

**- Underlagsrapport -**

***Effektiva tågssystem för  
vagnslast- och systemtåg***

*Utvecklingsmöjligheter och alternativa koncept*

**Stockholm i april 2005**

**Peter Bark**

***TFK – TransportForsk***

---



## Innehåll

Innehåll.....	1
Förord.....	3
Sammanfattning .....	5
1 Inledning.....	7
1.1 Bakgrund .....	7
1.2 Definitioner .....	7
1.3 Syfte och avgränsning .....	8
1.4 Metodbeskrivning .....	8
2 Problem och möjligheter för vagnslasttrafik och systemtåg .....	9
2.1 Allmänt .....	9
2.2 Problem för dagens vagnslasttrafik och systemtåg .....	9
2.3 Marknad.....	10
2.4 Konkurrenssituation gentemot kombi och lastbil.....	12
2.5 Nätverket – den geografiska täckningsgraden.....	19
2.6 Industrispårens betydelse.....	19
2.7 Dagens tågssystem .....	21
2.8 Hanteringsteknik och dragfordon .....	25
2.9 Utvecklingsmöjligheter .....	30
3 Vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet system .....	31
3.1 Allmänt .....	31
3.2 Marknadsförutsättningar.....	31
3.3 Vidareutvecklat konventionellt vagnslastsystem.....	32
3.4 Fordonsteknik och tågssystem .....	32
3.5 Terminaler och nätverk.....	38
3.6 Hanteringsteknik och tågdragning.....	39
3.7 Kapacitet och kostnader.....	40
4 Järnvägsburet system med ny teknik .....	45
4.1 Allmänt .....	45
4.2 Marknadsförutsättningar.....	45
4.3 Vagnslastsystem med ny teknik .....	45
4.4 Fordonsteknik och tågssystem .....	47
4.5 Terminaler och nätverk.....	61
4.6 Hanteringsteknik.....	61
4.7 Systemtåg.....	63
4.8 Kapacitet och kostnader.....	65
5 Kombinerat system med lastbilsforsling av lösa lastbärare.....	75
5.1 Allmänt .....	75
5.2 Beståndsdelar i ett kombisystem som kompletterar ett vidareutvecklat järnvägsburet transportsystem.....	76
5.3 Aktuella typer av lastbärare och hanteringsmetoder i svenska kombisystem ...	76
5.4 Befintliga system för kombinerade transporter i Sverige.....	85
5.5 Utveckling av nya system för kombinerade transporter.....	87
5.6 Rullande material .....	93
5.7 Sammanfattning beträffande framtida kombisystem.....	98

6	Resultat och slutsatser .....	101
6.1	Insatser.....	101
6.2	Resultat .....	102
6.3	Slutsatser och rekommendationer.....	104
6.4	Fortsatta studier .....	104
	Referenser.....	105

## **Förord**

Föreliggande rapport utgör en redovisning av ett delprojekt, inom ramen det övergripande projektet *Effektiva tågssystem för godstransporter*, vilket TFK-Institutet för transportforskning genomfört på uppdrag av Järnvägsgruppen vid Kungl Tekniska Högskolan. Delprojektet har varit inriktat mot vagnslast- och systemtåg.

Resultaten av delprojektet har fortlöpande presenterats i styrgruppen för projektet *Effektiva tågssystem för godstransporter*, i vilket adj. professor Bo-Lennart Nelldal vid Institutionen för infrastruktur och samhällsplanering vid Kungl Tekniska Högskolan varit projektledare.

Huvudansvarig för uppdragets genomförande samt för innehållet i denna rapport har varit tekn. dr. Peter Bark, TFK – TransportForsK.

Stockholm i april 2005

Peter Bark, delprojektledare



## Sammanfattning

Framtida möjligheter och problem för godstransporter på järnväg har studerats utifrån den hittillsvarande utvecklingen på godstransportmarknaden samt utifrån den utveckling som under en längre tidsperiod pågått beträffande produktionssystem, rullande materiel och teknik.

Syftet med denna studie har varit att beskriva samt utvärdera ett antal möjliga framtida system för vagnslast- respektive systemtågstrafik i främst Sverige. Beträffande vagnslastssystem har syftet varit att jämföra tre ansatser enligt följande:

- Ett vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet vagnslastsystem.
- Ett utvecklat järnvägsburet vagnslastsystem som baseras på i huvudsak ny teknik.
- Ett kombinerat system, baserat på enhetslaster och järnvägstransporter i stora stråk, samt forsling (anslutningstransport) med lastbil mellan omlastningsterminaler (väg - järnväg) och godsavsändare respektive godsmottagare.

För systemtåg har syftet varit att utifrån erfarenheterna från vagnslaststudien undersöka hur ny teknik, som utvecklats för vagnslastsystemet, kan överföras till systemtågstransporter och erbjuda möjligheter till en utveckling av nya lösningar, främst avseende tågupplägg och produktionssystem.

För järnvägens produktionssystem har en grundläggande fråga varit om de transporter, som inte utgörs av heltåg skall produceras enligt ett knutpunktsbaserat trafikupplägg eller om en övergång kan ske till sling- eller linjetågsbaserade upplägg där en och samma tågrörelse kan angöra fler kunder, lastplatser och/eller terminaler än vad som är möjligt med en tågrörelse i dagens knutpunktsbaserade system. I samtliga fall har effekter av olika generella utvecklingsåtgärder avseende järnvägens infrastruktur studerats. Exempel på detta är höjning av de tillåtna tåglängderna, till 750 m, en utökad svensk lastprofil (C-profil) samt en höjning av den tillåtna axellasten. I ett första steg höjs axellasten till 25 ton. Vidare har ansatser gjorts avseende alternativa höjningar av den tillåtna axellasten till 27,5 ton respektive 30 ton på huvuddelen av det svenska järnvägsnätet.

Studier har visat att den största operatören i det svenska vagnslastsystemet, Green Cargo, förfogar över i storleksordningen 440 lok varav hälften utgörs av elektriska lok, främst avsedda för linjetjänst samt lika många diesellok, avsedda för terminalväxling, rangering samt i viss omfattning tågdrift på sidolinjer. Här kan noteras att det förmodas vara svårt att motivera en reinvestering i en lokpark av denna storlek och sammansättning utifrån den begränsade nyttjandegraden. Det senare baseras på observationen att nästan halva lokparken, vilken består av diesellok, står stilla nattetid medan den andra delen, som består av ellok, till stor del stod stilla under dagtid. Ett antagande beträffande det framtida dragkraftsbehovet är att ett nytt enhetligt dragkraftssystem ska kunna användas under huvuddelen av dygnets timmar.

En ansats var att ett nytt dragkraftssystem skulle vara anpassat för användning i de sling- eller linjetåg som ansatts som en huvudbeståndsdel i järnvägsburet system med ny teknik. Det dragkraftssystem, eller lok, som ingick ansatsen förutsattes bestå av en teknisk lösning som vid eldrift erbjuder fulla dragkraftsprestanda. Vidare skall energiförsörjning från annan källa än kontaktledning vara möjlig vid växling på sido- och terminalspår. Ett antagande är att loket skall kunna dra godståg med vikter av 1 400–1 600 ton på flertalet linjer söder om Långsele.

Studier visar att vid en total återanskaffning av lok hos den aktuella operatören kan lokparken minskas, med 40-45%. Vid en anskaffning av moderna ellok för linjetjänst samt terminallok kan lokparken minskas med 25-30%. En anskaffning av nya terminallok och 4-axliga linjelok beräknas öka investeringskostnaden med 25%. Om 6-axliga lok väljs kommer investeringen att öka med 30%. För systemtågstrafiken bedöms ett enhetligt dragkraftssystem medföra stora fördelar eftersom flertalet systemtåg lastas/lossas på platser där kontaktledning saknas. Med ett enhetligt dragkraftssystem kan tågen dras direkt mellan lastnings- och lossningsplatserna.

Den sista ansatsen avser ett kombisystem med lastbilsforsling av lösa lastbärare. En bakgrund till denna ansats är att en koncentration av vagnlasttrafiken till ett färre antal industrispår och terminaler än idag skulle försämra järnvägssystemets geografiska täckning och tillgänglighet. Viktiga element är enkel och kostnadseffektiv terminalhantering, vanligen med gaffeltruck, utveckling av en ny lastbärartyp och samordning med vagnlastsystemets produktionssystem. En lastbärare som är anpassad för kombitrafik och utformas för att ge kostnadseffektiva transporter till och från kombiterminaler genom ett optimalt utnyttjande av de idag tillåtna fordonsdimensionerna. En ansats är att två enheter skall kunna transporteras på ett svensk lastbils ekipage av 24 alternativt 25,25 m längd samt kunna terminalhanteras med gaffeltruck.

En jämförelse mellan tre olika ansatser avseende möjliga utvecklingsvägar för ett framtida vagnlastsystem har visat att den mest utvecklingsinriktade ansatsen förefaller vara bärkraftig och kan erbjuda järnvägen en starkt position på en framtida transportmarknad. Under en tidsperiod av 10-15 år bedöms antalet industrispår, enligt denna ansats att öka, från 600 spår 2001, till 700-800 spår 2015. Av detta följer en ökad geografisk täckningsgrad. De båda övriga ansatserna är istället inriktade mot en kraftig rationalisering av vagnlastsystemet. I den sista ansatsen förutsätts emellertid att en minskad yttäckning hos järnvägssystemet skall kompenseras genom utbyggnad av ett lastbilsbaserat forslings- eller kombitransportsystem.

Denna studie avslutas med en rekommendation att utveckla vagnlastsystemet med ny teknik och nya produktionsmetoder vilka baseras på ett system med linje- eller slingtåg. En förutsättning för att detta skall kunna genomföras och ge positiva effekter i form av ökade marknadsandelar är emellertid att ett nytt enhetligt dragkraftssystem, som är avpassat både för tågdragning på elektrifierad linje och vid terminalväxling där kontaktledning saknas, tas fram.

En rekommendation är vidare att utveckla kombitransportsystemet på följande sätt:

- Ett linjetågsbaserat kombisystem, kallat Flexikombi, utvecklas. En viktig egenskap hos detta system är att lastbärare kan lastas av och på kombitågen när dessa gör uppehåll vid kombiterminaler som är belägna efter tågets färdväg.
- För Flexikombisystemet utvecklas en kostnadseffektiv och snabb hanteringsmetodik vid terminalerna som baseras på gaffeltruckar vilka gaffelhanterar lastbärare av begränsad storlek och vikt. I princip sker en avgränsning till lastbärare klass C (20 fots containers samt växelflak av längderna 7,15 m, 7,45 m och 7,82 m) samt en ny typ av lastbärare.
- En ny typ lastbärare i form av ett växelflak, med en längd av 10,7 m alternativt 10,3 m, utvecklas. Med denna lastbärare förväntas kostnadseffektiviteten förbättras hos nationella kombitransporter, varigenom konkurrenskraften mot direkta lastbilstransporter blir större.
- Dagens kombitrafik, i denna rapport benämnd tungkombi, rationaliseras genom att antalet terminaler minskas. Detta kan ske genom att vissa tungkombiterminaler ändras för lättare hantering inom Flexikombisystemet (se ovan).

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

TFKs insatser inom projektet *Effektiva tågssystem för godstransporter* har varit uppdelade på tre olika etapper, eller delavsnitt.

I en första etapp analyserades, enligt Bark et al, 2002/1, transportmarknadens struktur med avseende på de olika krav som olika förekommande varuslag samt sändningstyper ställer på transportsystemet. Den första etappen avrapporterades i juni 2000.

I en andra etapp inventerades, enligt Bark et al 2002/2, marknad samt utvecklingstendenser för de transport- och hanteringssystem för paket, stycke- och partigods som förekommer i Norden, Tyskland, Frankrike, Storbritannien samt i tillämpliga delar i Belgien, Holland och Luxemburg (BeNeLux). Inventeringen omfattade lastbils-, flyg- samt järnvägsburna system. I detta innefattades även en orientering om, i andra världsdelar förekommande, transportsystem för paket, stycke- och partigods vilka bedömdes vara av särskilt intresse. Slutligen kartlades utvecklingsmöjligheterna för befintliga och/eller nya järnvägsburna system för paket, parti- och styckegods.

Den och sista tredje etappen, som redovisas i denna rapport, har innefattat en kartläggning och analys av vagnslastsystemens och systemtågstrafikens problem och möjligheter. Detta har bland annat innefattat en studie av vagnlasttrafikens och systemtågens konkurrenssituation gentemot rena lastbilstransporter respektive kombinerade transporter lastbil – järnväg. I denna studie kartlades nätverkets omfattning och den geografiska täckningsgradens betydelse för vagnslastssystemets konkurrenskraft och utveckling. I detta beaktades särskilt industrispårens, eller det kapillära bannätets inverkan på dessa faktorer.

## 1.2 Definitioner

Med vagnslasttrafik avses att varje godssändning omfattar minst en lastad järnvägsvagn (30-75 ton). Enligt SJ Frakthandbok (1988) samt Transportordlista (1992) räknas vagnslastgods som sändningar som transporteras i separat järnvägsvagn som lastas av avsändaren samt lossas av mottagaren. Transporterna kan vara regelbundna och omfatta fasta relationer eller vara spridda och omfatta en stor mängd olika relationer. En viktig egenskap hos ett vagnslastsystem är att vagnslaster från flera olika varuägare transporteras i samma tåg. Detta ställer i sin tur krav på att det finns system och anläggningar för att sammanställa, separera och/eller sortera de vagnar som transporteras i de tåg som ingår i ett vagnslastsystem.

Med systemtågstrafik avses att hela tåg eller grupper av vagnar (vagngrupper) förflyttas i bestämda tåg enligt ett återkommande (repetitivt) system. Enligt Bark et al (2002/3) kan en systemtransport beskrivas som en integrerad godstransport som styrs av efter fasta rutiner. De fasta rutinerna kan utgöras av en tidtabell och/eller regelbundna transporter av gods i motsatt riktning som systemtransportens huvudriktning. Vid dessa trafikupplägg undviks rangering och sortering av mer omfattande slag. Vid trafik med sammanhållna vagngrupper, mindre än ett tågs storlek, förekommer växlingsoperationer av varierande omfattning.

En tydlig gräns mellan vad som är vagnlasttrafik respektive systemtågsupplägg kan emellertid i många fall vara svår att dra bland annat därför att vagnlasttrafik och systemtågsupplägg ofta utnyttjar samma produktionsresurser. Exempelvis är det vanligt att vagngrupper som utgör en del i ett systemtågsupplägg förflyttas i tåg som även innehåller vagnlastsystemets vagnar.

Exempel på renodlade, stora och tydligt urskiljbara systemtåglösningar är malmtågstrafiken på Malmbanan/Ofotenbanan, mellan Narvik och Luleå, samt Svenskt Stål ABs (SSABs) så kallade stålpendlar mellan Luleå och Borlänge respektive Oxelösund och Borlänge.

### **1.3 Syfte och avgränsning**

Syftet med denna studie är att beskriva samt utvärdera ett antal möjliga framtida system för vagnlast- respektive systemtågstrafik i främst Sverige. För vagnlastsystemet har syftet varit att jämföra tre ansatser enligt följande:

- Ett vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet vagnlastsystem.
- Ett utvecklat järnvägsburet vagnlastsystem som baseras på i huvudsak ny teknik.
- Ett kombinerat system, baserat på enhetslaster och järnvägstransporter i stora stråk, samt forsling (anslutningstransport) med lastbil mellan omlastningsterminaler (väg - järnväg) och godsavsändare respektive godsmottagare.

Beträffande systemtåg har syftet varit att främst utifrån erfarenheterna från vagnlaststudien undersöka hur ny teknik, som utvecklats för vagnlastsystemet, kan överföras till transportsystemet för systemtåg och där erbjuda möjligheter till utveckling av nya lösningar avseende tågupplägg och produktionssystem med mera.

Studien har avgränsats till basvaror, med en typisk sändningsstorlek på 40 ton samt massgods med en typisk sändningsstorlek på 400 ton.

### **1.4 Metodbeskrivning**

Den använda metoden kan formuleras i följande steg:

1. Kartläggning av befintliga järnvägsburna transportsystem.
2. Fältstudier / studieresor.
3. Nulägesbeskrivning av marknad och trafiksystem för järnvägsburna transportsystem.
4. Sammanställning och formulering av alternativa utvecklingsscenarion avseende järnvägsburna transportsystem.
5. Beskrivning av framtida kundrelaterade krav avseende järnvägsburna transportsystem.
6. Formulering och bearbetning av idékoncept och scenarion för nyutvecklade respektive vidareutvecklade järnvägsburna transportsystem.
7. Analys och utvärdering av olika bearbetade idékoncept.
8. Syntes.

## 2 Problem och möjligheter för vagnslast och systemtåg

### 2.1 Allmänt

Järnvägen är ett transportsystem med uppenbara stordriftsfördelar vilket innebär att den erbjuder låga kostnader vid transporter av stora godsmängder (med stora tåg) på långa avstånd. Järnvägssystemets nackdelar består i höga kostnader för små godsflöden, främst på korta avstånd. Bidragande orsaker till detta är att kostnaden för anslutningstransporter och terminalväxling etc. är hög.

Vid en jämförelse med ett lastbilssystem innebär detta att systemets fasta kostnader är höga medan de rörliga kostnadernas andel per transporterat ton är lägre än för lastbilstransporter. En konsekvens av detta har i många fall varit att vagnslasttrafik med sändningar bestående av enstaka vagnar (30-75 ton) i glesa relationer haft svårt att ur kostnadssynpunkt hävda sig mot konkurrerande lastbilstransporter och därför avvecklats. Systemtåglösningar har i flera fall varit ett sätt att utnyttja järnvägssystemets stordriftsfördelar. I vissa heltågssystem, såsom Stolpendeln Luleå – Borlänge, har det varit möjligt att uppnå sändningsstorlekar på 1 600 ton, vilket kan jämföras med en sändningsstorlek på 40 ton för ett 60 tons landsvägsekipage.

### 2.2 Problem för dagens vagnslasttrafik och systemtåg

Järnvägens konkurrenskraft har under lång tid försämrats vilket även medfört att dess position på godstransportmarknaden har försvagats och att marknadsandelar samtidigt har förlorats. Inom vagnslastsystemet är orsakerna till detta bland annat följande:

1. Ändrade logistiska mönster inom industri och handel har medfört minskade sändningsstorlekar och en ökad sändningsfrekvens.
2. Järnvägens produktionssystem för vagnslasttransporter är ej tillräckligt kostnadseffektivt vilket medfört;
  - Bristande lönsamhet. En huvudorsak till detta är höga kostnader för att distribuera och samla in vagnar och vagngrupper (terminalväxling och terminalproduktion).
  - Rationaliseringar och en fortgående koncentration av verksamhet.
  - Svårigheter att motivera reinvesteringar i rullande materiel.

Järnvägsföretagen har under lång tid sökt utnyttja skalfördelar och eftersträvat storskalighet i vagnslastsystemet genom en utveckling som inneburit:

1. Avveckling av små kunder och små terminaler respektive lastplatser.
2. Utveckling av stora terminaler och knutpunkter.
3. En minskning av antalet lätta terminallok och en satsning på ett fåtal tunga terminallok.
4. En koncentration av tågtrafiken till ett mindre antal tunga relationer.
5. En avveckling av en mängd sidospår och betydande delar av det kapillära bannätet.

Positiva resultat av den hittillsvarande utvecklingen är en förbättrad konkurrenskraft i tunga relationer och att den rullande materielen kan användas mer effektivt.

Negativa resultat av denna utveckling är bland annat följande:

- Den geografiska täckningen har fortlöpande försämrats allt eftersom små lastplatser och terminaler avvecklats och det kapillära bannätet, i form av industrispår och sidlinjer, har reducerats i omfattning.
- Vagnslastsystemets konkurrenskraft i små och spridda relationer har försämrats väsentligt.
- Ett allt mer koncentrerat trafiksystem och bannät försvårar, eller gör det omöjligt, att i framtiden rekrytera nya kunder till järnvägen.
- Rullande materiel, utförd enligt ”gamla koncept”, används alltjämt.

Vid en bedömning av framtidsutsikterna för det befintliga vagnslastsystemet i Sverige är ett grundproblem att en stor del av den rullande materielen inom en inte allt för avlägsen framtid måste förnyas. Mot bakgrund av den idag svaga lönsamheten innebär detta att verksamheten ytterligare måste koncentreras mot kunder och uppdrag som kan förränta nyanskaffad rullande materiel. Detta innebär i sin tur en påtaglig risk för minskade marknadsandelar.

## **2.3 Marknad**

### **2.3.1 Förutsättningar**

Vagnslasttrafik och systemtåglösningar vänder sig, enligt Nelldal et al (2000), främst till marknaderna för basvaror respektive massgods. Transportmarknaden för basvaror uppgick 1997, räknat i transportarbete, till 34 miljarder tonkm. Under perioden 1987-1997 hade denna marknad en tillväxt på 7%. Järnvägens marknadsandel hade under samma period uppvisat en svag minskning, från 33% (1987) till 31% (1997). En typisk sändningsstorlek vid transport av basvaror uppgick, enligt Nelldal et al (2000), till 40 ton. De tjänster som järnvägen erbjuder denna marknad är främst vagnslasttrafik med kombitransporter (väg – järnväg) som alternativ.

Transportmarknaden för massgods uppgick 1997, räknat i transportarbete, till 24 miljarder tonkm, enligt Nelldal et al (2000). Under tidsperioden 1987-1997, uppvisade denna marknad en tillväxt på 12%. Järnvägens marknadsandel uppvisade under samma tidsperiod en svag minskning, från 22% (1987) till 20% (1997). Den typiska sändningsstorleken vid transport av massgods uppgick samtidigt till 400 ton. De tjänster som järnvägen erbjuder denna marknad är främst systemtåg med kombi- eller vagnslastlösningar som alternativ. I den första etappen av projektet *Effektiva tågssystem för godstransporter* analyserades, enligt Bark et al (2002/1), transportmarknadens struktur med avseende på de krav som olika varuslag respektive sändningstyper ställer på transportsystemet. Här prioriterades 10 branscher som, utifrån perspektivet järnvägstransporter, bedömdes som särskilt intressanta.

### **2.3.2 Branscher och delmarknader**

#### *Analys*

Utifrån de genomförda analyserna bedömdes de olika branschernas och delmarknadernas potential för vagnslast- eller systemtågstransporter varvid nedanstående kunde noteras.

Bransch	Eventuell delmarknad	Potential för:		
		Vagnslast	Systemtåg	Anmärkning
<b>Jordbruk</b>		X		Begränsade volymer
<b>Livsmedel</b>		X		Viktig framtidsmarknad
<b>Skog</b>	Skogsbruk		X	Avser skogsråvara
	Sågverksindustri	X		
<b>Järn</b>	Skogsindustri	X	X	Stor potential inom vagnslast
	Gruvor (malm)		X	
	Halvfabrikat (stål)	(X)	X	
	Produkter/metallind.	X	(X)	
	Skrot	X	X	
<b>Kemi</b>		X	X	
<b>Industri-produkter</b>	Halvfabrikat	(X)	X	Avser transporter mellan tillverkningsanläggningar
	Produkter (till kund)	X		
<b>Mineraler</b>		X	X	Av begränsat intresse
<b>Handel</b>		X		Avser främst kombi
<b>Energi</b>	Petroleum	(X)	X	
	Fastbränslen	X	(X)	
<b>Avfall</b>		(X)	X	Endast små volymer är aktuella

### Exempel på branscher/delmarknader inom vilka järnvägens marknadsandel kan ökas

Ovanstående sammanställning av olika branschers och delmarknaders potential för vagnslast- eller systemtågstransporter visar att det finns ett antal särskilt intressanta områden inom vilka järnvägens marknadsandelar är låga men bedöms kunna öka.

#### Livsmedel

Det totala transportarbetet, för livsmedelsbranschen, uppgick under 1997 till 5,9 miljarder tonkm. Av detta uppgjorde järnvägens andel endast 8%. Ett specifikt krav för denna marknad är kravet på att en stor del av godset skall transporteras tempererat vilket kan innebära:

- Frystransport, med temperaturer från -10°C ned till -20°C.
- Kyltransport, med temperaturer mellan 3°C och 7°C.

Av analyserna framgick vidare att en pågående koncentration av distributionsanläggningar inom livsmedelsbranschen kan gynna järnvägstransporter genom större ankommande flöden.

#### Skog

Inom skogsektorn är ett ökat vagnutnyttjande en viktig beståndsdel i en effektivisering av produktionen, vilket skapar förutsättning för nya, mer konkurrenskraftiga, transportlösningar. Sågverksindustrins intresse för järnvägstransporter bedöms kunna öka genom utveckling av nya produktionssystem för vagnslaster. Ett exempel på detta är nya trafikupplägg där vagnar, vid ett sågverk, kan lastas med sågade trävaror och flisbehållare medan lok och tågpersonal väntar. Pappersindustrin kan attraheras genom nya vagnstyper som ökar möjligheterna att erhålla returlaster i samband med långa transportuppdrag.

#### Järn

Stålindustrins produkter levereras till stor del med vagnlaster vilket innebär att järnvägen har en stor marknadsandel inom denna bransch. Här är det av stor betydelse att spåranslutningar hos de olika kunderna/mottagarna kan vidmakthållas och utvecklas.

Den mängd skrot som transporteras in till de svenska stålverken uppgår, enligt Bark et al (2002/1) till 1,5 miljoner ton per år. Här uppgår järnvägens marknadsandel till endast 20%. Detta trots att i huvudsak alla svenska stålverk har spåranslutning. Problemet består istället i att en betydande andel av de återvinningsanläggningar som levererar skrot till stålverken saknar spåranslutning. En förutsättning för att andelen skrottransporter på järnväg skall kunna öka är att det sker en utbyggnad av industrispår till befintliga återvinningsanläggningar samt att de nya anläggningar, som tillkommer eller ersätter befintliga, lokaliseras till platser och områden där industrispår och/eller järnvägslinjer redan finns eller lätt kan anläggas.

## 2.4 Konkurrenssituation gentemot kombi och lastbil

### 2.4.1 Förutsättningar

I de studier som ligger till grund för tidigare underlagsrapporter har konkurrenssituationen mellan transporter med järnväg och lastbil undersökts. Vidare har konkurrenssituationen mellan rena lastbilstransporter (direkttransporter med lastbil) och kombinerade transporter väg – järnväg studerats. Av dessa undersökningar framgick att utvecklingen i Sverige medfört att den största tillåtna bruttovikten för lastbilekipage, med 24 m totallängd, etappvis ökats från 51,4 ton till 60 ton under 1980-talet. Kortfattat har detta inneburit att nyttolasten kunnat ökas, från 30 till 40 ton, eller med 30-35%, per ekipage.

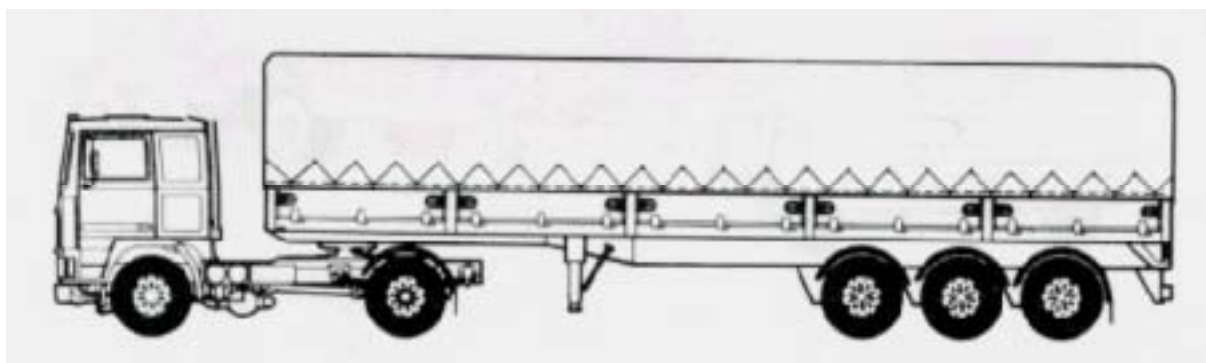
Vid gränsöverskridande trafik inom EU-området, samt vid nationell trafik inom flertalet EU-länder, hade bruttovikterna för lastbilar redan innan den svenska bruttoviktshöjningen trädde i kraft ökat från 38 till 40 ton. Detta medförde en ökning av nyttolasten, från 25 till 27 ton, eller med 8%, per ekipage. För järnvägsburna transporter har den tillåtna axellasten under 1980-talet ökat från 20 till 22,5 ton vilket möjliggjort en nyttolastökning med 20%, från 25 till 30 ton, för en sluten 2-axlig vagn.

### 2.4.2 Utformning av lastbilekipage

#### *Fordon utformade enligt EUs bestämmelser*

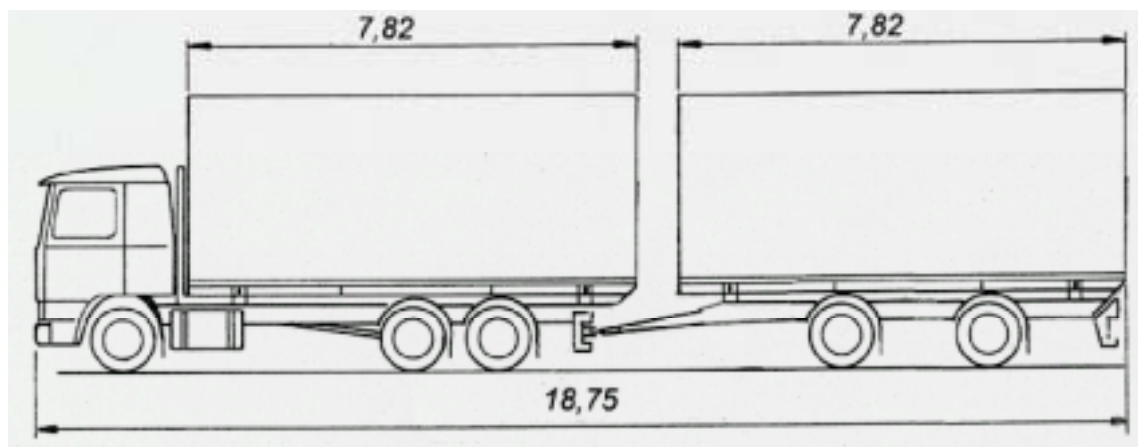
Vägtransportfordon som utformats så att de uppfyller EUs krav, avseende vikt och dimension skall, enligt Bark et al (2001/2), utan inskränkningar kunna färdas på huvudvägnäten i EUs medlemsländer samt i övriga länder som skrivit under EES-avtalet med undantag av Schweiz.

Kortfattat innebär EUs vikt- och dimensionsbestämmelser att alla fordonskombinationer tillåts ha en bruttovikt på 40 ton, en största höjd på 4 m samt en bredd på 2,55 m. För fordon med isolerad påbyggnad för frystransporter tillåts en bredd på 2,60 m. För kombinationen dragbil med påhängsvagn (trailer) är den maximalt tillåtna längden 16,5 m. Tillkommande regler begränsar dessutom påhängsvagnarnas största längd till 13,6 m. Vid transport av en odelbar lastbärarenhet, vanligen i form av en ISO-container (bruttovikt 30,5 ton), till eller från en kombiterminal, tillåts dessutom en bruttovikt på 44 ton för fordonskombinationen 3-axlig dragbil med 3-axlig påhängsvagn. Vissa EU-länder, såsom Tyskland, tillåter en bruttovikt på 44 ton för samtliga transporter av enhetslastbärare till eller från en kombiterminal.



Figur 2.1 Dragbil med påhängsvagn, enligt EU-utförande, med 40 tons bruttovikt och 16,5 m totallängd (källa: Volvo Lastvagnar)

För fordonskombinationen lastbil med släpvagn är den maximalt tillåtna längden 18,75 m. Samtidigt tillåts en total sammanlagd längd hos fordonskombinationens lasttytor på 15,4 m.

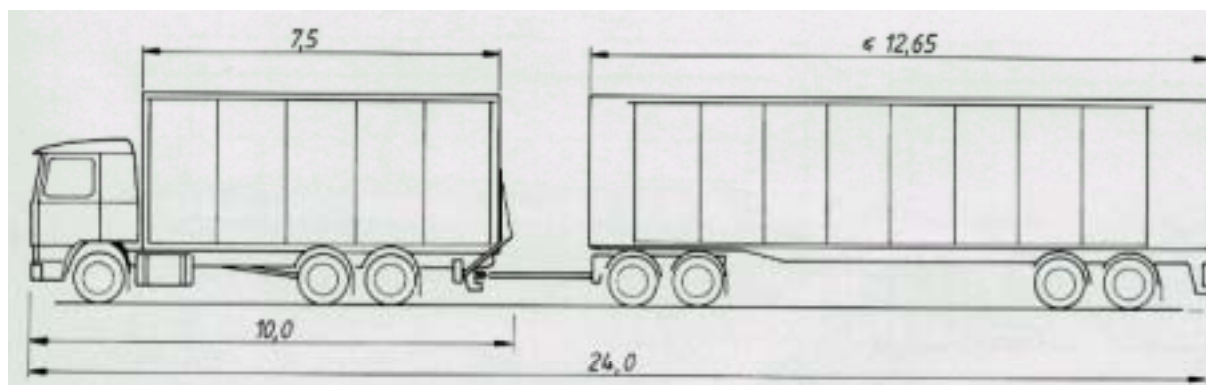


Figur 2.2 Lastbil med släpkärra, enligt EU-utförande, för transport av växelflak med 40 tons bruttovikt och en totallängd av 18,75 m (källa: Schenker)

### Utformning av nationella fordon i Sverige

Vid fjärrtransport av stycke- och partigods på väg har tidigare, enligt Bark et al (2001/2), främst konventionella 24 m långa fjärrekipage med 60 tons bruttovikt använts. En viktig faktor vid samlastning av gods på dessa fordon har varit att ungefär 20 flakmeter, varav 12 flakmeter på släpet, stått till förfogande när fordonen använts i olika transportrelationer. Möjligheten att på en stor lastyta samlasta gods från flera olika avsändare har inneburit stor flexibilitet och goda möjligheter att parera variationer i olika kunders efterfråga av tillgänglig transportkapacitet, mellan till exempel olika veckodagar respektive årstider.

Vid samlastning av stycke- och partigods är det varit vanligt att själva lastbilen fylls med partigods som körs direkt mellan avsändare och mottagare medan släpet helt eller delvis lastas och lossas vid styckegodsterminaler. Vid stycke- och partigodstransporter utnyttjas sällan ett fordon hela lastförmåga. Istället begränsar fordonets lastyta eller lastvolym hur mycket gods som kan lastas. Uppgifter gör gällande att 60-70% av den möjliga viktmässiga lastförmågan i dagens 24 m långa fjärrekipage i linjetrafik, med stycke- och partigods, vanligen utnyttjas.

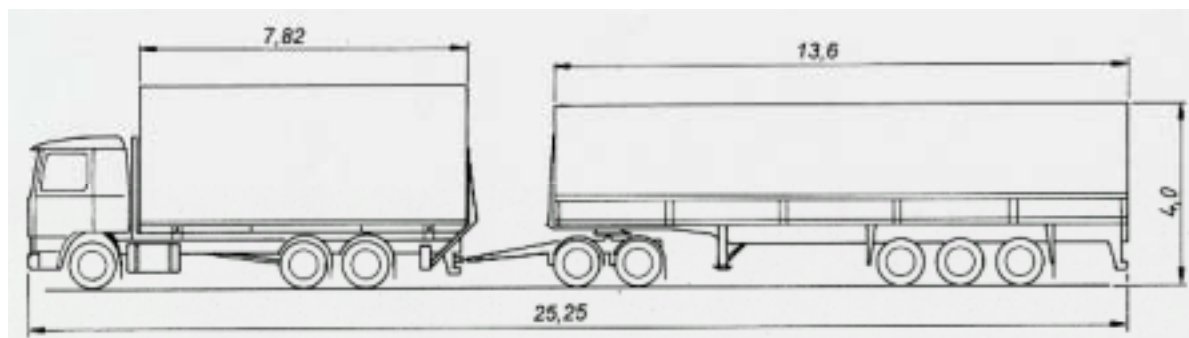


Figur 2.3 Svenskt fjärrtransportekipage, i form av lastbil och släpvagn, med 60 tons bruttovikt och en totallängd av 24 m (källa: Schenker)

### Utformning av modulekipage i Sverige

För att öka fordonskombinationernas lastkapacitet, samt för att åstadkomma en flexibilitet vid gränsöverskridande transporter, använder bland andra DHL (tidigare ASG) och Schenker så kallade modulekipage. Dessa tillåts i Sverige och Finland vara 25,25 m långa, ha en maximal lastytelängd på 21,86 m och en bruttovikt på 60 ton. De aktuella ekipagen består av en bil med ett 7,82 m (alternativt 7,45 m) långt växelflak, en dolly samt en 13,6 m lång påhängsvagn av EU-utförande. En dolly är en vanligen 2-axlad släpkärria som försetts med en vändskiva för tillkoppling av en påhängsvagn. En dolly med påhängsvagn utgör i princip en släpvagn.

Att en påhängsvagn är av EU-utförande innebär att dess längd inte får överstiga 13,6 m och att en fordonskombination bestående av dragbil med påhängsvagn, enligt EUs bestämmelser får ha en maximal längd av 16,5 m och en bruttovikt på 40 ton.



Figur 2.4 Modulekipage med 60 tons bruttovikt och 25,25 m totallängd (källa: Schenker)

I ett modulekipage är den sammanlagda lastytelängden med 7-8% större än i ett traditionellt ekipage, med en längd av 24 m. Denna längdökning innebär emellertid att kombinationens tjänstevikt ökar. Detta utgör sällan något problem vid transporter av styckegods eftersom det vanligen är lastytan som begränsar fordonets kapacitet. En ytterligare fördel med denna typ av modulekipage är att en övergång till kombitransporter underlättas eftersom en stor andel av de påhängsvagnar och växelflak som används för att bygga upp modulekipage är avpassade för kombitransporter. Detta innebär att några större investeringar i nya lastbärare inte kommer att krävas om en transportör, eller varuägare, går över till kombitransporter.

### 2.4.3 Konkurrensförhållanden

Vagnslasttrafikens främsta konkurrent är direkt lastbilstrafik. Nelldal et al (2000) har i studie jämfört kostnader mellan en typisk vagnslasttrafik och en direkt lastbilstrafik (se sida 17, figur 2.5). En grundläggande förutsättning för denna jämförelse var att både avsändare och mottagare hade industrispårsanslutningar så att järnvägstransporten kunde genomföras utan omlastning. Diagrammet visar några exempel med olika kostnadsbilder. Högst kostnad per viktsenhet, bland järnvägsalternativen, uppvisar en enstaka vagnslasttransport med en 2-axlig vagn och 30 tons lastvikt. Lägst kostnad per viktsenhet uppvisar transporter i vagngrupper, bestående av 4-axliga vagnar med en total lastvikt på 200-400 ton. Som jämförelse visas en lastbilstransport med ett 60 tons ekipage (24 m långt) som lastade 40 ton. För större mängder krävs fler lastbils ekipage, även om kostnaden per transporterad viktsenhet förblir densamma.

Av diagrammet framgår även järnvägens relativt höga fasta kostnad tydligt i startpunkten på den vertikala axeln medan lastbilen har en låg fast kostnad som ligger nära noll. Lastbilens kostnad ökar däremot snabbare och är näst intill proportionell mot avståndet. Kostnaden per viktsenhet för järnvägstransporter är mer flack, eller degressiv, men startar från ett högre utgångsläge. Järnvägens fasta kostnad är inte opåverkbar. Med större vagnar och större godsmängder kan de fasta kostnaderna nästan halveras och lutningen på kurvan förmodas bli flackare. Lastbilens kostnad är mer rörlig. Break-even, mellan ett transportuppdrag som utförs som en enstaka vagnslastsändning, via industrispårsanslutningar, och en lastbilstransport ligger, enligt Nelldal et al (2000), på knappt 600 km. Om det däremot handlar om en vagngrupp, bestående av större vagnar, kan break-even ligga så lågt som drygt 200 km.

Vikten av effektiva matartransporter samt låga rangerings- och samkostnader skall inte heller underskattas, enligt Nelldal et al (2000). En låg kostnadsnivå för dessa faktorer kan delvis kompensera för en låg volym. En viktig förutsättning, vid järnvägstransport, är också att det finns spåranslutning, annars krävs forsling och omlastning vilket oftast blir dyrare. Forsling innebär att godset först lastas på lastbil och därefter körs till närmaste järnvägsterminal där det omlastas till järnvägsvagn, till exempel med hjälp av en gaffeltruck.

Kostnaden för en enstaka vagnslasttransport, med en 4-axlig vagn, och tillkommande forsling har jämförts med en direkttransport med lastbil (se sida 17, figur 2.6). Denna figur visar dels forsling i en ände dels forsling i båda ändar. Av diagrammet framgår att break-even för en enstaka vagnslast med 4-axlig vagn och forsling i ena änden ökar, från knappt 400 km (utan forsling) till drygt 500 km med en forsling.

Med forsling i båda ändar ökar break-even till omkring 700 km. Till detta kommer risken för skador i samband med omlastning och att en transport med omlastning i regel tar längre tid än vad en direkt lastbilstransport gör. Det är således sannolikt att om kunden väl har lastat sändningen på en lastbil så kommer den också att fortsätta på lastbil ända till slutmålet.

Break-even mellan en kombitransport, med de förutsättningar som angivits ovan, och en ren lastbilstransport med dagens effektiva svenska lastbilar ligger, enligt Nelldal et al (2000), på omkring 850 km. Det är naturligtvis möjligt att hitta fall då break-even ligger lägre, främst om matartransportavståndet är kortare. I det redovisade fallet hamnar break-even på samma nivå som för en vagnslasttransport med forsling i båda ändar.

Sannolikt är emellertid kombitrafiken mer konkurrenskraftig genom att den är effektivare vid mindre sändningar. Dessutom går en kombilastbärare obruten genom hela transportkedjan vilket är till gagn för transportkvaliteten.

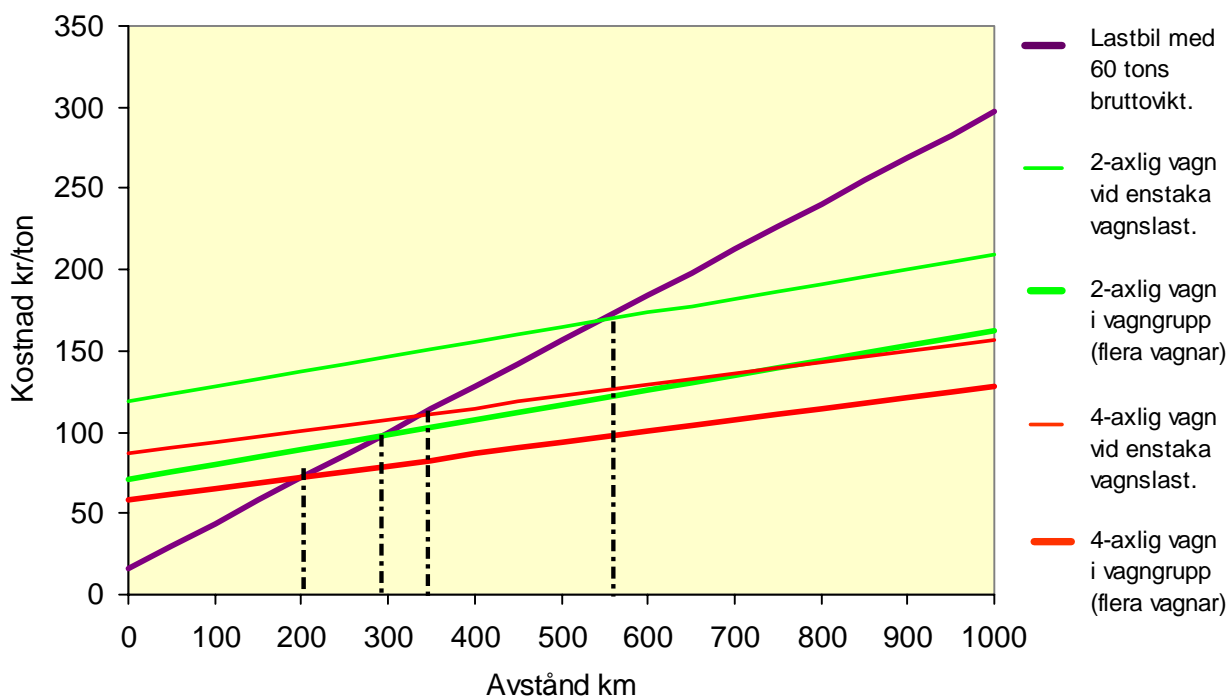
När bruttovikterna för lastbilar i Sverige höjdes i början av 1990-talet försämrades, enligt Nelldal et al (2000), järnvägens konkurrenskraft både för vagnslast- och kombitransporter. Lastbilarnas bruttovikter ökade från 51,4 till 60 ton vilket medförde att lastvikterna ökade från 32 till 40 ton. Konsekvenserna av detta framgår vid en jämförelse mellan enstaka vagnslast, med 2-axlig vagn, och direkta lastbilstransporter (se sida 18, figur 2.7). Jämförelsen visar att break-even ligger på 400 km när den 2-axliga vagnen jämförs med ett 51,4 tons lastbils ekipage och på 600 km när den 2-axliga vagnen jämförs med ett 60 tons ekipage.

Lastbilarnas ökade bruttovikter har även försämrat kombitrafikens förutsättningar eftersom avståndet till break-even, enligt Nelldal et al (2000), har ökat med 500 km. När kostnaderna för att utföra en kombitransport jämförs med kostnaden för utföra en direktransport med en 51,4 tons lastbil ligger break-even på 350 km. Om en kombilösning istället jämförs med en direktransport med ett 60 tons lastbils ekipage ökar break-even till 850 km. Vid en jämförelse med en ett EU-ekipage, som får väga 40 ton och lasta 25 ton, sjunker break-even till 350 km.

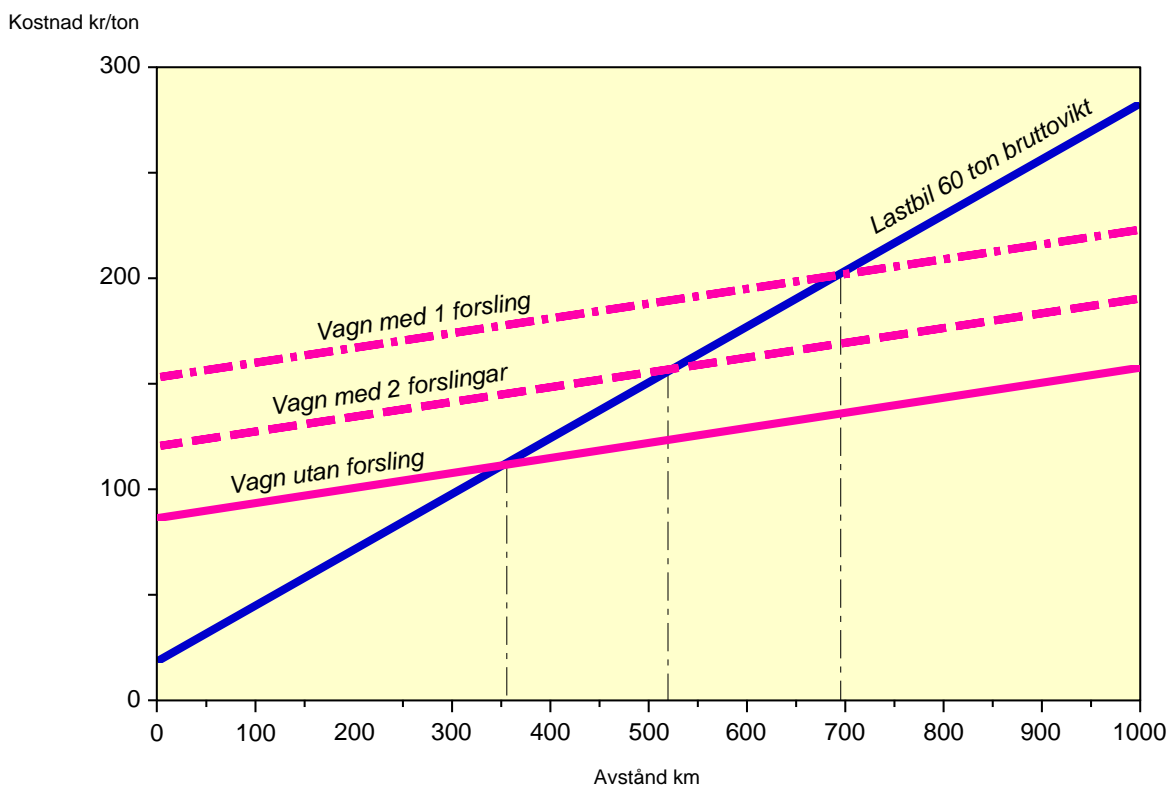
Om den tillåtna axellasten ökas från 22,5 till 25 ton, som planeras i Sverige så kan nyttolasten hos en 2-axlig järnvägsvagn, enligt Nelldal et al (2000), ökas med 5 ton, trots att kostnaden för vagnen endast ökar marginellt. Detta medför att lastförmågan hos en 2-axlig vagn ökar från 30 till 35 ton och att kostnaden per tonkilometer samtidigt sjunker. Break-even för en enstaka vagnslast med en 2-axlig vagn, i jämförelse med ett 60 tons lastbils ekipage beräknas därmed sjunka från 600 km till ca 450 km (se sida 18, figur 2.8). För den effektivaste vagnslasten, som utförs i en vagngrupp med 4-axliga vagnar, blir effekten något mindre men break-even hamnar klart under 200 km.

I USA uppgår den tillåtna axellasten, enligt Nelldal et al (2000), till minst 30 ton. Vagnarna är dessutom vanligen utförda som boggivagnar, med en lastförmåga på i storleksordningen 100 ton. Anskaffningskostnaden för dessa vagnar uppgår dessutom endast till hälften av vad en europeisk 4-axlig vagn kostar, detta främst på grund av en långt gången standardisering och stora tillverkningsserier. I ett exempel har undersökts vad en höjning av axellasten till 30 ton skulle betyda för inrikes godstransporter, mellan anläggningar med industrispårsanslutning. I detta exempel har dessutom kostnaden för vagndragning ökat med 10% för att spegla de kostnadsökningar som följer av ökade tågstorlekar. En slutsats av undersökningen är att en enstaka vagnslast med 2-axlig vagn blir konkurrenskraftig gentemot en lastbilstransport på avstånd ned till 350 km (se sida 18, figur 2.8). 4-axliga vagnar i vagngrupper blir, vid 30 tons axellast, konkurrenskraftiga ner till 100 km.

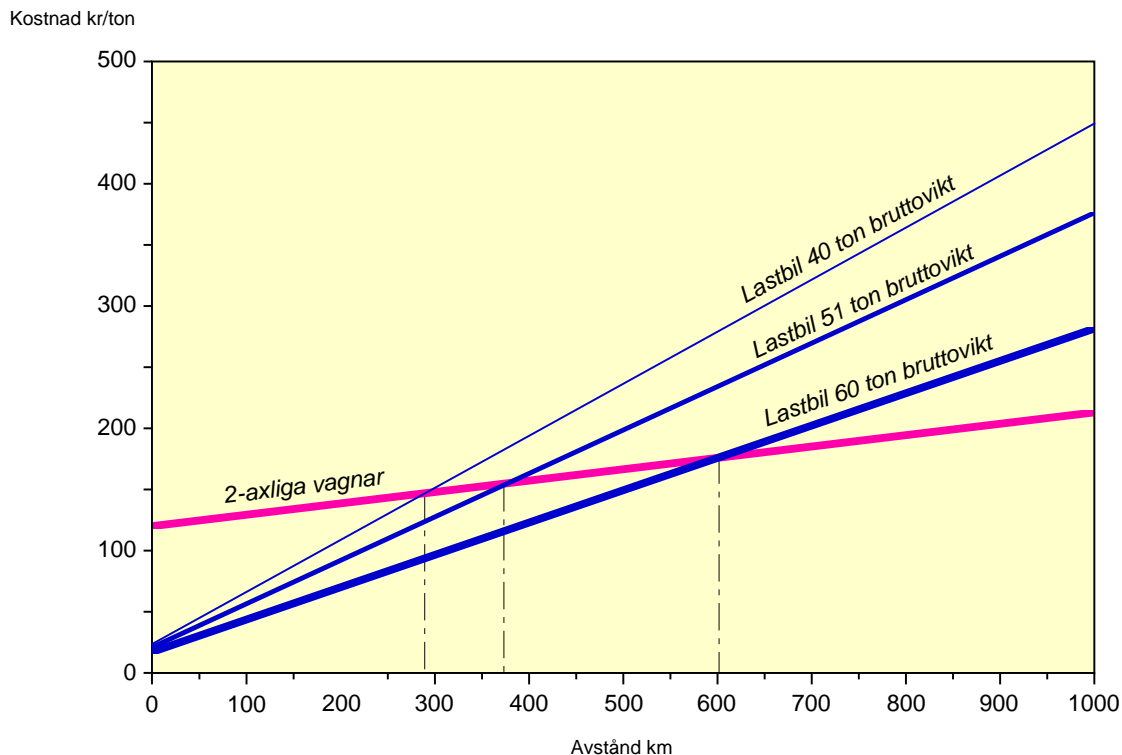
Beräkningar visar, enligt Nelldal et al (2000), att en bra lastförmåga, genom en hög axellast och stor lastvolym bidrar till ett högt kapacitetsutnyttjande. Detta är minst lika viktigt som låga kostnader för trafikproduktionen. Detta indikerar att stora ansträngningar sannolikt måste göras för att öka de tillåtna axellasterna i Europa så att de på sikt närmar sig den amerikanska nivån. Genom den fortgående utvecklingen av spårbyggnads- och spårunderhållstekniken samt den parallellt pågående utvecklingen av vagnar med förbättrade löpverk, främst mjuka boggier som är särskilt skonsamma mot banan, öppnas det en väg mot en successiv höjning av de högsta tillåtna axellasterna till nivåer över 25 ton.



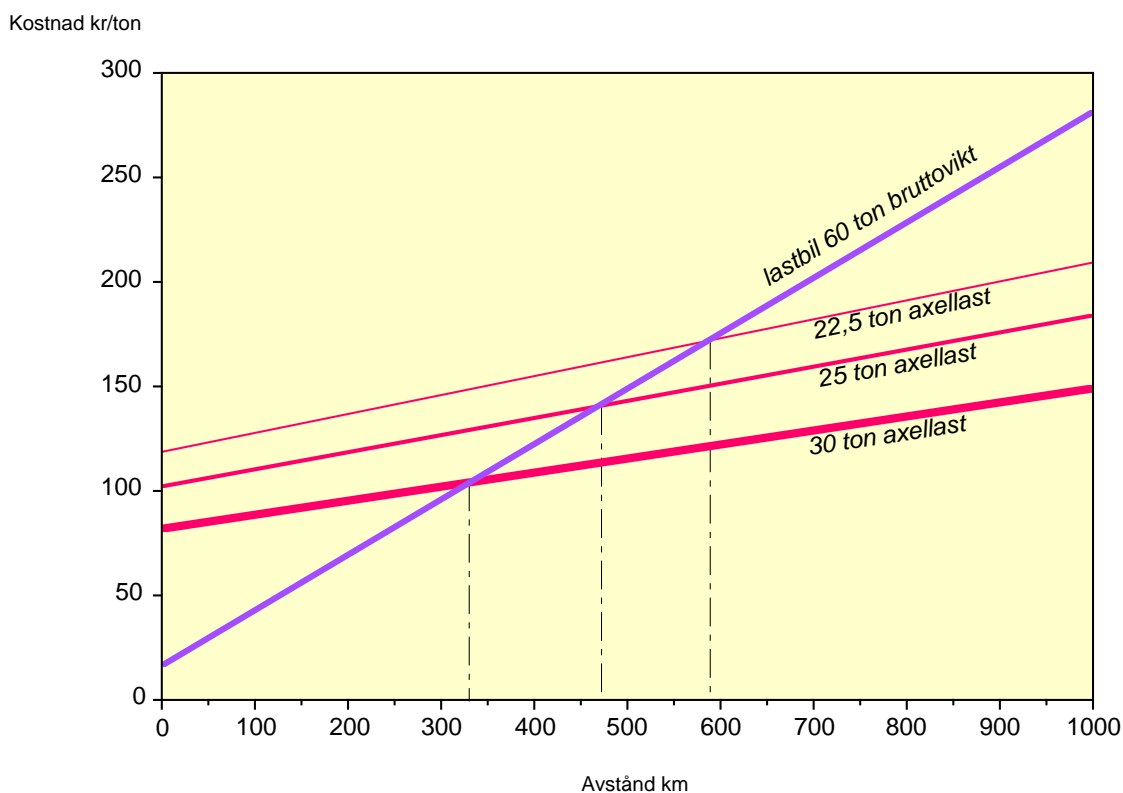
Figur 2.5 Kostnadsjämförelse vagnslast via industrispår och lastbil (Källa: Nelldal et al 2001)



Figur 2.6 Kostnadsjämförelse vagnslast (enstaka 4-axlig vagn) med respektive utan lastbilsforsling (Källa: Nelldal et al 2001)



Figur 2.7 Kostnad för vagnslasttrafik med industrispår och enstaka 2-axliga vagnar jämfört med direkt lastbilstrafik med olika fordonstorlekar (Källa: Nelldal et al 2001)



Figur 2.8 Kostnadsjämförelse mellan lastbilstransporter och vagnslasttrafik med olika axeltryck beroende på avstånd (avser enstaka vagnslast med en 2-axlig vagn och ett 24 m långt lastbilskeppage med 40 tons nyttolast) (Källa: Nelldal et al 2001)

## **2.5 Nätverket – den geografiska täckningsgraden**

Med geografisk täckningsgrad och nätverk avses hur väl järnvägs- och industrispårnäten täcker ett geografiskt område samt i vilken omfattning, ur transportsynpunkt betydelsefulla, industri-, terminal- och lageranläggningar, via spåranslutningar, har tillgång till järnvägsnätet. Beträffande befintliga och möjliga trafikplatser kan dessa grovt indelas enligt följande:

- Befintliga anläggningar avpassade för vagnslasttrafik där trafik ej förekommer eller är nedlagd. Inga egentliga åtgärder krävs för att återuppta trafik.
- Platser där vagnslasttrafik kan anordnas efter smärre åtgärder. Detta kan innefatta upprustning av spår, slipersbyten samt renovering eller anordnande av lastytor.
- Platser som kräver nyanläggning av infrastruktur anslutning till befintliga järnvägslinjer och/eller industrispår.
- Platser som kräver omfattande nyanläggning av industrispåransättningar och/eller sidobanor.

Av betydelse är även hur järnvägssystemets nätverk är strukturerat, samt i vilken omfattning de verkliga transportvägar som väljs inom detta nätverk sammanfaller med de efterfrågade transportvägarna. Med detta avses om transportuppdragen i huvudsak kommer att utföras i riktning, från avsändningspunkt till destination, eller om en spårbunden transport tvingas att ta sådana omvägar på grund av nätverkens struktur, och knutpunkters belägenhet etc., att de aktuella transportlösningarna blir för kostnadskrävande ur produktionsteknisk synpunkt.

Beträffande utvecklingen av industrispår i Sverige konstateras, enligt Ahlstedt et al (2001), att det 1992 fanns ca 1 200 industrispår i Sverige och att detta antal, fram till 2001, hade sjunkit till cirka 600.

## **2.6 Industrispårens betydelse**

Tillgång på industrispår vid lastnings- och lossningsplatserna är enligt Nelldal et al (2001), en grundförutsättning för att en järnvägstransport överhuvudtaget skall kunna utgöra ett konkurrenskraftigt alternativ vid en transportbeställning. Så kallade frilastterminaler, från vilka gods forslas med lastbil, till mottagaren, eller omvänt från avsändaren, utgör endast ett konkurrenskraftigt alternativ till industrispår i de relationer där järnvägstransporterna utförs över mycket långa avstånd eller om forslingen kan styras upp i rationella flöden. Ett undantag är, enligt Bark et al (2001/1), systemtågstransport av skogsråvara (rundvirke) i Medelpad, mellan terminaler utanför Ånge (Östavall) och Sundsvall (Töva) där transportsträckan på järnväg uppgår till endast 106 km. Inom detta område uppgår medeltransportavståndet, från avlägg vid skogsbilväg till terminal, till 50 km medan transportsträckan från Töva-terminalen till industrierna i Sundsvall uppgår till ungefär 15 km. Detta innebär att den sammanlagda transportsträckan för ett järnvägsbaserat transportuppdrag i denna relation i medeltal uppgår till 170 km, varav endast 106 km, eller 60% av sträckan utgörs av själva järnvägstransporten.

En allmän trend över hela världen är annars, enligt Nelldal et al (2001), att järnvägsplanerare har svårt att styra sin verksamhet och därför är beredda att ge avkall på intäkter mot att de kan förenkla järnvägsdriften genom att i ökad omfattning utnyttja lastbilar och köra till terminaler.

Svensk industri är fortfarande i hög utsträckning, enligt Nelldal et al (2001), lokaliserad till orter med järnvägsförbindelse, även om denna inte alltid utnyttjas. Överslagsmässigt är 75% av sysselsättningen i tillverkningsindustrin lokaliserad till orter med järnvägsförbindelse. En bakgrund till detta är att järnvägsnedläggningar i större utsträckning har omfattat persontrafik än godstransporter. Samtidigt har näringslivet koncentrerats till ett färre antal större orter.

Även om godstransporterna går från orter vid järnvägsnätet så finns inte alltid, enligt Nelldal et al (2001), industrispår eller lokala terminaler med godstågsförbindelser på orten. Banverket genomförde 1997 en enkätundersökning som var riktad till transportchefer vid företag med över 100 anställda (se tabell 2.9). Den visade att 72% av godskunderna hade industrispår eller järnväg på orten, ytterligare 22% hade järnväg inom 50 km avstånd och endast 5% låg mer än 50 km från järnväg. Däremot var det nästan bara företag med industrispår som utnyttjade järnväg i någon större utsträckning. Av dessa utnyttjade 43% järnväg medan över 90% av företagen i alla grupper utnyttjade lastbil. KTH genomförde 1977 en undersökning som omfattade 143 godskunder. Undersökningen visade, enligt Nelldal et al (1981), att 39% av de företag som hade mer än 20 anställda hade industrispår. Av de företag som hade mer än 50 anställda hade 50% industrispår. Av de företag som uteslutande fraktade hellaster (med järnväg eller bil) hade 75% tillgång till industrispår. En jämförelse med Banverkets undersökning visade, enligt Nelldal et al (2001), att många industrispår lagts ned sedan dess.

Andel av godskunderna som har:		Andel därav som nyttjar:	
		- järnväg	- lastbil
- tillgång till eget industrispår	35%	43%	92%
- järnväg på orten	37%	11%	95%
- järnväg inom 50 km	22%	7%	96%
- mer än 50 km till järnväg	5%	0%	100%
Sammanlagd andel av godskunderna som nyttjar järnväg resp. lastbil		21%	94%

Tabell 2.9 Tillgång till järnväg och järnvägens marknadsandel  
(Källa: Nelldal et al, SOU 2003:104)

Under 2000 gick 55% av järnvägstransporterna, frånräknat malm, till eller från industrispår (se tabell 2.10) och ytterligare 15% gick till eller från en hamn. Av järnvägstransporterna gick 15% med lastbil över ett frilastområde, eller annan terminal än en kombiterminal. 15% av de järnvägsburna transporterna utgjordes av kombitransporter vilket, enligt Nelldal et al (2001), innebär att 30% av järnvägstransporterna var en kombination av lastbil och järnväg.

Typ av järnvägstransport	Andel
Vagnslast via industrispår	55%
Vagnslast via hamn	15%
Vagnslast med lastbilsforsling	15%
Kombitrafik	15%
Totalt	100%

Tabell 2.10 Järnvägstransporterad godsmängd i ton exklusive malm efter lastnings- och lossningsplats. Ungefärliga värden för år 2000 (Källa: Nelldal et al 2001).

En bearbetning som gjorts av de faktiska järnvägstransporterna med vagnslast 1987 visade, enligt Nelldal et al (2001), att 80% av dessa gick direkt, från avsändare till mottagare, utan omlastning och främst via industrispår. 20% lastades om till eller från lastbil vid frilastspår eller industrianläggning. En specialbearbetning av statistik för inrikes långväga transporter som går med direkt lastbil visade, enligt Nelldal et al (2001), att av transporterna 32% hade både start- och målpunkt i orter vid järnvägsnätet (se tabell 2.11) medan 61% hade antingen start- eller målpunkt i orter vid järnvägsnätet. Endast 7% av de transporter som utfördes med lastbil hade både start- eller målpunkt i orter som helt saknade förbindelse med järnvägsnätet.

Fördelning av inrikes lastbilstransporter mellan orter med respektive utan järnvägsförbindelse	Godsmängd (ton)	Andel
Järnvägsförbindelse i både avsändar- och mottagarorten	16	32%
Järnvägsförbindelse enbart i avsändarorten eller i mottagarorten	31	61%
Helt utan järnvägsförbindelser (varken i avsändar- eller mottagarorten)	3	7%
Totalt	50	100%

Tabell 2.11 Långväga inrikes lastbilstransporter - tillgänglighet till järnvägsnätet

Det som redovisats ovan visar, enligt Nelldal et al (2001), att den industriella verksamheten fortfarande i hög grad är lokaliserad i närheten av järnvägsnätet. Detta innebär att det finns en betydande potential för järnvägstransporter om industrins transportbehov kan tillgodoses. En stor andel av industrins transporter har en gång i tiden gått på järnväg, men sedan dess har lokal infrastruktur, främst i form av industrispår samt tillhörande matartrafik, till stora delar försvunnit. En slutsats av detta är, enligt Nelldal et al (2001), att järnvägssystemet i huvudsak fungerar som ett självständigt transportmedel och att järnvägstransporter som utförs i samverkan med lastbilstransporter förekommer men är inte särskilt omfattande.

## 2.7 Dagens tågssystem

### 2.7.1 Allmänt

Dagens transportupplägg för godstransporter på järnväg, eller tågssystem, beskrivs lämpligen utifrån de operationer som ingår i ett transportupplägg. Dessa kan utgöras av terminalväxling, rangering och olika typer av tågdragning. En viktig del utgörs här av dragningen i fjärrtåg, eller den del av en förflyttning av en järnvägsvagn eller vagngrupp, från avsändningsort till destinationsort, i vilken den huvudsakliga distansen tillryggaläggs. I princip är det efter detta avstånd som transportuppdraget prissätts, vilket innebär att detta är den är intäktsskapande delprocessen i uppdraget. Detta gäller för både vagnslastsystem och systemtågstransporter. En generell skillnad mellan vagnslastsystem och systemtågstrafik består i antalet operationer som föregår respektive följer på den intäktsskapande kärnprocessen som är fjärrtågdragning.

Dagens tågtransportupplägg kan i huvudsak delas upp i följande produktions- och tågssystem:

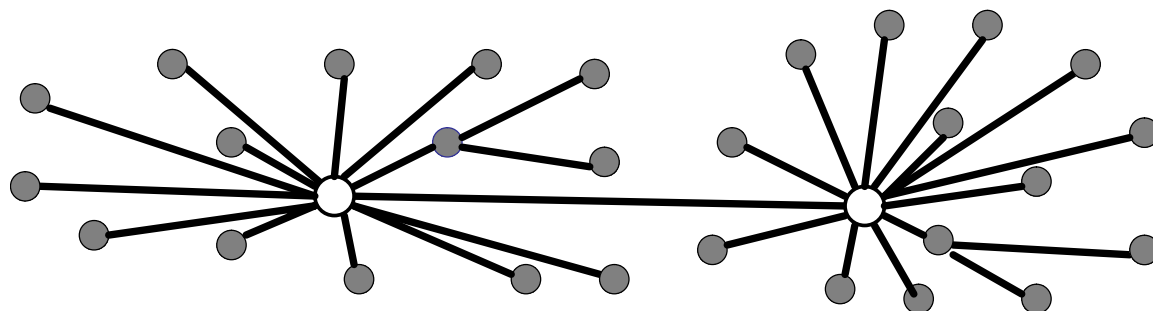
- Knutpunktbaserat vagnslastsystem.
- Systemtågstrafik med heltåg.
- Systemtågstrafik med stora vagngrupper.

## 2.7.2 Knutpunktsbaserat vagnslastsystem

Principen för ett knutpunktsbaserat vagnslastsystem är att samla ihop enstaka vagnar och/eller vagngrupper från ett antal avsändare/kunder samt att via olika samlingsbangårdar dra dessa till sorteringsanläggningar, i form av ett begränsat antal större rangerbangårdar. Mellan rangerbangårdarna körs de största tågen, vanligen kallade fjärrgodståg.

De olika steg i ett transportuppdrag, som består i förflyttning av en vagngrupp eller en enstaka vagn, mellan två punkter, kan för ett vagnslastsystem beskrivas på följande sätt (se figur 2.12):

1. Terminalväxling – Inhämtning av vagn eller vagngrupp från lastspår till terminal, lokal bangård eller större bangård. För detta används vanligen diesellok.
2. Sammanväxling av matartåg (tågbildning A).
3. Dragning i matartåg, som vanligen har en rangerbangård som målpunkt. För detta används vanligen ellok men även tyngre diesellok kan förekomma.
4. Rangering på större rangerbangård och ombildning till fjärrgodståg (tågbildning B).
5. Dragning i fjärrgodståg till nästa rangerbangård. För detta används uteslutande ellok.
6. Rangering på större rangerbangård och ombildning till matartåg (tågbildning C).
7. Dragning i matartåg, som vanligen har en mindre bangård som målpunkt.
8. Uppsplittning av matartåg på terminal eller mindre bangård.
9. Terminalväxling – Utsättning vagn eller vagngrupp till lastspår.



Figur 2.12 Schematisk bild över knutpunktsbaserat vagnslastsystem

Knutpunktsystemets fördelar är det är enkelt att skapa effektiva och välfyllda fjärrtåg mellan rangerbangårdarna. En ytterligare fördel är att systemet i sig medför att ett stort antal möjliga relationer skapas mellan olika orter/terminalpunkter.

Nackdelarna med knutpunktsystemet är främst att det vanligen är svårt att åstadkomma en god beläggning på de stora resurser som används längst ut i systemet, det vill säga matartågen samt den personal och den dragkraft, i form av lok, som används för inhämtning av vagnar och terminalväxling. Den dåliga beläggningen av dessa resurser har i sin tur medfört en dålig lönsamhet för både en stor andel av transportuppdragen och vagnslastsystemet i dess helhet vilket medfört upprepade krav på rationaliseringar i systemet och kostnadsminskningar. Dessa rationaliseringar har i sin tur fokuserats mot de aktiviteter som utnyttjats sämst, i detta fall främst terminalväxling på industrispår och till lastplatser med begränsat trafikunderlag.

Inom vissa områden och regioner har en minskad terminalväxling och den avveckling av kunder som därav följt inneburit att underlaget för matartåg minskat. Detta har i flera fall medfört att det blivit olönsamt att upprätthålla godstrafik till dessa områden. Ett minskat antal matartåg har i sin tur inneburit en koncentration av rangeringsverksamheten till ett fåtal stora rangerbangårdar, vilket resulterat i att matartågen i medeltal körs över allt längre avstånd. Med detta har även kraven på fyllnadsgrad i matartågen ökat, vilket försämrat lönsamheten för godstrafik i regioner med ett begränsat trafikunderlag och som är belägna på stort avstånd från de större rangerbangårdarna.

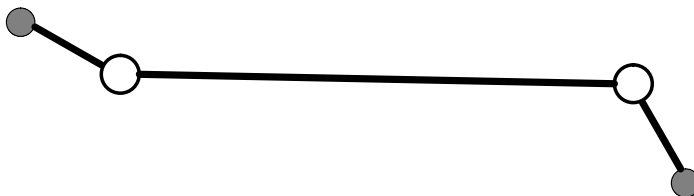
En slutsats av detta är att knutpunktsystemet har uppenbara stordriftsfördelar, men endast kan rationaliseras genom en koncentration av verksamheten till regioner med ett tillräckligt stort och framförallt koncentrerat och kundunderlag. Emellertid innebär denna koncentration att järnvägsföretagen successivt avhänder sig en betydande del av godsmarknaden.

### **2.7.3 Systemtågstrafik med heltåg**

Det mest effektiva sättet att utnyttja järnvägstransportsystemets stordriftsfördelar är att, hela sträckan, från avsändare till mottagare hålla ihop hela tåg och/eller vagnsätt. De mest kostnadseffektiva lösningarna erhålls de fall samma lok kan användas från den plats där vagnarna lastas till den plats där de lossas. Ett problem i detta avseende är att kontaktledningar ofta inte kan tillåtas på de områden där systemtågen lastas och/eller lossas.

Eftersom huvuddelen av de järnvägsburna godstransporterna i Sverige utförs på elektrifierade bandelar, med ellok som dragkraft, består en heltågsbaserad systemtransport vanligen av följande operationer (se figur 2.13):

1. Terminalväxling och hämtning av ett helt tågsätt, vanligen med hjälp av diesellok, vid en lastplats, samt en eventuell framdragning till överlämningsbangård/-spår i de fall lokbyte, till ellok, kommer att ske.
2. Eventuellt lokbyte, från diesellok till ellok, vid överlämningsbangård/-spår.
3. Tågdragning med linjelok till målpunkt. För detta används vanligen ellok.
4. Eventuellt lokbyte, från ellok till diesellok, vid överlämningsbangård/-spår.
5. Eventuell framdragning av tågsätt, från överlämningsbangård/-spår till lastplats, och terminalväxling av helt tågsätt till lossningsplats.



*Figur 2.13 Schematisk bild över systemtågsupplägg med heltåg*

I ett fåtal fall förekommer direkt dragning med ellok, från lastningsplats till lossningsplats. Ett exempel på detta är SCAs system för rundvirkestransporter, från terminaler i Krokomb (väster om Östersund), Bensjöbacken (utanför Bräcke) samt Östavall (utanför Ånge).

I det sistnämnda fallet uppgår transportsträckan på järnväg (enligt ovan) till endast 106 km. Ett antagande är att denna korta transportsträcka knappast varit aktuell för järnvägstransport om omkopplingar mellan el och diesellok fordrats.

En fördel med heltågstransporter är att terminalväxling och annan hantering av tågen kan utföras på ett tämligen enkelt sätt vilket innebär att kostnaderna utöver tågdragning blir låga. Detta medför låga transportkostnader per gods- och avståndsenhet (kr/tonkm).

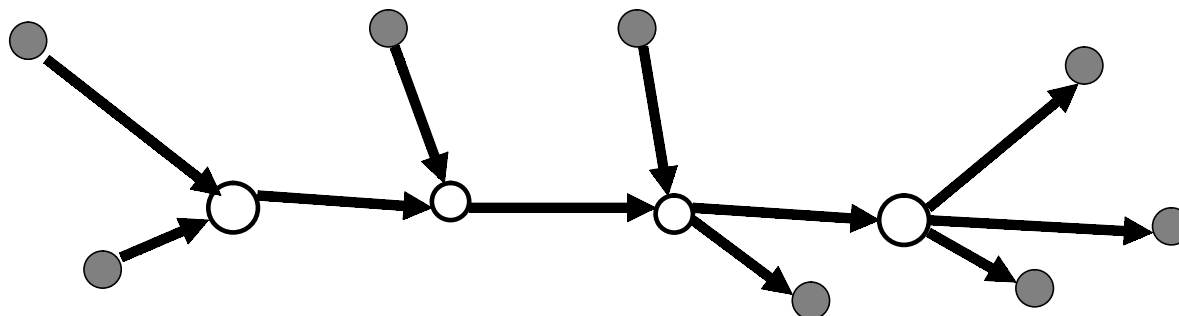
En nackdel med heltåg är att det finns ytterst få godsflöden som är så stora att det går att erbjuda heltåglösningar med acceptabel frekvens. Vidare är den möjliga marknadspotentialen för nya heltåglösningar tämligen begränsad. En orsak till detta är att heltåglösningar redan har en hög marknadsandel inom de godsflöden som är tillräckligt stora för att skapa underlag för heltåg och som uppstår i relationer där det är möjligt att transportera gods på järnväg.

#### 2.7.4 Systemtågstrafik med stora vagngrupper

Ett sätt att dra nytta av heltågssystemets fördelar i de relationer där det inte finns underlag för att skapa heltåg är att istället bygga heltåglösningar av ett antal vagngrupper. Dessa utgör egentligen ett mellanting mellan en systemtågstrafik med heltåg och ett vagnslastsystem. Skillnaden gentemot ett vagnslastsystem är att de transportrelationer som här knyts ihop i en tågdragning är få. De växlingsoperationer som utförs med de vagngrupper som finns i dessa tåg är tämligen okomplicerade och utförs vanligen som planväxling på mindre bangårdar och spårområden. Eftersom det inte utförs några större sorteringsoperationer av vagnar och vagngrupper krävs det inte heller några rangerbangårdar för dessa trafikupplägg.

De olika stegen i ett transportuppdrag, som består i förflyttning av vagngrupper mellan två punkter, kan för ett systemtågsupplägg beskrivas på följande sätt (se figur 2.14):

1. Terminalväxling och inhämtning av vagngrupp från lastspår till bangård. För detta används vanligen diesellok.
2. Sammanväxling av systemtåg (tågbildning).
3. Tågdragning till systemtågets målpunkt. För detta används vanligen ellok.
4. Eventuella mellanliggande i- och urväxlingar av vagngrupper underväg.
5. Uppspliftring av systemtåg i dess målpunkt som kan utgöras av en terminal eller en mindre bangård.
6. Terminalväxling och utsättning vagngrupp till lossningsplats.



Figur 2.14 Schematisk bild över systemtågsupplägg med fyra vagngrupper

En fördel med denna typ av systemtågsupplägg är att terminalväxlingsoperationerna kan utföras tämligen kostnadseffektivt med hjälp av mindre eller medelstora, oftast dieseldrivna terminallok. En nackdel på främst mindre orter kan emellertid vara att det är svårt att finna alternativ användning för terminalloken när de inte används för systemtågsväxling.

## **2.8 Hanteringsteknik och dragfordon**

### **2.8.1 Allmänt**

Med hanteringsteknik avses här olika operationer i eller led i en järnvägstransport. Dessa kan enligt ovan utgöras av terminalväxling, rangering och olika typer av tågdragning. För att utföra dessa operationer används främst följande typer av dragkraft:

- Lätta terminallok
- Medeltunga terminallok
- Tunga terminallok
- Linjelok

### **2.8.2 Hanteringsoperationer**

#### *Terminalväxling*

Med terminalväxling avses vanligen en operation där vagnar placeras på ett lastspår, antingen hos en godsavsändare (industrispår) eller inom en järnvägsterminal. Eftersom det idag sällan finns kontaktledningar över dessa spår sker terminalväxlingen i huvudsak med dieseldrivna lok som är särskilt avpassade för denna uppgift. Vidare är dessa "terminallok" vanligen utrustade med anordningar för radiostyrning från en plats utanför lokets förarhytt.

Vid terminalväxling består ett arbetslag vanligen av två man, en växlingsledare samt en lokförare alternativt en radioloksoperatör (växlingsledare) och en växlare.

#### *Växling*

Med växling avses enklare tågbildningsoperationer eller enkla operationer som syftar till att ombilda tåg under väg (mellan tågbildningspunkt och målpunkt). Ett exempel på det senare är byten av vagngrupper under väg i systemtåg som består av större vagngrupper.

Växling kan utföras på bangårdar eller spårområden av varierande storlek och omfattning. Själva växlingsoperationerna utförs antingen med särskilda terminallok eller med de lok (linjelok) som används i de aktuella tågen.

#### *Rangering*

Med rangering avses en operation där hela tågsätt bryts upp och ombildas till nya tåg. Dessa operationer utförs på större rangerbangårdar som är utrustade med så kallad växlingsvall och bromsanläggningar som reglerar vagnarnas hastighet sedan de släppts från växlingsvallen. I Sverige finns idag ett fåtal rangerbangårdar. De mest betydelsefulla rangerbangårdarna är Hallsbergs ranger-/riksbangård, Malmö godsbangård samt Sävenäs rangerbangård i Göteborg.

En rangering och ombildning av ett fjärrgodståg tillgår i princip på följande sätt:

- Godståget ankommer till rangerbangården och kör antingen in på ett spår i bangårdens ankomstgrupp, eller kör istället in på ett ”allmänt spår” som för tillfället anvisats som ankomstspår.
- Tågloket kopplas loss och vagnsättet förbereds för rangering genom att samtliga vagnars bromsar manuellt ställs i lossat läge, bromsslangar kopplas isär och att kopplen slackas mellan de vagnar och vagngrupper som skall kopplas isär i samband med rangeringen.
- Ett växellok kopplas till. Detta lok förflyttar därefter tågsättet till växlingsvallen.
- Växelloket trycker/skjuter långsamt vagnsättet över växlingsvallen. Växlingspersonal kränger samtidigt av kopplen mellan de vagnar och vagngrupper som skall kopplas isär.
- De isärkopplade vagnarna och vagngrupperna rullar nedför växlingsvallen och ökar därvid farten. Vagnarna växlas därefter in mot olika riktningsspår som fungerar som uppsamlingspår för de tåg som skall bildas för olika destinationer. För att styra vagnarnas hastighet samt för att undvika att de stöter samman med en för hög hastighet, vilket kan medföra gods- och materielskador, finns på de stora rangerbangårdarna automatiska så kallade målbromsningssystem, vilka håller ned vagnarnas hastighet.
- På riktningsspåren sammankopplas vagnar till de nya destinationerna. Senare tillkopplas tåglok och de nybildade tågen kan efter kontroll avgå. Bromsprovning kan antingen ske sedan tåglok till kopplats och bromstrycket byggts upp, eller med hjälp av en stationär bromsprovningssystem som bygger upp bromstrycket.

I detta sammanhang bör det noteras att dagens rangerbangårdar inte är avpassade för att sortera vagnar i en viss ordning, till exempel i en avkopplingsordning, efter önskemål om när och i vilken följd de senare skall kopplas av från tåget.

### **2.8.3 Lätta terminallok**

Med lätta terminallok avses 2-axliga diesellok, vanligen benämnda lokomotorer. Hos Green Cargo representeras, enligt Diehl et al (2003), de lätta terminalloken av 50 stycken, under 1990-talet moderniserade lokomotorer typ Z70, vilka har en tjänstevikt på 34 ton och en startdragkraft på 102 kN. Loken är utrustade för radiostyrning och kan under gynnsamma förhållanden hantera vagnsätt på upp till 600 tons vikt (motsvarar 17-18 tvåaxliga vagnar med 22,5 tons axellast).

Vidare finns ett 30-tal lokomotorer, tillverkade under 1960- och 1970-talen och av typerna Z65, Z66 och Z67, i drift hos andra operatörer såsom BK Tåg, Inlandsbanan (IBAB), Shortline Väst, RailCombi, TGOJ Trafik samt Tågåkeriet i Bergslagen (TÅGAB).

### **2.8.4 Medeltunga terminallok**

Med medeltunga terminallok avses främst 3-axliga diesellok. Hos Green Cargo representeras de medeltunga loken, enligt Diehl et al (2003), av 50 lok av typerna V4 och V5, vilka anskaffades under 1970-talet. V5-loken (se bild 2.15) väger 48 ton, har en startdragkraft på 140 kN samt är utrustade för radiostyrning.



Bild 2.15 Medeltungt terminallok typ V5

### 2.8.5 Tunga terminallok

Med medeltunga terminallok avses i första hand 4-axliga diesellok av T44-typ (se bild 2.16). 2003-01-01 fanns hos Green Cargo 119 lok som levererats mellan 1968 och 1987. Loken har en tjänstevikt på 76 ton och en startdragkraft på 220 kN. Vid växling, och under gynnsamma driftförhållanden, kan loken flytta tågsätt med en vikt på mellan 1 400 och 1 600 ton, vilket motsvarar 30-35 tvåaxliga vagnar med 22,5 tons axellast. Loken är därför väl lämpade för växling av till exempel systemtåg. Flertalet av dessa lok är utrustade för radiostyrning.

T44-loken har en största tillåten hastighet på 100 km/h och kan med fördel användas för olika typer av tåg tjänst såsom matartåg samt godståg av olika slag på icke elektrifierade bandelar. Vid tåg tjänst är loken på flertalet linjer tillåtna för en tågvikt på 900 ton, vilket motsvarar 20 tvåaxliga vagnar med 22,5 tons axellast.



Bild 2.16 Tungt terminallok typ T44

Övriga svenska tågoperatörer (utöver Green Cargo) förfogade 2003-01-01, enligt Diehl et al (2003), över 13 NOHAB-tillverkade diesellok av T43-typ som är en äldre och något mindre variant av T44-loket. Vid samma tidpunkt var loken fördelade enligt följande:

- BK Tåg; 3 st
- Skånetåg; 1 st
- TGOJ Trafik; 8 st
- Tågåkeriet i Bergslagen; 1 st

TGOJ Trafik äger dessutom två tunga terminallok av V11-typ, med tillverkningsår 1974. För växlingstjänst på rangerbangårdar använder Green Cargo även ett antal elektriska Rc-lok (se nedan), främst representerade av 18 Rc1-lok, som utrustats med radiostyrning.

## **2.8.6 Linjelok**

Linjelok används för fjärrgodståg, olika typer av systemtåg samt matartåg. Med linjelok avses främst elektriska lok men i förekommande fall kan även vissa typer av diesellok hänföras till denna kategori (se nedan).

Green Cargo förfogar över drygt 220 elektriska lok av Rc-utförande. Den i Sverige vanligast förekommande typen av linjelok för godstransporter utgörs av Green Cargos 128 Rc4-lok (se bild 2.17) som tillverkades mellan 1975 och 1982. Loken har en tjänstevikt på 78 ton och har en startdragkraft på 290 kN. Den tillåtna tågvikten uppgår till 1 600 ton, på flertalet bandelar söder om Långsele, vilket motsvarar 35 tvåaxliga vagnar med 22,5 tons axellast. Den största tillåtna hastigheten är till 135 km/h. Vissa lok har utrustats med radiostyrning. Enligt Bransell (2001) finns planer på en uppgradering av Rc4-loken för att tillåta 1 800 tons tågsvikt.



*Bild 2.17 Linjelok av Rc4-utförande (bild: Green Cargo)*

Green Cargo förfogar även, enligt Diehl et al (2003), över 6 Rm-lok som är en, ursprungligen för Malmбанan, utvecklad kraftigare variant av Rc4-loket. Rm-loken har en lägre utväxling (maximal hastighet 100 km/h), är tyngre (90 tons tjänstevikt) samt har en startdragkraft på 314 kN. Vidare finns hos Green Cargo ett 90-tal Rc-lok av de äldre utförandena, Rc1 och Rc2. Dessa har en något lägre startdragkraft än Rc-loken (275 kN). Samtliga Rc1-lok (18 st) har även utrustats med radiostyrning och används till stor del för växlingstjänst (se ovan).

Bland övriga svenska järnvägsoperatörer har TGOJ Trafik den största flottan av elektriska linjelok där ryggraden utgörs av ett 20-tal 6-axliga Ma-lok, tillverkade mellan 1953 och 1960. Dessa lok är med en startdragkraft på 325 kN de starkaste loken som utanför Malmбанan används för godstransporter på järnväg. TGOJ Trafik hyr även ut vissa lok till BK Tåg. Under 2003 har Tågåkeriet i Bergslagen från Österrike anskaffat tre begagnade, svensktillverkade, ellok av Rc2-utförande. Även TGOJ Trafik har anskaffat tre sådana lok. Tågkompaniet har från Norge inköpt sex begagnade El 16-lok som i princip är en kraftigare variant av Rc4-loket med en startdragkraft på 328 kN. Tre av dessa lok är uthyrda till TGOJ Trafik.

Ett antal svenska järnvägsoperatörer har dessutom under 1990-talet, från Danmark, begagnade 6-axliga diesellok för linjetjänst (TMX och TMY) Dessa NOHAB-tillverkade lok används i matartåg (vagnslastsystemet), systemtågstransporter, främst i anslutning till Inlandsbanan, och i tyngre arbetståg, i samband med banarbeten. Ägarfördelningen var 2003-01-01 följande:

- BK Tåg; 4 st
- Inlandsbanan (IBAB) och Inlandsgods; 4 st
- Skånetåg; 4 st
- Tågåkeriet i Bergslagen; 6 st

Vidare förfogar TGOJ Trafik över två 6-axliga lok typ T66, tillverkade av GM 2000. Dessa lok har en effekt på 2,6 MW, startdragkraft på 409 kN och en tillåten hastighet på 120 km/h. Loken har bland annat använts i IKEA-tågen, på delsträckan mellan Älmhult och Padborg.

### 2.8.7 Framtid avseende dragkraft för vagnslastsystem och systemtåg

Beträffande dragkraften, eller lokparken, kan konstateras att de svenska järnvägsoperatörernas lokpark har följande sammansättning och åldersfördelning:

Uppgifter per 2003-01-01	Green Cargo			Övriga svenska operatörer			Samtliga operatörer	
	Antal lok	Tillverkningsår	Åldersmedian* (2003)	Antal lok (ca)	Tillverkningsår	Åldersmedian* (2003)	Antal lok (ca)	Tillverkningsår
Lätta terminallok /lokomotorer	50	1990-92 ombyggn. (tillv. år 1962-67)	12 år (39 år)	30	1962-73	36 år	80	1962-92 (m. omb)
Medeltunga Terminallok	50	1973-78	28 år	-	-	-	50	1973-78
Tunga terminallok och övriga diesellok	120	1968-87	26 år	35 2 2	1957-63 NOHAB 1974 Henschel 2000 EMD	43 år 29 år 3 år	160	1957-2000
Linjelok inkluderat samtliga ellok, men exklusive diesellok	220	1967-82	28 år	20 (Ma) 10 (Rc2, E116)	1953-60  1972-84	46 år  25 år	250	1953-84
Totalt antal lok	440			100			540	

\*) Åldersmedianen har ej beräknats utan är bara den tidsmässiga mittpunkten mellan första och sista leveransår för fordonskategorin ifråga.

Här bör beaktas att den kalkylerade livslängden för rullande järnvägsmaterial vanligen uppgår till 25 alternativt 30 år. Hos den största operatören, Green Cargo, har den uppskattade medianåldern för linjeloken, samt både de tunga och medeltunga terminalloken passerat den undre gränsen på 25 år och närmar sig 30-årsstrecket. Detta innebär att den en stor del av lokparken idag (2003) är äldre än 30 år. Hos de övriga operatörerna är lokparkens ålder ännu högre. Här bör emellertid noteras flera av dessa operatörer endast köper begagnad materiel.

Ett stort problem med den idag ålderstigna lokparken är att en förnyelse, om än i liten skala, kommer att medföra en väsentligt ökad kapitalbindning samt ökade avskrivnings- och kapitalkostnader. Detta kommer, enligt ovan, att kräva en kraftigt ökad avkastning från de transportuppdrag där ny rullande material kommer att användas. För vagnslastsystemets del bör det ifrågasättas vilka transportuppdrag som klarar bära sin andel av dessa kostnader.

En ytterligare aspekt är att den svenska lokparken i stort består av över 200 elektriska linjelok samt nästan 300 diesellok, främst avsedda för terminal- och växlingstjänst. Fördelat över dygnets timmar används huvuddelen av terminalloken i stort mellan 8 och 12 timmar dagtid, för växling vid lastspår, terminaler och olika bangårdar samt för vissa matar- och systemtåg.

Sett över dygnets samtliga timmar utnyttjas den del av lokparken som består av elektriska linjelok främst nattetid, för dragning av i första hand fjärrgodståg. Loken utnyttjas dessutom tämligen effektivt under tidig morgon och kväll för dragning av matartåg. Under dagtid (före och eftermiddag) är nyttjandegraden däremot låg. Detta innebär att det i princip existerar dubbla lokparker i vagnslastsystemet där en "daglokipark", som används för terminal- och växlingstjänst medan en "nattlokipark" som används för fjärrgodståg samt för viss del av matartågen.

Beträffande systemtågen är det enklare att planera trafiken så lok och vagnar utnyttjas dygnet runt. Detta avser emellertid främst de linjelok som används i systemen. Däremot kan det även i systemtåguppbygg vara svårt att utnyttja terminallok på ett effektivt sätt.

## **2.9 Utvecklingsmöjligheter**

En genomgång av de problem som föreligger avseende vagnslastsystemet respektive de olika uppläggen för systemtransporter har indikerat att det för vagnslastsystemet föreligger problem med fordonsutnyttjandet. Det är vidare svårt att samtidigt använda resurserna effektivt och erbjuda kunderna en god servicegrad längst ut i systemets kapillärer, det vill säga vid de platser där en stor del av kunderna önskar sända och motta gods. Utvecklingsmöjligheterna för vagnslastsystemet består därför i att kunna skapa ett effektivare system för att distribuera och hämta in vagnlast. I detta ingår att helt eller delvis förnya dragkraftssystemet.

För systemtågstransporterna är frågan främst om lönsamheten samt konkurrenskraften kan förbättras om användningen av personal och dragkraft kan förbättras genom utveckling av och införande av nya tekniska system. I detta kan ingå att utveckla ett nytt dragkraftssystem.

### 3 Vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet system

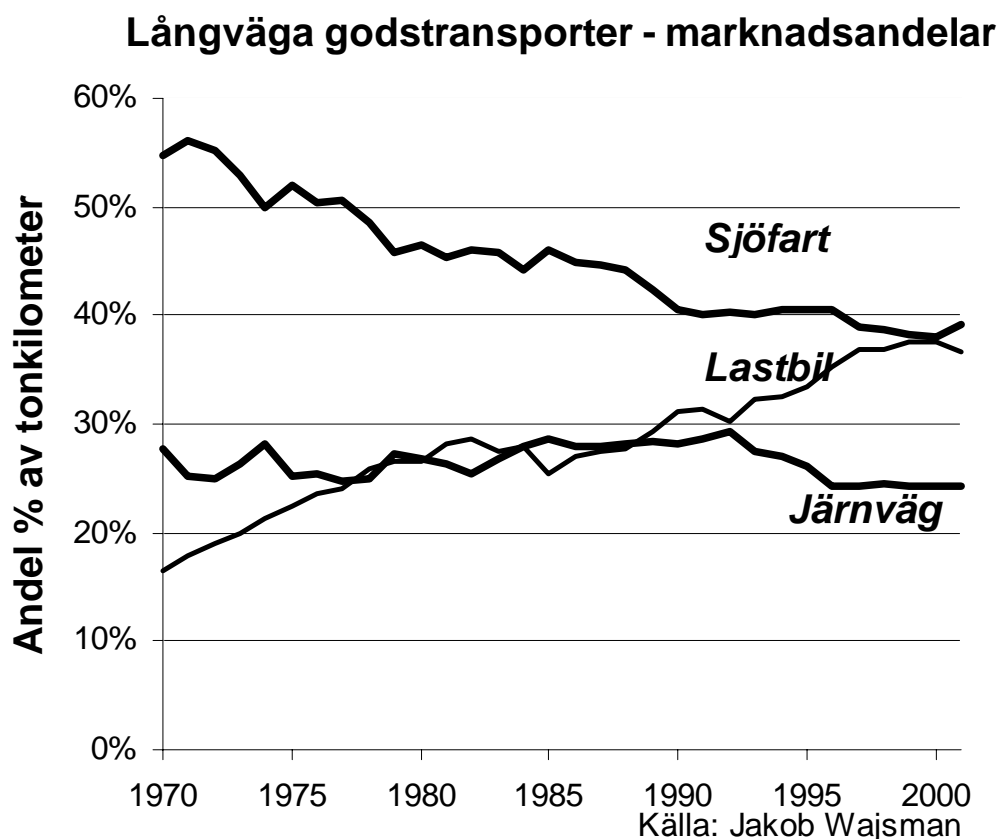
#### 3.1 Allmänt

Den första ansatsen vid en vidareutveckling av vagnslastsystemet samt produktionssystemet för systemtågstransporter är att studera och utvärdera förutsättningarna för en förbättring av de hittillsvarande järnvägsburna transportsystemen.

#### 3.2 Marknadsförutsättningar

I ett vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet system förutsätts, vid beräkningar nedan, att den sammanlagda godsmängden i vagnslastsystemet och systemtågstrafiken även i framtiden kommer att ligga på en i stort sett konstant nivå relativt dagsläget. Järnvägssystemets relativa marknadsandel förutspås samtidigt att minska.

Den tidigare utvecklingstrenden, från 1970 till 2000 (se figur 3.1), förväntas bestå och till viss del förstärkas i ett vidareutvecklat järnvägsburet system. Nya affärsmöjligheter förutsätts att skapas där stordriftsfördelar kan vinnas medan mindre flöden, med höga terminalkostnader och/eller kostsam dragning i matartåg kommer att försvinna.



Figur 3.1 Fördelning av marknadsandelar för långväga transporter

### 3.3 Vidareutvecklat konventionellt vagnslastsystem

Inom vagnslastsystemet kan ett vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet system bestå av:

- Ett storskaligt fjärrtransportnät som bland annat innefattar effektivare godståg, vilket kan åstadkommas genom att de blir tyngre och/eller längre.
- En hierarkisk systemstruktur med en huvudbangård och flera lokala bangårdar.
- En ytterligare koncentration av det kapillära bannätet med en fortsatt minskning av antalet industrispår. Nyanläggningen av industrispår avses dessutom att begränsas.
- Moderna nyutvecklade godsvagnar, med bra löpverk och nya bromssystem.
- En infrastruktur som medger axellaster på minst 25 ton, och i framtiden upp till 30 ton, samt en utökad lastprofil (Godsnät 21).
- Nya effektiva elektriska linjelok som klarar tyngre tåg än befintliga Rc-lok.
- Fortsatt användning av befintliga terminallok, främst T44 och V5.

### 3.4 Fordonsteknik och tågssystem

#### 3.4.1 Effektivare godståg

Ett viktigt insatsområde vid en effektivisering av ett konventionellt vagnslastsystem består i att rationalisera tågföringen. En första ansats är att i öka lokens och lokförarnas produktivitet genom att generellt öka godstågens storlek. En i detta avseende särskilt viktig parameter är lastfaktorn, vilken definieras som kvoten mellan tågets nyttolast och dess bruttovikt. Genom en förbättrad lastfaktor kan mängden betalande last per tåg ökas. Detta kan åstadkommas genom att godsmängden, eller lastvikten, per vagn ökas samt att antalet vagnar i tågen ökas.

#### 3.4.2 Åtgärder avseende godsvagnar

##### *Utvecklingsvägar*

I ett vidareutvecklat konventionellt vagnslastsystem kan lastvikten, eller godsmängden per vagn, ökas genom att vagnen görs lättare med bibehållen bruttovikt eller genom att vagnens bruttovikt höjs genom att främst ökade axellaster tillåts.

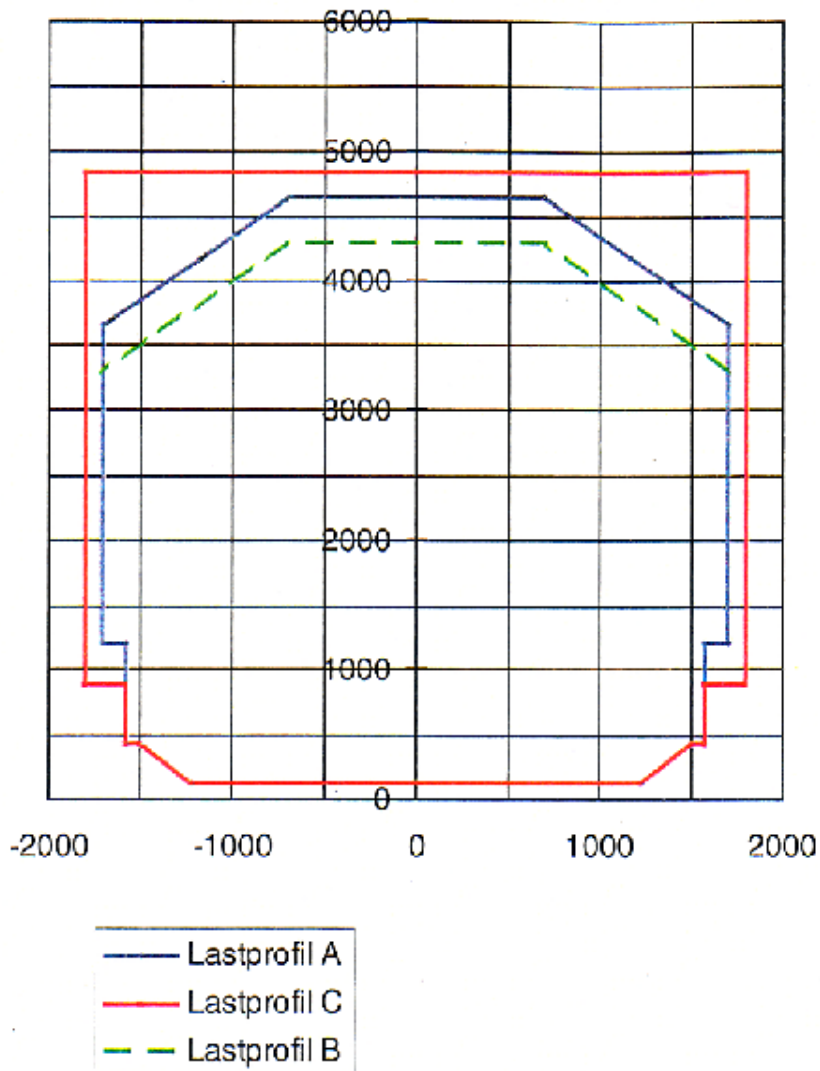
##### *Lättare vagnar*

En lättare vagn med bibehållen bruttovikt kan erhållas på följande sätt:

- Genom användande av lättare material i en vagn med bibehållna yttre dimensioner (längd, bredd och höjd).
- Genom att vagnen görs kortare varvid material sparas in. Den i längdled förlorade lastytan måste i detta fall kompenseras genom att vagnen görs bredare. Ett annat synsätt består i att främst bibehålla lastvolymen i vagnen. Detta kan åstadkommas genom att göra vagnen högre. En förutsättning för detta är en rymligare lastprofil (se bild 3.2). I Sverige innebär detta vanligen att lastprofil C (se figur 3.3) måste utnyttjas.



Bild 3.2 Prototyp (Volymvagn 21) som utförts enligt lastprofil C



Figur 3.3 Lastprofil C och övriga svenska lastprofiler [ur Bransell (2001)]

### *Ökad axellast*

Den största tillåtna axellasten uppgår idag (2003) till 22,5 ton på flertalet banor i Sverige. På Malmbanan/Ofotenbanan (Luleå - Riksgränsen - Narvik) pågår en höjning av den tillåtna axellasten från 25 till 30 ton. På flera banor (utanför Malmbanan) tillåts 25 tons axellast för ett flertal systemtåg. Dessutom pågår en upprustning av det svenska bannätet, för att i framtiden tillåta 25 tons axellast, i enlighet med vad som angivits i planen Godsnät 21. Dessa satsningar har medfört att flertalet av de godsvagnar som idag levereras till svenska operatörer och andra vagnägare är anpassade för minst 25 tons axellast. Högre axellaster än 25 ton avses i framtiden bland annat utnyttjas för rundvirkesvagnar i vissa systemtågsupplägg där det är önskvärt att varje 2-axlig vagnsdel, i en större vagnenhet, erhåller samma lastförmåga som ett 60 tons lastbilskepp, avsett för rundvirke.

### **3.4.3 Typvagnar**

Dimensionering av tåg i ett vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet godstransportsystem sker enligt en princip, eller ansats, om att tåget består av ett visst antal av ett visst utförande, kallade typvagnar. Ett antagande är här att nyanskaffning av vagnar inriktas mot 4-axliga slutna vagnar, med öppningsbara sidor, som antingen utförs med två boggier eller består av två kortkopplade 2-axliga enheter. En ansats är att dessa kommer att utgöras av boggivagnar av Habins-utförande (se bild 3.4) och kortkopplade (2-axliga) vagnar av Hirrs-utförande (se bild 3.5). Tekniska data för dessa båda vagn typer framgår av figur 3.6 nedan.



*Bild 3.4 Boggivagn av typ Habins (Bild: Salzburger Lokalbahn)*



*Bild 3.5 Kortkopplad vagn av Hirrs-utförande (Bild: Salzburger Lokalbahn)*

Vagntyp	Habins	Hirrs
Lastytans längd;	22 m	25 m
Lastyta;	62 m <sup>2</sup>	76 m <sup>2</sup>
Lastvolym;	167 m <sup>3</sup>	207 m <sup>3</sup>
Pallplatser (EUR-pall i golvplan);	63 st	72 st
Längd över buffertar;	23,2 m	27 m
Egenvikt;	26 ton	28 ton
Lastförmåga vid		
- 22,5 tons axellast;	64 ton	62 ton
- 25 tons axellast;	74 ton	72 ton

Figur 3.6 Tekniska data för 4-axliga vagnar av typerna Habins respektive Hirrs

### 3.4.4 Ansats avseende dragfordon

En ansats avseende dragfordonen i ett vidareutvecklat vagnslastsystem är att befintliga typer av terminallok initialt även kan användas i detta system. Här avses främst de medeltunga och tunga typer av terminallok som i stor omfattning används av Green Cargo, det vill säga medeltunga diesellok av typ V5 samt tyngre diesellok av typ T44. De lättare diesellok, även benämnda lokomotorer, av Z70-typ, som idag används förmodas inte på sikt uppfylla de krav på i första hand dragkraft som kommer att ställas i ett vidareutvecklat vagnslastsystem.

En förnyelse avseende dragkraften i tågen fokuseras istället mot linjeloken. Här avses dagens Rc-lok, i första hand representerade av Rc4, att ersättas med moderna asynkrondrivna lok av motsvarande typer som används i Tyskland och ibland annat Finland och Norge. Två ansatser görs avseende lokens storlek och prestanda:

- Enligt den första ansatsen sker en inriktning mot 4-axliga lok som klarar tågvikter på 1 900 – 2 000 ton på flertalet bandelar söder om Långsele. Här kan noteras att utbyggnaden av Botniabanan medför att de tågvikter som gäller även kommer att tillåtas på Botniabanan, banan Umeå-Vännäs samt förmodligen även mellan på Norra stambanan, mellan Vännäs och Boden. Norra stambanans sträckning mellan Långsele och Vännäs förmodas därefter att bli en undantagssträcka med restriktioner i den tillåtna tågvikten.
- Enligt den första ansatsen sker en inriktning mot 6-axliga lok som klarar tågvikter på 2 600 – 2 800 ton på flertalet bandelar söder om Långsele (se ovan).

En väsentlig fråga är hur höga axellaster som kan tillåtas för 4-axliga lok. Här kan noteras att ett Rc4-lok tillåts idag dra tåg på upp till 1 600 ton vikt med en adhesionsvikt (egen vikt) på 78 ton. En direkt uppskalning av Rc4-lokets adhesionsvikt, i proportion till den tågvikt som önskas, ger följande indikationer:

- En tågvikt på 1 900 ton kräver en adhesionsvikt hos dragfordonet (loket) på 92 ton, vilket skulle innebära en axellast på 23 ton.
- En tågvikt på 2 000 ton kräver en adhesionsvikt på 98 ton, vilket ger en axellast 24,5 ton.

En kvarstående fråga är emellertid vilka hastigheter som på grund av banans beskaffenhet och standard kan tillåtas för lok med axellaster som uppgår till 23 respektive 24,5 ton.

Beträffande effekten hos ett 4-axligt lok kan konstateras att Railions moderna godslok Railion/DB 185 (se bild 3.7) har en effekt på 5,6 MW och en största tillåten hastigheten på 140 km/h. Startdragkraften har angivits till 300 kN och adhesionsvikten uppgår till 84 ton.



*Bild 3.7 Railion godslok typ Railion/DB185 (Bild: Bombardier)*

Tillämpat på 6-axliga lok skulle ovanstående resonemang innebära följande:

- En önskad tågvikt på 2 600 ton skulle kräva en adhesionsvikt på 126 ton hos dragfordonet (loket), vilket medför en axellast på 21 ton.
- En önskad tågvikt på 2 800 ton skulle kräva en adhesion på 136 ton, vilket medför en axellast på 23 ton.

Railions godslok av typen Railion/DB 152, har en effekt på 6,4 MW. Denna, i förhållande till den tillåtna hastigheten på 140 km/h, höga effekt beror på att loktypen är en variant av ett universallok (lok för både gods- och persontågstrafik), även benämnt Sprinter, som konstruerats för en största hastighet av 230 km/h, med i stort sett samma startdragkraft som loktyp 152. Ur loktyp 152 har även de 6-axliga lok, typ EG 3100, som bland annat används för godstrafik på Öresundsbron (se bild 3.8) utvecklats.



*Bild 3.8 DSB / Railion lok typ EG 3100 ("Öresundslök")*

Dessa lok har en effekt på 6,5 MW och en största tillåten hastighet på 140 km/h. Som jämförelse kan nämnas att Rc4-lokets effekt uppgår till 3,6 MW. Det bör även noteras att de tre tyska respektive danska loktyper som det ovan refereras till har en största tillåten hastighet på 140 km/h medan Rc4 är tillåtet för 135 km/h. Detta innebär att samtliga loktyper har likartade hastighetsprestanda.

En jämförelse (se tabell 3.9) kan göras utifrån antagandet att Rc4-lokets effekt är tillräcklig för de typer av tåg som loken idag används i och att en ökad tågvykt endast medför att effektbehovet kommer att öka proportionellt mot den ökade tågvikten.

Tågvykt	Beräknat effektbehov utifrån Rc4-lokets effekt	Jämförelse:		"Effektreserv" eller beräknad övereffekt relativt Rc4	Önskad adhesion omräknat från Rc4	Axellast omräknat från adhesion
		Effekt för Railion/DB 185	Effekt för EG 3100			
1 600 ton	3,6 MW	5,6 MW		33%	78 ton	19,5 ton
1 900 ton	4,3 MW	5,6 MW		30%	93 ton	23,2 ton
2 000 ton	4,5 MW	5,6 MW		24%	98 ton	24,5 ton
2 600 ton	5,8 MW	-	6,5 MW	12%	127 ton	21,1 ton
2 700 ton	6,1 MW	-	6,5 MW	11%	132 ton	21,9 ton
2 800 ton	6,3 MW	-	6,5 MW	3%	136 ton	22,8 ton

Tabell 3.9 Jämförelser mellan tågvykt, effektbehov och effekter hos aktuella loktyper

Av denna jämförelse ovan (se tabell 3.9) framgår att det i ett vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet system (se avsnitt 3.3) kan vara attraktivt att använda 6-axligt elektriska linjelok med en effekt på 6,5 MW och en axellast på 22 ton (tjänste-/adhesionsvykt 132 ton).

### 3.4.5 Ansatser avseende tågssystem

Grundförutsättningen för en satsning på en effektivare fjärrtågdragning i vagnslastsystemet är att en tåglängd på minst 750 m kan tillåtas på samtliga linjer med genomgående fjärrgodståg. Av intresse är här att jämföra vilka behov av dragkraft som uppstår för olika tåg som består av typvagnar (se ovan) med varierande fyllnadsgrad. Här kan följande vedertagna fakta beaktas:

- Systemtåg går lastade i en riktning och tomma i den andra. Detta innebär att antingen 100% av vagnarna, eller 0% av vagnarna går med last.
- Respektive lastad vagn har i vagnslastsystemet en genomsnittlig utlastningsgrad på 80%. I systemtågsupplägg kan detta öka till 90% respektive 100% beroende på typ av last.
- I vagnslastsystemet har tågen en god belägningsgrad om endast var 4e eller 3e vagn är tom, det vill säga att tågens belägningsgrad avseende lastade vagnar uppgår till 25-35%.

Sammantaget innebär detta att det är av intresse att studera följande fyllnadsgrader i tåg:

- Systemtåg med 100% respektive 80% fyllnad i vagnarna och tågen
- Vagnslasttåg med 80% genomsnittlig fyllnad i varje vagn och där 25% respektive 35% av vagnarna i tågen går tomma. Detta medför 50% respektive 60% fyllnad i respektive tåg samt en ansats om 70% fyllnadsgrad (se avsnitt 3.7.3 nedan).

Om den framtida tillåtna tåglängden förutsätts uppgå till 750 m och 30 m reserverats för loket kan följande ansatser göras beträffande antalet typvagnar (se avsnitt 3.4.3) som ryms i tågen:

- 31 Habins-vagnar (719 m)
- 26 Hirrs-vagnar (702 m)
- 14 Habins-vagnar samt 14 Hirrs-vagnar (703 m)

En ansats görs även utifrån att tåglängden maximeras till 650 m, vilket ger 30 m för loket och 620 m för vagnarna. I detta fall ryms 26 Habins-vagnar respektive 23 Hirrs-vagnar i ett tåg. En första slutsats av detta är (se tabell 3.10) att ett effektivt utnyttjande av en tåglängd på 750 m, vid en fyllnadsgrad på 60%, medför tågvikter på i storleksordningen 2 000 ton på flertalet linjer söder om Långsele.

Fyllnadsgrad			100%	90%	80%	70%	60%	50%
Vagn- typ	Tillåten tåglängd	Antal vagnar						
Habins	750 m	31	3 100 ton*	2 870 ton	2 640 ton	2 410 ton	2 180 ton	1 950 ton
	650 m	26	2 600 ton	2 500 ton	2 300 ton	2 100 ton	1 900 ton	1 700 ton
Hirrs	750 m	26	2 600 ton	2 320 ton	2 140 ton	1 960 ton	1 780 ton	1 600 ton
	650 m	23	2 300 ton	2 050 ton	1 890 ton	1 740 ton	1 580 ton	1 410 ton
Mixat;	750 m	14 + 14	2 800 ton	2 600 ton	2 390 ton	2 180 ton	1 980 ton	1 780 ton
Habins + Hirrs	650 m	12 + 12	2 400 ton	2 230 ton	2 050 ton	1 880 ton	1 700 ton	1 520 ton

\*) Skruvkopplens hållfasthet begränsar den praktiskt möjliga tågvikten till 3 000 ton

Tabell 3.10 Teoretisk tågvikt som funktion av fyllnadsgrad för tåg bestående av olika vagn typer, vid en axellast av 25 ton

Ett nyttjande av 4-axliga lok medför sannolikt att tågvikten kommer att maximeras till 2 000 ton. En förbättrad fyllnadsgrad i tågen skulle då medföra att tågen kunde kortas ned till längder under 750 m. En annan ansats kan vara att dragkraften dimensioneras efter en fyllnadsgrad på 90%. Detta skulle medföra teoretiska tågvikter på i storleksordningen 2 600 ton, vilket i sin tur skulle kräva 6-axliga lok enligt ovan.

## 3.5 Terminaler och nätverk

### 3.5.1 Bangårds- och knutpunktsstruktur

Ett vidareutvecklat konventionellt vagnslastsystem baseras i princip på den terminalstruktur som idag finns i det svenska vagnslastsystemet samt i vagnslastsystem i angränsande länder. Detta innebär ett utnyttjande av tre huvudrangerbangårdar i Sverige, vilka är lokaliserade till Hallsberg, Göteborg (Sävenäs) och Malmö.

Dessa terminaler har flera tågförbindelser med varandra under dygnet samt har minst en förbindelse per dygn med en huvudbangård inom respektive region. Med begreppet region avses här ett större geografiskt område vilket fungerar som ett omland för en huvudterminal. Eftersom de tunga fjärrtågen inte enbart kommer att gå mellan huvudrangerbangårdarna förekommer även ett antal större regionala terminaler/bangårdar. Exempel på sådana är:

- Alvesta
- Avesta/Krylbo
- Borlänge rangerbangård
- Gävle godsbangård
- Helsingborgs godsbangård
- Luleå/Bodens bangårdar
- Norrköpings godsbangård
- Nässjö rangerbangård
- Sundsvalls godsbangård
- Umeå godsbangård
- Älvsjö godsbangård i Stockholm

I detta nätverk finns även viktiga gränsstationer såsom Haparanda/Torneå, Trelleborg och Ystad samt den tyska rangerbangården Hamburg – Maschen, vilken är av särskild betydelse eftersom den har direkta tågförbindelser med de viktigaste svenska rangerbangårdarna. Andra betydelsefulla bangårdar eller knutpunkter i det nätverk som formas kring ett vagnslastsystem är bangårdar i våra grannländer såsom Köpenhamn och Fredericia godsbangårdar

### 3.5.2 Kapillär infrastruktur

Utvecklingen inom detta vidareutvecklade vagnslastsystem fokuseras mot att effektivisera och rationalisera tågdragningen på långa avstånd. Inga innovativa insatser avses ske beträffande terminalhanteringen. Detta medför i sin tur att erforderliga kostnadsminskningar och rationaliseringar inom terminalverksamheten uteslutande kommer att ske på traditionellt sätt, genom att kostsam och resurskrävande terminalväxling skalas bort och att genom ett stort antal olönsamma matartåg försvinner.

Ett antagande är att antalet industrispår och lastplatser efter linjer, med detta system, kommer att halveras under en period av 10-15 år. Detta från en nivå på 600 industrispår 2001. En följd av detta kommer naturligtvis att bli att vagnslastsystemets geografiska täckningsgrad minskar väsentligt och att järnvägsverksamheten koncentreras till ett mindre antal terminaler.

## 3.6 Hanteringsteknik och tågdragnings

### 3.6.1 Vagnslastsystem

Med hanteringsteknik avses såsom tidigare olika hanteringsoperationer (se avsnitt 2.8.2), eller led, i en järnvägstransport. Dessa kan utgöras av terminalväxling, rangering och olika typer av tågdragnings. För tåghanteringen används olika slag av dragkraft (lok).

I ett vidareutvecklat konventionellt järnvägstransportsystem avses medeltunga och tunga terminallok respektive eldrivna linjelok att användas för växling respektive tågdragning. Här förmodas att en koncentration av terminalväxlingen kommer att medföra att var tredje eller fjärde terminallok blir övertaligt. För exemplet Green Cargo skulle detta medföra att dagens lätta terminallok kommer att försvinna eftersom dessa inte har tillräcklig dragkraft för att kunna användas på ett ändamålsenligt sätt i ett vidareutvecklat konventionellt järnvägssystem.

Tågdragningen avses att i huvudsak utföras på elektrifierade linjer. Enligt vad som tidigare angivits (se avsnitt 3.4.4) förutsätts den aktuella tåglängden uppgå till 750 m. Enligt vad som tidigare angivits (se avsnitt 3.4.4) maximeras tågvikterna enligt följande huvudalternativ:

- 2 000 ton i ett system med moderna 4-axliga lok, benämnda Bz.
- 2 700 ton i ett system med 6-axliga lok. En fördel med 6-axliga lok är att dragkraften hos dessa väl uppfyller de krav som krävs inom olika systemtågsupplägg (se nedan).

### 3.6.2 Systemtåg

Beträffande systemtåg förutsätts att dessa även i framtiden hanteras på samma sätt som idag. För terminalväxling, när kontaktledning saknas förutsätts tyngre lok av T44-typ att användas. Vidare förutsätts att den angivna (se avsnitt 3.4.4) anskaffningen av större linjelok kommer att medföra att transporter i större systemtåg kan utföras till lägre kostnader per godsenshet (ton).

## 3.7 Kapacitet och kostnader

### 3.7.1 Kapacitet

Den vidareutveckling av det konventionella järnvägsburna systemet för vagnslasttrafik och systemtåg som beskrivits i detta kapitel är främst inriktat mot en rationalisering av tågdriften på huvudlinjer. Detta innebär i korthet tyngre och längre tåg samt nyanskaffningar av rullande materiel, främst i form av linjelok, som uppfyller de krav som de vidareutvecklade systemet ställer. Av intresse är även att studera och jämföra de effekter som ett vidareutvecklat system förväntas medföra och ställa detta i relation till kända effekter av de transportsystem som idag används. Vid en sådan jämförelse skapas ett nollalternativ som baseras på en axellast på 22,5 ton och en tåglängd av 650 m. Vidare jämförs kortare tåg, med 550 m längd, vid samma axellast. Den aktuella loktypen är i detta fall Rc4 vilken även kan multipelkopplas varvid tågvikter på 3 000 ton är möjliga. Här kan noteras att ett Rc4-lok är 15,5 m långt.

Framtidalternativet omfattar tåglängder på maximalt 750 m samt en axellast på 25 ton. Här jämförs även alternativa axellaster på 27,5 ton samt 30 ton. De aktuella loktyperna är moderna 4-axliga ellok benämnt Bz (tyngre variant av Railion 152 eller 185) respektive 6-axliga ellok kallade 3100 (i princip ett DSB/Railion EG 3100) enligt ovan (se avsnitt 3.4.3).

I samtliga jämförelser ingår de ovan beskrivna typvagnarna (se avsnitt 3.4.2). Varje tåg förutsätts vidare ha en ”mixad” sammansättning och bestå av lika många vagnar av vardera typen. En förenkling är att vagnarna antas ha samma egenvikt oavsett den aktuella axellasten.

I ett jämförelseunderlag har följande alternativ skapats:

1. Den möjliga tåglängden uppgår till 550 m och största tillåtna axellast är 22,5 ton. Tåget dimensioneras emellertid efter att ett ensamt Rc4-lok skall kunna dra ett fullastat tåg, vilket innebär 100% fyllnadsgrad.
2. Den tillåtna tåglängden är 550 m och största axellast är 22,5 ton. Tåget dimensioneras efter största tillåtna tåglängd. Ett, eller två multipelkopplade, Rc4-lok utgör dragkraft.
3. Den tillåtna tåglängden uppgår till 650 m. I övrigt samma förutsättningar som ovan.
4. Den tillåtna tåglängden uppgår till 550 m och den största axellasten till 25 ton. Tåget dimensioneras efter största tillåtna tåglängd. Dragkraft; Lok av typ Rc4, Bz eller 3100.
5. Den tillåtna tåglängden uppgår till 650 m. I övrigt samma förutsättningar som ovan.
6. Den tillåtna tåglängden uppgår till 750 m. I övrigt samma förutsättningar som ovan.
7. Den tillåtna tåglängden uppgår 650 m och den största axellasten till 27,5 ton. Tåget dimensioneras efter största tillåtna tåglängd. Dragkraft; Lok av typ Bz eller 3100.
8. Den tillåtna tåglängden uppgår 750 m. I övrigt samma förutsättningar som ovan.
9. Den största tillåtna tåglängden uppgår till 750 m och största axellast till 30 ton. Tåget dimensioneras efter största tillåtna tåglängd. Dragkraft; Lok av typ Bz eller 3100.

Alternativ	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
Axellast (ton)	22,5			25			27,5		30	
Tåg- längd	Max. (m)	550		650	550	650	750	650	750	750
	Faktisk	430	550	650	530	630	730	630	730	730
Antal vagnar/tåg	17	21	24	20	24	28	24	28	28	
Fyllnadsgrad/tåg										
50%	Tågvikt	1 000	1 230	1 520	1 270	1 540	1 780	1 650	1 920	2 060
	Lastvikt	540	660	760	730	880	1 020	1 000	1 160	1 300
	Dragkraft	Rc4	Rc4	Rc4	Rc4 Bz	Rc4 Bz	Bz	Bz	Bz	Bz 3100
60%	Tågvikt	1 100	1 360	1 560	1 420	1 700	1 980	1 840	2 150	2 320
	Lastvikt	640	790	910	880	1 050	1 230	1 200	1 390	1 560
	Dragkraft	Rc4	Rc4	Rc4	Rc4 Bz	Bz	Bz	Bz	3100	3100
70%	Tågvikt	1 210	1 500	1 710	1 640	1 970	2 300	2 040	2 380	2 580
	Lastvikt	750	980	1 060	1 030	1 320	1 540	1 400	1 620	1 820
	Dragkraft	Rc4	Rc4	2*Rc4	Bz	Bz	3100 2*Rc4	Bz	3100	3100
80%	Tågvikt	1 320	1 630	1 860	1 870	2 240	2 450	2 240	2 620	2 840
	Lastvikt	860	1 060	1 210	1 180	1 590	1 690	1 590	1 860	2 080
	Dragkraft	Rc4	Rc4	2*Rc4	Bz 2*Rc4	3100 2*Rc4	3100 2*Rc4	3100	3100	2*Bz
90%	Tågvikt	1 420	1 760	2 010	1 850	2 200	2 600	2 440	2 850	3 100
	Lastvikt	960	1 190	1 360	1 310	1 580	1 840	1 790	2 090	2 340
	Dragkraft	Rc4	2*Rc4	2*Rc4	Bz 2*Rc4	3100 2*Rc4	3100 2*Rc4	3100	2*Bz	2*Bz
100%	Tågvikt	1 530	1 890	2 160	2 000	2 400	2 800	2 640	3 080 <sup>1)</sup>	3 360 <sup>1)</sup>
	Lastvikt	1 070	1 320	1 510	1 460	1 750	2 040	1 990	2 320	2 600
	Dragkraft	Rc4	2*Rc4	2*Rc4	Bz 2*Rc4	3100 2*Rc4	2*Bz 2*Rc4	3100	2*Bz	2*Bz

<sup>1)</sup> Den största tillåtna tågvikten, med skruvkoppel, uppgår till 3 000 ton

Tabell 3.11 Aktuella dragfordonsalternativ vid olika axellaster och fyllnadsgrader

I tabell 3.11 har, av den aktuella tågvikten, betingade dragkraftsalternativ angivits med kursiv stil. Vidare har dragkraftsalternativ där multipelkopplade 4-axliga lok föreslagits strukits under. En förenkling är Rc4-lok endast anges som alternativ vid 22,5 respektive 25 tons axellast trots att multipelkopplade Rc4 utgör ett alternativ till multipelkopplade Bz i alla lägen utom vid 30 tons axellast och 100% fyllnadsgrad. Av matrisen framgår även följande:

- Vid en tillåten axellast på 22,5 ton och en tåglängd på upp till 650 m har ett Rc4-lok en tillräcklig dragkraft för att dra ett tåg med en genomsnittlig fyllnadsgrad på upp till 60%.
- Vid en höjning av axellasterna till 25 ton, med bibehållen tåglängd, fungerar Rc4-lok bra upp till en genomsnittlig fyllnadsgrad på 50%.
- En ökning av den tillåtna axellasten till 25 ton och en ökning av den tillåtna tåglängden till 750 m bör 4-axliga, typ lok Bz, användas i vagnslasttåg med fyllnadsgrader på 50-60%.
- Vid systemtågstransporter vid 25 tons axellast och tåglängder på 650 respektive 750 m krävs antingen 6-axliga moderna lok (3100) eller två multipelkopplade 4-axliga lok. I det senare fallet är Rc4-lok fullt tillräckliga.

Beträffande alternativ 7-9, där axellasten höjts till 27,5 ton respektive 30 ton är förhållandet att loken har samma axellast som i alternativ 4-6 (25 ton). Detta medför att det krävs 6-axliga lok vid 60% fyllnadsgrad och 750 m tåglängd i alternativ 8 och 9. Om axellasten för 4-axliga lok höjs till 27,5 respektive 30 ton skulle dessa i teorin vara kapabla för tågvikter på 2 200 ton respektive 2 400 ton, vilket medför att de klarar 60% fyllnadsgrad vid 750 m tåglängd.

### **3.7.2 Produktivitetsutveckling – kostnadsminskningar**

En ansats är att medelfyllnadsgraden i vagnslastsystemet kommer att öka, från en nivå som i dagens vagnslastsystem bedöms uppgå till 60%, till en medelnivå på 70% i ett vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet vagnslastsystem. Eftersom det finns obalanser i godsflödena görs här en bedömning att variationen i en angiven medelfyllnadsgrad uppgår till  $\pm 10$  procentenheter. En medelfyllnadsgrad på 60% innebär att fyllnadsgraden varierar i intervallet 50-70%. Ett ansats är därför att en medelfyllnadsgrad på 60% medför att tågens dragkraft bör dimensioneras efter den övre gränsen i den variation som kan förekomma. I detta fall uppgår fyllnadsgraden till 70%. En ökning av medelfyllnadsgraden till 70% (se ovan) medför i därmed att tågens dragkraft bör dimensioneras efter en fyllnadsgrad på 80%.

Vidare har det framräknats hur många typvagnar som ett tåg med en största vikt av 1 600 ton och en största axellast på 22,5 ton skulle bestå av vid en fyllnadsgrad på 70%. Beräkningar visar att ett tåg, bestående av 24 vagnar väger 1 710 ton. Genom avkortning av tåget till 22 vagnar erhålls en vikt på 1 570 ton, vilket klaras med ett Rc4-lok. I detta fall erhålls en lastvikt på 970 ton och tåglängd på 570 m. När fyllnadsgraden minskas till 60% erhålls en lastvikt på 910 ton och tågsvikt på 1 560 ton. Tåget består i detta fall av 24 vagnar.

När axellasten ökas till 25 ton (se alternativ 5, avsnitt 3.7.1) erhålls, med ett 4-axligt lok, typ Bz, som dimensionerande dragkraft, en tågsvikt på 1 960 ton vid en fyllnadsgrad av 80%. Detta fördelas på 21 vagnar och en total tåglängd av 550 m. När fyllnadsgraden minskas till 70% erhålls en lastvikt på 1 320 ton vid en tågsvikt på 1 970 ton. Även här kan samtliga vagnar (24 stycken) bibehållas i tåget.

När tåglängden ökas upp mot 750 m (se alternativ 6) erhålls med ett 6-axligt lok (3100), vid 25 tons axellast, en tågvikt på 2 450 ton vid en dimensionerande fyllnadsgrad av 80 %. Detta fördelas på 28 vagnar och en faktisk tåglängd på 730 m. Vid en minskning av fyllnadsgraden till 70% uppgår lastvikten till 1 540 ton vid en tågvikt på 2 300 ton.

När axellasten ökas till 27,5 ton (se alternativ 8) erhålls med ett 6-axligt lok (3100), vid 750 m tillåten tåglängd, en tågvikt på 2 620 ton, fördelat på 28 vagnar och vid en dimensionerande fyllnadsgrad av 80%. Den faktiska tåglängden uppgår i detta fall till 730 m. Vid en minskning av fyllnadsgraden till 70% erhålls en lastvikt på 1 620 ton, vid en tågvikt på 2 380 ton.

Alternativ	A.	B. (3)	C. (5)	D. (6)	E. (8)
Loktyp	Rc4	Rc4	Bz	3100	3100
Axellast för lok (ton)	19	19	24,5	21	21
Tillåten axellast för vagnar (ton)	22,5	22,5	25	25	27,5
Antal vagnar	24	22	24	28	28
Tillåten tåglängd (m)	650	650	650	750	750
Faktisk tåglängd (m)	620	570	630	730	730
Dimensionerande fyllnadsgrad per tåg	60%	70%	70%	70%	70%
Tågvikt exklusive lok	1 560	1 560	1 970	2 300	2 380
Lastvikt (nyttolast)	910	970	1 320	1 540	1 620
Index för I. Jämförelse utifrån dagsläget lastvikt II. Jämförelse utifrån stax 25 ton	100	107	145	169	178
	-	100	136	159	167
Index för dragkraftbehov*	100	93	69	59	56
	-	100	74	63	60

\* Grov ansats om att antalet tågrörelser sjunker proportionellt mot en ökad lastvikt i tågen samt att dragkraftsbehovet är proportionellt mot antalet tågrörelser per trafikdygn

Tabell 3.12 Jämförelse mellan olika typer dragfordon vid olika tåglängder och tågvikter

Tabell 3.12 ovan kan användas för en ekonomisk av jämförelse av för olika alternativ vid anskaffning av dragkraft för ett vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet system. En första ansats är att den största tillåtna axellasten ökas från 22,5 ton till 25 ton. Även ett alternativ där axellasten höjs till 27,5 ton beaktas. Vidare kan den största tåglängden höjas från 650 m till 750 m. Dragkraftsbehovet jämförs på ett förenklat sätt genom att utgå från att en viss mängd vagnar skall förflyttas under en viss tidsperiod med hjälp i ett visst antal tåg. Tågens storlek begränsas vid denna jämförelse av lokens dragkraft. En förutsättning är att tågen har en medelfyllnadsgrad på 60%, med en variation i intervallet 50-70%. Detta medför att dragkraftsbehovet kan dimensioneras efter en högsta fyllnadsgrad på 70%.

I jämförelsen har en grov förenkling gjorts genom att det förutsätts att en insats av större lok, med ökad dragkraft, medför att tågen blir större och att antalet tåg minskar. Förenklingen består i ett antagande om att antalet tåg minskar i omvänd proportionellt mot tågens tillväxt i storlek. Lokparkens numerär antas minska proportionellt mot minskningen i antalet tåg. De båda antagandena innehåller under- och överskattningar som antas ta ut varandra. Enligt det första antagandet är det vid en omläggning till ett färre antal större tåg inte möjligt att låta samtliga tåg i systemet växa i samma omfattning. Detta på grund av att det i vissa relationer inte finns tillräckligt med gods för att skall vara möjligt att fördela om godset till ett färre antal tåg, som är större än de tidigare. Antalet tågrörelser i systemet minskar därmed inte med omvänd proportionalitet mot ökningen av lokens dragkraft och de största tågens storlek.

Enligt det andra antagandet kräver nya lok mindre tillsyn och underhåll än de befintliga loken. De är dessutom med stor sannolikhet mer tillförlitliga. Detta medför att den årliga löpsträcka per lok kommer att öka vilket medför att dessa lok hinner dra fler tåg per år än befintliga lok.

Nya 6-axliga lok antas vara 40% dyrare att anskaffa än 4-axliga lok. Underhållskostnaderna för löpverket antas vara 40-50% högre. Bemanningkostnaden samt kostnaden för underhåll av utrustning i maskinrummet antas däremot ligga på samma nivå som för 4-axliga lok. En ansats är här att årskostnaden för ett 6-axligt lok är 20% högre än för ett 4-axligt lok. Om dragkraftbehovet i matrisen ovan omräknas till en dragkraftkostnad erhålls följande relationer:

Alternativ	B. (3)	C. (5)	D. (6)	E. (8)
Loktyp	Rc4	Bz	3100	3100
Index för dragkraftskostnad	100	74	75	72

En slutsats av denna jämförelse är att inte är ekonomiskt försvarbart att anskaffa 6-axliga lok. Det kan även ifrågasättas om det finns något större behov av att öka tåglängderna till 750 m.

Beträffande möjliga besparingar kan Green Cargo, som idag förfogar över cirka 220 eldrivna linjelok av Rc/Rm-typ (se avsnitt 2.8.6), utgöra ett exempel. Vid en ökad axellast och ökad tåglängd (750 m) skulle enligt alternativ C – E följande antal nya eldrivna linjelok krävas:

Alternativ	C.	D.	E.
Behov av nya lok vid ersättning av Rc/Rm (avrundat antal)	150	130	110
Minskning av antal eldrivna linjelok (från 220)	70	90	110
Reduktion	33%	42%	49%

Även beträffande användning av terminallok kan Green Cargo utgöra ett exempel. En ansats är att var tredje eller var fjärde lok kan avvaras om terminalväxlingen koncentreras ytterligare. Detta skulle innebära en minskning av lokparken, från 220 till 150–160 enheter. Beträffande bemanning är en ansats att det i medeltal åtgår två årstjänster för att under ett år bemanna ett terminallok. För en stor operatör som Green Cargo kan en reduktion av resurser på detta sätt medföra att en bemanningsreduktion på, i storleksordningen 110–150 personer, är möjlig.

### 3.7.3 Val av dragkraft i ett vidareutvecklat järnvägsburet system

En slutsats som kan dras av jämförelserna i föregående stycke är att nyttan av 6-axliga lok är begränsad i vagnslastsystemet. Vid befintlig axellast (22,5 ton) och en planerad höjning av axellasten (till 25 ton) är 4-axliga lok fullt tillräckliga för vagnslasttrafik med en fyllnadsgrad på 50% respektive 60%. Detta gäller vid en största tåglängd på såväl 650 m som 750 m.

En annan ansats är att 6-axliga lok är av stort intresse för systemtågstransporter. Av tabell 3.9 ovan (se avsnitt 3.7.1) framgår emellertid att ett 6-axligt lok inte har tillräcklig dragkraft för de tyngsta systemtågen. Istället krävs två multipelkopplade 4-axliga lok. Detta medför att 6-axliga lok endast bedöms vara en lösning för medeltunga systemtåg medan enkla 4-axliga lok kan användas för de lättare systemtågen. Tillsammans med tidigare jämförelser indikerar detta att det inte finns någon plattform för 6-axliga lok i ett vidareutvecklat järnvägsburet system. Ett framtida utvecklingssteg består istället i att ta fram en nya högeffektiva 4-axliga ellok som utformas så att de enkelt genom barlastning kan erhålla erforderlig axellast och dragkraft.

## 4. Järnvägsburet system med ny teknik

### 4.1 Allmänt

En ansats vid utvecklingen av ett nytt koncept för ett järnvägsburet vagnslastsystem har varit att genom systemförändringar avseende hantering och trafikstruktur samt att, i samverkan med tekniska utvecklingsinsatser, skapa förutsättningar för följande:

- Att bidra till en minskning av de kostnader som är förenade med att upprätthålla ett vagnslastsystem med god yttäckning varigenom befintliga kunder initialt kan bibehållas.
- Att i ett längre perspektiv bidra till att vagnslastsystemets marknadsandelar kan ökas.
- En fortsatt utveckling av ett produktionssystem som möjliggör en kostnadseffektiv trafikering av mindre terminaler och lastplatser samt övriga delar av det kapillära bannätet.
- En upprustning av det befintliga kapillära bannätet samt utökning av det kapillära bannätet genom nyanläggning av spårssystem och terminaler.

Den tekniska utveckling, för vagnslastsystemet, som förespeglas ovan förutsätts även vara till stor nytta i en process som syftar till att vidareutveckla och förnya systemtågstrafiken.

### 4.2 Marknadsförutsättningar

I ett järnvägsburet system med ny teknik förutsätts att det sammanlagda godstransportarbetet i vagnslastsystemet och systemtågstrafiken i framtiden kommer att öka markant relativt dagens nivå, som enligt Wajsmann (2003), ligger på 19 miljarder tonkm per 2002. Vidare förutspås järnvägens relativa marknadsandel att öka. Den tidigare utvecklingstrenden, från 1970 till 2000 (se figur 3.1, avsnitt 3.2) förväntas vända när ett järnvägsburet system med ny teknik introduceras. Nya affärsmöjligheter förväntas dessutom att uppstå när mindre lastplatser kan öppnas och järnvägstransporternas yttäckning därmed ökar. Detta förväntas ske i samma takt som terminalkostnaderna och kostnaderna för vagndragning i matartåg minskar.

### 4.3 Vagnslastsystem med ny teknik

#### 4.3.1 Krav på ett nytt vagnslastsystem

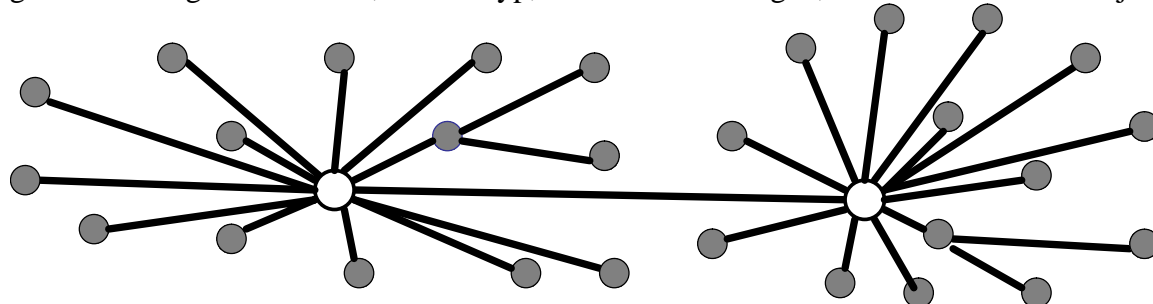
En väsentlig del i utvecklingen av ett nytt vagnslastsystem består i att förändra tågsystemets upplägg i avsikt att uppfylla följande krav och/eller önskemål:

- En minskning av antalet tågrörelser och dragfordon i systemet.
- En bibehållen och på sikt ökad geografisk täckning.
- En minskning av kostnaderna för trafikering av det kapillära bannätet.

Ett viktigt steg i denna utveckling är att frångå det hittills använda knutpunktsystemet för vagnslasttrafik (se avsnitt 2.7.2). Karakteristiskt för detta system är att det är uppbyggt kring ett antal rangerbangårdar vilka fungerar som noder. Mellan dessa rangerbangårdar förflyttas vagnar vanligen på ett rationellt och kostnadseffektivt sätt i fjärrgodståg. Negativa faktorer för systemets kostnadseffektivitet utgörs istället av driften av matartåg samt terminalväxlingen.

### 4.3.2 Utformning av befintligt vagnslastsystem

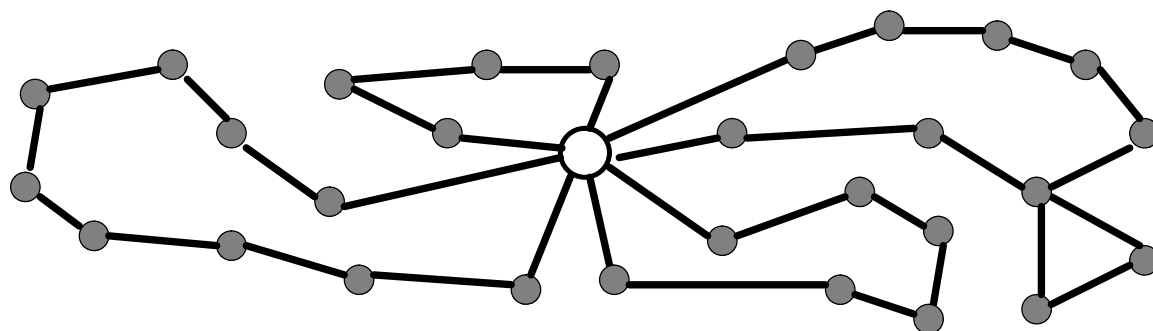
Ett problem med dagens vagnslastsystem kan åskådliggöras med en bild som visats tidigare (se avsnitt 2.7.2), och återigen visas nedan (se figur 4.1). På bilden finns en principmodell av ett vagnslastsystem, bestående av 30 terminalpunkter/lastplatser (inkluderat systemets noder), varav två utgörs av rangerbangårdar medan två är sekundära noder. För att sammanbinda systemets terminaler/lastplatser fordras i princip minst ett dubbelriktat fjärrtåg per dygn, mellan rangerbangårdarna, samt 26 dubbelriktade matartåg. Även här är den eftersträlvade frekvensen vanligen ett tåg per dygn. Sammantaget fordras enligt denna principmodell 28 dubbelriktade tågpar, eller 56 tågrörelser, per dygn. Till detta kommer resurser (terminallok) för terminalväxling i ett flertal terminalpunkter. I viss omfattning kan dessa resurser undvaras genom att tunga terminallok, av T44-typ, används i matartågen, istället för eldrivna linjelok.



Figur 4.1 (2.12) Schematisk bild över knutpunktsbaserat vagnslastsystem

### 4.3.3 Ansats för utformning av nytt vagnslastsystem

En ansats för att minska antalet tågrörelser, med bibehållet antal terminalpunkter/lastplatser, består i att låta matartågen angöra flera terminalpunkter där vagnar både kopplas från och till. En idé till ett system där exakt samma terminaler som ovan (se figur 4.1) trafikeras med matartåg som körs i slingor, även kallade linje- eller slingtåg, framgår nedan (se figur 4.2).



Figur 4.2 Schematisk bild över vagnslastsystem med linje- eller slingtåg

Här kan noteras att slingtågssystemet (se figur 4.2), består av 5 slingor vilka kan trafikeras enkel eller dubbelriktat. 4 av dessa möts, enligt exemplet i en central nod, eller ”hub”, medan en slinga möter en annan i en lokal nod. Detta system fordrar alltså endast mellan 5 och 10 tågrörelser per dygn för täcka samma terminaler/lastplatser knutpunktsystemet enligt ovan.

Enligt denna förenklade ansats skulle ett nytt tågssystem kunna bidra till att antalet tågrörelser som fordras för att betjäna ett visst antal terminaler/lastplatser, i gynnsamma fall, kan minskas med i storleksordningen 80-90%. Här bör emellertid tilläggas att detta är teoretiskt ansats med tydligt produktionsinriktning som till stor del bygger på att aktiviteter kan utföras sekventiellt istället för parallellt. En fråga som måste beaktas är hur vagnslastsystemets kunder kommer att reagera på ett nytt system som i flera fall kan innebära tidigarelagda avsändningstider och senarelagda leveranstider av vagnar och/eller vagngrupper. En kvarstående nackdel är att det med dagens dragfordonsteknik även fortsättningsvis kommer att krävas särskilda resurser i form av terminallok för att hantera (växla) vagnar och vagngrupper vid terminaler/lastplatser.

#### **4.3.4 Beståndsdelar i ett nytt vagnslastsystem**

Utöver en ny produktionsprincip, i form av ett tågssystem som består av linje- eller slingtåg, med till- och avkoppling av vagnar under väg, kompletterat med en stor sorteringsanläggning (rangerbangård) enligt principen ”hub-and-spoke”, avses en omläggning till ett järnvägsburet system med ny teknik bland annat innefatta följande:

- Ett nytt enhetligt dragkraftssystem för fjärrtåggodståg, lokala godståg och radiostyrd terminalväxling. En målsättning är att systemet även skall möjliggöra train-coupling-and-train-sharing i tunga och/eller långa godståg.
- Nya tekniklösningar för godsvagnar som bland annat kan innefatta automatkoppel (om möjligt fjärrstyrbara) och ett nytt, eventuellt radiostyrbart, bromssystem.
- Utveckling och uppgradering av industrispår och kapillärt bannät.
- Utveckling av terminal- och lastningsspår i sidotågväg på stationsområden.
- Införande av högre axellaster, på 25-30 ton, samt utökad lastprofil (svensk lastprofil C).

### **4.4 Fordonsteknik och tågssystem**

#### **4.4.1 Effektivare godståg**

Ett betydelsefullt utvecklingsområde, i såväl ett vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet system som ett järnvägsburet system med ny teknik, består i att rationalisera tågföringen. En åtgärd kan i detta fall vara att öka lokförarnas produktivitet genom att generellt öka tågens storlek. En viktig parameter kan här vara att öka tågvikten och därmed mängden betalande last per tåg. Detta kan åstadkommas genom att öka godsmängden per vagn eller genom att låta de framtida tågen bestå av ett större antal vagnar än dagens tåg (se även avsnitt 3.4.1).

#### **4.4.2 Ansats avseende godsvagnar**

##### *Förutsättningar*

I ett järnvägsburet system med ny teknik kan godsmängden per vagn, även kallad lastvikten, ökas genom att vagnen görs lättare inom ramen för en bibehållen bruttovikt eller genom att vagnens bruttovikt höjs främst som en följd av att ökade axellaster tillåts (se avsnitt 3.4.2).

### ***Lättare vagnar***

En lättare vagn med bibehållen bruttovikt kan erhållas genom att utnyttja lättare material i en vagn med bibehållna yttre dimensioner. Vagnen kan även göras kortare varvid material kan sparas in. Den lastyta som förloras i längdled kan i detta fall kompenseras genom att lastytan görs bredare. Materialåtgången för att öka bredden är mindre än dito för att öka vagnlängden. Ett annat synsätt består i att främst bibehålla lastvolymen i vagnen. Detta kan åstadkommas genom att göra vagnen högre. En förutsättning för detta är en rymligare lastprofil (se bild 3.2). I Sverige innebär detta vanligen att C-profilen (se figur 3.3), måste utnyttjas.

### ***Ökad axellast***

Den tillåtna axellasten uppgår idag (2003), såsom tidigare angivits (se avsnitt 3.4.2) till 22,5 ton på flertalet bandelar i Sverige. På Ofoten- eller Malmbanan (Luleå - Riksgränsen - Narvik) pågår en höjning av den tillåtna axellasten från 25 till 30 ton. På flera bandelar tillåts vidare 25 tons axellast för ett stort antal systemtåg. Dessutom pågår en upprustning av det svenska bannätet, för att i framtiden tillåta 25 tons axellast, i enlighet med planen Godsnet 21. Detta har medfört att flertalet nybyggda godsvagnar är anpassade för minst 25 tons axellast.

Högre axellaster än 25 ton avses i framtiden bland annat användas rundvirkesvagnar i vissa systemtågsupplägg där det är önskvärt att erhålla samma lastförmåga hos en 2-axlig vagn del som hos ett 60 tons rundvirkesekipage. En ansats är därför att, i ett järnvägsburet system med ny teknik studera alternativa höjningar av axellasten till 25 ton, 27,5 ton samt 30 ton.

## **4.4.3 Typvagnar**

### ***Förutsättningar***

Dimensionering av tåg i ett järnvägsburet system med ny teknik sker, i denna studie, enligt en ansats om att ett tåg består av ett antal typvagnar. Ett antagande är här att all nyanskaffning av vagnar inriktas mot 2- eller 4-axliga vagnar av följande huvudtyper:

- 2-axlig vagn av H-utförande med internationell profil G1 respektive svensk C-profil
- 4-axlig boggivagn av H-utförande med internationell profil G1 respektive svensk C-profil

### ***2-axlig vagn av H-utförande***

En ansats är att den första av typvagnarna kommer att utgöras av en sluten 2-axlig vagn med öppningsbara sidor, av Hbbins-typ, utförd enligt internationell G1-profil (UIC 505-1) (se bild 4.3). Detta är i princip de europeiska järnvägarnas standardgodsvagn. Utgångsdata för den egentliga typvagnen avser här en vagn, av Hbbins-typ, avpassad för 22,5 tons axellast, tillverkad under 1980-talet (se bild 4.3). Vagnen har en lastytelängd på 14,2 m och en egenvikt av 15 ton. Lastförmågan per ytenhet är hos en Hbbins-vagn 0,73 ton/m<sup>2</sup>.

Utifrån kända uppgifter om denna vagn framräknas egenvikter för olika varianter där axellast respektive lastprofil förändras. Axellaster är 22,5 ton, 25 ton, 27,5 ton och 30 ton.

H-vagnen har i ett prototyputförande även anpassats till svensk C-profil varvid Hbins-v-typen (se bild 4.4) erhållits. Denna vagn är bredare och högre än Hbbins-vagnar med internationell G1-profil och har ett gynnsamt rektangulärt tvärsnitt eftersom den är utförd enligt C-profilen.



Bild 4.3 Sluten vagn med öppningsbara sidor av Hbbins-typ



Bild 4.4 Prototyp till Hbins-vagn som utförts enligt lastprofil C (Volymvagn 21). Observera att tvärsnittet hos en Hbbins i stort överrensstämmer med den gula randen på vagnens gavel.

Utifrån förutsättningen att lastförmågan skall uppgå till  $0,73 \text{ ton/m}^2$  har för varje axellast (se ovan) samt för lastprofil G1 respektive svensk C-profil ett antal aktuella vagnlängder framräknats. En grundförutsättning vid dessa beräkningar är att den specifika lasten på vagnens lastyta (belastningen per  $\text{m}^2$ ) är konstant. Detta innebär att en ökad axellast medför att vagnen blir längre samtidigt som en ökad bredd medför att vagnen innebär att vagnen kan kortas av. I dessa grova beräkningar finns en förenkling som består i att den ökning i vagnens egenvikt som en ökad axellast förväntas medföra är att betrakta som försumbar. Tidigare beräkningar har, enligt Bark (2003), visat att en lämplig ansats är att Hbbins-vagnens egenvikt ökar med  $620 \text{ kg/m}$  när vagnen förlängs, eller minskar i motsvarande grad om den avkortas.

Hbins-v-vagnen, med C-profil, finns endast som en enda prototypvagn. Denna vagn har en hög egenvikt, vilket kan tillskrivas att den är en prototyp där materialvalet inte varit inriktat mot att viktoptimera vagnen. Mot denna bakgrund är det inte lämpligt att använda prototypen som underlag vid viktberäkning av en 2-axlig vagn av H-utförande med C-profil. Istället har det befunnits vara lämpligt att utgå ifrån en Hbbins-vagn. För denna vagnstyp är gavlarnas vikt samt vikten hos tak, sidor och dörrar kända. För gavlarna antas vikten öka proportionellt mot ökade arean. Även vikten hos tak, sidor och dörrar antas öka proportionellt mot arean.

Gavelarean hos en Hbbins-vagn kan framräknas som kvoten mellan vagnens totala lastvolym (från golv till tak) och lastytans längd multiplicerat med en korrektionsfaktor som utgör kvoten i kvadrat mellan in- och utvändigt mått där det invändiga breddmåttet är 2,9 m och utvändiga dito antas uppgå till 3,1 m. Härvid erhållas en yta på 9,2 m<sup>2</sup>. Längden av den kantlinje som ansluter till tak och sidor/dörrar kan beräknas till 7,6 m. Gavelytan hos en H-vagn med C-profil beräknas till 13,6 m<sup>2</sup>. Längden av den kantlinje som ansluter till tak och sidor/dörrar kan beräknas till 11,2 m. Den invändiga lasthöjden har ansatts till 3,6 m.

Vikten hos gavlarerna på en Hbbins uppgår, enligt Bark (2003), till 1 900 kg. Omräknat till C-profil kommer vikten att uppgå till 2 800 kg, alltså en viktökning med 900 kg per vagn. Vikten hos tak samt sidor/dörrar uppgår på en Hbbins, enligt Bark (2003), till 2 750 kg, eller 194 kg per meter lastyta (14,2 m lastytelängd). Omräknat till C-profil kommer vikten att uppgå till 286 kg per meter lastyta, vilket innebär en viktökning med 92 kg per meter lastyta. Viktökningen hos vagnens underrede, när det breddas för att överrensstämma med C-profil, kan enligt, Bark (2003), för ett nytt vagnkoncept beräknas uppgå till 19 kg per meter lastyta. Således erhålls en sammanlagd viktökning på cirka 110 kg per meter lastyta. Utifrån dessa uppgifter har teoretiska data för olika 2-axliga typer av H-vagnar framräknas (se tabell 4.5).

Alternativ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Aktuell axellast (ton)	22,5		25		27,5			30	
Lastprofil	G1	C	G1	C	G1	C	C <sup>2</sup>	G1	C
Lastytans längd (m)	14,2	11,8	16,0	13,4	17,8 <sup>1</sup>	14,9	16,0	19,6 <sup>1</sup>	16,5 <sup>1</sup>
Lastytans bredd (m)	2,9	3,4	2,9	3,4	2,9	3,4		2,9	3,4
Längd över buffertar (m)	15,5	13,1	17,1	14,7	18,9 <sup>1</sup>	16,0	17,1	20,7 <sup>1</sup>	17,6 <sup>1</sup>
Golvnya / lastyta (m <sup>2</sup> )	41,2	40,1	46,4	45,6	51,6	50,7	54,4	56,8	56,1
Pallplatser på golv (EUR-pall)	40	40	46	44	51	48	52	64	52
Rymd - till topp på rak dörrsida (m <sup>3</sup> )	87	144	98	164	109	182	204	121	209
- till tak (total rymd)	108		122		135			150	
Egenvikt (ton)	15	15,7	16,1	16,9	17,2	18,0	15,0 <sup>2</sup>	18,4	19,1
Lastförmåga (ton)	30	29,3	33,9	33,1	37,8	37,0	40,0	41,6	40,9
Axelavstånd (m)	9		10		10-11	10	10	11-12	10-11
Lastytan höjd (r.ö.k.) (m)	1,2		1,2		1,2			1,2	
Största hastighet med last (km/h)	100		100		100			100	
Lastförmåga/egenvikt	2,00	1,82	2,11	1,96	2,20	2,06	2,67	2,26	2,14
Lastförmåga/ytenhet (ton/m <sup>2</sup> )	0,73				0,73		0,74	0,73	
650 m tåglängd – antal vagnar	40	47	36	42	32	38	36	30	35
- Möjlig nyttolast (ton)	1200	1380	1220	1390	1210	1410	1440	1250	1430
- Tågvikt vid 100% fyllnadsgrad	1800	2120	1800	2100	1760	2090	1980	1800	2100
- Nyttolast vid 60% fyllnadsgrad	720	820	730	830	730	840	860	750	850
- Tågvikt vid 60% fyllnadsgrad	1300	1560	1310	1540	1280	1530	1400	1300	1520
750 m tåglängd – antal vagnar	46	55	42	49	38	45	42	34	41
- Möjlig nyttolast (ton)	1380	1610	1420	1620	1440	1660	1680	1410	1680
- Tågvikt vid 100% fyllnadsgrad	2070	2480	2100	2450	2090	2480	2310	2040	2460
- Nyttolast vid 60% fyllnadsgrad	830	970	850	970	860	1000	1010	850	1000
- Tågvikt vid 60% fyllnadsgrad	1520	1830	1530	1800	1520	1810	1850	1470	1790

- 1) Maximalt tillåten europeisk längd för 2-axlig vagn är 17,1 m vilket i praktiken begränsar lastytan till 16 m.
- 2) Lättbyggd vagn som erbjuder 40 tons nyttolast vid 27,5 tons axellast.

Tabell 4.5 Utifrån Hbbins-vagnen framräknade tekniska data för olika 2-axliga H-vagnstyper

Av tabell 4.5 framgår att vagnöverbyggnaderna blir tämligen tunga när lastprofilen ökas till svensk C-profil (se alternativ 2, 4, 6 och 9). Detta gäller under förutsättning att ytvikten för tak och väggar är kommer att vara lika stor som för en traditionell Hbbins (se alternativ 1). Vidare framgår att vagnar med G1-profil (Hbbins) blir mycket långa om lastförmågan per ytenhet skall bibehållas på nivån  $0,73 \text{ ton/m}^2$ . Här bör noteras det finns regler som anger att 2-axliga vagnar i europeisk trafik inte får vara längre än 17,1 m över buffertarna samt inte ha ett större axelavstånd än 10 m. Detta innebär att för två av de framräknade vagnar (alternativ 5 och 8) erhålls med G1-profil en större beräknad längd än vad som tillåts i europeisk trafik. Här kan noteras att om vagnarna inte tillåts i europeisk trafik finns det heller ingen anledning att låta vagnens utformning inskränkas av G1-profilen, vilket talar till C-profilens fördel. Om den tillåtna axellasten höjs till 27,5 ton kommer en vagn med G1-profil att bli allt för lång om lastförmågan per ytenhet skall hållas på  $0,73 \text{ ton/m}^2$ . Här är istället av intresse att använda en bredare vagn, enligt C-profil (alternativ 6). Vid en ytterligare höjning av axellasten till 30 ton erhålls även med C-profil en vagn som blir något för lång, enligt europeiska regelverk (alternativ 9). Emellertid kommer en vagn med C-profil knappast att lämna Skandinavien varför det sannolikt är möjligt att skapa vagn med 16,5 m lastyta och 10 – 11 m axelavstånd.

Av intresse är här även att järnvägsvagnarnas lastkapacitet motsvarar lastkapaciteten hos olika typer av vägfordon. Här konstateras att ett svenskt ”modulfordon” (se avsnitt 2.4.2) har en lastytelängd på maximalt 21,86 m. Med en invändig fordonsbredd bredd på minst 2,4 m erhålls en lastyta på i storleksordningen ungefär  $52 \text{ m}^2$ . Om Hbbins-vagnarnas invändiga bredd generellt antas uppgå till drygt 2,9 m krävs det för att en Hbbins-vagn skall vara jämförbar med ett modulfordon att lastytans längd uppgår till knappt 18 m, vilket motsvarar alternativ 5, med 27,5 tons axellast ovan. Ett 60 tons modulekipage har vidare, med en sluten påbyggnad, en lastförmåga på knappt 40 ton, vilket är av samma storleksordning som för de vagnar som enligt ovan är beräknade för en axellast av 27,5 ton, med G1-profil (alternativ 5). Vid en jämförelse med vagnar med 30 tons axellast framgår att en vagn med C-profil (alternativ 9) i alla avseenden är konkurrenskraftig mot ett 60 tons modulekipage.

Ett viktigt påpekande är att de ovan angivna mått- och viktsuppgifterna för Hbbins-vagnar avser konstruktioner från början eller mitten av 1980-talet. Här kan nämnas att egenvikterna för 4-axliga boggivagnar av Habins-typ under de senaste 25 åren reducerats, med 10%, från 30 till 26 ton. Ett antagande är att det är möjligt att utveckla en ny 2-axlig vagn av Hbbins-typ med en lastytelängd av 16,0 m, C-profil och 27,5 tons axellast vars egenvikt inte är högre än egenvikten för en Hbbins med G1-profil, konstruerad under 1980-talet. Alternativ 7 i tabell 4.5 anger möjliga prestanda och dimensioner för en nyutvecklade vagn av Hbbins-utförande. Av tabell 4.5 framgår hur nyttolasten förändras vid olika axellaster, lastprofiler, tåglängder samt fyllnadsgrader. Av jämförelser framgår att nyttolasten i tågen, vid givna tåglängder på 650 m respektive 750 m, endast ökar i begränsad omfattning när axellasterna ökas och vagnarnas längd ökar för vagnar med lastprofil G1. Här kan noteras att tågens bruttovikter i princip ligger still, vilket innebär att en minskad sammanlagd egenvikt hos vagnarna kan växlas mot en större nyttolast. Av tabell 4.5 framgår vidare att tågens nyttolast och tågens vikt ökar med i storleksordningen 15% när lastprofilen ökas från G1-profil till svensk C-profil.

En slutsats av jämförelserna i tabell 4.5 är att det vid dagens axellast (22,5 ton) samt inför den pågående höjningen av axellasten till 25 ton är av stort intresse att utöka lastprofilen för de 2-axliga vagnar som används i systemtåg. För vagnslasttrafiken är det mer intressant att vid en axellasthöjning till 25 ton öka vagnlängden till 17,1 m, vilket ger en lastytelängd på 16,0 m.

Vid höjningar av axellasten över 25 ton blir en 2-axlig vagn med G1-profil för lång, om lastytan skall ökas på det sätt som angivits i matrisen. Istället är det bättre att bredda vagnens lastyta genom att utnyttja C-profilen. För den svenska vagnlasttrafiken är det i dessa fall av stort intresse att det utvecklas en 2-axlig vagn som kan erbjuda samma lastkapacitet som ett 60 tons modulekipage, det vill säga en nyttolast på 40 ton. Detta kan antingen med marginal åstadkommas genom att axellasten höjs till 30 ton, eller genom att axellasten höjs till 27,5 ton och att tekniken för att bygga vagnar utvecklas så att egenvikten hos denna vagn kan hållas på samma nivå som Hbbins-vagnarnas egenvikt låg på för 20 år sedan, det vill säga 15 ton.

#### 4-axlig boggivagn av H-utförande

Den andra typvagnen utgörs av en sluten boggivagn, med öppningsbara sidor, av H-utförande (se bild 3.4, avsnitt 3.4.3). Med samma ansatser som ovan, för 2-axliga vagnar, data för 4-axliga H-vagnar teoretiskt beräknas utifrån data för en Habbins-vagn (tabell 4.6).

Alternativ	1	2	3	4	5	6	7	8
Aktuell axellast (ton)	22,5		25		27,5		30	
Lastprofil	G1	C	G1	C	G1	C	G1	C
Lastytans längd (m)	22,0	18,2	24,7	20,5	26,2 <sup>1</sup>	22,9	30,4 <sup>2</sup>	25,3
Lastytans bredd (m)	2,8	3,4	2,8	3,4	2,8 <sup>1</sup>	3,4	2,8	3,4
Längd över buffertar (m)	23,3	19,5	26,0	21,8	27,5 <sup>1</sup>	24,2	31,7 <sup>2</sup>	26,6
Golvvyta / lastyta (m <sup>2</sup> )	62,5	61,9	70,1	69,7	74,4	77,9	86,3	86,0
Pallplatser på golv (EUR-pall)	63	60	70	68	72	76	88	84
Rymd - till topp på rak dörrsida (m <sup>3</sup> )	131	223	147	251	156	281	181	310
- till tak (total rymd)	168		189		200		232	
Egenvikt (ton)	26,5	27,1	28,0	28,8	29,1	30,5	36,0	32,3
Lastförmåga (ton)	63,5	62,9	72,0	71,2	80,9	79,5	84,0	87,7
Boggiavstånd (m)	17,7	13,9	20,0	16,2	20,0	18,6	20,0	20,0
Lastytan höjd (r.ö.k.) (m)	1,2							
Största hastighet med last (km/h)	100							
Lastförmåga/egenvikt	2,40	2,32	2,57	2,47	2,78	2,61	2,33	2,72
Lastförmåga/ytenhet (ton/m <sup>2</sup> )	1,02							
650 m tåglängd - antal vagnar	26	31	25	28	22	25	19	23
- Möjlig nyttolast (ton)	1620	1950	1800	1990	1780	1990	1600	2020
- Tågvikt vid 100% fyllnadsgrad	2340	2790	2500	2800	2420	2750	2280	2760
- Nyttolast vid 60% fyllnadsgrad	990	1170	1080	1200	1070	1190	960	1210
- Tågvikt vid 60% fyllnadsgrad	1680	2010	1780	2000	1710	1960	1640	1950
750 m tåglängd - antal vagnar	31	37	29	33	26	29	22	27
- Möjlig nyttolast (ton)	1970	2330	2090	2350	2100	2310	1850	2370
- Tågvikt vid 100% fyllnadsgrad	2790	3330	2900	3300	2420	3190	2640	3240
- Nyttolast vid 60% fyllnadsgrad	1180	1400	1250	1410	1070	1380	1110	1420
- Tågvikt vid 60% fyllnadsgrad	2000	2400	2060	2360	1710	2270	1900	2290

- 1) Dessa vagnar blir så långa att de för att klara snäva kurvor måste göras smalare på mitten. Detta medför att lastytan i realiteten kommer minska genom att den blir smalare än de 2,8 m som den beräknats efter.
- 2) Denna vagn har för stor längd för att överhuvudtaget kunna användas utanför Sverige.

Tabell 4.6 Utifrån Habbins-vagn framräknade tekniska data för olika 4-axliga typer av boggivagnar av H-utförande

Av tabell 4.6 ovan framgår att det för boggivagnar är ogynnsamt att låta lastförmågan per ytenhet vara konstant när den tillåtna axellasten ökar och att försöka kompensera detta genom att göra vagnarna bli längre. Ett klart bättre alternativ är att öka lastytan genom att bredda vagnarna, vilket är möjligt om lastprofilen ökas till svensk C-profil. Rent allmänt består den största fördelen hos boggivagnar i att de har en högre bärighet än 2-axliga vagnar och därmed är mer lämpade för gods med hög densitet. Detta innebär att långa boggivagnar med hög egenvikt är av begränsat intresse för såväl vagnslastrafik som systemtåg.

### ***Slutsatser avseende framtida vagnar***

En slutsats av ovanstående är att de ansatser kring vilka jämförelser av utvecklingsalternativ för framtida slutna godsvagnar, av Hbbins- och/eller Habbins-typ bör vara följande:

- Axellasten höjs till 25 ton;
  - För nationell och internationell vagnslastrafik är 2-axliga vagnar med internationell lastprofil (G1 alternativt GB) av intresse.
  - För nationella systemtåg förordas vagnar med svensk C-profil, antingen 2-axliga eller 4-axliga boggivagnar.
- Axellasten höjs till 27,5 ton;
  - Här är det av stort intresse att utveckla en ny vagn typ, enligt svensk C-profil, med 40 tons lastförmåga. Denna vagn typ är av intresse för både vagnslastrafik och systemtåg.
  - För internationell vagnslastrafik är en 2-axlig vagn med internationell lastprofil av intresse. Här kan noteras att högre axellaster än 25 ton sannolikt inte kommer att tillåtas vid internationella transporter under överskådlig tid.
- Axellasten höjs till 30 ton;
  - För nationell vagnslastrafik och nationella systemtåg är främst 2-axliga vagnar med svensk C-profil av intresse.
  - För internationell vagnslastrafik är en 2-axlig vagn med internationell lastprofil av intresse (se ovan).

Här kan noteras att 4-axliga kortkopplade vagnar här betecknas som 2-axliga. Att vagnarna parkopplas, och därmed betraktas som 4-axliga, är i första hand av administrativt intresse.

### ***Automatkoppel***

Utvecklingen av en framtida generation godsvagnar bör behandla problemställningen om hur vagnar skall kopplas isär och samman. Detta eftersom dagens metod att manuellt hantera skruvkoppel samt att koppla och lossa bromsledningar är tungt, arbetsintensivt och riskabelt.

En lösning som aktualiserats vid flera tillfällen är att i hela Europa införa automatkoppel. Ett införande av automatkoppel har uppskjutits flera gånger, främst av kostnadsskäl samt. Vidare har implementeringen, eller införandet, i sig bedömts bli en allt för kostsam och komplicerad procedur. Emellertid bedöms ett införande av ett automatisk centralkoppel som en viktig fråga i ett framtida järnvägsbaserat transportsystem med ny teknik. Detta för att skapa en säkrare arbetsmiljö för den berörda personalen och för att kunna rationalisera och effektivisera det arbete och de procedurer som berör växling och rängering. Ett automatkoppel som införs i Sverige, och övriga Europa, förutsätts även innehålla funktioner som automatiskt kopplar bromsledningar, signalledningar och eventuellt även ledningar för krafttillförsel i tåget.

En fråga som på senare tid aktualiserats tillsammans med automatkopplet är om och hur detta skulle kunna manövreras elektriskt, eller med tryckluft, och vara möjligt att fjärrstyra, främst vid avkoppling av vagnar. På detta sätt skulle ett, främst vid rangering på stora bangårdar, ett förmodat monotont och resurskrävande manuellt arbetsmoment kunna undvikas.

En ytterligare aspekt är att den tekniska utformningen av en framtida godsvagn kommer att underlättas om den endast behöver anpassas för ett, i dess mittlinje placerat koppel, som tar upp både drag- och tryckkrafterna. Behovet att ta upp tryckkrafter via buffertar, placerade en bit ut från vagnens mitt, försvinner därmed, vilket medför att material kan sparas i underredet.

#### **4.4.4 Ansats avseende dragfordon**

##### *Förutsättningar*

Beträffande dragfordon för ett järnvägsburet system med ny teknik finns följande alternativ:

- I ett inledande skede används befintliga dragfordon, vilket innebär lok av Rc-typ, främst Rc4, på elektrifierade banor samt för terminalväxling lok av typerna Z70, V5 och T44.
- Anskaffning av ett nytt enhetligt dragkraftsystem som kan användas för all tåg tjänst på elektrifierade linjer samt terminalväxling och annan växlingstjänst på spårområden och sidospår där kontaktledning saknas.

##### *Befintliga dragfordon*

Det första alternativet har fördelar ur implementeringssynpunkt eftersom befintlig dragkraft kan användas i framtiden. Nackdelar med att använda befintliga fordon är att den befintliga fordonsparken är tämligen stor (se avsnitt 2.8). Som exempel kan nämnas att det hos den största svenska operatören, Green Cargo, finns 220 ellok, främst avsedda för linjetjänst, och ytterligare 220 dieseldrivna lok, främst för terminal- och växlingstjänst. En stor del av denna lokpark är dessutom tämligen ålderstigen.

Ett problem med att använda befintliga dragfordon är att ett system med sling- eller linjetåg innebär att terminalväxling kommer att utföras på ett stort antal platser. Detta skulle medföra att flertalet av de befintliga terminalloken även skulle komma att behövas i ett nytt system. En begränsning skulle samtidigt vara att beläggningen på en stor andel av de terminallok, som skulle komma att användas i ett nytt vagnslastsystem, riskerar att bli låg eftersom en grundidé med systemet är att trafikera terminaler och/eller lastplatser med lågt trafikunderlag.

En slutsats är att den idag ålderstigna lokparken för godstransporter är mindre lämpad för att använda i ett nytt system för godstransporter. Istället fordras nya fordonslösningar (se nedan).

##### *Nytt enhetligt dragkraftsystem*

En ansats är att utveckla ett nytt dragkraftsystem, dragfordon eller lok, som kan användas för alla typer av godståg på elektrifierade huvudlinjer samt för växlings- och terminaltjänst på elektrifierade samt icke elektrifierade sidospår- och spårområden (se bild 4.7). En huvudidé är att detta dragfordon, även kallat duolok, som primär kraftkälla har ett elektriskt drivsystem som erhåller elenergi från en ordinär kontaktledning när en sådan finns att tillgå, det vill säga vid tågdragning på elektrifierade linjer samt växling/rangering på större bangårdar.

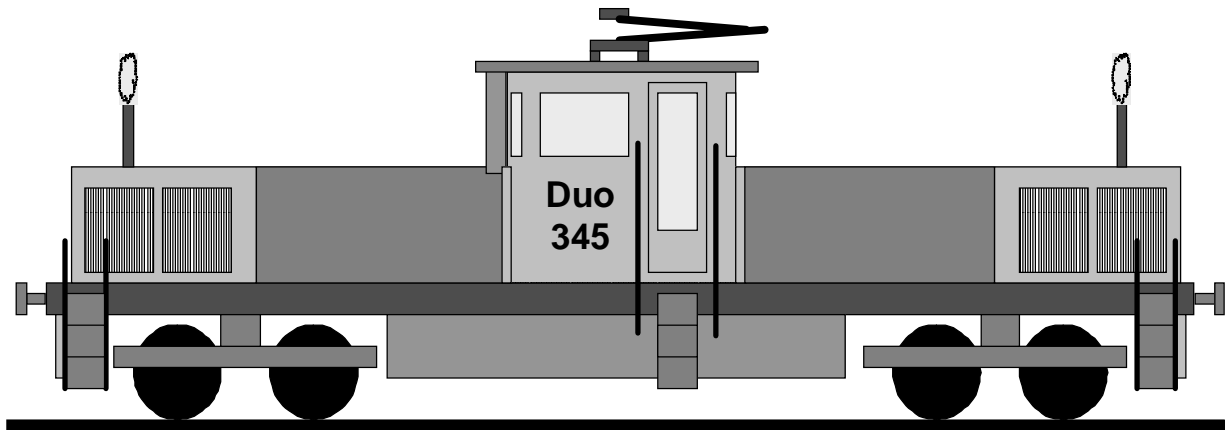


Bild 4.7 Exempel på utformning av ett enhetligt dragfordon (duolok)

När kontaktledning inte finns tillgänglig erhåller dragfordonet elektrisk energi från en egen källa, som i ett första utvecklingssteg avses att utgöras av en eller två dieselmotorer med tillhörande generatorer. I nästa utvecklingssteg kan fordonet förses med andra energikällor som inte är beroende av fossila bränslen såsom el-ackumulatorer (batterier) eller bränsleceller.

En bärande idé är att detta dragfordon kan ersätta flertalet ellok som används i det svenska vagnslastsystemet samt huvuddelen av de lok som används för systemtågstransporter. I ett system med linjetåg är en tanke att dessa lok används som dragkraft i matar- eller linjetågen samt att de används för den terminalväxling etc. som utförs när vagnar sätts av och/eller tillkopplas utefter den slinga som varje tåg trafikerar (se figur 4.2). Dessa dragfordon avses vidare att förses med utrustning för radiostyrning vid växling och rangering etc. Vidare kan dragfordonet ensamt, eller dubbelkopplat (multipelkoppling), användas i fjärrgodståg.

Prestandakraven för ett nytt dragfordon kan fastställas utifrån dess olika användningsområden och beror bland annat av följande faktorer:

- Hur stora tåg som skall kunna dras av enkelt respektive multipelkopplade lok vid tågjänst på elektrifierad linje. Aktuella tågtyper är i detta fall linje- eller matartåg, fjärrgodståg samt systemtåg. I de senare fallen kan det vara aktuellt att multipelkoppla ett par lok för att uppnå erforderlig dragkraft. Alternativt kan "train-coupling" vara aktuellt istället för traditionell multipelkoppling. Detta innebär att två tåg sammankopplas och att det lok som befinner sig i inne i tåget kommer att fjärstyras, vanligen via radio, från det lok som går först i tåget.
- Behov av dragkraft vid växling/rangering, vilket innebär förflyttning av vagnar vid låg hastighet (20 km/h), ofta vid elmatning från kontaktledning. Detta är dimensionerande för motorernas startmoment samt ställer krav på adhesionsvikt och axellast.
- Önskemål om och krav på dragkraft kontra hastighetsprestanda vid annan driftform än elektrisk drift med matning från kontaktledning. Aktuella hastigheter vid vilka olika möjliga tågvikter definieras kan vara 40 km/h, 70 km/h eller 100 km/h. Även dragkraftsbehov vid rangering/växling vid annan driftform bör definieras.

### **Dragkraft och effekt**

Diskussionen om dragkraft och effekt i detta avsnitt är förenklade och bygger på jämförelser med ett antal befintliga loktyper och de tågvikter som vanligen är aktuella vid användning av dessa. Detta följs av en genomgång av möjliga tågvikter för framtida tåg.

De Rc-lok (Rc1, Rc2 och Rc4) som i Sverige används för godstrafik är tillåtna för tågvikter på upp till 1 600 ton. Dessa lok har en effekt på 3,6 MW. För nya 4-axliga lok av de tyska typerna DB/Railion 152 och 185 skulle den tillåtna tågvikten kunna uppgå till 1 900 – 2 000 ton, om loket i vissa lägen barlastas. Dessa loktyper har en effekt på 5,6 – 6,6 MW.

I en tidigare jämförelse (se avsnitt 3.4.4) var utgångspunkten att Rc4-lokets effekt är tillräcklig för de typer av tåg som loket idag används till. En minskad eller ökad tågvykt medför endast ett förändrat effektbehov i proportion till den förändrade tågvikten. När det gäller krav på dragkraft i framtida tåg måste emellertid hänsyn tas till utvecklingen mot högre tågvikter som följd av effektivare fjärrtågsdragning, högre axellaster, större lastprofil och längre tåg. På samma sätt som tidigare redovisats i denna studie har antaganden gjorts över aktuella tågvikter och effektbehov för olika framtida fordons- och loktyper (se tabell 4.8).

Jämförelse- underlag avseende tågvikter	Beräknat effektbehov utifrån Rc4- lokets effekt (3,6 MW)	Jämförelse med tre moderna typer av ellok (se avsnitt 3.4.4)			Önskad adhesion omräknat från Rc4	Axellast omräknat från adhesion
		Railion 185	Railion 152	Railion EG 3100		
1 400 ton	3,2 MW	5,6 MW	6,4 MW	-	68 ton	17,1 ton
<b>1 600 ton</b>	<b>3,6 MW</b>	5,6 MW	6,4 MW	-	<b>78 ton</b>	<b>19,5 ton</b>
1 800 ton	4,1 MW	5,6 MW	6,4 MW	-	88 ton	21,9 ton
1 900 ton	4,3 MW	5,6 MW	6,4 MW	-	93 ton	23,2 ton
2 000 ton	4,5 MW	5,6 MW	6,4 MW	-	98 ton	24,5 ton
2 600 ton	5,8 MW	-	-	6,5 MW	127 ton	21,1 ton
2 800 ton	6,3 MW	-	-	6,5 MW	136 ton	22,8 ton

Tabell 4.8 Jämförelser mellan tågvykt, effektbehov och effekter hos aktuella dragfordon

Tidigare jämförelser har visat att det för tunga fjärrgodståg och systemtåg kan vara intressant att använda ett 6-axligt lok med en effekt på 6,5 MW och adhesionsvykt 132 ton. För 6-axliga danska godslok (Railion EG 3100) skulle tågvikten kunna uppgå till 2 600 – 2 800 ton med en effekt på 6,5 MW. Av tabell 4.8 framgår att ett 6-axligt lok, med en effekt på 6,3 - 6,5 MW och dragkraft som motsvarar en tågvykt på 2 800 ton, fördel kan ersättas av två ”mindre” 4-axliga lok med en effekt på 3,2 MW samt en dragkraft som motsvarar en tågvykt på 1 400 ton.

Tunga terminallok av T44-typ tillåts att i linjetjänst dra tåg med en största vikt på 900 ton. Vid rangering och/eller växling bedöms loket vara kapabla att förflytta vagnsätt med upp till den dubbla vikten (1 800 ton). T44-loken har en effekt på 1,2 MW. Green Cargos medeltunga terminallok av V5-typ har en motoreffekt på 460 kW och en startdragkraft som uppgår till 140 kN. Detta är 65% av T44-lokets startdragkraft. TGOJ har tunga terminallok av V11-typ i drift. Dessa har en startdragkraft på 260 kN vilket är 20% mer än för T44. De har samtidigt en låg motoreffekt (885 kW) och låg utväxling (största hastighet 47 km/h). Här bör noteras att lokets effekt vid drivhjulen är 15-20% lägre än den effekt som anges på dieselmotorn.

Ett modernare diesellok är T66 som är baserat på ett amerikanskt standardlok och används i flera länder i Europa, Där bland av TGOJ i Sverige. Detta är ett lok för fjärrtrafik på främst icke elektrifierade linjer. Loket bör ej jämföras med ellok, avseende hastighetsprestanda vid linjedrift eftersom ellok vanligen erbjuder väsentligt bättre prestanda vilket kan omsättas i kortare gångtider, när loket drar tåg med höga bruttovikter, på givna linjestreckningar.

Beträffande behov av dragkraft vid växling och/eller rangering är förhållandet att en hög axellast medför att ett dragfordon, eller lok, klarar höga tågvikter, om traktionsmotorerna förmår att utveckla ett tillräckligt startmoment. Av jämförelsen på föregående sida framgår att en axellast av minst 22 ton är nödvändig för att tåg på 1 800 ton skall kunna förflyttas med ett 4-axligt lok. För ett dragfordon, eller lok, som enbart används på större rangerbangårdar vore det av intresse att tillåta axellaster på minst 25 ton. En hög axellast kan emellertid begränsa fordonets användbarhet på olika sidospår samt på vissa delar av det kapillära bannätet.

Effektbehovet vid dieseldrift beror på under vilka omständigheter dragfordonet skall operera när elmatning från kontaktledning inte är möjlig. Ett grundkrav är att effekten vid dieseldrift bör vara tillräcklig för att vad som idag, för Rc-lok motsvarar full tågvikt, det vill säga 1 600 ton, skall kunna dras i låg hastighet, vid växling upp till 20 km/h. Ett önskemål kan även vara att en större tågvikt, exempelvis 1 800 ton, skall kunna förflyttas i låg hastighet vid dieseldrift.

En jämförelse med befintliga typer av dieseldrivna terminallok visar att en avseende dragkraft jämförbar loktyp (TGOJ V11) har en dieselmotor med en effekt på i storleksordningen 0,9 MW, vilket är 75% av T44-lokets effekt. En ansats är här att i ett nytt enhetligt dragfordon installera dieselmotorer med effekt av i storleksordningen 1 MW, vilket ger en rälseffekt på ungefär 0,8 MW. En möjlighet är att använda två lastbilsdieselmotorer med varsin generator istället för en stor motor med en enda tillhörande generator. Vid drift på oelektrifierade linjer reduceras den tillåtna tågvikten till samma storleksordning som för T44-loken idag, det vill säga ungefär 900 ton. När högre tågvikter är aktuella kan flera lok multipelkopplas.

### **Hastighetsprestanda**

Beträffande hastighetsprestanda för vissa typer av befintliga dragfordon kan följande noteras:

- De Rc-lok (Rc1, Rc2 och Rc4) som idag används i en stor del av de svenska godstågen är växlade, och tillåtna, för en högsta hastighet på 135 km/h. Den högsta tillåtna tågvikten på 1 600 ton gäller emellertid vid en högsta hastighet av 100 km/h. Vid högre hastigheter sjunker lokens dragkraft och den möjliga tågvikten minskar därför väsentligt.
- För nya godslok i Danmark (Railion EG 3100) respektive Tyskland (DB/Railion 152 respektive 185) har den största tillåtna hastigheten satts till 140 km/h.
- Äldre elektriska godslok av Ma-typ samt de något nyare Rm-loken (6 lok tillverkade 1977) har en största tillåtna hastighet på 100 km/h.
- Dieseldrivna terminallok av T44-typ har en största tillåtna hastighet av 100 km/h.
- Disellok av typ T66 har en högsta tillåtna hastighet av 120 km/h.

Flertalet nyare godsvagnar är godkända för en högsta hastighet på 120 km/h, antingen olastade eller med reducerad axellast relativt den axellast som vagnarna är godkända för vid hastigheten 100 km/h. I vagnslast- och systemtågstrafiken är en vanligt förekommande största tillåtna hastighet 100 km/h i Sverige och övriga Europa. För intermodala tåg tillåts i Sverige i vissa fall en hastighet på 110 km/h och i Tyskland 120 km/h. De snabbaste konventionella godstågen, posttågen i Sverige och vissa kombitåg i Tyskland, framförs i 160 km/h.

Detta indikerar sammantaget att en lämplig största hastighet för ett nytt dragfordon bör uppgå till minst 120 km/h och om möjligt 140 km/h. Eventuellt kan även hastigheter på 160 km/h bli aktuella, till exempel för posttåg och snabba kombitåg, med annan utväxling.

#### 4.4.5 Ansats avseende framtida tågvikter och fyllnadsgrader

##### Matris avseende tågvikter för tåg med typvagnar

En föresats är att ett järnvägsburet system med ny teknik skall ge möjlighet till en effektivare tågdragnings. I ett första steg jämförs vilka behov av dragkraft som uppstår för olika tåg, som förutsätts bestå av typvagnar (se avsnitt 4.4.3) med varierande fyllnadsgrader i intervallet från 50% till 100%. Ett förenklat antagande är att ett tågsätt består av ett eller två lok samt typvagnar av ett visst utförande. Av den möjliga tåglängden har 30 m reserverats för loket, eller loken. Utifrån detta har en tabell med tågvikten som funktion av fyllnadsgrad för vagntyp, tåglängd och axellast tagits fram (se tabell 4.9).

Fyllnadsgrad					100%	90%	80%	70%	60%	50%
Vagntyp	Tåglängd (m)	Vagnlängd (m)	Axellast (ton)	Antal vagnar per tåg	Tågviikt (ton)					
Hbbins 2-axlig vagn med G1-profil (se avsnitt 4.4.3)	650	15,5	22,5	40	1 800	1 680	1 560	1 440	1 320	1 200
	750			46	2 070	1 930	1 790	1 660	1 520	1 380
	650	17,1	25	36	1 800	1 680	1 560	1 460	1 310	1 220
	750			42	2 100	1 960	1 820	1 700	1 530	1 420
	650		27,5	36	1 980	1 840	1 710	1 570	1 430	1 290
	750			42	2 310	2 150	1 990	1 830	1 670	1 510
	650		30	35	2 100	2 000	1 850	1 690	1 540	1 380
	750			42	2 460	2 340	2 160	1 980	1 800	1 610
H-vagn 2-axlig vagn med svensk C- profil (se avsnitt 4.4.3)	650	13,1	22,5	47	2 120	1 980	1 840	1 700	1 560	1 450
	750			54	2 430	2 270	2 110	1 960	1 800	1 670
	650	14,7	25	42	2 100	1 960	1 820	1 680	1 540	1 400
	750			48	2 400	2 240	2 080	1 920	1 760	1 610
	650	17,1	27,5	36	1 980	1 840	1 690	1 550	1 400	1 260
	750			42	2 310	2 140	1 970	1 810	1 640	1 470
	650	17,6	30	35	2 100	1 960	1 810	1 670	1 530	1 380
	750			40	2 400	2 240	2 070	1 910	1 750	1 580
Habins Boggi- vagn med G1-profil (se avsnitt 3.4.3)	650	23,3	22,5	26	2 340	2 170	2 010	1 840	1 680	1 510
	750			30	2 700	2 510	2 320	2 130	1 940	1 750
	650	26,0	25	23	2 300	2 130	1 970	1 800	1 640	1 470
	750			27	2 700	2 510	2 310	2 120	1 920	1 730
	650		27,5	23	2 530	2 340	2 150	1 960	1 780	1 590
	750			27	2 970	2 750	2 530	2 310	2 080	1 860
	650		30	23	2 760	2 550	2 340	2 120	1 910	1 700
	750			27	3 240	2 990	2 740	2 490	2 250	2 000
Boggi- vagn med svensk C- profil, av Ha-typ (se avsnitt 4.4.3)	650	19,5	22,5	31	2 790	2 600	2 400	2 200	2 010	1 820
	750			36	3 240	3 010	2 800	2 560	2 330	2 110
	650	21,8	25	28	2 800	2 600	2 050	1 850	1 650	1 800
	750			33	3 300	3 070	2 410	2 180	1 940	2 130
	650	24,2	27,5	25	2 750	2 550	2 350	2 150	1 960	1 760
	750			29	3 190	2 960	2 730	2 500	2 280	2 040
	650	26,6	30	23	2 760	2 560	2 360	2 150	1 950	1 750
	750			27	3 240	3 010	2 770	2 530	2 290	2 060

Tabell 4.9 Matris med tågvikter för tåg bestående av typvagnar enligt fyra alternativ

### *Tågvikter i vagnslasttrafik*

Tidigare har det angivits (se avsnitt 3.7.2) att medelfyllnadsgraden för tåg i vagnslastsystemet uppgår till 60% med en variation som i huvudsak ligger i intervallet 50 – 70%. Detta medför att dragkraften bör dimensioneras för en tågvikt intervallets övre del, vilket motsvarar en fyllnadsgrad på 70%. Tabell 4.9 kan därför särskilt studeras med avseende på vilka tågvikter som är aktuella vid en fyllnadsgrad av 70%. Vidare undersöks vilka intervall respektive vilka dragkraftalternativ som är aktuella för respektive kombination av vagn, tåglängd och axellast.

#### 2-axliga vagnstyper med lastprofil G1

Av tabell 4.9 framgår att den minsta tågvikten vid tillåten tåglängd (650 respektive 750 m), och 70% fyllnadsgrad, uppgick till 1 400 ton. Av matrisen framgick följande data för tågsätt bestående av 2-axliga Hbbins-vagnar med G1-profil (se avsnitt 4.4.3):

- Vid 650 m tåglängd och 22,5 – 27,5 tons axellast uppgår tågvikten till 1 400 – 1 600 ton. För dessa tåg är det möjligt att utnyttja befintliga lok, av Rc-utförande på flertalet linjer.
- När tåglängden ökas till 750 m, vid 22,5 – 25 tons axellast, ökar tågvikterna till intervallet 1 600 – 1 700 ton. Vid 27,5 tons axellast uppgår tågvikten till 1 830 ton.
- Vid 30 tons axellast uppgår tågvikterna till 1 600 – 2 000 ton, oaktat tåglängd.

#### 2-axliga vagnstyper med lastprofil C

I vagnslastsystemet ofta efterfrågas en viss lastyta, eller volym för varje ton last vilket medför att 2-axliga vagnar av Hbbins-typ är av särskilt intresse (se avsnitt 4.4.3). Detta oavsett om dessa vagnar formellt är utförda som 2-axliga vagnar, eller om de har kortkopplats till 4-axiga enheter. En nackdel med de 2-axliga vagnstyperna är emellertid att en stor lastyta och/eller lastvolym medför att vagnen blir lång, vilket i sin tur innebär begränsar antalet vagnar som ryms i ett tåg. Ett sätt att kunna erbjuda en större lastyta och lastvolym, utan att öka vagnens längd i motsvarande omfattning är att öka vagnens tvärsnitt, det vill säga lasthöjd och lastbredd. Detta är i Sverige möjligt genom utnyttjande lastprofil C (se avsnitt 4.4.3). Av tabell 4.9 framgår att ett tågsätt med 2-axliga typvagnar, utförda enligt svensk C-profil, ger följande tågvikter vid olika axellaster och 70% fyllnadsgrad:

- Vid 650 m tåglängd och 22,5 – 27,5 tons axellast uppgår tågvikten till 1 600 – 1 700 ton. Vid 30 tons axellast uppgår tågvikten till 1 810 ton.
- När tåglängden ökas till 750 m, vid 22,5 – 25 tons axellast, ökar tågvikterna till intervallet 1 600 – 1 700 ton. Vid 27,5 – 30 tons axellast ökar tågvikterna till 1 800 – 2 000 ton.

#### 4-axliga boggivagnar

Beträffande 4-axliga boggivagnar kan konstateras att dessa ger kompakta tåg med hög vikt. Vid 70% fyllnadsgrad uppgår tågvikterna, vid olika tåglängder och axellaster, till följande:

- Vid 650 m tåglängd och 22,5 – 27,5 tons axellast uppgår tågvikten, för Habins-vagnar, med G1-profil, till 1 800 – 2 000 ton. Vid 30 tons axellast uppgår tågvikten till 2 150 ton.
- När tåglängden ökas till 750 m, vid 22,5 – 30 tons axellast, ökar tågvikterna till intervallet 2 100 – 2 500 ton.

Emellertid bedöms det som mindre sannolikt att tåg med dessa vikter, sammansättningar och denna fyllnadsgrad, i större omfattning, kommer att förekomma inom vagnslastsystemet. Tåg som uteslutande består av boggivagnar att torde istället främst användas i systemtågsupplägg.

### *Dragkraftbehov för vagnslasttrafik*

En slutsats av analyser av data från tabell 4.9 är att 4-axliga dragfordon, eller lok, vilka klarar tågvikter på 2 000 ton är erbjuder tillräcklig dragkraft för samtliga utvecklingsscenario, som är mer eller mindre realistiska för vagnslastsystemet, enligt ovan. Om höjningen av axellasten begränsas till 25 ton och tåglängden samtidigt ökas till 750 m är ett dragfordon, eller lok, som klarar en tågviikt på 1 700 ton fullt tillräckligt för vagnslastsystemet. Om en tåglängd på 650 m bibehålls och om axellasten höjs till maximalt 27,5 ton är den tågviikt, på 1 600 ton, som är möjlig med dagens dragfordon, eller lok, av Rc-utförande fullt tillräcklig.

### *Systemtåg*

För systemtåg uppgår medelfyllnadsgraden vanligen till 90-100%. Vidare har det gods som transporteras med systemtåg vanligen en högre densitet än det gods som transporteras i vagnslastsystemet. Av denna orsak är boggivagnar samt 2-axliga vagnar med hög axellast av intresse för systemtåg. Av tabell 4.9 framgår följande:

- Det lättaste systemtåget, bestående av Hbbins-vagnar har en vikt av 1 680 ton, vid 650 m tåglängd, 22,5 tons axellast och 90% fyllnadsgrad.
- Ett systemtåg bestående av boggivagnar av Habins-utförande har vid 25 tons axellast, 90% fyllnadsgrad och 750 m tåglängd en vikt av 2 510 ton. Om fyllnadsgraden ökas till 100% så ökar tågvikten till 2 700 ton.
- Det tyngsta systemtåget, bestående av boggivagnar, av H-typ med svensk C-profil, har med skruvkoppel en högsta tillåten vikt av 3 000 ton, vid 750 m tåglängd och 25 tons axellast. Inga tyngre tåg än detta finns framräknade i matrisen eftersom tyngre tåg kräver kraftigare kopplingsanordningar än dagens skruvkoppel.

Av tabell 4.9 framgår att dagens lok, av Rc-typ, har för liten dragkraft för att som ensamma lok användas i systemtåg. Moderna 4-axliga lok (se avsnitt 4.4.4) erbjuder en tillräcklig dragkraft för tåg som består av 2-axliga Hbbins-vagnar, med en maximal längd av 650 m och axellaster upp till 27,5 ton. Vidare erbjuder två multipelkopplade Rc-lok en dragkraft som är tillräcklig de tåg som angivits i matrisen.

För ett flertal av de systemtåg som angivits i matrisen kan med fördel 6-axliga lok användas (se avsnitt 4.4.4). Dessa lok kan klara tågvikter på i storleksordningen 2 600 – 2 800 ton, på flertalet linjer söder om Långsele.

### *Användning av ett nytt enhetligt dragkraftssystem*

Ett alternativ till användning av 6-axliga moderna lok, eller multipelkopplade Rc4-lok, i framtida systemtåg är att istället använda multipelkopplade dragfordon/lok som utformats enligt ett koncept för ett nytt enhetligt dragkraftssystem (se avsnitt 4.4.4). En ansats är att dragfordon av denna typ, för att kunna användas för systemtåg har en dragkraft som vid tjänst, på flertalet linjer söder om Långsele, är tillräcklig för tågvikter på 1 300 – 1 500 ton.

En fråga är emellertid om denna dragkraft är tillräcklig när loken används i vagnslastsystemet. Enligt matrisen ovan kan det vara av stort intresse att som dragkraft i vagnslasttåg använda dragfordon, eller lok, som klarar att dra tåg med vikter av i storleksordningen 1 600 – 1 800 ton, på flertalet linjer söder om Långsele.

## **4.5 Terminaler och nätverk**

### **4.5.1 Bangårds- och knutpunktsstruktur**

Ett vagnslastsystem med ny teknik avses att baseras på den befintliga terminalstruktur som finns i det svenska vagnslastsystemet samt i vagnslastsystemen i de angränsande länderna. I Sverige innefattar detta i första hand de medelstora terminalerna och/eller bangårdarna med undantag av en ”central hub” eller sorteringsanläggning som utgör ett nav i en trafikstruktur som främst består av matartåg i form av linjetåg (se avsnitt 4.3.3 samt figur 4.2). I Sverige väljs lämpligen Hallsberg som nav, eller hub, i ett nytt system. Hallsberg är den idag (2004) modernaste och dessutom mest centralt placerade av de tre stora rangerbangårdarna.

Principen i ett nytt trafiksystem är att linjetåg skall utgå från och ankomma till den centrala hubben och ett antal större bangårdar eller terminalpunkter. Exempel på sådana bangårdar i Sverige och i våra grannländer har tidigare angivits (se avsnitt 3.5.1). I övrigt bygger det nya systemet, med matar-, sling- eller linjetåg som den viktigaste produktionsresursen, på att det skall vara möjligt att på ett kostnadseffektivt sätt upprätthålla en behovsstyrd godstrafik, vid ett stort antal små terminaler, eller lastplatser utefter de linjer som planenligt trafikeras.

### **4.5.2 Kapillär infrastruktur**

En viktig del i utvecklingen av ett vagnslastsystem med ny teknik är att minska kostnaderna och öka effektiviteten vid trafik på mindre terminaler och lastplatser. Dessa kan vara belägna såväl utefter de järnvägslinjer som sling- eller linjetågen vanligen trafikerar som till lastplatser och terminaler belägna utefter det kapillära bannätet, i form av industrispår etc. Genom en förutsedd rationalisering av dagens trafik med matartåg, en utbyggnad av ett linjetågssystem samt utveckling av nya dragfordon för dessa tåg, finns en ambition att radikalt minska kostnaderna för tågdriften på det kapillära bannätet. En viktig del i detta är en utveckling av ett dragfordon för linjetågen som även kan användas på en stor del av det kapillära bannätet.

En ansats är att huvuddelen av de terminallok som idag, med låg nyttjandegrad som används för trafik på det kapillära nätet skall kunna avvaras trots en ökning av trafikvolymen på detta bannät. Ett antagande är att flertalet av de industrispår och lastplatser efter större linjer, som idag finns kvar och som utnyttjas i varierande omfattning kommer att finnas kvar samt att ny kapillär infrastruktur kommer att anläggas. Under en tidsperiod av 10-15 år bedöms antalet industrispår öka, från cirka 600 industrispår 2001, se Nelldal et al (2001), till 700-800 spår 2015. En följd av detta blir att vagnslastsystemets geografiska täckningsgrad ökar.

## **4.6 Hanteringsteknik**

### **4.6.1 Allmänt**

Med hanteringsteknik avses såsom tidigare (se avsnitt 2.7) olika operationer, eller delmoment, i en järnvägstransport. Dessa kan utgöras av olika typer av tågdragning, terminalväxling samt rangering. För tåghanteringen används olika typer av dragfordon, vanligen benämnda lok.

I ett vagnlastsystem med ny teknik avses främst följande typer av dragkraft att användas:

- En ny typ av dragfordon vilket kommer att utgöra ryggraden i systemet. Denna fordonstyp förmodas bland annat, på sikt, ersätta flertalet av de ellok som idag används, för tågdragning på de större linjerna i Sverige.
- Ett begränsat antal äldre lätta och medeltunga terminallok (Z70 samt V5).
- Ett antal tunga dieseldrivna terminallok, av T44-typ, främst avsedda för tågtjänst på icke elektrifierade (sido-) linjer. Eventuellt kan en begränsad förnyelse vara aktuell för en mindre del av den lokpark som idag finns. En uppskattning är att det framtida behovet i Sverige uppgår till 30-50 lok av denna typ. Ett exempel på en i detta avseende aktuell loktyp är T66, vilket är ett tungt 6-axligt diesellok, främst avsett för linjetjänst.

## **4.6.2 Växling och rangering**

### *Terminalväxling*

Med terminalväxling avses en operation där vagnar placeras på ett lastspår, antingen via ett industrispår hos en godsavsändare, eller inom en järnvägsterminal (se även avsnitt 2.8.2). Eftersom det idag sällan finns kontaktledningar över lastnings- och lossningsspåren utförs terminalväxlingen främst med dieseldrivna lok som är särskilt avpassade för denna uppgift. Vidare har denna hantering underlättats av att terminalloken vanligen varit utrustade med anordningar för radiostyrning.

### *Växling*

Med växling avses enklare tågbildningsoperationer eller enkla operationer som syftar till att ombilda tåg under väg (mellan tågbildningspunkt och målpunkt, eller bestämmelsestation, för tåget) (se även avsnitt 2.8.2). Ett exempel på det senare är byten av vagngrupper, under väg (på mellanstationer), i systemtåg som består av större vagngrupper. Växlingen utförs antingen med särskilda terminallok eller med de dragfordon/lok som används för att dra tågen.

### *Rangering*

Med rangering avses en mer omfattande operation där hela tågsätt bryts upp och ombildas till nya tåg (se även avsnitt 2.8.2). Dessa operationer utförs på vissa större rangerbangårdar som är utrustade med växlingsvall och bromsanläggningar som reglerar vagnarnas hastighet sedan de släppts från växlingsvallen.

I Sverige finns idag ett fåtal stora rangerbangårdar varav de mest betydelsefulla är följande:

- Hallsbergs riksbangård
- Malmö godsbangård
- Sävenäs rangerbangård i Göteborg

Här kan noteras att dagens bangårdar inte är avpassade för att sortera vagnar i en viss ordning, såsom när och hur de senare skall kopplas av från tåget. I ett framtida vagnlastsystem, med ny teknik, finns däremot ett starkt önskemål om att vagnarna, när de i ett sling- eller linjetåg lämnar en hub, eller stor bangård, skall vara sorterade i den ordning de skall kopplas av.

En bedömning är att arbetet på rangerbangårdarna kan effektiviseras i väsentlig grad genom ett införande av automatkoppel, helst med fjärrstyrd avkoppling (se avsnitt 2.8.2). Följande fördelar kan på detta sätt uppnås:

- Ökad personsäkerhet genom att det riskfyllda arbetsmomentet, när bangårdspersonal kryper in mellan vagnarna för att lägga på och spänna koppel, kan elimineras.
- Den tunga och arbetskrävande manuella sammankopplingen av vagnar undviks, vilket innebär stora fördelar ur arbetsmiljösynpunkt samt ger betydande kostandsminskningar.
- En rangerledare kan ensam och under hög personsäkerhet sköta tryckning av vagnssätt över en växlingsvall med ett radiostyrt lok, initiera isärkoppling av vagnar samt styra och/eller övervaka sorteringen av vagnar på riktningsspåren.
- ”Omdrag” över växlingsvall, i avsikt att placera vagnar i avkopplingsordning, kan enkelt utföras av en växlingsledare genom att denne åker ned med ett lok till ett riktningsspår, trycker ihop vagnarna för att därefter dra dem över växlingsvallen för förnyad sortering. Med dagens konventionella skruvkoppel fordras vid ”omdrag” en manuell samman- respektive isärkoppling av vagnarna. Med dagens skruvkoppel blir denna procedur tämligen tidskrävande och kostsam.

Ett ytterligare utvecklingssteg inom vagnslastsystemet kan bestå i att vagnarna förses med egen hastighetsgivare och elektriskt styrda bromsventiler som kan fjärrmanövreras med någon form av radiosignal. Genom övervakning av vagnarnas position och hastighet skulle vagnarna med ett sådant system, via en extern styrsignal, kunna målbromsa sig själva utan hjälp av fasta, på bangården monterade, bromsanordningar.

### 4.6.3 Tågdragning

Tågdragningen avses att i huvudsak utföras på elektrifierade linjer. Enligt vad som tidigare angivits (se avsnitt 4.4.5) förutsätts den största tillåtna tåglängden på sikt kunna uppgå till 750 m. Detta efter de banupprustningar och förlängningar av mötesspår som utförs enligt den plan för det svenska godstågsnätet som benämns Godstågsnät 21. Enligt vad som tidigare angivits kan bruttovikterna för systemtåg respektive fjärrgodståg på huvudlinjer i princip maximeras till 2 000 ton i ett system med 4-axliga lok eller till 2 700 ton i ett system med 6-axliga lok. Ett alternativ till 6-axliga lok är även att använda dubbla 4-axliga dragfordon, eller lok. Dessa kan då ha en lägre dragkraft än de 4-axliga lok som angivits ovan (se avsnitt 4.4.5).

## 4.7 Systemtåg

Systemtågstrafiken förutsätts kunna rationaliseras i väsentlig omfattning med hjälp av det nya dragfordonskoncept som i denna studie föreslås utgöra en viktig beståndsdel i utvecklingen av ett nytt järnvägsburet vagnslastsystem. Den genomgripande rationaliseringen avses bestå i att samma lok kan förflytta ett systemtåg från en lastnings- till en lossningsplats. Idag används vanligen tunga dieseldrivna terminallok, främst av T44-typ (se avsnitt 2.8.5), för att växla in ett vagnssätt till, eller växla ut ett vagnssätt från, en lastnings- eller lossningsplats. En orsak till detta är ofta att utformningen av den aktuella utrustningen för lastning och/eller lossning av vagnarna utgör ett hinder för att montering av kontaktledningar ovanför spåren.

Följande exempel visar hur dragkraften, eller loken, kan användas i en transportkedja som är baserad på systemtågslösningar i form av heltåg:

- Malmtåg i 2 relationer (Kiruna - Narvik och Malmberget - Luleå);  
Växling och lastning ur ficka/silo med hjälp av diesellok – Linjedrift med ellok och lossning av tågsätt vid silo med samma lok
- Transporter av stålämnen i 2 relationer (Luleå - Borlänge samt Oxelösund - Borlänge);  
Växling med diesellok – Linjedrift med ellok – Växling med diesellok
- Rundvirke (olika systemupplägg och relationer);
  1. Lastbilstransport till omlastningsterminal – Växling med diesellok vid terminal – Linjedrift med ellok – Växling med diesellok på industri (Exempel: Mora - Gävle)
  2. Lastbilstransport till terminal – Terminalväxling samt linjedrift med samma diesellok – Linjedrift med ellok – Växling med diesellok på industri (Exempel: Vansbro - Gävle)
  3. Lastbilstransport till terminal – Terminalväxling och linjedrift med samma ellok – Lastbilstransport från terminal till industri (Exempel: Krokom/Östavall - Sundsvall)
  4. Lastbilstransport till omlastningsterminal – Växling vid terminal och linjedrift med samma ellok – Växling med diesellok vid industri (Exempel: Murjek - Piteå)
  5. Lastbilstransport till omlastningsterminal – Terminalväxling vid industri samt linjedrift med samma diesellok (Exempel: Hoting - Örnsköldsvik)
  6. Lastbilstransport till omlastningsterminal – Terminalväxling och linjedrift med samma diesellok – Lastbilstransport från terminal till industri (Exempel: Storuman - Umeå)

Beträffande systemtågsuppläggen enligt ovan kan följande konstateras:

- Malmtågstrafiken är synnerligen rationell med endast två lokbyten per omlopp. Eftersom flera turer körs varje dygn, mellan lastnings- och lossningsplatserna kan de diesellok som utnyttjas vid lastning användas för flera tåg vilket medför en hög nyttjandegrad. En fråga är här om ett lok med alternativa drivkällor är en lösning när önskemål finns om att använda linjelok även vid lastning. Sannolikt skulle det räcka med att elektrifiera de spår som finns i de aktuella lastningstunnlarna och sedan använda ellok även vid lastningen.
- Transporter av stålämnen kan eventuellt rationaliseras med hjälp av dragfordon/lok som hämtar och ställer av vagnsätt direkt på de spår där vagnarna skall lastas respektive lossas.
- Den ur miljö- och kostnadssynpunkt mest effektiva transportkedjan för rundvirke, vilken järnvägstransport ingår, består av en lastbilstransport till en terminal, omlastning till järnväg samt järnvägstransport med eldrift och lossning av vagnsätt hos den mottagande industrin.
- Ett problem vid transporter av rundvirke är att flertalet omlastningsterminaler endast sänder iväg ett lastat tåg per dygn. Detta medför att eventuella dieseldrivna terminallok måste kunna merutnyttjas för olika uppgifter utöver systemtågen för att inte belasta dessa med för höga kapitalkostnader. Detta innebär att det ur ekonomisk synpunkt är viktigt att samma lok här kan användas både för linjedrift och för växling vid terminaler.

En slutsats av detta är att ett dragfordon, eller lok, som kan matas med el från kontaktledning, vid drift på elektrifierad linje, och från annan energikälla vid växling skulle erbjuda stora fördelar vid systemtransport av skogsråvara samt eventuellt även vid transport av stålämnen.

## 4.8 Kapacitet och kostnader

### 4.8.1 Kapacitet

En utveckling av ett nytt järnvägsburet system för vagnslasttrafik och systemtåg som baseras på ny teknik förväntas skapa en stor rationalisering av järnvägsföretagens fordonshållning, terminalväxling och tågdrift på huvudlinjer. En målsättning är att ett färre antal lok skall kunna utföra fler uppgifter. Beträffande belastningen på infrastrukturen kan detta medföra färre tågrörelser eftersom antalet loktransporter (förflyttningar av ensamma lok) sannolikt kan minska vilket i sin tur medför att färre tåglägen behöver reserveras för tomkörning av lok.

Av intresse är vidare att jämföra olika effekter av ett järnvägsburet system med ny teknik mot dagens läge avseende fjärrtågdrift. I denna jämförelse skapas ett nollalternativ som innehåller en axellast på 22,5 ton och en tåglängd på 650 m. Vidare jämförs kortare tåg med 550 m längd vid samma axellast. Referenslok är i detta fall Rc4 vilken även kan multipelkopplas varvid tågvikter på 3 000 ton är möjliga. Här kan noteras att ett Rc4-lok är 15,5 m långt.

Framtidsalternativen omfattar tåglängder på maximalt 750 m samt 25 tons axellast. Här jämförs även alternativa axellaster på 27,5 ton samt 30 ton. De aktuella loktyperna är ett nytt dragfordon avsett både för eldrift från kontaktledning och energimatning från annan källa än kontaktledning. Dessa duolok, medan benämnda Duo ansätts med tre alternativa dragkrafter: 1 400 ton (Duo 1), 1 600 ton (Duo 2) samt 1 800 ton (Duo 3). Vidare finns i denna jämförelse moderna 4-axliga ellok kallade Bz, som är en tyngre variant av DB/Railion 152 eller 185, samt 6-axliga ellok kallade 3100, i princip ett DSB/Railion EG 3100, (se avsnitt 4.4.4).

I jämförelser ingår de ovan beskrivna typvagnarna (se avsnitt 4.4.3). Varje tåg förutsätts här ha en ”mixad” sammansättning där 2/3 av vagnarna är 2-axliga och 1/3 boggivagnar. Vid 22,5 och 25 (alt I) tons axellast är samtliga vagnar utförda enligt G1-profil. Vid 25 ton axellast (alt II) samt 27,5 och 30 tons axellast tillkommer att hälften av vagnarna är utförda enligt svensk C-profil. Sammantaget har ett jämförelseunderlag med följande alternativ skapats:

10. Den möjliga tåglängden uppgår till 550 m och största tillåtna axellast är 22,5 ton. Tåget dimensioneras efter att ett Rc4-lok skall kunna dra ett fullastat tåg (100% fyllnadsgrad).
11. Den tillåtna tåglängden är 650 m och största axellast är 22,5 ton. Tåget dimensioneras efter största tillåtna tåglängd. Ett, alternativt två, Rc4-lok används som dragkraft.
12. Den tillåtna tåglängden uppgår till 750 m. I övrigt samma förutsättningar som ovan.
13. Den tillåtna tåglängden uppgår till 650 m och den största axellasten till 25 ton. Tåget dimensioneras efter största tillåtna tåglängd. Vagnar med europeisk G1-profil, enligt alternativ I (se ovan). Dragkraft; Rc4, Duo (1-3), Bz eller 3100.
14. Den tillåtna tåglängden uppgår till 750 m. I övrigt samma förutsättningar som ovan.
15. Den tillåtna tåglängden uppgår till 650 m och den största axellasten till 25 ton. Tåget dimensioneras efter största tillåtna tåglängd. Vagnar med europeisk G1-profil samt svensk lastprofil C (alternativ II). Dragkraft; Rc4, Duo (1-3), Bz eller 3100.
16. Den tillåtna tåglängden uppgår till 750 m. I övrigt samma förutsättningar som ovan.
17. Den tillåtna tåglängden uppgår 650 m och den största axellasten till 27,5 ton. I övrigt samma förutsättningar som ovan.
18. Den tillåtna tåglängden uppgår 750 m. I övrigt samma förutsättningar som ovan.
19. Den tillåtna axellasten uppgår till 30 ton. I övrigt samma förutsättningar som ovan.

Alternativ		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Axellast (ton)		22,5			25 (alt. I)		25 (alt. II)		27,5 <sup>1</sup>		30 <sup>2</sup>
Tåg- längd	Max. (m)	550	650	750	650	750	650	750	650	750	750
	Faktisk	490	640	750	650	750	650	750	650	750	750
Antal vagnar/tåg		26	34	39	31	35	34	39	31	35	35
Fyllnadsgrad/tåg											
50%	Tågvikt	1 040	1 230	1 490	1 350	1 570	1 470	1 700	1 470	1 650	1 790
	Lastvikt	540	660	810	710	820	780	900	840	940	1 020
	Aktuella dragfordon	Rc4	Rc4	Rc4	Duo 1 Rc4	Duo 2 Rc4	Duo 2 Rc4	Duo 3 Bz	Duo 2 Bz	Duo 3 Bz	Duo 3 Bz
60%	Tågvikt	1 150	1 460	1 650	1 490	1 740	1 630	1 880	1 640	1 830	2 000
	Lastvikt	640	830	970	850	990	940	1 080	1 010	1 120	1 230
	Aktuella dragfordon	Rc4	Rc4	2*Rc4	Rc4 Duo 2	Duo 3 Bz	Duo 3 Bz	Bz 3100	Duo 3 Bz	Duo 3 Bz	Bz 2*Duo
70%	Tågvikt	1 260	1 600	1 810	1 630	1 910	1 780	2 060	1 810	2 010	2 210
	Lastvikt	760	970	1 130	990	1 160	1 090	1 260	1 180	1 310	1 440
	Aktuella dragfordon	Rc4	Rc4	2*Rc4	Duo 3 Bz	Bz 2*Duo	Duo 3 Bz	3100 2*Duo	Duo 3 Bz	3100 2*Duo	3100 2*Duo
80%	Tågvikt	1 360	1 740	1 980	1 770	2 070	1 940	2 240	1 970	2 210	2 410
	Lastvikt	860	1 060	1 210	1 130	1 320	1 250	1 440	1 340	1 500	1 640
	Aktuella dragfordon	Rc4	2*Rc4	2*Rc4	Duo 3 Bz	3100 2*Duo	Bz 2*Duo	3100 2*Duo	Bz 2*Duo	3100 2*Duo	3100 2*Duo
90%	Tågvikt	1 470	1 880	2 140	1 910	2 230	2 090	2 420	2 140	2 390	2 610
	Lastvikt	970	1 250	1 460	1 270	1 480	1 400	1 620	1 510	1 680	1 840
	Aktuella dragfordon	Rc4	2*Rc4	2*Rc4	Bz 2*Duo	3100 2*Duo	3100 2*Duo	3100 2*Duo	3100 2*Duo	3100 2*Duo	3100 2*Duo
100%	Tågvikt	1 580	2 020	2 300	2 050	2 400	2 250	2 600	2 310	2 580	2 820
	Lastvikt	1 080	1 390	1 620	1 410	1 650	1 560	1 800	1 680	1 870	2 050
	Aktuella dragfordon	Rc4	2*Rc4	2*Rc4	3100 2*Duo	3100 2*Duo	3100 2*Duo	3100 2*Duo	3100 2*Duo	3100 2*Duo	2*Bz

<sup>1)</sup> Tågen består av vagnar med G1-profil (Hbbins och Habins) avpassade för internationell trafik vilket innebär att de är av samma längd som vid 25 tons axellast, 2-axliga H-vagnar med svensk C-profil avpassade för 60 tons nyttolast (se avsnitt 4.4.3) samt boggivagnar med svensk C-profil längdmässigt avpassade för 27,5 tons axellast.

<sup>2)</sup> Tågen består av vagnar med G1-profil (Hbbins och Habins) avpassade för internationell trafik vilket innebär att de är av samma längd som vid 25 tons axellast, 2-axliga H-vagnar med svensk C-profil avpassade för 30 tons axellast (se avsnitt 4.4.3) samt boggivagnar med svensk C-profil längdmässigt avpassade för 30 tons axellast.

Tabell 4.10 Aktuella dragfordonsalternativ vid olika axellaster respektive fyllnadsgrader

I tabell 4.10 har Rc4-lok angivits som dragkraftsalternativ vid 22,5 samt 25 tons axellast. Vid högre axellaster (27,5 respektive 30 ton) kan emellertid noteras att Rc4 har samma dragkraft som Duo 2, vilket innebär att det klarar tågvikter på 1 600 ton på flertalet linjer söder om Långsele. Av tabell 4.10 framgår följande:

- Vid en tillåten tåglängd på upp till 650 m har Rc4-lok tillräcklig dragkraft för vagnslasttåg med en genomsnittlig fyllnadsgrad på upp till 70% om den tillätta axellasten är 22,5 ton.
- Om axellasten höjs till 25 ton, vid en bibehållen tåglängd på 650 m minskar den möjliga fyllnadsgraden något om vagnarna har internationell lastprofil G1. Om tågen istället mixas med vagnar med svensk C-profil minskar den möjliga fyllnadsgraden till 60%
- Vid en axellast av 25 ton, och en ökad tåglängd, till 750 m kommer ensamma Rc4-lok endast att klara en genomsnittlig fyllnadsgrad på 50%.

En slutsats av detta är att Rc4-lok har för liten dragkraft för att fungera som ensamma lok i fjärrtåg inom ett framtida vagnslastsystem där axellasten höjs till 25 ton, tåglängden ökas till 750 m och den svenska C-profilen tillämpas i ökad omfattning. För tyngre systemtåg, vid högre axellaster är däremot dubbla multipelkopplade Rc4-lok ett lämpligt alternativ.

Av intresse är att undersöka vilken dragkraft som krävs för ett framtida vagnslastsystem med ökade tåglängder och höjda axellaster. En ansats är att den genomsnittliga beläggingsgraden i tågen i ett vagnslastsystem kommer att ligga i intervallet 50-70% och att dragkraften måste dimensioneras efter en beläggning på 70%. Vid 750 m tåglängd och 70% dimensionerande beläggingsgrad kommer följande dragkraft att krävas vid axellaster på 25 ton och därutöver:

- 25 tons axellast och samtliga vagnar utförda enligt europeisk lastprofil G1 (alternativ 5) medför en tågvykt på 1 910 ton. I detta fall är lok typ Bz är den mest intressanta dragkraften (se även avsnitt 3.7.1)
- När vagnar med den europeiska lastprofilen blandas med vagnar utförda enligt svensk C-profil, inom ramen för 25 tons axellast (alternativ 6), ökar tågvykterna till över 2 000 ton, varigenom ensamma 4-axliga lok inte längre räcker till. En möjlighet är då att gå över till 6-axliga lok, ett annat är att använda dubbla 4-axliga lok, typ Duo 1.
- En ökning av axellasten till 27,5 ton (alternativ 9) medför likaså att den dimensionerande tågvykten kommer att ligga på över 2 000 ton. Här är samma dragkraftalternativ som ovan av intresse.
- En ökning av axellasten till 30 ton (alternativ 10) medför att den dimensionerande tågvykten kommer att ligga på i storleksordningen 2 200 ton.

Slutsatsen av detta är inte entydig. En allmän höjning av axellasten till 25 ton och ökning av tåglängderna till 750 m innebär i sig inget behov av nya systemlösningar när det gäller dragkraft. Det behövs egentligen bara en uppgradering av dragkraften, från tågvykter på 1 600 ton, till 2 000 ton. Vid de alternativ som innebär nya vagnlösningar, med större lastprofil etc. passeras emellertid en gräns som innebär att moderna 4-axliga lok, av traditionellt snitt (typ Bz), inte kommer att erbjuda tillräcklig dragkraft för flertalet fjärrtåg. Detta innebär att nya innovativa dragkraftlösningar blir ett intressant alternativ till 6-axliga lok.

## **4.8.2 Produktivitetsutveckling**

### ***Fjärrgodståg***

I föregående kapitel (se avsnitt 3.7.2) diskuteras möjligheten till en produktivitetsutveckling i vagnslastsystemet genom att medelfyllnadsgraden i systemet ökar från 60% till 70%. I det järnvägsburna system med som ny teknik som lanseras i detta kapitel är en ansats att trafiken med fjärrtåg, mellan rangerbangårdar samt mellan ett mindre antal stora terminalbangårdar, respektive mellan stora terminalbangårdar och rangerbangårdar kommer att effektiviseras. Ett led i detta arbete kan vara att öka fyllnadsgraden i fjärrtågen till i medeltal 70%. Enligt vad som tidigare angivits uppstår det, på grund av obalanser i flödena, en variation i tågens fyllnadsgrad som vanligen ansätts till  $\pm 10\%$ . Detta medför att de dragfordon, eller lok, som används i tågen, för att klara denna variation måste dimensioneras efter den högsta tågvykten inom det intervall som variationen anger. En produktivitetsutveckling för fjärrtågen innebär enligt detta synsätt att den dimensionerande fyllnadsgraden ökar till 80% för fjärrgodståg.

Utifrån de uppgifter som redovisas i tabell 4.10 (se avsnitt 4.8.1) får en ökning av fjärrtågens dimensionerande fyllnadsgrad följande konsekvenser vid en tåglängd av 750 m:

- 25 tons axellast innebär dimensionerande tågvikter på 2 070 ton (alternativ 5) samt 2 240 ton (alternativ 7). Detta kräver 6-axliga minst lok eller andra nya dragkraftslösningar.
- Vid axellaster på 27,5 ton alternativt 30 ton erhålls dimensionerande tågvikter på 2 210 respektive 2 410 ton. Även här är 6-axliga lok eller nya dragkraftlösningar av intresse.

### *Linje- eller slingtåg*

Införande av ett system med sling- eller linjetåg (se avsnitt 4.3.3) istället för de hittillsvarande matartågen förväntas i sig att medföra en väsentlig produktivitetsförbättring. Detta genom att antalet linje- eller slingtåg kommer att bli avsevärt mindre än det antal matar- och terminaltåg som avses att ersättas. Beträffande storlek och fyllnadsgrad är ett antagande att dessa tåg inte kommer att bli så stora och välfyllda som fjärrtågen ovan. En orsak är att omläggningen i sig medför en kraftig rationalisering och effektivisering som minskar behovet av en hög fyllnadsgrad. Vidare kommer olika begränsningar komma att finnas. Exempelvis är det inte troligt att tågen i någon större omfattning kommer att bli längre än 650 m eftersom det skulle bli för kostsamt att förlänga sidospåren på de mindre och medelstora bangårdar som avses att trafikeras. Allt för långa tåg skulle dessutom lätt bli ohanterliga vid undervägsväxling.

Beträffande fyllnadsgrad är förhållandet att dessa tåg kommer att innehålla en stor del tomma vagnar som skall ställas av, eller har hämtats, vid terminal- och sidospår. En ansats är därför att dessa tåg innehåller lika många tomma som lastade vagnar och att de lastade vagnarnas genomsnittliga fyllnadsgrad uppgår till 80% (se avsnitt 3.4.5). Med en variation av  $\pm 10\%$  i medelfyllnadsgrad innebär detta att dessa tågs medelfyllnadsgrad kommer att ligga på 40% och den för dragkraftsbehovet dimensionerande fyllnadsgraden kommer att uppgå till 50%.

Utifrån matrisen ovan innebär detta att det dimensionerande dragkraftsbehovet, vid 650 m tåglängd och 50% dimensionerande fyllnadsgrad är följande:

- 25 tons axellast innebär dimensionerande tågvikter på 1 350 ton, vid internationell G1-profil på samtliga typvagnar (alternativ 4) samt 1 470 ton när hälften av typvagnarna är utformade enligt svensk C-profil (alternativ 6).
- Vid 27,5 tons axellast (alternativ 8) erhålls en dimensionerande tågvikt på 1 470 ton.

Sammantaget innebär detta att ett framtida dragfordonskoncept som särskilt utvecklas för att användas i linje- och slingtåg, enligt ovanstående ansatser, bör dimensioneras för tågvikter på i storleksordningen 1 500 ton, det vill säga motsvarande ansatsen för dragfordon typ Duo 2 alternativt Duo 1 (se avsnitt 4.8.1).

### *Systemtåg*

Ett systemtåg har vanligen en genomsnittlig fyllnadsgrad på 50% eller strax under 50%. Detta eftersom tåget oftast går med last i en riktning och går tomt i den andra riktningen. Detta innebär att dragkraftsbehovet för tåget beräknas utifrån en fyllnadsgrad på 90-100%. En marknad för systemtåg är vidare lågvärdigt gods med relativt hög densitet. Detta medför att varje tåg vanligen består av vagnar med hög bärighet (boggivagnar) samt att det finns ett uttalat intresse av att varje enskilt tåg har en hög lastkapacitet, eftersom detta är ett sätt att nedbringa kostnaden per transporterad vikts- eller volymenhet.

Enligt den tidigare matrisen för 4-axlig boggivagn av H-utförande (se avsnitt 4.4.3) framgår att de möjliga tågvikterna, med dessa vagnar vid 750 m tåglängd, och axellaster som uppgår till 25 ton, 27,5 ton respektive 30 ton varierar, från 2 900 ton, till 3 300 ton. Här bör dock noteras att tågvikterna begränsas till 3 000 ton om vagnarna är utrustade med skruvkoppel.

För systemtåg finns följande huvudalternativ avseende dragkraft:

- Användning av befintliga Rc4-lok. Multipelkopplade klarar dessa lok tågvikter på 3 200 ton på flertalet linjer söder om Långsele.
- Anskaffning av 6-axliga lok (EG 3100) som klarar en tågviikt på 2 800 ton på flertalet linjer söder om Långsele.
- Anskaffning av 4-axliga duolok vilka multipelkopplade klarar tågvikter på 2 800 ton, för Duo 1, eller 3 200 ton, för Duo 2, på flertalet linjer söder om Långsele.

### **4.8.3 Användning av konventionella dragfordon/lok**

#### *Referensalternativ*

Av intresse är att jämföra olika effekter av införande av ett järnvägsburet system för med ny teknik mot dagens läge och befintlig rullande materiel. I detta skapas ett referensalternativ, vid en axellast på 22,5 ton och en tåglängd på 650 m. Referenslok är i detta fall Rc4 vilket även kan multipelkopplas. Här kan noteras att ett Rc4-lok är 15,5 m långt och klarar tågvikter på upp till 1 600 ton på flertalet linjer söder om Långsele. Multipelkopplade Rc4-lok är även, i ett inledande skede, ett alternativ till samtliga andra dragfordonslösningar. Eftersom dessa 128 lok är tillverkade mellan 1975 och 1982 (medelålder 25 år) måste ett vidareutvecklat system baseras på en generationsväxling och nyanskaffning av dragkraft/lok. Rc4-loken anges även som dragkraft för de tåg som är avpassade för 22,5 tons axellast eftersom de lok som beskrivs nedan har en ansatt axellast på mellan 22,5 och 25 ton och följaktligen inte kan användas på banor där den största tillåtna axellasten är begränsad till 22,5 ton.

#### *Anskaffning av 4-axliga lok*

Ett alternativ vid nyanskaffning av konventionella lok skulle kunna bestå av 4-axliga avsedda för tågvikter på 2 000 ton (typ Bz). Emellertid finns enligt ovan risk för att ett 4-axligt lok inte kan erbjuda tillräcklig dragkraft för ett fjärrtåg, i vagnslastsystemet, med en fyllnadsgrad på 80% respektive ett systemtåg som består av vagnar med hög bärighet (boggivagnar).

#### *Anskaffning av 6-axliga lok*

Om större dragkraft erfordras, än vad ett 4-axligt lok kan erbjuda, kan ett gott alternativ vara att istället anskaffa 6-axliga. De lok som tidigare beskrivits (se avsnitt 3.4.4) är avsedda för tågvikter på 2 800 ton (typ EG 3100), vid en axellast av 22,8 ton. En nackdel med denna loktyp, relativt ett 4-axligt lok (typ Bz), är att den är större och dyrare. Enligt ett tidigare antagande (se avsnitt 3.7.2) är lok av denna typ 40% dyrare att anskaffa än ett 4-axligt lok. Kostnaden för underhåll av löpverket antas vidare vara 40-45% högre, för det 6-axliga loket, medan bemanningskostnaden samt kostnaden för underhåll av utrustning i maskinrummet antas ligga på samma nivå som för ett 4-axligt lok. En ansats är därför att årskostnaden för ett 6-axligt lok är 20% högre för ett modernt 6-axligt lok relativt ett 4-axligt lok.

#### 4.8.4 Användning av alternativa dragfordon/lok

Ett alternativ till 6-axliga lok, är som tidigare omnämnts (se avsnitt 4.4.4) att använda två 4-axliga dragfordon, eller lok, enligt ett nytt koncept, vilka multipelkopplas eller samkörs som en dragenhet. Alternativt kan ett dragfordon placeras främst i tåget och ett annat inne i tåget, där det fjärrstyrs (med radio) från det främre fordonet. En ansats är att på detta sätt skapa en enhet med tillräcklig dragkraft för att hantera tåg med vikter på 2 800 alternativt 3 000 ton.

Vid drift i sling- och linjetåg erbjuder de aktuella fordonen en dragkraft som motsvarar tågvikter på 1 400 alternativt 1 600 ton på flertalet linjer söder om Långsele. Ett antagande är att sling- eller linjetågen har en medelfyllnadsgrad på 40% vilket innebär att dragfordonets, eller lokets, kapacitet bör dimensioneras efter en fyllnadsgrad på 50% (se avsnitt 4.8.2).

En ansats är att årskostnaden för ett dragfordon/lok av denna typ är samma storleksordning som årskostnaden för ett konventionellt 4-axligt lok av typen Bz om de används i samma typ av tjänst och har samma årliga löpsträcka under kontaktledning, det vill säga att dieseldrift ej förekommer. Om dragfordonet i princip används dygnet runt, i fjärrtåg nattetid samt växling, linje- och slingtåg dagtid, antas de årliga drift- och underhållskostnaderna, utöver bemanning öka med 50%. Fjärrtågsdragningen förutsätts i detta fall belastas med halva årskostnaden, vilket innebär 75% av årskostnaden för ett 4-axligt lok av typ Bz. Vid körning med dubbla lok i ett tåg krävs endast bemanning av det ena loket. Detta innebär att kostnaden för dragkraften ökar, men inte fördubblas. Om kostnadsökningen ansätts till 80% medför detta sammantaget att kostnaden för två dragfordon av detta slag i ett fjärrtåg kommer att uppgå till 135% av kostnaden för att använda ett konventionellt 4-axligt lok, typ Bz, eller 70% per lok.

#### 4.8.5 Dragkraftsbehov

En ansats vid kalkylering av ett framtida dragkraftsbehov är att medelfyllnadsgraden för vagnslastsystemets fjärrgodståg kommer att öka, från dagens nivå som bedöms uppgå till 60%, till en medelnivå på 70% i ett järnvägsburet vagnslastsystem med ny teknik (se avsnitt 4.8.2). Variationen antas i detta fall ligga i intervallet 60-80% vilket medför att den dimensionerande fyllnadsgraden förväntas uppgå till 80% för fjärrgodståg. För linje- eller slingtåg bedöms den dimensionerande fyllnadsgraden ligga på till 50% (se avsnitt 4.8.4).

Beträffande 4-axliga dragfordon av ett nytt utförande är en ansats att dessa används som enkla lok i tåg med låg belägningsgrad och dubbelkopplade i tåg med hög belägningsgrad. Detta innebär att variationer i en framtida belägningsgrad i intervallet 60-80% för dessa fordon/lok ansätts enligt villkoret att dubbla dragfordon används vid 80% belägningsgrad och enkla vid 60%. Vidare begränsar tillåten tåglängden tågets storlek och vikt i det första fallet. I det andra fallet begränsas tågets storlek och vikt av antingen tillåten tåglängd eller lokets dragkraft.

I en tabell (se tabell 4.11) jämförs dragkraftsbehoven för att, med fjärrgodståg förflytta en viss mängd gods vid olika axellaster. De aktuella tågen består av en mixad sammansättning av vagnar (se avsnitt 4.8.1) där hälften är utförda enligt europeisk G1-profil och hälften enligt svensk C-profil. Det första referensalternativet (A) utgörs av ett tåg med 22,5 tons axellast, en fyllnadsgrad av 60% samt en tillåten största länd på 650 m. Den utifrån dragkraftbehovet dimensionerande fyllnadsgraden uppgår till 70%. Tåget dras av ett ensamt Rc4-lok.

I nästa referensalternativ (B) har fyllnadsgraden ökat till 70%, vid 22,5 tons axellast och inom en tillåten tåglängd på 650 m. Den dimensionerande fyllnadsgraden uppgår här till 80%.

Alternativ C-E utgörs av tåg med 25 tons axellast, 750 m tillåten tåglängd. Fyllnadsgraden uppgår till 70% och dragkraftsbehovet är dimensionerat efter 80% fyllnadsgrad. Följande dragfordon används:

- I alternativ C används ett modernt 4-axligt lok av Bz-typ som dragkraft.
- I alternativ D används ett 6-axligt lok av 3100-typ som dragkraft.
- I alternativ E används ett 4-axligt dragfordon av typ Duo 2 som dragkraft.

Alternativ F och G utgörs av tåg med 27,5 tons axellast inom en tillåten tåglängd på 750 m. Tågens fyllnadsgrad uppgår till 70% och dragkraftsbehovet är dimensionerat efter 80% fyllnadsgrad. I alternativ F används ett 6-axligt lok av 3100-typ som dragkraft. I alternativ G används ett 4-axligt dragfordon av typ Duo 2 som dragkraft.

I alternativ H och G används enkla dragfordon av typ Duo 2. Fyllnadsgraden och även den dimensionerande fyllnadsgraden har sänkts till 60%. Axellasterna är 25 respektive 27,5 ton. I alternativ I och J används dubbla dragfordon typ Duo. Tågens fyllnadsgrad är ökad till 80% och den dimensionerande fyllnadsgraden har ansatts till 80%. I alternativ F är axellasten 25 ton, medan den i alternativ G ökats till 27,5 ton.

Alternativ	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Typ av lok/ dragfordon	Rc4	Rc4	Bz	3100	Duo 2	3100	Duo 2	Duo 2	Duo 2	2* Duo	2* Duo
Totalt antal drivaxlar	4	4	4	6	4	6	4	4	4	8	8
Axellast (ton)	22,5	22,5	25	25	25	27,5	27,5	25	27,5	25	27,5
Antal vagnar	31	21	33	39	27	35	24	33	26	39	35
Tåglängder: - tillåten (m)	650	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750
- faktisk (m)	600	560	650	740	520	740	520	630	650	740	750
Fyllnads- grad per tåg	60%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	60%	60%	80%	80%
Tågvikt (ton)	1 370	1 390	1 740	2 060	1 420	2 060	1 420	1 590	1 600	2 240	2 210
Lastvikt (ton)	780	840	1 060	1 260	870	1 310	900	910	980	1 440	1 500
<i>Referens:</i> Index för lastvikt.	A <b>100</b>	108	136	162	112	168	115	184	126	168	192
	B -	<b>100</b>	126	150	104	156	107	171	117	156	179
<i>Referens:</i> Index för behov av dragkraft	A <b>100</b>	93	74	62	90	60	87	87	80	109	104
	B -	<b>100</b>	79	67	96	64	93	92	86	117	112

\* Grov ansats om att antalet tågrörelser sjunker proportionellt mot en ökad lastvikt i tågen samt att dragkraftsbehovet är proportionellt mot antalet tågrörelser per trafikdygn.

Tabell 4.11 Jämförelse mellan olika typer av dragfordon vid olika tåglängder och tågvikter

I en första kalkylering av det framtida dragkraftsbehovet är ett antagande att den godsmängd som transporteras med befintliga tåg, enligt alternativ A ovan, kan fördelas om till respektive aktuellt alternativ (C – G) där effektiviseringar har skett genom en ökad fyllnadsgrad, från 60% till 70%, genom att de tillåtna tåglängderna ökas, från 650 till 750 m, samt genom ökade tillåtna axellaster (se ovan).

Utifrån tabell 4.11 kan en grov beräkning göras av hur det framtida dragkraftsbehovet kan se ut hos en operatör vid en bibehållen godsvolym. Ett exempel är i detta fall Green Cargo som idag förfogar över ungefär 220 eldrivna linjelok av Rc/Rm-typ (se avsnitt 2.8.7). Dagens driftförutsättning är 22,5 tons axellast och en tillåten tåglängd på 650 m (alternativ A ovan). Vid en omfördelning av dragkraft är ett utgångsantagande att om som mest 90% av alla lok vore igång samtidigt och drog ett tåg skulle den teoretiska godsmängd som samtidigt vore i rörelse uppgå till 154 540 ton (= 0,90 x 220 x 780 ton). Denna godsmängd divideras med den lastvikt som angivits för alternativen C – G ovan, vid höjda axellaster, till 25 respektive 27,5 ton, och en ökad tåglängd till 750 m. Vidare har av ett dragkraftsalternativ H+J med en genomsnittlig fyllnadsgrad på 70% erhållits genom att alternativ H, med 80% fyllnadsgrad, vägts samman med alternativ I, med 60% fyllnadsgrad. Detta har skett genom det förenklade antagandet att halva den aktuella godsmängden, det vill säga 77 220 ton, kommer att transporteras i tåg med 60% fyllnadsgrad och den andra hälften transporteras i tåg med 80% fyllnadsgrad. På samma sätt har dragkraftsalternativet I+K skapats.

Alternativ	C	D	E	H+J	F	G	I+K
Axellast	25 ton				27,5 ton		
Fyllnadsgrad (medeltal)	70%						
Behov av nya lok vid ersättning av Rc/Rm	160	130	180	190	120	170	180
Förändring av antalet eldrivna linjelok (från 220)	-60	-90	-40	-30	-100	-50	-40
Relativ förändring	-27%	-41%	-18%	-14%	-45%	-23%	-18%

Tabell 4.12 Beräknat behov nya eldrivna dragfordon, eller lok, som kommer att krävas vid en bibehållen nyttjandegrad av 90%

I tabell 4.12 har en grov förenkling gjorts genom att det förutsätts att insats av större lok, med ökad dragkraft, medför att tågen blir större och att antalet tåg minskar. Förenklingen består i ett antagande om antalet tåg minskar omvänt proportionellt mot hur mycket större tågen blir. Lokparkens numerär antas minska proportionellt mot minskningen av antalet tåg. Vidare förutsätts att varje nytt lok, enligt alternativen C, D och H, kommer att prestera samma tjänstgöringstid och årlig löpsträcka (kilometertal) som de äldre lok de ersätter.

Båda antagandena innehåller under- och överskattningar som antages ta ut varandra. Enligt det första antagandet är det vid en omläggning mot färre och större tåg det inte möjligt att låta samtliga tåg i systemet växa i samma omfattning. Detta eftersom det i vissa relationer inte finns tillräckligt med gods för att det skall vara möjligt att fördela om godset till ett färre antal tåg som är större tåg än de tidigare. Detta medför att antalet tågrörelser i systemet inte minskar med omvänd proportionalitet mot ökningen av lokens dragkraft. En motsägelse i det andra antagandet är att nya lok fordrar mindre tillsyn och underhåll än de befintliga loken. De är dessutom med stor sannolikhet mer tillförlitliga. Detta medför att den årliga löpsträckan per lok kommer att öka vilket medför att dessa lok hinner dra fler tåg per år än befintliga lok.

## 4.8.7 Kostnader

Tabell 4.11 kan användas som underlag för en ekonomisk jämförelse av olika alternativ vid anskaffning av dragkraft för ett järnvägsburet system med ny teknik. Jämförelserna i tabellen ovan indikerar att tydliga fördelar allmänt föreligger vid nyanskaffning av rullande materiel i form av dragkraft/lok. Resultaten i tabellen bör emellertid kompletteras med information som visar att alternativen C, D och H, i huvudsak kommer att prestera samma tjänstgöringstid och årlig löpsträcka (kilometertal) som de äldre lok, främst Rc4, som de ersätter. De besparingar som förväntas bli en följd den rationalisering som uppstår kommer därmed att inskränkas till den minskning av antalet linjelok som tabellen visar.

En jämförelse kan även göras av kostnaderna för olika typer av dragkraft. Tidigare i denna rapport har kostnaderna mellan Rc4-lok samt nya 4- respektive 6-axliga lok jämförts (se avsnitt 3.7.2). Här görs i ett första steg en enkel ansats om den relativa årskostnaden för 4-axliga lok är 1, vilket gäller både för Rc4-lok, nya ellok typ Bz. Enligt tidigare resonemang uppgår årskostnaden för ett 6-axligt lok till 1,2. Det kan i sammanhanget nämnas att ett 6-axligt lok bedöms vara 40% dyrare i anskaffning än ett modernt 6-axligt lok. För det nya enhetliga dragkraftssystemet har årskostnaden ansatts till 0,7 efter en bedömning som baseras på föresatsen att detta fordon kan användas under större delen av dygnet, både för fjärrtåg, sling- eller linjetåg samt växling och rangering (se avsnitt 4.8.4).

Alternativ	A	C	D	E	H+J	F	G	I+K
Typ av dragfordon/lok	Rc4	Bz	3100	Duo	Duo	3100	Duo	Duo
Index för antal dragfordon/lok	100	73	59	82	76	55	77	72
Index avseende årskostnad för dragfordon/lok	100	100	120	70	70	120	70	70
Index för dragkraftskostnad utifrån alternativ A	<b>100</b>	74	71	57	53	66	54	50
Index för dragkraftskostnad utifrån alternativ C	-	<b>100</b>	96	77	72	89	73	68

Tabell 4.13 Dragkraftbehov enligt tabell 4.11 omräknat till kostnader, med hjälp av relationstal från tabell 4.12

Av tabell 4.13 framgår att 6-axliga lok, typ 3100, inte påvisar någon tydlig ekonomisk fördel gentemot 4-axliga ellok, typ Bz. Dragfordon typ Duo, det vill säga att nytt enhetligt dragkraftssystem, indikerar däremot stora ekonomiska fördelar och bör studeras närmare. Av intresse är även att göra en övergripande jämförelse av de aktuella lokparkerna där även terminallok inräknas. För alternativen E, G, H, I, J och K är som tidigare nämnts en målsättning att de dragfordon, eller lok, som anskaffas ersätter ett större antal terminallok. Av största intresse är därför att genomföra en utökad jämförelse som även inkluderar ett utbyte av terminallok samt, vid en anskaffning av ett nytt dragkraftssystem, även medför en kraftig minskning av antalet terminallok i det svenska järnvägssystemet. Även i detta fall får Green Cargos befintliga lokpark utgöra ett åskådningsexempel.

I en ansats (se tabell 4.14) förutsätts att antalet terminallok, hos Green Cargo, att kan minskas till ungefär en tredjedel av dagens lokpark, om ett nytt enhetligt dragkraftssystem införs. Detta skulle medföra en minskning av antalet terminallok från 220 till 70 enheter.

En ansats i är att i framtiden hålla en hög täckningsgrad avseende industri- och sidospår vilket medför att en stor del av terminalloken bibehållas om konventionella linjelok, typ Bz eller 3100, anskaffas. I detta fall förutspås att antalet terminallok minska med 20% till 180 enheter.

Alternativ	C	D	E	H+J	F	G	I+K
Aktuell ny dragfordons-/loktyp	Bz	3100	Duo	Duo	3100	Duo	Duo
Behov av nya lok vid ersättning av Rc/Rm	160	130	180	190	120	170	180
Aktuellt antal terminallok	180	180	70	70	180	70	70
Total lokpark (befintlig lokpark: 440 enheter)	340	310	250	260	300	240	250
Total lokpark relativt befintlig lokpark	77%	70%	57%	59%	68%	55%	57%

Tabell 4.14 Behov av nya lok enligt olika alternativ för sammansättning av ny lokpark

Kostnaden för att anskaffa ett terminallok antas uppgå till 70% av kostnaden för ett 4-axligt linjelok, typ Bz. Dessa värden kan omräknas till index för nyinvesteringskostnader, där lok av typerna Bz och Duo kostar 100, typ 3100 kostar 140 samt ett terminallok 70 (se tabell 4.15). Av tabellen framgår tydligt att anskaffning av 6-axliga lok är av mindre intresse samt att ett nytt enhetligt dragkraftssystem är av stort intresse när ett utbyte av terminallok aktualiseras.

Alternativ	C	D	F	E	G	H+J	I+K
Aktuell ny dragfordons-/loktyp	Bz	3100		Duo		Duo	
- Aktuellt antal dragfordon/lok	160	130	120	180	170	190	180
- Index för anskaffningskostnad per enhet	100	140		100			
Total anskaffningskostnad för aktuell typ av dragfordon/linjelok	160	182	168	180	170	190	180
- Aktuellt antal terminallok	180	180		70		70	
- Index för anskaffningskostnad per terminallok				70			
Anskaffningskostnad för nya terminallok	126	126		49		49	
Total anskaffningskostnad för ny lokpark	286	308	294	229	219	249	229
Index avseende kostnad för ny lokpark	100	108	103	80	77	84	80

Tabell 4.15 Index för avseende kostnader för en ny dragfordons- eller lokpark

#### 4.8.8 Val av dragkraft i ett järnvägsburet system med ny teknik

En slutsats som kan dras av jämförelserna i föregående stycke är att 6-axliga lok är tämligen ointressanta för ett framtida vagnslastssystem eftersom de indikerar en högre dragkraftskostnad i systemet än samtliga alternativ med 4-axliga lok. 6-axliga lok kan däremot vara av intresse för vissa systemtågstransporter. Av matrisen ovan (se avsnitt 4.8.1) framgår emellertid att ett 6-axligt lok inte har tillräcklig dragkraft för de tyngsta systemtågen. Istället krävs två 4-axliga lok för att klara dessa tåg. Detta innebär att 6-axliga lok endast är en lösning för medeltunga systemtåg medan enkla 4-axliga lok kan användas för de lättare systemtågen. Detta indikerar att det inte finns någon plattform för 6-axliga lok i ett järnvägsburet system med ny teknik.

Jämförelserna visar även att ett synnerligen intressant framtida utvecklingssteg består i att ta fram nya 4-axliga dragfordon som kan användas i fjärrgodståg, sling- och linjetåg samt vid rangering och terminalväxling. Ett sådant dragfordon eller lok (se avsnitt 4.4.4) utformas så att de vid linjedrift kan elmatas från kontaktledning samt erhålla energi från annan källa när det, med begränsat energiuttag, används på bangårdar och sidospår där kontaktledning saknas.

## 5. Kombisystem med lastbilsforsling av lösa lastbärare

### 5.1 Allmänt

En vidareutveckling av ett konventionellt vagnslastsystem (se kapitel 3) förväntas medföra en koncentration av vagnslasttrafiken till ett färre antal industrispår och terminaler, än idag, och en därav följande försämring av systemets geografiska yttäckning. En konsekvens av detta, blir sannolikt att en rad transportuppdrag och kunder måste avvecklas och släppas till andra transportslag. Eftersom järnvägsbaserade transportsystem har stordriftsfördelar riskerar en avtappning transportuppdrag och kunder att tunna ut underlaget för hela vagnslastsystemet.

En god geografisk yttäckning hos ett järnvägsbaserat transportsystem förmodas kunna skapas genom ett flexibelt system av anslutande lastbilstransporter i kombination med rationella och kostnadseffektiva metoder för omlastning av lastbärarenheter vid järnvägsterminaler. En avsikt med detta är att kunna erbjuda transportköpare som saknar spåranslutning, eller i en framtid kommer att förlora sin spåranslutning, en långsiktig tillgång till järnvägnätet.

En avsikt är att utifrån ett vidareutvecklat järnvägsburet transportsystem, kompletterat med ett system för lastbilsforsling av lösa lastbärare, skapa underlag och förutsättningar för följande:

- Ett bra trafikunderlag för effektiva upplägg av systemtåg och systemtågsliknande lösningar som kan trafikera ett stomjärnvägsnät av hög standard och med hög kapacitet.
- En fokusering av de järnvägsburna godstransporter, som utförs genom direktlastning i järnvägsvagn, till ett begränsat antal repetitiva flöden som förmodas ge underlag för transportlösningar av systemtågskaraktär alternativt större sammanhållna vagngrupper.
- Att koncentrera det kapillära bannätet och avveckla de industrispår och liknande som inte används för repetitiva transporter med vagnslast och systemtågsliknande transportupplägg.
- Avveckla flertalet lokala lastplatser och mindre terminaler som inte frekvent används för vagnslasttrafik med stora vagngrupper, systemtåg och systemtågsliknande transporter.
- Att till stora delar avveckla de delar av dagens vagnslastsystem som främst innefattar förflyttning av enstaka vagnar och mindre vagngrupper mellan mindre lastplatser och terminaler respektive mindre frekventerade industrispår.
- Att utveckla system för kombinerade transporter, benämnda intermodala transportsystem, både avseende de befintliga systemen för tunga intermodala lastbärare och genom en introduktion av nya system som är avpassade för mindre och/eller medelstora lastbärare.
- Att utveckla ett system med små och kostnadseffektiva omlastningsplatser, eller terminaler, som anordnas i anslutning till mindre och medelstora järnvägsterminaler.
- Att utveckla ett nytt produktionssystem för kombinerade transporter som i väsentlig grad minskar transport- och hanteringskostnaderna för små och medelstora lastbärare.

Målsättningen med den utveckling de insatser som beskrivs ovan är följande:

- Att sträva efter att upprätthålla en bra yttäckning för järnvägsbaserade transportlösningar genom att erbjuda ett väl utbyggt system för kombinerade transporter.
- Att sträva efter att de befintliga kunderna i vagnslastsystemet även kan bibehållas efter en omläggning till en koncentrerad vagnslasttrafik och en utökad systemtågstrafik.

## 5.2 Beståndsdelar i kombisystem som kompletterar ett vidareutvecklat järnvägsburet transportsystem

En geografisk yttäckning för ett koncentrerat, vidareutvecklat järnvägsburet transportsystem kan åstadkommas genom att systemet kompletteras med följande transportlösningar:

- Ett konventionellt kombisystem som är inriktat mot en bred flora av lastbärare, från växelflak till påhängsvagnar, och som i Sverige främst drivs av Rail Combi.
- Ett framtida system, under arbetsnamnet Flexikombi, som baseras på heltåg, benämnda linjetåg, vilka helt eller delvis lastas om underväg, vid mellanliggande terminaler som förutsätts vara av enkelt utförande och erbjuder snabba lastnings- och lossningsoperationer till låg kostnad. En förutsättning för detta nya kombisystem är att floran av lastbärare i systemet kan begränsas avseende vikt, dimension och hanteringsmetoder (se nedan).
- Ett system som avseende trafikupplägg baseras på ett vidareutvecklat och koncentrerat vagnlastsystem som är kompatibelt med och kan samköras med de båda systemen ovan. Detta system anpassas efter att omlastningar, mellan lastbil och järnvägsvagn, skall kunna utföras på ett kostnadseffektivt sätt, med enkla hanteringshjälpmedel på ett flertal av de orter där större och medelstora järnvägsterminaler i framtiden avses att vara lokaliserade. Även i detta system avses antalet ingående lastbärartyper att begränsas (se nedan).

## 5.3 Aktuella typer av lastbärare och hanteringsmetoder i svenska kombisystem

### 5.3.1 Grundkrav på lastbärare

De typer av lastbärare som förekommer vid kombitransporter, eller inom olika intermodala transportsystem, har ursprungligen utformats utifrån behov och begränsningar hos järnväg, sjöfart och vägtransport. Dessa transportslags krav på lastbärare är bland annat följande:

- *Sjöfart*  
Standardiserade yttre format, i första hand avseende längd och bredd samt staplingsbarhet ombord på fartyg och vid mellanlagring i hamn. Vidare skall det vara möjligt att topplyfta lastbärare samt att transportera dessa på väg- eller järnväg, till och från hamnar.
- *Järnväg*  
Ett minimikrav på kombilastbärare som anpassas för järnvägstransporter är att de lastade på för ändamålet avpassade järnvägsvagnar skall klara järnvägens lastprofil. Bärigheten hos dessa vagnar skall vidare kunna utnyttjas på ett effektivt sätt. Kostnadseffektiva vagnkonstruktioner med låg egenvikt skall kunna nyttjas. Det är även önskvärt att kombilastbärare skall kunna hanteras under kontaktledning.
- *Vägtransport*  
Ett krav vid vägtransport av kombilastbärare är att de vägfordon som används för dessa transporter skall klara gällande dimensions- och bruttoviktsbestämmelser när de är lastade med en, eller flera, fullt utlastade kombilastbärare. Det är även önskvärt att kunna lasta och ställa av lastbärare direkt till/från vägfordon. Vidare eftersträvas låg egenvikt, vilket även kallas tara, hos lastbäraren.

### 5.3.2 Aktuella typer av lastbärare

Med enhetslastbärare för intermodal transport avses stora standardiserade lastbärare, som är avpassade för att kunna transporteras på land, på lastbil eller på järnvägsvagn, samt för att i vissa fall även kunna transporteras till sjöss, med fartyg. Stora lastbärare kan, enligt Bark et al (2002/3), delas in i följande huvudgrupper:

- Container, byggd enligt ISO-standard (se bild 5.1).
- Väckelflak, främst byggda enligt CEN-standard (se bild 5.2).
- Andra lastbärartyper såsom rullflak och påhängsvagnar (se bild 5.3 samt 5.4).



Bild 5.1 40 fots container (Bild: Kalmar Industries)



Bild 5.2 Stödbensflak som hämtas av eller ställs av från lastbil (Bild: Schenker)

Medan grupperna container och väckelflak har väl utarbetade standarder, saknas till stor del flernationell standard för andra lastbärartyper såsom rullflak och påhängsvagnar. Standarden för såväl ISO-container som CEN-väckelflak omfattar bland annat:

- Dimensioner och anslutningsmått för hantering respektive säkring av lastbäraren
- Högst tillåtna bruttovikter
- Definitioner och märkning
- Utformning för speciella varuslag



*Bild 5.3 Påhängsvagn med lyftbeslag för kombitransport (gula markeringar över stödben respektive mittaxel) (Bild: TiP Trailer Rental)*



*Bild 5.4 Griparsyftning av påhängsvagn i dess hörnbeslag*

### 5.3.3 Container

Med en container avses en stor standardiserad lastbärare, som är avpassad för att kunna transporteras till sjöss och på land med såväl lastbil som på järnvägsvagn. Containern är utformad utifrån sjöfartens krav vilket innebär att den är staplingsbar upp till 6 fullastade enheter i höjd samt kan topplyftas i så kallade hörnlådor.

Med container avses här en lastbärare utförd enligt den internationella standard, Freight Containers som ISO rekommenderat, och som accepterats och tillämpas världen över. En container benämns ofta ISO-container, för att sammankoppla den med denna standard. Standarden föreskriver bland annat vissa dimensioner, ursprungligen måttsatta i fot varför de skilda containerlängderna beskrivs med dessa nominella längder i fot:

- Längderna är 40 fot, 30 fot, 20 fot och 10 fot, betecknade respektive A, B, C och D
- Bredderna är samtliga 8 fot (2 438 mm)

Höjderna finns detaljerat standardiserade för de tre höjderna 8 fot, 8 1/2 fot samt 9 fot. Även höjder mindre, än 8 fot, är möjliga inom standarden. Exempel halvhöga tankcontainers (4 fot höga), som är avsedda för gods med hög densitet. Inom A-klassen förekommer även andra längder såsom 45 fot (13,5 m) samt 48 fot (14,4 m). Dessa containerdimensioner omfattas ej av ISO-standard. För att uppnå en enhetlig beteckning av containers, där såväl längd som höjd anges, har det i ISO-standarderna införts standardiserade beteckningar (se figur 5.5)

Nominell containerlängd		Nominell containerhöjd				Bruttovikt
		8 fot 2 438 mm	8 fot 6 tum 2 591 mm	9 fot 6 tum 2 896 mm	Annan höjd* < 2 438 mm	
m	fot					
12	40	1A	1AA	1AAA	1AX	30 480 kg
9	30	1B	1BB	1BBB	1BX	25 400 kg
6	20	1C	1CC	-	1CX	24 000 kg**
3	10	1D	-	-	1DX	10 160 kg

Alla enheter har en nominell bredd av 8 fot, eller 2 438 mm  
 \* Med annan höjd avses en höjd mindre än 8 fot  
 \*\* För tankcontainer tillåts en bruttovikt på 30 480 kg

Figur 5.5 Standardiserade beteckningar för container enligt ISO-standard

### 5.3.4 Påhängsvagn

En påhängsvagn, även kallad trailer eller semi-trailer, är ett efterfordon som är försett med en dragtapp vilken som kopplas till en dragbil som är utrustad med en speciell draganordning i form av en vändskiva. Genom denna kopplingsanordning, överför påhängsvagnen del av sin massa till dragbilen. Alternativt kan påhängsvagnen kopplas till en speciell framvagn, även kallad dolly. Tillsammans utgör då påhängsvagn och dolly, i princip, en släpvagn.

En påhängsvagn består vanligen av ett ramverk, en påbyggnad samt ett hjulställe med oftast två eller tre axlar. De påhängsvagnar som skall kunna användas vid intermodala transporter, eller kombitransporter (och lyftas upp på järnvägsvagnar), utrustas med särskilda lyftbeslag. I flertalet länder inom EU-området är 13,6 m (se avsnitt 2.4.2) den största tillåtna längden för påhängsvagnar. Undantaget är bland annat Finland och Sverige där längre påhängsvagnar är tillåtna och även vanligt förekommande.

### 5.3.5 Växelflak

Med växelflak avses, enligt EUs direktiv nr 75/130/EEC, den del av ett fordon på vilken gods transporteras, som kan skiljas från fordonet och sedan kopplas på igen. Växelflak är inte lika hårt standardiserade som containers utan är istället främst kopplade till standarder som baseras på tillåtna mått i vägtrafikförordningarna. Den generella bredden på europeiska växelflak är 2,50 m. Med denna bredd ryms 2 alternativt 3 EUR-pallar i bredd beroende på hur de används. I Sverige tillåts en fordonsbredd på 2,60 m vilket medfört att en stor del av de flak som används i svensk inrikestrafik har denna bredd.

Ett växelflak består i sin grundform av en ram med någon form av påbyggnad och är vanligen konstruerat som ett lastbilsflak och kan lyftas av, med lyfthjälpmiddel, eller ställas av på stödben. Växelflak förekommer i ett stort antal längder från 6,06 m (20 fot) och uppåt. Den av CEN utarbetade växelflaksstandarden bygger, enligt Bark et al (2002/3), antingen på ett långt flak av A-klass som transporteras med dragbil och påhängsvagn (se figur 2.1, avsnitt 2.4.2), vilka uppfyller EUs normerade krav på fordonskombinationer, eller på växelflak av C-klass vilka kan transporteras två och två på en lastbil med släp (se figur 2.2, avsnitt 2.4.2).

Växelflak är inte lika hårt standardiserade som containers utan är istället främst kopplade till standarder som baseras på tillåtna mått i vägtrafikförordningarna. Den generella bredden på europeiska växelflak är 2,50 m. Detta rymmer 2 alternativt 3 EUR-pallar i bredd beroende på hur de används. I Sverige tillåts en fordonsbredd på 2,60 m vilket medfört att en stor del av de flak som används i svensk inrikestrafik har denna bredd. För växelflak gäller standarderna SS-EN 452 (A-klass) respektive SS-EN 284 (C-klass), för vikt och dimensioner (se figur 5.6).

Typbeteckning	Totallängd (mm)	Avstånd mellan hörnlådor (mm)	Generell höjd (mm)	Generell bredd (mm)	Bruttovikt (ton)
A 1 219	12 129	11 985 (40 fot)	2 670*	2 500/ 2 550 *	34
A 1 250	12 500				
A 1 360	13 600				
C 715	7 150	5 853 (20 fot)			16
C 745	7 450				
C 782	7 820				

\*\* Inom EU uppgår den generellt tillåtna fordonshöjden till 4,0 m  
 \* Beslut har fattats om att breddmättet skall ändras till 2 550 mm som är generell EU-norm för vägfordon (observera att EU tillåter 2 600 mm för isolerad påbyggnad).

Figur 5.6 Standard för vikt och dimension hos växelflak klass A respektive klass C

### 5.3.6 Aktuella hanteringsmetoder för kombitransporter i Sverige

#### Hanteringsprinciper vid omlastning mellan lastbil och järnvägsvagn

Omlastning av lastbärare mellan lastbil och järnvägsvagn, eller omvänt, kan ske enligt någon av de grundläggande principerna lyftande överföring eller direktöverföring.

Lyftande överföring kan ske på följande sätt:

- Genom gaffellyft med truck
- Topplyft med hjälp av kran eller truck
- Griparmslyft med hjälp av kran eller truck

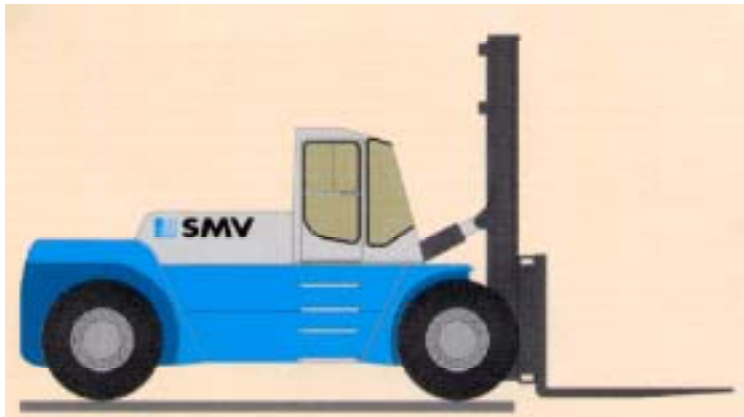
Direktöverföring kan ske på följande sätt:

- Med hjälp av vridbara lastramar på en järnvägsvagn samt en lastbil, eller specialtruck, med lastväxlarutrustning för rullflakshantering
- Sidoöverföring där olika demonstrationsprojekt genomförts, varav det mest kända är CCT (CarConTrain)

### *Lastbärrarhantering med gaffeltruck*

För att kunna hanteras med en gaffeltruck måste en lastbärare vara utrustad med gaffeltunnlar (se bild 5.8). Dessa förekommer på containers och växelflak med 20 fots underrede (C-klass).

Denna typ av hantering kräver enklast möjliga utrustning på trucken samt medför ringa extra egenvikt för hanteringsanordningen. En nackdel med denna hanteringsmetod är att lastbäraren lutar mot trucken när denna förflyttas. Detta för att undvika att lastbäraren glider av gaffeln. Lutningen av lastbäraren kan under ogynnsamma omständigheter medföra risker att lasten förskjuts i lastbäraren och/eller att lastbäraren skadas.



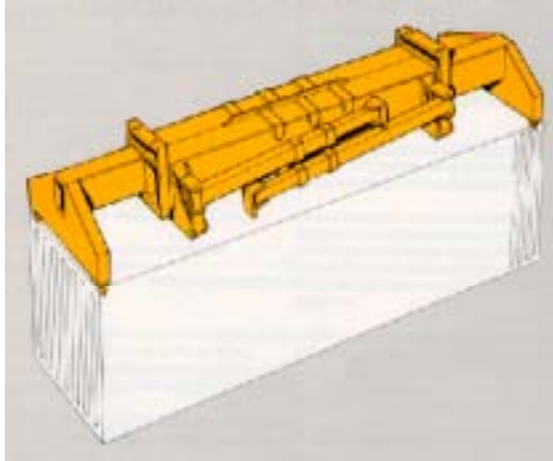
*Bild 5.7 Gaffeltruck – sidovy (Bild: SMV Lifttrucks)*



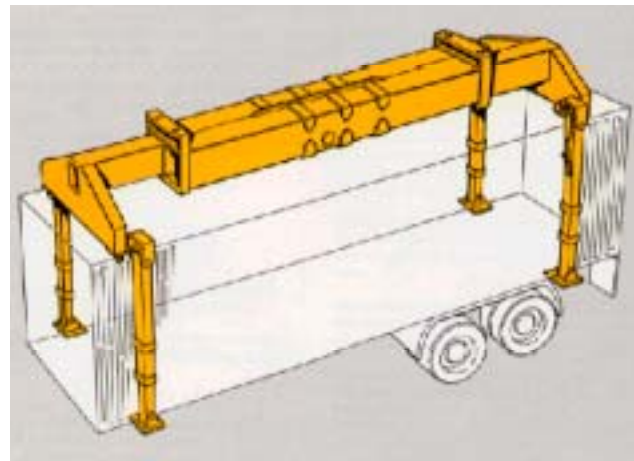
*Bild 5.8 Hantering av växelflak med hjälp av gaffeltruck (Bild: SJ Frakthandbok 1988-04)*

***Lastbärarhantering med topplyft respektive griparmslyft***

Principen för topplyftning är att lyftanordningen greppar lastbärarens, i detta fall containerns, övre hörnlådor (se bild 5.9). Principen för griparmslyftning (se bild 5.10) är att fällbara griparmar på kranens eller truckens lyftok greppar särskilda lyftbeslag som är permanent anbringade på en påhängsvagns eller ett växelflaks ramverk (se bild 5.4).



*Bild 5.9 Topplyftning av container med kombinationsok med uppfällda griparmar (Bild: ELME)*



*Bild 5.10 Griparmslyftning av påhängsvagn med hjälp av kombinationsok med nedfällda griparmar (Bild: ELME)*

Vid hantering av stora lastbärare, med hjälp av topplyftok, griparmsok, eller kombinationsok som kan användas för både topplyftning och griparmslyftning, används vanligen tunga truckar eller portalkranar (se bild 5.11).



*Bild 5.11 Portalkranar för hantering av containers och påhängsvagnar vid kombiterminal (Bild: Kalmar Industries)*

De tunga truckarna är vanligen av så kallad reach-stackertyp vilket innebär dess lyftok är roterbart och fripendlande upphängt i en utskjutbar lyftbom (se bild 5.12).



*Bild 5.12 Topplyftning av container med truck (Bild: Kalmar Industries)*

### ***Direktöverföring av lastbärare***

Grundprincipen vid direktöverföring är att lastbäraren skjuts eller rullas mellan en lastbil och en järnvägsvagn. Rullflak kan direktöverföras mellan en lastbil, vilken är utrustad med en lastväxlarutrustning, och en järnvägsvagn om järnvägsvagnen är utrustad med en eller flera vridbara lastramar (se bild 5.13 och 5.14).



*Bild 5.13 Direktöverföring av rullflak mellan lastbil utrustad med lastväxlare och järnvägsvagn försedd med vridbar lastram (Bild: Hiab)*



*Bild 5.14 Järnvägsvagn försedd med vridbara lastramar för rullflakshantering. Vagnen är lastad med två rullflak*

En annan variant för direktöverföring av lastbärare är att dessa förflyttas i sidled mellan lastbil och järnvägsvagn, till exempel med hjälp av en terminalbunden lastväxlaranordning såsom CCT Plus (se figur 5.15).

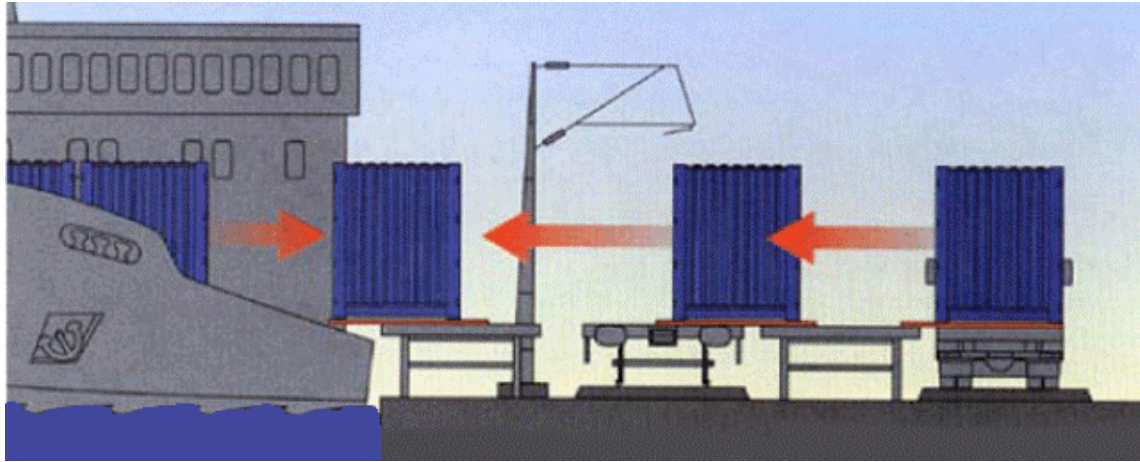


Bild 5.15 Principskiss för direktöverföring i sidled av lastbärare mellan järnvägsvagn och lastbil respektive fartyg med hjälp CCT Plus överföringssystem (Bild: CCT)

### 5.3.7 Kostnadsjämförelser mellan olika hanteringsmetoder

Den utrustning och de metoder för hantering, av olika typer av enhetslastbärare, i samband med kombitrafik som beskrivits ovan (se avsnitt 5.3.6) erbjuder olika för- och nackdelar till olika kostnadsnivåer. Generellt är det dyrare att anskaffa utrustning som kan hantera både tunga och lätta lastbärare. Det är även mera kostsamt att iordningställa infrastruktur för tyngre hanteringsutrustning.

Om spektrat av lastbärare som skall hanteras med en viss utrustning eller inom en viss terminal kan begränsas finns det även goda möjligheter att minska styckekostnaden för hantering av främst lättare lastbärare. Det är därför av intresse att inledningsvis på ett enkelt sätt jämföra kostnaderna för att anskaffa och använda följande typer av hanteringsutrustning:

- Gaffeltruck med 20 tons lyftkapacitet avpassad för hantering av C-klass växelflak med en bruttovikt av maximalt 16 ton.
- Gaffeltruck med 28 tons lyftkapacitet avpassad för gaffelhantering av C-klass lastbärare, såsom 20 fots ISO-containers, med en bruttovikt av upp till 24 ton.
- Gaffeltruck med topplyftok och 32 tons lyftkapacitet under lyftok, främst avpassad för hantering av ISO-containers klass A, B och C samt, om lyftoket hakas av, för gaffelhantering av C-klass växelflak.
- Reach-stacker med kombinationslyftok och 45 tons lyftkapacitet som kan hantera samtliga typer av lastbärare som förekommer i svensk kombitrafik.
- Gummihjulsburen dieseldriven portalkran med kombinationsok och 45 tons lyftkapacitet (se bild 5.9) som kan hantera samtliga lastbärare som förekommer i svensk kombitrafik.

Kostnadsjämförelsen (se tabell 5.16) baseras på uppgifter från Kalmar Industries (Johansson 2002) samt tidigare av Leander (1996) insamlade data som här är uppdaterade med KPI.

Hanterings- utrustning	Lyft- kapa- citet (ton)	Största axellast (ton)	Anskaffningskostnad			Livs- längd (år)	UH- kostnad (kr/tim)	Bränsleför- brukning (l/tim)
			(kkr)	Index utifrån:				
				Portal- kran	Reach- stacker			
Portalkran	45	-	11 500	100	-	20	270	15
Reach-stacker	45	110	5 200	45	100	10	87	22
Gaffeltruck med topplyftok	32	85	3 000	26	58		63	18
Gaffeltruck	28	60	1 800	16	35		41	13
Gaffeltruck	20	45	1 300	11	25			

Tabell 5.16 Kostnadsjämförelser för olika typer av intermodal hanteringsutrustning

Av insamlade data framgår, enligt Bark et al (1990), vidare att tidsåtgången per lastbärare, vid en repetitiv, eller upprepad, hantering av lastbärare i samband med omlastning mellan lastbil och järnvägsvagn, även benämnd cykel- eller hanteringstid, har beräknats, eller uppskattats, till 3 minuter vid hantering med truck och 2,5 minuter med portalkran.

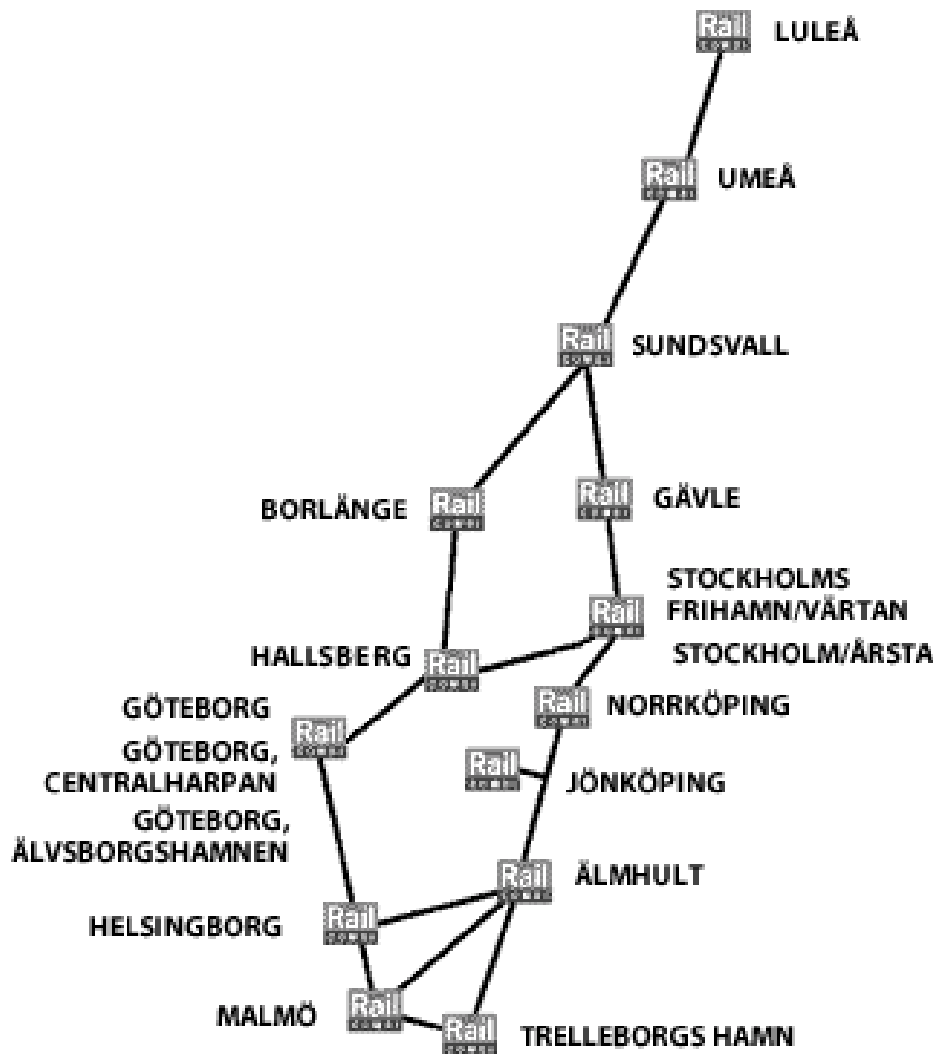
Jämförelsen i tabell 5.14 indikerar att gaffeltruck är en kostnadseffektiv hanteringsmetod samt att kostnaderna stiger kraftigt när en lyftkapacitet på 45 ton efterfrågas tillsammans med en möjlighet att hantera alla typer av lastbärare som förekommer i det svenska kombisystemet. Vidare kräver dessa hanteringsmetoder att terminalytorna har en hög bärighet. För en truck med 45 tons lyftkapacitet erhålls med full last en axellast på 110 ton. För portalkranar med gummihjul krävs likaså underlag av god beskaffenhet, vanligen i form betongkörbanor.

## 5.4 Befintligt system för kombinerade transporter i Sverige

Den dominerande skandinaviska operatören av intermodala transporter, vilka även benämns kombitransporter, är RailCombi som ägs svenska Green Cargo samt norska Cargo Net. I Sverige trafikeras 16 terminaler, belägna i 13 tätorter (se figur 5.17).

Det befintliga kombisystemet, opererat av RailCombi, är ett så kallat tungkombisystem, vilket innebär att det är avsett att vid flertalet terminaler klara hantering av samtliga typer av lastbärare som beskrivits ovan (se avsnitt 5.3), med undantag av rullflak. I detta kombisystem är topp- respektive griparmslyftning (se avsnitt 5.3.6) de vanligaste hanteringsmetoderna. Hanteringsutrustningen är dimensionerad för att klara de tyngsta lastbärarna som förekommer i systemet vilket i praktiken innebär att de skall klara att lyfta påhängsvagnar med en bruttovikt av 45 ton. För en motviktstruck av reach-stackertyp innebär detta, om lastbäraren hanteras med ett lyftok med en egenvikt av 10 ton, en axellast på 110 ton. Detta ställer i sin tur mycket höga krav på underlaget vid de terminaler där dessa truckar används.

Eftersom hanteringskostnaden på terminalerna vanligen beräknas som en självkostnad för att lasta om en lastbärare mellan lastbil och järnvägsvagn, oavsett lastbärarens storlek, medför den samlade hanteringen av stora och små lastbärare att de mindre lastbärarna, debiteras oproportionerligt höga omlastningskostnader. Ett exempel som kan nämnas är att ett C-klass växelflak, med en bruttovikt av 16 ton (se avsnitt 5.3) ofta hanteras med samma utrustning som en påhängsvagn med en bruttovikt av i storleksordningen 33–45 ton.



Figur 5.17 Rail Combi terminalnät i Sverige 2004 (Figur: RailCombi)

Utöver Rail Combi bedriver Göteborgs Hamn AB ett antal så kallade skyttlar mellan hamnen i Göteborg och ett antal orter i Sverige. Även dessa system är att betrakta som tungkombi. Ett flertal av dessa skyttlar trafikerar Rail Combis inlandsterminaler och drivs i samarbete med Rail Combi. Andra operatörer är BK Tåg, Green Cargo och TGOJ Trafik. De orter, utöver de ovan nämnda, som har kombiterminaler som betjänar detta system är följande:

- Eskilstuna
- Insjön
- Karlstad (Vänerexpressen)
- Södertälje

Sammanget bedrivs i Sverige frekvent tungkombitrafik på 16 orter och minst 20 terminaler. Utöver detta förekommer att heltåg och vagngrupper med kombilastbärare lastas och lossas på industrispår inom olika industrianläggningar. Exempel på detta är Volvos fabriker i Olofström samt Torslandaverken i Göteborg. Vidare förekommer omlastning av kombilastbärare mellan normalspåriga vagnar och vagnar med finsk/rysk spårvidd i Torneå.

## 5.5 Utveckling av nya system för kombinerade transporter

### 5.5.1 Aktuella utvecklingslinjer

Ett nytt och/eller vidareutvecklat system för kombinerade transporter, eller ett intermodalt transportsystem, kan bestå av en utveckling av ett eller flera av följande delsystem:

- Ett tungkombisystem enligt ovan (se avsnitt 5.4) som i huvudsak bygger på principen att hela tågsätt körs mellan välutrustade terminaler där de lastas och lossas.
- Ett kombisystem med hög yttäckning som samordnas med vagnslast- och systemtågstrafik.
- Ett kombisystem baserat på linjetåg med lastning och lossning under väg.

### 5.5.2 Marknad och geografisk täckning hos ett framtida kombisystem

En avsikt med utvecklingen av ett framtida kombisystem är att skapa förutsättningar för en bibehållen och på sikt ökad geografisk täckning gentemot dagens vagnslast- och kombisystem. En bärande idé är bygga upp ett finmaskigt nätverk av kombiterminaler, i många fall enkla terminaler med begränsad service och enkla hanteringsanordningar som är samordnade med terminaler för vagnslast- och systemtåg. En ansats är att definiera en god yttäckning med att 90% av godsvolymen i Sverige inom bas- och produktmarknaden, enligt definition av Nelldal (2000), skall finnas inom en radie av 50 km från närmaste kombiterminal. Detta kan uppnås genom att till vissa orter lokalisera små terminaler med förenklad hantering (se tabell 5.18).

Region	Befintlig terminal för tungkombi	Förslag till lokalisering av nya terminaler med en förenklad hantering av kombilastbärare
Malmö	Malmö och Trelleborg	Ystad
Helsingborg	Helsingborg	Halmstad
Älmhult	Älmhult	Hässleholm, Karlshamn, Alvesta och Kalmar
Jönköping	Jönköping	Nässjö, Hultsfred, Värnamo och Skövde
Göteborg	Göteborg: Centralharpan, Skandiahamnen och Älvsborgshamnen	Borås, Uddevalla, Trollhättan, Mellerud samt Göteborg IV
Norrköping	Norrköping	Linköping och Nyköping
Hallsberg	Hallsberg	Örebro
Karlstad	Karlstad	Kristinehamn, Säffle och Arvika
Eskilstuna	Eskilstuna	Västerås
Södertälje	Södertälje	Södertälje
Stockholm	Stockholm: Årsta och Värtan	Stockholm Nord (Tomtebodan) och Uppsala
Borlänge	Borlänge	Krylbo
Insjön	Insjön	Mora
Gävle	Gävle	Bollnäs och Hudiksvall
Sundsvall	Sundsvall	Östersund, Ånge, Långsele och Örnsköldsvik
Umeå	Umeå	Skellefteå
Luleå	Luleå	Gällivare och Kiruna
Haparanda	Haparanda/Torneå	
<i>Summa</i>	<i>19 orter och 22 terminaler</i>	<i>36 tillkommande orter och 38 terminaler</i>

Tabell 5.18 Förslag till lokalisering av nya terminaler med förenklad lastbärrhantering

Ett förslag är lokalisera sammanlagt 60 terminaler till 55 orter (se tabell 5.18). En utveckling av ett system med flera små kombiterminaler, avsedda för en lättare hantering, kan medföra att vissa terminaler för tungkombi ställs om till lättare, och mindre resurskrävande hantering. En lämplig avvägning kan vara att en terminal av tre, eller fyra, är en tungkombiterminal.

### 5.5.3 Möjliga typer av hanteringsutrustning i ett framtida kombisystem

Om antalet kombiterminaler skall ökas måste de nya terminalerna kunna drivas med mindre och enklare resurser än de hittillsvarande tungkombiterminalerna. Ett steg i denna riktning är att begränsa antalet typer av lastbärare som kan hanteras på terminalerna avseende vikt och format. Den första lastbäraren som i så fall kan uteslutas är påhängsvagnen, eller trailern. Aktuellt blir istället att dimensionera hanteringsutrustningen efter att kunna hantera de största container- och växelflaxenheterna, det vill säga lastbärare av klass A med bruttovikt på 34 ton. Detta innebär att en lyftkapacitet på 35 ton, vid griparmslyftning, efterfrågas. På detta sätt kan portalkranar respektive den tyngsta typen av reach-stackar avföras från listan över aktuella hanteringsutrustningar. Istället kan en lämplig hanteringsutrustning utgöras av en reach-stackar med kombinationslyftok och 35 tons lyftkapacitet, under oket.

Nästa steg är att utesluta det stora växelflaket klass A och låta en container klass A, med 30,5 tons bruttovikt, utgöra den största enhet som hanteras. Detta medför att hanteringen förenklas ytterligare genom att en 35 tons gaffeltruck med löstagbart topplyftok kan användas. Vidare kan denna truck gaffelhantera de växelflak av klass C som är försedda med gaffeltunnlar.

Ett ytterligare steg är att även utesluta även container av klass A och att begränsa hanteringen till lastbärare klass C med gaffeltunnlar, i form av containers och växelflak. På detta sätt kan de gaffeltruckarnas lyftkapacitet begränsas till 24 ton. Genom en storleksbegränsning av lastbärarna till växelflak klass C, med en bruttovikt på 16 ton, kan truckarnas lyftkapacitet begränsas i ett sista steg. Detta är den typ av lastbärare som användes i det kombisystem som SJ Gods på försök bedrev under benämningen Lättkombi och med kundupplägget Dalkullan.

De olika varianterna enligt ovan kan sammanställas i en tabell (se tabell 5.19) där kostnaden för att investera i respektive utrustning läggs in som en annuitet vid två olika räntesatser.

Alternativ	Aktuella lastbärartyper					Bruttovikt (ton)	Typ av hanteringsutrustning	Anskaffningskostnad (kkr)	Livslängd (år)	Annuitet vid kalkylränta (kkr)		Index
	Växelflak (klass)		Container (klass)		Påhängsvagn					8%	15%	
	C	A	C	A								
1	x					16	Gaffeltruck	1 300	10	194	260	<b>100</b>
2	x		x			24	Gaffeltruck	1 800		268	360	108
3	x		x	x		30,5	Gaffeltruck & topplyftok	3 000		447	600	230
4	x	x	x	x		34	Reach-stackar	-		-	-	-
5	x	x	x	x	x	42	Reach-stackar	5 200		775	1 020	400
6	x	x	x	x	x	42	Portalkran	11 500	20	1 171	1 780	600

5.19 Tabell med kostnadsindex för olika lastbärare och hanteringsmetoder

Av tabell 5.19 framgår det att skillnaden i kapitalkostnad per år endast är 8% mellan de gaffeltruckar som klarar 16 respektive 24 tons lastbärare. För dessa båda trucktyper är bemanningskostnaden lika. Vidare antas drift- och underhållskostnaderna vara av samma storleksordning. Om kapitalkostnaden utgör mindre än en tredjedel av dessa truckars totala timkostnad kommer ökningen i timkostnad att vara mindre än 5% när lyftkapaciteten ökar med 50%, från 16 ton till 24 ton. Detta innebär att en gaffeltruck med 24 tons kapacitet är av stort intresse i framtida kombisystem medan intresset för mindre truckar är begränsat. Vid en jämförelse uppåt i storlek framgår att portalkranar endast är av intresse på riktigt stora terminaler. I Sverige handlar det om några riktigt stora terminaler såsom Stockholm (Årsta), Göteborg (2 terminaler) samt Malmö. Vidare framgår att det är kostsamt att anskaffa lyftkapacitet för att kunna hantera påhängsvagnar. Däremot är det möjligt att till rimlig kostnad kunna hantera containers av klass A, med 30,5 tons bruttovikt.

En rekommendation är att som basalternativ på mindre terminaler enligt ovan (se avsnitt 5.5.2) välja gaffeltruckar med 24 tons lyftkapacitet och vid behov gradera upp resurserna på vissa terminaler så att även containers av klass A, med 30,5 tons bruttovikt, kan hanteras. En sådan uppgradering innebär i detta fall att en 35 tons gaffeltruck används istället för en 28 tons dito. Till denna truck skall finnas ett topplyftok som hakas fast på gaffeln när containers skall hanteras inom den aktuella terminalen.

### 5.5.4 Typer av lastbärare i ett framtida kombisystem

Av föregående avsnitt framgår att ett framtida kombisystem med stor geografisk täckning skall baseras på lastbärare klass C vilket innebär att de är uppbyggda på ett underrede med hörnlådor som överrensstämmer med standard för en 20 fots container. En betydelsefull lastbärare i denna storleksklass är därför ISO-container av 6,06 m, eller 20 fots, längd.

I ett kombiupplägg som består av kombinationen lastbils- och järnvägstransport är växelflak en intressant lastbärare. Av den tidigare beskrivningen av aktuella lastbärare (se avsnitt 5.3.1) framgår att växelflak av klass C finns i de standardiserade längderna 7,15 m, 7,45 m samt 7,82 m. Emellertid är dessa lastbärare avpassade efter att effektivt utnyttja den största tillåtna längden för fordonskombinationer som är utformade enligt EUs generella bestämmelser och består av en 3-axlig lastbil med en 2-axlig släpvagn alternativt en 3-axlig lastbil med en tillkopplad boggikärra (se avsnitt 2.4.2, figur 2.2). Den tillåtna totallängden för dessa fordon är 18,75 m. Den generellt tillåtna bruttovikten är 40 ton, men vissa EU-länder såsom Tyskland tillåter en bruttovikt på 44 ton vid transport av växelflak till eller från en kombiterminal. Växelflakens bruttovikt kan uppgå till 14 ton vardera vid 40 tons tillåten bruttovikt för hela ekipaget. Om ekipagets bruttovikt däremot tillåts vara 44 ton kan växelflakens vikt uppgå till 16 ton.

Det kan här noteras att ett effektivt utnyttjande av landsvägsfordonen är en förutsättning för att kombitransporter ska vara ett konkurrenskraftigt alternativ till en direkt lastbilstransport.

Under svenska förhållanden kommer transporter som utförs med växelflak av klass C, med upp till 15,4 m sammanlagd invändig lastytelängd, på lastbils ekipage med en bruttovikt på ungefär 45 ton och en totallängd på upp till 20 m att vara synnerligen ineffektiva i jämförelse med svenska så kallade modulfordon.

Ett modulekipage (se avsnitt 2.4.2, figur 2.4) kan bestå av en 3-axlig lastbil med 7,82 m långt flak, en boggikärra med vändskiva, vanligen kallad dolly, till vilken en påhängsvagn av EU-utförande kopplas. Ett ekipage av detta slag har en bruttovikt på 60 ton, en totallängd på 25,25 m samt en tillåten total inre lastytelängd på 21,86 m. Denna fordonskombination kan användas för kombitransporter, via ett par tungkombiterminaler, om lastbilen är utrustad för växelflak samt påhängsvagnen försedd med lyftbeslag för griparmar. Anledningen till att de lastbärare som ingår i denna kombination måste hanteras på tungkombiterminaler är den ojäma viktfordelningen mellan de båda lastbärarna där den mindre lastbäraren endast väger 16 ton medan den större, påhängsvagnen, väger upp till 33-34 ton. Den senare måste därför hanteras med de största typerna av hanteringsutrustning.

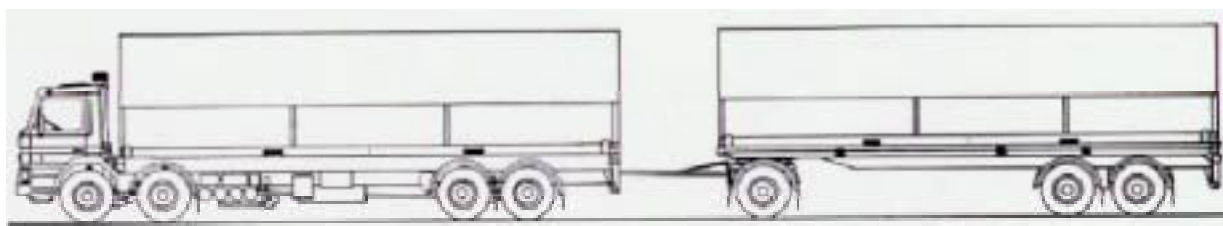
Ett villkor är att ett 60 tons ekipage, med en längd av 25,25 m av framkomlighetsskäl måste bestå av minst två lastbärarenheter. En övergång till exempelvis tre lastbärarenheter bedöms medföra nackdelar, bland annat ur kostnadssynpunkt eftersom det kommer att krävs en till hantering vid varje omlastning på kombiterminal.

En ansats är att bibehålla principen med två lastbärare på ett 25,25 m långt ekipage och att låta dessa bli lika stora, vara av utförda som växelflak samt inte vara utrustade med fasta hjulsatser. Med denna ansats skulle en ny typ av kombilastbärare, eller intermodal lastbärare, kallad växelflak klass C+, med följande egenskaper erhållas:

Utvändig längd;	10,7 m
Bruttovikt;	22-24 ton
Hanterings- eller lyftbeslag;	Gaffelfickor för hantering med gaffeltruck Lyftbeslag för griparmslyft

Beträffande gaffelhanteringen är ett förslag att tekniken utvecklas på så sätt att lastbäraren kan låsas fast till gaffelvagnen vid hantering och transport med truck. På detta sätt skulle de risker som är mest påtagliga vid gaffelhantering av stora lastbärare kunna elimineras. Hanteringen kan vidare underlättas om gaffeln erhåller en ledad infästning till gaffelvagnen som möjliggör vridning av lastbäraren både i horisontal- och vertikalplanen.

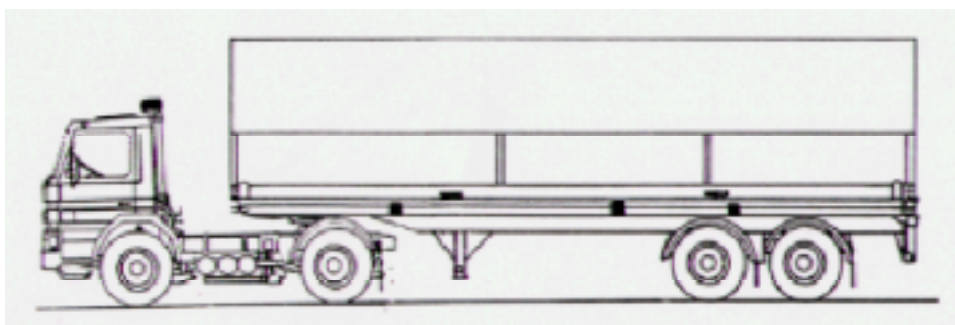
Eftersom lastbäraren erhåller en bruttovikt i nivå med en ISO-container klass C är det lämpligt att den baseras på en bottenram för växelflak med dimensioner enligt klass C, det vill säga hörnlådor med mera enligt samma dimensioner som en 20 fots ISO-container. En fördel med detta är även att de lastbils ekipage som utformas för dessa lastbärare (se figur 5.20) även kan användas för att transportera kortare lastbärare med dimensioner enligt klass C.



Figur 5.20 Fordonskombination med 60 tons bruttovikt och 25,25 m alternativt 24 m längd för transport av två växelflak klass C+

En reservation är här att det föreligger risk för att fordonskombinationen ovan (se figur 5.20) inte kommer att godkännas som modulfordon. Detta skulle i så fall medföra att den totala fordonslängden begränsas till 24 m vilket innebär att lastbärarnas längd måste minskas till 10,3 m. Fordonskombinationens bruttovikt kommer fortfarande att vara 60 ton.

En stor fördel med denna typ av lastbärare är att lastbilen och släpvagnen transporterar lika långa lastbärare och att dessa, om de förses med stödben, enkelt kan skiftas mellan lastbilen och släpvagnen. En annan möjlighet är att för transport av ett flak åt gången skapa en enkel, och för ändamålet kostnadseffektiv, fordonskombination bestående av en 2-axlig dragbil med en 2-axlig påhängsvagn (se figur 5.21).



Figur 5.21 Fordonskombination för transport av ett växelflak klass C+

### 5.5.5 Tungkombisystem

Ett framtida tungkombisystem avses vara utformat för samma typer av lastbärare som dagens tungkombisystem (se av snitt 5.4). En trolig utveckling är att, om andra enklare kombisystem byggs upp vid sida av tungkombisystemet, uppstår en möjlighet att rationalisera det befintliga systemet. En möjlig rationalisering kan vara att minska antalet terminaler som klarar de största lastbärarna. En ansats kan vara att endast hälften av dagens tungkombiterminaler i framtiden kommer att hantera påhängsvagnar och den andra hälften av terminalerna ställs om för att kunna hantera lastbärare upp till ISO-container klass A, det vill säga 40 fots container med en bruttovikt på 30,5 ton.

### 5.5.6 Kombisystem med hög yttäckningsgrad och som samordnas med vagnslastsystemet

#### *Förutsättningar*

En bärande idé med ett förenklat kombitransportsystem är att åstadkomma en hög yttäckning och samtidigt skapa förutsättningar för stordriftfördelar genom att produktionen av tågtrafik i detta system till stora delar samordnas med vagnslastsystemet tågdrift. En ansats är att vid medelstora terminaler för vagnlasttrafik, på 36 orter enligt ovan (se avsnitt 5.5.2), anordna enkla terminaler som består av ett lastspår, som kan betjänas med truckar enligt något av alternativen 2-4 (se avsnitt 5.5.3). Vidare avses ett antal tungkombiterminaler, i detta upplägg, att konverteras till denna enklare typ av terminal genom att möjligheten att hantera påhängsvagnar försvinner. En uppskattning är att det kommer att finnas 40-45 terminaler av detta slag i ett framtida kombisystem.

### ***Trafikupplägg***

De aktuella terminalerna avses att trafikeras med tåg enligt ett knutpunktsystem (se avsnitt 4.3.2, figur 4.1). Detta innebär att terminalerna trafikeras med matartåg från en, eller flera, knutpunkter alternativt andra motsvarande terminaler. Varje matartåg kommer enligt detta upplägg att bestå av en del med kombivagnar samt en del med vagnslastvagnar som antingen kommer att lastas/lossas vid den aktuella terminalen eller på angränsande större industrispår.

För att flertalet kombiterminaler i systemet skall kunna erbjudas direkta förbindelser med varandra kommer det att krävas att kombivagnar rangeras i knutpunkterna, tillsammans med vagnslastvagnar. En nackdel med detta är att en rangering av kombivagnar innebär risker för godsskador, vilket i sin tur försämrar transportkvaliteten.

## **5.5.7 Kombisystem baserat på linjetåg med lastning och lossning underväg**

### ***Utveckling***

Utifrån erfarenheter från SJ Gods, senare Green Cargos, försöksdrift med ett kombisystem baserat på växelflak klass C, enligt Nelldal et al (2000) benämnt Lättkombi, har ett nytt linjetågsbaserat kombisystem, kallat Flexikombi skisserats. En utvecklingsansats är att i detta system att tillåta större lastbärare klass C+ (se avsnitt 5.5.4), som avpassas efter det svenska regelsystemet för vägfordons längd och bruttovikt, samt i vissa fall container klass A, med 30,5 tons bruttovikt. En ansats är att vid de terminaler som ingår i detta system anordna enkla lastspår, som kan betjänas med truck enligt något av alternativen 2-4 (se avsnitt 5.5.3).

### ***Trafikupplägg***

En bärande idé för Flexikombi är att lägga upp trafiken enligt ett så kallat linjetågssystem med sammanhållna tågsätt som utgår från en terminal och gör uppehåll vid ett antal terminaler längs tågets färdväg, där lastbärare lossas och lastas, varefter det efter ett antal uppehåll når en slutdestination. I detta system kommer varje tåg att trafikera flera terminaler och varje terminal kommer omvänt att trafikeras av flera olika tåg som vid respektive uppehåll lastar och/eller lossar ett visst antal lastbärare.

### ***Förutsättningar***

En förutsättning för att detta system skall fungera är att hanteringen på de mellanliggande terminalerna kan utföras på ett snabbt och effektivt sätt under tågens uppehåll som inte bör vara längre än 15-20 minuter per terminal. Detta kan åstadkommas genom att endast hantera lastbärare av enhetligt utförande såsom klass C, klass C+ och i vissa fall container klass A (se avsnitt 5.5.4).

Vidare krävs att terminalspåren är lättillgängliga från de linjer, eller banor, som tågen trafikerar, vilket innebär att det inte får krävas omfattande växlingsrörelser för att nå terminalspåren. En förutsättning är vidare att det lok som drar tåget inte skall behövas kopplas loss innan vagnsättet ställs upp på terminalspåret. En viktig aspekt vid utformningen av terminalerna är därför att terminalspåren görs genomgående så att tågen kan köras in genom en anslutningsväxel och efter omlastning köras ut från terminalspåret via en framförvarande anslutningsväxel.

### 5.5.8 Förslag till utformning av kombisystem för forsling av lösa lastbärare

Ett övergripande kombisystem för lastbilsforsling av lösa lastbärare avses att bestå av ett eller flera av de kombisystem som beskrivits ovan. En bedömning är att ett tungkombisystem (se avsnitt 5.5.5) kommer att utgöra en del i ett framtida kombisystem. Grundkravet på ett nytt kombisystem är emellertid att det ger en god yttäckning, vilket bäst kan uppnås genom att systemet samordnas med ett krympt vagnslastsystem (se avsnitt 5.5.6). Ett nytt kombisystem avses bestå av ett 60-tal terminaler på 50 orter. Ett linjetågsbaserat kombisystem, benämnt Flexikombi, kan komma att utgöra en del i ett övergripande system. Detta under förutsättning att terminalresurser, såsom truckar, kan samutnyttjas med ett kombisystem, för lastbilsforsling som beskrivits ovan. Det krympta vagnslastsystemet avses vara knutpunktsbaserat.

## 5.6 Rullande materiel

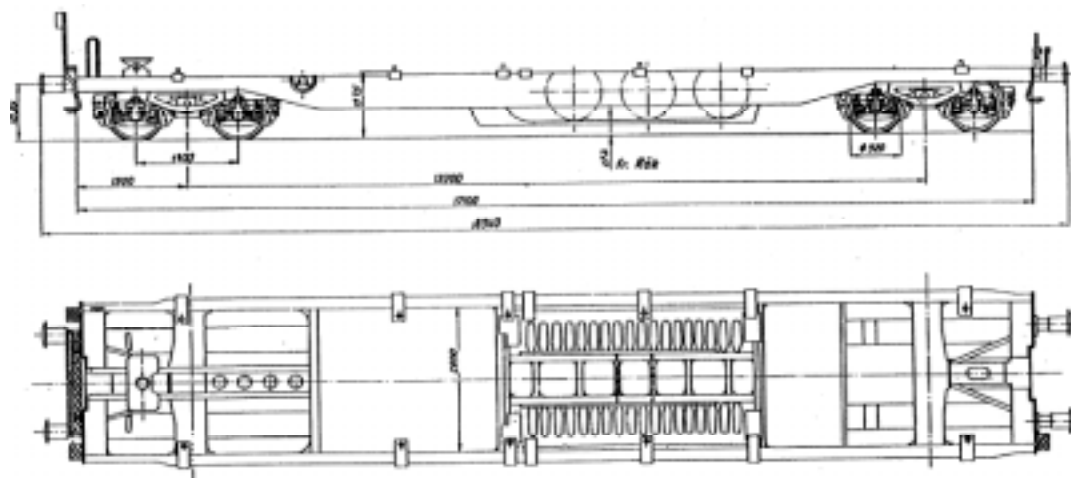
### 5.6.1 Dragfordon

I detta kombisystem förutsätts dragfordon av samma utförande som beskrivits i kapitel 3 (*Vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet system*) att användas. Inledningsvis innebär detta att Rc4-lok används för linjetjänst (se avsnitt 2.8.6) och att befintliga terminallok (se avsnitt 2.8.4) kommer att användas för terminalväxling. Linjeloken ersätts i ett senare skede av nya 4-axliga lok, benämnda typ Bz, som valts enligt tidigare kriterier (se avsnitt 3.7.3).

### 5.6.2 Vagnar för kombitrafik

#### *Tungkombi*

I ett tungkombisystem kan godsmängden per vagn, eller lastvikten, ökas genom att vagnen görs lättare med bibehållen bruttovikt och/eller genom att vagnens bruttovikt höjs genom att främst ökade axellaster tillåts. Den hittills mest användbara vagnen för tungkombi är av typen Sdgmns (se figur 5.22) med nedsänkt hjulficka.



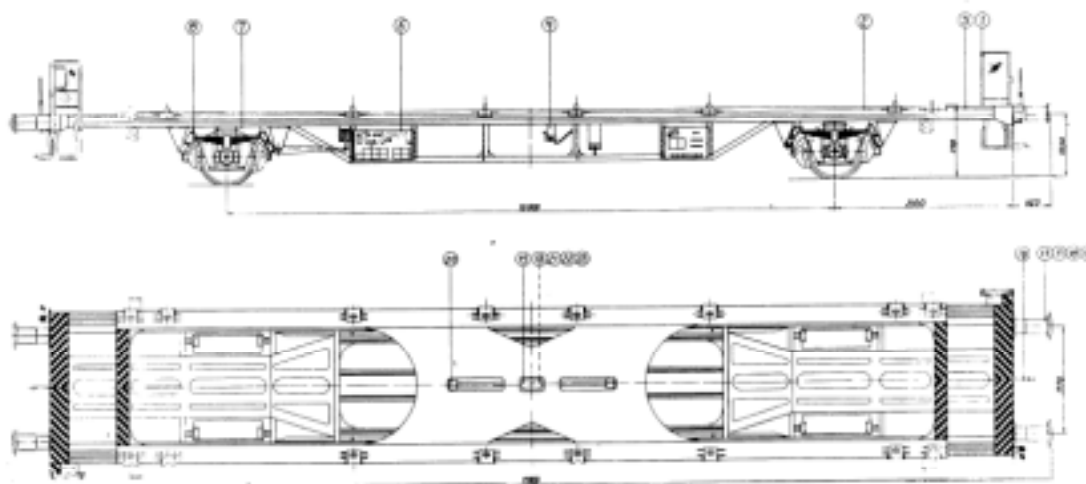
Figur 5.22 *Kombivagn typ Sdgmns, som används för transport av påhängsvagnar samt containers och växelflak upp till klass A (Ritning: SJ Gods)*

Denna vagn typ är utvecklad för transport av påhängsvagnar, med en längd av upp till 12,5 m, och som vanligen är utformade enligt tidigare EU-regler. Begränsningar föreligger dock beträffande möjligheten att med denna vagn transportera 13,6 m långa påhängsvagnar, som är utformade enligt nuvarande EU-regler. Sdgmns-vagnens breda användbarhet består i att den, utöver äldre påhängsvagnar, även kan användas för transport av flertalet lastbärare av klass A. Den kan vidare lastas med två lastbärare av klass C med en längd av upp till 8,05 m.

För transport av påhängsvagnar längre än 12,5 m, främst av 13,6 m längd, använder Rail Combi idag en ledad 6-axlig vagn, typ Sdggmrss (se bild 5.23), som kan lasta två påhängsvagnar eller lastbärare klass A. Vagnen kan även lasta upp till fyra lastbärare klass C. Vidare används i en minskande omfattning 2-axliga vagnar, typ Lgjns-w (se figur 5.20), vilka är utrustade med långslagig stötinrättning. Dessa vagnar har en tillåten bruttovikt på 45 ton, vid 22,5 tons axellast, samt har en egenvikt på 12,5 ton.

Vagnarnas lastförmåga uppgår till 32,5 ton vilket är tillräckligt för att transportera två fullt utlastade växelflak klass C eller en container klass A. Ett fullastat växelflak, klass A, är däremot för tungt för vagnen. Vagnens lastyta är avpassad efter att kunna lasta två 7,15 m långa växelflak, klass C. Den uppgift vagnstypen idag är mest lämpad för är att transportera container klass A i tåg inom i vagnslastsystemet. Här kommer vagnens viktigaste komponent, den långslagiga stötinrättningen som är avsedd att dämpa rangerstötter, väl till pass.

Utöver detta finns ett antal 2-axliga vagnar, utan långslagig stötinrättning, som har en lastyta som är 15,7 m lång och en lastförmåga på 32,5 ton (se bild 5.24) vilket möjliggör transport av samtliga växelflak av klass C (se avsnitt 5.3.2) och container klass A. En pågående utveckling inom svensk tungkombi är att 2-axliga vagnar, främst av Lgjns-typ ersätts av 6-axliga vagnar, typ Sdggmrss (se bild 5.17), som klarar att transportera samtliga aktuella typer av lastbärare.



Figur 5.22 Kombivagn typ Lgjns-w, som används för transport av containers och växelflak upp till klass A (Figur: SJ Gods, 1985)

### Möjliga vagnstyper för nyutvecklade kombisystem

Eftersom en ansats är att i ett nyutvecklat kombisystem införa en ny typ av lastbärare, med en längd av 10,3 – 10,7 m benämnd klass C+ (se avsnitt 5.5.4), fordras det även nya typer av vagnar som klarar att på ett effektivt sätt transportera denna typ av lastbärare.



Bild 5.23 Ledad kombivagn typ Sdggmrss, som används för transport av två påhängsvagnar eller containers och växelflak upp till klass A (Bild: AAE)



Bild 5.24 2-axlig vagn, typ Lgns, avsedd för transport av två lastbärare klass C respektive en lastbärare klass C+ eller A (Bild: Green Cargo)

Dessa vagnar kan utformas enligt följande ansatser:

- 4-axlig boggivagn, typ Sgnss (se bild 5.26), avsedd för två växelflak klass C respektive C+ alternativt tre containers klass C eller en lastbärare (växelflak eller container) klass A.
- 6-axlig ledad boggivagn, typ Sggmrss (se bild 5.27), avsedd för fyra lastbärare klass C respektive C+ eller två lastbärare klass A.
- 2-axlig vagn, typ Lgns (se bild 5.24), avsedd för två lastbärare klass C respektive en lastbärare klass C+ eller A.

Vagn typ	Lgns		Sgnss		Sggmrss	
Antal axlar	2		4		6	
Längd på lastbärare klass C+	10,3 m	10,7 m	10,3 m	10,7 m	10,3 m	10,7 m
Längd över buffertar	17,0 m		22,0 m	22,8 m	43,3 m	44,9 m
Lastytans längd	15,7 m		20,7 m	21,5 m	2 x 20,7 m	2 x 21,5 m
Axel-/boggiavstånd	10,0 m		16,6 m	17,4 m	2 x 18,8 m	2 x 19,6 m
Egenvikt	11 ton		21 ton	21 ton	32 ton	32 ton

Figur 5.25 Ansatta data för vikt och dimension hos aktuella nya vagn typer med två, fyra eller sex axlar



Bild 5.26 Boggivagn typ Sgnss, avsedd för transport av två växelflak klass C respektive C+ alternativt två containers klass C eller en lastbärare klass A (Bild: AAE)



Bild 5.27 Ledad 6-axlig boggivagn typ Sggmrss, avsedd för transport av fyra lastbärare klass C respektive C+ eller två lastbärare klass A (Bild: AAE)

Nedan redovisas vilka egenskaper dessa alternativ erbjuder vid olika, i framtiden möjliga, tillåtna axellaster såsom 25 ton, 27,5 ton respektive 30 ton samt en tillåten tåglängd av 750 m. I denna jämförelse lastas vagnarna med två typer av lastbärare, i form av det ovan föreslagna växelflaket klass C+, här med en ansatt längd av 10,7 m och bruttovikt på 22 ton, samt ISO-container klass C, med en bruttovikt på 24 ton (se tabell 5.28).

Typ av lastbärare		Container klass C	Växelflak klass C+
Beskrivning		Sluten oisolerad lastbärare med dörrar i ett gavelparti	Sluten oisolerad lastbärare med en öppningsbar sida och dörrar i ett gavelparti
Vikt	Brutto	24 ton	21,5 ton
	Egenvikt (tara)	2,1 ton	4,4 ton
	Nyttolast	21,9 ton	17,1 ton
Längd	Yttre	20 fot eller 6,06 m	10,7 m
	Inre	5,87 m	10,5 m
Bredd	Yttre	2,44 m	2,60 m
	Inre	2,30 m	2,50 m
Höjd	Yttre	2,59 m	3,30 m
	Inre	2,76 m	3,05 m
Lastyta		13,5 m <sup>2</sup>	26,2 m <sup>2</sup>
Lastvolym		37,3 m <sup>3</sup>	80,1 m <sup>3</sup>
Antal pallplatser i golvplan		12	26

Tabell 5.28 Aktuella prestanda hos container klass C respektive växelflak klass C+

Vagntyp		Typ av lastbärare		
		Container klass C		Växelflak klass C+
Lgns (avpassade för 2 st växelflak av 7,82 m längd)	Antal lastbärare	2		1
	Bruttovikt	59 ton		32,5 ton
	Axellast	29,5 ton		16,3 ton
Sgnss	Antal lastbärare	2	3	2
	Bruttovikt	69 ton	93 ton	64 ton
	Axellast	17,2 ton	23,2 ton	16 ton
Sggmrss	Antal lastbärare	4		4
	Bruttovikt	127 ton		117 ton
	Axellast	Ändboggier	22,2 ton	16,8 ton
		Mittboggi	22,0 ton	25,0 ton

Tabell 5.29 Axellaster för lastade vagnar av tre aktuella typer med tv typer av lastbärare

De båda typerna av lastbärare, enligt ovan, kan lastas på vagnar av de tre tidigare nämnda typerna (se tabell 5.29). Härav framgår att en 2-axlig vagn av Lgns-typ främst är av framtida intresse om den tillåtna axellasten höjs till 30 ton. Den 6-axliga är av intresse när en axellast på minst vid 25 tons är tillåten. Denna vagntyp kräver emellertid att kompakta lastbärare, såsom container klass A placeras i rätt läge för att undvika att mittboggien överbelastas. Här kan noteras att det alltid är möjligt att placera växelflak klass C, enligt svensk-europeisk standard SS-EN 284 (se avsnitt 5.3.4), i samma lägen på vagnarna som ett växelflak klass C+. Den enda nackdelen med detta förfarande är att vagnarnas kapacitet utnyttjas sämre än annars eftersom dessa växelflak är kortare och har lägre lastförmåga, och bruttovikt, än klass C+. Detta gäller även vid vägtransport av lastbärare klass C på lastbilar anpassade för klass C+.

I tabell 5.30 nedan förutsätts att vagnar av respektive typ kopplas samman i ett helt tåg och i ett första fall alla lastbärare utgörs av växelflak klass C+, i jämförelsen benämnda alternativ C+. I ett andra fall förutsätts att hälften av lastbärarna utgörs av växelflak klass C+ och den andra halvan av container klass C. Detta fall är benämningen i jämförelsen C/C+.

Tåg-längd (m)	Axel-last (ton)	Vagntyp	Antal vagnar	Last-bärar-typ	Antal last-bärare	Last-yta (m <sup>2</sup> )	Volym (m <sup>3</sup> )	Pall-platser	Nyttolast vid en fyllnadsgrad av:		Tågvikt vid en fyllnadsgrad av:	
									100%	70%	100%	70%
650	22,5	Sgnss	27	C+	54	1 420	4 320	1 400	920	650	1 730	1 450
				C/C+	33/32	1 280	3 790	1 230	1 270	890	2 050	1 670
750	25 / 27,5	Sgnss	31	C+	62	1 620	4 970	1 610	1 060	740	1 890	1 670
				C/C+	36/38	1 480	4 390	1 420	1 440	1 010	2 330	1 900
		Sggmrss	16	C+	64	1 270	5 130	1 660	1 090	850	1 890	1 560
				C/C+	36/38	1 620	3 760	1 220	1 250	740	1 970	1 590
	30	Lgns (2 x 7,82 m)	42	C+	42	1 100	3 360	1 090	720	500	1 370	1 150
				C/C+	28/28	1 120	3 390	1 060	1 090	760	1 740	1 230
		Sgnss	31	C+	62	1 620	4 970	1 610	1 060	740	1 890	1 670
				C/C+	36/38	1 480	4 390	1 420	1 440	1 010	2 330	1 900
		Sggmrss	16	C+	64	1 270	5 130	1 660	1 090	850	1 890	1 560
				C/C+	32/32	1 620	3 760	1 220	1 250	740	1 970	1 590

Tabell 5.30 Kapacitet, lastförmåga och tågvikter vid järnvägstransport av olika växelflak

### **Val av vagn typer för framtida kombisystem**

Jämförelserna ovan (se tabell 5.30) utgör ett bra underlag för val av vagn typer för ett framtida kombisystem. Av underlaget framgår att den 4-axliga boggivagnen utgör det mest mångsidiga och flexibla alternativet. En orsak till detta är att den är det enda användbara alternativet vid dagens axellast på 22,5 ton. Vid en blandad sammansättning av lastbärare erbjuder boggivagnen dessutom den bästa nyttolasten vid given tåglängd. Detta eftersom den klarar att transportera tre containrar av klass C (20 fots längd). En fördel är även att denna vagn typ utgör en hanterbar enhet, avpassad för 2-3 lastbärare, när den används i ett vagnslastbaserat kombisystem. Vagn typen ger vidare när den endast är lastad med två lastbärare klass C upphov låga axellaster vilket är till fördel om den skall användas i snabba tåg och vid höga hastigheter. I dessa fall kan vagnen tillåtas för 160 km/h med blockbroms.

Den 6-axliga boggivagnens stora fördel är i system som i huvudsak transporterar lastbärare klass C+ samt i systemtågsliknande kombitåg. I en heltågslösning erbjuder denna vagn fler platser för lastbärare klass C+, vid en given tåglängd. Dessutom bortfaller, vid en jämförelse mot ett tåg bestående av 4-axliga boggivagnar, var fjärde boggi i ett heltåg.

Den 2-axliga vagnen har en begränsning i att den endast klarar en lastbärare klass C+ fastän den kan lastas med två lastbärare av C-klass. Om den lastas med två fullt utlastade C-klass containers kräves dessutom att 30 tons axellast är tillåten. Denna vagn typ bedöms därför endast utgöra ett bra alternativ då en axellast på 30 ton är möjlig. En kvarstående fråga är emellertid vilka hastigheter som i framtiden kommer att tillåtas för vagnar med en axellast på 30 ton. Den 2-axliga vagnen bedöms därför som mindre intressant.

## **5.7 Sammanfattning beträffande framtida kombisystem**

### **5.7.1 Omfattning**

Ett framtida kombisystem med lastbilsforsling av lösa lastbärare föreslås bestå av det befintliga tungkombisystemet (se avsnitt 5.2) i vilket antalet terminaler minskas. Detta genom att ett antal terminaler ändras till ett annat, ”lättare” kombisystem, genom att möjligheten att hantera påhängsvagnar försvinner (se avsnitt 5.5.6). Vidare införs ett nytt system med hög yttäckningsgrad (se avsnitt 5.5.6) som avses innefatta i storleksordningen 45-50 terminaler med enkel omlastningsutrustning. I detta system föreslås tågproduktionen ske i samverkan med ett hårt rationaliserat vagnlastsystem som endast kommer att trafikera ett begränsat antal stora terminaler, lastplatser samt industrispår. Eftersom en stor del av de godsvolymer som hittills transporterats med vagnslastsystemet avses att föras över till detta nya kombisystem finns en uppenbar risk att trafikunderlaget för de tågrörelser som idag hanterar större kunders vagnslasttrafik kommer gå förlorade om det till detta kombisystem överförda godsflödet istället fördes över till ett annat systemupplägg.

### **5.7.2 Lastbärrutveckling**

De viktigaste lastbärarna i det kombisystem som avses att utvecklas är containers klass C (20 fots enheter) samt växelflak av ett nytt utförande benämnt klass C+ (se avsnitt 5.5.4).

I avsnitten ovan har olika lastbärarenheter som främst är avpassade för emballerat gods respektive stycke- och partigods behandlats. I ett nytt kombisystem, som är ämnat att ta över en stor andel gods från de mindre frekventa delarna av dagens vagnslastsystem, kommer det emellertid att även fordras nya typer av lastbärare vilka är avpassade för massgods och annat gods med sådana egenskaper att det inte kan transporteras i de lastbärare som ovan behandlats.

En bedömning är de lastbärare som idag finns i bruk inom klass C, i form av containers respektive växelflak samt den i denna rapport föreslagna klassen C+, utgör en utmärkt bas för utveckling av lastbärare för massgods respektive olika typer av speciallastbärare som krävs för att ett nytt kombisystem skall bli allsidigt användbart.

### **5.7.3 Terminalhantering**

Terminalhantering av kombilastbärare avses, undantaget tungkombi, främst att utföras såsom gaffelhantering med hjälp medeltunga gaffeltruckar. I vissa fall kan denna hantering komma att kompletteras med topplyftning av containers klass A. En röd tråd i denna utveckling är att minska kapital-, och självkostnaderna per terminalhanterad enhet genom att framgent anskaffa enkel och billig hanteringsutrustning samt genom minskade markanläggningskostnader. Detta är möjligt genom användande av en lättare utrustning än idag, vilket i sin tur endast är möjligt om de tyngsta lyften försvinner från terminalerna. Detta förutsätter att de tyngsta lastbärarna försvinner från flertalet terminaler och istället hänvisas till ett fåtal tungkombiterminaler.

### **5.7.4 Tågdrift och rullande materiel**

Det kombisystem som här beskrivs avses att bedrivas integrerat med ett vagnslastsystem som kraftigt rationaliserats och där mindre terminaler, lastplatser och industrispår avvecklats. Kombivagnar avses därför att utgöra en betydelsefull del i de framtida vagnslasttågen.

De framtida vagnslasttågen avses att framföras enligt ett knutpunktsystem (se avsnitt 2.7.2. samt 5.5.6). Detta medför att kombivagnar kommer att rangeras och växlas tillsammans med andra vagnar i vagnslastsystemet. En kvarstående fråga är därför om framtida kombivagnar kommer att behöva utrustas med skyddsanordningar såsom långslagiga stötinrättningar av det slag som tidigare använts på kombivagnar typ Lgjns-w (se avsnitt 5.6.2, figur 5.22).

Beträffande dragfordon har tidigare angivits att moderna 4-axliga lok, av Bz-typ (se avsnitt 3.4.4), kan utgöra en lämplig dragkraft i ett framtida kombisystem med lastbilsforsling. Jämförelsen ovan (se avsnitt 5.6.2) visar att dragkraften hos dessa lok är tillräcklig för flertalet av de kombi- och vagnslasttåg som kan tänkas förekomma. Eftersom det sällan finns kontaktledning över de intermodala terminalernas lastnings- och lossningsspår har växlingen vid dessa terminaler hittills i huvudsak utförts med dieseldrivna terminallok som vanligen varit utrustade med anordningar för radiostyrning av loket, från annan plats än dess förarhytt. En ansats är att de befintliga terminalloken, främst av typerna V5 och T44, även fortsättningsvis och under överskådlig tid, kan användas för detta ändamål inom ett framtida kombisystem med lastbilsforsling av lösa lastbärare.

Jämförelsen i av olika vagn typer (se avsnitt 5.6.2) har indikerat att en 4-axlig boggivagn, typ Sgnss, är den vagn typ som är mest lämplig att använda i ett framtida kombisystem med lastbilsforsling av lösa lastbärare. Eventuellt kan denna vagn typ komma att kompletteras med en långslagig stötrinättning (se ovan).

### **5.7.5 Linjetågsbaserat kombitransportsystem**

Ett system med linjetåg, benämnt Flexikombi, har tidigare beskrivits (se avsnitt 5.5.7). Detta system bedöms vara svårt att förena med det ovan skisserade nya kombisystemet, som baseras på lastbilsforsling från flera vagnslastterminaler. En orsak är att båda systemen bygger på idén att skapa god yttäckning inom områden och regioner med svagt eller begränsat kundunderlag.

Emellertid bedöms ett linjetågsbaserat kombisystem ha en betydande utvecklingspotential särskilt om det baseras på de olika komponenter och delsystem som tidigare beskrivits i denna rapport. Exempel på sådana delsystem är följande:

- Uppbyggnad av ett lastbärarsystem som är anpassat till gällande regler för konkurrerande transportslag (se avsnitt 5.5.4).
- Effektivare terminalhantering, främst genom avgränsning till färre typer av, och storlekar på, lastbärare samt genom en begränsning till de typer av lastbärare som kan hanteras med hjälp av en gaffeltruck.
- Anskaffning av effektiv modern vagnmateriel i form av 4-axliga alternativt 6-axliga vagnar (se avsnitt 5.6).
- Satsning på en effektiv tågföring med linjetåg som direkt kör in på terminalerna samt kör ut från dem utan lokbyten eller växlingsrörelser. Detta kan ske genom elektrifiering av lastspåren på terminalerna eller genom anskaffning av lok som kan köras på terminal- och sidospår med hjälp av energi från annan kraftkälla än kontaktledningen (se avsnitt 4.4.4).
- Eventuellt kan en samordning ske med ett linjetågsbaserat järnvägsburet vagnslastsystem som baseras på nya tekniska lösningar. En möjlighet kan vara att även låta de linjetåg som skapas för detta vagnslastsystem (se kapitel 4) innehålla särskilda vagngrupper avsedda för kombitransporter.
- Ett linjetågsbaserat kombisystem kan med fördel samordnas med ett tungkombisystem (se avsnitt 5.4) genom att tungkombiterminalerna får utgöra start- respektive målpunkter för de linjetåg som trafikerar ett antal undervägsterminaler, på vilka de lastar och lossar lastbärare av klass C och C+.

Sammanfattningsvis bedöms ett linjetågsbaserat kombisystem, enligt modellen Flexikombi, ha en god utvecklingspotential och vara kompatibelt med både ett vidareutvecklat vagnslastsystem och det befintliga tungkombisystemet. Det bedöms emellertid inte passa ihop med det kombisystem som utgjort i ett huvudspår i detta kapitel och som bygger på lastbilsforsling till och från att antal vagnslastterminaler och där tågtransportsystemet avses utgöra en integrerad del av vagnslastsystemet.

## 6. Resultat och slutsatser

### 6.1 Insatser

Framtida möjligheter och problem för godstransporter på järnväg har studerats utifrån den hittillsvarande utvecklingen på godstransportmarknaden samt utifrån den utveckling som under en längre tidsperiod pågått beträffande produktionssystem, rullande materiel och teknik. Ett antal alternativa utvecklingslinjer har identifierats inom olika områden med anknytning till och/eller betydelse för järnvägsburna godstransporter. Ett exempel på detta är utvecklingen av bestämmelser för vikt och dimension hos vägtransportfordon i Sverige och inom övriga EU.

För järnvägens produktionssystem har ett antal grundläggande frågor om möjliga framtida utvecklingsvägar formulerats. En fråga är om de järnvägstransporter, som inte utgörs av heltåg skall produceras enligt ett knutpunktsbaserat trafikupplägg eller om en övergång kan ske till sling- eller linjetågsbaserade upplägg där respektive tågrörelse angör fler kunder eller lastplatser/terminaler än respektive tågrörelse i dagens knutpunktsbaserade system.

Studien har efterhand visat att det inte finns någon tydligt urskiljbar gränsdragning mellan det hittillsvarande vagnslastsystemet och flertalet systemtåglösningar, med undantag av riktigt stora och väl avgränsade system, vilka främst representeras av Malmtrafik AB/AS system för transport av Lapplandsmalm till hamnar och kunder i Luleå respektive Narvik.

När denna studie påbörjades var avsikten att i separata delstudier kartlägga förutsättningarna för vagnslastsystem, systemtågstransporter och kombitrafik samt att i anslutning till studierna även peka på möjliga utvecklingsvägar och om möjligt föreslå prioriteringar. Istället har delstudierna indikerat att skillnaderna i produktionssystem, enligt ovan, och det framtida valet av system är av större betydelse för järnvägssystemets framtid än för var gränslinjerna skall dras mellan vagnslast- och systemtågstrafik. Det har även framkommit att det gått att bortse från kombitransporterna vid dessa delstudier av vagnslastsystem och systemtågstransporter eftersom beröringspunkterna är flera och att samordnade produktionssystem där kombivagnar förflyttas i samma tågrörelser som till exempel vagnslaster är av framtida betydelse.

Utifrån studiens syfte samt ovan nämnda problem och förutsättningar har en ansats varit att strukturera studien i följande tre huvudavsnitt avseende möjliga framtida utvecklingsvägar:

- En vidareutveckling av det hittillsvarande konventionella järnvägsburna systemet för vagnlaster och systemtåg.
- En utveckling av ett järnvägsburet system med ny teknik, främst baserat på en övergång till ett nytt sling- eller linjetågsbaserat produktionssystem.
- Ett nytt kombisystem med lastbilsforsling av lösa lastbärare till terminalpunkter i ett vidareutvecklat konventionellt järnvägsburet systemet för vagnlaster och systemtåg.

I samtliga fall har effekterna av olika generella utvecklingsåtgärder avseende järnvägens infrastruktur studerats. Exempel på detta är höjning av de tillåtna tåglängderna, till 750 m, en utökad svensk lastprofil (C-profil) samt en höjning av den tillåtna axellasten. I ett första steg höjs axellasten till 25 ton, vilket är den höjning som planeras, bland annat enligt Godsnet 21. Vidare har ansatser gjorts, och effekter studerats, beträffande alternativa höjningar av den tillåtna axellasten till 27,5 ton respektive 30 ton på huvuddelen av det svenska järnvägsnätet.

## 6.2 Resultat

De genomförda studierna har påvisat för- och nackdelar med respektive ansats. Mot bakgrund av att järnvägen är ett transportsystem med klara stordriftfördelar är en viktig erfarenhet att järnvägens godsvolymer och marknadsandelar inte får minska när nya produktionssystem införs. Detta medför att den första ansatsen, som innefattar en vidareutveckling av dagens järnvägsburna system för vagnlast och systemtåg, är en riskabel ansats eftersom den är synnerligen produktionsinriktad och i stor omfattning baseras på att endast rationalisera själva tågföringen. Insatser som inriktas mot att knyta nya kunder till systemet saknas däremot.

Ett resultat av de studier som genomfördes i det första huvudavsnittet är ett konstaterande om att behovet av framtida dragkraft i det befintliga vagnslastsystemet och i systemtågstrafiken i första hand bör inriktas mot moderna 4-axliga lok som konstrueras för en axellast på 25 ton. Detta medför att de teoretiskt kan användas i tåg vikter på upp till 2 000 ton på flertalet järnvägslinjer söder om Långsele. Innan det är möjligt att använda lok med denna axellast, det vill säga så länge axellasten är begränsad till 22,5 ton på flera linjer, kan Rc4-lok användas. Dessa lok uppges klara tågvikter på upp till 1 600 ton på flertalet linjer söder om Långsele.

De studier som genomfördes inom det andra huvudavsnittet bygger främst på ett antagande om att dagens yttäckning hos vagnslastsystemet kan bibehållas och att yttäckningen till med kan förbättras om vagnslastsystemets produktionsmetoder förändras. Detta bygger på en ansats om att ett nytt system med linje- eller slingtåg introduceras samt även ersätter dagens knutpunktsbaserade produktionssystem. På detta sätt kan ett visst antal lastplatser, terminaler och industrispår trafikeras med ett väsentligt minskat antal tågrörelser. Därav följer en minskad åtgång av dragfordon (lok) gentemot dagens system. Ett antagande är att en billigare drift medför att antalet industrispår kan ökas, från 600 spår 2001, till 700-800 spår år 2015.

I denna studie kartlades även möjliga framtida vagn typer för vagnslaster och utformningen av dessa. En viktig fråga är möjliga lastprofiler. Av särskilt intresse var internationella profiler, i detta fall G1 (UIC 505-1), och den svenska C-profilen, vidare ansattes ännu högre axellaster än 25 ton. Av studien framgick att främst 2-axliga vagnkonstruktioner är av intresse i ett framtida vagnslastsystem. I detta innefattas 4-axliga vagnar som utgörs av kortkopplade 2-axliga enheter. Här framkom att den internationella lastprofilen bör tillämpas när axellasten höjs till 25 ton. Behovet av ökat lastutrymme i vagnen, när dess bärighet ökar, kan uppfyllas genom att vagnen förlängs till i storleksordningen 17 m. Om axellasten ökas till 27,5 eller 30 ton är det inte praktiskt möjligt att förlänga en 2-axlig vagn önskvärd omfattning. Istället bör vagnen breddas till svensk lastprofil C. Intresse föreligger även av att utveckla en 2-axlig vagn som erbjuder samma lastförmåga som ett 60 tons lastbilssekipage, det vill säga ungefär 40 ton. Detta kan åstadkommas med en nyutvecklade vagn med C-profil och 27,5 tons axellast.

Studien visade vidare att den största operatören i det svenska vagnslastsystemet, Green Cargo, förfogade över i storleksordningen 440 lok varav hälften utgjordes av elektriska lok, främst avsedda för linjetjänst samt lika många diesellok, avsedda för terminalväxling, rangering samt i viss omfattning tågdrift på sidolinjer. Här noterades att det skulle vara svårt att motivera en reinvestering i en lokpark av denna storlek, sammansättning och nyttjandegrad. Det senare baseras på observationen att nästan halva lokparken, i form av dieselloken står stilla nattetid medan den andra delen av lokparken, i form av elloken till stor del står stilla under dagtid.

Ett antagande beträffande det framtida behovet av dragkraft och dess utformning är att det skall vara möjligt att använda ett nytt enhetligt dragkraftssystem under huvuddelen av dygnets timmar. En stor operatör kan därigenom reinvestera i färre dragenheter, eller lok, än det totala antal el- och diesellok som idag används för operatörens vagnslast- och systemtågstransporter.

En ansats var att ett nytt dragkraftssystem skulle vara anpassat för användning i de sling- eller linjetåg som ansatts som en huvudbeståndsdel i utvecklingen av ett järnvägsburet system med ny teknik. Det aktuella dragkraftssystemet, eller loket, förutsätts bestå av en teknisk lösning som vid eldrift erbjuder fulla dragkraftsprestanda. Vidare skall energiförsörjning från annan källa än kontaktledning vara möjlig vid växling på sido- och terminalspår. Ett antagande är att loket skall kunna dra tåg med vikter av 1 400–1 600 ton på flertalet linjer söder om Långsele.

Studier visar att vid en total återanskaffning av lok hos den aktuella operatören kan lokparken minskas, med 40-45%, till 240–270 enheter. Vid en återanskaffning av ellok för linjetjänst samt 180 terminallok kan den befintliga lokparken minskas med 25-30%, till 310 eller 340 enheter, beroende på om 4- eller 6-axliga lok väljs. Kostnadsjämförelser visar att anskaffning av ett nytt dragkraftssystem, istället för traditionella lok, skulle medföra ekonomiska fördelar. En anskaffning av nya terminallok och 4-axliga linjelok beräknas öka investeringskostnaden med 25%. Om 6-axliga linjelok väljs ökar investeringskostnaden istället med 30%. Även för systemtågstrafiken bedöms ett enhetligt dragkraftssystem medföra stora fördelar eftersom flertalet systemtåg lastas och/eller lossas på platser där kontaktledning saknas. Kostsamma byten till diesellok fordras därför när tågsätt skall hämtas eller ställas av vid terminaler. Med ett enhetligt dragkraftssystem kan tågen dras direkt mellan lastnings- och lossningsplatserna.

Den sista ansatsen avser ett kombisystem med lastbilsforsling av lösa lastbärare. En bakgrund till denna ansats är att en koncentration av vagnslasttrafiken till ett färre antal industrispår och terminaler än idag skulle försämra järnvägssystemets geografiska täckning och tillgänglighet. Ett förslag till ett system med ett flertal enkelt utrustade terminaler för omlastning av lastbärare har presenterats. Viktiga element är enkel och kostnadseffektiv terminalhantering, som vanligen utförs med gaffeltruck, utveckling av en ny lastbärartyp, inom ramen för gällande övergripande standarder för lastbärare, och en samordning med vagnlastsystemets produktionssystem. En avsikt var vidare att koncentrera tungkombisystemet genom att vissa terminaler förenklas främst genom att möjligheten att hantera påhängsvagnar avvecklas.

Vidare kartlades förutsättningarna för ett linjetågsbaserat kombisystem, benämnt Flexikombi, i vilket lastbärare lastas av och på kombitåg när tågen gör uppehåll vid terminaler efter tågets färdväg. Detta system bedöms ha stora fördelar men konkurrerar med systemet ovan eftersom båda bygger på vitt förgrenat nät av mindre och enkelt utrustade kombiterminaler. En fördel med Flexikombisystemet är att det kan samordnas med tungkombisystemet om kombitågen utgår från en tungkombiterminal och har en annan tungkombiterminal som målpunkt.

Det har även framkommit att ett införande av en ny typ av lastbärare kan vara en viktig del i utvecklingsprocess som syftar till att göra nya kombilösningar mer konkurrenskraftiga, på medellånga och långa avstånd, gentemot direkta lastbilstransporter. En slutsats är att en lastbärare som är anpassad för kombitrafik och är utformad för att erbjuda kostnadseffektiva transporter till och från kombiterminaler bör vara 10,7 alternativt 10,3 m, bygga på samma underrede som växelflak klass C samt kunna terminalhanteras med gaffeltruck.

### 6.3 Slutsatser och rekommendationer

En utvärdering och jämförelse av tre ansatser avseende möjliga utvecklingsvägar för ett framtida vagnslastsystem och en systemtågstrafik har visat att den mest utvecklingsinriktade ansatsen förefaller vara mest bärkraftig och kan erbjuda järnvägen en stärkt position på en framtida transportmarknad. De övriga ansatserna är inriktade mot en kraftig rationalisering av järnvägens vagnslastsystem. I det ena fallet förutsätts emellertid att en minskad yttäckning hos järnvägssystemet skall kompenseras genom utbyggnad av ett lastbilsbaserat forslings- eller kombitransportsystem. Hos de båda sistnämnda ansatserna föreligger en rad osäkerheter. I det första fallet beträffande hur stora volymer som kommer att förloras vid en kraftig rationalisering av terminalväxling och industrispårdrift. Vidare föreligger osäkerhet om det är möjligt att hålla kostnaderna för lastbilsforsling på så låg nivå att ett kombiupplägg, enligt denna modell, kan konkurrera med direkt lastbilstransporter på korta och medellånga avstånd.

Denna studie avslutas med en rekommendation att utveckla vagnslastsystemet med ny teknik och nya produktionsmetoder. Detta innebär att ett system med linje- eller slingtåg kommer att utgöra basen i ett framtida vagnslastsystem. I detta kommer till exempel dragkraftresursen i tåget (loket eller loken) att användas både för tågdragnings på linje och vid terminalväxling. En förutsättning för att ett sådant systemskifte skall kunna genomföras fullt ut och att de positiva effekterna skall kunna skördas i form av ökade marknadsandelar är emellertid att ett nytt enhetligt dragkraftsystem, som avpassas för tågdrift på elektrifierad linje och terminalväxling där kontaktledning saknas, kommer att utvecklas. En sådan utveckling skulle även vara till stor nytta för systemtågstrafiken samt kombitrafiken (se nedan).

En rekommendation är vidare att utveckla kombitransportsystemet på följande sätt:

- Ett linjetågsbaserat kombisystem, kallat Flexikombi, utvecklas. En viktig egenskap hos detta system är att lastbärare kan lastas av och på kombitågen när dessa gör uppehåll vid kombiterminaler som är belägna efter tågets färdväg.
- För Flexikombisystemet utvecklas en kostnadseffektiv och snabb hanteringsmetodik vid terminalerna som baseras på gaffeltruckar vilka gaffelhanterar lastbärare av begränsad storlek och vikt. I princip sker en avgränsning till lastbärare klass C (20 fots containers samt växelflak av längderna 7,15 m, 7,45 m och 7,82 m) samt en ny typ av lastbärare.
- En ny typ lastbärare i form av ett växelflak, med en längd av 10,7 m alternativt 10,3 m, utvecklas. Med denna lastbärare förväntas kostnadseffektiviteten förbättras hos nationella kombitransporter, varigenom konkurrenskraften mot direkta lastbilstransporter blir större.
- Dagens kombitrafik, i denna rapport benämnd tungkombi, rationaliseras genom att antalet terminaler minskas. Detta kan ske genom att vissa tungkombiterminaler ändras till lättare hantering inom Flexikombisystemet (se ovan).

### 6.4 Fortsatta studier

En viktig beståndsdel i utvecklingen av ett framtida linjetågsbaserat vagnslastsystem är en ny typ av dragkraft eller lok, ovan beskrivet som ett enhetligt dragkraftsystem. Ett område för fortsatta studier är att utveckla och specificera ett koncept för ett sådant dragfordon samt att utvärdera förutsättningarna kring en framtagning introduktion av denna dragkraftlösning.

## Referenser

- Ahlstedt L, Internt arbetsmaterial, Järnvägsgruppen KTH, Stockholm, 2002.
- Bark P, Johansson M, Strandberg T, Victor O, Effektiva kombiterminaler – Tekniska lösningar för transport av enhetslastbärare, TFK-rapport 1990:2, TFK, Stockholm, 1990.
- Bark P, Backman H, Bolin H, Olsson M, Branschbeskrivningar avseende den svenska godstransportmarknaden, Publikation 0201, Järnvägsgruppen KTH, Stockholm, 2002.
- Bark P, Landborn J, Sundberg F, Analys av marknad samt utvecklingstendenser för paket-, stycke- och partigods, Publikation 0202, Järnvägsgruppen KTH, Stockholm, 2002.
- Bark P, et al, Materialhantering, TFK-rapport 2002:3, Industrilitteratur, Stockholm, 2002.
- Bark P, Effektiva framtida godsvagnar – Möjligheter och utvecklingshinder, arbetsmaterial, TFK, 2003.
- Bransell E, Marknadsanalys godstrafik – Underlagsrapport för banhållningsplan, Rapport 2001-12-21, Banverket, Borlänge, 2001.
- Diehl U och Nilsson L, Svenska lok och motorvagnar 2003, Svenska Järnvägsklubben, Stockholm, 2003.
- Johansson Å, Prisbild över Kalmar LMVs truckar, e-mail och muntlig kommunikation, 2002.
- Leander P, Cargo System 2000, uppdragsrapport internt för SJ, Transrail, Stockholm, 1996.
- Nelldal B-L, Lastbil eller järnväg? Val av transportlösning för långväga godstransporter i Sverige, Del II: Undersökning av företagens val av transportmedel, Kungl Tekn Högskolan, Institutionen för trafikplanering, TRITA-TPL 81-08-06, Stockholm, 1981.
- Nelldal B-L, Andersson E, Godståg och infrastruktur i ett nordiskt och europeiskt perspektiv, Rail Forum Dialog nr 7/92, Institutionen för Trafikplanering meddelande nr:81, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm, 1992.
- Nelldal B-L, Troche G och Wajzman J, Järnvägen möjligheter på den framtida godstransportmarknaden, Kungl Tekn Högskolan, TRITA-IP FR 00-81, Stockholm, 2000.
- Nelldal B-L, Ahlstedt L G, Industrispår – förutsättningar för utveckling, Rapport 2001-10-25, Järnvägsgruppen KTH, Avd för trafik och logistik, Stockholm, 2001.
- Nelldal B-L och Wajzman J, Framtida järnvägstrafik – Prognoser för Banverkets framtidsplan och olika organisationsmodeller, SOU 2003:14, Stockholm, 2003.
- SJ Frakthandbok 1988-04, Statens Järnvägar, Godstransportavdelningen, Stockholm, 1988.

SJ Godsvagnar SJF 636.1, Statens Järnvägar, Godstransportavdelningen, Stockholm, 1985.  
Transportordlista, Tekniska Nomenklaturcentralens publikationer nr 93, SIS – Allmänna  
Standardiseringsgruppen (SIS-STG), Tekniska Nomenklaturcentralen (TNC) , 1992.

Wajzman J, Marknadsanalys av godstransporterna och persontrafiken för år 2002, Banverket  
2003.