



Fossilfri bygglogistik – En förstudie

MATS ABRAHAMSSON, LIU
ANNA FREDRIKSSON, LIU
MARIA HUGO BRODIN, LIU
STEFAN ENGEVALL, LIU
PER LINDAHL, LOGISTIKKLUSTER ÖSTERGÖTLAND



Fossilfri bygglogistik – En förstudie
Fossilfri bygglogistik – En förstudie, september, 2019

Projektnummer 2019.1.21b
Titel på projektet – svenska Fossilfri bygglogistik – En förstudie
Titel på projektet – engelska Fossil Free Construction Logistics
Projektledareorganisation Linköpings Universitet, IEI, Logistik- & Kvalitetsutveckling
Namn på projektledare Mats Abrahamsson
Namn på ev övriga projektdeltagare Anna Fredriksson, Maria Huge Brodin, Stefan Engevall, Per Lindahl
Nyckelord: 5-7 st Bygglogistik, Systemmodeller, Byggfaser, CO₂-emissioner, Fossilfrihet

Sammanfattning

Vi har studerat bygglogistiken i regionen Norrköping + Linköping. Det behövs olika typer av stöd för att minska CO₂-emissionerna från den tunga byggtrafiken och för en omställning till fossilfria godstransporter. Våra aktiviteter har väckt ett stort intresse från samtliga aktörer i byggsystemet gällande att skapa förutsättningar för fossilfria byggtransporter och det finns behov av metoder och modeller för vägledning för hur omställningen till fossilfria byggtransporter bör gå till och vilka som bör engagera sig i en sådan omställning. Det behövs systemanalyser för att öka kunskapen om en stads/regions samlade byggtransporter, vilket är det bästa sättet att kunna beskriva och förklara behovet av att förändra systemet och rollerna mellan aktörer i systemet. Annars missar man förståelse för förändringar och samt att minskade CO₂-emissioner måste samverka med behovet av ekonomisk hållbarhet över tiden för aktörerna i systemet.

Med systemanalys som grund betraktar vi staden/regionens olika byggprojekt som ett sammanhållet bygglogistiksystem, där olika byggens transporter kan samordnas, planeras och koordineras så att CO₂-emissionerna från byggtransporterna totalt sett kan minimeras genom:

1. Effektivare logistik genom bättre planering på både övergripande stadsplaneringsnivå och operativt i varje projekt
2. Minskning av CO₂-emissionerna från den tunga byggtrafiken genom användning av förnyelsebara drivmedel där de gör mest nytta
3. Utvärdering av förutsättningar för ny transportteknik

Resultaten från den här förstudien kan sammanfattas enligt följande:

- En referensram för hållbar logistik och för hållbar bygglogistik
- Ett antal systembeskrivningar som visar hur bygglogistiksystemet i en stad är uppbyggt, vilka aktörer som ingår och vilka roller som dessa har.
- Beskrivit bygglogistiken för en stad (Norrköping)
- Definierat samhällets, kommunernas, regionen och beställarnas, roll för fossilfri bygglogistik
- Arbetat med erfarenhetsutveckling mellan olika aktörer i en Erfa-grupp för bygglogistik
- Deltagit i ett delprojekt om HVO-tank för entreprenadmaskiner på en byggplats

Projektet har drivits i samverkan mellan två enheter på LiU samt det regionala initiativet Logistikkuster i Östergötland. Det gör att vi har kunnat kombinera akademiker med olika inriktningar med praktiker och personer som arbetar med regional utveckling på ett mycket fruktbart sätt. Nästa steg är en huvudstudie som startar under hösten 2019 där resultaten från den här förstudien kommer att fördjupas, breddas och utvecklas ytterligare. Huvudstudien, som också ska omfatta en doktorand, är en samverkan mellan två avdelningar på Linköpings universitet Bygglogistik vid ITN i och Logistik- & Kvalitetsutveckling vid IEI, VTI och en lång rad partners och intressenter ifrån olika delar av byggbranschen och dess beställare.

Summary

We have studied construction logistics in the Norrköping + Linköping region. Different types of support are needed to reduce CO₂ emissions from heavy construction traffic and to convert to fossil-free freight transport. Our activities have raised a great deal of interest from all actors in the building system regarding creating conditions for fossil-free construction transport and there is a need for methods and models for guidance on how the transition to fossil-free construction transport should go and who should be involved in such a conversion. System analyzes are needed to increase knowledge about a city / region's total construction transport, which is the best way to describe and explain the need to change the system and the roles between actors in the system. Otherwise, one loses an understanding of changes and that reduced CO₂ emissions must interact with the need for economic sustainability over time for the actors in the system.

With system analysis as the basis, we consider the regions various construction projects as a coherent building logistics system, where different buildings' transports can be coordinated, planned and managed so that the total CO₂ emissions from construction transports can be minimized by:

1. More efficient logistics through better planning, both on a long-term city development level as well as on the operational level within each project
2. Reducing CO₂ emissions from heavy construction traffic by using renewable fuels where they benefit most
3. Evaluation of the conditions for new transport technology

The results of this feasibility study can be summarized as follows:

- A frame of reference for sustainable logistics and for sustainable construction logistics
- A number of system descriptions that show how the construction logistics system in a city is structured, which actors are included and their respective roles.
- Described construction logistics for a city (Norrköping)
- Defined the roles of society, municipalities, the region and developers for fossil-free construction logistics
- Worked with experience development between different actors in an Erfa-group
- A sub-project on HVO-tank for construction machinery on a construction site

The project has been a collaboration between two units at LiU and the regional initiative Logistics Cluster in Östergötland. This means that we have been able to combine academics with different orientations with practitioners and people who work with regional development in a fruitful way.

The next step is a main study that will start in the fall of 2019 where the results of this feasibility study will be detailed, expanded and further developed. The main study, which will also include a doctoral student, is a collaboration between the two departments at Linköping University Construction Logistics at ITN i and Logistics & Quality Development at IEI, VTI and a wide range of partners and stakeholders from different parts of the construction industry and other stakeholders.

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	1
Inledning.....	2
Genomförande	3
Resultat	5
Referensram för hållbar logistik	6
Systemmodeller	8
Bygglogistiksystemet i Norrköping och Linköping	12
Ytterligare resultat.....	14
Bidrag till Triple F	18
Nyttiggörande.....	19
Diskussion.....	21
Kommunernas och regionens betydelse får inte underskattas.....	21
Nästa steg	24
Referenser	25
Bilagor	27
Systembild för byggfas grundsättning	27
Systembild för byggfas stomresning	28
Systembild för byggfas färdigställande	29

Inledning

Utgångspunkten för projektet är att det saknas kunskap om hur man kombinerar effektiv bygglogistiklösning med strävan att minska CO₂-emissioner och buller samt öka framkomligheten. Behovet är därför stort av kunskap om vilka CO₂-emissioner som byggtrafiken genererar, hur CO₂-emissionerna från byggtrafiken ska kunna minskas samt hur omställningen till fossilfria byggtransporter ska gå till.

Norrköpings- och Linköpings kommuner är mitt i en byggboom och med den planerade Ostlänken så kommer byggandet i städerna att öka än mer i framtiden. Men det finns inget system som samordnar och konsoliderar byggleveranser i och mellan projekt i en stad/region som stöd för att minska CO₂-emissionerna från den tunga byggtrafiken och för en omställning till fossilfria godstransporter. För att möta det behovet krävs systemanalyser som vägleder hur en emissionsfri bygglogistik kan utformas.

Godstransportundersökningar visar att fyllnadsmaterial mm. står för den största delen av antalet tonkm som transporteras på vägarna i en region. Byggtransporter står för c:a 50% av stadens godstransporter och c:a 20% av det totala antalet transporter och därmed för den största delen av CO₂-emissionerna från tunga transporter. Tidigare studier visar på en potentiell minskning av transporter med ca 60-80% genom att använda sig av en genomtänkt bygglogistiklösning och att det finns en potential i att förbättra effektiviteten i byggbranschen med 25-30% genom förbättrad logistik, vilket leder till kortare byggtider och totalt färre transporter per bygge. Dock saknas kunskap om hur man på ett bra och flexibelt sätt kombinerar bygglogistiklösningar med behoven som finns i staden av att minska CO₂-emissioner och buller och öka framkomligheten. Se t.ex. Trafikanalys (2016) och Bergman (2016).

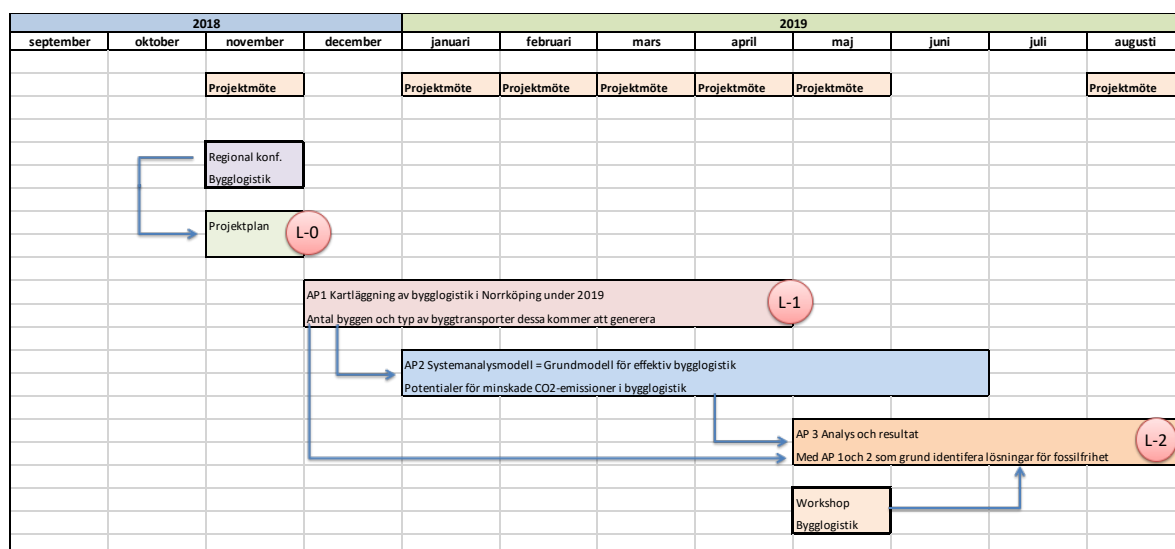
Syftet med projektet var att skapa förutsättningar för fossilfria byggtransporter genom att kartlägga vilket samlat transportbehov som planerade byggen kommer att leda till i olika faser av byggprocessen. Med det som grund kan olika metoder för omställning till fossilfrihet tas fram och modeller kan skapas som vägledning för omställningen till fossilfria byggtransporter. Förstudien har tagit fram teoretisk referensram och modeller för sådana systemstudier som identifierar vilka aktörer som är med i systemet och som behöver engageras för att kunna minska CO₂-emissionerna från byggtrafiken och i förlängningen ta steg mot fossilfrihet. Med systemanalys som grund ökar kunskapen om en stads samlade byggtransporter ur olika aktörers perspektiv, vilket lägger grunden för modeller för ”fossilfri bygglogistik”. Det här är en förstudie som kommer att följas av ett flerårigt fortsättningsprojekt som omfattar en doktorand med inriktning mot fossilfri bygglogistik inom ramen för Triple-F.

Genomförande

Projektet har följt den plan som finns i nedanstående Gantt-schema, där vi har jobbat parallellt i två olika arbetspaket (AP1 och AP2) mot följande leveranser för förstudien:

- Leverans 0: Projektplan
 - November 2018
- Leverans 1: En kartläggning enligt AP1 som presenterades i form av en kort delrapport
 - Mars 2019
- Leverans 2: Denna slutrapport för förstudien som sammanfattar förstudien och ger ett avstamp för den kommande huvudstudie.
 - Augusti 2019

Vi har haft gemensamma projektmöten varje månad, enligt plan, då vi har stämt av projektet och gjort en planering för tiden fram till nästa möte.



Figur 1. Gantt-schema för projektet

Logistikkluster Östergötland har varit aktiva i projektet. Inom ramen för deras verksamhet har det genomförts ett bygglogistikseminarium som väckte mycket stort intresse, samt Erfa-grupper i bygglogistik (Möten med prövad systematik för erfarenhetsutbyte mellan aktörer). Erfa-gruppen har samlats fem gånger fram till nu, med totalt 15 personer som representerar 10 byggföretag samt LiU's Bygglogistikforskning. Mötena leds av CE Logistikkonsult på uppdrag av Logistikklustret i samverkan med Per Lindahl från klustret och Anna Fredriksson från LiU. Mötena upplevdes som mycket värdefulla av byggföretagen och det är tydligt att det finns ett stort behov av den här typen av forum från logistikansvariga i de olika byggföretagen. Trots att man lokalt är konkurrenter finns det ett förtroendefullt sätt att närma sig de utmaningar som ändå är allmängiltiga i branschen.

Gruppen bestod av representanter för både stora och små företag och för de mindre var det extra värdefullt att få ta del av erfarenheter från de stora riksbyggarna. Efter avslutade fem möten kommer det att skrivas en separat dokumentation som kommer att kunna användas i dialog med byggherrar, transportföretag, m.fl. med målet att öka effektiviteten i gränssnittet mellan olika aktörer i de regionala byggprocesserna. De här Erfa-mötena har ersatt den tidigare planerade workshopen.

Under våren påbörjades arbetet med ansökan och att formera en större referensgrupp för huvudstudien, med en sammansättning som representerar de olika aktörer som vi har identifierat i förstudien som viktiga. Det har varit ett viktigt arbete för att stämma av förstudiens resultat och engagera de olika aktörerna ytterligare.

Parallellt med förstudien har vi haft fyra examensarbeten i bygglogistik med direkt koppling till det här projektet, vilket har gett en bredd och ett djup utöver det som förstudiens begränsade omfattning har kunnat ge.

Resultat

Vi kan konstatera att den forskning som finns om effekten av bygglogistiklösningar på transportflöden i stadsbyggnadsprojekt är sparsam. Eftersom byggbranschen dessutom är mycket fragmenterad och till viss del oorganiserad är det svårt att hitta relevanta studier att utgå från rent teoretiskt. Dessutom är inte branschen lika homogen som t.ex. verkstadsindustrin och de förutsättningar som gäller den svenska byggbranschen kanske inte gäller i andra länder. En anledning till det är att branschen i huvudsak är lokal och det är många oberoende aktörer inblandade i varje bygge som på så sätt blir mer eller mindre unikt. Detta påverkar kanske mest upphandlingsvillkor och hur bygglogistiken kommer in organisatoriskt i byggprojektet. Dock, själva utförandet av logistikaktiviteterna under byggtid har många likheter mellan olika länder. Det finns dessutom förvånansvärt lite standardisering av metoder och organisation av ett byggprojekt. Men lika fullt är det en viktig bransch som står för en stor del av ett lands BNP. Implementerat bruk av supply chain management (SCM) inom byggindustrin är av samma anledning ganska sällsynt, dock har man sedan mitten av nittiotalet från forskningshåll påpekat nyttan av det Dubios et al., (2019) definierar Supply Chain Management (SCM) inom byggbranschen som planering och förvaltning av all verksamhet tillsammans med samordning och samarbete med kanalpartners (som kan vara leverantörer, mellanhänder, leverantörer av tredje part och kunder). Med det som grund kan man definiera ”bygglogistik” som alla aktiviteter relaterade till att leverera rätt material och resurser till rätt kund och byggarbetsplats för att möta kundens krav (Janne & Fredriksson, 2019). Och, eftersom logistik är så stor del av byggverksamheten, så finns det författare som hävdar att inga effektivitetsförbättringar eller kostnadsreduktioner kan göras inom byggbranschen utan att tillämpa logistik mer professionellt, (Lundesjö, 2015). Sundquist et al. (2018) föreslår vidare att bygglogistik kan delas upp i två kategorier, försörjningslogistik och byggplatslogistik, där försörjningslogistik är relaterad till specifikation, inköp, transport och leverans av material till och från byggarbetsplatsen, medan byggplatslogistik handlar om organisation och fysisk flödesplanering och materialhantering på plats på bygget. I det här projektet är det, med den terminologin, primärt fokus på försörjningslogistiken, även om vi också till viss del behandlar byggplatslogistiken och de emissioner som uppstår där.

Vi har i projektet fått fram följande resultat som presenteras nedan:

- En referensram för hållbar logistik och för hållbar bygglogistik
- Ett antal systemmodeller som visar hur bygglogistiksystemet i en stad är uppbyggd, vilka aktörer som ingår och vilka roller som dessa har.
- Beskrivit bygglogistiken för en stad (Norrköping)
- Definierat samhällets, kommunernas och regionens, roll för fossilfri bygglogistik
- Arbetat med erfarenhetsutveckling mellan olika aktörer i en Erfa-grupp för bygglogistik
- Drivit ett delprojekt om HVO-tank för entreprenadmaskiner på en byggplats

Bygglogistiken utgör dessutom och med den här förstudien som grund en viktig del i regionens strategiska plan för utveckling mot fossilfrihet som Logistikkluster Östergötland utvecklar.

Referensram för hållbar logistik

En del av förstudien är att ta fram en referensram för hållbar bygglogistik. Här utgår vi från McKinnon (2018) *Decarbonizing Logistics*, med tillagda referenser, och fokus är på miljölogistik. Efter genomgång av olika områden som tas upp i litteraturen, kopplas de till det system som projektet studerar: Bygglogistik i en tätort.

De åtgärder som tas upp som viktiga för ett logistiksystems miljöeffektivitet är (McKinnon, 2003; Aronsson & Hüge-Brodin, 2006; Martinsen & Hüge-Brodin, 2014; McKinnon, 2018):

- Utformning av systemet på strukturell nivå
- Transportplanering
- Fyllnadsgrad
- Returtransporter – tomtransporter
- Byte till bättre transportmedel (kan möjliggöras av bättre styrning av materialflöden)

I det parallella projektet ”Processledning för hållbara transporter” (Brodin, Cronemyr & Navarro, 2017), arbetar vi med två transportföretags processutveckling i syfte att minska CO₂-emissionerna. Där har man introducerat följande typer av aktiviteter och åtgärder, Figur 2.

	Specific activities/ green practices
Logistics	Logistics system design
	Transport management
	Intermodal transport
Technology	Greener vehicles in use
	Alternative fuel
	Efficient buildings
	Behaviour: eco-driving
Management	Environmental management system
	Emission data
External	Selection of provider and/or customer
	Collaboration projects

Figur 2, Aktiviteter och åtgärder för fossilfri logistik

För att minska energianvändningen i logistiksektorn lyfter teorin fram teknologiutveckling, beteendeförändring och bränslefrågor. Inom ramen för teknologiutveckling för minskad energianvändning nämns aerodynamisk utformning av fordon och utveckling av motorteknologi. Aerodynamisk utformning av fordon har störst betydelse vid högre hastigheter, där luftmotståndet kommer i spel. Därför är denna aspekt mindre viktig vid logistik för byggsektorn i en tätort, men kan komma i spel i det vi i förstudien benämner zon 4. Utveckling av olika motorteknologier omfattar alternativa drivlinor men även effektivisering av traditionella dieselmotorer. På det senare området kan utvecklingen över tiden beskrivas med olika motorstandarder (till exempel Euro IV, V och VI). Ju högre standard desto effektivare förbränning, och desto mindre emissioner. Framförallt har de senaste årens utveckling fokuserat på en minskning av luftföroreningar i form av partiklar och NO_x. Inom detta område tas även utvecklingen av fordonens styrsystem upp, som möjliggör platooning och automatisering. Vidare nämns utveckling av däck och lättviktskonstruktion av fordon.

Sparsam körning (eco-driving) kan medföra besparingar i bränsleförbrukning och därmed emissioner på upp till 35%. Sparsam körning genomförs ofta som en utbildning för lastbilsförare, men den största effekten uppnås om detta följs upp och kombineras med IRL-feedback kontinuerligt. En typ av åtgärd, som använts med framgång är olika slags *gamification*, där förare tävlar mot varandra i att uppnå mest sparsam körning (Huge-Brodin et al. 2015). Detta kan också kombineras med personlig bonus till förarna. En viktig åtgärd inom sparsam körning är att sänka maxhastigheten på långväga transporter. Detta medför ofta rejäla besparingar kostnads- och miljömässigt, medan affärsmässiga nackdelar är mindre vanligt. ”Despeedning” av transporter lyfts fram som ett viktigt medel att göra transporter mer miljöeffektiva, och detta kan mycket väl bli en framtida utveckling. På kort sikt är en radikal förbättring av tillförlitligheten i schemaläggning av leveranser en av de viktigaste källorna till miljöbättre transporter. En av de tydligaste orsakerna till bristande tillförlitlighet är ökande trängsel på vägar, framförallt i storstadsregionerna.

Ett sätt att minska CO₂-belastningen är att byta bränsle till olika icke-fossila alternativ. CNG och LNG är naturgas (komprimerad eller flytande) som i och för sig kommer från fossila källor, men som ger lägre koldioxidutsläpp än traditionella fossila bränslen. Biogas (CBG eller LBG) kan användas med samma teknologi (lastbil), men produceras från avfall och icke-fossila källor. Biogas betraktas som det mest klimatvänliga bränslet, då den i ett livscykelperspektiv ger minst CO₂-emissioner. Biogas används ofta som utspädning av naturgas. Ett problem är den begränsade tillgången till biogas, och även den begränsade infrastrukturen för distribution av biogas. Flytande biobränsle kan ibland användas i dieslbilar utan konvertering. Biodiesel, HVO, är vanligaste formen inom vägtrafikfordon, och används ofta som utblandning av fossil diesel. Elektrifiering bygger på användning av batterier för energilagring, och tillgång till klimatsmart el för att det ska bli klimatvänligt. Tidigare har elektrifiering framhållits som gångbar framförallt för mindre fordon på kortare sträckor (typiskt för varudistribution i stadsmiljö) på grund av utrymmeskrävande och tunga batterier, och de förhållandevis korta sträckor som kan köras innan fordon behöver laddas igen. Under de senaste åren nämns elektrifiering allt oftare även för långväga och tyngre transporter. Detta är en konsekvens av utveckling av batteriteknik men även av olika tekniker för laddning av fordon under drift (*opportunity charging*). Här ingår såväl laddning under uppehåll, lastning och lossning, som laddning under resa genom luftledning

eller elskenor i vägen. De senare kompletteras då med batteridrift för sträckor där ingen laddning finns tillgänglig under körning.

Funktionella silos (fokus på den egna funktionen istället för helheten), brist på samarbete och informationsbrist är andra områden som lyfts fram i teorin och som leder till bristande planering för systemet som helhet. Informationsbrist skapar i sig långa onödiga transporter. Med bättre kunskap om både ledig kapacitet och behov av transporter, kan dessa i högre utsträckning samordnas. Logistik blir som mest effektiv när man kan samarbeta mellan funktioner i företag och mellan företag. Ofta hindras detta av befintliga mätsystem som stödjer sub-optimering. Samarbete mellan företag kan ske vertikalt och horisontellt.

Obalanser i godsflöden orsakas av att behov och källor för att uppfylla behoven inte är jämnt geografiskt fördelade. Obalanserna är källan till strukturellt betingade tomtransporter, och går aldrig att undvika helt. Transportföretag har organiserat sina rutter för att på olika vis uppväga obalanserna, och genom att kombinera en rad olika leveranser sekventiellt istället för att begränsa sig till en sträcka tur-och-retur. Ökad tillgänglighet till data nämns som en viktig framtida möjlighet att identifiera kompletterande transportbehov. Detta är aspekter som nya system som Looprocks, m.fl. tar fasta och försöka komma åt med smartare planering av stadens bygglogistik. Referensramen sammanfattas i följande typer av åtgärder för att minska CO2-emissioner för bygglogistik:

- Transportplanering, för effektivare rutter, minimal körsträcka och färre transporter
- Beteendeförändring, t.ex. miljövänligare körsätt med eco-driving eller sparsam körning
- Fyllnadsgrad, för att utnyttja fordonen maximalt, vilket uppnås med bättre emballering och förpackningar men också i logistikplaneringen hos de som köper transporter
- Bränsle med mindre emissioner och övergång till förnyelsebara bränslen
- Miljökrav vid upphandling av transporter, att köpare av transporter ställer miljökrav på rätt sätt
- Intermodalitet, att flytta gods till mer miljövänliga transporter för långa sträckor, t.ex. från lastbil till båt eller järnväg
- Utformning av logistiksystemet på strukturell nivå, så att systemet som helhet är effektivt och går att påverka mot mer miljövänlig logistik – t.ex. bygglogistik i en stad
- Byte till ny teknik som ger mer miljövänliga transportmedel, t.ex. elektrifiering av fordon eller bränsleceller

Systemmodeller

Vi har i projektet arbetat med två typer av systemmodeller. Dels beskrivs staden som ett logistiksystem, med dess olika aktörer. Dels ser vi ett bygge som ett system, men betraktat under olika byggfaser som har olika egenskaper i termer av fossilfrihet. Som en del i denna systemanalys har vi identifierat de olika fordon som innefattas i bygglogistiken. Med ett sådan arbetssätt kan vi prioritera var i staden respektive i vilka byggfaser som olika insatser gör mest nytta.

Att förstå hur helheten fungerar genom anpassade systemanalyser är grundpelaren i vårt sätt att arbeta och som skiljer oss från många andra initiativ. En systemanalys består av kartläggning där vi beskriver (se t.ex. Churchman, 1968):

- Systemets gränser, dvs vad som ingår i systemet och vad som ligger utanför
- Systemets aktörer, dvs vilka som ingår i systemet och vilka roller de har
- Systemets prestation och leveranser, dvs vad det är som systemet utför och vem som gör vad i den dagliga driften av systemet.
- Hur systemets prestation mäts och följs upp

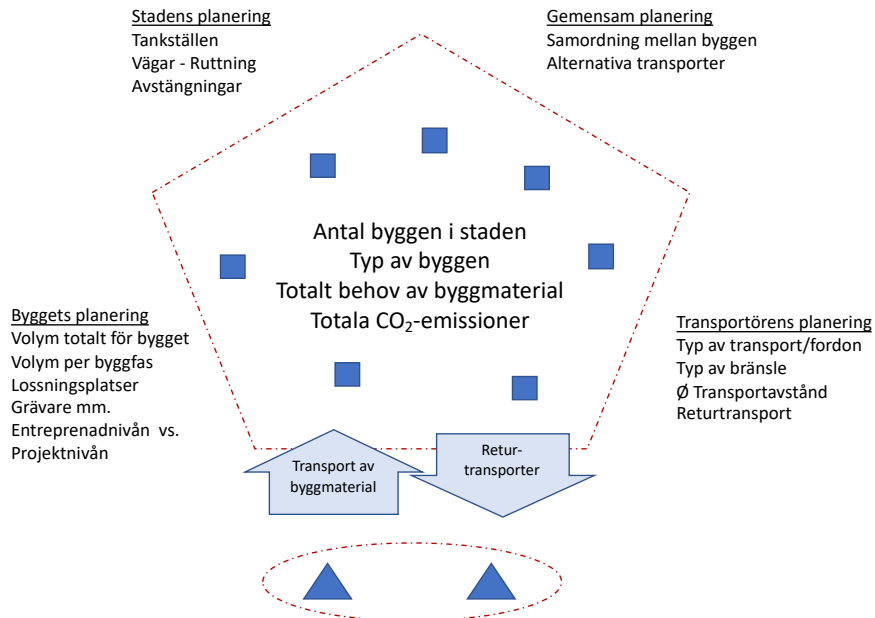
Det ger en första analys av:

- Vad systemet själva kan påverka och vad som krävs för detta
- Vad systemet inte kan påverka (t.ex. lagar) men som påverkar systemets prestation
- Om systemets eller aktörers uppföljning och prestation leder till oönskad utveckling, t.ex. om krav på låga kostnader leder till att transportmedel med höga emissioner väljs.
- Hur systemet kan omorganiseras så att prestationen blir densamma (eller bättre), men med minskade emissioner
- Om det finns ny teknik som kan tillämpas i systemet och vilka effekter det ger
- Om regionen, städerna, myndigheter genom anpassningar av systemet, dess aktörer, regler och roller kan stimulera eller stödja en utveckling mot fossilfrihet

En systemanalys kan på en övergripande nivå beskrivas med systembilder. Systembilderna beskriver hur systemet fungerar med inblandade aktörer och relationen mellan dem, vilket behövs för att kunna kommunicera till de som är med i systemet eller berörs av det:

1. Utifrån definierade mål och krav på logistiken beskriva (och förklara) olika konceptuella lösningar att jobba efter.
 - Inklusive övergripande mål som beskriver vad man vill åstadkomma på lång sikt (t.ex. CO₂-fria transporter och/eller högre säkerhet) och konceptuella lösningar som är det praktiska sättet att leva upp till dessa mål i den dagliga verksamheten.
2. Forma huvudprocesser utifrån konceptuella lösningar.
 - Huvudprocesser är en detaljerad beskrivning av de konceptuella lösningarna och kan liknas vid arbetsbeskrivningar.
3. Anpassa IT-stöd till koncept och processer.
 - I de allra flesta fall behöver man bra IT-stöd för att kunna utföra processerna och de konceptuella lösningarna på ett effektivt och standardiserat sätt. IT är i sammanhanget just ett stöd och inget självändamål.
4. Anpassa organisation och ansvar och rollfördelning så att det stödjer huvudprocesserna.
 - Eftersom huvudprocesserna är detaljerade arbetsbeskrivningar av vad som sker i den dagliga verksamheten, så är det logiskt att organisation och ansvar av den operativa verksamheten anpassas så att den stödjer den dagliga verksamheten.

Karakteristiskt för bygglogistik är att det finns många olika problemägare och aktörer som agerar oberoende av varandra, samt bristande å långsiktighet, vilket gör logistiken svår att styra, se övergripande systembild i figur 3.



Figur 3. Övergripande systembild av bygglogistik i en stad

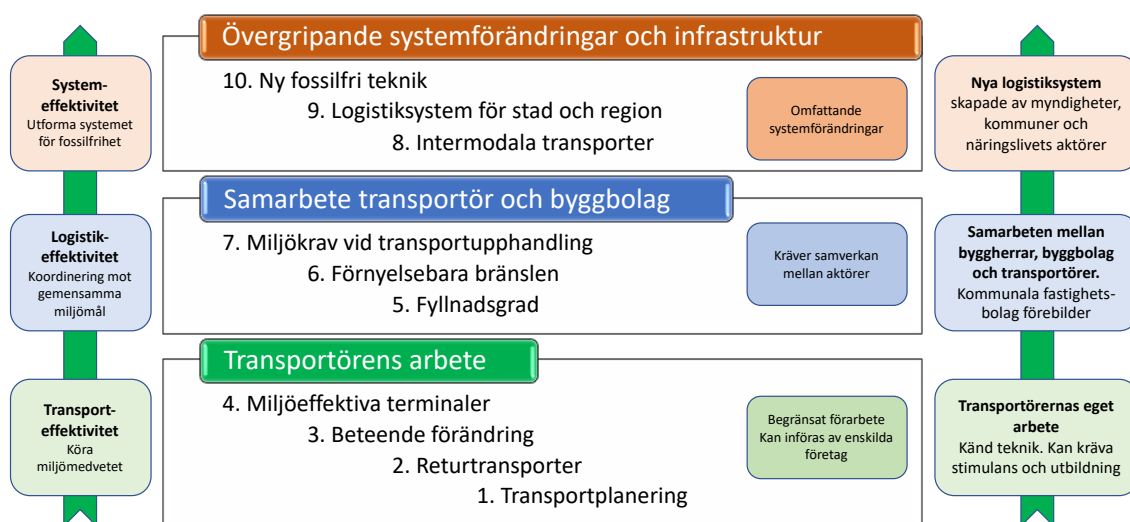
Systembilderna ser olika ut för olika byggfaser och för olika typer av transporter. I Bilaga presenteras enligt samma logik systembilder för Grus- och anläggningsmaterial som är vanligast i grundsättningsfasen, stomresningen och färdigställandet av bygget.

Ett sätt att skapa sig en överblick av den trafikpåverkan som ett byggprojekt har är att se det som att det består av fyra zoner som byggtransporterna behöver tas igenom för att nå byggarbetsplatsen. Zon 1 är själva byggarbetsplatsen och den trafik som sker i form av att material ska lossas, lassas och förflyttas på arbetsplatsen. Det är främst byggentreprenören som bryr sig om Zon 1 eftersom vinster här handlar om en effektivare och säkrare arbetsplats. Zon 2 är området i närheten av byggarbetsplatsen, dvs det runt omkring staketet. Det är främst beställarna - fastighetsbolag - som bryr sig om Zon 2 eftersom dessa ofta har kvarboende hyresgäster eller inflyttande hyresgäster i området som de vill hålla nöjda. Då är det viktigt att byggtransporterna inte stör mer än nödvändigt i form av parkeringar i väntan på lossning och lastning, och tomgångskörning med medföljande buller, vibrationer och utsläpp. Zon 3 är övriga staden som transportererna behöver passera för att komma fram till byggarbetsplatsen. Det är främst kommunen som bryr sig om Zon 3 eftersom byggtransporterna på väg genom staden påverkar tredje man, dvs kommunens invånare. Zon 4 är det nationella vägnätet som de mer långväga byggtransporterna passerar för att nå till den plats som godset ska användas på. Konceptuella lösningar kan uttryckas i termer av vad man vill åstadkomma med de praktiska lösningarna. Inom bygglogistik finns två huvudsakliga lösningar, terminal eller check-point (Janné och Fredriksson, 2019). Terminal handlar om att minska antalet transporter till och från byggarbetsplatsen/erna genom samlastning. Terminal initieras i huvudsak antingen av

kommunala aktörer för att minska trafiken i staden, zon 3, eller av entreprenörer som vill samordna transporter mellan sina projekt och därmed antalet lossningar (zon 1). Check-point handlar om att öka leveransprecision för byggtransporterna in till bygget och minska antalet samtidiga bilar på site. Dessa initieras ofta av beställare som vill minska påverkan i zon 2 eller av entreprenörer som vill ha en säker och välfungerande byggarbetsplats (zon 1). Både terminal och check-point förutsätter en förbättrad planering av byggtransporterna för varje byggprojekt. När man som stad/region tänker initiera någon typ av bygglogistiklösning är det av vikt att analysera:

- För vilka byggarbetsplats i staden kan man ha gemensam transportplanering för leveranser till och från byggen i staden i tidiga byggfaser. Analysera hur en lösning som ger effektivaste helhetsprestationen påverkar de olika aktiviteterna och aktörerna.
- Vilka byggarbetsplatser om kan samordnas transportplaneringsmässigt och på så sätt maximera fyllnadsgraden och därmed minimera antalet distributionsbilar i staden i senare byggfaser. Analysera hur helheten respektive individuella byggprojekt påverkas.
- Skapa en för staden eller för flera projekt gemensam terminal (resursbas), för ompackning, kittning etc. så att antalet transporter till stadens byggen kan minimeras.
- Vilka alternativa transportsätt som finns att tillgå, vilka större element eller moduler kan transporteras till samt vilka krav det ställer på eventuella anslutningar och lokalisering av terminaler.
- Ha kontroll på vilken typ av distributionsbilar som trafikerar staden, i termer av kapacitet men framför allt i termer av emissioner. Modellera olika scenarier.

I praktiken är det många aktörer som behöver samverka i framtidens bygglogistik – aktörer som idag arbetar mer eller mindre oberoende av varandra. Ett resultat av våra systemanalyser presenteras i följande bild som visar konkreta åtgärder som behöver vidtas i den stegvisa utvecklingen mot fossilfria byggtransporter.



Figur 4, Stegvis utveckling mot fossilfria byggtransporter

De här modellerna kommer att utvecklas och konkretiseras ytterligare i huvudstudien.

Bygglogistiksystemet i Norrköping och Linköping

Byggtransporter står för ungefär 50% av stadens godstransporter (Trafikanalys, 2016) och godstransportundersökningar i regionen visar att fyllnadsmaterial står för en mycket stor del av antalet tonkm som transporteras på vägarna.

Byggtransporter av fyllnadsmaterial kommer i huvudsak från bergtäkter. Varuvärdet är lågt och transportererna kostar ofta lika mycket som det material som fraktas. Täkterna ligger därför nära tätorterna och transportavstånden är normalt inte mer än 25-30 km. Energin som går åt för att transportera materialet 30 km är ungefär lika stor som energin som går åt för att bryta samma mängd. När man öppnar en ny bergtäkt, så räknar man med att den ska ha en brytningstid på 20-40 år. Korta avstånd och långsiktighet är gynnsamt eftersom det ökar möjligheterna att bygga upp en infrastruktur med fossilfria bränslen och ökar potentialen att använda helt fossilfria fordon i framtiden.

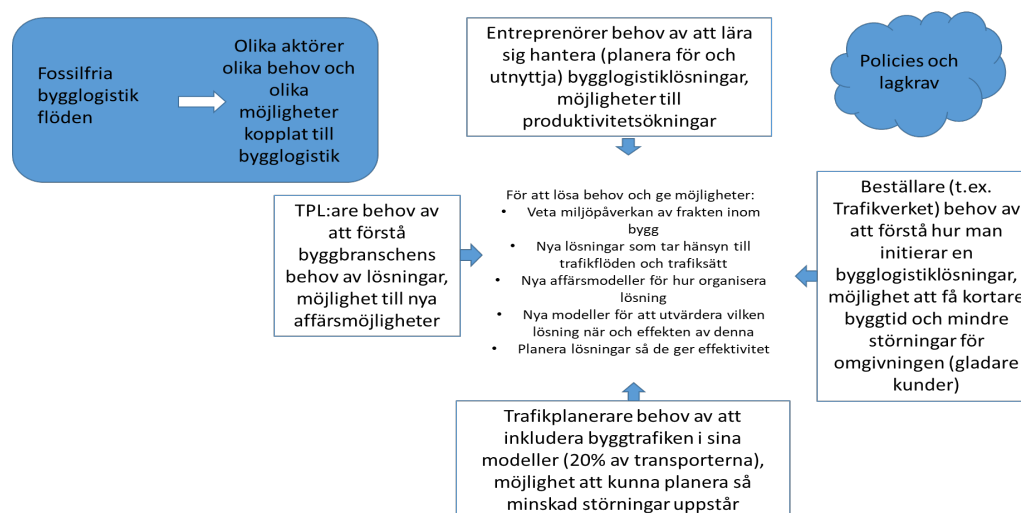
Östergötland befinner sig i en byggboom som med den planerade Ostlänken sannolikt kommer att bestå under flera år framöver. I början av 2019 pågår det mer än 850 byggen i regionen och det är mer än 2 500 planerade byggen, varav huvuddelen i Norrköping och Linköping (sverigebygger.se). Enligt officiell statistik (SGU) så bröts det i Linköpings kommun 1 235 456 ton grus, sand och bergskross 2015 och i Norrköping 899 574 ton. I Östergötland bröts och levererades det totalt 3 657 994 ton 2015. År 2017 var mängden 4 030 359 ton i Östergötland, 907 000 ton i Linköping och c:a 1 100 000 ton i Norrköping. Se SGU, 2016 resp. 2018. Den vanligaste typen av lastbilar för grus- och anläggningstransporter är en 3-axlig lastbil med totalvikt på 26 ton varav 12 ton är nyttolast. Alternativt 4-axlig lastbil med 32 tons bruttovikt varav 17 ton är nyttolast (Treiber & Bark, 2016). För Östergötland motsvarar det nästan 270 000 bilar a' 15 ton per år och c:a 15 000 ton CO₂/år om bilarna går tomma tillbaka, inkl. bränsleförbrukning för hjullastare vid lastning av fordonen. Med det stora antalet pågående och planerade byggen så kommer de här volymerna sannolikt att öka över tiden. För det studerade projektet i Linköping kommer det att schaktas ut 95 000 ton och tas in 10 000 ton, vilket med en lastbil som tar i snitt 15 ton kommer att generera totalt 6 300 transporter ut och 660 transporter in. Under tidiga skeden i byggprojekten pågår ofta mycket anläggningsarbete med grävmaskiner och lastbilar. Ofta finns också många andra dieselförbrukare på plats i form av kranbilar, kompressorer, betongvärmare etc. Många gräventreprenörer drar med sig sin egen dieseltank till bygget och denna måste löpande fyllas av en tankbil. I senare skeden av bygget ökar trafiken genom att många leveranser med material kommer till bygget, inte sällan med mycket dålig fyllnadsgrad.

Idag leder bristen på logistiktänk i byggprojekt, bristen av samordning mellan aktörer i och mellan byggprojekt samt bristen på styrning av byggtransporterna från myndighetshåll till att byggena skapar ineffektiva transporter men även onödiga transporter. En anledning till att så lite händer med byggtransporterna är att det finns en okunskap både hos beställare och myndigheter avseende vilka krav man kan ställa och hur man ska ställa dem, vilket i sig inte är unikt för byggsektorns aktörer. Det finns en otydlighet i regelverk kring hur och när man kan använda olika slags bygglogistiklösningar och åtgärder. Beroende på åtgärd kommer effekterna på trafikflöde och utsläpp att variera, men en viktig faktor är kravställning på nya former av fordon, lastbärare och annan utrustning. Därtill finns en möjlighet att ställa krav på att flytta över det

långväga godset till sjöfart och/eller räls. Dock för att man ska hinna säkra nödvändiga tillstånd för t.ex. tillfälliga hamnar, behöver man uppmärksamma bygglogistikfrågan tidigt i projekten, redan på planeringsstadiet. Annars minska de alternativa lösningarna och logistiken tvingas in i den traditionella lösningen lastbil. Man behöver också ha en överblick av vilka projekt som är planerade i staden och vilken typ av bygglogistiklösning som beställare/entreprenör har tänkt sig för dessa.

För att en specifik logistiklösning ska kunna accepteras av olika aktörer behövs emellertid en fördjupad och väl förankrad förståelse för hur en lösning samspelar med andra lösningar. Forskning visar att det finns ett behov av att ställa krav på funktion istället för att sätta upp policys och regler. Vidare finns det en otydlighet gällande nyttor och kostnader för bygglogistiken, där man från myndigheters håll gärna skjuter över problemlösning och kostnader på entreprenörerna i en övertygelse om att de ska samordna sig, utan att det finns incitament för dem att göra det.

En annan typ av systembild, beskrivs i figur 5 som bygger på vår studie av byggen i Norrköping och Linköping och mer detaljerat visar hur de olika aktörerna samverkar.



Figur 5: Olika aktörers samverkan i bygglogistik

Det är av vikt att börja analysera byggtransporternas ruttval genom de 4 olika zonerna (se ovan) för att få en bild av vilka sträckor som kommer att påverkas av ett specifikt byggprojekt. Detta är något som bör tas med i framtidens TA-planer. TA-planerna idag tar enbart med eventuella avstängningar och skyltning i zon 1 och ev. zon 2. Att få en bild av byggtransporternas rutter genom alla zonerna gör också att man som kommun kan se var det kan uppstå en kapacitetsproblematik i vägnätet men också om andra verksamheter kommer att påverkas pga. av denna kapacitetsproblematik eller avstängningar. Man bör också avväga att informera verksamheter längs med rutterna för att dessa ska ha en möjlighet att anpassa sina transporter och parkeringar i relation till den ökade trafiken.

Från empirin har vi sett att för att nå en fossilfri bygglogistik med ett minskat antal transporter per bygge och en ökad användning av fossilfria transportalternativ behövs ökad samordning av leveranser, ökade fyllnadsgrader, färre akuttryckningar och färre ineffektiva ad-hoc lösningar. På själva bygget behöver dessutom entreprenadmaskinerna drivas med en högre andel förnybara drivmedel och i framtiden vara helt fossilfria för att de övergripande målen om fossilfrihet ska kunna uppnås. Samtidigt krävs en identifiering av vilka maskiner och fordon som kan bytas ut mot mer energieffektiva nya lösningar - vilket är en dynamisk utveckling som måste följa teknikutvecklingen inom fordonsindustrin. Byggbranschen är liksom transportbranschen i stort beroende av att det finns ett tydligt kravställande avseende fossilfrihet från de som genererar och beställer byggen och transporter och att detta görs tidigt i byggprocessen så att de kommer med som en naturlig del i upphandlingar.

Ytterligare resultat

I förstudien har vi tagit fram underlag för att kunna värdera olika potentiella insatser för att minska CO₂-emissioner från byggtransporter, t.ex.

- Tidigare studier såsom i Norra Djurgårdsstaden visar att antalet lastbilar som anlöper ett byggprojekt kan minskas med 60%. Skanska har i interna studier visat uppåt 80% reduktion. Detta gör att projektet har möjlighet att minska CO₂ utsläppen från byggtransporter upp till ca 60% i närområdet av byggprojektet. Våra preliminära resultat, t.ex. från vårt bygge i Linköping bekräftar den bilden.
- Att som region/stad kontrollera samlastningspunkter så att man kan ställa krav på fordon som går på HVO eller el. Detta gör att man inte bara minskar CO₂ genom färre lastbilar som anlöper byggena, de som anlöper går också på drivmedel som släpper ut betydligt mindre fossilt CO₂, samtidigt som även utsläpp av partiklar och NO_x kan minska. Tack vare sina stora volymer och ständiga närvaro kan en samordnad bygglogistik då blir en plattform för tillämpning av framtida fossilfri teknik.
- Införandet av en logistiklösning som gör att lastbilar inte behöver stå och vänta på att bli inläppta på bygget eftersom deras ankomst är planerad och förberedd gör att man kan minska CO₂ utsläppen från tomgång, men även buller och störning för övrig trafik kring byggplatsen. Ofta står bilarna och väntar 20-30 min.
- Genom att regionen/staden tar ansvar för att samordna bygglogistiken får de också möjlighet att påverka vilka fordon som är på byggarbetsplatsen. Genom aktiv styrning kan dessa i princip bytas ut mot HVO-drivna fordon eller, när tekniken finns, el-drivna fordon, vilket vårt försök med HVO-tank bekräftar.

Nästa steg är att förstå de olika faserna i ett bygge och vilket transportarbete med vilken typ av fordon som används och den förbrukning av fossila bränslen som de orsakar. Det är viktigt för att kunna definiera rätt åtgärder för respektive byggfas. Bilderna nedan är en första sådan analys.

Fossilfri bygglogistik – En förstudie
Fossilfri bygglogistik – En förstudie, september, 2019

	Fas 1. Grävning	Fas 2. Grundsättning	Fas 3. Stomresning	Fas 4. Stomkomplettering	Fas 5. Färdigställande
Entreprenadmaskiner på byggsplatsen CO ₂	Grävare 10 l/tim 9 tim per dag Xxxx tim Kg CO ₂	Grävare 9 tim/dag = XX tim Lull = XX tim Kg CO ₂	Lull 12 tim/dag	Lull 12 tim/dag	Lull 12 tim/dag
Typ av transport Volym Fyllnadsgrad	Massor från bygget Spont Pålar XXX ton 0/100%	Grus & Anläggningsmtrl Betong, Armering Maskinleveranser Xxxx ton 100%/0	Betong Stomelement Maskinleveranser Avfall	Maskinleveranser Byggmaterial Avfall	Byggmaterial Avfall
Typ av bil 1 Antal Leverantörer/bilar Frekvens (tid) Ø Transportavstånd	Schaktbil, 12 ton Xxx 2 månader 30 km	Grusbil m/u släp, 15 ton Xxx 1 mån 25 km	Betongbil 1 3 mån 35 km	Kranbil	Mindre lastbil
Typ av bil 2 Antal Leverantörer/bilar Frekvens (tid) Ø Transportavstånd	Lastbil m släp, följevilar 4	Betongbil 1 3 mån 35 km	Lastbil m släp 4 3 mån 500 km	Lastbil	
Tonkm Antal bilar CO ₂	YYY tonkm Kg CO ₂	YYY tonkm Kg CO ₂	 Kg CO ₂	 Kg CO ₂	 Kg CO ₂

Figur 6. Olika typer av fordon i olika byggfaser.

Med det som grund kan man enligt samma logik definiera vilken typ av åtgärder som kan vidtas i de olika faserna. Se figur nedan.

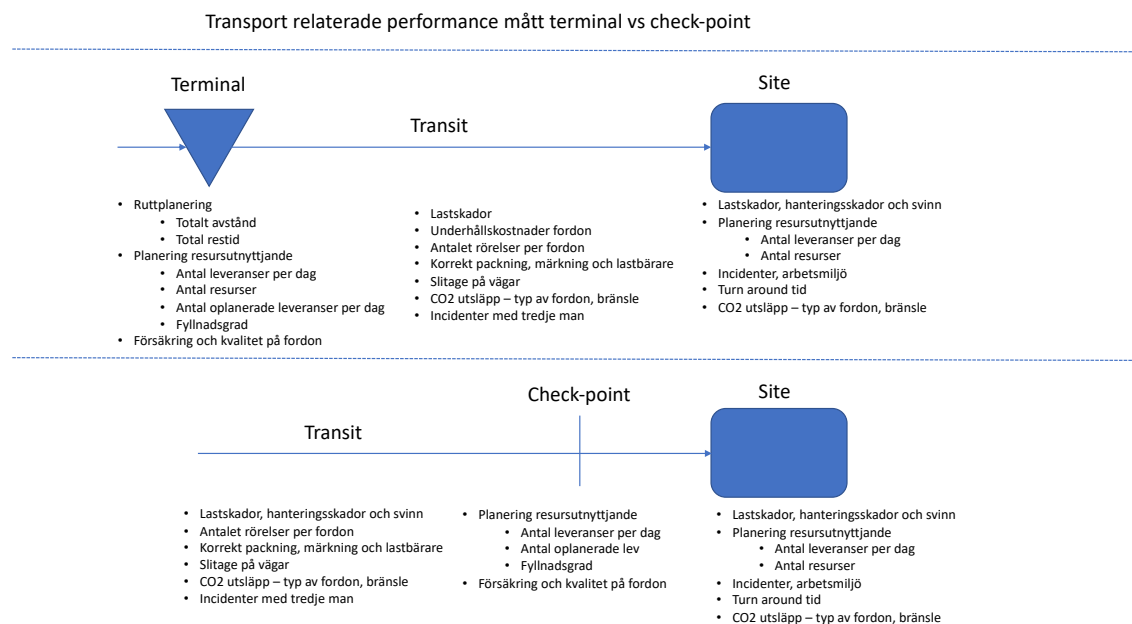
	Fas 1. Grävning	Fas 2. Grundsättning	Fas 3. Stomresning	Fas 4. Stomkomplettering	Fas 5. Färdigställande
Vem kan påverka	Beställare Entreprenörer Transportörer Kommuner	Beställare Entreprenörer Transportörer Kommuner	Beställare Entreprenörer Leverantörer Kommuner	Beställare Underentreprenörer TPL Grossisterna	Beställare Underentreprenörer TPL Grossister
Skapa förutsättningar och regler	Policy 1 Upphandling - Krav	Policy 1 Upphandling - Krav	Policy 2 Upphandling - Krav	Upphandling - Krav	Upphandling - Krav
Bygglogistik	Massbalans	VMI Personalfri mottagning Lossningskalender	Kittning VMI Personalfri mottagning Lossningskalender	Förmontering Kittning VMI Personalfri mottagning Lossningskalender	Förmontering Kittning VMI Personalfri mottagning Lossningskalender
Krav på bränsle och Fordon	Bränsle Tillgänglighet	Bränsle Tillgänglighet	Bränsle Tillgänglighet Intermodalitet (stomelement)	Fordon	Fordon
Transportplanering	Vägval Lokalisering av tåktär När i tiden, på dagen	Vägval Transportavstånd	Vägval Transportavstånd Lastbärare Returtransporter	Returtransporter Samlastning	Returtransporter Samlastning
Potential % CO ₂	Kg CO ₂	Kg CO ₂	Kg CO ₂	Kg CO ₂	Kg CO ₂

Figur 7, Typ av åtgärder för att minska CO₂-emissioner per byggfas

För att ytterligare bryta ner modellen har vi tagit i parallellt examensarbeten (Naz, 2019) fått fram en uppsättning av mått för att mäta transporteffektiviteten inom bygglogistiken där vi även, baserat på den data som finns tillgänglig, utvärderat en terminallösning och en check-point lösning. Se figur 8 nedan.

Noterat i förstudien är även att byggbranschen förefaller vara mer öppna än många andra branscher när det gäller att pröva nya metoder. Anledningen tror vi är att man är mer lokalt styrda och verksamheten sker nästa uteslutande i projektform. projektstyrda och mindre låsta till stora optimerade system, jämfört med t.ex. tillverkningsindustrin. Det innebär att nya metoder inte stör det totala upplägget på samma sätt som i tillverkningsindustrin, där verksamheten ofta består av optimerade stora och centralt styrda system, där en lite förändring ofta för konsekvenser för systemet som helhet och därför kräver nya systemanalyser, vilket är ett omfattande arbete. I byggindustrin finns redan från början marginaler för oförutsedda händelser och processerna är inte helt standardiserade – vilket ger ett bra klimat för att testa olika upplägg.

Som en viktig del i att åstadkomma en fossilfri bygglogistik är att kunna mäta transportpåverkan ett byggprojekt ger. Därav har vi i projektet börjat utveckla en konceptuell modell innehållande mått för byggtransporterna. Dessa mått försöker ta en helhetsbild av transporteffektiviteten i byggbranschen. Målet med dessa är också att visa för olika aktörer kopplade till bygglogistiken att byggtransporterna har många olika sätt att påverka olika aktörers arbete och vardag. Vidare har vi också identifierat vilken data som behövs för att börja mäta dessa mått och konstaterat att man idag inte har sådan data tillgänglig på ett enkelt sätt i byggbranschen. Idag kan en platschef eller beställare inte säga hur många transporter bygget genererar! Och därmed kan man inte heller säga vilken exakt påverkan olika åtgärder har.



Figur 8, Mått för att mäta transporteffektivitet i bygglogistik. Källa. Naz, 2019

För att kunna göra generella beräkningar av påverkan från ett byggprojekt utgår vi från antal BTA (Brutto Total Area) som olika typer av projekt leder till och transporter per BTA (Examensarbete: Svensson & Nilsson, 2019), se figur nedan.

Tabell 1. Leverans per BTA.

Källa	Ekeskär & Rudberg (2016)	Edén & Sundelin (2012)	Bergmans (2016)	Stockholm Stad (2019a)	Brunge (2013)	Svensk Bygglogistik (2018)
Transport per BTA	0,45	0,97	0,31	[0,57: 0,7]	0,33	0,5
Reliabilitet	Uppskattat värde - baserat på antaganden	Uppskattat värde - baserat på prognos	Uppskattat värde - baserat på antaganden	Uppskattat värde - baserat på antaganden	Definitiv uppgift.	Prognos uppskattad av yrkesmän.

Tabell 1. Fastighetstyper på 6000 m2 med 1000 m2 källaryta, totalt 7000 m2

	Bostad	Kontor	Hotell	Sjukhus
Antal Transporter [st]	2400	1800	3800	6420
Transport per BTA [st/m ²]	0,34	0,26	0,54	0,92

Kommentar: Uppgifter baserade på Svensk Bygglogistik (2019)

Tabell 2. Fastighetstyper på 49 250 m2 med 10 000 m2 källaryta, totalt 59 2500 m2

	Bostad	Kontor	Hotell	Sjukhus
Antal Transporter [st]	20 775	15 850	32 625	53 773
Transport per BTA [st/m ²]	0,35	0,27	0,55	0,91

Kommentar: Uppgifter baserade på Svensk Bygglogistik (2019)

Figur 9, Antal BTA per typ av bygge och transporter det ger upphov till

Målet för vidare studier är att identifiera transportgrafer för de olika faserna av ett byggprojekt samt samla in data

Bidrag till Triple F

Projektet bidrar till det svenska godstransportsystemets omställning till fossilfrihet enligt följande:

- (1) Ett mer transporteffektivt samhälle;
 - a. Det här projektet kommer att möjliggöra bättre samordning av byggtransporter, vilket innebär att fyllnadsgraden i transporterna kommer att gå upp och att det därmed kommer att behövas färre transporter. Det kommer också att möjliggöra uppföljningen av transportpåverkan av ett byggprojekt vilket gör att vi kan börja arbeta med systematiska förbättringar. Detta bidrar till reduktion av CO₂.

- (2) Överflyttning till energieffektiva och fossilfria fordon och farkoster;
 - a. Projektet kommer att möjliggöra kravställning på fordon och transportsätt samt att ”sista milens” problem potentiellt kan minska drastiskt för byggtransporter i och med att denna kan köras med förnybara drivmedel. Genom att inkludera byggtransporterna tidigare i planeringen av byggprojekt kommer också nya möjligheter för alternativa transportmedel att möjliggöras. Dessa åtgärder bidrar till såväl omställning till fossilfritt samhälle som reduktion av CO₂.

- (3) Ökad andel förnybara drivmedel
 - a. Eftersom detta projekt kommer ge region/stad verktyg att styra och kontrollera byggtransporterna kan det kräva fordon med förnybara drivmedel och den mängden kommer därmed att öka. Detta bidrar till omställning till fossilfritt samhälle. Vi kommer också att visa på möjligheten att som beställare tillgängliggöra alternativa drivmedel som på ett sätt ökar andelen men också minska sträckan körd.

I termer av CO₂-reduktion, så har vi i förstudien inte beräknat antal CO₂-ekvivalenter kvantitativt. Men vi har sett att antal bilar som anlöper till ett bygge, och därmed CO₂-emissionerna kan minskas med c:a 60% (vilket bekräftar tidigare studier). Försöket med HVO-tank på ett bygge indikerar en potential till 90% minskning av CO₂-emissioner för aktuella entreprenadmaskiner. Genom att skapa ett för staden eller regionen gemensamt system för bygglogistik så kan transporterna till och från byggarbetsplatsen effektiviseras och CO₂-emissionerna minimeras. Detta kommer att ske genom ökad samordning mellan olika byggprojekt och mellan olika aktörer inom ett byggprojekt, med målet att kunna testa mer miljövänliga och emissionsfria fordon. Vi har i förstudien identifierat dessa aktörer och deras roller i för att i olika byggfaser kunna minska användningen av fossila bränslen.

Det gör att vi idag har en bättre kunskap om hur man i framtiden ska kunna introducera helt fossilfria transporter för vissa typer av leverans till byggen. Genom konsolidering och samlade volymer, kommer logistiksystemet att bidra till minskade CO₂-emissioner, men framförallt fungera som en plattform för ny fossilfri fordonsteknik. Denna typ av kunskap tar tid att både bygga upp och sprida, och huvudstudien ger goda förutsättningar för långsiktig kunskapsuppbyggnad bland projektets medlemmar. Den kunskap som projektet ger riktar sig främst till aktörer i byggsystemet, vilket omfattar fastighetsägaren, byggherrar, entreprenörer och transportföretag men även indirekt till (policy-skapare, men jag kommer inte på bra begrepp).

Nyttiggörande

Inom ramen för Logistikkluster i Region Östergötland sker det en aktiv informationsspridning i form av artiklar, pressreleaser, nyhetsblad, konferenser och seminarier, där kommuner, byggherrar, logistikföretag, tillverkare av byggmaterial m.fl. ingår. Det första seminariet om Bygglogistik hölls den 6 november 2018 och fick ett väldigt stort gensvar hos regionens olika aktörer.

Utöver detta har vi drivit Erfa-gruppen med olika aktörer (se ovan), vilket har lett fram till den konkreta åtgärden att placera en temporär HVO-tank för användning vid ett större byggprojekt i Linköping. Under byggprojektens tidiga faser finns ett stort antal högförbrukande dieseldrivna maskiner och fordon på arbetsplatsen. Vi vet idag att kravställningen från byggherrar ofta inte omfattar krav på fossilfria transporter eller över huvud taget krav på redovisning av CO₂-påverkan från logistiken, trots att byggtransporter står för en stor andel av de totala transportererna i staden.

Med ett första pilotprojekt har vi skapat möjligheterna för företaget Energifabriken att ställa ut en temporär tank för HVO-tankning på arbetsplatsen. Den HVO som används (Neste My som framställs av vegetabiliska och animaliska fetter, t ex slakteriavfall), är helt förnybar som ger upp till 90% lägre utsläpp av växthusgaser (CO₂). Det kan blandas med vanlig diesel och tankas av de flesta dieselfordon, och ger därmed lägre underhållskostnader jämfört med andra förnybara alternativ. Ingen modifiering av motorer behövs, det är bara att tanka och köra, vilket är viktigt för acceptansen hos byggföretagen och transportörerna. En viktig aspekt av att ha denna på plats är att man, förutom ett bättre bränsle, även kommer att minska antalet körda kilometer för att tanka.

För det aktuella bygget, Ebbepark i Linköping, finns det 6 grävmaskiner som kör 9 timmar per dag och ett antal dieselaggregat. Grävmaskinerna förbrukar ca 10 liter i timman och skulle dessa tankas med HVO skulle det för en byggtid på ett år innebära en potential att minska CO₂ utsläppen med 450 ton. Nu drivs en tank på plats som ett pilotprojekt för att visa på potentialen och identifiera svårigheter. T.ex. har det varit svårt att identifiera vilken aktör som ska ta den ökade kostnaden om 1 kr/liter, vilket påvisar avsaknaden av systemanalyser och behovet att värdera den samhällsekonomiska nyttan av minskade CO₂-emissioner med mot den företagsekonomiska lönsamheten. Vidare är det också av vikt att utreda hur man från beställarsidan och myndighetssidan kan ställa krav på att denna typ av åtgärder används.

Pilotprojektet med en HVO-tank har väckt mycket stor uppmärksamhet och kommer att fördjupas i förstudien och utvecklas till ett normativt case med riktlinjer för hur en sådan åtgärd kan implementeras på olika typer av byggplatser och vilken effekt i form av mindre CO₂-emissioner det kan förväntas leda till. I denna del kommer vi också ha gemensamma workshop mellan Trafikverket, Projekt Ostlänken och Ebbepark för att föra över kunskap om hur man får med denna typ av krav i upphandlingen och effekterna av att som beställare lägga sig i hur man organiserar bygglogistiken i projekten.

Som del i projektet identifierar vi också mått för att mäta CO₂-utsläppen från byggtrafiken genom att mäta transporteffektiviteten i transporter till och från byggarbetsplatsen. Här studerar vi just nu skillnaderna mellan att använda sig av en check-point eller en terminal. Beräkningar kommer att göras på två olika projekt där respektive lösning används. Vidare har vi också som en del i projektet besökt Umeå och byggnationen av Norrlands Universitets Sjukhus (NUS) och studerat den bygglogistiklösning som finns där. Baserat på denna lösning har potentialer för att minska byggtransporternas CO₂-utsläpp identifierats.

Samhällsnyttan med bygglogistik består i mer hållbara och trivsamma städer till följd av färre transportrörelser i städerna och en utveckling mot fossilfria transporter. Det har vi sett i tidigare citylogistikprojekt och logistiska analyser som bygger på en systemansats och som resulterat i mindre transportarbete och lägre CO₂-emissioner. I regionen ser man bygglogistik som ett prioriterat område som behöver utvecklas betydligt i framtiden. Därför har projektet varit en viktig del i den regionala utvecklingsplan mot fossilfrihet som Logistikkluster i Östergötland utvecklar. Projektet är således en viktig del i den regionala utvecklingen.

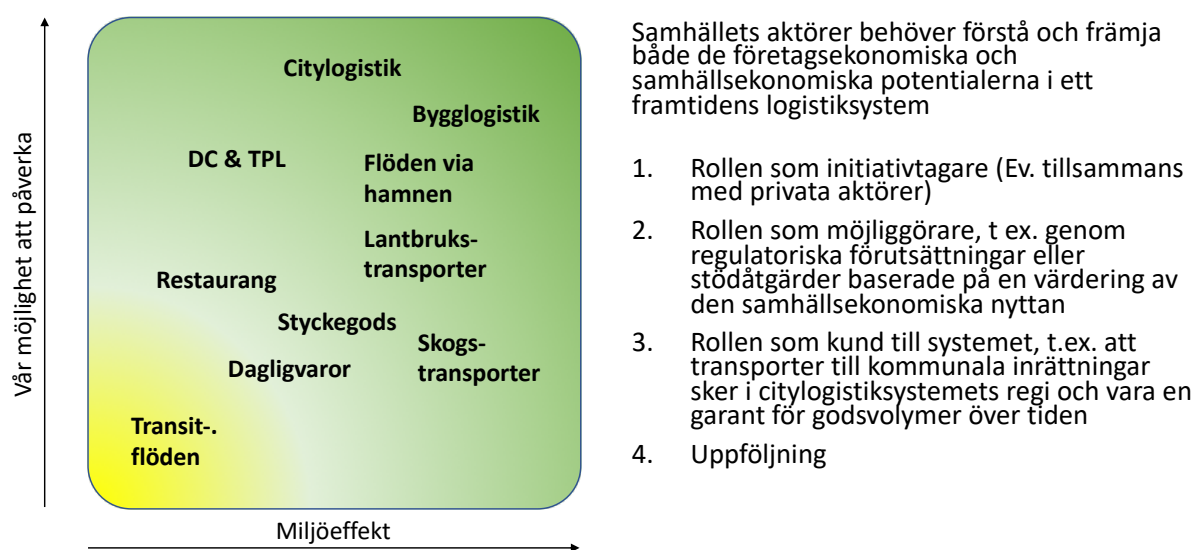
Projektet är unikt såväl praktiskt som akademiskt. Akademiskt samarbetar två akademiska discipliner, som var för sig är förhållandevis sällsynta. Med expertis inom bygglogistik och miljölogistik/citylogistik har projektet haft unika förutsättningar för att studera miljökonsekvenser inom hela byggsystemet, där olika företagsperspektiv inryms (framförallt byggtreprenörens, transportörernas och stadens perspektiv). Internationellt sett är projektet inte unikt till sitt innehåll och sin övergripande frågeställning, men projektets konstellation ger unika förutsättningar. Det är också ovanligt att lyckas samla en så bred grupp praktiker som deltagit i projektet. Detta har varit kritiskt för att belysa olika aktörers perspektiv och problemområden, vilket i hög grad bidragit till de systemmodeller som förstudien kan presentera.

Forskningsmässig har samverkan skett inom två områden, Citylogistik och Bygglogistik, där det finns etablerade projekt som har såväl nationella som internationella kopplingar. Inom citylogistik sker samverkan med två projekt som drivs av LiU-IEI och som är finansierade av Energimyndigheten respektive av Kampradstiftelsen. Båda dessa har ett tydligt miljöfokus och tar fasta på hur system för citylogistik kan byggas upp och vilken roll olika aktörer har. Inom bygglogistik finns en direkt koppling till projekt, t.ex. MIMIC och Störningsfri stad, som berör logistiken på byggarbetsplatsen och hur dessa ska styras i framtiden, vilket är viktigt för att förstå logistikbehovet i olika faser av ett byggprojekt. Fördelen med den här samverkan är att vi i det här Triple-F-projektet kan utgå från den kunskap som genereras i bygglogistik- och citylogistikprojekten kan tillämpas i Triple-F-projektet, vilket gör att vägen till tillämpbara resultat blir kortare.

Dessa nyttor kommer att fördjupas och konkretiseras ytterligare i den huvudstudie som följer på den här förstudien.

Diskussion

Projektet avser att leda till att minska emissioner från bygglogistik i en stad samt att påskynda utvecklingen mot fossilfria byggtransporter. En viktig frågeställning i den utvecklingen är hur samhället kan påverka miljöeffektivitet i olika typer av logistiksystem och mer specifikt i bygglogistiksystemet. I arbetet med utveckling av en regional utvecklingsplan för fossilfri logistik som bedrivs av Logistikkluster Östergötland parallellt med det här projektet har vi kommit fram till att bygglogistik tillhör de logistiksystem som samhället, t.ex. kommuner, har störst möjlighet att påverka. Se figur nedan.



Figur 10, Samhällets möjlighet att påverka miljöeffektivitet

Kommunernas och regionens betydelse får inte underskattas

I de allra flesta system som påverkar godsflödena enligt ovan har kommunerna eller det offentliga en direkt eller indirekt påverkan på hur godsflödena utformas och vilka krav som kan ställas på dem. Oavsett om kommunen eller det offentliga själva är aktiva i det aktuella logistiksystemet eller inte, så har de väldigt viktiga roller i utvecklingen mot fossilfria transporter och mer effektiv logistik – roller som man inte har utvecklat fullt ut, vilket leder till begränsningar i utvecklingen mot fossilfria godstransporter.

Precis som i citylogistiksystemen finns det en otydlighet gällande samhällsekonomiska nyttor och företagsekonomiska kostnader för bygglogistiken, där man från myndigheters håll gärna skjuter över kostnaderna på entreprenörerna med tron att de ska samordna sig, utan att det finns incitament för dem att göra det. Ska byggtransporterna ställas om till fossilfrihet måste det finnas tydliga krav från beställare och myndigheter. Men eftersom de stora vinsterna finns hos myndigheterna i form av mindre påverkan på tredje man (t. ex. minskade utsläpp och buller), måste det finnas en balans mellan den samhällsekonomiska nyttan i form av lägre CO₂-emissioner och entreprenörernas incitament att bidra till en sådan samhällsnytta.

Kommuner behöver förstå och främja både de företagsekonomiska och samhällsekonomiska potentialerna i ett framtidens bygglogistiksystem och sätta sig in i tre olika roller parallellt:

1. Rollen som initiativtagare (Ev. tillsammans med privata aktörer)
2. Rollen som möjliggörare, t ex. genom regulatoriska förutsättningar eller stödåtgärder baserade på en värdering av den samhällsekonomiska nyttan
3. Rollen som kund till systemet, t.ex. att transporter till kommunala byggen sker inom ramen för det bygglogistiksystem som man bygger upp i en region.

Här ingår att kommunerna utvecklar sin logistikkompetens och tar en mer aktiv roll i hur logistiken ska fungera i städerna, eftersom åtgärder som ska leda till fossilfrihet inte enbart kan lämnas till marknadskrafterna att utveckla. De företagsekonomiska värdena är ofta inte tillräckligt stora och marknaden är ytterst marginell. Denna problematik underskattas i många fall utifrån en övertro på näringslivets förmåga och möjligheter att driva system som syftar till samhällsnytta. Det privata näringslivet kan inte driva företag som bara genererar samhällsekonomisk nytta utan är helt beroende av att det finns en marknad där man kan driva ett affärsmässigt och ekonomiskt hållbart företag. Oavsett bransch behövs det ofta en samordning av gods från flera olika transportörer för att volymerna ska bli tillräckligt stora både för att klara investeringar och för att uppnå en tillfredställande fyllnadsgrad i distributionsbilarna. I de allra flesta städer så finns det stora samhällsekonomiska potentialer i en bättre samordning av volymerna, vilket också skulle skapa bättre förutsättningar för en företagsekonomisk lönsamhet för den eller de aktörer som sköter citydistribution i olika branscher.

Idag finns ingen kunskap som med ett systemsynsätt beskriver och förklarar hur bygglogistiken i en stad är uppbyggd – på så sätt är det ny kunskap och ett unikt projekt. I termer av tillämpning handlar om det att anpassa kända logistiklösningar, t.ex. från citylogistikforskningen, i en ny kontext, vilket kommer att öka projektets möjligheter att gå från modell till implementering. Det sker idag ingen systematisk samordning mellan kommuner och byggherrar, eller mellan olika byggherrar – det saknas såväl incitament som systemkunskap. Precis som inom området Citylogistik saknas det modeller för hur kommuner ska kunna påverka det totala transportarbetet som sker i en kommun och vilka CO₂-emissioner det ger upphov till.

Efter tillståndsgivning till ett bygge så finns det ingen kunskap om - och därför ingen styrning av hur logistiken fungerar totalt sett för kommunens eller regionens transporter. Detta är en mycket viktig del i den systemkunskap som projektet kommer att bidra med och en förutsättning för att i andra projekt kunna utforma policys och riktlinjer för bygglogistik. En viktig slutsats är därför att om byggtransporterna ska ställas om till fossilfrihet måste det finnas tydliga krav från beställare och myndigheter. Men eftersom de stora vinsterna finns hos myndigheterna i form av mindre påverkan på tredje man (t ex minskade utsläpp och buller), måste det finnas en balans mellan den samhällsekonomiska nyttan och entreprenörernas incitament att bidra till en sådan samhällsnytta. Samma logik finns inom det angränsande området Citylogistik (Björklund et al., 2017), där systemanalyser är avgörande för att kunna definiera roller mellan kommuner, transportörer, byggherrar, entreprenörer, m.fl. som är delaktiga i ett bygglogistiksystem.

När det gäller samhällets påverkan har vi noterat följande kopplat till bygglogistik:

- Det finns en otydlighet gällande samhällsekonomiska nyttor och företagsekonomiska kostnader för bygglogistiken
- Myndigheterna måste ta systemansvaret med en bättre total planering av byggtransporter i staden. Från myndigheters håll skjuter man över ansvaret på entreprenörerna med tron att dom ska samordna sig, utan att det finns incitament för dom att göra det.
 1. Steg 1 är en koordinering av befintliga byggen och reglering av vilka vägar som får användas under olika perioder, samt när olika byggen ska starta i relation till varandra (Zon 3) ("Störningsfri stad")
 2. Transporterna av grus- och anläggningsmaterial behöver drivas med förnyelsebara drivmedel och i framtiden vara helt fossilfria
 1. På bygget behöver entreprenadmaskinerna drivas med förnyelsebara drivmedel och i framtiden vara helt fossilfria
 3. Ska byggtransporterna ställas om till fossilfrihet måste det finnas tydliga krav från beställare och myndigheter (Zon 3 och 4)
 4. Byggelement behöver i större utsträckning fraktas med båt istället för med lastbil från Polen och Baltikum (Zon 4)
 5. Kommunen behöver göra en helhetsplanering av samtliga byggen som pågår samtidigt för att möjliggöra samplanering, ruttning genom staden, bättre fyllnadsgrader, färre akuttryckningar och färre ineffektiva ad-hoc lösningar. mindre köbildningar, möjlighet till förnyelsebara drivmedel (Zon 3)

Nästa steg

Nästa steg är att direkt efter att förstudien är avslutad påbörja den beviljade huvudstudien där vi ska undersöka möjligheterna till att:

1. Samordna av byggen i en gemensam bygglogistiklösning för en stad, vilket i sin tur ger förutsättningar för effektivare transporter
2. Minska CO₂-emissionerna från den tunga byggtrafiken genom användning av förnyelsebara drivmedel där de gör mest nytta
3. Utvärdera förutsättningar för en omställning till helt fossilfria byggtransporter

Målet är att med systemanalys som grund öka kunskapen om systemets samlade byggtransporter och baserar på detta ta fram en kravplattform för en ”fossilfri bygglogistik”. Det studerade systemet beskrivs i figur 2. Kravplattformen är tänkt att fungera som stöd för en omställning till fossilfria byggtransporter genom att:

- Kombinera effektiv bygglogistik med systematisk samordning mellan olika aktörer, t.ex. kommuner och byggherrar, och mellan olika byggherrar.
- Praktiskt användbara modeller för hur användningen av förnyelsebara drivmedel ska kunna maximeras och hur omställningen till fossilfria godstransporter ska gå till
- Relation mellan samhällsnytta i form av t.ex. lägre CO₂-emissioner och företagsekonomisk lönsamhet

Med det som grund är ambitionen att besvara frågeställningar som:

- Hur ser potentialerna med samordnad bygglogistik ut och vad krävs för att hämta hem dessa?
- Vilka metoder/lösningar är användbara för att nå målet om fossilfrihet?
- Hur ser rollerna mellan kommuner, transportörer, byggherrar, entreprenörer, m.fl. som är delaktiga i ett bygglogistiksystem ut, och behöver dom förändras för att uppnå fossilfrihet?

Huvudstudien är en samverkan mellan två avdelningar på Linköpings universitet Bygglogistik vid ITN i och Logistik- & Kvalitetsutveckling vid IEI, VTI och en lång rad partners och intressenter, som representerar de viktigaste intressenterna i ett bygglogistiksystem för en stad.

Referenser

Aronsson, H. & Hüge-Brodin, M., 2006. Environmental impact of changing logistics structures – in search for key components, in the International Journal of Logistics Management, Vol. 17, No. 3, pp 394-415.

Bergman, 2016. Bygglogistikcenter i Norra Djurgårdsstaden – delavstämning. Rapport från Stockholms stad

Björklund, M., Abrahamsson, M. & Johansson, H., 2017. Critical factors for viable business models for urban consolidation centres, Research in Transport Economics, vol 64, pp 26-47

Churchman, C. W. (1968), The Systems Approach. Dell publishing, New York

Cronemyr, P., Navarro, P. & Hüge-Brodin, M, Introducing process management for greening transport companies, 4th International Workshop on Sustainable Road Freight, Cambridge University, UK, December 2017.

Dubois, A., Hulthén, K. & Sundquist, V., 2019. Organising logistics and transport activities in construction. <https://doi.org/10.1108/IJLM-12-2017-0325>

Fufa, S. M., 2018. GHG emission calculation from construction phase of Lia barnehage, Sintef Academic Press

Hüge-Brodin, M., Sallnäs, U. & Karlsson, M. (2015) Sustainable Logistics Service Providers: A strategic perspective on green logistics service provision. *Proceedings from the 20th Annual LRN Conference*, Derby, UK.

Janné, M., Fredriksson, A., 2018. Problems and solutions in urban construction logistics. Department of science and technology. LiU-ITN-TEK-A—18/001 –SE

Lundesjö, G., 2015. Supply chain management and logistics in construction: Delivering tomorrow's built environment. London

Martinsen, U.; Hüge-Brodin, M., 2014. Environmental practices as offerings and requirements on the logistics market, Logistics Research, Volume 7, Issue 1.

McKinnon, A., 2018. Decarbonizing Logistics. Distributing goods in a low-carbon world, London: KoganPage

McKinnon, A.C., 2003. Logistics and the Environment, chapter in Henscher, D.A. and Button, K.J. (eds), Handbook of Transport and the Environment, Handbooks in Transport volume 4, Elsevier Ltd, Oxford, UK.

Naz, F., 2019, Developing transport performance measures for construction logistics solutions,

Master Thesis, Linné Universitet

SGU, 2016, Grus, sand och krossberg 2015, Periodisk publikationer 2016:3

SGU, 2016, Grus, sand och krossberg 2017, Periodisk publikationer 2018:2

Sundquist, V., Gadde, LE. & Hulthen, K., 2018. Reorganizing construction logistics for improved performance. Construction management and economics. Routledge, Taylor and Francis Group.

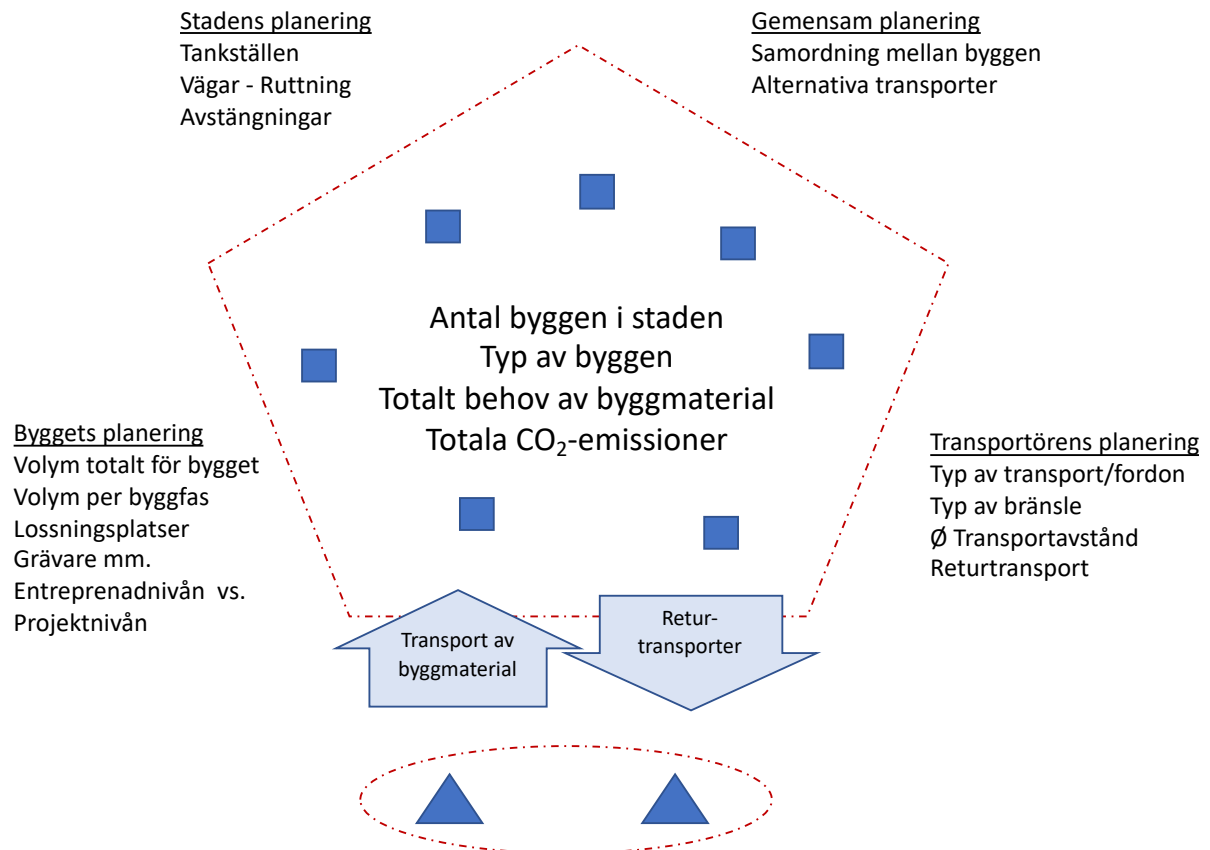
Svensson, O. och Nilsson, R., 2019, Utveckling av ett ramverk för bygglogistikanalyser - En bygglogistikanalys av Väsjöprojektet i Sollentuna, Kandidatuppsats, Linköpings universitet

Trafikanalys 2016. Godstransportflöden - Analys av statistikunderlag Sverige 2012-2014. Stockholm.

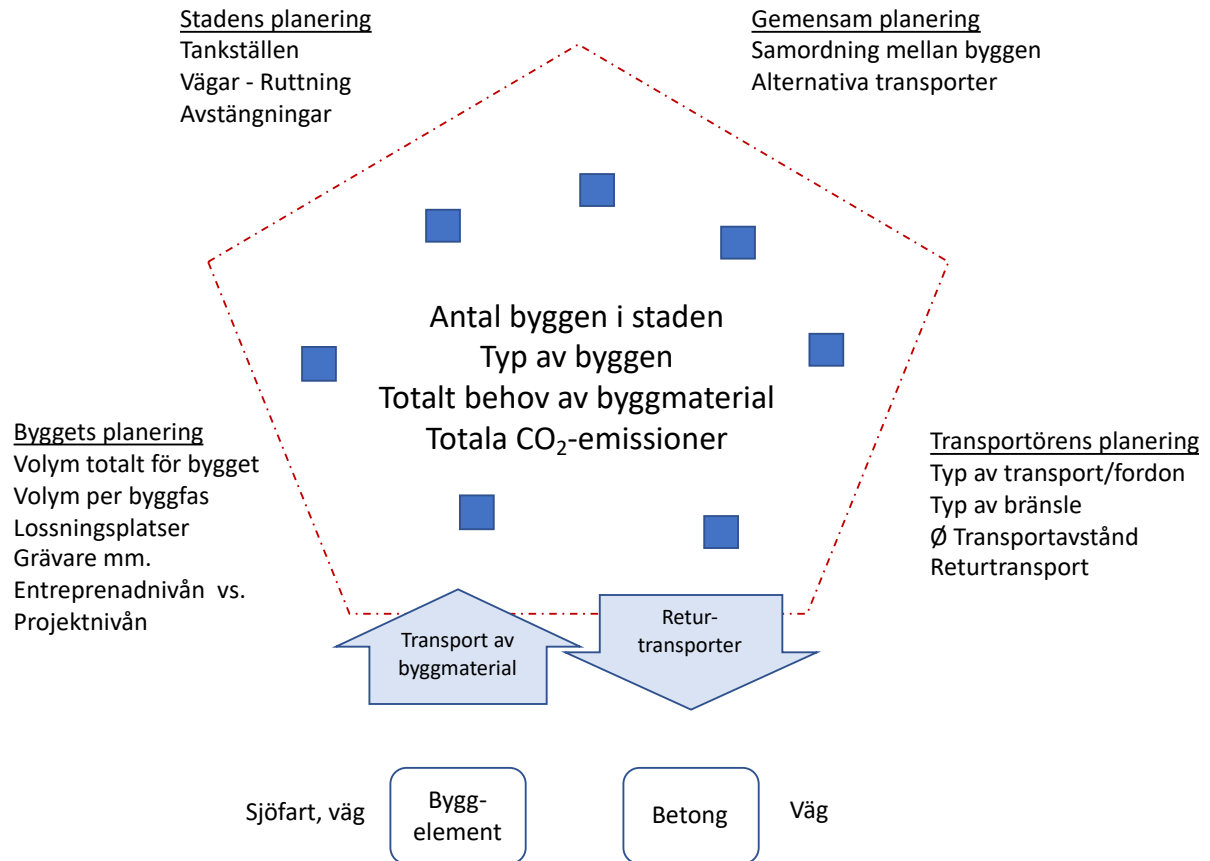
Treiber, A., Bark, P., 2016, Energieffektiva transporter av massgods i stora tätorts-områden och storstäder, TFK-Rapport 2016:3.

Bilagor

Systembild för byggfas grundläggning



Systembild för byggfas stomresning



Systembild för byggfas färdigställande

