



Rapport 2014:3

## Energieffektiva kortväga massgodstransporter på väg



**Gustav Krantz  
Peter Bark**



## Förord

Föreliggande rapport utgör en redovisning av projektet *Energieffektiva kortväga massgodstransporter på väg – ENERMA*. Projektet har genomförts av, som TFK – TransportForsK AB (TFK) i samarbete med branschföreträdare inom åkerinäringen, byggföretag samt representanter för fordonstillverkare, åkerier, intresseorganisationer och kommuner.

Projektet har initierats av TFKs Transport- och materialhanteringskommitté (TMK), i vilken företrädare för bland annat fordonstillverkare, transportköpare samt olika bransch- och intresseorganisationer är representerade. TMKs verksamhetsområde omfattar bland annat forsknings- och utvecklingsfrågor avseende distribution och andra transporter i tätortsområden.

Projektet har finansierats av Energimyndigheten. Projektdeltagarna och andra intressenter har dessutom i stor omfattning bidragit med insatser i form av eget arbete.

Huvudförfattare till denna rapport har varit civ. ing. Gustav Krantz, TransOleum. Projektledare har varit tekn. dr. Peter Bark, TFK, som även varit medförfattare till rapporten. Vidare har fil. dr. Sara Sebelius, TFK, medverkat i projektet.

Förstudiens intressenter har genom en referensgrupp löpande tagit del av projektets resultat samt även haft möjlighet att påverka projektets inriktning. I referensgruppen har följande personer ingått, utöver Peter Bark och Gustav Krantz:

Håkan Ask	Volvo Construction Equipment
Torbjörn Heiersson	Sveriges Åkeriföretag
Lars-Göran Jansson	Trafikkontoret Stockholm Stad
Arne Johansson	Volvo Construction EquipmentAB
Tommy Rosgardt	Volvo Groups Technology

TFK vill med detta rikta ett stort tack till projektets finansiär, övriga intressenter samt personal hos intressenterna vilka direkt medverkat i projektet, eller bidragit med viktig information, och på andra sätt medverkat till projektets genomförande.

Stockholm i juni 2014

Peter Bark, VD

---



# Innehållsförteckning

	<i>Sida</i>
<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>1</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>2</b>
<b>1 INLEDNING .....</b>	<b>3</b>
1.1 BAKGRUND .....	3
1.2 PROBLEM .....	3
1.3 SYFTE .....	4
1.4 ARBETSGÅNG – METOD .....	4
1.5 DEFINITIONER .....	5
<b>2 NULÄGESBESKRIVNING .....</b>	<b>9</b>
2.1 NULÄGE OCH ENERGIANVÄNDNING .....	11
2.2 RESTRIKTIONER FÖR FORDONENS VIKT OCH DIMENSION .....	13
2.3 RESTRIKTIONER FÖR FORDONSVIKTER INOM TÄTORTER .....	15
2.4 EFFEKTER AV RESTRIKTIONER .....	16
<b>3 FALLSTUDIE .....</b>	<b>19</b>
<b>4 BRÄNSLEN OCH ALTERNATIVA DRIVSYSTEM .....</b>	<b>22</b>
4.1 DIESELPRISETS UTVECKLING .....	22
4.2 ALTERNATIVA DRIVSYSTEM .....	22
<b>5 EFFEKTIVISERING AV MASSGODSTRANSPORTER .....</b>	<b>26</b>
5.1 FRAMTAGNING AV FORDON ANPASSADE FÖR BK2 .....	26
5.2 UPPGRADERING AV GATOR OCH VÄGAR FRÅN BK2 TILL BK1 .....	27
5.3 HÖJDA BRUTTOVIKTER .....	27
<b>6 RESULTAT OCH SLUTSATSER .....</b>	<b>30</b>
6.1 RESULTAT .....	30
6.2 SLUTSATSER .....	30
6.3 DISKUSSION .....	30
6.4 FÖRSLAG TILL FORTSATTAS STUDIER .....	31
<b>REFERENSER .....</b>	<b>33</b>



# Sammanfattning

Efterfrågan på och användningen av vägtransporter med tunga fordon har under lång tid ökat i takt med den ekonomiska utvecklingen. Genom teknisk utveckling som medfört en ökad effektivitet har bränsleförbrukningen per enhet transporterat gods under de senaste 30 åren minskat med mer än 40 %. En tilltagande trängsel, särskilt i storstäderna påverkar samtidigt transporteffektiviteten negativt.

Effektiviseringen av tunga transporter är också ojämnt fördelad för olika godssegment, exempelvis har fjärrtransporter och närdistribution varit föremål för omfattande forskningsinsatser medan transporter av massgods i stads- och tätortsmiljö fått ytterst lite uppmärksamhet i forskningssammanhang. Detta trots att massgodstransporter utgör den största varugruppen i svenska vägtransporter sett till tonnaget, eller mängden. Potentialen för att kunna uppnå en effektivisering av massgodstransporter i stadsmiljö är stor. För att erhålla en låg bränsleförbrukning per transporterad godsenshet är det gynnsamt med en så hög lastvikt som möjligt per lastlopp. Utsläppen av NO<sub>x</sub> minskar proportionellt sett mer än bränsleförbrukningen vid jämförelse mellan ett tungt lastat ekipage och ett olastat dito.

De faktorer som begränsar totalvikten av ett transportupplägg är bland annat axel-, boggi och trippelaxeltryck, bruttovikt samt längdbegränsningar. Begränsningarna beslutas av väghållaren och är införda för att minska slitage på infrastruktur samt vara skonsamma för närmiljön. Vägnetet i Stockholms stad är till stor del begränsat till bärighetsklass 2 (BK2), vilket innebär att antalet rundor, eller lastlopp, ökar med nästan 90 %, för vissa fordon, jämfört med om bärighetsklass 1 (BK1) hade varit tillåten.

Ny teknik har stor potential att reducera bränsleförbrukningen inom massgodssegmentet. Unika fördelar med användandet av laddhybrider är exempelvis att:

- Elmotorn ger maximalt moment redan vid låga varvtal vilket är ett bra komplement till dieselmotorn vid brant stigning i exempelvis byggropar.
- El har ett lägre pris än diesel (som förväntas stiga i pris) per energienhet. Vid transporter på korta sträckor, vilket är kännetecknande för massgodssegmentet, är behovet av energilagringkapacitet i batterier begränsat.

Mot införandet av energisparande teknik talar att massgods har ett lågt varuvärde samt att avskrivningstiden och andrahandsvärdet på fordon med sådan teknik är osäker.

Möjlighet till effektivisering finns inom gällande regelverk. Om avståndet mellan första och sista axel ökar medges högre bruttovikter vilket ofta är gränssättande för vägar klassade i bärighetsklass 2 (BK2). Dock minskar flexibiliteten hos ett längre fordon vilket är en viktig parameter att beakta vid körning i stadsmiljö.

En höjning av den i Sverige maximalt tillåtna bruttovikten för långa fordonskombinationer, från 60 ton till 74 ton, innebär även en stor effektiviseringspotential för massgodssegmentet om det dessutom kombineras med nya gränser i bruttoviktstabellerna för enskilda fordon och korta fordonskombinationer. Vid en sådan förändring skulle skaderisken för känslig infrastruktur och närmiljö kunna minimeras genom att behålla nuvarande begränsningar av axeltryck och i vissa fall även minska dem. Den samlade effekten av en sådan förändring blir att bränsleförbrukning, NO<sub>x</sub>-utsläpp, buller, vibrationer och antal fordonsrörelser som är kopplade till transporter av massgods kommer att minska kraftigt.

## Summary

Demand for road transports performed by heavy vehicles has been following an increasing trend in Sweden and the EU during a long term period, which has led to a high strain on transport infrastructure causing traffic jams and thus lowering overall efficiency of the transportation system. Efficiency has increased due to improvement of the combustion engine, where truck manufacturers have managed to reduce fuel consumption with more than 40 % over the past 30 years.

Also, development of new types of vehicles, for instance heavy or extra long vehicle or truck combinations, has led to a reduction in fuel consumption per goods volume and weight. However, many of these vehicle modifications have had little impact on the mass goods segment, especially in city or urban environment. The share of transports exceeding the EU standard of 40 tonnes or 18.75 meters length is surprisingly low for the segment mass goods.

Transport with heavy vehicles in city environment is today constrained from several aspects. Many limitations are invoked to avoid damages to the infrastructure, for instance weight limits per axle, per two axle bogie, and per triple axled bogie as well as limits to gross vehicle weight and length. The road net in Stockholm is in general limited to load BK2 (weight class 2) which means that the number of cargo runs in some cases will increase by 89 % compared to a scenario where BK1 (weight class 1) would be permitted.

New technology holds potential to reduce fuel demand for transport of mass goods in a city environment. Especially drive systems or powertrains based on electricity will offer advantages compared to the regular diesel powertrain:

- The electrical motor allows for full torque already at low engine speed that might be a valuable parameter when fully loaded in steep slopes.
- Electricity has a lower price per energy unit than diesel. For short distance transports, which are common for the mass goods segment, the need for large energy storage in batteries is relatively low and since batteries make up for a large cost share of a hybrid engine, the overall cost can be kept low.

On the downside, mass goods have a low value per volume or weight unit which means new technology must be very cost efficient to be commercially viable.

There is opportunity to increase efficiency within the current framework. While inside roads of BK2 (weight class 2), increasing the distance between the first and last axle of the vehicle allows for higher gross weight. Dedicated vehicles adapted to BK2 (weight class 2), have not been commercially successful due to the increased vehicle length reducing vehicle flexibility as well as the reduced net load capacity when trafficking BK1 (weight class 1) areas due to the increased vehicle weight.

Extending gross vehicle weight in Sweden from 60 tonnes to 74 tonnes means efficiency can be increased dramatically for transports of mass goods if it is combined with new limits of load class. Such a change would also have dramatic effects on emissions such as NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub> as well as traffic safety as the number of transports is reduced.



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Efterfrågan på vägtransporter med tunga fordon har länge följt en ökande trend både i Sverige och inom andra EU-länder. Särskilt korrelationen mellan BNP och ökat transportarbete har visat sig vara tydlig med hög samvariation. En delförklaring är att effektivisering är förknippad med specialisering inom varuproduktionen vilket i sin tur ökar efterfrågan av effektiva transporter. Allteftersom utnyttandet av transportinfrastrukturen ökar, tilltar problem såsom trängsel, miljöbelastning och hälsopåverkan samt att effektiviteten i godsflödet försämras. Trenden är påtaglig trots att ny teknik som gett både energisnålare motorer och effektiva högkapacitetsfordon, implementerats inom stora delar av transportsektorn.

Ytterligare effektivisering kräver utveckling inom flera områden. En ökad verkningsgrad i förbränningsmotorerna kan inte förväntas fram till år 2020, till följd av att hårdare krav för partikel- och NO<sub>x</sub>-utsläpp motverkar förbättringar av energiutnyttjandet. Andra metoder att öka effektiviteten kan vara:

- Användande av tyngre och i vissa fall även längre fordonskombinationer vilket medför en lägre energianvändning per transporterad enhet.
- Användande av drivlinor som helt eller delvis baseras på el.
- Effektivare logistiksystem och förändrade regelverk som medger att den befintliga fordonsflotta kan transportera mer gods.

Hittills har utvecklingsinsatserna avseende högkapacitetsfordon till stor del varit koncentrerad kring fordonskombinationer med längder på 24 m respektive 25,25 m eller därutöver.

Forsknings- och utvecklingsinsatser kring fordon och korta fordonskombinationer (främst upp till 12 m längd) för tunga kortväga transporter av främst massgods har inte getts samma prioritet i forskningssammanhang som distributions- respektive fjärrtransportfordon. Detta trots att segmentet massgods utgör en stor del av tonnaget på väg och har en hög energianvändning.

## 1.2 Problem

Tunga vägtransporter får ofta klä skott som ett ovälkommet inslag i ett hållbart samhälle. En lastbil kan uppfattas som en miljömässig belastning jämfört med kollektivtrafikfordon såsom bussar och även personbilar när begrepp som miljöfordon etableras i allmänhetens medvetande. Det är inte allmänt känt att effektivisering av energianvändningen, genom främst en minskning av bränsleförbrukningen, varit en högt prioriterad fråga för tillverkare av tunga fordon ända sedan 1970-talet medan bränsleförbrukning och miljöpåverkan för personbilar först på senare år blivit en relevant parameter vid nybilsinköp. Avseende transporterad vikt är lastbilen ofta över hundra gånger så energieffektiv som personbilen.

Åtgärder för att höja effektiviteten för tunga transporter har till stor del fokuserats mot ökad fordonslängd/-vikt för de längsta och tyngsta ekipagen parallellt med forskning inom kategorin distribution (Volvo, 2010). Exempelvis har ruttoptimering, hybrida drivsystem, sparsam körning, fordonseffektiviseringar genom reducerat luftmotstånd, alternativa drivmedel samt längre och/eller tyngre fordon varit populära forskningsfält. Forskning och utveckling har främst bedrivits av tillverkarna själva samt även i samverkan med högskolor och universitet.

För tunga fordon har bränsleförbrukningen reducerats med 40 % under de senaste 30 åren parallellt med att regelverket för utsläpp av NO<sub>x</sub> och partiklar avsevärt skärpts.

En ytterligare reduktion av bränsleförbrukningen kan framöver väntas för specifika godsslag, särskilt som en följd av en höjning av de tillåtna bruttovikterna. Till exempel förväntas bränsleanvändningen per transporterad enhet skogsråvara sjunka i Finland som en följd av beslutet att höja den tillåtna bruttovikten för fordonsekipage på det statligt ägda vägnätet från 60 ton till 76 ton. En uppskattning är att denna förändring kommer att medföra 2 % minskade CO<sub>2</sub>-utsläpp från hela transportsektorn i Finland (Mustonen, 2014).

Hittills har dock få effektivitetshöjande åtgärder varit haft betydelse för massgodssegmentet och särskilt inte för transporter i stads- och tätortsmiljö eftersom:

- Potentialen för ruttoptimering är försumbar eftersom transporter av massgods vanligtvis sker endast mellan två destinationer och förarna snabbt hittar den bästa vägen.
- Alternativa drivsystem såsom hybrida drivsystem medför en ökad egenvikt som reducerar fordonets lastförmåga. Massgods har dessutom oftast ett lågt värde per viktenhet, vilket påverkar prissättningen av transportuppdragen, och får till följd att det är svårt att bära upp dyra miljöinriktade investeringar.
- Fordon och fordonskombinationer av full längd (24 - 25,25 m) och full vikt (idag 60 ton) kan vanligen inte användas inom de stads- och tätortsmiljöer där flertalet massgodstransporter sker. Detta främst på grund av lokala begränsningar av både fordonens längder och vikter.

Ett fåtal insatser har hittills varit riktade mot frågor om massgods och tätortsproblematik knutet till detta segment. Detta innebär emellertid att en stor effektiviseringspotential kan finnas inom detta segment tillsammans med flera lågt hängande frukter som är lätta att plocka.

### 1.3 Syfte

Projektets syfte är att kartlägga effektiviseringspotentialen för transporter av massgods och föreslå åtgärder för att höja effektiviteten inom detta segment med avseende på miljöpåverkan, bränsleanvändning, slitage på infrastruktur samt säkerhets- och hälsopåverkan. Projektet är inriktat mot transporter av massgods i tätortsmiljö.

Syftet är vidare att särskilt identifiera potentiell energibesparing genom införande av nya fordonskoncept, alternativa drivsystem eller förändrade regelverk. Ett konkret delmål är att antalet fordonsrörelser genom innovativ fordonsutformning skall kunna minskas med 10-20 % vid oförändrad mängd gods. Hur stor energieffektivisering per transporterad gods enhet detta för med sig kommer att uppskattas. Ett syfte är vidare att utföra fallstudier för massgodstransporter vid byggarbetsplatser i innerstadsmiljö i ett storstadsområde (Stockholm).

### 1.4 Arbetsgång – metod

Projektet har utförts som en explorativ studie där väsentliga frågeställningar efterhand behandlats och fördjupats. Ansatsen var att utföra en fallstudie parallellt med intervjuer och faktainsamling från branschens intressenter. Data har insamlats genom litteraturstudier. Utifrån de inledande studierna har ett antal förslag till konceptuella lösningar avseende fordon och fordonskombinationer för massgodstransporter i tätortsmiljö ansatts, bedömts och värderats.

Verifiering av slutsatser om potentiell effektivitetsökning har skett dels genom återkoppling gentemot referensgrupp och dels genom att ett antal praktikfall ansätts och utvärderas. Resultaten har slutligen sammanställts och redovisats i en rapport.

## **1.5 Definitioner**

De mest centrala begreppen som använts i projektet, och som återkommer i denna rapport, har tydliggjorts och definierats definieras nedan.

### ***Massgods***

Massgods avser bulkgods, det vill säga gods i lös vikt av homogen karaktär som oftast hanteras med skopa eller pump. Exempel på massgods är spannmål, kol, malm, granulat, pulver, vätskor och gaser. Gemensamt är ett relativt lågt värde per ton samt att flertalet av transportererna sker med en för det enskilda godsslaget specialanpassad lastbärare såsom malmvagn, betong- eller tankbil. I detta projekt har med massgods främst avsetts berg- och grustransporter samt schaktmassor. Detta innebär att exempelvis bränsletransporter lämnats utanför detta projekt.

### ***Axeltryck***

Den sammanlagda statiska vikt som en enskild axel överför till vägbanan.

### ***Boggityck***

Den sammanlagda statiska vikt som överförs till vägbanan från hjulen på två intill varandra, och på ett inbördes avstånd mindre än 2,0 m, monterade fordonsaxlar.

### ***Bruttovikt***

Den sammanlagda vikten som överförs till vägbanan från samtliga axlar och hjul på ett enskilt fordon eller för ett helt ekipage bestående av flera sammankopplade fordon (se totalvikt).

### ***Bärighetsklass***

Indelning av vägar utifrån vilket statistiskt tryck i form av bruttovikter som tillåts. Detta inkluderar även reglering av axel-, boggi- och trippelboggityck. De tre bärighetsklasserna benämns bruttoviktsklass 1 (BK1), bruttoviktsklass 2 (BK2) och bruttoviktsklass 3 (BK3), där BK1 är den som tillåter högst fordonsvikt. På 95 % av det allmänna vägnätet tillåts BK1-fordon. På gatu- och vägnätet i de stora tätorterna är emellertid andelen betydligt lägre.

### ***Dolly***

En dolly är ett efterfordon med kopplingsanordning avsedd att dra ett efterfordon, i form av en påhängsvagn (se figur 1.1). En dolly sammankopplad med en påhängsvagn utgör funktionellt en släpvagn. En dolly har inte någon lastyta eller något lastutrymme.



*Figur 1.1*      *Tvåaxlad dolly (Närko)*

**Dragbil**

En dragbil är ett fordon med kopplingsanordning avsedd för att dra någon typ av efterfordon, vanligen en påhängsvagn (Ölund et al, 2012). Dragbilen kan vanligen inte bära någon last i ett eget lastutrymme utan all last transporteras på efterfordonet (se figur 1.2 och 1.3).



Figur 1.2 Tvåaxlig dragbil (Volvo Trucks)      Figur 1.3 Treaxlig dragbil (Scania)

**Efterfordon**

Fordon som dras av en drag- eller lastbil, och vanligen utgörs av en dolly, kärra, släpvagn eller påhängsvagn.

**EMS – European Modular System**

EMS innebär att moduler godkända enligt EU-direktivet 96/53/EG kombineras så att fordonslängden kan bli upp till 25,25 m. De lastbärare som används i en sammansatt fordonskombination, enligt EMS-systemet, skall överensstämja med EU-direktivet 96/53 (EU, 1996). EMS bygger på användande av två i Europa vanligt förekommande typer av lastbärare för vägtransporter med lastbil, i form av ett växelflak och en påhängsvagn. EMS bygger på att i ett fordonståg kombinera en påhängsvagn, av upp till 13,6 m längd, med en kortare lastbärare såsom ett växelflak (främst av 7,45 eller 7,82 m längd) eller en fast påbyggnad av motsvarande längd. Ofta sammankopplas en lastbil och en påhängsvagn med hjälp av en dolly.

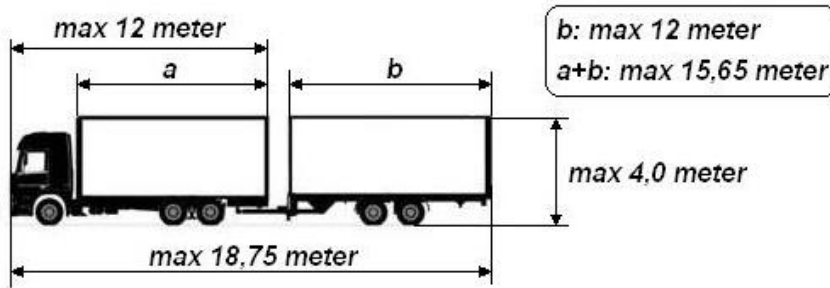
Sverige och Finland tillåter idag en maximal längd om 25,25 m samt en bruttovikt om 60 ton för fordonskombinationer enligt modulsystemet. Nederländerna har bedrivit försök med modulfordon sedan 2000. Danmark och Norge inledde försök under 2008 och Danmark har förlängt försöksperioden till 2016. I Norge tillåts EMS-fordon på stora delar av vägnätet samt på anslutningsvägar till Finland och Sverige. I Tyskland pågår försök i sju delstater sedan 2012.

**EU-direktiv 96/53/EG**

Följande dimensioner definieras i direktiv 96/53/EG och är tillåtna i alla medlemsländer om inte nationell lagstiftning säger annorlunda:

<b>Längd</b>	Lastbil	12,00 m
	Släpkärra eller släpvagn	12,00 m
	Dragbil med påhängsvagn	16,50 m
	EU-kombination i form av lastbil med släpkärra eller släpvagn (se figur 1.4)	18,75 m
<b>Vikt</b>	Vägekipage med 5 eller 6 axlar	40/44* ton
	Dragbil och påhängsvagn med 5 eller 6 axlar	40/44* ton

\* Gäller vid transport av odelbar (intermodal) lastbärare till och från en intermodal terminal. Ett antal EU-länder tillåter emellertid generellt 44 tons bruttovikt



Figur 1.4 Fordon av största tillåtna längd enligt EU-direktiv 96/53/EG

### EU-kombination

Avser en fordonskombination som är vanlig inom EU vilken består av lastbil och släpvagn eller kärra. Tillåten totallängd för ekipaget uppgår till 18,75 m.

### Kortväga transporter

Begreppet kortväga transport används inom statistiska och politiska sammanhang och avser transporter på kortare avstånd än 100 km (SOU, 2003).

### Kärra

En kärra är ett efterfordon med en dragstång genom vilken en del av efterfordonets egenvikt överförs till dragfordonet. Ett annat försvenskat begrepp för kärra är centeraxelsläp. Tippkärror är vanligen försedda med en, två eller tre axlar (se figur 1.5).



Figur 1.5 Treaxlig tippkärra kopplad till treaxlig lastbil (Scania)

### Lastbil

En lastbil är ett fordon som antingen lastas med en lös (utbytbar) lastbärare (se figur 1.6), eller är försedd med en lastbärare som utgörs av en fast påbyggnad, i vilken det finns ett lastutrymme eller en lastyta i detta fall i form av ett tippflak (se figur 1.7). Tung lastbilar förses vanligen med en kopplingsanordning för att kunna dra ett efterfordon.



Figur 1.6 Lastbil med lastväxlare för rullflak (Volvo Trucks)



Figur 1.7 Lastbil med tippflak (Volvo Trucks)

***Påhängsvagn (trailer)***

Påhängsvagnen benämns oftast trailer, eller semi-trailer och är ett efterfordon vilket med en dragtapp kopplas till en dragbil, eller en dolly (Bark red, 2002).

Påhängsvagnen förses ofta med samma slags lastutrymmen och påbyggnader som andra vägfordon. Detta innebär att påhängsvagnar som används vid anläggningstransporter ofta har tippflak (se figur 1.8). Påhängsvagnar med tippflak är vanligen utrustade med skjutbar boggi som vid transport på allmän väg skjuts bakåt för att öka avståndet mellan första och sista axeln i fordonskombinationen samt för att skapa en bättre viktfördelning av lasten.



*Figur 1.8 Påhängsvagn med tippflak (Parator)*

***Släpvagn***

En släpvagn är försedd med minst två axlar, varav den främre axeln är styrbar, eller de främre axlarna är styrbara (se figur 1.9). På släpvagnen finns vidare en dragstång vilken är avsedd att ta upp drag- och tryckkrafter, från det dragande fordonet, samt krafter i sidled för styrning av den främre axeln eller de främre axlarna. Traditionella svenska ekipage, med 60 tons bruttovikt och en längd av upp till 24 m, består vanligen av en treaxlig lastbil och en fyraxlig släpvagn. Den senare med en totalvikt av upp till 36 ton.



*Figur 1.9 Treaxlad tippsläpvagn för rullflak kopplad till fyraxlig lastbil (Scania)*

***Totalvikt***

Summan av fordonets tjänstevikt och den maximala mängden gods som tillåts för fordonet (se bruttovikt).

***Tjänstevikt***

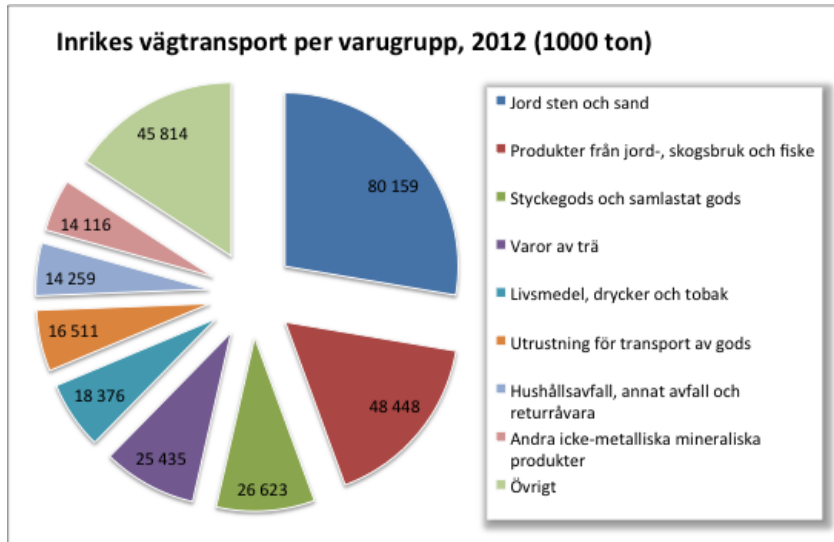
Den sammanlagda vikten för ett fordon i driftsdugligt skick, vilket bland annat inkluderar karosseri, reservhjul, bränsle, smörjolja, vatten samt förare.

***Trippelaxeltryck***

Den sammanlagda vikten som hjulen i en trippelaxelkombination överför till vägbanan. Som trippelaxelkombination definieras tre fordonsaxlar monterade inom ett avstånd på 5,0 m.

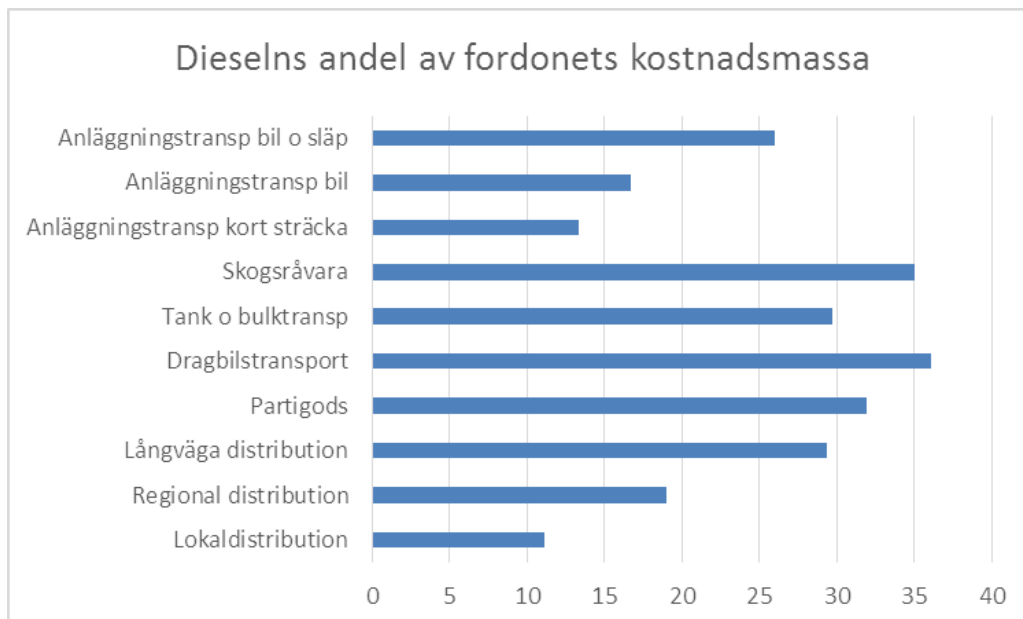
## 2 Nulägesbeskrivning

Massgods, i form av jord, sten och sand, utgör sett till tonnaget, den största varugruppen inom vägtransportområdet (Trafikanalys, 2012). Denna del av massgodset svarade år 2012 för mer än en fjärdedel (> 25 %) av den godsmängd som transporterades på det svenska vägnätet (se figur 2.1). Om segmentet massgods utökas med produkter från jord-, skogsbruk och fiske ökar andelen till 44 % av godsmängden på det svenska vägnätet.



Figur 2.1 Inrikes vägtransporter 2012 (Trafikanalys, 2012)

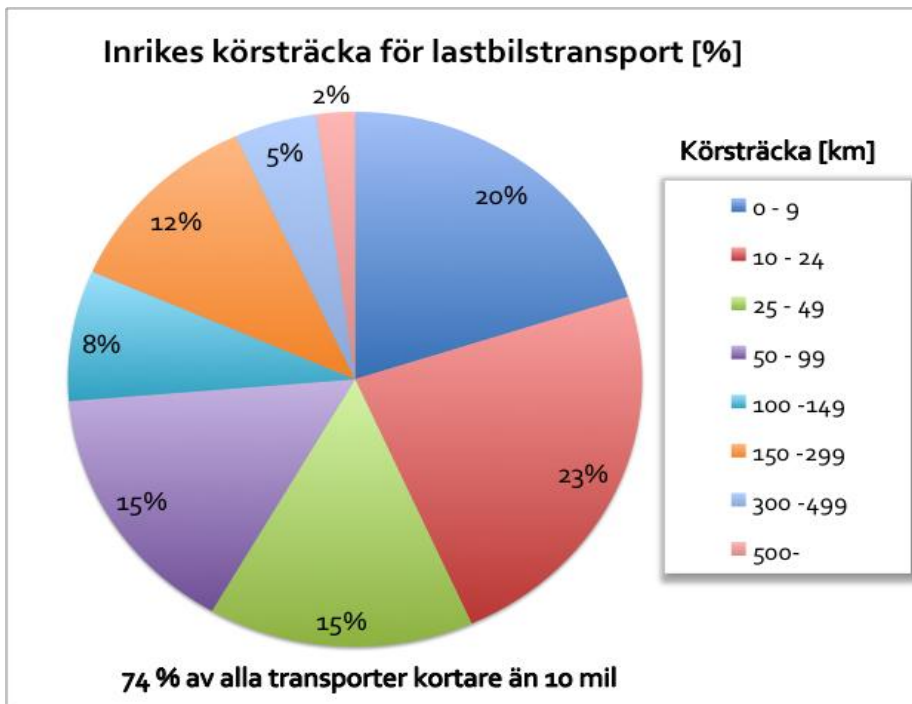
En kraftig prisutveckling för dieselbränslen samt ökade miljöavgifter bedöms få stor inverkan på kostnadsutvecklingen för transporter inom dagligvarusektorn. De ökade kostnaderna har hittills endast fått ett mindre genomslag i konsumentledet eftersom varuvärdet är stort i förhållande till transportkostnaden. Eftersom massgods allmänt tillhör kategorin lågvärdigt gods får höga dieselpriser, inom detta område, ett större genomslag på den totala transportkostnaden.



Figur 2.2 Dieselbränslets andel av fordonens kostnadsmassa (Sveriges Åkeriföretag, 2012)

Värt att notera är att diesel utgör en hög andel av fordonets totala kostnadsmassa för tank- och bulktransporter (se figur 2.2). Fordon för massgods som främst används i tätorter har generellt en lägre medelhastighet än fordon som utför tunga transporter inom andra godssegment, till exempel transporter av partigods och skogsråvara samt används för distributionstransporter (Vierth et al, 2008). Detta innebär att bränslekostnadens andel av totalkostnaden är högre per körd fordonskilometer i jämförelse med förarens andel. Likväl utgör bränslekostnaden en stor del av totalkostnaden. En uppskattning av Billefälts åkeri i Stockholm är att bränslekostnaden utgör ungefär 1/3 av den samlade kostnadsmassan (Billefält, 2013).

Kortväga godstransporter i Sverige under 150 km utförs till övervägande del på väg. Det kortväga godstransportarbetet utgör 79 % av godsmängden (tonnaget) på väg (Trafikanalys, 2012). Av det totala transportarbetet är 32 % kortväga, dvs. avstånd upp till 150 km, med ett medelavstånd (för de kortväga godstransporterna) på endast 42 km år 2010 (Trafikanalys, 2011). 74 % av alla vägtransporter i Sverige är kortare än 10 mil vilket indikerar att utnyttjandegraden för järn- och sjövägar, är hög (se figur 2.3). En godskategori som till stor del kan anses representera segmentet massgods är ”jord sten och sand”.

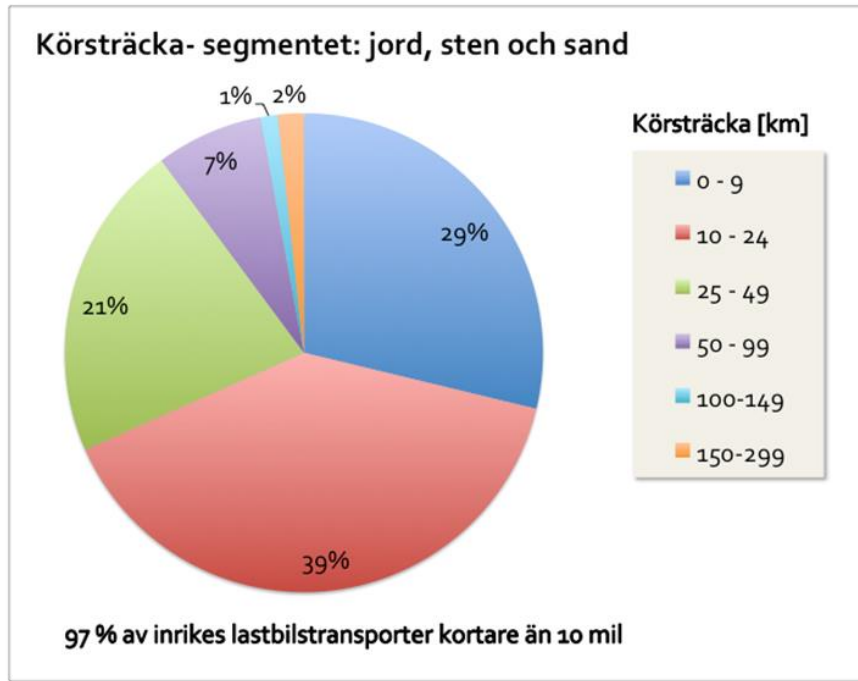


Figur 2.3 Inrikes körsträcka för lastbilstransport (AVL, 2011)

För segmentet jord, sten och sand är körsträckorna väsentligt kortare än genomsnittet (se figur 2.4). En förklaring är det låga varuvärdet per viktenhet hos massgods. 97 % av dessa transportuppdrag utfördes på kortare avstånd än 100 km och 68 % var dessutom kortare än 25 km.

För längre transportavstånd krävs generellt att godset kan generera ett ytterligare värdetillskott, exempelvis om de schaktmassor som transporteras bort från en plats kan finna avsättning som markutjämningsmaterial på en annan plats. Åkerier som är specialiserade på massgods arbetar ofta aktivt med dylika frågor (Billefält, 2013).





Figur 2.4 Körsträcka för segmentet jord, sten och sand (Trafikanalys, 2012)

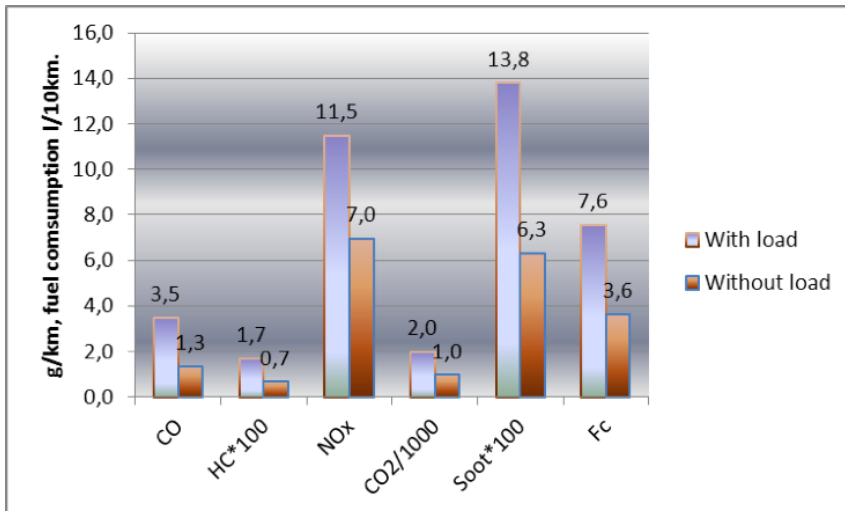
## 2.1 Nuläge och energianvändning

Energiförbrukningen hos ett vägfordon är en funktion av främst drivlinans verkningsgrad och det aktuella färdmotståndet vilket beror på rull-, luft-, accelerations- och stigningsmotstånd. Generellt kan sägas att energiförbrukningen och transportkostnaden per nyttovikt minskar med lastförmågan på fordonet. Det är alltså fördelaktigt med en tung transport istället för två lättare. Detta är oräknat eventuell återresa, som för segmentet massgoods ofta sker med ett tomt fordon.

För massgodstransporter ligger utlastningen relativt den högst tillåtna lastvikten vanligen nära 100 % och medellastvikten 50 % eftersom det är svårt att finna returgoods. Observera att ett massgoodsfordon är begränsat till att transportera varor ur sin specifika varugrupp. Det går inte att transportera styckegods på ett lastflak som vanligtvis transporterar sten eller grus.

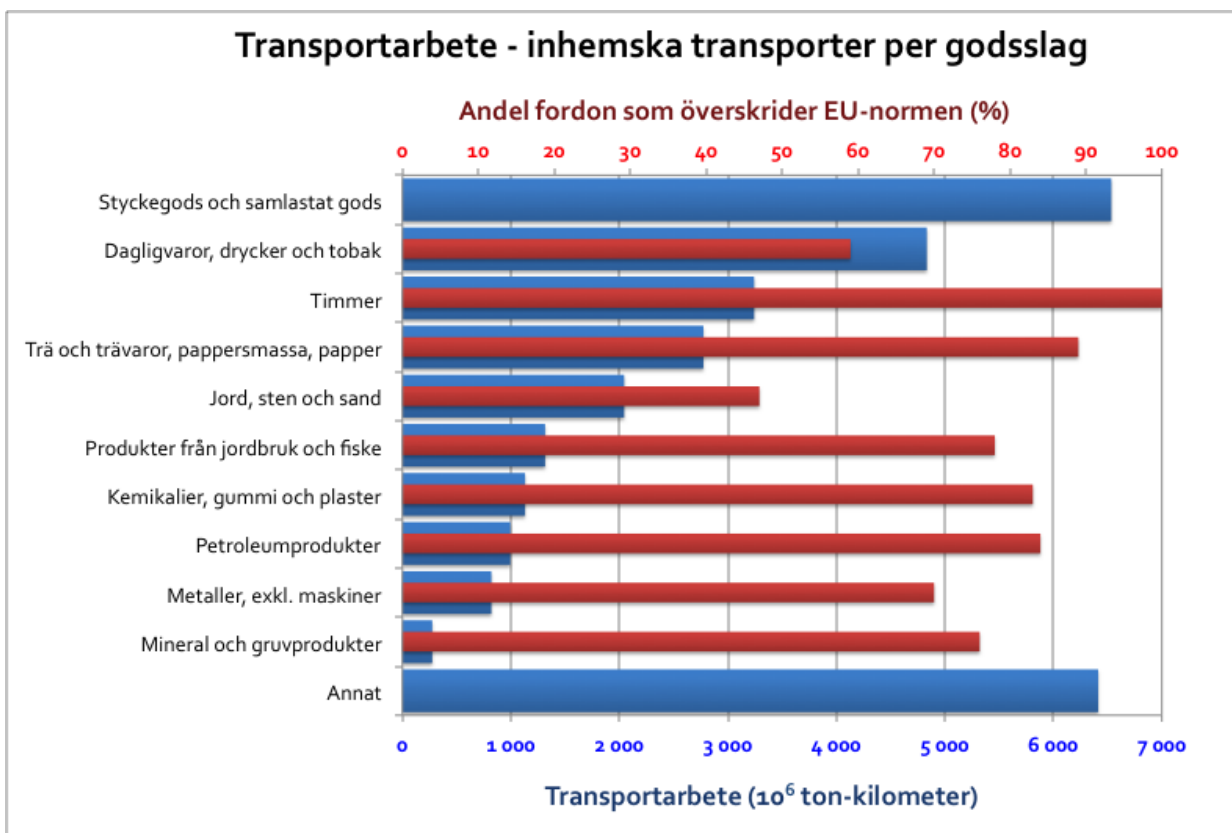
I en tidigare studie har mätning av bränsleförbrukning och emissioner genomförts för en försöksfordonskombination som används för transporter av rundvirke (massaved och timmer) i Norrbotten, mellan Överkalix och Piteå (AVL, 2011). De aktuella fordonen körde samma sträcka antingen fullastade med en totalvikt på 90 ton, eller utan last med en tjänstevikt på som uppgick till ca 20 ton. Bränsleförbrukningen uppgick för lastade fordon till 7,6 l/mil och för olastade ekipage 3,6 l/mil (se figur 2.5). Detta motsvarar en ökning av bränsleförbrukningen med 111 % vid körning med last. Samtidigt ökar NO<sub>x</sub>-utsläppen från 7,0 g/km till 11,5 g/km vilket motsvarar en ökning på 64 %. En slutsats av studien var att en ökad nyttolast på fordonen relativt tjänstevikten är ett bra sätt att reducera NO<sub>x</sub>-utsläppen per transporterad godsenshet samtidigt som bränsleförbrukningen per godsenshet minskar. Dessa erfarenheter antas även vara applicerbara på massgodstransporter i tätortsområden.

Mot denna bakgrund kan man förvänta sig att massgoodssegmentet har en hög andel tunga fordon för att minimera bränsleförbrukningen per godsenshet. Dessvärre är en uppföljning svår att genomföra eftersom last- och dragbilar respektive efterfordon registreras separat i fordonsregistret, där det inte går att fastställa vilken dragbil som hör ihop med vilket släp i statistiken.



Figur 2.5 Utsläpp av NO<sub>x</sub> och partiklar per godsmängd (AVL, 2011)

Undersökningar har dock gjorts av utnyttjandet av fordon vars dimensioner överskrider den europeiska normen (max 18,75 m och max 40 ton), från vilket Sverige har ett undantag som medger större fordonslängd och högre bruttovikter, samt godsslagens transportarbete för år 2011 (se figur 2.6). Av figuren framgår den procentuella andelen fordon avsedda för transporter inom respektive segment som har dimensioner, främst avseende bruttovikter, som överskrider normen inom EU, enligt direktiv 96/53/EC (röda staplar). Blå staplar anger transportarbetet inom respektive segment för år 2012.



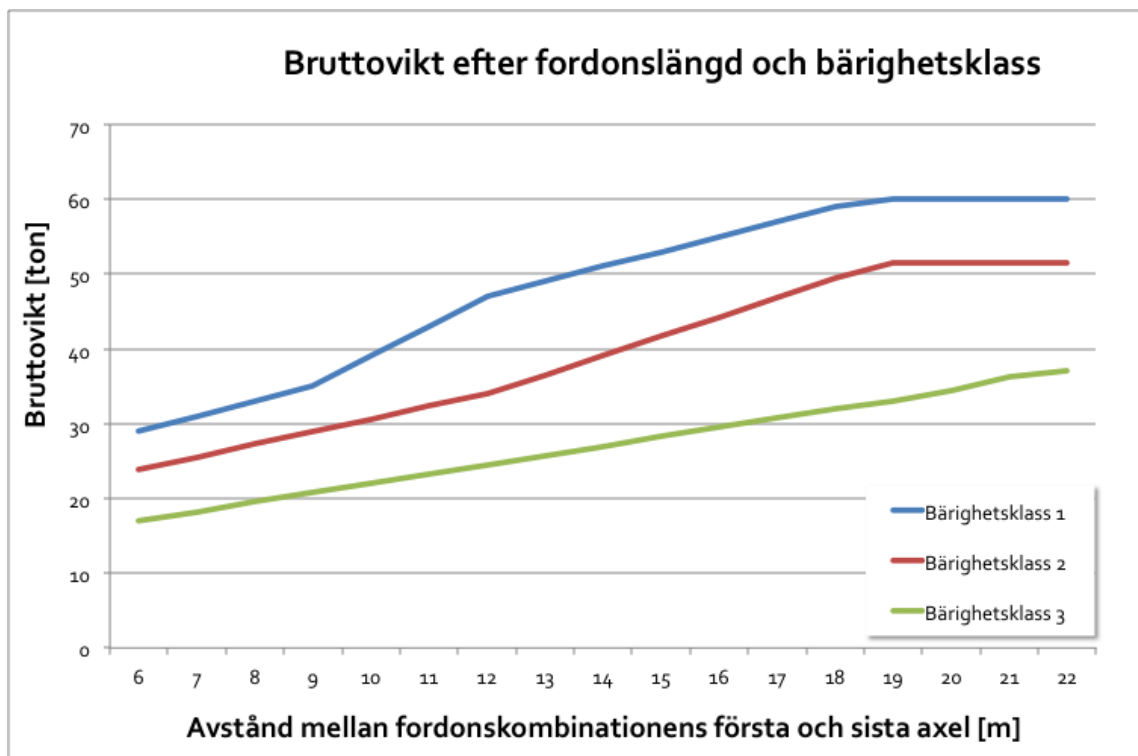
Figur 2.6 Transportarbete respektive andel fordon som överskrider EU-normen – inhemska transporter per godsslag (Trafikanalys 2001, VTI 2009)

Uppskattningen av andelen fordon med dimensioner utöver 40 ton eller 18,75 m är utförd av VTI tillsammans med Sveriges Åkeriföretag. För vissa kategorier, exempelvis timmer, är andelen fordon med dimensioner som överskrider direktiv 96/53/EC, 100 % vilket är rimligt eftersom bankebilar (bilar avsedda för transporter av rundvirke) vanligen har en ungefärlig längd på 22 m och är dimensionerade för att transportera tre travar av fallande längd. Värt att notera är att andelen transporter som utförs av fordonskombinationer överskridande EU-normen, främst avseende bruttovikt (40 ton) för godsslaget jord, sten och sand är låg, och uppgår till knappt 50 %.

## 2.2 Restriktioner för fordonens vikt och dimension

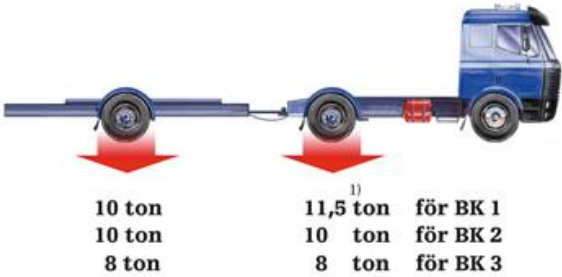
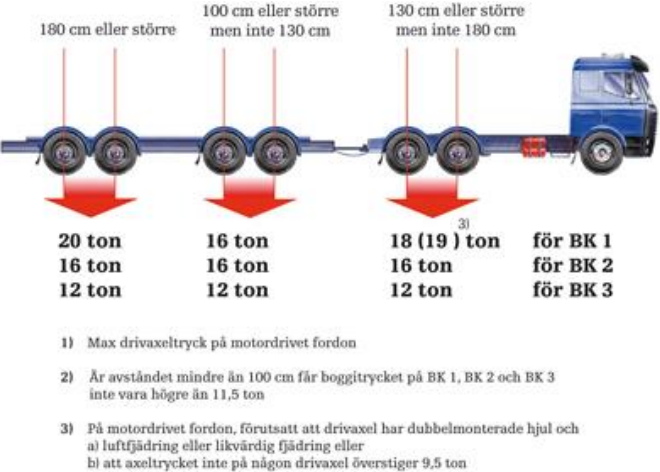
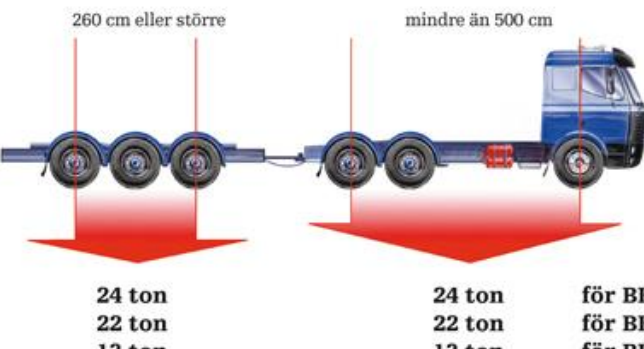
Höga bruttovikter, som överskrider de belastningar som infrastrukturen och vägbanan är konstruerad för, innebär ett ökat slitage och risk för skador. Regleringar är därmed nödvändiga, särskilt i områden med särskilt känslig infrastruktur såsom broar, tunnlar, viadukter samt äldre vatten- och avloppsnät (VA) i gator. Olika regleringar behövs därför beroende på den aktuella skaderisken. Korta broar är exempelvis känsliga för höga axeltryck medan långa broar påverkas av stor rörelsemängd och har därför ofta en begränsning av fordonsbruttovikten.

Trafikverket ansvarar i egenskap av nationell väghållare för bestämmelser gällande det nationella vägnätet som vanligen medger fordonskombinationer enligt bärighetsklass 1 (BK1). Bruttovikten regleras utefter avstånd mellan fordonets eller fordonskombinationens första och sista axel för de tre bärighetsklasserna (se figur 2.7). Bruttoviktskurvan utgör en förenkling av den tabell, som specificerar bärighetsklasserna och är indelad i intervall om 0,2 m axelavstånd. Observera att axeltrycket, under extrema omständigheter kan tillåtas vara högre för BK2 än för BK1. Bruttoviktstabellen är konstruerad för att ge lägre vikt per fordonsmeter men innebär inte per automatik ett lägre axeltryck (se tabell 2.1).



Figur 2.7 Bruttovikt efter fordonslängd och bärighetsklass (grafisk återgivning av tabell som publicerats av Transportstyrelsen)

Begränsning av axel- och boggitryck är kompletterande metoder för att undvika att tunga transporter skadar infrastrukturen. Ytterligare regleringar kan göras specifikt men varje bärighetsklass specificerar också axel-, boggi och trippelaxeltryck (se tabell 2.1).

Tillåtet axeltryck enligt BK1, BK2 och BK3	 <p>1)  <b>10 ton</b>      <b>11,5 ton</b> för BK 1  <b>10 ton</b>      <b>10 ton</b> för BK 2  <b>8 ton</b>        <b>8 ton</b> för BK 3</p>
Tillåtet boggitryck enligt BK1, BK2 och BK3	 <p>180 cm eller större      100 cm eller större men inte 130 cm      130 cm eller större men inte 180 cm</p> <p><b>20 ton</b>      <b>16 ton</b>      <b>18 (19) ton</b>      för BK 1  <b>16 ton</b>      <b>16 ton</b>      <b>16 ton</b>        för BK 2  <b>12 ton</b>      <b>12 ton</b>      <b>12 ton</b>        för BK 3</p> <p>1) Max drivaxeltryck på motordrivet fordon                  2) Är avståndet mindre än 100 cm får boggitrycket på BK 1, BK 2 och BK 3 inte vara högre än 11,5 ton                  3) På motordrivet fordon, förutsatt att drivaxel har dubbelmonterade hjul och                  a) luftfjädring eller likvärdig fjädring eller                  b) att axeltrycket inte på någon drivaxel överstiger 9,5 ton</p>
Tillåtet trippelboggitryck enligt BK1, BK2 och BK3	 <p>260 cm eller större      mindre än 500 cm</p> <p><b>24 ton</b>      <b>24 ton</b>      för BK 1  <b>22 ton</b>      <b>22 ton</b>      för BK 2  <b>13 ton</b>      <b>13 ton</b>      för BK 3</p> <p>3) På motordrivet fordon, förutsatt att drivaxel har dubbelmonterade hjul och                  a) luftfjädring eller likvärdig fjädring eller                  b) att axeltrycket inte på någon drivaxel överstiger 9,5 ton</p>

Tabell 2.1 Tillåtna axel- och boggitryck (Transportstyrelsen, 2010).

Höga axeltryck, som överskrider de nivåer som infrastrukturen och vägbanan är dimensionerad för, innebär, förutom en ökad risk för skador och slitage, också ökad olägenhet i form av buller och vibrationer. Att maximalt tillåtet axeltryck för BK1 och BK2 (för enkla axlar) är desamma (10 ton) men att en skillnad föreligger beträffande det tillåtna axeltrycket för drivaxeln är värt att beakta. Samtidigt kan noteras att denna skillnad är betydande med en ökning från 10 ton till 11,5 ton, eller med 15 %. Detta innebär även en stor skillnad i vibrationsspridning och kan vara en olägenhet för personer i fastigheter nära vägar där sådana transporter trafikerar. Vibrationer och buller är en orsak till att lastbilstrafik med fordon över 3,5 ton är förbjuden i stora delar av Stockholms innerstad mellan klockan 22-06.

Beträffande boggi- och trippelboggitrycken kan noteras att dessa ökar med 12,5 % respektive 9,1 %, mellan BK1 och BK2.

Lastens fördelning över fordonet kan medföra en risk att det tillåtna axeltrycket överskrids trots att lastvikten är låg. Det är därför viktigt att godset sprids över lastbäraren på ett sådant sätt att tillåtet axeltryck inte överskrids. Ofta lämnas även en marginal för att undvika överlast.

Det finns regleringar för enskilda fordons bruttovikter beroende på antal axlar. Dessa gäller i huvudsak för hela EU-området med ett tydligt undantag med att släpvagn i Sverige tillåts väga 36 ton (se tabell 2.2). Beträffande villkoren för 26 respektive 32 tons bruttovikt för lastbilar med tre respektive fyra axlar är konsekvensen att en stor andel av de treaxliga fordon som används i Sverige är utformade så att de uppfyller kraven för en högre bruttovikt (26 ton). För fyraxliga fordon uppfylls nästintill uteslutande villkoren för 32 tons vikt. Här kan även noteras att det i Sverige tillåts tyngre släpvagnar än vad EU generellt tillåter.

	BK1	BK2	Anmärkning
Motordrivet fordon med 2 axlar	18 ton	18 ton	
Motordrivet fordon med 3 axlar	24 ton	*	BK1-vikt avser fordon med ett avstånd mindre än 5,0 m (men större än 2,6 m) mellan första och sista axeln (korta dragbilar).
	25 ton	*	BK1-vikt gäller generellt för fordon med ett avstånd på minst 5,0 m mellan första och sista axeln.
	26 ton	*	Enligt BK1 förutsätts att drivaxel eller drivaxlar har dubbelmonterade hjul och luftfjädring eller att axeltrycket inte på någon drivaxel överstiger 9,5 ton.
Motordrivet fordon med 4 axlar	31 ton	*	Generell bruttovikt, enligt BK1, för denna fordonstyp.
	32 ton	*	Enligt BK1 förutsätts att drivaxel eller drivaxlar har dubbelmonterade hjul och luftfjädring eller att axeltrycket inte på någon drivaxel överstiger 9,5 ton.
Släpvagn eller släpkärra (EU)	24 ton	*	Generell bruttovikt, enligt BK1, för dessa båda fordonstyper inom flertalet länder inom EU-området.
Släpvagn (Sverige)	36 ton	*	

\* Enligt bruttoviktstabell avseende BK2

*Tabell 2.2 Tillåtna bruttovikter för enskilda fordon enligt BK1 respektive BK2 (bearbetat underlag från Transportstyrelsen)*

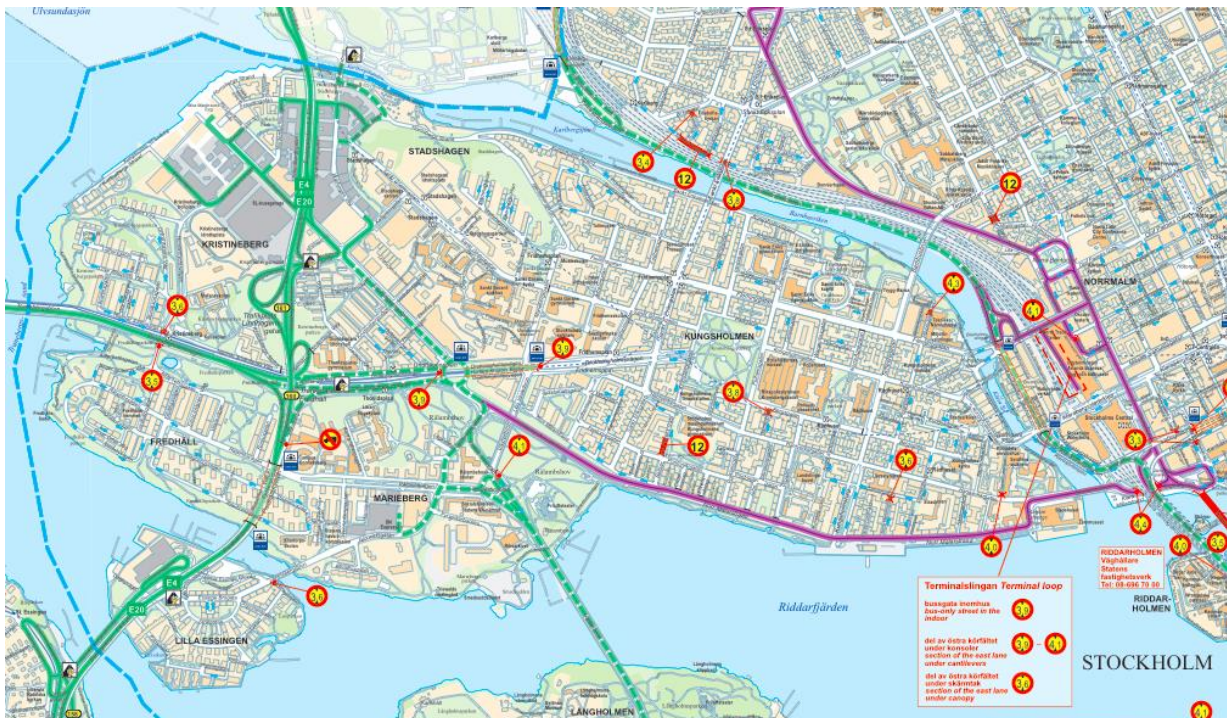
Slutligen finns restriktioner avseende totallängden för de tunga fordonskombinationer som används på det allmänna vägnätet i Sverige. Generellt tillåts fordonsekipage med en totallängd av 24 m, oavsett om fordonskombinationen utgörs av en lastbil med släpvagn eller en dragbil med en eller flera påhängsvagnar. Möjligheten att använda långa påhängsvagnar begränsas dock av regler om framkomlighet och manöverbarhet för fordonen. Vidare tillåts fordon med längder upp till alternativt 25,25 m som är utformade enligt det europeiska modulsystemet (modulkonceptet EMS) att trafikera det allmänna vägnätet i Sverige. På samma sätt som för bruttovikter kan de lokala väghållarna även införa längdrestriktioner. I Stockholms stad är den tillåtna fordonslängden generellt begränsad till 12 m på de gator och vägar som håller BK2.

## **2.3 Restriktioner för fordonsvikter inom tätorter**

I Stockholms innerstad råder generellt en bärighetsbegränsning till BK2 och en längdrestriktion till 12 m för tung trafik. Denna längdbegränsning har främst tillkommit av praktiska orsaker eftersom det på flera gator är svårt att komma fram med längre fordonskombinationer och/eller fordon men den har även en viss betydelse för trafiksäkerheten.

För genomfartsleder och genomfartsgator samt inom och i anslutning till vissa industriområden tillåts BK1 samt full fordonslängd. Vidare förekommer särskilda bestämmelser för att underlätta busstrafik. Stockholms stad ger även ut kartor med information om detta (figur 2.8). Enligt denna karta anger grå områden samt vägar markerade med grön linje att trafik med BK1 tillåts. Gator och vägar markerade med streckad grön linje medger trafik med BK2 utan längdbegränsning till 12 m. Lila markerade vägar ger undantag för långa bussar, vanligen ledbussar med en längd av upp till 18 m. Övriga gator medger trafik med BK2. Eftersom en klar majoritet av alla vägar endast medger BK2 inses att i princip alla massgodstransporter till innerstan är begränsade till BK2 och en fordonslängd av 12 m.

Undantag för transporter av odelbart gods kan medges av väghållaren genom att ansöka om dispens. För delbart gods, dit massgods räknas, medges normalt inte dispens.



Figur 2.8 Bruttovikt efter fordonslängd och bärighetsklass (Stockholms stads stadsförvaltning)




## 2.4 Effekter av restriktioner

Hur de regelmässiga begränsningarna av fordonens vikter och dimensioner i praktiken inverkar på massgodstransporterna är inte en enkel frågeställning att besvara. Inte ens de främsta utförarna i form av åkerierna har full överblick över vilka begränsningar som har störst inverkan på deras transportupplägg. Istället används ofta tumregler vid bedömning av hur mycket gods som till exempel kan lastas på vissa fordon betingat av gällande restriktioner.

Att hålla en hög flexibilitet är viktigt för de åkerier som intervjuats inom projektet. Detta kan samtidigt utgöra ett hinder för att till exempel specialanpassa fordon så att de kan användas mer effektivt inom BK2-klassat område, än de traditionella fordonen som är utformade för en hög effektivitet vid uppdrag som utförs där BK1 gäller. Flera av de åkerier som transporterer massgods i Stockholmsområdet har uppgett att de har ungefär en månads framförhållning i beläggningsplaneringen. Att genom en flexibilitet kunna hålla en hög beläggning är prioriterat framför att använda en mängd fordon som specialanpassats för olika bärighetsklasser.

## 2.4.1 Bärighetsklassificeringens inverkan på antalet fordonsrörelser

I ett exempel beräknades och jämfördes hur antalet fordonsrörelser varierade när en given mängd massgods skulle transporteras med tre olika typer av fordon vid två bärighetsklasser (se tabell 2.3). Exemplet visar på stor skillnad i lastkapacitet hos fordonen beroende på vilken bärighetsklass som tillämpas. En uppenbar möjlighet till effektivisering skulle vara om fler gator och vägar tillät BK1 istället för BK2.

			
Fordonstyp	Treaxlig dragbil med treaxlig tipptrailer (bild: Scania)	Fyraxlig lastbil (bild: Volvo Trucks)	Treaxlig lastbil (bild: Scania)
<b>Lastkapacitet vid BK1</b>	29 ton	17 ton	14,0 ton
Transport av 2 000 ton	69 vändor	117 vändor	143 vändor
<b>Lastkapacitet vid BK2</b>	19 ton	9 ton	11,5 ton
Transport av 2 000 ton	105 vändor	222 vändor	174 vändor
Förändring i antal vändor per fordonstyp vid övergång från BK1 till BK2	+ 52 %	+ 89 %	+ 22 %

Tabell 2.3 Exempel på effekter av olika bärigheter (Sveriges Åkeriföretag)

Värt att notera är att axel- och boggitryck kan hållas på nivåer som specificeras enligt BK2 (se tabell 2.1) medan bruttovikterna skulle kunna regleras enligt BK1 (se figur 2.6). I sådana fall skulle inte risken för skador eller slitage på infrastrukturen öka i samma omfattning som vid en övergång till de drivaxel- och boggilaster som anges enligt BK1 samtidigt som positiva miljö- och hälsoeffekter uppnås. En ökad trafiksäkerhet kan vidare förväntas genom en minskad total trafikmängd till följd av att antalet fordonsrörelser med tunga fordon minskar. Förbrukningen av bränsle minskar även som en följd av ett minskat antal fordonsrörelser (se figur 2.4) vilket medför en kraftig ökning av effektiviteten.

## 2.4.2 Axelvstånd och hjulbas

Bruttovikten för ett enskilt fordon respektive en fordonskombination regleras av avståndet mellan första och sista axel. Detta innebär att ett stort avstånd ökar lastförmågan till en viss gräns vilket kan ge förutsättningar för en bättre ekonomi. Dock är ett längre fordon svårare att använda i tätorter med trånga gator, dubbelparkerade fordon och små vändzoner etc.

En ökad fordonslängd resulterar vanligen också i en ökad egenvikt hos fordonet vilket är ofördelaktigt om det begränsar fordonets lastförmåga. Avvägningen som åkaren måste göra är att jämföra värdet av ett fordon med en meter extra avstånd mellan första och sista axel förutsatt att denna förändring till exempel kan innebära 1,7 ton extra bruttovikt inom en BK2-zon samtidigt som en meter längre fordon reducerar nyttolasten med 0,5 ton på BK1-väg till följd av högre egenvikt. Eftersom fordonet troligtvis kommer att användas under en huvuddel av driftstiden inom BK1 är fordonets lastförmåga för BK1 mer värt än den är vid BK2. Situationen kan emellertid bli komplex och kompliceras ytterligare av att olika uppdrag och projekt har olika ersättningsmodeller.

Hjulbaser samt axelavstånd mellan första och sista axel har sammanställts för några vanligt förekommande lastbilstyper inom massgodssegmentet (se tabell 2.4).

Antal axlar	Fordonskonfiguration	Anpassat eller optimerat för:		Avstånd mellan första och sista axel (m)	Tjänstevikt (ton)	Total-längd för fordon (m)	Bruttovikt (ton)		Lastförmåga inklusive påbyggnad (ton)	
		BK1	BK2				BK1	BK2	BK1	BK2
3	Boggi: 6x2 eller 6x4	X		5,27	7,470	7,86	26	22,84	18,5	15,4
			X	6,57	7,825	9,16	26	24,88	18,2	17,1
4	Tridem: 8x4/2	X		6,45	9,520	9,04	32	24,88	22,5	15,4
			X	7,05	9,515	9,64	32	25,90	22,5	16,4
4	Dubbla framaxlar: 8x4	X		6,47	8,895	9,06	32	24,88	23,1	16,0
			X	7,37	9,215	9,96	32	26,24	22,8	17,0

*Tabell 2.4 Sammanställning av fordonsdimensioner och lastförmåga för enkel lastbil (uppgifter avser Volvos FM-modell med 11-litersmotor och luftfjädring)*

I tabellen utgör tjänstevikt och totallängd en undre gräns för respektive fordon (se tabell 2.4). Tjänstevikten är angiven exklusive påbyggnad som alltså reducerar lastförmågan. Värt att uppmärksamma är att lastförmågan inom BK2 inte ändras särskilt mycket av ökat avstånd mellan 1:a och sista axel eftersom egenvikten samtidigt ökar. Den vikt som tillkommer från en extra axel får också stort genomslag på lastförmågan och motsvarar nästan en extra meters avstånd mellan första och sista axel. Observera att det fordon som erhöll högst lastförmåga i tabell 2.4 (boggi 6x2 med lastförmåga på 17,1 ton) också kommer ha det högsta axeltrycket och därmed är mest slitansamt för vägar och infrastruktur. Syftet med indelningen i bärighetsklasser måste därmed ifrågasättas då det ursprungliga syftet troligtvis var att begränsa axeltrycket.

### 2.4.3 Betalningsmodeller

Vilken betalningsmodell åkaren arbetar mot är ytterligare en faktor som har stor inverkan på effektiviteten av massgodstransporter. De två vanligaste uppläggen enligt en intervju med en representant för Sveriges Åkeriföretag är följande (Heiersson, 2013):

- Inhyrning av lastbil, förare samt eventuellt en grävmaskin och maskinist, sker vanligen till ett fast pris per timme.
- Totalentreprenad med fastpris.
- Ersättning per transporterad mängd, som anges i vikt- eller volymenheter (ton eller m<sup>3</sup>). Detta är den vanligaste betalningsmodellen vid leveranser av till exempel grus till byggen och betongstationer eller bortforsling av bergmassor och sprängsten.

Med ett fast timpris minskar incitamenten för att maximera lasten och ha en hög effektivitet. Viktigt blir istället att hålla nere löpande kostnader, såsom bränsleförbrukning, vilket medför att bilarna lastas under kapacitetsgränsen samtidigt som incitamenten att överlasta fordonen minimeras. Betalningsmodellen är vanlig vid mindre arbeten och korta uppdrag.

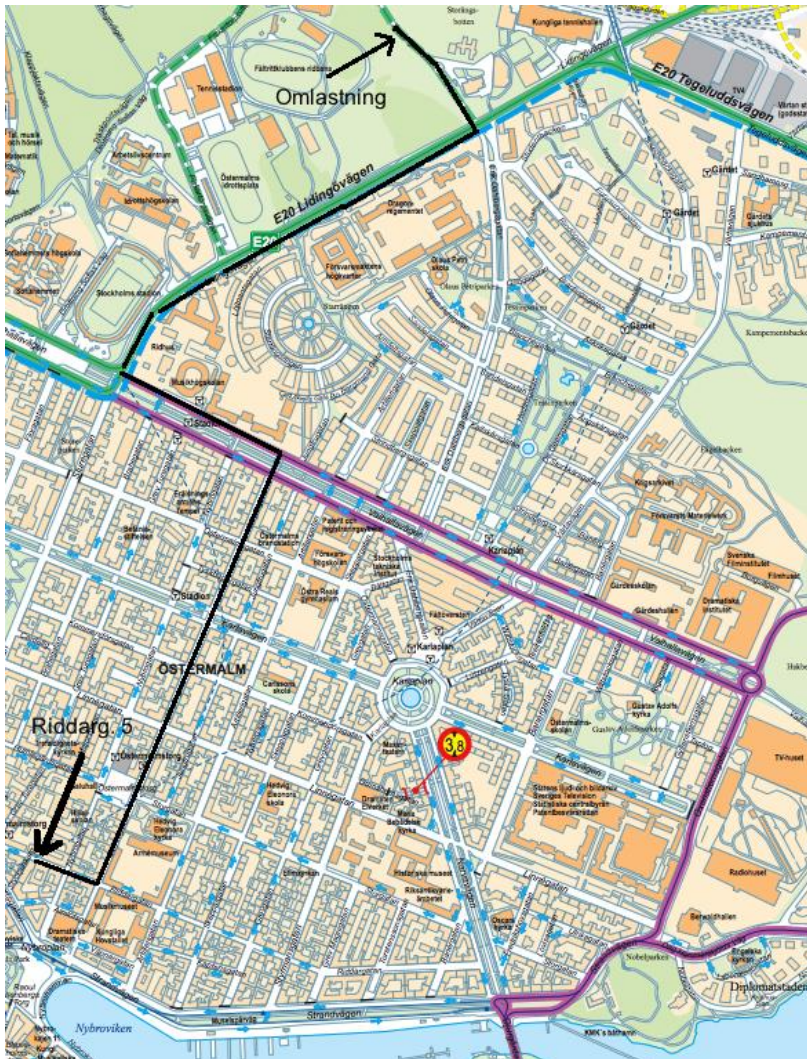
Om betalningsmodellen är fastpris för totalentreprenaden, eller ersättning per transporterad mängd, är incitamenten för att maximera lastfaktorn stor. Vid dessa uppdrag finns en betydande potential att öka effektiviteten med förändrade bruttoviktrestriktioner.



### 3 Fallstudie

En fallstudie har genomförts inom projektet. Denna har även kompletterats med intervjuer av berörd personal. Fallstudien utfördes med målet att den skulle kunna representera segmentet massgodstransporter i innerstadsmiljö eftersom någon bra statistik för detta godssegment, med specifik inriktning mot stads- och tätortsmiljö, inte finns tillgänglig. Det måste dock poängteras att varje transportupplägg är unikt och det räcker med att en mindre förändring sker i ett upplägg för att ett förslag till åtgärd inte skall vara relevant för ett snarlikt projekt. För att statistiken skall vara signifikant behövs ett tillräckligt stort urval vilket varit svårt att finna.

Det aktuella fallet som dokumenterades och analyserades innebar bortforsling av ca 10 000 ton jord och schaktmassor i Stockholms innerstad (Riddargatan 5) till en deponi nära Norrtälje (Roslagstippen) vilket innebar ett transportavstånd på ca 40 km. En fastighet har rivits på en innergård och inför uppförandet av en ny byggnad behöver marknivån sänkas. Transport av jord och schaktmassor var inledningsvis tänkt att ske till en pråm vid Nybrokajen, endast ett 100-tal m bort, men marken befanns delvis innehålla hälsofarliga ämnen vilket omöjliggjorde upplägget med pråmtransport (se figur 3.1).



Figur 3.1 Karta med arbetsplats vid Riddargatan 5 samt markerad körväg till omlastningsplats vid Storängsbotten

Byggarbetsplatsen hade utfart mot Riddargatan vilken är en trång, enkelriktad gata som endast medger BK2 (se figur 3.2). Den ursprungliga transporten till Nybrokajen var planerad att ske med skytteltrafik av tre fordon med tippbart flak men eftersom Roslagstippen ligger nästan 40 km bort var det inte ekonomiskt att enbart medföra gods med fordon ett ensamt fordon enligt BK2 (med längd under 12 m). Upplägget blev istället att 3 lastbilar trafikerade sträckan Riddargatan – Storängsbotten med växelflak som sedan omlastades så att varje ekipage kunde lastas med tre växelflak, ett på lastbilen och två på släpet. Från omlastningsplatsen, vid Storängsbotten, till Norrtälje medgavs transporter med fordonskombinationer av full längd. I detta fall uppemot 24 m.



*En trång infart till fastigheten från BK2-väg.*

*3-axliga fordon med växelflak backar in.*



*En grävmaskin lastar ett fordon på under 3 minuter*

*Figur 3.2 Lastning samt backning av fordon vid arbetsplats vid Riddaregatan (TFK)*

En grävmaskin finns på Riddargatan 5 och lastning av en lastbil tog mindre än 3 minuter. Grävmaskinisten uppskattar okulärt vikten på godsmassorna. För de fordon som används, 3-axliga med växelflak, tillåts en nyttolast på 7 ton.

Om däremot BK1 hade gällt för hela sträckan hade nyttolasten per flak varit 11 ton. Eftersom den totala entreprenaden innefattade bortfraktning av 10 000 ton skulle en höjning av nyttolasten per fordon från 7 ton till 11 ton inneburi möjlig reduktion av antalet lastlopp med 70 %. Detta skulle inneburi stora ekonomiska och miljömässiga vinster.

Baserat på körsträckor i innerstaden på (se figur 3.1) samt annan vägdata är det möjligt att uppskatta bränsleförbrukning för det hypotetiska fallet att transporten från Riddargatan till Roslagstippen hade kunnat köras på BK1 istället för BK2.

Körsträckan för ett lastlopp är totalt 92 km och utgörs av tre körningar på med avstånd av 2 km med ensam lastad lastbil (från Riddargatan till omlastningsplatsen vid Gärdet) inklusive lika många tomma returkörningar med endast en lastbil. Till kommer sedan körning 40 km med lastad lastbil samt släpvagn (med tre lastbärare) och returkörning med samma ekipage.

Gällande BK2-klassning (och längdbegränsning om 12 m) inom Stockholms stad innebär det en nyttolast på 7 ton per växelflak. En lastbil med släp, som kan medföra tre växelflak, kan alltså medföra en nyttolast på 21 ton. För att frakta bort 10 000 ton krävs då 476 körslingsor. Med BK1-klassning innebär det istället en nyttolast på 11 ton per växelflak. En lastbil med släp, som kan ta 3 växelflak, kan med samma aritmetik transportera 33 ton. För att frakta bort 10 000 ton krävs då 303 körslingsor.

Fordonens bränsleförbrukning vid olika lastvikter har antagits proportionella gentemot tidigare uppmätta värden för ett fordonsekipage, för rundvirkestransporter i Norrbotten, med tjänstevikt (tomvikt) på 20 ton respektive 90 tons bruttovikt (med last) (se avsnitt 2.1). Utifrån detta underlag har konsekvenserna avseende bränsleförbrukning översatts till, beräknats och sammanställts för den aktuella fallstudien (se tabell 3.1).

	Fordonsvikt (ton)	Bränsleförbrukning (l/10 km)	Bränsleförbrukning per ton nyttolast (l/ton)	Bränsleförbrukning per lastlopp och ton gods (l/ton)
Referensfordon utan last	20	3,6		
Referensfordon med last	90	7,6		
BK2 lastad bil	17	3,4	0,49	1,89
BK2 lastad bil m släp	41	4,8	0,23	
BK1 lastad bil	21	3,7	0,34	1,30
BK1 lastad m släp	53	5,5	0,17	
Olastad bil	10	3,0		
Olastad bil m släp	20	3,6		

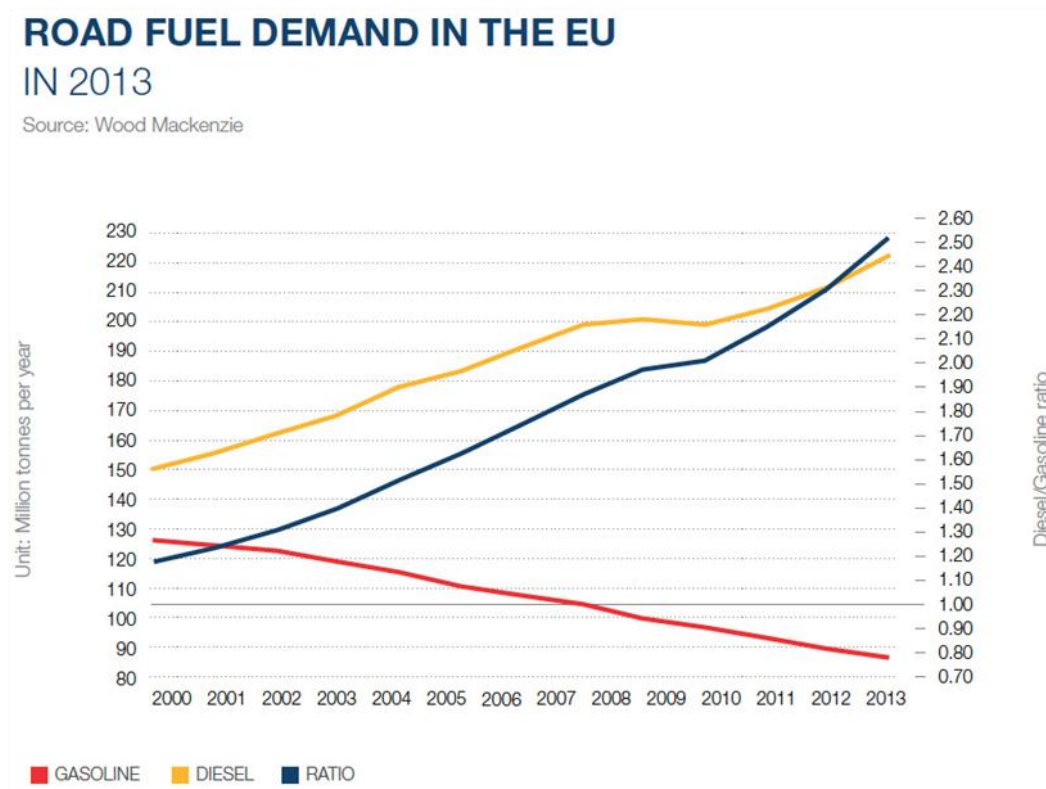
Tabell 3.1 Beräknade utsläpp för olika bärighetsklasser utifrån referensvärden

Tabellen visar på en reducerad bränsleförbrukning per ton gods och lastlopp på 45 % transporten hade kunnat utföras med BK1 jämfört med nuläget BK2 (samma begränsningar av fordonslängderna har antagits för båda fallen). Axeltrycken hade varit klart under tillåtna tryck för BK2-väg om lasten spridits jämnt över flaken för bägge uppläggen.

## 4 Bränslen och alternativa drivsystem

### 4.1 Dieselprisets utveckling

Europa har länge haft en markant högre efterfrågan på diesel relativt andra oljeprodukter vid en jämfört med resten av världen. Situationen har lösts genom handel, främst med USA. Den internationella energibyrån IEA, har uppmärksammat på att den globala efterfrågan på diesel kommer att öka snabbare än på andra oljeprodukter vilket kommer att inverka på efterfrågan av råolja. Trenden i Europa visar samtidigt inga tecken på att sakta ner (se figur 4.1). Vidare framgår att efterfrågan på diesel ökar kraftigt relativt efterfrågan på bensin. Detta utgör en tydlig signal om att priset på diesel kan komma att öka jämfört med bensin. En orsak är att europeiska raffinaderier inte längre kan öka utkomsten av diesel utan kostsamma investeringar.



Figur 4.1 Utveckling av efterfrågan bränsle till vägfordon (Concawe, 2014)

Eftersom lastbilar i nuläget nästan uteslutande drivs av diesel och då diesel utgör en stor del av kostnadsmassan för massgodsegmentet, är alternativa drivsystem extra intressanta.

### 4.2 Alternativa drivsystem

I december år 2013 presenterades den statligt beställda utredningen om hur Sverige ska kunna nå en fossilfri fordonsflotta år 2030. De alternativa drivsystemen, exempelvis för framdrivning med hjälp av elektricitet, har i utredningen delats in följande fyra kategorier:

- Fordon med laddhybridrift
- Batterifordon
- Elektrifiering av gator och vägar för kontinuerlig matning av eldrivna fordon
- Bränslecellsdrivna fordon

Nedan ges en beskrivning för var och en av dessa kategorier samt vilken roll de kan komma att spela för utvecklingen inom massgodssegmentet.

#### 4.2.1 Fordon med laddhybriddrift

Ett fordon med laddhybriddrift både drivs av en konventionell förbränningsmotor (avseende lastbilar är det främsta drivmedlet fortfarande diesel) men har även ett tillräckligt stort batteri för att medge kortare körsträckor på el som laddats från nätet (se figur 4.2).



Figur 4.2 Renhållningsfordon med laddhybrid- eller plug-in-hybriddrift (Volvo Trucks)

Laddning sker även, liksom för full-hybrider, kontinuerligt när förbränningsmotorn är aktiv samt via regenerativ bromsning. För- och nackdelar med att använda laddhybrider inom massgodssegmentet är:

- Kostnaden för fordonet ökar liksom dess egenvikt. När fordonet körs utan last, vilket är vanligt inom massgodssegmentet, ökar därmed energiåtgången. Likaså reduceras den lastbärande förmågan då egenvikten ökar.
- Fordonet kan användas på samma sätt som konventionella fordon och eftersom elektricitet är billigare än diesel per energienhet, bör driftskostnaden bli lägre.
- En elektrisk drivlina är effektivare än en konventionell. Momentet från en elektrisk drivmotor är dessutom maximalt redan från stillastående medan en dieselmotor först vid ca 2 000 varv/minut når maximalt moment. Detta kan innebära effektiviseringar exempelvis vid arbete i byggropar med brant stegring.

Massgodsfordon har vanligtvis korta körsträckor och i urbana områden är genomsnittshastigheten låg med många starter och stopp. En laddhybrid förbrukar ingen diesel vid tomgångskörning samt är väl anpassad för låga farter och krypkörning. Eftersom en laddhybrid per automatik erbjuder alla fördelar som en fullhybrid gör, och omfattande tester har genomförts med sådana fordon, går det att uppskatta bränslebesparingen. Volvo har sedan år 2012 sålt hybridbussar av typen Volvo 7900 Hybrid (se figur 4.3)



Figur 4.3 Laddhybridbuss (Volvo Buses)

Med hjälp av hybriddriften har bränsleförbrukningen kunnat minskas med 39 % jämfört med motsvarande dieselvariant (Volvo, 2014). En uppskattning är att energiförbrukningen för en laddhybrid uppgår till 60 % av energiförbrukningen för en konventionell buss. Utsläppen av kväveoxider och partiklar uppges endast vara hälften så stora som för motsvarande dieselbuss.

#### 4.2.2 Batterifordon

Batterifordon utformas så att de har ett tillräckligt stort energilager i batterierna för att täcka hela fordonets aktionsradie, eller för de körsträckor som är aktuella. De behöver därmed inte bära dubbla drivlinor. All laddning sker från elnätet.

Batterifordons för- och nackdelar som massgodsfordon kan beskrivas enligt följande:

- Beroende på val av aktionsradie kan batterifordon vara både lättare eller tyngre än ett laddhybridfordon. Lättare eftersom dieselmotorn kan avvaras och tyngre till följd av att batterier (Litium-jon) är avsevärt tyngre än dieselbränsle per energienhet. En generell tumregel är ändå att ett batterifordon är tyngre än motsvarande laddhybrid vilket innebär ökad egenvikt och minskad nyttolastförmåga.
- Batterier är, även om utvecklingen pressar priserna, relativt dyra vilket resulterar i en hög inköpskostnad. Livslängden på batterier är också delvis ett frågetecken liksom andrahandsvärdet på fordonet.
- Driftskostnaden förmodas bli avsevärt lägre än för motsvarande fordon med förbränningsmotor eftersom el är billigare per energienhet.
- Laddtiden samt laddfrekvensen har stor inverkan på fordonets totala kostnadsfördelning. Fordon som behöver laddas inom en pågående driftsperiod medför att föraren blir överksam och därmed uppstår en extra kostnad eftersom varken fordonet eller föraren generera intäkter under denna tidsperiod.
- Införandet av allt hårdare miljözoner i citymiljö är en fördel för ett fordon utan direkta emissioner. Även buller och vibrationer blir lägre med eldrift än för en förbränningsmotor.

I övrigt har batterifordon snarlika fördelar som laddhybrider av att motorn levererar maximalt moment redan från start.

#### 4.2.3 Kontinuerlig elöverföring

Fordon med kontinuerlig elöverföring kan vara av typen laddhybrid, batterifordon eller trådlastbil (trådbuss). Den sistnämnda kategorin utgör endast ett realistiskt alternativ om elöverföring finns tillgänglig längs hela fordonets körsträcka.

Ett sådant system är tänkbart, särskilt för transporter inom linjetrafik eller exempelvis gruvproduktion. Massgodstransporter i stadsmiljö uppnår dock sällan tillräckliga volymer under en tillräckligt lång tidsperiod omfattning för att investeringar i infrastruktur skall kunna återbetala sig.

Kontinuerlig elöverföring till laddhybrider eller batterifordon innebär en förstärkning av de fördelar som nämnts ovan. Batterifordon behöver inte ladda lika ofta och om de med hjälp av kontinuerlig elöverföring kan nyttjas en hel arbetsdag så uppstår inte den extra kostnaden av att chauffören står överksam medan fordonet laddar.

Driftskostnaden för laddhybrider sjunker om de kan ladda elektricitet kontinuerligt under drift dels genom att el är billigare än diesel per energienhet men också då batterierna kan förväntas få längre livslängd ju högre laddnivå de håller. På olika håll i Europa pågår olika försök med kontinuerlig elöverföring till tunga vägfordon (se figur 4.4).



Figur 4.4 Försöksdrift med elöverföring till tunga vägfordon (Scania)

#### 4.2.4 Bränslecellsdrivna fordon

Bränsleceller drivna med vätgas är ett område med en potential för massgodstransporter. Den tidigare hållningen att driva en stor del av transportsektorn med vätgas, den så kallade ”hydrogen economy”, har ersatts av en mer pragmatisk syn där bränsleceller antas användas inom områden där de är särskilt väl lämpade. För- och nackdelar med bränslecellsdrivna fordon för massgodstransporter är:

- Tanktiden är kort vilket medger en hög nyttjandetid för fordonen.
- Egenvikten är lägre än för batterifordon och laddhybrider men högre än för konventionella fordon med förbränningsmotorer.
- Kostnaden för bränsleceller är hög men lärkurvorna hos de större fordonstillverkarna uppges innebära stora kostnadsreduktioner fram till år 2017.
- Livslängden på den så kallade stacken uppges avsevärt ha förlängts. Detta bör medföra att ett andrahandsvärde etableras vilket är nödvändigt för att nå kommersiellt genomslag.
- Införande av en ökande andel intermittent el från förnybara källor, väntas resultera i en mer volatil prisbild på elektricitet. Vätgas kan komma att produceras lokalt via elektrolys och kan därmed periodvis bli mycket billigt.

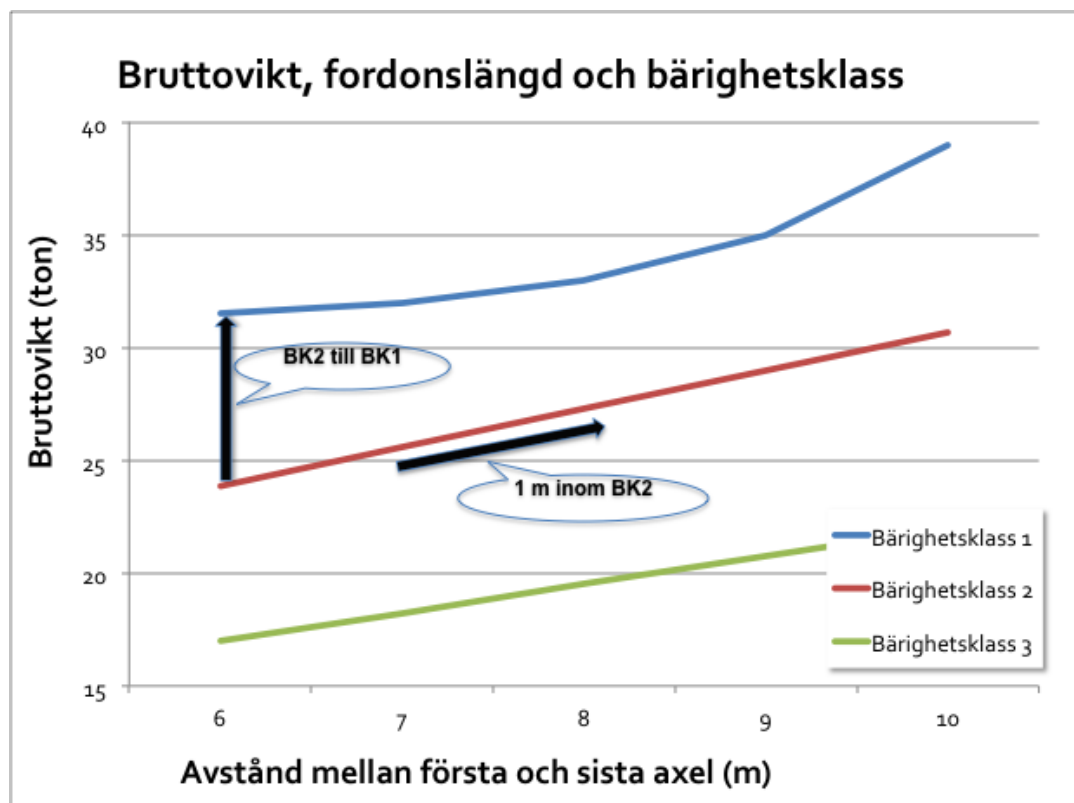
## 5 Effektivisering av massgodstransporter

Baserat på fallstudien och de intervjuer som genomförts finns det utrymme för effektivisering av transporterna inom massgodssegmentet i stadsmiljö. Potentialen för effektivare fordon är stor men den kommersiella nyttan av reducerad bränsleförbrukning är inte tillräcklig i nuläget.

Eftersom massgodis har ett lågt varuvärde kan det bli svårt att få avkastning för avancerad teknik. Flera åkerier har dock lyft möjligheten att köpa in bränslesnål teknik eller fordon som kan drivas med alternativa drivmedel om upphandlingstiden blir tillräckligt lång. I nuläget råder oklarhet om andrahandsvärde för fordon som drivs med alternativa drivmedel och risken att investeringen inte skall återbetala sig blir för stor om inte åkaren kan garanteras tillräcklig beläggningsgrad för fordonet.

### 5.1 Framtagning av fordon anpassade för BK2

En anpassning till BK2 genom en modifierad fordonsutformning med ökat avstånd mellan fordonets första och sista axel är ett alternativ som medför en ökad lastförmåga (och därmed ökad effektivitet) med gällande regelverk (se figur 5.1).



Figur 5.1 Effekter av utökad längd mellan första och sista axel på BK2-väg

Om avståndet mellan första och sista axel ökas kan även bruttovikten ökas vilket är värdefullt vid transporter inom BK2-områden. Emellertid minskar den möjliga nyttolasten för BK1-väg när egenvikten ökar vilket är till nackdel när fordonet används på BK1-väg eftersom dess egenvikt ökar. Enligt ett exempel medger en bruttoviktsbegränsning på 31 ton för ett enskilt fordon (med fyra eller fler axlar). En utökning av hjulbasen för en treaxlig lastbil med 1 m (från 5,2 m till 6,2 m) möjliggör vidare att bruttovikten ökas med 1,7 ton på BK2-väg (från 22,8 ton till 24,5 ton).



Ökningen av egenvikten uppskattas till 0,5 ton vilket innebär 1,2 ton utökad lastförmåga inom BK2 och medför en minskad lastförmåga med 0,5 ton inom BK1. Ökningen av tillåten bruttovikt (inkl. ökad egenvikt) inom BK2-område blev enligt exemplet ovan 7 % eller 5 % exklusive den ökade egenvikten. Ökningen av den lastbärande förmågan blev 8 % oräknat lastbärandarens vikt. Ingen av intervjuade representanterna för olika åkerier ansåg att denna lösning var intressant. Tre orsaker framhölls:

- Av fordonens arbetsområden utgör inte en tillräckligt stor andel på BK2-väg. Att ha ett fåtal fordon som är anpassade för BK2-väg kan vara intressant, men detta kan minska åkeriets flexibilitet och försvåra att hålla en hög beläggning av fordonsparken.
- Om åkeriet får betalt per timme minskar incitamenten att medföra mer last per runda.
- Den ökade fordonslängden och egenvikten innebär att fordonet kommer kosta mer både i anskaffning och i drift samt öka den ekonomiska osäkerheten för åkerierna.

## 5.2 Uppgradering av gator och vägar från BK2 till BK1

Av intresse är att beakta de effekter som erhålls vid en omklassning av en väg från BK2 till BK1. Enligt tabell 2.2 (se kapitel 2) skulle det tillåtna axeltrycket för drivande axel öka från 10 ton till 11,5 ton vilket riskerar att skada infrastrukturen. En fråga är emellertid i vilken omfattning fordon med 11,5 tons drivaxeltryck kommer att användas.

Förutsatt att axel-, boggi, och trippelboggityck förblir enligt tidigare BK2-specifiering innebär en ökning av bruttovikten en stor potentiell effektivisering (se tabell 5.1).

Avstånd mellan första och sista axeln (m)	Max bruttovikt BK2 (ton)	Max bruttovikt BK1 (ton)	Differens
5,0	22,50	25	11 %
5,5	23,18	27	16 %
6,0	24,20	30	24 %
6,5	24,88	32	29 %
8,5	28,28	34	20 %

Tabell 5.1 Differens i bruttovikt mellan BK2 och BK1

## 5.3 Höjda bruttovikter

### 5.3.1 Finland

Från oktober år 2013 har bruttovikten för tunga fordonsekipage i Finland ökat, från 60 ton till 76 ton (Mustonen, 2014). Denna förändring innefattar även höjningar av boggitryck samt trippelaxeltryck för boggi och trippelaxelsystem som innefattar drivaxlar.

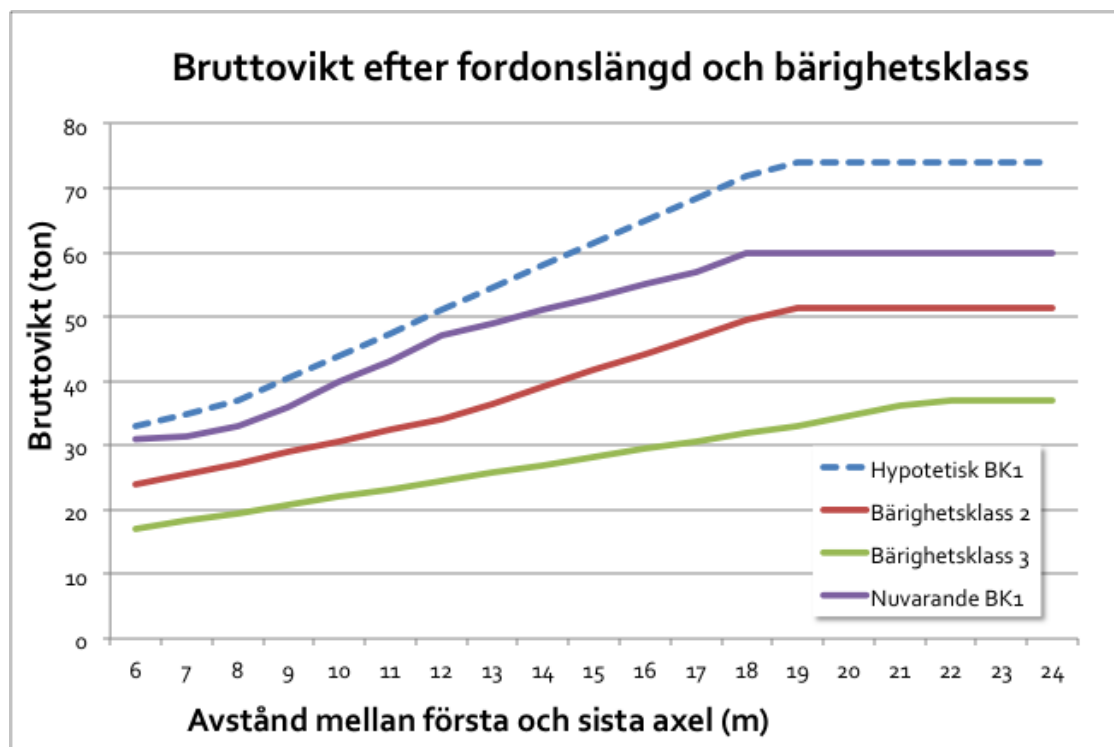
Av särskilt intresse är vidare att anläggningstransporter tagits upp som en viktig del i bruttoviktshöjningen i Finland och att den tillåtna bruttovikten för fyraxliga bilar höjts till 35 ton samt att femaxliga bilar kommer att tillåtas ha en bruttovikt på 42 ton.

### 5.3.2 Sverige

En liknande höjning av bruttovikterna, som i Finland, har även diskuterats i Sverige med skillnaden att taket för bärighetsklass 1 (BK1) höjs till 74 ton i Sverige, från nuvarande 60 ton. I Sverige har inga förändringar av de tillåtna boggitrycken, eller trippelaxeltrycken diskuterats.

Inte heller några förändringar av de enskilda fordonens bruttovikter diskuterades inledningsvis och ett ekipage med 74 tons bruttovikt skulle byggas upp med komponenter från EMS-systemet. En typisk fordonskombination skulle därmed utgöras av en fyraxlig lastbil till vilken en tvåaxlig dolly och en treaxlig påhängsvagn tillkopplas.

Utseendet på bruttoviktskurvan kommer även att förändras. Troligen sker det linjärt så att 74 tons bruttovikt uppnås någonstans mellan 18 m och 20 m avstånd mellan första och sista axel (se figur 5.2).



Figur 5.2 Möjligt utseende för ny bruttoviktskurva BK1 (TFK)

### 5.3.3 Konsekvenser av förändrade svenska bruttovikter

Om förslaget om höjd bruttovikt i Sverige realiseras blir ett fordonens egenskaper i BK1-området än viktigare eftersom denna förändring ytterligare minskar incitamenten att konstruera ett fordon som är specialiserat på transport inom BK2.

Utökade bruttovikter upp till 74 ton förväntas ge marginell effekt för massgodstransporter i stadsmiljö men incitamenten ökar för att fordonsflottan är anpassad till BK1. För fordon som är anpassat till BK1 kan värdet av att fordonet har ett lågt axeltryck få en ökad betydelse.

Om den tillåtna bruttovikten exempelvis överstiger 36 ton så måste antingen ett fyraxligt fordon (av typen dubbelboggi) användas med ett avstånd om minst 180 cm mellan de bakre boggiaxlarna (se tabell 2.4). Alternativt kan ett femaxligt fordon användas såtillvida inte ökade totalvikter medges för korta axelavstånd.

I nuläget medger BK1 en bruttovikt på 40 ton om avståndet mellan första och sista axel överstiger 10 m men eftersom inget enskilt fordon med 4 eller fler axlar får väga över 31 ton enligt tabell 3 nås maximal bruttovikt för ett enskilt fordon redan vid 6,2 m avstånd mellan första och sista axeln.

För att en utökning av totalvikten skall få relevans för fordon med axelavstånd över 6,2 m behöver begränsningen att ett enskilt fordon inte får väga över 31 ton höjas.

### 5.3.4 Förändrade bruttovikter för enskilda fordon i Sverige

Diskussioner har påbörjats om att höja de tillåtna bruttovikterna för släpvagnar i Sverige, från dagens 36 ton för fyraxliga vagnar till 42 ton för femaxliga vagnar. Redan idag råder ett undantag i Sverige beträffande tillåtna bruttovikter för släpvagnar (se tabell 2.2).

Ur anläggningssynpunkt vore det av intresse att såsom i Finland undersöka möjligheterna att använda femaxlade anläggningsfordon (se figur 5.3 och 5.4). Ur svensk synpunkt vore ett fordon som precis kunde utnyttja längdbegränsningen på 12 m som gäller i de större svenska städerna önskvärt. Ett fordon av denna typ skulle med dagens bruttoviktsregler (BK1) kunna ges en bruttovikt på ungefär 38 ton, vid ett avstånd mellan första och sista axel på 9,5 m, enligt dagens regler för BK1. Detta skulle vidare innebära en genomsnittlig axellast på endast 7,2 ton.



Figur 5.3 Femaxligt anläggningsfordon (Scania)



Figur 5.4 Femaxligt anläggningsfordon (Volvo)

Av intresse är även att studera möjliga nya fordonskombinationer baserade på att till exempel utnyttja femaxliga lastbilar inom ramen för nya bruttoviktsbestämmelser. Exempelvis kan detta bestå i att en femaxlig lastbil används med en till kopplad treaxlig kärra inom en total fordonslängd av 18 m. Vidare kan en femaxlig lastbil användas med en tillkopplad fyraxlig släpvagn. Ett sådant ekipage kan erhålla en bruttovikt på 74 ton vid en total längd av 24 m.

## 6 Resultat och slutsatser

### 6.1 Resultat

Effektivisering inom massgodssegmentet kan åstadkommas genom olika åtgärder. Ny teknik medger en stor potential men är kostnadsintensiv och kan innebära en ökad egenvikt vilket reducerar den lastbärande förmågan. Volvos hybridbussar genererade en 39 % bränslebesparing jämfört med ett konventionellt fordon och motsvarande laddhybrid beräknas spara 60 % drivmedel med samma jämförelse. Ny teknik innebär dock ett visst mått av osäkerhet där exempelvis faktorer som andrahandsvärde och livslängd på batterier inte är kända för hybrider.

Effektivisering under gällande regelverk är möjligt i stadsmiljö för BK2-vägtransport genom att använda fordon med ökad längd mellan första och sista axel. En utökad längd mellan första och sista axeln på 1 m medger 1,7 tons extra bruttovikt och uppskattningsvis 0,5 tons ökad egenvikt. Förändringen av bruttovikt blir ca 7 % brutto eller 5 % netto. Sådana fordon används dock inte i nuläget för avstånd mellan första och sista axel på över 6,4 m av följande skäl:

- Ökad fordonslängd minskar smidigheten och framkomligheten i stadsmiljö samtidigt som fordonets egenvikt ökar.
- Vilken betalningsmodell åkerierna använder för transport på BK2-väg har avgörande betydelse. Om åkeriet får betalt per timme minskar incitamenten att maximera lastvikten. Om betalningen är relaterad till transporterad mängd ökar istället incitamentet
- Om ökad fordonslängd inte medger högre nyttolast inom BK1, exempelvis för att inget enskilt fordon får väga över 31 ton (32 ton), är det mycket svårt att se en ekonomisk nytta eftersom fordonen ofta används enbart inom BK1-zon en majoritet av driftstiden.

### 6.2 Slutsatser

Regelverket som begränsar massgodstransporter är inte överdrivet avancerat men det krävs viss analys för att inse vilken begränsning som reglerar ett specifikt transportupplägg. Många åkerier har redan en pressad ekonomi och har en minimerad administration så långt som möjligt. Det är inte säkert att man har helt klart för sig vad 1,5 m extra avstånd mellan första och sista axel innebär. En förenkling av regelverket kan därför också ge en effektivisering eftersom förare och fordonsägare då kan bli mer träffsäkra i att bedöma fordonens lastförmåga.

En annan aspekt är vilka avsikter som utgjort motiv till regelverket. Exempelvis kan nämnas att ett treaxligt fordon (lastbil 6x2) som är optimerat för att kunna bära stor last inom BK2 vanligen har ett högre axeltryck än fordon med fler axlar. Indelningen i bärighetsklasser är således ett mindre träffsäkert sätt att reglera axeltryck vilket är en av de viktigaste faktorerna som orsakar skador och slitage på vägbanan. Att införa en generell reglering på 9 tons axeltryck inom Stockholms stad samtidigt som vägar omklassas från BK2 till BK1 (om inte vägskyltar ger andra anvisningar) är ett exempel på en förenkling av regelverket som samtidigt avses medföra en reduktion av axeltryck. Detta kan i sin tur resultera i en minskning av vibrationer, buller och slitage samtidigt som ökad trafiksäkerhet förväntas följa av detta.

### 6.3 Diskussion

En omklassificering av vägar från BK2 till BK1 bör ge stora effekter på kort sikt, även om axel-, boggi och trippelaxeltryck bibehålls enligt BK2-standard.

Mätt i avstånd mellan första och sista axel med utgångspunkt på 5 m upp till 6,2 m är skillnaden i bruttovikt mellan BK2 och BK1 i snitt ca 20 %. Detta skulle resultera i en reduktion av bränsleförbrukningen, troligtvis med strax under 20 %. Om avstånden mellan första och sista axel däremot ökas till mer än 6,4 m erhålls inte någon ytterligare effekt för BK1 eftersom bruttovikten då kommer upp till 32 ton vilket är den maximala vikten för ett enskilt fordon oavsett antalet axlar. Om inte denna begränsning höjs är många andra föreslagna åtgärder verkningslösa. Ett exempel är en höjning av BK1-kurvan för fordon med längre avstånd mellan första och sista axeln än 6,4 m.

Om den maximala vikten för ett enskilt fordon höjs från nuvarande 32 ton, ökar nyttan med femaxliga fordon för att ge ett tillräckligt lågt axeltryck. Sådana fordon används redan i andra europeiska länder och saluförs av flertalet fordonstillverkare.

## 6.4 Förslag till fortsatta studier

Av intresse är att genomföra detaljstudier av de begränsningar i effektivitet som lagar och förordningar medför. Behov finns även av att analysera vilka generella tekniska och faktiska begränsningsfaktorer som idag medför en ökad energiförbrukning och miljöbelastning. Exempelvis kan en viss vägsträckning eller en viss bro studeras utifrån faktiska tekniska begränsningar varefter förslag framläggas om ändrade prestanda i fordon, infrastruktur, trafiksystem och byggnader i avsikt att öka transportnyttan och minska energiförbrukningen.

Hur ett förenklat regelverk avseende bruttovikter och längder för tunga fordon i stora tätorter och stadskärnor såsom Stockholms innerstad skulle kunna utformas är ett förslag till tema för fortsatta studier. Detta kan kombineras med en översyn av vilka gator och vägar i vissa större tätorter som kan klassificeras om till BK1 med bibehållet respektive reducerat axeltryck. Det bör även kartläggas hur stor effektivisering som kan förväntas genom dessa åtgärder. Vidare bör det utredas vilka parametrar som ger upphov till de negativa effekter som regelverken avser att begränsa. En fråga är om vibrationerna kommer att minska, och i så fall i vilken omfattning, om axeltrycken begränsas. Alternativt bör det undersökas om det är ekipagets bruttovikt som är den avgörande faktorn för uppkomsten av de negativa effekterna. En annan fråga är i vilken omfattning axeltrycken i kombination med antalet fordonsrörelser, och andra eventuella faktorer, inverkar på slitage och skador på vägbanor och annan infrastruktur. Regelverket bör också avspegla de målkonflikter som är aktuella inom stora tätortscentran såsom Stockholms innerstad. En fråga kan i detta fall vara om det är motiverat att tillåta ökat slitage för att reducera utsläpp av NO<sub>x</sub>, minska trängseln samt öka trafiksäkerheten.

Ett förslag är att i en fortsättningsstudie undersöka möjligheterna att på begränsade sträckor med BK2 tillåta samma laster och bruttovikter som för BK1 under förutsättning att fordonen framförs med begränsad hastighet. Detta i avsikt att minska de markvibrationer och de dynamiska tillskott fordonen ger upphov till. En ansats kan vara att utveckla regelverken så att fordonens lastförmåga, enligt BK1, kan utnyttjas under hela transportsträckan. Därigenom förväntas miljöbelastningen kunna minska gentemot transporter som utförs enligt BK2.

Metoder och system för uppföljning av hur och i vilken omfattning olika regelverk efterlevs bör dessutom utvecklas. Idag är det enkelt att följa upp fordonens hastigheter och var de befinner sig. Det finns även möjlighet att läsa av lasten på respektive axel. En studie av ökad lastförmåga på gator och vägar klassade enligt BK2 avses även innefatta infrastrukturer och fordon, samt en kartläggning och analys av hur målen med ett minskat antal fordonsrörelser samt en minskad energiförbrukning och miljöbelastning kan uppnås för massgodstransporter.

Av stort intresse är vidare att analysera hur faktorer avseende transportupphandling respektive olika styrmedel kan bidra till en ökad energieffektivitet och minskad miljöbelastning

Ett förslag är även att genomföra en studie i avsikt att skapa en systemsyn och ge möjlighet till optimering av masstransporter i stadsmiljö. Detta är en viktig faktor som har potential att öka energieffektiviteten. I en fortsättning kan detta innebära planering och utveckling av särskilda stråk i vilka masstransporter kan utföras på ett effektivt sätt. Detta kan även inkludera ytor för omlastning, materialhantering, konsolidering och tidsstyrning. Vidare fordras en anpassning av infrastruktur och trafikmiljö vilket matchas mot aktuella transportflöden och transportbehov.

# Referenser

## Litteratur

AVL, Swedish In-Service Testing Program – On Emissions from Heavy-Duty Vehicles – Report for the Swedish Transport Agency, Certification & Regulation Compliance, # OMT1013, AVL MTC AB, Haninge, 2011.

Bark P, red, Materialhantering – 3e omarbetade utgåvan, TFK-rapport 2002:8, TFK, Stockholm, 2002.

European Union Council directive 96/53/ regarding heavy vehicle weight and dimensions, EU Council, Brussels 1996.

Järnväg för resenärer och gods, Huvudbetänkande från Järnvägsutredningen, Statens offentliga utredningar, SOU 2003:104, Stockholm, 2003.

Mustonen M, Implementering av tunga lastbilar i Finland, Uppdragsrapport 1/2014, TFK, Stockholm, 2014.

Trafikanalys, Lastbilstrafik 2012. – Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar, Trafikanalys 2013.

Trafikanalys, Lastbilstrafik 2010, Statistik 2011:7, 2011.

Transportstyrelsen, Lasta lagligt. Vikt- och dimensionsbestämmelser för tunga fordon 2010, Norrköping, 2010.

Vierth, I. et. al., Långa och tunga lastbilars effekter på transportsystemet – Redovisning av regeringsuppdrag, VTI, 2008.

Volvo, Emissions from Volvo's trucks, PM, 2010

Ölund A, Bark P, Troeng U, Utveckling av långsiktigt hållbara system för fjärrtransport och citydistribution av detaljhandelns varor, TFK-rapport 2012:3, TFK, Stockholm, 2012.

## Internet

Concawe, Road Fuel Demand in the EU -2013. Concawes hemsida avläst: 2014-06-12.  
<https://www.fuelseurope.eu/dataroom>

Statens Väg- och Transportforskningsinstitut (VTI). Rapport nummer 605 år 2009.  
<http://www.vti.se/en/publications/pdf/langa-och-tunga-lastbilars-effekter-pa-transportssystemet.pdf>

Stockholms stads hemsida, karta över tung trafik, avläst 2014-02-26:  
<http://foretag.stockholm.se/BizGlobal/Tillst%C3%A5nd%20och%20avgifter/Trafik/Tung%20trafik%20Ytterstan%202011.pdf>

Transportstyrelsens hemsida, kontrollerad senast 2014-06-11.

<https://www.transportstyrelsen.se/sv/Vag/Yrkestrafik/Gods-och-buss/Matt-och-vikt/Tillatet-axeltryck/>

Pressrelease på Volvo Bussars hemsida upplagd 2012-09-19: Volvo storsatsar på hybridbussar.

[http://www.volvobuses.com/bus/sweden/svse/newsmedia/press%20releases/\\_layouts/CWP.Internet.VolvoCom/NewsItem.aspx?News.ItemId=130577&News.Language=sv-se](http://www.volvobuses.com/bus/sweden/svse/newsmedia/press%20releases/_layouts/CWP.Internet.VolvoCom/NewsItem.aspx?News.ItemId=130577&News.Language=sv-se)  
Avläst 2014-05-20.

## ***Muntliga källor***

Ralf Billefält, Billefälts åkeri, 2013

Robin Gustavsson, Häggviks åkeri, 2013

Anders Guneiringsson, Trafikverket, 2013

Torbjörn Heiersson, Sveriges Åkeriföretag, 2013.

Thomas Holmstrand, Trafikverket, 2013

Arne Johansson, Volvo Construction Equipment, 2014

Tommy Rosgardt, Volvo Group Trucks Technology, 2014

Inge Vierth, Trafikanalys, 2013

Mats Willén, Transportstyrelsen, 2013







**TFK– TransportForsk AB**

**Warfvinges väg 29**

**112 51 Stockholm**

**Tel: 08-652 41 30**

**E-post: [info@tfk.se](mailto:info@tfk.se)**

**Internet: [www.tfk.se](http://www.tfk.se)**