

Hur ska vi få råd att elektrifiera byggtransporter?

Slutrapport

Electrified and Efficient Construction Transport (ELECTRA)



Författare: Anna Fredriksson, Carl Henrik Häll, Mats Janné, Fredrik Dunér,
Rickard Malm, Lars Bern

Datum: 2023-10-30
Projekt inom FFI Energi & Miljö

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning.....	3
2	Executive summary in English	4
3	Bakgrund.....	5
4	Syfte, forskningsfrågor och metod.....	6
5	Mål.....	7
6	Resultat och måluppfyllelse.....	7
6.1	Nuvarande sätt att organisera masstransporter	8
6.1.1	Fordon	9
6.1.2	Uppdrag.....	9
6.1.3	Laddinfrastruktur	10
6.2	Förändringar som möjliggör ökad transporteffektivitet och utnyttjandegrad....	10
6.2.1	Planering som ett sätt att öka transporteffektiviteten	11
6.2.2	Temporär laddinfrastruktur och planering av effektoppar.....	14
6.2.3	Masslogistikcenter som ett sätt att öka transporteffektivitet.....	15
7	Diskussion av svårigheterna och möjligheterna med att elektrifiera.....	16
7.1	Aktörer – planering och behovet av förutsägbarhet.....	16
7.2	Planering av utnyttjandegrad.....	18
7.3	Laddinfrastruktur.....	19
7.4	Planering av fordonen.....	20
8	Slutsatser och rekommendationer.....	21
9	Spridning och publicering.....	24
9.1	Kunskaps- och resultatspridning.....	24
10	Deltagande parter och kontaktpersoner.....	25
11	Referenser	26
12	Bilaga – Underlag intervjuer och diskussion av möjligheter och svårigheter att elektrifiera byggtransporter.....	27
	Frågeformulär	27
	Resultat.....	27

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

För att nå lokala, regionala och nationella miljömål samt FN:s globala klimatmål 2030 krävs en kraftig minskning av koldioxidutsläpp och andra växthusgaser. Bygg- och anläggningssektorn i Sverige har enats om en gemensam färdplan med mål att minska utsläppen av växthusgaser med 50% till 2030 och nå nettonollutsläpp år 2045. En betydande och resurskrävande del i byggprocessen utgörs av transporter till och från byggarbetsplatser. Transporter och arbeten som utförs i byggsektorn (på, till och från byggarbetsplatsen), som i relation till byggnadernas klimatpåverkan och energianvändning många gånger är en bortglömd miljöfråga. Projektet ELECTRA syftar till att öka kunskapen kring de systemförändringar som krävs i urban miljö baserat på införandet av en koordinerad planering och optimering av elektrifierade transportfordon och arbetsmaskiner i byggbranschen, samt att identifiera nya förutsättningar och affärsmodeller som omställningen kommer kräva.

Alla aktörer som i projektet är eniga om att elektrifiera ska vi. Dock visar projektet med tydlighet att det är inte så enkelt som att bara byta till elektriska fordon, i alla fall inte om vi ska ekonomisk hållbarhet. I förhållande till långväga transporter innebär masstransporterna ofta relativt korta rutter som möjliggör laddning på depå under natt.

Att elektrifiera masstransporter är både enkelt och svårt. I rapporten förklarar vi varför och presenterar några möjligheter för att nå ekonomisk hållbarhet i ett elektrifierat bygg och masslogistiksystem. Det som gör det svårt är dagens brist på planering av fordon, laddinfrastruktur och byggprojekt. Det som gör det svårt är strukturella frågor såsom:

- Många små aktörer – hur ska dessa ha råd att göra investeringar
- Korta kontrakt – hur ska aktörerna våga göra investeringar
 - Ej säker på hur länge just detta fordon behövs
- Ej samordnad planering mellan olika aktörer – svårt att nå hög utnyttjandegrad och transporteffektivitet
- Ett utpräglat beställarsystem med många traditioner
 - Vana att inte behöva planera transporter (alla)
 - Vana med varierande typer av uppdrag (transportörerna)
 - Vana av att inte behöva förstå hur det operationella är utformat (kommuner och beställare)
 - Övana att behöva tillhandahålla rätt förutsättningar för transporteffektivitet (entreprenörer, fordonstillverkare och beställare)

Tre områden har identifierats ha stor påverkan på hur vi ska genomföra transitionen till ett elektrifierat bygg och masslogistiksystem. Aktörernas roller för att skapa förutsägbarhet och planera, hur vi ska förhålla oss till laddinfrastruktur (fast eller temporär, publik eller privat och bokningsbar eller ej) samt hur vi kan stötta planeringen för hög utnyttjandegrad och transporteffektivitet. Om vi ska lyckas med att elektrifiera masstransporterna måste fokus ligga på att möjliggöra en ökad nyttjandegrad (av både fordon och laddinfrastruktur) och transporteffektivitet samt att den kan säkerställas över en längre tid. Investeringar i högeffektladdare och ellastbilar behöver betala sig och då är hög nyttjandegrad en förutsättning för att nå lönsamhet. Här behöver aktörer såsom kommuner, beställare och entreprenörer ta mer ansvar för att skapa förutsättningar genom längre kontrakt och mer långsiktig planering.

För att lyckas kommer vi behöva planera mer och bättre. På strategisknivå gällande lokalisering av laddinfrastruktur och kapacitet i elnätet. På taktisknivå gällande matchning mellan typ av fordon och typ av projekt. På operativ nivå gällande ruttplanering och laddintervall. För att kunna planera bättre behöver vi tillgång till data av hög kvalitet och i stor mängd. För att nå denna data behöver vi ökad datadelning mellan aktörerna och större krav på digitalisering av transport och byggbranschen.

2 Executive summary in English

In order to reach local, regional and national environmental goals as well as the UN's global climate goals in 2030, a sharp reduction in carbon dioxide emissions and other greenhouse gases is required. The building and construction sector in Sweden has agreed on a common roadmap with the goal of reducing greenhouse gas emissions by 50% by 2030 and reaching net zero emissions in 2045. A significant and resource intensive part of the construction process consists of transport to and from construction sites. Transport and work carried out in the construction sector (on, to and from the construction site), which in relation to the buildings' climate impact and energy use is often a forgotten environmental issue. The ELECTRA project aims to increase the knowledge about the system changes required in an urban environment based on the introduction of coordinated planning and optimization of electrified transport vehicles and work machines in the construction industry, as well as to identify new conditions and business models that the transition will require.

All actors in the project agree that we must electrify. However, the project clearly shows that it is not as simple as just switching to electric vehicles, at least not if we want financial sustainability. In relation to long-distance transports, mass transports often involve relatively short routes that enable charging at the depot during the night.

Electrifying mass transport is both easy and difficult. In the report, we explain why and we present some possibilities for achieving financial sustainability in an electrified building and mass logistics system. What makes it difficult is today's lack of planning for vehicles, charging infrastructure and construction projects. What makes it difficult are structural issues such as:

- Many small players - how can they afford to make investments
- Short contracts - how should the actors dare to make investments
 - Not sure how long this particular vehicle is needed
- Non-coordinated planning between different actors – difficult to achieve a high degree of utilization and transport efficiency
- A distinct ordering system with many traditions
 - Used to not having to plan transport (all)
 - Accustomed to various types of assignments (the carriers)
 - Used to not having to understand how the operational is designed (municipalities and clients)
 - Unaccustomed to having to provide the right conditions for transport efficiency (contractors, vehicle manufacturers and clients)

Three areas have been identified as having a major impact on how we will carry out the transition to an electrified building and mass logistics system. The actors' roles in creating predictability and planning, how we should relate to charging infrastructure (permanent or temporary, public or private and bookable or not) and how we can support planning for high levels of utilization and transport efficiency. If we are to succeed in electrifying mass transport, the focus must be on enabling an increased degree of utilization (of both vehicles and charging infrastructure) and transport efficiency, and that it can be ensured over a longer period of time. Investments in high-power chargers and electric trucks need to pay off, and then a high degree of utilization is a prerequisite for achieving profitability. Here actors such as municipalities, clients and contractors need to take more responsibility for creating conditions through longer contracts and more long-term planning.

In order to succeed, we will need to plan more and better. At a strategic level regarding the location of charging infrastructure and capacity in the electricity network. At the tactical level, the matching between type of vehicle and type of project. At the operational level regarding route planning and charging intervals. In order to plan better, we need access to high-quality data in large quantities. To reach this data, we need increased data sharing between the actors and greater demands on digitization of transport and the construction industry.

3 Bakgrund

För att nå lokala, regionala och nationella miljömål samt FN:s globala klimatmål 2030 krävs en kraftig minskning av koldioxidutsläpp och andra växthusgaser. Detta omfattar alla sektorer i samhället. Bygg- och anläggningssektorn i Sverige har enats om en gemensam färdplan med mål att minska utsläppen av växthusgaser med 50% till 2030 och nå nettonollutsläpp år 2045.

En betydande och resurskrävande del i byggprocessen utgörs av transporter till och från byggarbetsplatser. Transporter och arbeten som utförs i byggsektorn (på, till och från byggarbetsplatsen), som i relation till byggnadernas klimatpåverkan och energianvändning många gånger är en bortglömd miljöfråga, utgör ca 10–15 % av hela transportsektorns utsläpp, eller upp till 4–5 % av Sveriges totala CO₂-utsläpp (Byggindustrin, 2009). I ett husbyggnadsprojekt står inköpt material för ca 30–40% av byggkostnaden och i allmänhet får ett husbyggnadsprojekt 2–10 materialleveranser per dag motsvarande 8–10 ton material (Guerlain et al., 2019), vilket motsvarar ca 10% av CO₂-utsläppen från produktionsfasen (Sezer och Fredriksson, 2021a). I infrastrukturprojekt står transporterna för ca 16% av utsläppen (Chang och Kendall, 2011) och fyllnadsmaterial utgör den största delen av antalet tonkm som transporteras på vägarna i en region. Bara i Stockholmsregionen genereras mellan 5 och 15 miljoner tonmassor varje år (Dalenstam, 2015). Beroende på bristen av data är dock siffrorna osäkra. Dock kan det sägas att byggtransporterna till och från arbetsplatsen spelar en betydande roll för Sveriges energianvändning inom byggsektorn.

Om inget görs för att öka effektiviteten kommer utsläppen från byggtransporterna att öka i och med de framtida planerade projekt som finns inom både stadsutveckling och infrastruktur. Därför är det särskilt intressant att studier visar att det finns en stor potential i att både öka produktivitet och minska miljöpåverkan, vilket är centrala delar i en mer hållbar samhällsbyggnadssektor, genom effektiv bygglogistik (Sezer och Fredriksson, 2021a; Sezer och Fredriksson, 2021b). Läger man därtill att det enligt Byggfakta pågår ca 43 000 projekt samtidigt i Sverige, så gör det att sammantaget står byggtransporterna för ca 50% av de urbana godstransporterna i Sverige (Trafikanalys Statistik, 2020) och runt 20% av den totala transporterade vikten i Sverige (Löfgren, 2010). Byggtransporterna måste därtill dela väginfrastrukturen med övriga användare och denna ytterligare trafikbelastning ökar köer och förseningar i samhället i övrigt (Behrends et al., 2008). Det gör att byggtransporterna inte bara skapar egna utsläpp utan också genom sin blotta mängd och närvaro skapar ytterligare utsläpp och störningar för andra (Zernis, 2021).

Omställning till elektrifierade byggtransporter har därmed en stor potential att kraftigt minska utsläpp av växthusgaser och om dessa dessutom kombineras med effektivare logistikupplägg kommer den totala energianvändningen att minska. Dessutom kommer övergången till elektrifierade fordon bidra till en minskning av andra emissioner, som kväveoxider, partiklar och buller. Detta är särskilt relevant i känsliga områden i stadsmiljön där den lokala miljöpåverkan kan vara särskilt allvarlig.

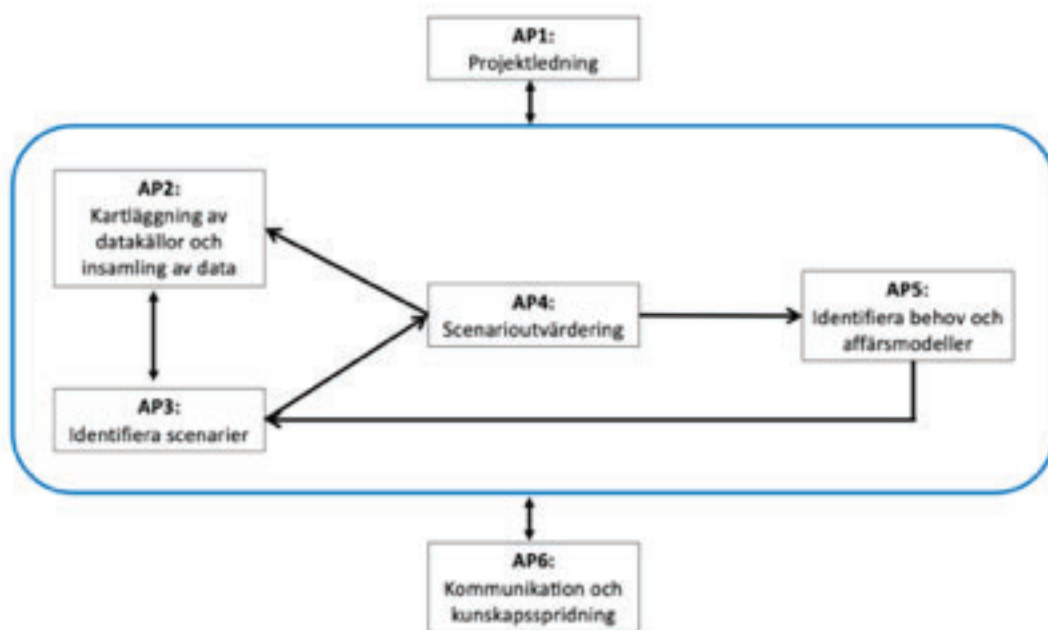
Utrullningen av elektriska lastbilar på marknaden pågår och byggbranschen förbereder sig för en omställning. Än så länge sker endast en obetydande andel av byggtransporterna och arbeten med hjälp av elektriska lastbilar och arbetsmaskiner och det är av stor vikt att öka kunskapen och få förståelse för hur de kan tillämpas i olika miljöer samt vilken påverkan elektrifieringen har ur ett system- och byggprocessperspektiv.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Projektet ELECTRA syftar till att öka kunskapen kring de systemförändringar som krävs i urban miljö baserat på införandet av en koordinerad planering och optimering av elektrifierade transportfordon och arbetsmaskiner i byggbranschen, samt att identifiera nya förutsättningar och affärsmodeller som omställningen kommer kräva.

För att uppnå syftet används ett systemperspektiv och projektet har involverat ett dussintal aktörer med en bred kompetens såsom byggherrar, beställare, totalentreprenörer, underleverantörer, fordonsleverantörer, leverantörer av kringssystem, forskningsutförare, energibolag, m.fl.

Projektet har arbetat med att kartlägga relevanta datakällor samt samla in tillgängliga data. Det har vidare använts för att identifiera scenarier för koordinering av transporter samt för att identifiera ineffektiva logistikflöden som kan effektiviseras i den elektrifierade framtiden. Utifrån scenarier som identifieras tydliggörs behov av laddinfrastruktur och energisystem ur ett systemperspektiv. Projektet har använt en iterativ process mellan arbetspaketen (se figur 1).



Figur 1 – iterativ process för projektet

Projektet har löpande haft en handfull konsortiemöten i workshopformat där samtliga projektdeltagare har involverats och syftet har varit att, ur ett systemperspektiv, adressera frågor och eftersökta resultat som berör mer än bara en eller fåtal aktörer.

Som del av projektet har en intervjuserie genomförts med medarbetare vid aktörer som är del av värdekedjan. Dessa innefattar kommunala och regionala myndigheter, nätägare, energiföretag, fordonstillverkare, byggherrar, entreprenörer, åkerier och åkare. Totalt genomfördes 9 intervjuer med 11 intervjupersoner. Med utgångspunkt i organisationsspecifika målsättningar har intervjupersoner ombetts reflektera kring befintliga verktyg för måluppfyllnad, behovet av

ytterligare verktyg och vilka förutsättningar de förutser krävs och kommer krävas för elektrifiering av byggtransporter. Intervjuserien sammanfattas i bilaga 1.

Var femte vecka, har alla deltagande parter samt inbjudna gäster bjudits in för att lyfta upp utmaningar och nya kunskaper som framkommit under projektets gång. Detta i syfte att kontinuerligt öka kunskapen om projektet hos alla deltagande parter samt gäster som behovsägare och potentiella leverantörer.

Slutkonferensen hölls tillsammans med systerprojektet Electric Worksite och hade ca 120 deltagare allt ifrån offentliga aktörer till enskilda entreprenörer/åkare.

5 Mål

Projektet har som mål att:

1. Identifiera relevanta datakällor och visa på hur man kan samla in data från olika aktörer involverade i entreprenader med hänsyn till både byggtransporter och arbetsmaskiner.
2. Identifiera och utvärdera ett antal scenarier för effektiv bygglogistik under förutsättningen av elektrifierade lastbilar och arbetsmaskiner genom koordinerad planering.
3. Identifiera utmaningar och möjligheter med omställningen till elektrifieringen ur ett urbant systemperspektiv med hänsyn till behov av laddinfrastruktur samt utveckling av affärsmodeller för nya tjänster och produkter.

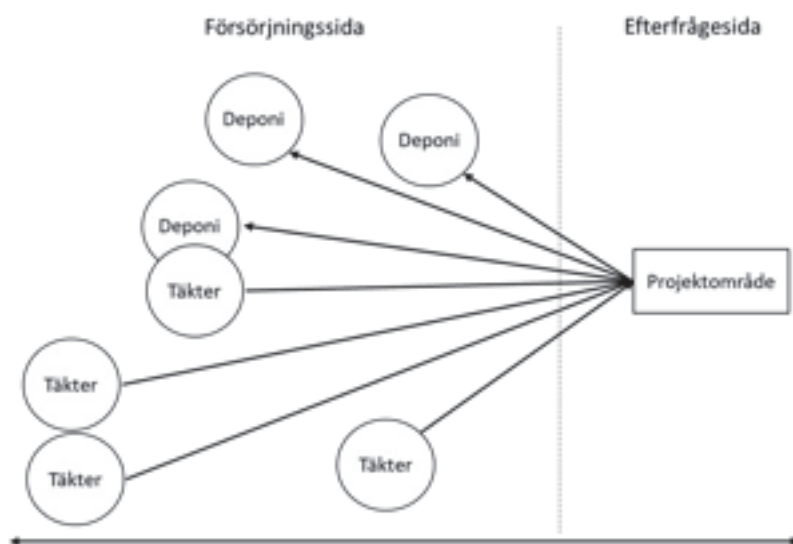
ELECTRA har identifierat relevanta datakällor och kan visa på hur datan kan omsättas till effektivare logistik och användning av elektriska fordon och maskiner. Scenarier har kunnat påvisas och exemplifieras i olika modellbeskrivningar liksom de olika utmaningar och möjligheter som hela systemet står inför en omställning. Projektets svårighet har varit att identifiera kvalitetssäkrade data och har därför haft en mer simulerande ansats. Ökad digitalisering efterfrågas för bättre analyser och branschstandarder för dataformat och datahantering. Då omställningen är i sin linda liksom graden av digitalisering så för projektet ett resonemang kring vilka olika roller aktörer väntas ta i framtiden, vilka tjänster och produkter som kommer att efterfrågas och hur det stöds av hållbara affärsmodeller.

6 Resultat och måluppfyllelse

Elektrifiera ska vi, men det är inte så enkelt som att bara byta till elektriska fordon, i alla fall inte om vi ska ekonomisk hållbarhet. Nedan förklarar vi varför och presenterar några möjligheter för att nå ekonomisk hållbarhet i ett elektrifierat bygg och masslogistiksystem.

6.1 Nuvarande sätt att organisera masstransporter

Att elektrifiera nuvarande system kommer att vara svårt sett till ekonomisk hållbarhet. Nuvarande transportupplägg i masshanteringen innefattar direkttransporter mellan tåktar, projektområde och deponier (se figur 2) och i de tidiga faserna av ett byggprojekt står dessa transporter för majoriteten av det utförda transportarbetet (Woodcock, 2015). På grund av materialets vikt- och volymegenskaper sköts dessa transporter främst med tunga vägtransporter och färdas vanligtvis korta sträckor (Cabello Eras et al., 2013). De tunga transporterna ger dock hög miljöpåverkan i form av emissioner och när många projekt utförs i stadsmiljö ökar även påverkan på det omgivande samhället i form av buller, köbildningar och ökade olycksrisker (Sezer and Fredriksson, 2021).



Figur 2: Grafisk representation av ett traditionellt masstransportupplägg

Dessa transporter har också en låg transporteffektivitet och på grund av den låga transporteffektiviteten kommer det vara svårt att elektrifiera nuvarande system och samtidigt ha ekonomisk hållbarhet. Transporteffektivitet är ett mått på hur mycket gods och den sträcka man får det transporterat för en viss antal fordonsrörelser eller viss mängd bränsle.

Transporteffektiviteten kan mätas på olika sätt, de fem vanligaste är:

1. Antal transporter (McKinnon and Edwards, 2010)
2. Total sträcka (kilometer) (Hensher, 2008)
3. Totalt transportarbete (tonkilometer) (McKinnon, 2010)
4. Total bränsleförbrukning (liter) (Cabello Eras et al., 2013)
5. Totala utsläpp (kg CO₂e) (Akbarnezhad and Xiao, 2017)

I ett masshanteringssammanhang är de faktorer som påverkar transporteffektiviteten volymen och vikten av transporterade material, transportsträckor och vilket transportsätt som används (Akbarnezhad and Xiao, 2017). Det gör att det som är viktigast för att nå hög transporteffektivitet i ett elektrifierat masslogistiksystem är hur man kombinerar tre delar: uppdrag (transportsträckor), fordon (hur mycket last de tar och energiförbrukning) och energitillförsel (laddinfrastruktur) (summerat i figur 3). Utnyttjandegraden är beroende av samspelet mellan transporten och hur man planerar lastning och lossning samt laddning och dessa är i sin tur beroende av var i systemet dessa aktiviteter är lokaliserade. Det gör att vi hamnar i en frågeställning som kan formuleras som följande: Vad är den optimala kombinationen av hur vi fördelar uppdragen på tillgängliga fordon baserat på tillgänglig laddinfrastruktur och uppdragens distanser? (se figur 3). För att nå lönsamhet behöver vi skapa en möjlighet att minimera kostnad. Det görs genom att maximera utnyttjandegraden för fordon och minimera kostnaden för laddning.



Figur 3: Vad behöver kombineras för att skapa förutsättningar för hög transporteffektivitet

6.1.1 Fordon

Att nå lönsamhet är centralt för transportören som idag också i de flesta fall äger sitt fordon och då måste transportören nå en hög transporteffektivitet och utnyttjandegrad för att nå lönsamhet. Detta blir ännu viktigare då elfordon är betydligt dyrare än dieselfordon, tar längre tid att ladda jämfört med att tanka samt inte är lika flexibla uppdagsmässigt som dieselfordon. Det senare innebär att dom pga sin vikt och räckviddsbegränsning inte passar för alla uppdrag. Många av de transportörer som kör masstransporter idag är små företag med en eller ett par fordon. Dessa har generellt små marginaler och en viktig fråga för deras överlevnad som företag är beläggningen på fordonen. Det gör att man har en förkärlek till att välja väldigt flexibla fordon som går att använda till många olika typer av uppdrag. T. ex. fordon med hög lastkapacitet, helst med släp som gör det möjligt att hantera eventuella begränsningar i bärighet eller miljözoner i närheten av projektet.

6.1.2 Uppdrag

Uppdragen inom masslogistik är av varierande längd (sträckor och tid). Vissa uppdrag påminner mycket om hamnplanslogistik, dvs att man har korta sträckor mellan samma två punkter. Detta är ett väldigt förutsägbart uppdrag som är förhållandevis lätt att planera. Dock är detta inte alla typer av uppdrag, beroende på vilket projekt som bilen ska serva kontra vart den ska ta material till eller hämta material från kan det bli långa distanser. Det kan bero på att projektet ligger på en avlägsen plats eller att tårnen som man ska hämta eller lämna material på ligger långt utanför staden.

Ett stort problem med nuvarande sätt att arbeta är att det är kort planeringshorisont (Woodcock, 2015). Det innebär att tiden som man kör samma uppdrag blir kort och att uppdragen först blir kända väldigt kort tid innan man ska utföra dem. I många fall först på morgonen, där den som har projektet konstaterar att idag kommer jag behöva si och så många bilar för att kunna forsla bort eller ta in rätt mängd material för framdriften av projektet. Men också här finns en stor variation, ibland är uppdragen för att serva ett visst projekt upphandlade under lång tid. Det som är problemet med den korta planeringshorisonten är att det blir svårt för transportören att säkra beläggning på bilarna. En annan svårighet är också att det försvårar att skapa system där man tar en kunds last åt ena hållet och en annan kunds last åt andra hållet, dvs att man ökar antalet transporter med last och därmed transporteffektiviteten.

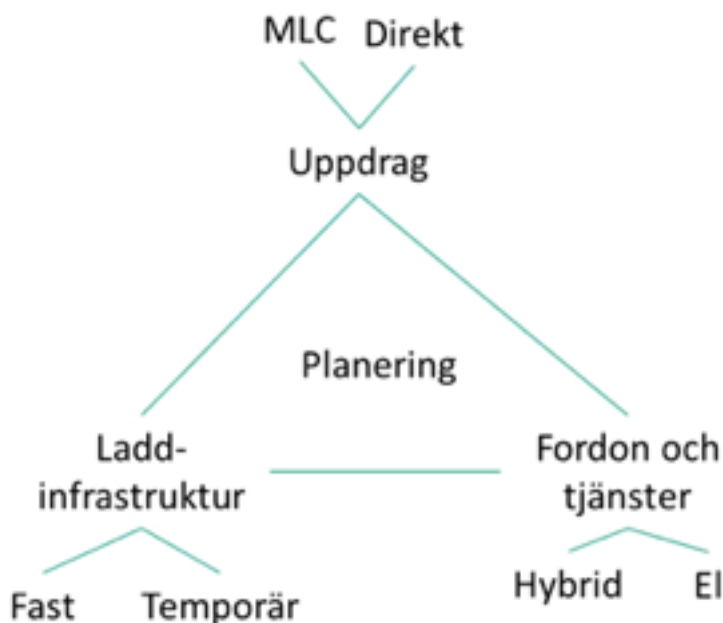
Bärighet, höjdbegränsningar, miljözoner och andra känsliga miljöer såsom skolor begränsar också möjligheten till att välja rutten. Den kortaste alternativt den rutten som går via en offentlig laddstation kan vara svår att ta då det kan vara begränsningar i bärighet eller miljözoner kopplat till dessa.

6.1.3 Laddinfrastruktur

Elektrifieringen innebär att man går från att tanka diesel till att ladda. Diesel har flera fördelar sett ur transporteffektivitetssynvinkel, det går snabbt att fylla på, det finns tillgängligt överallt, det finns en förutsägbarhet i priserna, och det kräver inte lika mycket av lastbilens vikt då det är energieffektivt i förhållande till batterierna (viktmässigt). Att byta från diesel till elektrifierat gör att laddinfrastrukturen blir central och viktig, men kanske inte på det sätt som den hittills har diskuterats i samhället. Offentlig laddinfrastruktur är som den i alla fall är utformad idag inte särskilt intressant för masstransporter. Det kommer vara mer tur än skicklighet om denna kan utnyttjas. Transportörerna vill ladda när dom står still av andra anledningar än att dom fått slut på energi. Helst vill dom ha nattladdning. Det är inget problem om det finns möjlighet att ladda på deras hemmaterminal (där dom oftast står under natten, åtminstone om dom har kortare (distans och kontraktid) uppdrag). Annars vill dom ladda inom ett inhägnat område på natten. Det inhägnade området är för att minska stöldrisker. Projektet har ofta ett inhägnat område eller tåkten skulle kunna erbjuda detta, likaså andra terminaler som finns i närheten skulle kunna öppna sina områden för laddning av andra fordon än sina egna. Det senare, liksom offentlig laddinfrastruktur, kräver dock att det är möjligt att boka laddning. Transportörerna kommer inte kunna hantera att dom kommer till en plats där dom har planerat att ladda vid en viss tidpunkt och det inte går att ladda pga att laddinfrastrukturen är upptagen. Till skillnad från privatpersoner som blir försenade pga väntan i laddkö, tappar transportörerna kanske nästa uppdrag för att dom blir försenade och projektet måste ta in någon annan för att köra det uppdraget (projektet kommer inte att tillåta stopp pga att masstransporterna inte kan ladda, då blir det hellre diesel) eller hinner inte köra tillräckligt många uppdrag för att nå lönsamhet.

6.2 Förändringar som möjliggör ökad transporteffektivitet och utnyttjandegrad

Utifrån kapitel 6.1 kan man lätt tro att det inte kommer att gå att elektrifiera masstransporterna. Dock finns förändringar som går att genomföra som ökar utnyttjandegraden och därmed transporteffektiviteten. Många av dessa förändringar handlar om att skapa förutsättningar för rätt kombinationer av laddinfrastruktur, fordon och uppdrag (se figur 4).



Figur 4: Möjligheter att förbättra utnyttjandegraden

6.2.1 Planering som ett sätt att öka transporteffektiviteten

Planeringstjänster bygger oftast på någon form av matematisk metod som ger hjälp att finna förbättringar till frågeställningar som är "mätbara" (kvantitativa). Optimering som en kvantitativ metod syftar till att hitta bästa möjlig lösning till ett problem, en optimal lösning, givet en uppsättning begränsningar som ges av exempelvis kostnader eller tidsbegränsningar (Lundgren et al., 2008). Problem som modelleras och löses med hjälp av optimering består vanligtvis av en målfunktion, som uttrycker vad som är en "bra" lösning, och som styr lösningsmetoden för att finna lösningar som minimerar eller maximerar de kostnader eller vinster som är inkluderade i målfunktionen. Förutom målfunktionen så består en optimeringsmodell även av en rad bivillkor som begränsar lösningsområdet. Optimeringsmodeller kan användas för att lösa problem på olika planeringsnivåer, strategisk (t.ex. lokalisering av anläggningar, planering av transportnätverk), taktisk (t.ex. lagerhantering och -styrning) och operativ (t.ex. schemaläggning av personal).

Oavsett vilken nivå, strategisk, taktisk eller operativ, som en viss problemformulering är avsedd för så kan optimeringsmodellen beskriva det verkliga problemet på olika detaljnivåer, antingen väldigt detaljerat (verklighetstroget) eller väldigt övergripande (en mycket generaliserad beskrivning av verkligheten), eller någonstans däremellan. Att inkludera många detaljer från verkligheten innebär ofta att modellen blir mer "komplicerad" och därmed svårare att förstå (antingen på grund av för låg kunskap om matematisk modellering eller kunskap om det aktuella tillämpningsområdet). Ibland kan en mer detaljerad modell också öka beräkningskomplexiteten, dvs. göra problemet mer "svårslut", vilket gör att det kan bli svårt/omöjligt att finna en optimal (eller ens en tillåten) lösning inom en rimlig tid. För problem med hög komplexitet måste man därför ofta överge optimeringsmetoder som garanterar att en optimal lösning hittas (för att de metoderna skulle ta för lång tid) och istället använda heuristiska metoder som arbetar mot att finna så bra lösningar som möjligt (även om det inte garanteras att det är en optimal lösning) inom en begränsad tid.

Elektrifiering av masstransporter kommer kräva utveckling av nya planeringstjänster för att bidra till en förbättrad transporteffektivitet. För att kunna utveckla dessa tjänster krävs en grundläggande förståelse för två klassiska typer av optimeringsproblem; ruttoptimering och

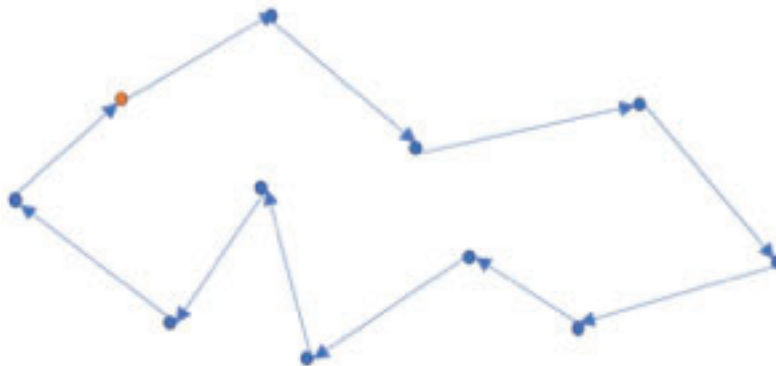
anläggningslokalisering. Optimeringslära har under lång tid, och för många olika tillämpningar använts på dessa två problemtyper.

Ruttoptimering

Det finns många olika problem som handlar om ruttoptimering, och för flera av dessa problem finns flera olika varianter beroende på hur många komplicerande detaljer från verkligheten som tas med i problemformuleringen. Vad de har gemensamt är förstås att de handlar om att få till så effektiva fordonsrutter som möjligt, givet vissa förutsättningar, så som vad det är för slags uppdrag som ska utföras och hur fordonsflottan ser ut mm. För att så enkelt som möjligt tydliggöra vad ruttningsproblem kan innebära så exemplifierar vi här med tre klassiska problem som har tydliga skillnader mellan sig; Traveling Salesman Problem (TSP), Vehicle Routing Problem (VRP) och Pickup and Delivery Problem (PDP).

Traveling Salesman Problem (TSP), på svenska känt som "Handelsresandeproblemet", är kanske det mest kända ruttoptimeringsproblemet (Applegate et al., 2007). Det här problemet handlar om att en "handelsresande" (en person eller ett fordon) ska besöka en uppsättning platser på ett så effektivt sätt som möjligt; dvs. man vill finna den rutt som startar på en plats, besöker alla andra platser som ska besökas och därefter avslutas på den plats som personen startade ifrån. Det resultat man får av att lösa problemet är alltså (1) en rutt som säger i vilken ordning platserna ska besökas och (2) kostnaden (total tid eller sträcka eller annan "generaliserad" kostnad) för rutten.

Ett par viktiga saker att ha med sig avseende just den här problemformuleringen är att det alltid är frågan om endast ett fordon, samt att platserna bara ska besökas; dvs problemformuleringen hanterar ingenting som har med kapacitet på fordon, eller efterfrågan hos kunder mm. att göra. Figur 5 visar ett exempel på rutt i TSP.

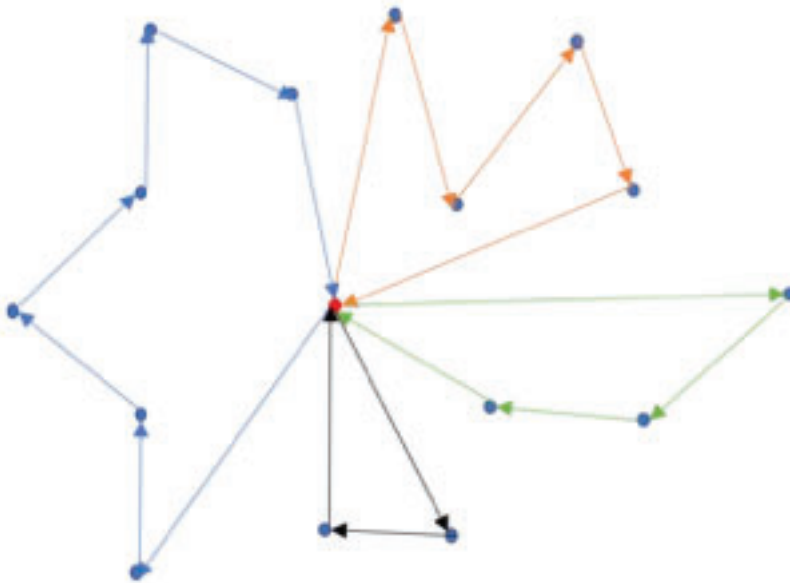


Figur 5. Visualisering av ett exempel på Traveling Salesman Problem (TSP)

När fordonskapacitet och kundefterfrågan ska inkluderas i planeringen formuleras istället Vehicle Routing Problem (VRP), vilket först beskrevs 1959 av Dantzig och Ramser. I VRP finns (minst) en depå och en fordonsflotta (ett eller fler fordon) där fordonen har begränsad kapacitet och ska återkomma till depån när de täckt en del av de platser som ska besökas. På det här sättet skapas flera rutter, som tillsammans ska betjäna alla platser.

VRP används ofta för att optimera fordonsrutter inom varudistribution, där ett antal fordon utgår från ett centrallager för att leverera produkter till ett flertal återförsäljare. Problemet man löser är alltså att något material/produkt ska spridas från en plats till många andra platser, eller att något ska samlas in från många platser till en plats. I det beslut som då fattas ingår alltså att hitta vilka olika återförsäljare/platser som ska betjänas på samma fordonsrutt. Figur 6 visar exempel på rutter i VRP.

Om det problem man har istället handlar om att en fordonsslotta ska både hämta och lämna på många olika platser så har man ett specialfall av VRP som kallas för Pickup and Delivery problemet (PDP). Dvs. fordon ska lämna sin depå, hämta och lämna varor på flera platser under dagen och därefter återkomma till depån i slutet på arbetspasset. Även i VRP, men kanske framförallt i PDP, är det vanligt att man inkluderar andra begränsningar (bivillkor) som t.ex. tidsfönster och maximal tillåten restid. Tidsfönster kan helt enkelt röra sig om att vissa platser endast kan besökas under en viss tid (när mottagaren vill/garanterar att man kan ta emot) och maximal tillåten restid kan till exempel vara att en viss produkt inte får transporteras längre tid än så (t.ex. att en cementbil måste vara framme inom en viss tid).



Figur 6. Visualisering av ett exempel på Vehicle Routing Problem (VRP)

Lokaliseringsoptimering

I den strategiska planeringsnivån ingår ofta lokalisering (val av platser) som ett klassiskt problem. Här är målet att bestämma bästa lokalisering(ar) till en eller fler anläggning(ar). Optimering har använts i många år för just denna typen av problem, till exempel lokalisering av lager (Baumol and Wolfe, 1958). Lokaliseringsproblem kan modelleras på olika sätt; p-median, p-center, anläggningslokaliseringsproblem och täckningsproblem är några vanliga modelleringstyp (Scaparra and Scutella, 2001). Frågan hur det ska modelleras beror på vad som är målet med att välja "rätt" lokaliseringar. Om vi tar valet av plats för ett lager som exempel, så kan "bra" vara många olika saker. T.ex. ska det transportbehov som uppstår (beroende på var man lägger sitt lager) bli så litet som möjligt? Eller ska man garantera att alla platser/kunder kan nås inom någon maximal tid (transportavstånd)? Eller vill man att så många platser som möjligt hamnar så nära som möjligt, även om det innebär att vissa får mycket längre avstånd?

Data för planering

För att kunna planera på ett bra sätt behövs tillgång till många olika former av data. Data är centralt i utveckling av kvantitativa metoder, exempelvis optimering. Optimeringsmodeller kan utvecklas baserat på förståelse av tillämpningen och den specifika problemstrukturen, men för att kunna validera modellerna och slutligen analysera resultaten av dem, så behövs givetvis bra indata. Historiska data kan användas för att modellera och verifiera en modell, samt även för att analysera resultaten och dra slutsatser kring hur saker borde ha gjorts eller vad man kan göra för att få ett bättre resultat vid kommande liknande situationer. Det är givetvis viktigt att den indata som används har tillräcklig kvalitet för att modeller och analyser ska ge trovärdiga utdata. För att kunna genomföra en god planering har följande databehov identifierats:

- **Fordon**
 - Typ av transportfordon inkl. kapacitet, storlek, vikt, bränsle-/energiförbrukning, bränsletyp
 - Batterikapacitet, livslängd, önskat laddmönster
- **Laddningstider**
 - Energiåtgångsprofiler, tom och lastad
 - Anläggningsmaskiner som är anslutna och/eller laddade
- **Uppdrag**
 - Geografiska platser projekt
 - Befintliga tåktider och deponier; var de finns, vilka sortiment och mängder de kan hantera
 - Geografiska platser för var MLC finns eller skulle kunna anläggas
 - Körtider, och energiåtgång, för alla relationer i nätverket ("OD-kostnadsmatris")
 - Efterfrågade transportvolym och sortiment (transportmönster för projekt)
 - Föredragna laddplatser
 - Återvinningsgrad i projekten (och/eller mellan projekten)
 - BK-klassning och ej föredragna rutter
 - Historisk data om hur uppdrag har planerats på fordon samt tidsstämplar för när uppdrag (och delmoment såsom passager, lastning, lossning etc.) har påbörjats resp. avslutats
- **Laddinfrastruktur**
 - Befintlig infrastruktur
 - Lämpliga nylokaliseringar ur transportbehovs- och elnätsperspektiv
 - Kostnad för att etablera ny laddinfrastruktur av olika typer
 - Användningskostnad (laddning)

6.2.2 Temporär laddinfrastruktur och planering av effekttoppar

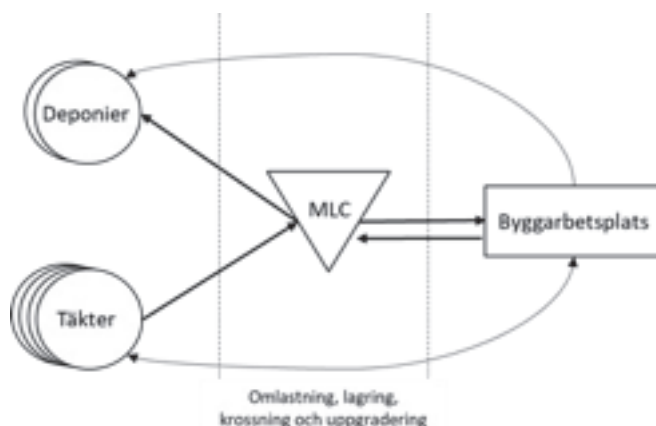
Byggbranschen är en projektorienterad bransch där produktionsplatserna ändras beroende på var de olika byggnaderna eller anläggningarna är lokaliserade. Det gör att behovet av laddning av fordon och maskiner på en byggarbetsplats kommer att vara temporärt och sedan det permanenta behovet avgörs av vad som byggs och hur det ska användas. Därav blir frågan om laddinfrastruktur för ett visst projekt beroende av vilket behov av effekt som kommer att finnas i den färdiga byggnaden eller anläggningen. Det som finns behov av i den färdiga byggnaden eller anläggningen är den investering som beställaren kommer att vara beredd att göra för projektet. Dock behov som överstiger det effektbehov som finns för det färdiga huset/anläggningen kommer att behöva bekostas av entreprenören då det i de allra flesta fall kommer att ses som en produktionsfaktor. Vidare kan det vara så att byggprojektet genomförs på en plats där det inte finns tillgänglighet i laddinfrastruktur såsom på landsbygden eller i områden som ännu inte är utbyggda.

För att möta det extra behovet under produktion eller på platser där det inte finns laddinfrastruktur är någon form av temporär laddinfrastruktur en bra möjlighet. Denna typ av laddinfrastruktur finns redan på marknaden i form av olika batteripack som kan köras och ställas på byggprojektet och sedan föras tillbaka för att laddas på annan plats, alternativt laddas under tider av lågt effekttuttag. Exempel på leverantörer är Northvolt och Aneo. Till denna temporära laddinfrastruktur kommer även tjänster för att planera utnyttjandet av densamma som hjälper till att minimera kostnaden för elförbrukningen. Denna typ av tjänster kommer även att behövas för kombinationen av fast och temporär laddinfrastruktur samt för hur prioritera laddningen mellan olika elektrifierade fordon som används på samma projekt.

En svårighet när det kommer till att planera laddning är att priset varierar över dygnet och mellan platser. Betalningsmodellerna hos de stora elbolagen bidrar till denna problematik, då man i många fall betalar baserat på förbrukningen under de högsta effekttopparna. Detta har en fördel och det är att det skapar incitament att jämna ut belastningen, dock har det nackdelen av att det försvårar planeringen av utnyttjandet av fordonen. Transportägarna vill ha en fulladdad bil på morgonen eller att ladda i samband med pauser (såsom lunch, kaffe eller skiftbyte), det gör att man vill ladda många fordon samtidigt, vilket skapar effekttoppar. Detta kommer att ställa krav på att man försöker planera laddningen mellan fordon så att effekttoppar undviks. Också här kan olika batterilösningar och planeringstjänster vara en möjlighet. Vidare kommer det också att ifrågasätta nuvarande produktionsplanering och hur många och vilka timmar på dygnet fordonen rullar. Det vill säga det kommer att påverka både hur entreprenörerna planerar sina projekt och arbetstiderna för chaufförer.

6.2.3 Masslogistikcenter som ett sätt att öka transporteffektivitet

Ett sätt att öka transporteffektiviteten i masstransporter är att införa så kallade masslogistikcenter (MLC) som koordinerar flöden mellan tåktar, deponier och byggarbetsplatsen (Janné et al., 2022). Ett MLC kan även vara en möjliggörare för omställning av transportupplägg då det blir en frikopplingsnod mellan de långa och korta transporterna i masstransportsystemet. Tanken bakom MLC är att använda större fordonskombinationer för de längre transportleden mellan MLC och tåktar och deponier, och mindre fordon mellan MLC och byggarbetsplatsen. En sådan nod kan också skapa förutsättningar för att tillhandahålla laddinfrastruktur. Med hjälp av MLC kan masstransporterna kortas vilket förenklar elektrifieringen. Figur 7 nedan visar hur transportflöden påverkas med MLC.



Figur 7: Införandet av masslogistikcenter ger möjligheter att förändra transportflödet mellan tåktar, byggarbetsplats och deponier

Janné et al. (2022) har undersökt hur transporteffektivitet påverkas av införandet av ett MLC i transportupplägget genom en scenarioanalys av masslogistikcentret i Tyresö kommun (Janné et al., 2022). Analysen bygger på den transportdata som Tyresö kommun har samlat in kopplat till MLC:t som försörjer utvecklingsområdet Raksta. Analysen jämför fyra MLC-upplägg där transportuppläggen varieras genom att antingen ha 15-tontransporter på båda sidor av MLC (scenario I), 37-tontransporter från försörjningssidan och 15-tontransporter på efterfrågesidan av systemet (scenario II), 37-tontransporter på båda sidor av MLC (scenario III) eller 15-tontransporter från försörjningssidan och 37-tontransporter på efterfrågesidan av systemet (scenario IV). Scenario IV antogs dock vara orealistiskt utifrån logistisk effektivitet; det finns ingen poäng med att nyttja den lägra kapaciteten på de längre sträckorna (Janné et al., 2022). Beräkningen för fem transporteffektivitetsmått redovisas i Tabell 1 nedan.

	Transporter	Distans (km)	Transportarbete (M tonkilometer)	Bränsle-förbrukning (l)	Emissioner (kg CO ₂ e)
I	15 597	267 242,80	12 956,22	73 491,77	195 829,11
II	11 493	121 556,40	6 299,99	57 055,79	152 033,14
III	6 325	100 808,60	4 905,87	53 656,52	142 975,30
V	8 693	335 549,80	18 748,99	92 276,20	245 882,84
VI	3 527	136 142,20	7 604,88	74 878,21	199 523,47
Scenario I: 15-tontransporter på båda sidor av MLC Scenario II: 37-tontransport på försörjningssidan, 15-tontransporter på efterfrågesidan av MLC Scenario III: 37-tontransporter på båda sidor av MLC Scenario V: 15-ton direkttransporter Scenario VI: 37-ton direkttransporter					

Tabell 1: Resultatet av scenarioanalysen för Tyresö MLC

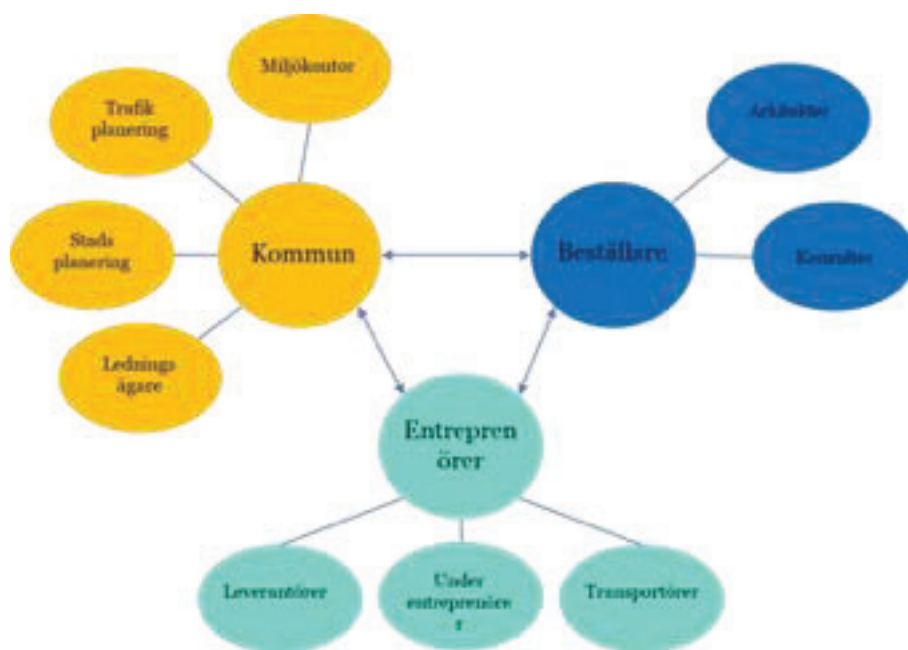
Om man tittar på transporteffektivitetsmålet "Antal transporter" så ser man att de tre MLC-scenarierna kommer leda till fler transporter än vad som är fallet med direkttransporterna. Jämförs exempelvis scenario I (15-tontransporter på båda sidor MLC) med scenario V (15-ton direkttransport) så ökar antalet transporter med närmare 80%. Dock blir antalet transporter ett missvisande mått när ett MLC (eller annan terminal/nod) införs i ett masshanteringssystem. Den ökning av transporter som ses i MLC-systemet är primärt mellan MLC och projektområdet, alltså den kortare sträckan i systemet. Ser man istället på distans eller transportarbete och jämför samma scenarion som innan så ger MLC en positiv effekt; såväl distans som transportarbete är lägre för MLC-upplägget än för direkttransporterna. Detta beror på den funktionalitet som MLC erbjuder i form av sortering och uppgradering av schaktmassor till användbara material. Detta minskar behovet av transporter till deponi och av nytt material från täkt vilket i sin tur också ger en positiv effekt på bevarandet av naturresurser i form av täktmaterial.

7 Diskussion av svårigheterna och möjligheterna med att elektrifiera

Nedan diskuteras tre områden som genom resultaten i detta projekt har identifierats ha stor påverkan på hur vi ska genomföra transitionen till ett elektrifierat bygg och masslogistiksystem. Aktörernas roller för att skapa förutsägbarhet och planera, hur vi ska förhålla oss till laddinfrastruktur samt hur vi kan stötta planeringen för hög utnyttjandegrad och transporteffektivitet.

7.1 Aktörer – planering och behovet av förutsägbarhet

När man ska planera något så effektivt som möjligt gäller det till att börja med att sätta ramarna för vad som ska planeras. När vi har en bild av vad vi vill planera innebär det också att vi vet vems perspektiv vi planerar utifrån. Svårigheten som uppstår här är att bygglogistik involverar många olika aktörer, se figur 8 (Fredriksson och Hüge-Brodin, 2022). När vi dessutom kommer in på området av att elektrifiera tillkommer aktörer såsom fordonsutvecklare, energibolag och eventuella leverantörer av olika former av lösningar för temporärladdning och med masslogistiken så tillkommer också täktägare i olika former.



Figur 8: Bygglogistiksystemet (Fredriksson and Huge-Brodin, 2022).

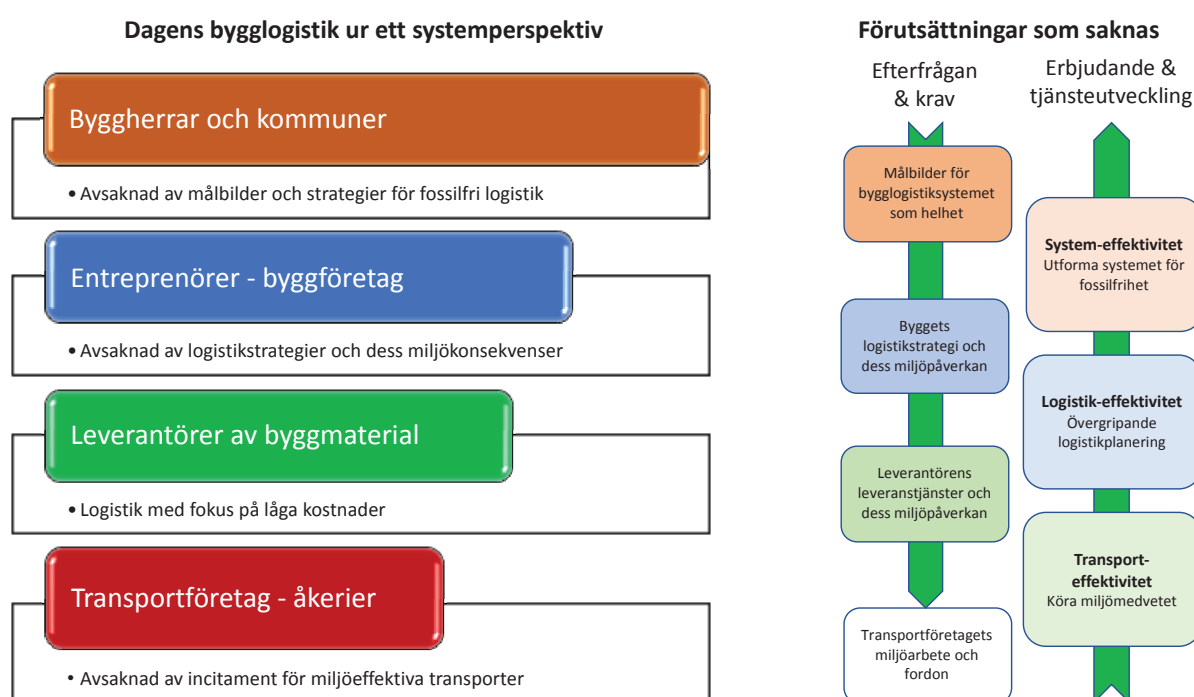
När man beslutar vad som ska planeras, gäller det alltså att avgränsa vilka aktörers perspektiv och hur mycket detaljer från dessa aktörer som ska ingå i det vi ska besluta om. Egentligen vill vi få till en lösning som är så bra som möjligt för samhället, alltså finna en slags "systemoptimal lösning" till hur transportflödena borde utföras (inklusive laddning mm) för att ge största möjliga samhällsnytta. Det skulle dock innebära att vi måste ta med samtligas perspektiv. Även om vi skulle klara av att formulera och lösa det planeringsproblemet som det skulle innebära att ta med samtligas perspektiv så skulle det innebära att någon "uppifrån" pekar på varje enskild aktör (på varje organisation) och säger hur just de ska agera och vad de ska göra för att vi ska få en så bra systemlösning som möjligt.

Att någon pekar på en specifik aktör i systemet och dikterar vad som ska göras är omöjligt; företagen måste få (bibehålla) rätten att själva välja, prioritera och bestämma hur man ska agera. Dock skulle vi kunna arbeta mycket tydligare med kravställning, men det kräver samordning då vi inte har ett övergripande problem som ska planeras/lösas utan många olika planeringssituationer som är beroende av varandra. Problemet här är att kraven måste gå mellan olika aktörer i en hierarki av beroenden där de övre lagren i denna hierarki inte känner ansvar för planeringen av transporterna (se figur 9), trots att de är dom som har störst möjlighet att sätta ramar för hur de utförs.

Transporterna inom bygg och anläggningsbranschen, sett ur ett systemperspektiv, är väldigt långt ifrån de nivåer där de mer långsiktiga besluten om hur man ska organisera ett byggprojekt och laddinfrastruktur fattas (Fredriksson et al., 2022). Ett av de största hindren för en fullskalig elektrifiering är de stora investeringar som krävs för att täcka behovet av såväl laddinfrastruktur som fordon. Såsom dagens affärsmodeller fungerar i bygg och anläggningsbranschen är det transportörerna som ska göra investeringarna i fordon och till stor del också i laddinfrastruktur. Effekten blir att det är transportörerna som står för risken av att inte kunna täcka kostnaden när fordonen inte kan beläggas med uppdrag i tillräcklig mängd för att bära sig. Mindre anläggningstransportörer har idag inte tillräckligt hög förutsägbarhet för att våga ta dessa investeringar, det vill säga de kan inte garanteras en tillräckligt säker intäkt. Vidare är dessa

aktörer ofta små och har inte de finansiella musklarna som behövs för att kunna göra investeringar i stor skala.

Problemet bakom detta är hur bygg och entreprenadbranschen är organiserad. Man är projektberoende och inom dessa projekt finns det dessutom ett säsongsberoende för olika former av entreprenadarbeten där vissa aktiviteter inte kan göras under vintertid. Det här gör att transportererna är uppbyggda på ramavtal och avrop, med kort framförhållning om vilken belägningsgrad man kan förvänta sig som åkare. Längre framförhållning krävs för att våga investera i "dyrare" lösningar. På de högre nivåerna i systemet, det vill säga hos byggherrar och i kommuner finns idag logistikfrågorna inte på agendan och därför ställs det heller inte några krav på hur transportererna ska genomföras av de aktörer som finns på lägre nivåer i systemet. Om efterfrågan och kraven på mer miljövänliga transporter inte finns på den övergripande nivån, så finns det heller inga incitament och ej heller förutsättningar för aktörer på lägre nivån att utveckla, erbjuda och skapa en marknad för elektrifierade byggtransporter, se figur 9.



Figur 9. Karta över beslutsnivåer och hinder i bygglogistiksystemet (Fredriksson et al., 2021)

7.2 Planering av utnyttjandegrad

Om vi ska lyckas med att elektrifiera masstransporterna måste fokus ligga på att möjliggöra en ökad nyttjandegrad (av både fordon och laddinfrastruktur) och transporteffektivitet samt att den kan säkerställas över en längre tid. Investeringar i högeffektladdare och ellastbilar behöver betala sig och då är hög nyttjandegrad en förutsättning för att nå lönsamhet.

Ju färre elektriska fordon vi har i omlopp desto lättare är det att få hög nyttjandegrad på fordonen, men svårare att motivera investeringar i laddinfrastruktur. Ju fler fordon vi har i omlopp desto lättare är det att få nyttjandegrad på laddinfrastrukturen då det blir fler som kan nyttja samma infrastruktur, men det blir svårare att planera fordonen då de förutsägbara uppdragen vilka är lätta att planera i kombination med laddinfrastrukturens utnyttjande snabbt blir fördelade och inte täcker behovet av uppdrag för att nå hög utnyttjandegrad av fordonen. Det gör att det kommer att krävas fler kompromisser mellan aktörers intressen för att hitta de bästa kombinationerna av uppdrag, fordon och laddning för att möjliggöra storskalig elektrifiering, vilket

gör att vi kommer tillbaka till frågan om vad som bör vara det egentliga målet med planeringen. Det vill säga, att stimulera och möjliggöra för de olika aktörerna att så bra som möjligt kunna bidra till det som bedöms vara bäst för "systemet", det vill säga för samhällsutvecklingen, samtidigt som varje enskild aktör också gynnas av sina egna beslut och når lönsamhet.

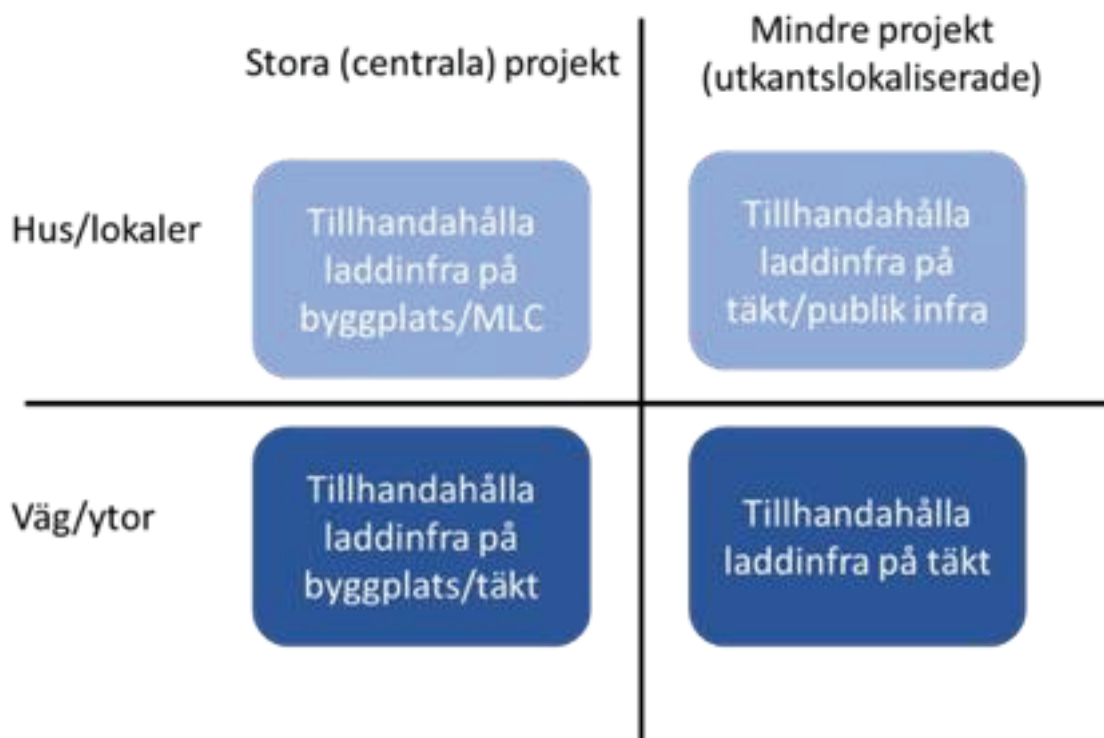
Här står vi inför en planeringsutmaning då projektens planering kommer att generera olika typer av uppdrag, till exempel hur mycket som ska transporteras, var och när. Sen kan det vara så att ibland vinner systemet på att någon annan än den upphandlade transportören tar en specifik rutt eller last. Kommer det då finnas någon marknadsplats där man kan kombinera/byta laster/uppdrag med varandra? För några år sedan lanserade NCC marknadsplatsen Looprocks. Tyvärr lyfte den aldrig men det kan vara en möjlighet med att väcka liv i denna typ av lösning för att möjliggöra högre utnyttjandegrad och transporteffektivitet. Men för att möjliggöra detta behöver masslogistiken digitaliseras så att data blir tillgänglig som möjliggör planering och man behöver också fundera kring nya affärsmodeller. Att ta betalt per transport eller timme som man gör idag kommer antagligen inte heller att fungera i framtiden utan att det blir mer betalt för hela uppdrag på något sätt.

7.3 Laddinfrastruktur

En typisk fråga som påverkas av frågan om målet är för vem vi planerar elförsörjningen och var bör vi lokalisera laddinfrastruktur och vem ska göra investeringar i denna. Masstransporternas (och även byggtransporternas i ett vidare perspektiv) behov av laddningsmöjligheter på "rätt" platser kan mycket väl stå i konflikt mot vilka möjligheter elnätsägarna har att leverera den kapaciteten på just de platserna. Vid lokaliseringsplanering kommer vi också behöva ta hänsyn till en mängd olika begränsningar kopplat till uppdragen, fordonen och laddinfrastrukturen. Olika lokaliseringar av tåktar och deponier kommer erbjuda olika typer av laddinfrastruktur.

Men oavsett på vilken plats laddinfrastruktur installeras så medför dagens eltariffer ett behov av att kapa effekttopparna (på platsen). Övernattenladdning på depå, eller andra platser där det är naturligt/bra för åkaren att ha fordon uppställda inför nästa dagsarbete (kan vara tåkt, deponi eller byggsite om kapaciteten är tillräcklig för att driva anläggningsfordon på dagen kan "nattkapaciteten" användas för att ladda lastbilar). Vid "övernattenladdning" vid depå, fås automatiskt ett jämnt uttag under ganska många av dygnets timmar. Vid högeffektsladdning blir problemen desto större. Behovet av denna typ av laddning uppstår vanligtvis för att "fylla på" batteriet under dagens drift (för att öka räckvidden), något som åkaren då naturligtvis vill göra när föraren ändå ska ta rast. Det här innebär att många fordon får ett laddbehov vid ungefär samma tid på dagen och att mycket höga effekter tas ut under en kort tid (få timmar på dygnet). Givet att vi fortsätter att planera våra projekt och transporter på det sätt vi gör idag.

En aspekt som uppstår när vi börjar titta på tillgängligheten i laddinfrastruktur och var vi ska ha vilken form av tillgänglighet är behovet av att identifiera vilka projekt som ska prioriteras för elektrifierad bygglogistik och masstransporter. Figur 10 nedan är ett sätt att se på denna fråga. Den visar på behovet av att aktörerna högt upp i systemet identifierar för vilka projekt som man kan tillhandahålla laddinfrastruktur på och vilka som det inte finns en potential i att tillhandahålla laddinfrastruktur på. Att tillhandahålla laddinfrastruktur kan handla både om fast och temporär laddinfrastruktur. Fast laddinfrastruktur är beroende av var det finns tillräcklig kapacitet i dagens kraftnät och dagens eltariffer ger ett behov av att kapa effekttopparna (på en plats). Snabbladdare kommer att ge toppar i effekbelastning, speciellt om vi använder flera samtidigt på samma plats. En fråga som uppstår då är hur kan vi nyttja "batterilager på bästa sätt för nå en jämn belastning på nätet. Här är en intressant fråga om det går att hitta kommersiellt, och tekniskt, hållbara lösningar med batterilager för att ha en jämn belastning på elnätet.



Figur 10: Var bör man tillhandahålla laddinfrastruktur

7.4 Planering av fordonen

En viktig aspekt i utnyttjandet av fordonen är dom som framför fordonen och relationen mellan fordonen och de andra maskiner som de i de flesta fall servar på något sätt. Om en ellastbil nyttjas samma antal timmar som idag finns det enbart ett litet behov av snabbladdning, då övernattensladdning löser det mesta. Men om man ökar på antalet timmar som fordonet nyttjas per dygn (för att få bättre lönsamhet på investeringen) så kommer laddbehovet att finnas.

Ska vi nå ökat utnyttjande måste fordonen användas på uppdrag fler timmar än vad som görs idag. Det innebär att vi antagligen kommer att behöva köra tvåskift. Det kommer att ändra arbetsvillkoren för chaufförerna men också de som arbetar på tåkt och byggarbetsplatser. Att laddningen fördelas på fler timmar (framförallt snabbladdningen) behöver också göras för att minska effekttopparna som uppstår om alla laddar samtidigt samt minska behovet av laddinfrastruktur. Transportören behöver också fundera på vilken fordonsmix man ska ha i sin flotta, helt elektrifierad eller ej? Här finns många frågor som skulle vinna på att analysera utifrån hur behovet har sett ut historiskt. Till exempel är det bättre med en flotta med homogena/likvärdiga fordon, eller olika "typfordon"? Men för detta behöver man arbeta mer aktivt med digital data och använda kunskapen som sitter i huvudet på erfarna transportörer mer aktivt.

Om publika, eller semi-publika laddare används, då finns det idag ett problem med first come first served (FCFS) som gäller idag. En förutsättning för att kunna nyttja någon form av delad laddinfrastruktur (publik eller annat företags) är att det går att boka slottider för laddning. Här kommer krävas nya former av bokningstjänster som på olika tidshorisonter kan indikera lämpliga lediga platser för laddning. En viktig aspekt kommer också vara förutsägbarheten i priser. Det vill säga att man i den operativa planeringen kan identifiera när, mellan vilka uppdrag, det finns ett lämpligt laddtillfälle som går att matcha med ledig infrastruktur till ett rimligt pris. Vidare kan problemet uppstå om du själv äger laddinfrastruktur att det faktiskt är en bättre affär att ladda för någon annan, vilket i värsta fall kan leda till att man prioriterar ner att utföra uppdragen framför att

tillhandahålla laddning åt andra. Det gör att det är av vikt att det kommer fram fler aktörer som erbjuder olika former av både temporär laddinfrastruktur såväl som bokningsmöjligheter i fast infrastruktur, både snabbladdning och övernattenladdning. Vidare kommer det behövas någon form av marknadsplats som visar på tillgänglig laddinfrastruktur och priser vid olika tider där transportören kan boka in sitt fordon eller till och med erbjuda sin egna laddinfrastruktur till andra när den är ledig.

Chaufförerna och de som planerar på både kortare sikt behöver verktyg för att kunna koppla samman effektbehovet för olika typer av laster. För att transportören lättare ska kunna planera sin laddning på fordonen behöver det bli tydligare gällande fordonens prestanda (laddtid, förbrukning vid olika laster och körprofiler, max vikter m.m.) och underhållsintervall. Utnyttjandegraden – här behöver fordonstillverkarna steppa upp och tillhandahålla tjänster. Vidare behöver man tänka på arbetsvillkoren för de som arbetar. Hur kan man stötta chaufförerna så de; inte drabbas av laddångest, tvingas ladda vid effekttoppar samt maximerar värdet av sin arbetsdag?

En viktig möjlighet för att möjliggöra elektrifieringen av masstransporter är att nyttja sig av MLC. MLC kommer att bli mycket attraktivare med elfordon eftersom det kortar sträckorna och erbjuder laddningsmöjlighet som en del av rutterna för uppdragen. Att använda sig av MLC gör också att mansom transportörer och fordonstillverkare behöver ställa sig frågan om elektrifieringen ändrar på efterfrågan på olika storlekar av fordon? Med MLC blir det kanske värt att köra mindre och större bilar? Hur blir det då med dagens "funkar till allt" bilar?

8 Slutsatser och rekommendationer

Att elektrifiera masstransporter är både enkelt och svårt. I förhållande till långväga transporter innebär masstransporterna ofta relativt korta rutter som möjliggör laddning på depå under natt. Men det som gör det svårt är mer strukturella frågor såsom:

- Många små aktörer – hur ska dessa ha råd att göra investeringar
- Korta kontrakt – hur ska aktörerna våga göra investeringar
 - Ej säker på hur länge just detta fordon behövs
- Ej samordnad planering mellan olika aktörer – svårt att nå hög utnyttjandegrad och transporteffektivitet
- Ett utpräglat beställarsystem med många traditioner
 - Vana att inte behöva planera transporter (alla)
 - Vana med varierande typer av uppdrag (transportörerna)
 - Vana av att inte behöva förstå hur det operationella är utformat (kommuner och beställare)
 - Ovana att behöva tillhandahålla rätt förutsättningar för transporteffektivitet (entreprenörer, fordonstillverkare och beställare)

Så vad som bör vara det egentliga målet är att stimulera och möjliggöra för de olika aktörerna att så bra som möjligt kunna bidra till det som bedöms vara bäst för "systemet", dvs. för samhällsutvecklingen, samtidigt som varje enskild aktör också gynnas av sina egna beslut. För att stödja detta kommer behövas olika former av planering på olika nivåer se figur 11.

Strategisk planering

Robust system givet okunskap
om uppdragen – långa
kontrakt, transparens
(datadelning), Xxx

Taktisk planering

Samplanering av uppdrag och
laddinfrastruktur inom samma
projekt eller programområde

Operativ planering

När ska vi ladda givet ett antal
uppdrag
(energibehov/uppdrag)

Figur 11: Planeringshierarkin för högt utnyttjande vid elektrifiering av masstransporter

På strategisk övergripande nivå, hos kommuner och beställare, gäller det att bidra till att skapa förutsättningar för bättre planering på lägre nivåer (taktisk och operativ) med kortare planeringshorisont. Med detta sagt så är det också någonstans dessa aktörers ansvar att skapa efterfrågan på elektrifierade byggtransporter, här kommer att behövas både piskor och morötter för att något ska hända.

Beslutsfattare på en högre nivå i hierarkin måste även ge förutsättningar för att förenkla för aktörer på lägre nivåer att planera så att utnyttjandegrader och transporteffektivitet blir hög. Svårigheten som är unik för bygg och anläggningsbranschen är projektfokuset som gör att behoven av fordonstyper och lokalisering av laddinfrastruktur varierar beroende på vilka projekt (uppdrag) som är aktuella för tillfället. Vidare ändras också förutsättningarna för planeringen med fordonsuppgraderingar, nya laddmöjligheter (utvecklingen av batteritekniken kommer att påverka/sänka komplexiteten i planeringsproblemet) och nya affärsm modeller i nuläget snabbt. Att veta exakt hur framtiden ser ut är omöjligt, men givet att vi inte har denna kunskap om framtiden kan vi ändå på de högre nivåerna i systemet arbeta för att skapa ett system som är bra för det mesta, dvs som underlättar planeringen i ett senare skede på de lägre nivåerna. Detta kräver att dom långsiktiga investeringar som är görs är flexibla och att man undviker case specifika investeringar som riskerar att endast vara optimala utifrån den kunskap vi har idag. Stabilitet kan exempelvis skapas genom längre kontrakt, men även genom att dela data med varandra i ett tidigare skede, eller genom utveckling av systemstöd som underlättar planeringen på olika nivåer.

Ytor för att möjliggöra laddning och omlastning – effektivitet kommer att kräva plats i stadsrummet. Här tillkommer också frågan om hur "samhällspåverkande faktorer" (såsom trafikpåverkan och miljö/bullerpåverkan) ska vägas in i planeringen jämfört med de företagsekonomiska aspekterna? För att kunna ta hänsyn till dessa behöver kommunerna bli tydligare med vilka klassningar olika vägar har och var man kan erbjuda undantag samt vilka tider olika rutter kan belastas med vilken typ av fordon.

Uppnådda resultat

ELECTRA har med sin breda aktörsuppställning starkt bidragit till överskridande samverkan mellan såväl branscher som samhälle-akademi-industri. Att adressera systemperspektivet brett med branschöverskridande kompetens inom fordonsutveckling, samhällsbyggnad och digitalisering har grundlagt nya dialogforum och utvecklingsmöjligheter. Innovationshöjden i projektet har primärt legat på att öka kunskapen för att få fram lösningar på systemnivå där parterna aktivt har bidragit med kompetens och expertis. Detta sätter Sverige i framkant både inom utveckling av elektrifierade byggtransporter och arbetsmaskiner och inom bygg- och anläggningsbranschen. I tillägg kommer det att krävas ny kompetens och nya arbetstillfällen för att möjliggöra en omställning till helt elektrifierade och ännu effektivare byggarbetsplatser.

ELECTRA-projektet kommer att bidra till att introducera energieffektiva och miljövänliga lösningar i bygg- och anläggningsbranschen. Elektrifierade byggtransporter har en stor potential att kraftigt minska utsläpp av växthusgaser. Därtill kommer elektrifieringen att öppna för möjligheter att minska det totala energibehovet för transporter i byggbranschen genom effektivare logistikupplägg som minskar det totala transportbehovet. Dessutom kommer övergången till elektrifierade fordon bidra till en minskning av andra emissioner, som kväveoxider, partiklar och buller. Projektet kommer att bidra till flera programområden såsom, 4.1.1 El- och elhybridsystem, 4.1.3 Batterisystem och 4.4: Direkt miljö- och hälsopåverkan (buller, däckemissioner mm) och Systemstyrning för fordonet i hela energisystemet.

Vi ser en ökad elektrifiering hos deltagande parter, från AB Volvos försäljning till åkeriers och beställares inköp och användning av fordon och maskiner. Exempel från Göteborgs Stad är dels incitament för elektrifierade byggtransporter och upphandling av arbetsmaskiner som specifikt efterfrågar elektrifierade lösningar. Effektiviseringen av bygglogistik är en mer komplex fråga men vi utläser en vilja från offentliga aktörer att jobba med frågan och de inspireras av varandras initiativ. Stockholms arbete med bygg- och masslogistik är en föregångare och Göteborgs Stad har en Godsplan under utformning.

Projektet har sett en svårighet att komma åt kvalitetssäkrade data och här identifieras den största utvecklingspotentialen att jobba ännu mer intensivt med digitalisering och även standardisering i bygg- och anläggningsbranschen.

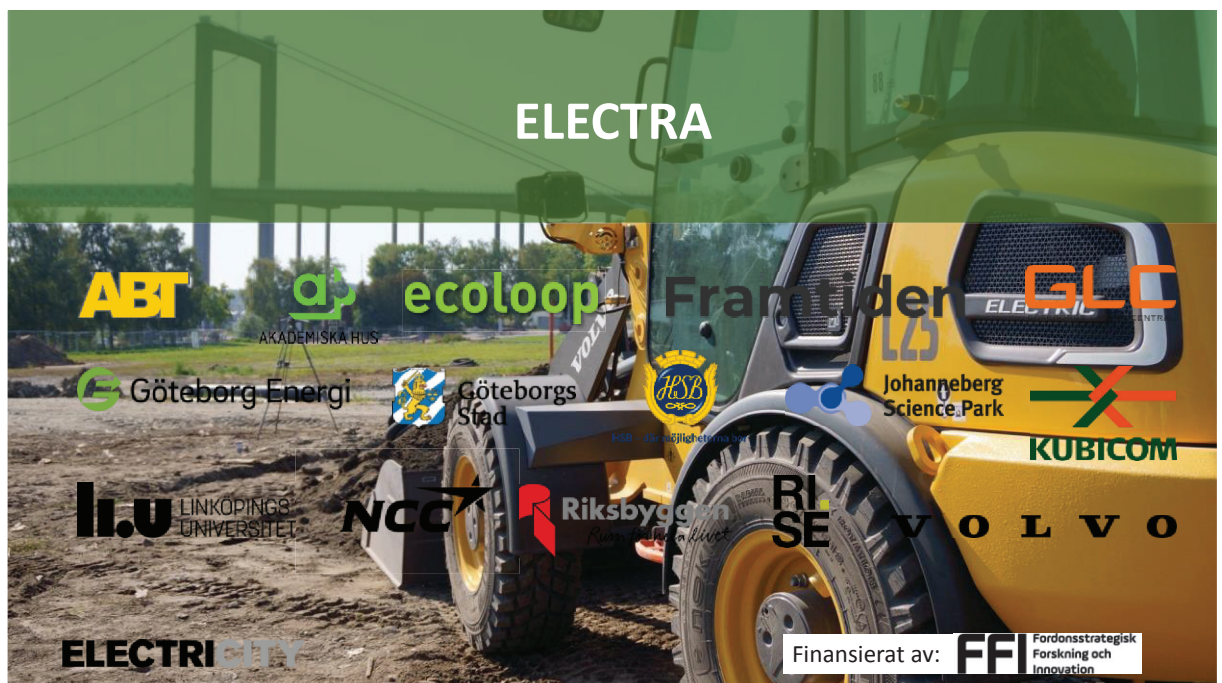
9 Spridning och publicering

9.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	Alla medverkande parter tar med sig lärdomar och spridning av erfarenheter från andra projektpartners
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	x	Parallellt med ELECTRA har flertalet av parterna medverkat i Electric Worksite (finansierat av Energimyndigheten) där elektrifierade arbetsmaskiner har testats på olika typer av byggarbetsplatser tillsammans med olika ellösningar för att försörja maskinerna. Vi ser flera synergier och överlapp som vi vill ta tillvara i ett kommande kombinerat projekt med elektrifierade arbetsmaskiner och elektrifierade byggtransporter.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	x	Se ovan.
Introduceras på marknaden	x	Branschaktörer jobbar primärt med systemlösningar för att främst effektivisera bygglogistik men också att effektivisera i kombination med ökande elektrifiering.
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut	x	Projektet har återfört mycket kunskap till kommunala aktörer som vi identifierar som nyckelaktörer som planerande myndighet, väghållare, stor upphandlare samt huvudman för att utveckla och effektivisera ytor.

10 Deltagande parter och kontaktpersoner

Lindholmen Science Park AB
Johanneberg Science Park AB
Linköping Universitet
Volvo Technology AB
Volvo Lastvagnar Sverige AB
Ecoloop AB
Göteborg Stad
NCC Sverige AB
Kubicom AB
ABT Bolagen AB
GLC Göteborgs Lastbilcentral
Förvaltnings AB Framtiden
Akademiska Hus AB



Lars Bern, Lindholmen Science Park, lars.bern@lindholmen.se, 0702-958974
Anna Fredriksson, Linköpings Universitet, anna.fredriksson@liu.se
Fredrik Dunér, Ecoloop AB, Fredrik.duner@ecoloop.se

11 Referenser

- Akbarnezhad, A. & Xiao, J., (2017). "Estimation and Minimization of Embodied Carbon of Buildings: A Review", Buildings, 7.
- Applegate, D.L., Bixby, R.E., Chvátal, V., & Cook, W.J., (2007). The Traveling Salesman Problem: A Computational Study, Princeton University Press.
- Axelsson, S., (2018). Bergmaterialindustrin - Färdplan för fossilfri konkurrenskraft. Sveriges bergmaterialindustri: Sveriges bergmaterialindustri.
- Baumol, W., & Wolfe, P., (1958). A warehouse-location problem. Operations Research, 6, pp. 252-263.
- Cabello Eras, J.J., Gutiérrez, A.S., Capote, D.H., Hens, L. & Vandecasteele, C., (2013). "Improving the environmental performance of an earthwork project using cleaner production strategies", Journal of Cleaner Production, 47, 368-376.
- Dalenstam, M., (2015). Masshantering: Att återanvända schaktmassor: Stockholm, Sweden.
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. Management Science, 6(1), 80–91.
- Fredriksson, A., Abrahamsson, M., Kjellsdotter-Ivert, L., Hüge-Brodin, M. & Engevall, S., (2022). Slutrapport Fossilfri Bygglogistik. Trafikverket: Borlänge, Sverige.
- Fredriksson, A. & Hüge-Brodin, M., (2022). "Green construction logistics – a multi-actor challenge", Research in Transportation Business & Management.
- Hensher, D.A., (2008). "Climate change, enhanced greenhouse gas emissions and passenger transport – What can we do to make a difference?", Transportation Research Part D: Transport and Environment, 13, 95-111.
- Janné, M., Thunberg, M., Fredriksson, A. & Lundberg, K., (2022). The Potential of Mass Logistics Centres to Increase Transport Efficiency. In G. Stefansson (ed.) The 34th NOFOMA Conference. University of Iceland: Reykjavik, Iceland.
- Lundgren, J., Rönnqvist, M. & Värbrand, P., (2008). Optimeringslära. 3e uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Mckinnon, A., (2010). Increasing fuel efficiency in the road freight sector. In A. Mckinnon, S. Cullinane, M. Browne & A. Whiteing (eds.) Green Logistics: Improving the environmental sustainability of logistics. Kogan Page: London, United Kingdom, 229-241.
- Mckinnon, A. & Edwards, J., (2010). Opportunities for improving vehicle utilization. In A. Mckinnon, S. Cullinane, M. Browne & A. Whiteing (eds.) Green Logistics: Improving the environmental sustainability of logistics. Kogan Page: London, United Kingdom, 195-213.
- Scaparra, M.P., Scutella, M.G., (2001). Facilities, locations, customers: building blocks of location models. A survey. Technical Report, University of Pisa.
- Sezer, A.A. & Fredriksson, A., (2021). "Environmental impact of construction transport and the effects of building certification schemes", Resources, Conservation and Recycling, 172.
- Woodcock, M., (2015). Construction logistics - supply of bulk materials. In G. Lundesjö (ed.) Supply Chain Management and Logistics in Construction: Delivering Tomorrow's Built Environment. 1st ed. Kogan Page: London, Great Britain, 35-61.

12 Bilaga – Underlag intervjuer och diskussion av möjligheter och svårigheter att elektrifiera byggtransporter

Intervjuerna var semistrukturerade och genomfördes digitalt. Varje intervju var ungefär en timme lång. Enstaka intervjuer följdes upp med kompletterande frågor per mejl. Samtliga intervjuade har givits möjlighet att återkoppla på en sammanställning av sina respektive intervjuer.

Frågeformulär

Ett frågeformulär enligt nedan har varit utgångspunkt för samtliga intervjuer. Dessa har anpassats efter intervjuperson, roll och uppdrag.

Bakgrund:

1. Namn?
2. Organisation/avdelning?
3. Roll?

Målsättningar och uppföljning:

1. Hur kommer du i kontakt med byggtransporter? (upphandlar/beställer/kör etc.)
2. Har din organisation målsättningar för minskad klimatpåverkan?
3. Hur yttrar sig dessa?
 - a. Delmål
 - Energieffektivisering
 - Resursförbrukning
 - Klimatpåverkan
 - b. Slutmål
4. Vilka åtgärder har ni genomfört för att nå era målsättningar?
 - a. Är elektrifiering av bygg-/masstransporter del av detta?
5. Vilka åtgärder tror du att ni kommer genomföra?
 - a. Är elektrifiering av bygg-/masstransporter del av detta?
6. Hur reviderar/följer ni upp era målsättningar och åtgärderna kopplade till dessa?

Elektrifierade transporter:

7. Vilka förutsättningar tror du krävs för att elektrifiera bygg-/masstransporter i stor skala? (inom/utanför den egna organisationen)
 - a. Laddinfrastruktur, finansiering/vem ska äga?
 - b. Vilka investeringar ser du att din organisation kan vara beredda att göra?
8. Vilka incitament ser du idag som möjliggör elektrifierade byggtransporter? (inom/utanför den egna organisationen)
 - a. Upphandlingskrav
9. Vilka hinder ser du idag? Vilka förväntningar har du på elektrifieringen av byggtransporter?
 - a. Närtid (2022–2025)
 - b. Framtid (2026–2030)
10. Vilken roll anser du att upphandlingskrav spelar idag för elektrifieringen av byggtransporter?
11. Vilken roll tror du att upphandlingskrav kommer spela i framtiden för elektrifieringen av byggtransporter?

Resultat

Målsättningar, investeringar och mandat

Flera intervjuade ger uttryck för att takten med vilken transportsektorn kan antas ställa om till elektrifiering initialt kommer bero av vilka kostnader olika delar av värdekedjan är beredd att bära. Samstämmighet bland de intervjuade gör gällande att elektrifiering innebär högre kostnader, särskilt under den period då

erfarenhet och systemlösningar ska etableras. Samtidigt rådde delvis delade uppfattningar om hur pass mycket högre kostnader det rör sig om. En intervjuperson menade att det utifrån egna kalkyler endast rör sig om en lägre enkelsiffrig fördyring i förhållande till totala projektkostnader. För att trots ökade kostnader kunna genomföra en omställning av transportfordon till elektriska beskrivs därför tydligt formulerade och kommunicerade målsättningar som en nyckel för aktörer längs hela värdekedjan och särskilt offentliga beställande organisationer, vilka till stor del beskrivs sätta ramar för övriga. Bland sådana exempel ryms Göteborgs stads elektrifieringsplan som bland annat presenterar målsättningar och etappmål för eget och upphandlat transportarbete. Vissa intervjupersoner beskriver det som, av olika anledningar, utmanande att driva förändringsprocesser och omställningsarbete inom den egna organisationen och att målformulering är nyttigt för att förankra och ge nödvändigt mandat. Hur målsättningar förankras inom den egna organisationen beskrivs av flera som avgörande för dess faktiska tillämpningar och vissa intervjupersoner beskriver frustration hur detta arbete fallit ut hittills, där kommunicerade målsättningar inte omsatts i praktiken i tillräcklig utsträckning, eller överhuvudtaget. Kostnader för investeringar lyfts som nämnts som en konkret utmaning för elektrifiering. Utanför vissa nischade segment och utan extern kravställning beskrivs också incitamenten för den typiske fordonsägaren att investera i elektrifierade fordon som obefintlig. Med anledning av detta identifierar flera intervjuade de beställande organisationers avgörande roll både för att formulera krav i samband med upphandling som är möjliga att möta men också, krasst uttryckt, betala för att så också ska kunna ske.

Upphandling och lagstiftning

Intervjuade fordonsägare beskriver att upphandlingar särskilt skulle behöva innefatta längre avtalstider, säkerställande om beläggning av fordon, och högre arvoden, för att kunna möjliggöra elektrifierade byggtransporter. Utöver detta nämns även behovet att förändra "just-in-time-tänk". Detta innebär, under den period där kunskap och erfarenhet kring det elektrifierade transportsystemet byggs upp, större förståelse från köpare av transporttjänster avseende teknikproblematik och tätare kontakt och dialog mellan köpare och säljare av transporttjänster. Därför har flera intervjuade även givit uttryck för en uppfattning att framtida upphandlingskrav också måste anpassas tydligt både efter utbudet av elektrifierade fordon och maskiner som finns på marknaden men även fordons- och maskinägares förutsättningar att ersätta eller uppdatera sin fordonspark. Detta innebär tydligt och långsiktigt formulerad kravställning där den takt de kan förväntas skärpas också framgår. Vissa intervjupersoner lyfter möjligheten att skärpa kravställan inom ramen för avtalsperioder för att också ge svarande möjlighet att gradvis genomföra nödvändiga investeringar. Utöver beställarorganisationers förändrade upphandlingsförfarande väntas även framtida lagstiftning påverka omställningstakten. Vissa intervjuade vittnar om att det råder en osäkerhet kring framtida lagstiftning och hur den kan komma att påverka omställningen. Steg- och Euroklasskrav, och dess respektive stegring över tid, är relevanta exempel av de förutsättningarna fordons- och maskinindustrin verkat inom under längre tid. Lagstiftat krav om nollemmissioner ses av vissa som det naturliga nästa steget och förändrad lagstiftning som det verktyg som förväntas få störst effekt.

Nya behov av samordning

Flera intervjuade aktörer beskriver hur det i dagsläget saknas tillräckliga beräkningar och uppskattningar av transportsektorns framtida energi-, effekt och kapacitetsbehov i takt med en förutspädd omställning till elektrifiering.

Hur dessa behov ska komma att mötas när även industrins energibehov förutses avsevärt öka pekas ut som en stor utmaning där befintliga uppskattningar riskerar att inte hålla om ytterligare verksamheter ska etableras. Laddning av tunga fordon under korta vilotider ställer större krav på laddningsstationerna, då det kommer att handla om höga effekter. Flera laddare på samma plats riskerar därmed att bli en utmaning för elnätet.

Intervjupersoner beskriver även att det i dagsläget saknas nationell samordning av Sveriges kommande elbehov som anses behövas och som samlar såväl produktion, distribution som försäljning. Det system och de principer som styr utbyggnad, där marknadens prissignaler förväntas skapa förutsättningar, beskrivs som otillräckligt.

Enskilda intervjuade menar att den historiska utbyggnadstakten av infrastruktur saknat den framförhållning som krävs för genomförande av förutspädd omställning, ser behov av stora nationella initiativ och jämför med miljonprogrammen för bostadsbyggande som genomfördes under 1900-talet. Energibranschens

branschorganisation, Energiföretagens, samlar och samordnar åsikter och behov men är inte nödvändigtvis den aktör som identifieras bör driva arbetet för nationell samordning. Elektrifieringskommissionens arbete, för att påskynda elektrifiering av transportsektorn, har under intervju tillfällen lyfts som otillräckligt.

Intervjuade menar att kommissionen presenterat en nulägesbild utan att formulera en tydlig plan för den framtida utvecklingen och omställningen, vilket efterfrågas. Enskilda företag och aktörer har själva tagit fram prognoser för energi- och effektbehov men efterfrågar en samlad bild för såväl lokal, regional som nationell nivå.

Flera intervjuade beskriver även hur elektrifieringen av transportsystemet ställer stora krav på samverkan och samordning mellan flera aktörer för att säkerställa effektivisering i samband med utbyggnaden av laddinfrastruktur. Exempelvis lyfts att laddinfrastrukturen bör byggas ut i jämn takt med marknadsutvecklingen för elfordon, så att det råder balans mellan utbud och efterfrågan på laddinfrastruktur. Nyckeln för lyckad placering av laddinfrastrukturen beskrivs av vissa som god planering, inte minst då anspråkstagande av mark i tätbebyggda områden ofta präglas av flera konkurrerande intressen. Flera intervjuade lyfter de nationella satsningar som genomförts och bland annat inneburit placering och utbyggnad av ett antal laddpunkter för tunga fordon i Västra Götalandsregionen som mindre lyckade exempel där bred samordning saknats. Det beskrivs saknas analys av den slutgiltiga placeringens nytta i förhållande till andra möjliga alternativ.

Transportindustrin och branschens egenskaper

Ett hinder för elektrifieringen av transportindustrin är branschens utformning. Intervjuade representanter för verksamma aktörer beskriver en kostnads- och tidspressad näring där just dessa prioriteras före andra frågor, däribland klimat- och miljöpåverkan. Vissa intervjuade menar även att omfattande "svartarbete" bidragit och bidrar till ytterligare pressade priser.

Fordonsägande präglas av relativt stort risktagande av mindre företag eller entreprenörer känsliga för konjunkturförändringar och med stora krav om att säkerställa tillräcklig beläggning för de egna fordonen. Byggherrar och beställande organisationer äger som regel inte själva fordon eller maskiner. Detta beskrivs ofta innebära att åkare och åkerier utför många mindre uppdrag åt flera kunder och nödvändiga förutsättningar för elektrifiering saknas därför som regel, säkerställande av beläggning bland annat. De investeringskrav i både fordon och laddinfrastruktur som elektrifiering innebär beskrivs som omöjliga åtaganden för de flesta enskilda fordonsägare. Flera intervjuade personer är med anledning av detta oroliga inför vilka effekter som krav om elektrifiering kan komma få på åkerinäringen. Både beställande organisationer, fordonstillverkare och åkerier beskriver risker för utträngning av mindre aktörer, som av kostnadsskäl saknar möjlighet att svara på anbud, utan metoder och verktyg för riskspridning mellan mer och mindre kapitalstarka aktörer i värdekedjan.

Upphandlingskrav

Vid sidan av längre avtalstider har intervjuade lyft behovet av former för utvärdering av anbud som premierar anbudsgivare vilka kan erbjuda alternativa genomförandebeskrivningar. Vissa intervjuade menar sig se att detta blivit och blir vanligare, andra inte överhuvudtaget.

Offentliga beställande aktörer beskrivs både av sig själva och övriga intervjuade som mycket viktiga för att accelerera omställningen till elektrifierade fordon- och arbetsmaskiner, med upphandling som verktyg. Detta både för att dessa identifieras ha möjlighet att erbjuda de avtalslängder som förväntas vara nödvändiga för att motivera maskinägare att investera i elektrifierade lösningar samt för att dessa, med stöd av politiskt förankrat mandat och målsättningar, har betalningsviljan som krävs.

Flera intervjuade är tydliga att betona vikten av fortsatt kunskapsinsamling och erfarenhetsbyggande vad gäller möjliga utformningar av upphandlingskrav som innebär ökad elektrifieringsgrad. Uppfattningen är fortsatt att tillgången till elektrifierade fordon och maskiner fortsatt är begränsad, vilket också begränsar förutsättningar för kravställan. Enskilda erfarenheter gör gällande att alltför ambitiös kravställning snarare än att öka omställningstakten istället inneburit en avsaknad av anbud. Med anledning av detta lyfter flera intervjuade behovet av demonstration- och pilotprojekt både för erfarenhetsbyggande men också för att exemplifiera, särskilt för beställande organisationer och beslutsfattare, vad som är möjligt. I dagsläget beskriver enskilda intervjuade hur låg kunskapsnivå bland politiska beslutsfattare avseende vilka elektrifierade fordon och maskiner som är kommersiellt tillgängliga riskerar innebära målsättningar omöjliga att uppnå. Därtill menar vissa intervjuade att de tekniska lösningar som i dagsläget är tillgängliga är illa

anpassade efter de förväntningar som råder för hur fordon- och maskinarbete ska utföras. Tillgängliga fordon är snarare tillämpliga för vissa nischer, särskilt de som präglas av stor repeterbarhet. Bland flera intervjupersoner finns även uppfattningen att ökade kostnader för elektrifiering kan komma kräva andra ägande- och upphandlingsformer än vad som i dagsläget är regel. Särskilt nämns möjligheten för beställande organisationer att, snarare än att upphandla fordon och förare, själva investera i fordon och maskiner som görs tillgängliga för utförande aktörer. Detta som verktyg för att flytta investeringskostnader från utförare till beställare. Vissa intervjuade ser även möjligheter att med hjälp av den större kontrollen över enskilda fordon även effektivisera dess användning inom ramen för flera projekt i samma närområde. Andra intervjuade uttrycker samtidigt skepsis mot denna typ av lösningar, som går på tvärs mot transportbranschens utformning, och viss oro för hur en tillämpning där fordon och maskiner delas mellan flera projekt riskerar att negativt påverka förares arbetsmiljö.

Framtidens infrastruktur

Storskalig elektrifiering av transporter och arbetsmaskiner ställer stora krav på tillräcklig laddinfrastruktur. Vid sidan av tillräcklig nätkapacitet menar flera intervjuade att ytterligare, ännu olösta, utmaningar riskerar dämpa omställningstakten. Bland annat finns omfattande osäkerhet om ägandeförhållanden för olika typer av laddinfrastruktur, vilka aktörer som kan förväntas stå för kommande investeringar och vilken roll kommun och andra offentliga organisationer förväntas ta i förhållande till näringslivsaktörer. Vissa företag utforskar redan idag affärsmodellen att investera i och drifta laddinfrastruktur som finansieras genom användaravtal med kunden. Flera intervjuade gör gällande att kostnader för investeringar och drift av nödvändighet bör innebära att de delas mellan flera aktörer. Dessa uppges till stor del drivas av svårigheter att, för enskilda laddpunkter, nå tillräcklig användningsgrad för att investeringen ska vara lönsam.

Flera intervjupersoner nämner även de begränsningar som lagstiftning och överenskommelser mellan arbetstagare och arbetsgivarorganisationer som styr arbetstider och raster för förare innebär. Dessa innebär att möjligheter för laddning under en typisk arbetsdag, utan produktionsavbrott, begränsas till befintliga raster. Intervjuade förutser att detta kommer innebära stora utmaningar att säkerställa laddningsmöjligheter samtidigt för en stor del av fordon och maskiner. Istället antas lösningar som innebär möjlighet för åkare att reservera eller på annat sätt säkerställa möjlighet till laddning under vilotider bli nödvändiga. Vissa intervjuade menar även att omställningen till elektrifierade fordon kan komma kräva anpassning av lagstiftning eller anpassning av förväntningar bland beställande organisationer inför vilka förutsättningar som krävs för laddning under arbetsdag och att avtal anpassas därefter.

Intervjuade ser även att omställning till elektrifiering ställer krav på förtroendebyggande arbete mellan olika delar av värdekedjans aktörer. Flera menar att tidigare satsningar på alternativa energibärare inneburit osäkerhet inför elektrifieringsomställningens långsiktiga drivkraft och uthållighet. Denna osäkerhet beskrivs riskera ha en dämpande påverkan på investeringsviljan både bland fordonstillverkare och fordonsköpare. Särskilt nämns åkerier och åkare sakna förtroende för fordonsindustrin vid introduktion av ny teknik. Enskilda intervjuade beskriver ett behov av mötesplatser och arenor för utvärdering av teknik som inte fordonstillverkare initierar eller är avsändare för.

Dagens och framtidens stödstrukturer

Intervjuade utförande aktörer uttrycker tydligt att incitament saknas för den absoluta majoriteten av dagens fordonsägare att investera i elektrifierade fordon och maskiner eller infrastruktur kopplat till dessa, om dessa inte uttryckligen efterfrågas från beställare av maskin- och transporttjänster. Även om intervjuades erfarenheter gör gällande att driftkostnader för elektrifierade fordon är lägre än desamma för fossildrivna fordon så väger detta inte upp för investeringskostnader för fordon och laddinfrastruktur. Detta gäller trots de stödstrukturer som finns tillgängliga att ansöka om. Bland dessa ryms energimyndighetens klimatpremie för miljölastbilar, elektriska arbetsmaskiner och miljöarbetsmaskiner. Stödformerna uppfattas både vara otillräckliga och komplicerade. Intervjuade beskriver hur stödformer i dagsläget är anpassade för den initiala investeringen i en elektrifierad lastbil, dyrare än sin dieselmotsvarighet, men att stöd uteblir vid byte av samma elektrifierad lastbil mot en annan. Detta riskerar vara otillräckligt för en långsiktigt hållbar elektrifiering av transportsektorn.

Vissa intervjuade menar även att stödstrukturer inte är anpassade för de kostnader som är att förknippa med den infrastruktur som byggs ut för att stötta omställningen till elektrifierade fordon och arbetsmaskiner. Enligt intervjuade är dagens investeringsstöd för laddinfrastruktur fokuserade på investeringskostnader

snarare än driftkostnader. Att investera i laddinfrastruktur är dock långsiktiga åtaganden och driftkostnaden utgör en omfattande del av den samlade utgiften. Därtill är energilager, som ofta nämns som svar på potentiella lösningar för att avhjälpa brister i lokala elnät, inte stödberrättigade idag. Intervjuade menar att den omfattande utbyggnad som kommer krävas och de tillfälliga lösningar som kan komma att krävas ställer krav på långsiktigt politiskt engagemang och ytterligare stödformer för att möjliggöra ekonomisk lönsamhet.

Sammanfattning

Den genomförda intervjustudien ger en nulägesbild av enskilda aktörers inställning och åsikter. Det begränsade urvalet gör att resultaten bör betraktas med försiktighet men ger samtidigt en fingervisning om de utmaningar och möjligheter som präglar omställningsresan transportbranschen och värdekedjans aktörer står inför. Nedan följer ett antal sammanfattande slutsatser.

- Beredskap att bära högre kostnader för investeringen och det ökade mervärde som elektrifierade transporter skulle innebära (såsom klimat-, hälsa och arbetsmiljöförbättring) är en förutsättning.
 - Hur dessa kostnader bäst fördelas är omdiskuterat. Branschaktörer pekar mot att beställarorganisationerna bör vara beredda på att ta den kostnaden. Beställarorganisationer uttrycker ett behov att marknaden och affärsmodeller omhändertar kostnadsökningen på sikt, men att det initialt behövs offentliga stöd.
- Tydliga, kommunicerade och förankrade målsättningar hos offentliga beställare är viktiga möjliggörare som påverkar hela branschen.
- Affärsmodeller som möjliggör elektrifiering är en nyckelfaktor - såväl för elfordon som laddinfrastruktur.
- Branschförutsättningar
 - Fordonen ägs idag framförallt av enskilda åkare knutna till åkerier eller transportentreprenörer. Dessa har sällan marginaler att göra stora investeringar själva, och branschen i stort präglas av prispress.
 - Små marginaler i branschen gör att mindre aktörer riskerar konkurreras ut av större aktörer som kan hantera upphandlingskrav och de högre kostnader som väntas.
 - Dagens avtal och lagstiftning som rör chaufförernas arbetsvillkor uppges påverka affärsmodeller och logistikupplägg för laddning av fordon i hög grad.
- Förändrade upphandlingsförutsättningar som efterfrågas/uttrycks potential kring:
 - Längre avtalstider, garanti-beläggning och ersättning som täcker upp för den ökade investeringskostnaden.
 - Anpassade efter utbud och tillgång på fordon och laddinfrastruktur, samt till läranderesan och de "barnsjukdomar" som är förenade med systemutvecklingen.
 - Långsiktiga förutsättningar, eventuell stegvis och i så fall tydligt kommunicerad upptrappning gällande elektrifieringskrav.
 - Beställare som potentiella framtida fordonsägare/uthyrare ses såväl som en möjlighet som något som inte faller inom ramen för beställarnas gängse uppdrag, och som skulle kunna påverka förarens arbetsmiljö negativt.
- Upphandlingskrav ensamt räcker inte, utan behöver förenas med incitament och stöd för att kunna genomföra demonstration- och pilotprojekt både för erfarenhetsbyggande men också för att exemplifiera vad som är möjligt.
- För en långsiktigt hållbar elektrifiering av transportsystemet uppges framtidens stödsystem för laddinfrastruktur behöva omfatta även driftkostnader och inte bara investeringskostnader som idag, och dagens incitamentsystem bör förstärkas och ses över gällande oönskade sideeffekter.
- Lagkrav nationellt och internationellt (EU-lagstiftning) kan komma att påverka omställningstakten betydande, ex. krav om nollemissioner.
- Omställning av transportbranschen och byte av energibärare uppges delvis vara en förtroendefråga, då branschen historiskt utstått investeringsmässiga "smällar" och osäkerheter.

- Det behövs en nationell samordning av energiförsörjningen och effektbehovet i Sverige, samt en samlad bild för såväl lokal, regional som nationell nivå gällande prognoser för energi- och effektbehov.
- Tillgång till el och effekt är en stor utmaning när hela samhället ställer om, behovet är stort av omfattande nationella investeringar i elproduktion och kraftöverföring.
- Samverkan och samordning behövs mellan offentliga och privata aktörer samt över fordons- och laddinfrastruktur-gränssnittet.
- God planering förutsätter avvägningar och strategisk placering av laddinfrastruktur, men vem som ska bära investering och driftkostnaden för laddinfrastrukturen är ännu inte tydlig.
- Ett långsiktigt politiskt engagemang kommer vara nödvändigt för att få till stånd stabilitet i de omfattande investeringar som en omställning till elektrifierade byggtransporter innebär.