrar i utformningen av projektbaserad produktionslogistik. När värdeskapande aktiviteter förflyttas mellan fabrik och byggarbetsplats förändras samtidigt materialflödenas

struktur, transporternas karaktär och lokaliseringen av avfallsflöden. Ett systemperspektiv där inkommande och utgående flöden analyseras tillsammans är därför nödvändigt för att bedöma de samlade logistiska konsekvenserna av olika produktionsstrategier inom industriellt byggande.

6.2 Fortsatt forskning

Ett centralt område för fortsatt forskning är att empiriskt testa och vidareutveckla modellen med projektspecifika data från genomförda och pågående byggprojekt. Modellen har inom ramen för denna studie utvecklats och validerats avseende struktur och relevanta flöden, men inte prövats systematiskt mot uppmätta transportutfall. Fallstudier med faktiska uppgifter om transportavstånd, komponentstorlek, fyllnadsgrad, trafikarbete, materialmängder och avfallsflöden skulle möjliggöra ytterligare kalibrering och validering.

Särskilt relevant är att empiriskt undersöka sambandet mellan färdigställandegrad, komponentstorlek och logistisk effektivitet. Framtida studier bör analysera vid vilka förutsättningar en ökad färdigställandegrad leder till en nettominskning av den logistiska belastningen och när ökade transportbehov i stället reducerar vinsterna från fabriksbaserad produktion. Transportavstånd, möjligheten till samlastning och behovet av specialtransporter är centrala parametrar i sådana analyser.

Vidare bör systemgränserna utvecklas genom en mer detaljerad inkludering av kompletterande materialflöden, emballage, maskin- och etableringstransporter samt retur- och avfallsflöden. Detta skulle stärka kopplingen mellan bygglogistik och cirkulär logistik och ge en mer heltäckande förståelse för hur resurser och logistisk ineffektivitet förflyttas inom den projektbaserade försörjningskedjan.

Slutligen finns behov av att undersöka hur modellen kan integreras med digitala projekterings- och produktionssystem. En sådan integration skulle kunna möjliggöra att logistiska konsekvenser analyseras parallellt med val av byggsystem och färdigställandegrad och därmed stärka produktionslogistikens roll som beslutsunderlag i tidiga skeden av ETO-baserade byggprojekt.

REFERANSER

Almanasreh, E., Moles, R. och Chen, T.F. (2019) Evaluation of methods used for estimating content validity. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 15(2), 214–221.

Almashaqbeh, M. och El-Rayes, K. (2022) Minimizing transportation cost of prefabricated modules in modular construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(10), 3847–3867.

Behera, P., Mohanty, R.P. och Prakash, A. (2015) Understanding Construction Supply Chain Management. *Production Planning & Control*, 26(16), 1332–1350.

Björklund, M. (2018) *Hållbara logistiksystem*. 2:a upplagan, Studentlitteratur, Lund.

Boverket (2024a) Klimatdeklarationens omfattning [online], finns på https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/ [läst 2026-02-03].

Boverket (2025) Växthusgaser [online], finns på https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/ [läst 2026-01-22].

Briscoe, G. och Dainty, A. (2005) Construction supply chain integration: an elusive goal? *Supply Chain Management: An International Journal*, 10(4), 319–326.

Erikshammar, J. J. (2013). Characteristics of supply chain management in systems building and implications for small business. *Proceedings of the 7th Nordic Conference on Construction Economics and Organisation*.

Erikshammar, J., Lu, W., Stehn, L., & Olofsson, T. (2013). Discrete Event Simulation Enhanced Value Stream Mapping: An Industrialized Construction Case Study. *Lean Construction Journal*, 10, 47–65

Erikshammar, J., & Persson, J. (2024). Transportkoordinering i en konstruera-mot-order tillverkningsstrategi: en studie av logistiklösningar i byggprojekt. *PLAN:s forsknings- och tillämpningskonferens 2024: Konferenspublikation,* 82–97.

Eštoková, A., Fabianová, M. och Radačovský, M. (2023) Life Cycle Assessment and Environmental Impacts of Building Materials: Evaluating Transport-Related Factors. *Engineering Proceedings*, 57(1), 5.

Gibb, A.G.F. (1999) *Off-site Fabrication: Pre-assembly, Pre-fabrication, and Modularisation*. Whittles Publishing.

Kamali, M. och Hewage, K. (2016) Life cycle performance of modular buildings: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1171–1183.

Lawson, M., Ogden, R., Goodier, C.I. och Goodier, C.I. (2014) *Design in Modular Construction*. CRC Press.

Lidelöw, H., Stehn, L., Lessing, J. och Engström, D. (2015) *Industriellt husbyggande*. Studentlitteratur, Lund.

Lopez, D. och Froese, T.M. (2016) Analysis of costs and benefits of panelized and modular prefabricated homes. *Procedia Engineering*, 145, 1291–1297.

Lundesjö, G. (red) (2015) *Supply Chain Management and Logistics in Construction: Delivering Tomorrow's Built Environment*. Kogan Page.

McKinnon, A., Browne, M., Piecyk, M. och Whiteing, A. (red) (2015) *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*. 3:e upplagan, Kogan Page.

Oskarsson, B., Ekdahl, B. och Aronsson, H. (2013) *Modern logistik: för ökad lönsamhet*. 4:e upplagan, Liber.

Peiris, P.A., Hui, F.K., Ngo, T., Duffield, C. och Garcia, M.G. (2022) Challenges in transport logistics for modular construction: A case study. In: *Proceedings of the 23rd International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*, Springer, 1121–1132.

Rojas-Herrera, C., Martínez-Soto, A., Avendaño-Vera, C., Carrasco, R.C. och Barbato, N.R. (2025) Industrialized Construction: A Systematic Review of Its Benefits and Guidelines for the Development of New Constructive Solutions Applied in Sustainable Projects. *Applied Sciences*, 15(5), 2308.

Santén, V. (2017) Towards more efficient logistics: increasing load factor in a shipper's road transport. *The International Journal of Logistics Management*, 28(2), 228–250.

Stehn, L., & Jimenez, A. (2024). Industrialized house building productivity growth. Construction Innovation, 24(7), 143–162. https://doi.org/10.1108/CI-04-2022-0097

Tam, V.W.Y., Tam, C.M., Zeng, S.X. och Ng, W.C.Y. (2007) Towards adoption of prefabrication in construction. *Building and Environment*, 42(10), 3642–3654.

Vrijhoef, R. och Koskela, L. (2000) The four roles of supply chain management in construction. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6(3–4), 169–178.

Wang, S. och Sinha, R. (2021) Life Cycle Assessment of Different Prefabricated Rates for Building Construction. *Buildings*, 11(11), 552.

Wehner, J. (2023) *Transporteffektivitet och fyllnadsgrad: Analys och åtgärdsförslag för ökat resursutnyttjande*. VTI rapport 1166, Statens väg- och transportforskningsinstitut, Linköping.

Wu, Z., Luo, L., Li, H., Wang, Y., Bi, G. och Antwi-Afari, M.F. (2021) An Analysis on Promoting Prefabrication Implementation in Construction Industry towards Sustainability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11493.

Wuni, I.Y. och Shen, G.Q. (2020) Barriers to the adoption of modular integrated construction: Systematic review and meta-analysis, integrated conceptual framework, and strategies. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119347.