

Regionala gummihjulståg

- En studie av möjligheten att införa högkvalitativ kollektivtrafik i mindre starka stråk till lägre kostnad än för järnväg



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för Teknik och Samhälle

Examensarbete:
Mikael Thorsén

© Copyright Mikael Thorsén

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2015

Sammanfattning

Denna rapport undersöker möjligheten att till en lägre kostnad än traditionell järnväg införa högkvalitativ, regional, gummihjulsburen kollektivtrafik med tågliknande egenskaper. För att kunna anses uppfylla detta mål krävs dels att systemet, härafter benämnt gummihjulståg, är tillräckligt likt järnvägen för att, av resenärerna, upplevas som tåg; dels krävs att kostnaden är avsevärt lägre än för järnvägen.

För att uppnå detta används de övergripande kriterierna hastighet, bekvämlighet, trygghet/tillit, långsiktighet/stabilitet och image/status.

Hastigheten föreslås bli upp till omkring 140 km/h, bekvämligheten/komforten blir likvärdig den i mindre regionaltåg, tryggheten garanteras dels av tågvärddar, dels ökar tilliten till systemet i och med att gummihjulstågen inte ges möjlighet att lämna banan. Långsiktigheten/permanensen blir nästan lika hög som för järnvägen då en egen bana anläggs. Imagen/Statusen blir betydligt högre än för busstrafik, dock är det svårt att helt nå upp till järnvägens nivå.

Systemet baseras på omkring 40-45 m långa, tågliknande fordon på en egen bana. Styrningen sker automatiskt med styrhjul mot kantstöd. Invändigt är utrymmet och servicen likvärdig med den på lokaltåg såsom de skånska Pågatågen.

Gummihjulstågen är eldrivna med dubbel kontaktledning och går på helt egna banor, förslagsvis på gamla banvallar. Dessa skall ha stora kurvradier med doserade kurvor. Hållplatserna utformas som små järnvägsstationer, vanligtvis en per tätort, även om större samhällen kan tillåtas ha fler hållplatser.

Systemet föreslås även inbegripa ett enkelt signalsystem för att förhindra kollision vid enkelspårsdrift.

Sannolikt kommer systemet att lyda under lagarna som gäller för spårväg och tunnelbana.

Rapporten kommer fram till att gummihjulstågssystemet kommer kosta ungefär hälften så mycket per km som en enkelspårig, konventionell järnväg. Genom att leda in gummihjulstågen till samma plattform som järnvägens tåg (genom att gränsla spåret), kan smidiga byten ske till tåg. Därigenom kan resenärerna dra nytta av järnvägens korta restider.

Systemet innebär att restiden förkortas kraftigt mellan orterna längs banan. Det står sig även bra mot bilen, då den totala restiden ligger i samma storleksordning, i några fall är restiden rentav kortare. Jämfört med en järnväg blir restidsvinsterna mindre, ungefär hälften så stora. Därmed är det svårt att generellt uttala sig om vilket system som samhällsekonomiskt är mest fördelaktigt. I ett fall där både järnväg och gummihjulståg skulle bedömas som olönsamma, innebär gummihjulstågen dock en mindre förlust, och kräver därmed mindre subventionering med skattemedel, vilket torde vara fördelaktigt för gummihjulstågen. Samtidigt kräver systemet relativt stora

resandemängder för att vara motiverbart. Slutsatsen blir därför att, även om systemet uppfyller kravet på järnvägslikhet och kravet att vara billigare än järnvägen, är det inte säkert att det innebär en större samhällsekonomisk lönsamhet än motsvarande järnväg. Det går att nå mycket långt i strävan efter att efterlikna järnvägens fördelar; samtidigt driver detta upp kostnaden. Således finns inga lätta ”genvägar” till ”järnvägsmagin” utan att betala priset för detta. I gummihjulstågens fall är detta pris förvisso hälften så högt, vilket medför att man får mycket ”järnväg” för pengarna.

Nyckelord:

- BRT
- Framkomlighet
- Gummihjulståg
- Image
- Infrastruktur
- Järnväg
- Kollektivtrafik
- Komfort
- O-Bahn
- Regional trafik
- Spårstyrning
- Spårväg
- Strukturerande effekter
- Superbussar
- Trådbussar

Abstract

This report investigates the possibility of implementing a high-quality, regional, rubber-wheeled based public transport system with train-like features to a lower cost than that of a traditional railway. In order to be regarded as fulfilling this goal, the system, hereafter called rubber-wheel trains, must both be similar enough to railways to be regarded as trains by the passengers – and also be considerably cheaper than the conventional railway.

In order to achieve these goals, the following main criteria are used: speed, comfort, security/reliability, long term stability and image/status.

The maximum velocity is, initially, proposed to be 140 km/h (87 mph), comfort levels will be equivalent as those of a smaller regional train, onboard security is guaranteed by train staff, while reliability is enhanced by the fact that the rubber-wheel trains cannot leave the track. Long term stability will be almost as high as that of a railway due to the dedicated track. Also the image/status of the system will be considerably higher than that of bus-based public transport. However, it will most probably not reach all the way to the image/status of traditional railways.

The system is based upon approx. 40-45 m long train looking vehicles on a separate track (guided busway). Automatic steering is used through steering wheels running towards kerbs/curbs in the same manner as that of the O-Bahn system. Inside the vehicles, space and service is equivalent to that in regional/local trains.

The rubber wheeled trains are electrically powered with a double catenary and are to run on completely dedicated tracks, preferably on old railway banks. They are to have large curve radii and super-elevated curves. The stops are to be designed as small railway stations, usually one per village or town. Larger towns could, however, have more than one stop.

The system is also proposed to have a simple signalling system in order to prevent collision while driving on single track.

In Sweden, the system will most likely be regarded as a kind of tramway, and will follow the laws concerning trams and subways.

The report draws the conclusion that the rubber wheel train system will cost about half of what an equivalent conventional railway would. By guiding the rubber wheel trains to the same platform as conventional trains (by straddling the track) swift connections to railway trains can be ensured. Thereby passengers can benefit from the short travelling times of railways.

The system considerably shortens travelling times between towns and villages along the track/busway. It can also compete with car travel; with about the same travelling times, in some cases it's even faster than travelling by car. Compared to a railway, the decrease in travelling time will be smaller, about half. Hence it is hard to give a general statement concerning which system would be most beneficial with regards to a Cost Benefit Analysis.

However, in a case in which both conventional rail and rubber-wheel trains would be considered non-economical, the rubber wheel train system would demand less government subsidies through taxes, and therefore speaking for the implementation of rubber wheel trains in such a case. At the same time the system demands relatively high passenger numbers to be motivated. The conclusion therefore is that, even if the system meets the demands of railway-likedness and lower cost than that of a railway, it isn't sure that it automatically will be more beneficial to society.

It's possible to reach very far in the pursuit of emulating the benefits of railway; however this also increases the cost. Hence, there are no easy "shortcuts" to the "railway magic" without paying the price for it. In the case of rubber wheel trains, this is however still half of the cost of a railway, which also means that it gives you much "railway" in comparison to the investment.

Keywords:

- Accesability
- BRT
- Comfort
- Image
- Infrastructure
- Kerb guidance
- O-Bahn
- Public transport
- Railway
- Regional traffic
- Rubber wheel train
- Structurizing effects
- Superbusses
- Tramway
- Trolley buses

Förord

Detta examensarbete har tillkommit som en avslutande del i högskoleingenjörsutbildningen i byggteknik – järnvägsteknik under första halvåret 2015. Examensarbetet är framtaget på SWECO Transport System i Malmö i samarbete med Institutionen för Teknik och Samhälle på Lunds tekniska högskola.

Idén till detta examensarbete har jag haft under en lång tid, rent av före påbörjad utbildning. Under utbildningens gång har jag erhållit erforderliga kunskaper inom de ämnesområden som krävs för att kunna skriva denna rapport.

Rapporten förutsätter vissa förkunskaper inom främst järnvägsteknik och innehåller därför en hel del fackuttryck. Den riktar sig främst till planerare, konsulter, myndigheter och forskare inom kollektivtrafikområdet. Någon strikt ordningsföljd av underkapitlen i kapitel 3 föreligger ej. Däremot förekommer korsreferenser inom och mellan kapitlen.

Jag vill här särskilt tacka Kirsten Wretstrand, som var min första handledare på SWECO för ditt stöd och värdefulla kommentarer.

Jag vill även särskilt tacka Carl Björklund, som tog över som handledare när Kirsten slutade, för stöd, granskning, värdefulla kommentarer och råd.

Vidare vill jag tacka Malin Zetterqvist för att jag fick vara på SWECO och för visat intresse; Anders Lundberg för värdefulla råd samt Clas Larsson för råd och hjälp när jag skrev avsnittet om elektrifieringen. Ett stort tack till Ola Wilhelmsson för stöd och engagemang. Jag tackar även Mattias Sjöholm på Skånetrafiken för ditt medverkande vid intervjun.

Ett stort tack till alla er andra som på olika sätt bidragit med råd, information, synpunkter m.m. via telefon, e-mail, samtal etc.

Slutligen vill jag tacka min familj för stöd och granskning.

Sist men inte minst tackar jag min examinator Andreas Persson på LTH för din tid och värdefulla kommentarer.

Malmö, maj 2015

Mikael Thorsén

Innehållsförteckning

1 Inledning	14
1.1 Bakgrund	14
1.2 Tidigare studier	15
1.3 Syfte och målsättning	15
1.3.1 Problemformulering	16
1.3.2 Att besvara frågeställningen	16
1.4 Avgränsningar	16
1.5 Metod	16
2 Existerande system	18
2.1 Gummihjulsburen trafik – konventionell styrning	18
2.1.1 Vanlig buss	18
2.1.1.1 <i>Fördelar</i>	18
2.1.1.2 <i>Nackdelar</i>	18
2.1.2 Prioriterad buss – stombussar	19
2.1.3 ”Superbussar” – Tänk spårväg - kör buss!	19
2.1.4 BRT – Bus Rapid Transit	20
2.1.5 Trådbussar	21
2.1.5.1 <i>Fördelar</i>	21
2.1.5.2 <i>Nackdelar</i>	21
2.1.6 Buss med släp	21
2.2 Bussar och intermediära system med automatisk styrning 22	
2.2.1 Mekaniskt styrda system – gummihjulsspårvagnar och spårbussar	22
2.2.1.1 <i>Gummihjulsspårvagnar och spårstyrda trådbussar</i>	22
2.2.1.2 <i>Spårbuss (O-Bahn)</i>	23
2.2.2 Icke-mekaniskt styrda system	24
2.3 Superbusskonceptet i Skåne	25
2.3.1 Analys av Superbusskonceptet	27
2.3.1.1 <i>Egna reflektioner</i>	27
2.4 Spårburen trafik	28
2.4.1 Generella fördelar för spårtrafik	28
2.4.2 Generella nackdelar för spårtrafik	29
2.4.3 Snabbspårväg	29
2.4.3.1 <i>Fördelar (förutom dem som nämnts ovan):</i>	29
2.4.3.2 <i>Nackdelar (förutom dem som nämnts ovan):</i>	30
2.4.4 Järnväg	30
2.4.4.1 <i>Specifika fördelar med tågtrafik</i>	30
2.4.4.2 <i>Specifika nackdelar med tågtrafik</i>	31
2.5 Sammanställning	31
2.5.1 Kriterier för att anses vara ett <i>nytt</i> system	31

2.5.2 Kriterier för att det nya systemet ska <i>upplevas</i> som ett likställt alternativ till järnväg.....	32
3 Utformning av gummihjulstågssystemet	34
3.1 Utformning av fordon	34
3.1.1 Kapacitet.....	34
3.1.2 Fordonets dimensioner	35
3.1.3 Fordonets design	37
3.1.3.1 <i>Yttre design</i>	38
3.1.3.2 <i>Inre design - inredning och komfort</i>	39
3.1.4 Utrustning och service.....	42
3.1.5 Framdrivning, hastighet, acceleration samt andra faktorer .	43
3.1.5.1 <i>Drivmedel</i>	43
3.1.5.2 <i>Hastighet</i>	44
3.1.5.3 <i>Accelerationer</i>	44
3.1.5.4 <i>Styrning (intern)</i>	45
3.1.5.5 <i>Övriga frågor</i>	46
3.2 Utformning av bana	46
3.2.1 Geometriska krav	47
3.2.1.1 <i>Spårvidd</i>	47
3.2.1.2 <i>Horisontalradier och rälsförhöjning (dosering)</i>	48
3.2.1.3 <i>Övergångskurvor och ramper</i>	50
3.2.1.4 <i>Vertikalradier och lutningar</i>	50
3.2.2 Banans styrning av fordon.....	51
3.2.2.1 <i>Spårstyrningens funktion</i>	51
3.2.2.2 <i>Avbrott i kantstöden</i>	52
3.2.2.3 <i>Växlar</i>	53
3.2.3 Överbyggnad – material	55
3.2.4 Underbyggnad	57
3.2.5 Möjlighet att återanvända gamla banvallar	58
3.3 Utformning av driftsystem	60
3.3.1 Elsystem	60
3.3.2 Möjliga kontaktledningssystem.....	61
3.3.3 Förslag på inriktning.....	62
3.3.4 Trafikering.....	63
3.4 Utformning av stationer	64
3.4.1 Stationstyp	64
3.4.1.1 <i>Stationer med diskontinuerlig kantstyrning</i>	64
3.4.1.2 <i>Stationer med kontinuerlig kantstyrning</i>	64
3.4.1.3 <i>Kommentarer till systemens för- och nackdelar</i>	65
3.4.2 Utformning av och krav på stationer.....	65
3.4.2.1 <i>Plattformer</i>	66
3.4.2.2 <i>Utrustning (biljettsystem etc.)</i>	67
3.4.2.3 <i>Bytesmöjlighet till tåg/buss</i>	67

3.4.3 Anslutning till befintliga knutpunkter	68
3.4.3.1 Anslutning till järnvägsstationer.....	68
3.4.3.2 Anslutning till andra knutpunkter	68
3.4.4 Tillgänglighet	69
3.4.4.1 Funktionshindrade	69
3.4.4.2 Stationstäthet.....	69
3.4.4.3 Upptagningsområden, stationsplacering, anslutningar .	70
3.5 Utformning av säkerhets- och signaleringssystem.....	72
3.5.1 Skydd mot obehöriga på banan.....	72
3.5.2 Korsning i plan resp. planskild korsning.....	73
3.5.2.1 Plattformsövergångar.....	73
3.5.2.2 Övriga plankorsningar.....	73
3.5.3 Behov och typ av signalsystem	75
3.5.3.1 Interaktion med järnvägen signalsystem vid stationer ..	76
3.5.3.2 Förslag på teknisk lösning.....	77
3.5.4 Övriga säkerhetsrelaterade aspekter.....	77
3.5.4.1 Vinterproblematik.....	79
4 Sammanställning och analys av systemet	80
4.1 Översiktlig sammanställning av systemet	80
4.1.1 Fordonsutformning	80
4.1.2 Banutformning	81
4.1.3 Driftsystem	82
4.1.4 Stationsutformning	83
4.1.5 Utformning av säkerhetssystem	84
4.2 Analys av systemets egenskaper	86
4.2.1 Hur väl uppfyller gummi-hjulstågssystemet mätkriterierna? ...	86
4.2.2 Var på skalan mellan buss och tåg befinner sig gummi-hjulstågen?	87
4.2.2.1 Kommentar till viktningen.....	89
4.2.2.2 Andra graderingsmöjligheter	89
4.3 Kostnadsuppskattning	91
4.3.1 Bana.....	91
4.3.2 Elsystem.....	93
4.3.3 Stationer.....	93
4.3.4 Signalsystem.....	94
4.3.5 Fordon.....	95
4.3.6 Uppskattning av total kostnad.....	96
4.4 Skånetrafikens åsikter om systemet	97
5 Lagar, godkännanden och regelverk att hantera	99
5.1 Relevanta lagar och regelverk	99
5.1.1 Nationellt regelverk.....	99
5.1.2 Europeiskt regelverk.....	100

5.1.3 Gummihjulstågen – tåg, spårvagn eller buss?.....	100
5.1.4 Byggprocessen, kommunal planering och miljöhänsyn	102
5.1.4.1 <i>Det övergripande målet</i>	102
5.1.4.2 <i>Relevanta lagar</i>	103
6 Fallstudie	104
6.1 Val av fall.....	104
6.1.1 Tänkbara stråk	105
6.1.2 Beskrivning av valt stråk	107
6.2 Kostnadskalkyl	108
6.3 Beräkning av restidsvinster.....	110
6.3.1 Jämförelsealternativ	113
6.3.1.1 <i>Nollalternativet</i>	113
6.3.1.2 <i>Regional Superbuss</i>	114
6.3.1.3 <i>Järnväg</i>	115
6.3.2 Samhällsekonomisk kalkyl	116
6.3.2.1 <i>Antaganden och förutsättningar</i>	116
6.3.2.2 <i>Resultat</i>	120
6.4 Multikriterieanalys (MCA).....	120
6.4.1 Valda kriterier.....	121
6.4.1.1 <i>Kommentarer till kriterierna</i>	121
6.4.2 Viktning av kriterierna.....	122
6.4.3 Multikriterieanalys	123
6.5 Utvärdering av fallstudien.....	123
7 Analys	125
7.1 Gummihjulstågen och banan.....	125
7.2 Generalisering av fallstudiens resultat	126
7.3 Diskussion angående möjligheter att minska kostnaden..	127
7.4 Alternativa lösningar	128
7.4.1 Fordon och framdrift.....	128
7.4.2 Banan	129
7.4.2.1 <i>Egen bana ett krav?</i>	129
7.4.2.2 <i>Spårstyrning ett krav?</i>	129
7.4.3 Stationer	130
7.4.4 Säkerhets- och signalsystem	130
7.4.5 Mellanting mellan gummihjulstågen och superbussar	130
7.5 Diskussion, felkällor samt källkritik	131
7.6 Uppslag till fortsatta studier	134
8 Slutsatser.....	135
8.1.1 Sammanfattande slutsats.....	136
9 Referenser	137
10 Bilagor	154

10.1 Bilaga 1 – Spårviddsberäkningar.....	154
10.2 Bilaga 2 - Tjockleksberäkning för ballast.....	154
10.3 Bilaga 3 – Effektberäkningar.....	155
10.3.1 Förklaring	155
10.3.2 Beräkning av gummihjulens DL, DM och DK (gångmotstånd).....	156
10.3.3 Beräkningar	157
10.4 Bilaga 4 – poängsättning.....	158
10.5 Bilaga 5 – Kalkyl för gummihjulståg.....	163
10.5.1 Kalkyl.....	163
10.5.2 Broar, stationer, bullerskydd	164
10.5.3 Billigare lösning	164
10.6 Bilaga 6 – Banbeskrivning	165
10.6.1 Beskrivning.....	165
10.6.2 Tider.....	169
10.6.3 Accelerations-/retardationsavstånd	170
10.6.4 Gångtidsberäkning	171
10.6.5 Restider.....	174

Definitioner

- *A-tåg* Äldre, konventionella persontåg med relativt stela löpverk.
- *Adhesion* Friktion mellan hjul och bana som kan utnyttjas för acceleration resp. inbromsning.
- *B-tåg* Nyare persontåg, ofta motorvagnar, med mjukare löpverk som klarar större hastigheter i kurvor än A-tågen.
- *BRT* Bus Rapid Transit – högkvalitativ busstrafik på egna banor, främst i stadsmiljö.
- *Cirkulärkurva* Den del av kurvan som har konstant radie.
- *Duospårvagn/Kombispårvagn* Spårvagn som även kan trafikera järnväg.
- *Ekvivalent rälsförhöjning(sbrist/-överskott)* (Underskott/överskott av) doseringen av banan uttryckt med de värden på rälsförhöjning en normalspårig järnväg skulle haft.
- *Förbeskedsavstånd* Det avstånd som, med vissa marginaler, krävs för att fordonet skall kunna stanna/ ändra hastigheten till en viss nivå.
- *Gummihjulståg* System beskrivet i denna rapport med tågliknande fordon med gummihjul på egna banor.
- *Intermediära system* Mellanting mellan buss och spårvagn, ofta med någon form av automatisk styrning.
- *Jakobsboggi* För två vagnar gemensam boggi placerad mellan vagnarna.

- *Ledtid* Tiden från det att idén om exempelvis en ny järnväg börjar studeras, till dess att banan tas i bruk.
- *Motsittning/Medsittning* Stolsplacering så att resenärerna sitter ansikte mot ansikte resp. ansikte mot nacke.
- *O-Bahn* Bussbaserat system på egen bana med automatisk styrning med hjälp av styrhjul mot kantstöd.
- *Anordnad rälsförhöjning* Den dosering av spåret som faktiskt byggs in.
- *Rälsförhöjningsbrist- resp. överskott.* För liten resp. för stor dosering i relation till faktisk hastighet.
- *RÖK* Räls ÖverKant. Referensnivå vid höjdmätningar i järnvägs-sammanhang.
- *Seriell hybriddrift* Förbränningsmotor som driver en generator, vilken driver en elmotor.
- *Signalprioritering* Förtur för bussar i signalreglerade korsningar.
- *Skevning* Skevhet i spåret/banan där de olika sidorna, felaktigt, ligger på olika höjd.
- *Spårfaktor* Omdiskuterat fenomen som anses uppträda vid införande av spårtrafik, vilket innebär ett ökat resande av andra skäl än restid, pris och turtäthet.
- *Spårförhöjning* Samma sak som rälsförhöjning, fast för banor utan räls.
- *Stolsdelningsmått* Avstånd i längdsled mellan stolarna.
- *Strukturerande egenskaper* Förmåga att kraftigt påverka ortstruktur, stadsplanering och resvanor.
- *Superbussar* Förbättrad busstrafik med kortare restider, färre stopp, moderna, bekväma fordon och insteg i alla dörrar.
- *Svaga, medelstarka resp. starka stråk* Pendlingsstråk med få, måttligt, resp. stort antal resande per dygn. Ett starkt stråk motiverar tågtrafik, ett medelstarkt stråk/mindre starkt stråk skulle kunna motivera tågtrafik, dock inte av ekonomiska skäl, medan ett svagt stråk inte motiverar tågtrafik.
- *Tangentiell linjeföring* Alla kurvor tangerar raklinjerna. Således förekommer inga korsningar i vilka fordonen byter färdriktning med hjälp av kraftiga rattutslag. I likhet med järnvägen kör fordonen bara ”rakt fram” (även när de svänger).
- *Tågväg* Bansträcka som får trafikeras av ett visst tåg.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Dagens samhälle präglas av transporter. För att kunna bo på en plats och arbeta på en annan krävs smidiga pendlingsmöjligheter. För godstransporter gäller att det måste finnas en infrastruktur som möjliggör dessa på ett effektivt sätt.

I äldre tider transporterades det mesta (både personer och gods) till sjöss. Landtransporter var mycket omständliga och långsamma. Under tidigt 1800-tal kom de första ångloken, och transportmöjligheterna ökade lavinartat. Till Sverige kom järnvägen 1856. Under de följande decennierna byggdes ett mycket omfattande järnvägsnät som nådde även småbyar långt ute i skogarna. Vid mitten av 1900-talet kom bilismen att utgöra en allt större konkurrent till järnvägen. Låga hastigheter, långa restider och föråldrad teknik bidrog till att järnvägens trafikunderlag minskade, till förmån för vägtrafiken. Under senare halvan av 1900-talet kom en stor del av den svenska järnvägen att läggas ner och spåren revs upp. I stort sett blev endast de starkaste stråken kvar, medan mindre orter fick förlita sig helt på vägtrafiken. Ofta blev resultatet mycket negativt för dessa orter, med nedläggningar, utflyttning etc. till följd. Sedan början av 1990-talet, och framförallt fr.o.m. 2000-talets mitt, har järnvägen fått ett kraftigt uppsving. Till stor del rör det sig om regional pendlingstrafik till arbete och utbildning. (Bårström & Granbom, 2012, s. 212-243)

Tyvär saknar idag många orter den järnväg de en gång haft. Ökade kostnader för anläggning av en sådan innebär dock att det inte längre ses som ekonomiskt motiverat att ”bygga tillbaka” spåren. Den kollektivtrafik som finns, sker istället med buss.

För att stärka kollektivtrafiken och höja dess status, har olika projekt och studier genomförts. En sådan är ”*Superbussar - ett högklassigt regionalt bussystem i Nordostskåne*” (Trivector Traffic, 2010). Vid tiden för denna rapport pågick ett projekt för att hitta alternativ till de regionala s.k. Pågatågen för de mer glesbefolkade delarna av Skåne.

Samtidigt började jag själv fundera på hur ett bussystem, som skulle kunna anses vara ett alternativ till Pågatåg, skulle vara utformat. Jämfört med vad som ovan nämnda rapport kom fram till, var min ambitionsnivå betydligt högre. Min tanke var att skapa ett system som i allt väsentligt var likt järnvägen, med undantag av själva rälsen.

Runt om i världen finns många olika bussystem och spårvägssystem, men just min tanke verkar vara en ny tillämpning. Därför vill jag nu studera den närmare i denna rapport.

1.2 Tidigare studier

Det har gjorts åtskilliga studier av bussystem och lätt spårtrafik, som påminner om det system jag avser ta fram. Bland de svenska studierna kan följande nämnas: *Superbussar - ett högklassigt regionalt bussystem i Nordostskåne* (Trivector Traffic, 2010), som redan nämnts. Denna behandlar dels utformning av ett system med vissa BRT¹-liknande egenskaper, kallat superbussar, dels en studie av linjer i nordöstra Skåne. En annan rapport är *Persontrafik i långa banor – lätta kollektivtransportsystem med strukturerande egenskaper* (Johansson & Lange, 2008) framtagen av dåvarande Banverket. Denna rapport behandlar i princip alla kollektivtrafiksystem som existerar, med undantag av tåg och tunnelbana. Ytterligare en rapport är *Bus Rapid Transit i Sverige? – kunskapssammanställning med identifiering av forskningsfrågor* (Kottenhoff, et al., 2009) framtagen av KTH och Trivector. Denna rapport tar även den upp olika bussystem med tonvikt på olika former av BRT-lösningar och linjedragningar. Ytterligare en rapport värd att nämna i sammanhanget är *Avancerade kollektivtrafiksystem utomlands – mellanformer mellan buss och spårväg – Tillämpningsförutsättningar i Sverige* (Bjerkemo, 2007) som behandlar ett flertal olika lite mer ovanliga kollektivtrafiksystem.

Vad som i allmänhet utmärker dessa studier är att de främst inriktar sig på trafik i, eller i direkt anslutning till, tätorter (möjligen med undantag av Bjerkemo). Särskilt om BRT finns mycket skrivet, men i allmänhet om trafik i urban miljö.

1.3 Syfte och målsättning

Denna rapport syftar till att vidare analysera det system jag tidigare börjat fundera över. Ambitionen är att ta fram en enkel systembeskrivning för ett gummihjulsburet system med järnvägslikande egenskaper. Då mycket är skrivet om BRT-system etc. avser jag att undersöka huruvida dessa går att utveckla än mera, med järnvägens principer som förebild. Avsikten är att detta system skall användas, inte bara i urban miljö, utan även i regional trafik, som ett alternativ till pendeltåg såsom Pågatåg, där järnväg inte finns tillgänglig. En sådan tillämpning av ett vidareutvecklat BRT-koncept existerar sannolikt inte idag.

Målet är att tillhandahålla ett underlag som kan användas för vidare planeringsarbete gällande detta koncept.

¹ BRT, Bus Rapid Transit

1.3.1 Problemformulering

Rapporten syftar till att besvara följande frågeställning:

Är det möjligt att införa ett regionalt, gummihjulsburet, tågliknande system, till lägre kostnad än traditionell järnväg?

1.3.2 Att besvara frågeställningen

För att kunna besvara denna frågeställning med ett JA, krävs att systemet, härefter benämnt *gummihjulståg*, dels uppvisar tillräckligt många likheter med traditionell järnväg, dels kan införas till lägre kostnad än den traditionella järnvägen. Avsikten är att systemet skall kunna införas på sträckor med ett relativt stort trafikunderlag, dock mindre än att det motiverar en fullskalig järnvägsutbyggnad. Det är alltså fråga om en sorts "lågbudgetjärnväg".

Då det är många faktorer som samspelar, blir det för målet järnvägslikhet en samlad bedömning, som yttrar sig som en gradering. Det ekonomiska målet bedöms i jämförelse med andra kollektivtrafiksystem.

1.4 Avgränsningar

Fokus i denna rapport kommer att ligga på utformningen av fordon och bana. Rapporten avser på intet sätt att vara heltäckande, den är istället tänkt ge en första inblick och vara en utgångspunkt för vidare arbete. Rapporten behandlar övriga delar mer kortfattat, speciellt med avseende på framdrift av fordon, stationsutformning och regelverk. Dessa frågor kommer att behandlas översiktligt i den mån som krävs för att besvara frågeställningen. Rörande säkerhetsfrågor och signalsystem, kommer dessa att behandlas något mer ingående. Däremot är inte avsikten att fullständigt beskriva dessa i detalj, utan att ge riktlinjer för systemets utformning. Avsnitten om befintliga bussystem och spårvagnar/tåg kommer att behandlas relativt översiktligt, med hänvisning till referenserna. Avsikten är här inte att fullödig redogöra för dessa, utan presentera dem översiktligt, med fokus på fördelar och nackdelar. System såsom spårbil etc. kommer inte tas upp. Inte heller tunnelbana, annat än vad som framkommer av beskrivningen av BRT, då denna ligger utanför rapportens fokus, som är regionala resor.

Rapporten kommer inte att beskriva hela den konventionella järnvägen separat. Istället kommer de riktlinjer som tas fram till stor del baseras på kraven för järnvägen.

1.5 Metod

Kunskapsinhämtningen sker främst genom litteraturstudier. Dessa bygger främst på rapporter från bl.a. f.d. Banverket, Trivector Traffic och KTH. Vidare använder jag mig av böcker, framförallt kurslitteratur från olika kurser i min utbildning. Information hämtas dessutom genom intervjuer och kortare samtal med kunniga personer, samt genom e-postkontakter med dessa.

Sedan tiden före min utbildning, har jag visst material i form av idéer, teckningar, 3D-modeller, kartor etc. som jag använder mig av som utgångspunkt.

I rapporten börjar jag med att översiktligt beskriva vad som redan finns av kollektivtrafiksystem, samt för- och nackdelar hos dessa. Därefter följer en beskrivning och analys av det planerade superbusskonceptet i Skåne. Jag sammanställer några av de saker som ett nytt system behöver uppfylla, för att, dels vara ett 'nytt system', dels utgöra ett reellt alternativ till tågtrafik där järnväg saknas. Därefter går jag in på själva utformningen av gummihjulstågssystemet. Här tar jag fram ett delvis nytt koncept. Detta bygger på dels de olika system som tidigare beskrivits, med fördjupande motiveringar utifrån referenserna, dels på mina egna idéer. Naturligtvis måste även dessa grundas i fakta.

Den mer empiriska delen utgörs av den fallstudie jag genomför mot slutet av rapporten. Med en fallstudie menas att en liten, grupp, en bestämd situation, individ etc. undersöks. Man kan också behandla flera fall för att göra en jämförelse. Fallstudien går till på så vis att ett särskilt "fall" väljs ut och studeras så heltäckande som möjligt. (Patel & Davidson, 2003) I denna testar jag det nya systemet i den mån att jag undersöker hur väl det står sig mot främst tåg och buss på motsvarande sträcka. Motivet till att använda en fallstudie är att detta är ett relativt enkelt sätt att testa det nya systemet. Nackdelen är att en fallstudie behandlar just ett enskilt fall. Då syftet med fallstudien inte ligger i själva fallet i sig själv, utan i jämförelsen med främst tåg och buss, måste möjligheten till generalisering diskuteras. För att på ett meningsfullt sätt kunna dra generella slutsatser utifrån en fallstudie, krävs att det finns en population av sinsemellan likartade fall. Därefter kan det studerade fallet väljas slumpmässigt ur populationen för att sedan generaliseras. Alternativt kan två sinsemellan olika fall väljas för att sedan jämföras. (ibid.) Här väljs populationen "nedlagda järnvägslinjer, med omgivning, i Skåne". Gemensamt för dessa är ortstrukturen (tänkbara hållplatslägen "uppradade" längs den f.d. järnvägen), relativt jämnstora samhällen, relativt lika avstånd mellan samhällena (vilken beror på placeringen av järnvägsstationerna) och, numera, avsaknaden av spårtrafik och den samhällsförändring nedläggningen av järnvägen medfört, vilket medför att de måste förlita sig helt på vägnätet för längre transporter. Vissa saker skiljer sig emellertid; orterna längs vissa f.d. järnvägssträckningar är mycket små och ligger inte i något större pendlingsstråk, medan andra har flera större samhällen och ligger i befintliga, större pendlingsstråk. Fallet kommer därför att väljas där det föreligger ett behov, där en järnväg hade varit önskvärd, även om befolkningsunderlaget kanske inte helt motiverar en sådan.

Slutligen kommer en analys där jag utvärderar resultatet och sätter det i ett större sammanhang.

2 Existerande system

Under detta kapitel beskrivs olika system som existerar i dagsläget. Syftet är inte tänkt att fullständigt beskriva dessa utan att ge en överblick samt lyfta fram vissa för- och nackdelar.

2.1 Gummihjulsburen trafik – konventionell styrning

2.1.1 Vanlig buss

Bussar förekommer både i stadstrafik, regional trafik och långfärdstrafik. Här behandlas främst de två första, då det är dessa som är vanligt förekommande i den offentliga kollektivtrafiken.

2.1.1.1 Fördelar

Buss är ett mycket flexibelt kollektivtrafiksystem. De kräver i allmänhet ingen särskild infrastruktur, utan går i blandtrafik på de redan existerande vägarna. Därigenom är det enkelt att ändra linjenätet ifall resandeströmmarna ändras. Det är billigt att anlägga nya hållplatser, som i sin enklaste form bara kan utgöras av en stolpe. Dessutom är bussar relativt billiga i inköp, då de är ett mycket vanligt förekommande fordonsslag som produceras i relativt stora serier och har relativt låga driftskostnader. Diesel och gas är vanliga bränslen men även etanol och el förekommer (batterier). (Trivector Traffic, 2008)



Figur 2-1 Konventionell stadsbuss i Malmö. Bild: Författaren

2.1.1.2 Nackdelar

Bussar har vanligen förbränningsmotor. Därigenom får de låg verkningsgrad och höga bullernivåer. Det som sades om flexibiliteten är även bussens stora svaghet; det finns ingen garanti för att busslinjen kommer vara kvar även nästa år. Ändras linjedragningen alltför ofta blir det även svårt att lära sig systemet. Hållplatsavstånden är ofta (speciellt i stadstrafik) mycket små – 300 till 600 m är vanligt i det senare fallet. Därigenom blir medelhastigheterna låga. Inne i tätorterna är framkomligheten starkt beroende på övrig trafik. Medelhastigheter kring 20 km/h är vanligt i stadstrafik. På landsbygden får bussen köra upp till 90-100 km/h. Vidare är komforten ett problem:

Sittplatserna är vanligen trånga och accelerationsnivåerna mycket höga. Sidoaccelerationer kring 3 m/s^2 och längsgående accelerationer på 2,2 resp. - $3,0 \text{ m/s}^2$ (acceleration resp. broms) är vanliga. Detta är nivåer som aldrig skulle accepteras på ett tåg. Nivåerna kan dock påverkas av körstilen. (Trivector Traffic, 2008) Eftersom varje buss behöver en egen förare, är marginalkostnaden för högre kapacitet relativt hög (Johansson & Lange, 2008).

2.1.2 Prioriterad buss – stombussar

Genom att låta bussarna få viss prioritering i trafiken, kan många fördelar uppnås. De prioriteringar som här avses innefattar vanligen egna busskörfält, bussfiler, bussgator eller bussbanor, där de senare är för bussarna helt exklusiva banor. Även viss signalprioritering i korsningar samt större hållplatser med realtidsinformation är vanligt (Johansson & Lange, 2008). De stora vinsterna är ökad framkomlighet och punktlighet. Nackdelen är att särskilda bussfiler konkurrerar med utrymmet gentemot övrig trafik och innebär en viss merkostnad. Två svenska exempel på detta system är *Citybussarna* i Jönköping, som ökat medelhastigheten från 20 till 25 km/h samt *Lundalänken*². (Trivector Traffic, 2008)

2.1.3 "Superbussar" – Tänk spårväg - kör buss!

En speciell variant på temat stombussar är de spårvägsinspirerade bussystemen. I dessa är linjedragningarna utförda som om det vore en spårvagn som skulle trafikerat dem. Med detta följer vissa minimikrav på radier och prioritering. Vanligen eftersträvas rak hållplatsangöring, d.v.s. utan



Figur 2-2 MalmöExpressen – Malmös nya superbussar. Bild: Författaren

² *Lundalänken* är ett gränsfall till konceptet Tänk spårvagn – kör buss, se nedan. I detta fall har dock avsikten redan från början varit att anlägga spårväg; bussbanan är ett steg på vägen. (Johansson & Lange, 2008)

hållplatsfickor. Istället sticker hållplatsen ut som en klack. Strikt utfört medför detta betydande komfortförbättringar, då bussen bara kör rakt fram. Inte sällan har fordonen en utformning som sticker ut. En sådan är *Phileas* i Eindhoven, Nederländerna. Bussarna i superbusskonceptet är många gånger långa, dubbelledsbussar uppemot 25 m förekommer. För kortare stopp används ofta på- och av i samtliga dörrar.

De nya *MalmöExpressen*-bussarna är ett ganska typiskt exempel på detta koncept, se *Figur 2-2*. Dessa har gas/el-hybriddrift, och egna körfält på omkr. 2/3 av linjenätet (Malmö stad, 2014).

2.1.4 BRT – Bus Rapid Transit

Bus Rapid Transit (BRT) är på många sätt den mest utvecklade formen av busstrafik. BRT förekommer i många varianter runt om i världen, varav många kanske snarare faller under kategorin ”tänk spårväg – kör buss”. Här beskrivs den mest renodlade formen av BRT, som kan sägas vara ett uttryck för tanken ”tänk tunnelbana – kör buss”. BRT är alltså motsvarigheten till tunnelbana och uppstod i Sydamerika, där brist på resurser hindrade



Figur 2-3 Metrobus - Istanbul BRT-system. Bild: Maurits90 (2010). Licenserad under Public Domain via Wikimedia Commons.

utbyggnad av metro-system. Det mest kända är troligtvis systemet i staden Curitiba, Brasilien. Liksom tunnelbanor har ett fullskaligt BRT-system mycket hög kapacitet. (Kottenhof, et al., 2009) Bussarna har helt separata körfält/banor, med planskilda korsningar. I vissa fall utformas stationerna (med plattformar i instegshöjd och allmänt mycket hög standard) med fyra ”spår”, för att expressbussar skall kunna köra om bussar som stannar. Biljettköp och – kontroll sker före ombordstigning. Genom denna absoluta prioritet får BRT-systemet många av tunnelbanans fördelar. (Andersson, et al., 2012) Det skall dock nämnas att dessa fullskaliga BRT-system innebär

betydande investeringar. Jämfört med investeringskostnaden för tunnelbana är den dock betydligt lägre. Däremot är driftskostnaderna för tunnelbana lägre än för BRT vid stora resandeströmmar. Då BRT, till skillnad från tunnelbanor, vanligen är markförlagt, tar systemet mer mark i anspråk. P.g.a. avsaknaden av spårstyrning måste körfälten dessutom vara betydligt bredare än fordonen. (Kottenhof, et al., 2009)

2.1.5 Trådbussar

Runt om i världen finns många trådbussystem och tekniken är både beprövad och har många leverantörer. Systemet bygger på två kontaktledningar över körbanan, som förbinds med bussen genom två rörliga strömvtagare. Genom att använda långa, rörliga, strömvtagare, kan bussen svänga ut omkr. 4 m i sidled för att köra förbi exempelvis parkerade fordon. I moderna fordon finns dessutom ofta någon typ av reservdrift (t.ex. batterier) för att användas på kortare, strömlösa, sträckor. (Johansson & Lange, 2008) Trådbussen kan, med sin speciella infrastruktur, sägas representera ”ett mellanting mellan spårvagn och dieselbuss”(Johansson & Lange, 2008, s. 28) Vidare, enligt samma källa, används inte sällan trådbussar i tunga stomlinjer. Vissa ”superbussar” och BRT-lösningar använder även de någon form av trådbuss.

Då trådbussar alltså förekommer för alla dessa system, som sinsemellan är mycket olika, presenteras här för- och nackdelar som gäller oavsett vilket system som används.

2.1.5.1 Fördelar

Bättre verkningsgrad och energieffektivitet. Jämfört med en dieselbuss kräver trådbussen endast 37 % (Trivector Traffic, 2008) av energin för samma uppgift och avger avsevärt mindre buller. Vidare framhåller Johansson & Lange (2008) att en relativt stark strukturbildande effekt åstadkoms genom kontaktledningen, som bussarna är mer eller mindre bundna till. Mindre underhåll p.g.a. färre rörliga delar, hög och jämn acceleration samt stort drivmoment (klarar upp till 14 % lutning) är ytterligare fördelar. Sedan tillkommer naturligtvis miljöfördelarna: Med ”grön el” är utsläppen minimala, dessutom kan uppemot 30 % av energin återanvändas genom att fordonen använder elektrisk broms med energiåtermatning. (ibid.)

2.1.5.2 Nackdelar

Trådbussar är betydligt dyrare än vanliga bussar. Därtill kommer kostnaden för elektrifieringen (matarstationer, stolpar, kontaktledningar etc.), vilket utgör en inte obetydlig kostnad. (Trivector Traffic, 2008) Därför framhåller Johansson & Lange (2008) att trådbuss endast passar för starka linjer. Vidare påpekas att kontaktledningarna kan anses som förfulande samt att det krävs elektriskt utbildad personal för att hantera infrastrukturen.

2.1.6 Buss med släp

Detta system innebär att en extra ”vagn” kopplas till bussen, som då får karaktären av ett draglok. Detta ger möjlighet att variera kapaciteten alltefter

trafikströmmarna under dygnet. Systemet är relativt ovanligt, men intresset har stigit något på senare tid. P.g.a. den vridbara kopplingen mellan dragfordon och släp, kan buss-släp-tåget klara mindre kurvradier än motsvarande ledbuss. Inköpskostnaden är dock något högre. (Trivector Traffic, 2008)

2.2 Bussar och intermediära system med automatisk styrning

Det finns ett flertal hybridformer eller intermediära system, mellan konventionella bussar och spårgående trafik. Dessa kan delas in i två huvudgrupper: Mekaniskt resp. icke-mekaniskt styrda. Med automatiserad styrning fås en jämnare gång, möjlighet till högre hastighet (med vissa system), mindre yta tas i anspråk (Trivector Traffic, 2008) och en mycket exakt hållplatsangöring möjliggörs (Johansson & Lange, 2008).

2.2.1 Mekaniskt styrda system – gummihjulsspårvagnar och spårbussar

2.2.1.1 Gummihjulsspårvagnar och spårstyrda trådbussar

I framförallt Frankrike finns spårvagnsliknande fordon med gummihjul. Dessa styrs med hjälp av en mitträl som är nedfräst i gatan. I huvudsak förekommer två system: Bombardiens TVR/GLT³ och Lohrs *TransLohr*. Båda använder kontaktledning för strömtillförsel. Den stora skillnaden är att TVR/GLT kan lämna spåret och framföras, antingen med dieselektrisk drift eller som en vanlig trådbuss, med ratt. *TransLohr* är däremot bundet till spåret. Den är dessutom betydligt mer lik en spårvagn. (Johansson & Lange, 2008)

Vad gäller kostnaderna, är dessa något osäkra, då systemen endast finns på ett fåtal platser. Enligt (Trivector Traffic, 2008) ligger kostnaderna kring 60-70 % av ett konventionellt spårvägssystem.

Fördelar: Systemen besitter många av spårvägens egenskaper. Det krävs inte lika djupa gatuarbeten (t.ex. inte omdragningar av ledningar och kablar). Gummihjulsdrift medger större lutningar. TVR/GLT kan undvika hinder genom att lämna banan. Möjligheten att använda konventionella kontaktledningssystem p.g.a. att returströmmen går i styrskenan. (Trivector Traffic, 2008)

Nackdelar: Systemen är inte kompatibla med varandra. Därigenom blir staden bunden vid leverantören. TRV/GLT har dessutom slutat att tillverkas. För *TransLohr* ser framtiden något ljusare ut. Således är konkurrensen mycket liten. Problem med ursparningar har förekommit och p.g.a. kraftig spårbildning krävs betydligt dyrare beläggning än vad som först avsetts. Rent generellt kostar dessa system relativt mycket i förhållande till vanlig spårvägstrafik. Ytterligare en nackdel är den relativt låga hastigheten. Dessa fordon klarar endast omkr. 60 – 75 km/h. (Trivector Traffic, 2008) Vidare är, enligt Bjerkemo (2007), slitaget på styrhjulen relativt högt.

³ TVR *Transports à Voie Reservè*, GLT *Guided Light Transit*



Figur 2-4 TVR/GLT-fordon vid hållplats. Bild: Caraco (2004) "Tramway de Caen Station". Licenserad under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons

2.2.1.2 Spårbuss (O-Bahn)



Figur 2-5 O-bahn mellan motorvägens körbanor (just denna bana saknar kontaktledning). Bild: JuergenG (2000) "Spurbus Essen1". Licenserad under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons

Detta är ett av de äldsta systemen för spårstyrda bussar. Bussarna går på särskilda banor med sidostöd (kanter, vanligen av betong). På hjulaxlarna är särskilda sidostödhjul i hårdgummi monterade, vilka mekaniskt styr in hjulaxeln i rätt läge, när de trycker mot sidostöden. Systemet finns både med och utan kontaktledning. (Trivector Traffic, 2008)

I de fall bussbanan/buss-spåret korsar annan trafik, krävs ett avbrott i de längsgående sidostöden. Vid dessa tillfällen styrs bussen manuellt i låg hastighet. När den sedan skall köra in i styrsystemet igen, passas den in i "spåret" genom en gradvis minskande "spårvidd" för stödhjulen. Systemet har många fördelar (se nedan) men kostar relativt mycket. I Tyskland har många försök gjorts, med dubbelriktade fordon,

spårvagnsströmavtagare, signalsäkerhetssystem etc. Tyvärr gjordes vissa misstag⁴ som fick projekten att rinna ut i sanden. En orsak till systemets något misslyckade intåg på marknaden tros vara att enbart normala bussar använts. Med längre, multipelkopplade fordon kunde kapaciteten ökas och systemet bli mer framgångsrikt. (Trivector Traffic, 2008) På andra håll i världen planeras dock större anläggningar; ett exempel är sträckan Cambridge St. Ives, vilken planeras bli en dubbelspårig bussbana på en nedlagd järnvägssträcka. 23,5 km av den totalt 40 km långa sträckan kommer att gå på egen bana.⁵ (Bjerkemo, 2007)

Fördelar:

Hög hastighet för att vara bussfordon (100 km/h), tar lite utrymme i anspråk, banan exkluderar automatiskt personbilar (som har fel axelbredd) och alltför breda fordon. Vanliga bussar och trådbussar kan användas; det är relativt billigt att utrusta dem med styranordningen. Vidare finns hög utvecklingspotential. Det är möjligt att samköra bussarna med spårburen trafik, genom att förlägga löpbanorna på ömse sidor om rälererna. Bussarna kan även användas utanför systemet. Detta medger en stegvis utbyggnad. (Trivector Traffic, 2008)

Nackdelar:

Dyrt. Visserligen är spårväg dyrare, men skillnaden är inte så stor. Det är däremot svårt att få en helt tillförlitlig prisuppgift, då dessa är 20 – 25 år gamla. Systemet förlorar mycket på plankorsningar, där fordonen inte kan köra fortare än 40 km/h. Eftersom bussarna inte kan lämna banan när de väl befinner sig på den, drabbas de av samma sårbarhet som spårtrafik gällande förseningar p.g.a. framförvarande fordon. (Trivector Traffic, 2008)

Enligt Bjerkemo är kostnaden endast 10-15 % högre än en konventionell bussgata. Med modern teknik ligger kostnaden för banan på ungefär samma nivå som konventionell gatubyggnad. Det är även möjligt att använda prefabricerade betongelement. (ibid.)

2.2.2 Icke-mekaniskt styrda system

Bland dessa finns optiskt, magnetiskt och induktivt styrda system. Med dessa kan vanliga fordon användas och någon särskild, yttre, styrutrustning krävs ej (däremot krävs inbygda styrsystem). Vidare krävs utsättning av stömlinjer resp. nedfräsning av magneter eller kablar. En nackdel med dessa system är att de är relativt oprövade. Ofta används de i stadstrafik i låg hastighet. (Trivector Traffic, 2008)

Bland dessa system återfinns ovan nämnda *Phileas* (magnetisk styrning), som dock än så länge inte tillåts köra automatiskt och franska *Teor*-systemet, vilket är ett optiskt system på eget utrymme. Nackdelen med detta är att

⁴ För mer om dessa, se *Persontransporter i långa banor – lätta kollektivtrafiksystem med strukturerande effekter* (Johansson & Lange, 2008)

⁵ Denna bana är nu invigd.

största tillåtna hastighet för optisk styrning är 40 km/h. Syns stömlinjerna dåligt, t.ex. p.g.a. snö, måste bussen styras manuellt. (Johansson & Lange, 2008)

2.3 Superbusskonceptet i Skåne

Detta koncept är framtaget av Trivector och beskrivs ingående i rapporten *Superbussar – ett högklassigt regionalt bussystem i Nordostskåne* (Trivector Traffic, 2010). I denna lyfts många av spårtrafikens fördelar (se nästa kapitel – Spårtrafik), bl.a. dess strukturbildande och långsiktiga egenskaper (ibid.). Som framgår av namnet, fokuserar rapporten på det relativt glesbefolkade nordöstra Skåne, som tidigare haft ett väl utbyggt järnvägsnät, vilket numera till största delen är nedlagt. Trots detta krävs en god tillgänglighet, och rapporten beskriver sitt syfte som följer: ”Målet är att visa hur man på ett billigare sätt än järnväg kan åstadkomma ett kollektivtrafiksystem med hög attraktivitet.” (Trivector Traffic, 2010, s.1). Rapporten betonar även att konceptet med superbussar/BRT inte är något nytt, men att det rör sig om en ny tillämpning, nämligen i ett ruralt område. Två linjer föreslås: En linje mellan Osby och Åhus via Glimåkra, Broby, Knislinge, Hanaskog, Bjärlöv, Kristianstad och Rinkaby, med en förlängning till Yngsjö och Furuboda samt en linje mellan Hässleholm och Lönsboda via Knislinge, Broby och Sibbhult. (Trivector Traffic, 2010).

Frågan är dock om ambitionsnivån är tillräcklig. I rapporten framkommer att en stor del av sträckan kommer att gå i blandtrafik på relativt små vägar.

På senare tid har detta koncept modifierats och utökats något. Flera stråk har pekats ut och istället för de relativt futuristiska bussfordon som presenterats i *Superbussar – ett högklassigt regionalt bussystem i Nordostskåne*, skall nya, dubbeldäckade SkåneExpressen-bussar användas. Dessa ska vara välutrustade med bl.a. WiFi, och ha relativt få stopp. (Region Skåne, 2014a)

I dokumentet *Regional Superbuss i Skåne - kravspecifikation* (Trivector Traffic, 2014) specificeras kraven närmare. I huvudsak är de som följer enligt 2.3.1 nedan. De mest utmärkande förändringarna är i författarens mening förbättringarna i åkkomfort och kraven på hög framkomlighet. I övrigt får de nya planerna sägas överensstämja i stort med vad som tidigare presenterats. Ovan presenterade linjeförslag är dock något förändrade, vilket framgår av *Figur 2-6* nedan.



Figur 2-6 Kommande linjenät för superbussar i Skåne. Bild: © Region Skåne (2014b)

Innehållet i superbusskonceptet (Trivector Traffic, 2014)

Superbusskonceptet innebär följande:

- Det skall användas i starka stråk och i stråk av regional betydelse.
- Öppettider minst 06-00 vardagar, 07-00 lördagar och 07-22 söndagar.
- Helst taktfast timmestrafik eller tätare trafik, minst timmestrafik 06-20 vardagar, 09-18 på helgerna, förövrigt minst avgångar varannan timme.
- Restiden skall helst inte vara längre än med bil, max. 20 % längre restid.
- Helst 100 % punktlighet, minst 92 % punktlighet, högst 3 min sena.
- Bussarna skall inte ha någon trafikståtid (högst 5 %) och högst 10 % av restiden vid hållplatser.
- Bussarna skall inte stanna alls utom vid hållplatser. Där så krävs anläggs egna banor/bussfiler, planskildheter. Signalprioritering i korsningar. Det kan dock accepteras att ett fåtal stopp görs – efter utredning.
- Högst $0,65 \text{ m/s}^2$ i sidoacceleration, dosering i kurvorna, raka körvägar, ”mjuka” växellådor, förbättrad fjädring, samt väl underhållna körvägar och särskilt utbildade förare. I vissa fall kan $1,0 \text{ m/s}^2$ tillåtas.
- Helst aldrig mindre än 40 m kurvradi, 25 m kan tillåtas.
- Farthinder skall ej påverka bussarna, istället används datorstödd hastighetsanpassning. Farthinder kan tillåtas, om de inte har nivåskillnader eller medför kraftiga laterala förflyttningar för bussarna.
- Utgångspunkten skall vara en station/hållplats per tätort. I orter med mer än 5 000 inv. kan fler stationer anläggas, dock med minst 500 m mellanrum.
- Stationerna kan utformas med tre standardnivåer, i enlighet med ett dokument kallat ”Utformning av superbustationer”.

- Hållplatserna skall utformas med rak angöring. Fickhållplatser kan tillåtas om in- resp. utfarterna är minst 25 m (i samhällen, vid högre hastighet krävs längre sträckor).
- Fordonen skall vara bekväma med tilltaget utrymme och stränga bullerkrav för att möjliggöra arbete. Kraven kan preciseras närmare i särskild handling.
- Tillgängligheten för funktionshindrade skall säkras genom tillämpning av gängse normer.
- Fordonen skall ha på- och avstigning i alla dörrar.

2.3.1 Analys av Superbusskonceptet

Enligt Lindqvist (2014) kan superbusskonceptet⁶ ge viss förbättrad tillgänglighet (främst då på lokal och delregional nivå) och bättre framkomlighet, samt kortare restider. Dock anser Lindqvist att ambitionsnivån är alltför låg, eftersom bussarna till stor del kör i blandtrafik. De fortsatt låga hastigheterna anges vara ett hinder för ökad tillgänglighet och framkomlighet. Restiderna förkortas med endast några få minuter mot dagens nivå. Superbusskonceptet är likväl en förbättring. (Lindqvist, 2014)

Det är viktigt att det nya konceptet har tillräcklig ambitionsnivå och har optimerats tillräckligt före det presenteras. Är skillnaden för liten, finns risk att konceptet blir urvattnat. (Trivector Traffic, 2010)

För vidare information om det nordostskånska superbusskonceptet hänvisas till Trivectors rapport samt till Lindqvist.

2.3.1.1 Egna reflektioner

Min egen analys av detta koncept blir att det visserligen säger sig bygga på principen ”*Tänk tåg - kör buss*”, vilket med ovanstående beteckningar i 2.1.3 och 2.1.4 får anses motsvara något mellan superbuss och BRT, och har för avsikt att utgöra ett alternativ till tågtrafik men att det har alltför stora brister i jämförelse med järnvägstrafik för att utgöra ett någorlunda jämbördigt alternativ (även om vissa förbättringar uppnås). Även i jämförelse med fullskalig BRT-trafik, når det inte hela vägen. Det måste dock betänkas att BRT-systemet främst är avsett för större städer som ersättning för tunnelbana och inte utan vidare kan flyttas ut på landsbygden. Som nämnts ovan, orsakas bristerna inte minst av den stora delen blandtrafik.

Det nya förslaget påminner i mycket om förutvarande men har i min mening större likheter med stombussar enligt 2.1.2 än med superbussar såsom *MalmöExpressen*. Med tanke på det korta tidsperspektivet (2016-2021) (Region Skåne, 2014a) är det däremot svårt att utföra mer omfattande åtgärder, åtminstone för de första av stråken. I ljuset av detta, anser författaren att superbusskonceptet i Skåne mer får anses vara förbättrade bussar, med

⁶ Detta syftar på det tidigare konceptet före de ovan beskrivna förändringarna tillkom. Det som Lindqvist skriver om det äldre konceptet kan dock, till stor del, sägas stämma även för det uppdaterade konceptet.

vissa av tågens egenskaper med avseende på komfort och möjlighet att utnyttja restiden, än ett med tågtrafiken likvärdigt gummihjulsburet alternativ. Det är därför, i min mening, angeläget att klarare definiera hur ett regionalt, till stor del ruralt, gummihjulsburet kollektivtrafiksystem bör vara utformat, för att kunna anses som ett med lokal- och regionaltåg relativt likvärdigt system. Därför kommer följande kapitel översiktligt behandla spårtrafikens eftersträvansvärda och fördelaktiga egenskaper.

2.4 Spårburen trafik

Även spårbunden trafik förekommer i olika former. Då denna rapport fokuserar på regionala resor, kommer stadsspårväg och tunnelbana lämnas därhän utan ytterligare beskrivning. Härefter redogörs för snabbspårväg och egentlig järnväg. Först redogörs för spårtrafikens generella för- och nackdelar.

2.4.1 Generella fördelar för spårtrafik

- Snabbhet. Detta gäller i första hand tågtrafiken, som kan uppnå mycket höga hastigheter. Det beror även på det låga antalet stopp i jämförelse med busstrafik (Trivector Traffic, 2010).
- Långsiktighet och stabilitet. De stora investeringarna borgar för att spåret kommer att användas under överskådlig framtid. Resenärer behöver inte oroa sig för att linjen dras om (ibid.).
- Spårtrafik är bekvämt. Systemet tvingar fram stora kurvradier och tangentiell linjeföring. Därmed fås små sidoaccelerationer. Även den longitudinella accelerationen är måttlig och jämn. Utrymmesmässigt är spårtrafiken (tåg) fördelaktig, och medger i högre grad rörlighet inom fordonen. (ibid.)
- Spårfordon bullrar i allmänhet mindre än bussar (åtminstone inuti fordonen) (ibid.).
- Informationen är ofta god, med avgångar, ankomster, aktuell driftsinformation etc. Gångtiden för spårfordon på egen banvall är mer exakt än för bussar. De hindras inte av övrig trafik på samma sätt; inte heller påverkar antalet resande stopptiden i samma utsträckning, då biljetterna vanligtvis är köpta i förväg. (Trivector Traffic, 2010)
- Energieffektivitet. Moderna eldrivna spårfordon för persontrafik drar endast kring 3-6 kWh/fordonskm. (Trivector Traffic, 2008) Den låga friktionen medför lågt rullmotstånd och litet slitage. Med elektrisk drift är det möjligt att återmata energin vid bromsning. Utsläppen av klimatpåverkande gaser och andra luftföroreningar blir små (Andersson & Berg, 2007a, s.1:2-3).
- Genom spårets styrning av fordonen, kan dessa vara mycket långa, och trots detta endast kräva en förare. Längden innebär dessutom mycket hög kapacitet. (ibid.).

- Samtidigt har spårtrafiken mycket hög säkerhet. Det gäller särskilt järnvägen med dess särskilda signalsäkerhetssystem. (ibid.)

2.4.2 Generella nackdelar för spårtrafik

- Spårtrafiksystem innebär en mycket hög kostnad. De kräver därmed stora resandeströmmar för att bli lönsamma. (Trivector Traffic, 2010) Både själva anläggningskostnaden och underhållet är mycket kostsamma (Andersson & Berg, 2007a, s.11:2)
- Det krävs en egen infrastruktur, som bara kan användas av spårfordonen (ibid.).
- Det tar mycket lång tid att införa spårtrafik, särskilt järnväg, då ledtiderna kan vara 10 – 20 år vid nybyggnad av järnväg. (Trivector Traffic, 2008)
- Större spårssystem är mycket komplexa och kan vara svåra att överblicka (Andersson & Berg, 2007a, s.11:2).
- Spårtrafiken är sårbar för störningar, då den inte kan lämna spåret, utom vid särskilda spårväxlar. Det går alltså inte att köra om långsamma fordon eller andra hinder. (ibid.)
- P.g.a. den låga friktionen blir bromssträckorna mycket långa. I kombination med punkten ovan innebär detta vanligen att ett särskilt signalsäkerhetssystem krävs, liksom system för styrning av växlar. (ibid.)
- Tillgängligheten till spårtrafiken är begränsad till stationerna. Därmed krävs inte sällan extra transport till dessa. (ibid.)
- Den låga friktionen (adhesionen) innebär även att möjliga lutningar är starkt begränsade. För tung godstrafik bör lutningen ej överstiga 10 ‰, medan den för persontrafiken kan tillåtas vara upp till 25 ‰ (viss höghastighetstrafik kan tillåta ännu högre). (Bårström & Granbom, 2012, s.63-65) Spårvägstrafik kan tillåta betydligt högre lutningar (bl.a. är fordonen mycket lättare), upp till ca 10 ‰ (Johansson & Lange, 2008).

2.4.3 Snabbspårväg

Spårvägar för längre avstånd (t.ex. utanför själva stadskärnorna, ut till förorter) och högre hastigheter (ca 100 km/h, ev. upp till 120 km/h) och med högre prioritet (till stor del egen banvall) kallas snabbspårvägar. Det finns t.o.m. så kallade *Duospårvagnar* som kan trafikera både den konventionella järnvägen och spårvägsnätet. (Trivector Traffic, 2008)

2.4.3.1 Fördelar (förutom dem som nämnts ovan):

Spårvägar är flexibla i sin linjedragning, då de klarar mycket små kurvradier (18 m för stadsspårväg, 25 m för snabbspårväg). Därmed kan de köra även på trånga stadsgator, runt gathörn etc. (Trivector Traffic, 2008) De klarar även, för spårfordon, mycket branta stigningar (upp mot 10 ‰). Spårvägar är, ur

spårtrafiksynpunkt, väldigt enkla; de kräver vanligen inget avancerat signalsystem. Ofta kör de ”på sikt”. (Johansson & Lange, 2008) Ytterligare en fördel jämfört med konventionell busstrafik är att spårvagnarna ofta är dubbelriktade; då de har en förarhytt i var ände kan köras ”framåt” åt båda hållen. Därmed förenklas vändningar. (Andersson & Berg, 2007a, s. 3:34). Spårvagnar har hög accelerations- och retardationsförmåga (1,2-1,7 m/s² resp. -1,5 m/s², även upp till -2,5 m/s² i nödbroms). (Andersson & Berg, 2007a, s.3:44)

Duospårvagnar (eller kombispårvagnar) har ytterligare fördelar: Lägre investeringskostnader då befintlig anläggning kan utnyttjas. De resande slipper att byta mellan tåg och spårvagn. (Trivector Traffic, 2008)

2.4.3.2 Nackdelar (förutom dem som nämnts ovan):

Högprioriterade spårvägar kräver ofta en betydande andel planskildheter, vilket driver upp priset. Snabbspårvägens krav på större kurvradier (ca 25 m) kan dock vara svåra att förena med stadscentras ofta trånga gatutrymmen. Vid högre hastighet (säg 80 km/h) behöver kontaktledningssystemet vara kraftigare dimensionerat än för konventionell spårväg. För duo-/kombispårväg krävs specialanpassade fordon med dubbla drivsystem (olika elsystem, alternativt dieselelektrisk drift på järnvägen), vilket gör dem mycket dyra. (Trivector Traffic, 2008)

2.4.4 Järnväg

Stora delar av järnvägstrafikens för- och nackdelar är redan beskrivna under de generella för- och nackdelarna med spårtrafik. Nedanstående uppräknings syftar därför på vad som är mer specifikt för just tågtrafik.

2.4.4.1 Specifika fördelar med tågtrafik

Tågresor anses enligt Trivector Traffic (2010) vara prisvärda med avseende på reshastigheten, då den är konkurrenskraftig med bilen. P.g.a. tågens större utrymme per passagerare (1,0-1,1 m² per passagerare (i medeldistans- och fjärrtåg), jämfört med en vanlig linjebuss, som har ca 0,6 m²/passagerare) (Andersson & Berg, 2007b), blir dels komforten högre, dels är det möjligt att utnyttja restiden till arbete eller vila (Trivector Traffic, 2010).

Andra fördelar är den höga graden av service. Vanligen finns en eller flera tågvärdar som dels sköter biljettviseringen, dels tillhandahåller upplysningar till resenärerna. Vidare finns ofta möjlighet att inta mat och dryck på tåget. (Trivector Traffic, 2010) Medeldistanståg kan ha en ambulerande servering. Detta värderas enligt Andersson & Berg (2007b, s.18:3-5) mycket högt av resenärerna.



Figur 2-7 Pågatåg av modellen X61 utanför Kristianstad. Bild: Författaren

Vidare har tåg vanligen fullstora toaletter, flera olika resandeklasser (i vissa fall med mycket hög komfort och service). Stationerna blir ofta knutpunkter i samhällena, med stor aktivitet i deras närhet. (Trivector Traffic, 2010) Den låga accelerationen gör resan behaglig för resenärerna. Utöver detta har tågen absolut prioritering; alla andra fordon måste väja för ett tåg, som inte behöver kunna stanna på siktsträckan. Detta medger mycket höga hastigheter. (Trivector Traffic, 2008)

2.4.4.2 Specifika nackdelar med tågtrafik

Järnvägar skapar stora barriärer i landskapet och i städerna. Dessutom orsakar tågtrafiken mycket externt buller, särskilt vid hög hastighet. De långa ledtiderna gör systemet ytterst oflexibelt. Vidare är kapaciteten till viss del begränsad; även om tågen kan vara mycket långa, krävs relativt långa mellanrum mellan tågen. Minsta möjliga tid mellan två tåg är sällan mindre än ca 3 minuter. Därmed begränsas möjlig kapacitet. (Trivector Traffic, 2008)

2.5 Sammanställning

2.5.1 Kriterier för att anses vara ett nytt system

Det nya systemet denna rapport avser specificera är tänkt att ha många av järnvägens egenskaper och upplevas som jämbördigt, trots att det är gummihjulsburet. Avsikten är alltså att resenären ska *uppleva* sig åka tåg, med avseende på hela systemet.

Av de system som beskrivits ovan kan då BRT, se 2.1.4 ovan, spårbuss (O-Bahn, spårstyrd buss) och gummihjulsspårvagnar, se 2.2.1 ovan, utgöra en grund att stå på. I sig själva kan dessa system dock inte anses vara fullvärdiga alternativ. Dessa system används huvudsakligen i lokal, urban, trafik. Det regionala, skånska, superbusskonceptet är däremot av regional, rural, karaktär; däremot saknar det många av de spårtrafikliknande egenskaper som BRT, spårbuss och gummihjulsspårvagnar besitter. Häremellan finns alltså ett utrymme för utveckling. Likaså finns alltså vissa skillnader mellan dessa

system och framförallt järnvägen. Det nya systemet behöver alltså *både* flytta ut dessa högkvalitativa gummihjulssystem i en rural miljö *och* anpassa dem till densamma samt än mer efterlikna järnvägen, utan att försämra egenskaperna.

2.5.2 Kriterier för att det nya systemet ska *upplevas* som ett likställt alternativ till järnväg

I *Superbussar – ett högklassigt regionalt bussystem i Nordostskåne* (Trivector Traffic, 2010) listas följande övergripande egenskaper som eftersträvansvärda:

- Snabbhet och effektivitet
- Bekvämlighet och trygghet
- Långsiktighet och stabilitet
- Integrerat system
- Image

Nedan följer en kort förklaring till resp. kriterium.

- **Hastigheten** Systemet bör ha betydligt högre hastighet än nuvarande busstrafik. Författaren anser att en toppfart på 120 – 140 km/h är en rimlig ambitionsnivå. Detta motsvarar då många mindre motorvagnståg i regionaltrafik, t.ex. det tyska regionaltåget *Diesel Multiple Unit TALENT Class 643.2*, vilket har en topphastighet av 120 km/h (Bombardier Transportation, 1997-2015). Hastigheten beror, förutom av topphastigheten även på relativt få stopp, och därmed hög medelhastighet (Trivector Traffic, 2010).
- **Bekvämligheten** (komforten) under resan är till stor del beroende av linjeföringen. Järnvägens stora kurvradier med tangerande kurvanslutningar bör alltså eftersträvas. Även någon form av automatisk styrning bör inkluderas, för ökad hastighet och komfort (Kottenhof, et al., 2009). Vidare bör accelerationerna (och retardationerna) vara begränsade, både lateralt och longitudinellt. Utrymmet per passagerare bör motsvara det som ges i regionaltåg. Servicenivån ombord kan diskuteras. Konduktörer som visar biljetterna *kan* användas men det är ingen självklarhet.
- Gällande **tryggheten** (här avses snarare tillit till systemet) kan sägas, att då järnvägsfordon är bundna till spåret och inte kan lämna detta, bör detta även gälla gummihjulstågen. Det kan tyckas konstigt att medvetet bygga in något som listats som en nackdel enligt ovan men denna nackdel innebär samtidigt en fördel; den innebär en tydlighet för resenären, som kan vara viss om att tåget inte kan ”köra fel” eller avvika från fastslagen rutt. Spåret inger därmed ett förtroende, vilket kan sägas ingå i det fenomen som ibland benämns som *spårfaktorn*. (Bengtsson & Strömberg, 2012) Detta fenomen beskrivs till viss del även av (Kottenhof, et al., 2009), som betonar betydelsen av ett ”avskilt system” men även stationernas placering.

- **Långsiktigheten/stabiliteten**, eller permanensen, i systemet är mycket viktig. För att åstadkomma en sådan strukturerande effekt, är en egen bana i princip nödvändig (Johansson & Lange, 2008). Det bör alltså vara möjligt att upptäcka systemet, även när inget fordon befinner sig på platsen (ibid.).
- Med **integrerat system** avses här möjligheten att koppla systemet till övrig trafik (tåg, buss, superbuss etc.) (Trivector Traffic, 2010) Det är fördelaktigt för ett gummihjulstågssystem om bytet till järnvägståg kan ske på lika villkor, d.v.s. över samma plattform; järnvägståg på ena sidan, gummihjulståg på andra sidan plattformen. Detta förekommer inte sällan vid gemensamma hållplatser för byte mellan spårväg och buss. (Andersson, et al., 2012).
- **Image/Status** – genom att använda attraktiva fordon med hög standard, kan statusen höjas (Trivector Traffic, 2010). Detta bör givetvis vara målet för samtliga åtgärder, för att skapa ett attraktivt system. Under detta delmål finns mycket att göra. I *Regional Superbuss i Skåne – Kravspecifikation* uttrycks delmålet som följer: *”Busstrafikens image och status måste höjas för att den av alla ska ses som ett alternativ till bilen. Detta är ett långsiktigt arbete som måste baseras på de övriga kvalitetsfaktorerna.”* (Trivector Traffic, 2014, s. 3). Detta delmål bör således även gälla för gummihjulstågen. Här bör dock tilläggas att de senare inte bara ska *”ses som ett alternativ till bilen”* (ibid.) – de ska framförallt ses som ett alternativ till *tåget!*

3 Utformning av gummihjulstågssystemet

Under detta huvudkapitel specificeras gummihjulsågssystemet närmare under de olika huvudkategorierna Fordon (kap. 3.1), Bana (kap. 3.2), Framdrivningssystem (kap. 3.3), Stationer (kap. 3.4) samt Säkerhets- och signaleringssystem (kap. 3.5).

3.1 Utformning av fordon

För att kunna precisera ett fordons egenskaper, är det viktigt att känna till dess syfte. Vilken uppgift kommer det att användas till? Är den huvudsakliga trafikuppgiften kapacitetskrävande stadstrafik, behöver antalet ståplatser vara stort; är den istället landsbygdstrafik, bör antalet sittplatser vara stort. (X2AB, 2015)

3.1.1 Kapacitet

Då gummihjulstågen avses motsvara ett mindre regional-/lokaltåg fast utan stålräls, blir detta dimensionerande för kapaciteten. Dieselmotorvagnen *Itino* (lit. Y31) har en längd av 38,5 m och har 100 sittplatser, de äldre Pågatågen (lit. X11) har, med en längd av 49,9 m 170-184 sittplatser. Därutöver kan ett stort antal stående resenärer inrymmas (Andersson & Berg, 2007a, s. 3:34ff).

Då stående resenärer i möjligaste mån bör undvikas för lite längre resor är antalet *sittplatser* intressant att beakta. (Johansson & Lange, 2008) En vanlig boggibuss (14,5 m) rymmer ca 42 sittande och lika många stående resenärer, medan en 24 m lång dubbelledbuss kan rymma uppemot 110 varav hälften sittande. (Andersson, et al., 2012) Ibland anges ända upp till 160 passagerare för dubbelledbussar, (Johansson & Lange, 2008), men enligt Andersson, et al., (2012), bör man inte dimensionera för fler än 3-4 stående passagerare per m².

I regional busstrafik tillåts, i motsats till tåg, vanligtvis inte stående passagerare. Med nuvarande (februari 2015) turtäthet för SkåneExpressen mellan Kristianstad och Malmö i högtrafik, 3-4 avgångar i timmen (Skånetrafiken, 2014a), motsvarar detta en maximal kapacitet på omkring 120-170 sittplatser⁷ per riktning och timme. Sålunda kan omkr. 110 sittplatser per fordon vara ett lämpligt riktvärde⁸. Fordonen bör dessutom vara utrustade med koppel (automatkoppel) för att kunna multipelkopplas vid trafiktoppar. (Andersson & Berg, 2007a, s. 3:37)

⁷ Här antas 42 sittplatser per buss, enligt uppgifterna om boggiebussar enl. ovan.

⁸ Med två avgångar i timmen blir det sålunda omkr. 220 sittplatser, förutom stående resenärer. Detta gäller dagens resandetal; detta kommer sannolikt vara högre vid ibruktagande.

Med föreslagen kapacitet motsvarar gummihjulståget därmed ganska väl det tyska regionalståget *TALENT Class 643.2*, vilket har 96 sittplatser, och ca 82 ståplatser⁹ samt en längd av 34,61 m. (Bombardier Transportation, 1997-2015)

3.1.2 Fordonets dimensioner

För att kunna avgöra fordonets yttre mått, är det först nödvändigt att bestämma vad som ska rymmas inne i fordonet. Därmed behöver antalet sittplatser och deras utsträckning i längs- och sidled bestämmas samt placeringen av dessa.

För vanliga järnvägståg är stolarna relativt breda, 45-48 cm är vanligt. Öresundstågen och Regina-tågen har 46 resp. 45 cm breda säten, mätt mellan armstöden (sittytan blir däremot större). Med samma mått som Öresundstågen, blir gummihjulstågens inre bredd 264 cm. (Fröidh, 2012, s. 124-128). En bred mittgång är fördelaktigt för lokaltåg etc. p.g.a. att många resenärer går på och av tågen. Genom att minska sätesbredden till 45 cm och öka mittgångens bredd, blir mittgången 56 cm bred, förutsatt att armstöden är 4 cm breda, samt att avståndet mellan de yttre armstöden och innerväggen är 2 cm. Författaren föreslår följande måttkedja [cm]: (2-4-45-4-45-4) – 56 – (4-45-4-45-4-2)¹⁰. Därmed blir, med samma dimensioner som gäller för tåg, den yttre bredden omkring 280 – 285 cm. Gummihjulstågen blir således ca 25 – 30 cm bredare än konventionella bussar (exkl. backspeglar) (Andersson, et al., 2012). Enbart detta faktum innebär att gummihjulstågen inte får köras på allmän väg i blandtrafik, då maximalt tillåten bredd där är 260 cm (Transportstyrelsen, 2015a).

Fordonets längd är först och främst beroende av vilken kapacitet som efterfrågas. Förutsatt en kapacitet på 120 sittplatser ((2+2)-sittning), varav 56 med motsittning¹¹ och 64 med medsittning, kan utrymmet i längdsled beräknas. Här har en relativt hög andel säten med motsittning valts, då detta ger mer utrymme vid arbete. Dock krävs att man känner det s.k. stolsdelningsmättet. Andersson & Berg (2007b) beskriver hur det är möjligt att, med bibehållen komfort, minska stolsdelningsmättet (bakkant ryggstöd – bakkant ryggstöd) till 81-86 cm. Traditionellt ligger det för tåg på 90-100 cm. Mer om detta i avsnitt 3.1.3.2. I de följande beräkningarna används stolsdelningsmättet 86 cm vid medsittning och 190 cm vid motsittning (Fröidh, 2012, s. 126).

Antagande:

- 16 rader med medsittning (per sida) à 86 cm
 - 7 grupper med motsittning (per sida) à 190 cm
- $$16 \times 0,86 + 7 \times 1,90 = 27 \text{ m}$$

⁹ Enligt Bombardier Transportation anges 110 ståplatser. Det förutsätter 4 stående per m², vilket enligt ovan ansetts vara för trångt. Räknat på 3 stående per m² blir det istället blir antalet 82,5.

¹⁰ Måttkedjan [(2-4-45)-4-(45-4)] – 56 - [(4-45)-4-(45,4-2)] [cm] bygger på (Andersson & Berg, 2007b, p. 18:13), om än något modifierad.

¹¹ Motsittning – passagerarna sitter i grupper med ansiktet mot varandra.

Därtill kommer utrymmen för vestibuler, ledade övergångar mellan vagnarna, toalett och förarutrymmen. Ett rimligt antagande är att vestibulerna är 1,8 m långa (3 st.), att lederna är 0,5 m (2 st.) (Andersson & Berg, 2007a, s. 3:34-49) samt att förarutrymmena (ett i var ända, inkl. front) är vardera 3 m (Bombardier Transportation, 1997-2015). Längden blir då 39,46 m. Därtill behövs vissa mellanrum samt koppel etc., vilket kan tänkas utgöra sammanlagt omkr. 3 meter. Hela gummihjulståget får således en längd kring 43 m (se *Figur 3-2*). Med färre antal sittplatser (96 st.¹²), minskar längden till ca 34 m.

Fordonens höjd är relativt svår att bestämma, då den beror på utformningen av fordonet. Bussar förekommer i två huvudsakliga former – låggolvs- och höggolvsbussar. Inom BRT-system används vanligen bussar med högt golv, vilket har fördelen att motor, hjul och andra system ryms under golvet, som därmed kan utformas plant och blir lättmöblerat. Nackdelen är att höga plattformar krävs, alternativt trappor inne i bussen. Låggolvsbussar kräver inte höga plattformar och innebär ofta en snabbare på- och avstigning. Nackdelen är dock främst mindre golvyta (färre platser) och ökat slitage. (Kottenhof, et al., 2009)

Då dessa gummihjulståg p.g.a. övriga dimensioner (bredd och längd) inte tillåts gå i blandtrafik (Transportstyrelsen, 2015a), utgör den höga golvhöjden inget större problem, då separata plattformar ändå måste anläggas. Dessa är således vanligen av ”hög” modell i BRT-system (Kottenhof, et al., 2009). För mer om stationsutformning, se kap. 3.4.

Enligt Andersson & Berg (2007b, s. 17:20) är en rimlig inre golvhöjd 1100 mm. Med avdrag för hjulflänsarna, blir den siffran 1070 mm. Takhöjden inne i fordonet kan lämpligen väljas till 225 cm Däröver krävs viss höjd för själva fordonets korgtjocklek och ev. teknik. Omkr. 40 cm är rimligt för detta. (jfr Andersson & Berg (2007b, s. 17:9)). Sammanlagt blir höjden (förutom ev. strömvtagare) alltså 3 720 mm.

Handledning för spårvägsplanering i Skåne (Hansson, et al., 2011) anger att maximal höjd för spårvagnar (nedfälld strömvtagare) är 4,0 m. Detta kan lämpligen även gälla för gummihjulståg. Ev. strömvtagare skall kunna användas mellan 4,5 och 6,5 m över RÖK¹³ (TSD, konventionell lok och passagerarfordon), vilket för ett gummihjulsfordon blir relativt körbaneytan med tillägg för höjdskillnaden mellan körbaneytan och RÖK.

När det gäller vikten, är denna starkt beroende av önskad komfort och övrig utformning. Faktorer som driftsäkerhet och krocksäkerhet driver även de upp vikten. (Andersson & Berg, 2007b, s. 12:1) Regionbussar väger vanligen ca 250 kg/sittplats medan tunnelbanetåg och lokal-/regionaltåg väger omkr. 500 resp. 600 kg/sittplats. (Andersson & Berg, 2007a, s. 3:64-65) Då

¹² Här antas 12 rader med medsittning och 6 grupper med motsittning.

¹³ RÖK *Räls ÖverKant*

gummihjulstågens hjul är betydligt lättare än spårfordons stålhjul, bör fordonens vikt ligga omkr. 400 – 500 kg/sittplats. Med 120 sittplatser skulle vikten då bli 48 – 60 ton. Förutsatt att detta fordon har åtta axlar (dubbelledat med tvåaxlig boggi i vardera änden samt Jakobsboggier¹⁴ mellan vagnarna) blir axellasten 6,0 – 7,5 ton. Med full beläggning av sittplatserna, plus 60 stående resenärer, blir axellasten 7,8 – 9,3 ton.¹⁵ Motsvarande tal för 96 sittplatser och 50 stående presenteras i *Tabell 3-1*. För spårvägar gäller STAX (största tillåtna axellast) 10 ton (12 ton) (Hansson, et al., 2011).

Tabell 3-1 Dimensioner, vikter och axellaster för gummihjulståg. Samtliga värden är ungefärliga.

	Kort tåg	Långt tåg
Yttre bredd	2800 – 2850 mm	”
Inre bredd	2600 – 2650 mm	”
Yttre längd (exkl. koppel)	30 - 35 m 80 - 100 sittplatser (96 sittplatser ¹⁶ – 34 m)	35 – 45 m 100 – 140 sittplatser (120 sittplatser ¹⁷ – 43 m)
Inre golvhöjd över boggierna	1000 – 1200 mm (1070 mm)	”
Instegshöjd	550 mm	”
Inre takhöjd (relativt inre golvhöjd)	2250 mm	”
Yttre höjd (exkl. strömavtagare)	3720 mm max. 4000 mm	”
Yttre höjd (med uppfälld strömavtagare)	4500 – 6500 mm (Spårvagnsströmavtagare) 5000 – 6000 mm (Trådbuss-strömavtagare)	”
Tjänstevikt	32 – 50 ton (38,4 – 48,0 ton)	40 – 70 ton (48,0 – 60,0 ton)
Axellast (8 axlar, tomt fordon, 96 resp. 120 sittplatser)	4,0 – 6,3 ton (4,8 – 6,0 ton)	5,0 – 8,8 ton (6,0 – 7,5 ton)
Axellast (8 axlar, med 134 resp. 180 passagerare)	6,1 – 7,3 ton (84+50 resenärer)	7,7 – 9,2 ton (108 + 60 resenärer)
Min. resp. max. axellast (8 axlar) och full beläggning	5,1 – 6,1 ton (68+40 resenärer)	9,0 – 10,7 ton (128+70 resenärer)

3.1.3 Fordonets design

Under detta avsnitt kommer fordonets yttre och inre design att behandlas. Med detta avses främst utseendet. Komfortmässiga frågor och frågor om utrustning som tillhandahålls passagerarna, behandlas i avsnitt 3.4.1.

¹⁴ Jakobsboggier – Två vagnar vilar på samma boggi.

¹⁵ Här antas att passagerarna väger 80 kg.

¹⁶ I verkligheten blir antalet sittplatser mindre, ca. 84, p.g.a. att vissa platser måste användas till annat.

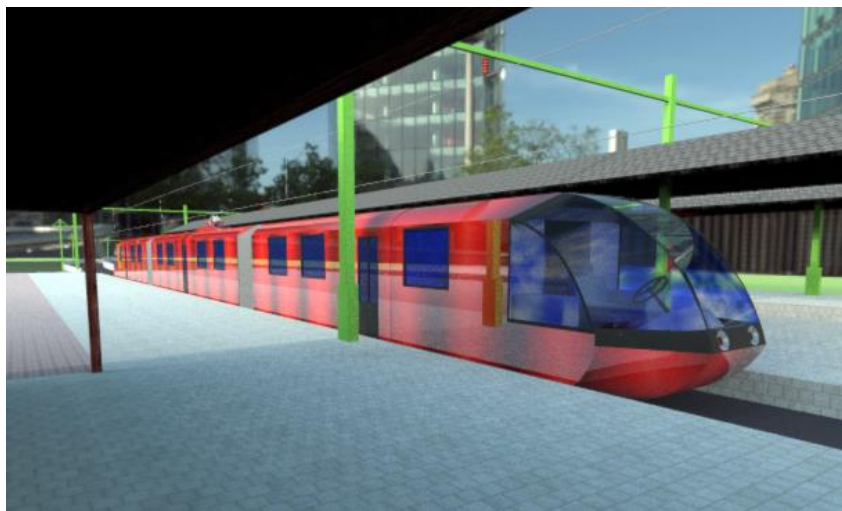
¹⁷ Som ovan fast 108 sittplatser. I båda dessa fall beräknas fordonets tjänstevikt som om inget avdrag gjorts, medan passagerarnas vikt, vilken används för att beräkna axellasten utgår från verkligt antal passagerare.

3.1.3.1 Yttre design

Som framgår av föregående avsnitt, behöver gummihjulstågen vara relativt långa. Tanken är att de ska uppfattas som mindre motorvagnståg snarare än bussar. P.g.a. motorvagnars allmänna fördelar¹⁸ kommer den fortsatta framställningen fokusera på dessa framför lokdragna tåg. Därmed krävs inga särskilda vändringor eller rundgång. (Andersson & Berg, 2007a, s. 3:34-49)

Enligt Kottenhoff, et al., (2009) har BRT-fordon både fler och bredare dörrar än vanliga bussar, ibland även dörrar på båda sidor. Detta gör det möjligt att anlägga plattformar på båda sidor och innebär således en ökad flexibilitet. Författaren rekommenderar därför att gummihjulstågen, liksom tåg och nämnda BRT-fordon, utrustas med detta dörrarrangemang.

Enligt Trivector Traffic rapport *Superbussar – ett högklassigt regionalt bussystem i Nordostskåne* (2010) påverkar fordonets design systemets image. Detta är för gummihjulstågen av stor vikt. Många BRT-fordon/superbussar ges därför en futuristisk design. Ett exempel på tågliknande bussar är *MalmöExpressen*, se *Figur 2-2*. Författaren väljer att låta några motorvagnar (t.ex. nya Pågatågen (X61), se *Figur 2-7*, agera förebilder för designen. Det skall dock påpekas att dessa rekommendationer är att se som just rekommendationer. Beroende på tillverkare kommer den yttre designen att skilja sig mellan olika modeller. Däremot måste vissa parametrar vara samma för samtliga modeller, för att de skall vara kompatibla med infrastrukturen. Nedan följer ett förslag på fordonsdesign.

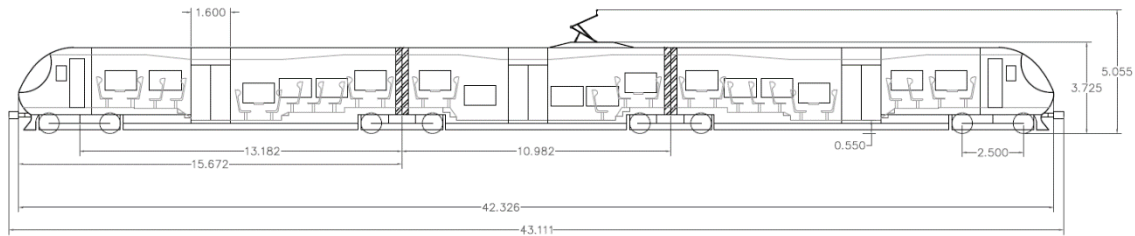


Figur 3-1 Förslag på möjlig design av gummihjulståg. Illustration: Författaren

Med de mått som antagits ovan, får detta gummihjulståg en instegshöjd på 0,55 m¹⁹. Detta överensstämmer med kraven för mellanhöga plattformar (550 mm) (Trafikverket, 2012a). Enligt författaren är det önskvärt att kunna dela plattform med vanliga tåg; detta medför att gummihjulstågen måste utformas på så sätt, att instegshöjd samt övriga mått medger detta. (Bl.a. profil – här

¹⁸ Bl.a. acceleration, dragkraft, effekt och låg vikt, enkla vändningar etc. Se äv. (Andersson & Berg, 2007a)

rekommenderar författaren att någon av profilerna GA, GB eller GC²⁰ används som gränsvärden, då fordonen av företagsekonomiska skäl bör vara gångbara på en internationell marknad).



Figur 3-2 Schematisk bild av gummihjulståget beskrivet i ovanstående beräkningar. I mittvagnen har flera sittplatser tagits bort för att inrymma rullstolar, toalett etc. Bild: Författaren

3.1.3.2 Inre design - inredning och komfort

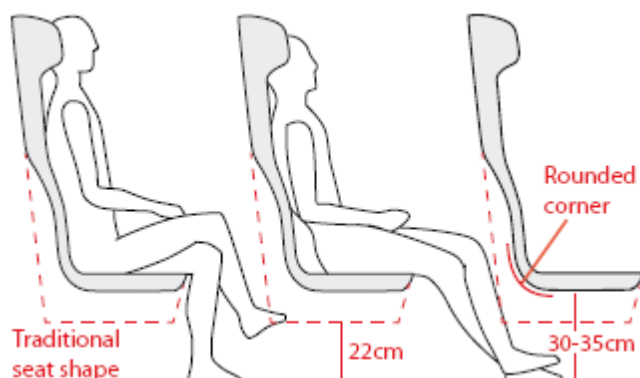
Även ombord bör fordonen upplevas som tåg. Fordonen skall vara både attraktiva och funktionsenliga – detta samtidigt som kostnaden måste hållas inom rimliga gränser. Det gäller därmed att inrymma många platser per fordon – men, de måste fortfarande vara komfortabla och får inte upplevas som trånga. (Kottenhoff & Andersson, 2014) Mer precist innebär dessa kriterier att:

- Det för komforten gäller att:
 - Sittplatserna måste vara tillräckligt breda – kring 45 cm mellan armstöden är här ett gott riktvärde. Det förutsätts dock att det finns ett mellanrum mellan sittedynan och armstödet; är detta ej fallet kan det kännas för trångt. (Andersson & Berg, 2007b, s. 18:12-15), (Kottenhoff & Andersson, 2014)
 - Det måste finnas tillräckligt med benutrymme. (Andersson & Berg (2007b, s. 18:8-11) beskriver hur stolsdelningsmåttet kan minskas från 90-100 cm till 81-86 cm genom dels tunnare ryggstöd, dels högre höjd under stolarna, samt avrundade hörn. Se *Figur 3-3*.
 - Vid motsittning bör stolsdelningsmåttet vara ca 190 cm. Detta förutsatt att stolarna utformas på samma sätt som vid medsittning. (Fröidh, 2012)
 - Armstöden får inte vara för smala. 4-5 cm är vanligt i 2:a klass. Vidare bör det finnas 2-3 cm marginal mellan armstöd och vägg samt 6-10 cm utrymme mellan vägg och ryggstöd för att få plats med armbåge resp. kläder. (Andersson & Berg, 2007b, s. 18:12)

¹⁹ För att uppnå detta används s.k. podestrar och ramper inne i fordonet. Se äv. (Andersson & Berg, 2007b, s. 17:18-19). På så vis kan golvhöjden i mittgång och vestibuler sänkas omkring 4 dm.

²⁰ För mer om profilerna, se nedan, avsnitt 3.5.4. Tågfordon måste kunna rymmas inom profilerna GA, GB och GC för att vara driftskompatibla enligt TSD, konventionell lok och passagerarfordon (2011).

- Ryggstöden bör kunna lutats/fällas. Vanligtvis rör det sig om 7-10 grader. Således krävs marginaler för detta när stolar placeras med ryggstödet mot en vägg. Genom att rotationscentrum placeras relativt högt, 50 – 60 cm över golvnivån, påverkas bakomsittande resenärer mindre. (Andersson & Berg, 2007b, s. 18:10-11)
- Ryggstöden bör ha justerbara nackstöd som även ger stöd i sidled åt båda håll. Dessutom bör de ha svankstöd. (Kottenhoff & Andersson, 2014)



Figur 3-3 Utrymmeseffektiv stolsdesign med god komfort. Bild: Gröna Tåget: Kottenhoff & Andersson (2014)

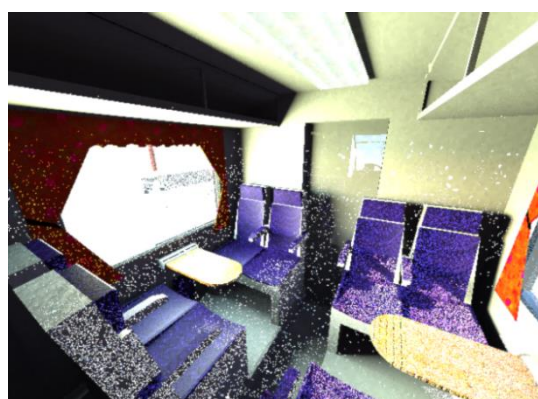
- För funktionaliteten gäller att:
 - Sittplatserna bör vara utrustade med bord vid både med- och motsittning. För att kunna användas effektivt, vid exempelvis arbete och till att äta, måste dessa vara tillräckligt stora. En bredd på 40 – 45 cm rekommenderas därför. Vid motsittning måste de kunna användas även från sätena vid mittgången. De bör vara vikbara för att underlätta passage. Dessutom är det viktigt att borden konstrueras så att vibrationer minimeras; just dessa vibrationer är ofta föremål för klagomål. (Andersson & Berg, 2007b, s. 18:14)
 - Det skall finnas utrymmen för bagage. Genom det ökade utrymmet under stolarna, finns det möjligheter att förvara bagage även där. (Andersson & Berg, 2007b, s. 18:14-15) Stora bagage får ofta inte plats vid sittplatsen. Därmed krävs särskilda förvaringsutrymmen för dessa, exempelvis i närheten av dörrarna. (Fröidh, 2012) Det behöver även finnas utrymme för rullstolar, rollatorer och ett mindre antal cyklar (i den mån dessa tillåts), samt barnvagnar (Kottenhof, et al., 2009). Då detta kräver extra utrymme kommer antalet faktiska sittplatser bli något lägre än vad som angivits i räkneexemplet i 3.1.3.1.
 - För tillgängligheten för funktionshindrade gäller att:

- Kraven i TSD PRM²¹ (2007) ska vara uppfyllda. (Kottenhoff & Andersson, 2014) Dessa är egentligen utformade för järnvägstrafik, men vad gäller rullande materiel är skillnaderna försumbara.
- Svenska krav utöver TSD PRM ska uppfyllas på motsvarande sätt som för järnvägsfordon. ”Plant insteg” bör eftersträvas (ibid.), vilket med utformning enligt ovan inte bör utgöra några större problem.

Slutligen följer några förslag av författaren. Dessa ska inte ses som färdiga förslag (bl.a. uppfyller de inte alla krav i TSD PRM) utan snarare som konceptbilder för att ge ett intryck av hur ett gummihjulståg bör upplevas invändigt. Samtliga bilder av författaren.



Figur 3-6 Gummihjulståg – kupé invid förarhytten.



Figur 3-4 Gummihjulståg – främre (tyst) kupé.



Figur 3-5 Gummihjulståg – mittgång.

²¹ TSD – Tekniska specifikationer för driftskompatibilitet, EU:s regelverk för järnvägsmateriel och – anläggningar. Se även kap. 5.1.2.

3.1.4 Utrustning och service

Förutom vad som redan nämnts ovan finns flera faktorer som ett gummihjulståg – i likhet med järnvägståg – bör ha, men som vanliga bussar många gånger saknar. *Superbusskonceptet i Skåne* (se kap. 2.3) börjar närma sig vissa av dessa fördelar, med bl.a. WiFi. Således bör gummihjulstågen utrustas med *minst* följande (Andersson & Berg, 2007b, s. 18:2-5):

- WiFi
- Eluttag vid varje sittplats
- Informationsdisplayer och högtalare
- Papperskorgar
- Toalett

Toalett krävs främst vid regionala resor. Denna måste i så fall uppfylla kraven i TSD PRM (2007).

Gällande informationsdisplayerna bör dessa inte endast visa namnet på nästa station. De bör även visa kommande stationer, anslutningar vid dessa, samt beräknad tid till ankomst. Exempel på sådan display visas i *Figur 3-7*.



Figur 3-7 Display med information som ger framförhållning. Bild: Författaren

Anslutningar, åtminstone för anslutande tåg, bör även ropas ut i högtalare. På samma sätt är det lämpligt att gummihjulstågens avgångar och hållplatslägen ropas ut på lokal- och regionaltågen – detta för att få ett integrerat system.

Andersson & Berg (2007b, s. 18:2-17) framhåller även vikten av god luftkvalitet. För denna är betalningsviljan mycket hög. För att uppnå denna krävs välfungerande luftkonditionering som håller både temperatur och luftfuktighet på rätt nivåer. Dessa nivåer anges i olika Europaanormer²² och behandlas inte mer här.

²² Andersson & Berg (2007b) anger dessa som följer: CEN Railway applications – Air conditioning for main line rolling stock – Part 1: Comfort parameters, EN 13129-1, 2002; ” – Part 2: Type tests. EN 13129-2, 2004; CEN: Railway applications – Air conditioning for urban and suburban rolling stock – Part 1: Comfort parameters, EN 14750-2, 2006 samt ” – Part 2: Type tests, EN 14750-2, 2006

Frågan om personalbehov, utöver föraren, ombord på gummihjulstågen är inte helt självklar. För en hög grad av service bör dock åtminstone en tågvärd/konduktör finnas till hands. Denne kan dels kontrollera biljetter, dels svara på resenärernas frågor och avlasta föraren med avseende på informationsbehovet. Tågvärden bidrar enligt Johansson & Lange (2008) även till ökad trygghet i kollektivtrafiksystemet. Detta anges vara särskilt viktigt särskilt för kvinnor, som ofta uttrycker oro för sin säkerhet under resan – inte minst nattetid. (ibid.) Förutom på mycket korta linjer (där det inte är säkert att tågvärden hinner kontrollera alla biljetter), rekommenderar författaren därför att gummihjulstågen bemannas, dels av föraren, dels av en tågvärd.

Slutligen något om förtäring: Även om en ”riktig” restaurangvagn högst sannolikt inte är aktuell, *kan* en ambulerande serveringsvagn vara aktuell på lite längre sträckor. Enligt Andersson & Berg (2007b, s. 18:2-5) värderas en sådan *nästan* lika högt som en restaurangvagn med varm mat. En kaffe-/godisautomat kan också vara aktuell, även om betalningsviljan för en sådan är relativt begränsad (Kottenhoff & Andersson, 2014).

3.1.5 Framdrivning, hastighet, acceleration samt andra faktorer

3.1.5.1 Drivmedel

Gummihjulstågen bör helst vara eldrivna. Samma fördelar som angivits för trådbussar, se avsnitt 2.1.5, kommer då även att gälla för gummihjulstågen. Bland eldriftens fördelar kan nämnas bl.a. jämn acceleration, låga utsläpp och kraftigt minskat buller samt minskat underhåll p.g.a. färre rörliga delar.

I Sverige är det inte ovanligt med biogasbussar, vilka visserligen har mindre klimatpåverkan, men i övrigt lider av liknande nackdelar som övriga fordon med förbränningsmotor. Även andra drivmedel förekommer, t.ex. bränsleceller eller batteridrift. (Andersson, et al., 2012) Enligt författaren skulle exempelvis bränsleceller vara intressant på längre sikt. Däremot kan batteridrift vara svårt att införa på längre sträckor, p.g.a. batteriernas begränsade kapacitet. För stadstrafik har laddningsbara fordon utvecklats, som laddar via en strömavtagare vid hållplatserna (Volvo Bussar, 2015). Räckvidden är dock, än så länge, relativt begränsad, vilket gör det svårt att använda denna teknik för längre (regionala) resor.

Det finns även olika typer av hybridbussar. Ett för gummihjulstågen intressant system är seriell hybriddrift, där en förbränningsmotor driver en generator, vilken i sin tur driver traktionsmotorerna. Utöver förbränningsmotorn finns vanligen även batterier som lagrar energi. (Andersson, et al., 2012) För att kunna anses som någorlunda miljövänlig bör förbränningsmotorn drivas med förnybara drivmedel. Detta system hade kunnat vara aktuellt på mindre trafikstarka linjer, men bör enligt författaren ses som ett svagt andrahandsval, då verkningsgraden, liksom effekten, blir betydligt lägre än vid direkt eldrift. (Andersson & Berg, 2007a, s. 3:19-20)

Dessutom förekommer alltså en bullrande och vibrerande förbränningsmotor, som försämrar åkkomforten för resenärerna.

Som förstahandsval föreslår därmed författaren att gummihjulstågen blir helt eldrivna, med matning utifrån (hur denna bör vara utformad beskrivs i kap. 3.3).

3.1.5.2 Hastighet

Gällande gummihjulstågens hastighet har denna redan preciserats i kap. 2.5.2 till en topphastighet på 120 – 140 km/h. Detta motsvarar många mindre motorvagnståg för lokal och regional trafik, exempelvis redan nämnda *TALENT Class 643.2*, vilket har en topphastighet på 120 km/h (Bombardier Transportation, 1997-2015). Det skall tilläggas att denna topphastighet endast kan komma på fråga på helt separata banor, sannolikt med någon form av automatisk styrning, se nedan. Särskilda säkerhetsåtgärder behöver sannolikt vidtagas; detta behandlas mer ingående i kap. 3.5. Ev. skulle hastigheten på vissa sträckor i framtiden kunna komma att höjas till 150-160 km/h. Detta då systemet anges klara betydligt högre hastigheter – bussarna i Adelaide uppges ha en kritisk hastighet på 190-240 km/h (Wilson, 2004).

3.1.5.3 Accelerationer

Accelerationsnivåerna påverkar komforten mycket starkt. I järnvägstrafik accepteras sällan högre accelerationer (både longitudinellt och lateralt)²³ än ca 1 m/s². (Trivector Traffic, 2010) Det är framförallt de mycket höga accelerationsnivåerna (uppemot 3 m/s² lateralt och -3 till +2 m/s² (broms resp. acceleration) longitudinellt) hos bussar som orsakar dålig åkkomfort (Trivector Traffic, 2008). Generellt bör accelerationerna hållas så låga som möjligt. *Superbusskonceptet i Skåne* (Trivector Traffic, 2014a) tillämpar ett riktvärde för maximal sidoacceleration på 0,65 m/s², vilket enligt Andersson & Berg (2007a, s. 4:9) motsvarar gränsvärdet för A-tåg (konventionella, äldre fordon). Som övre gränsvärde anges maximalt 1,0 m/s², vilket motsvarar B-tåg (egentligen 0,98 m/s² för 150 mm rälsförhöjningsbrist)²⁴. Även i longitudinell led bör accelerationen (och retardationen) begränsas. Moderna motorvagnståg för regional och lokal trafik har ofta en maximal acceleration på 1,0 - 1,2 m/s² (vissa lokaltåg upp till 1,3 m/s²) (Andersson & Berg, 2007a, s. 3:34-46). Författaren rekommenderar därför att även gummihjulstågen ges en maximal acceleration på högst 1,3 m/s², gärna max. 1,1 – 1,2 m/s², detta då komforten inte skall vara sämre än för regionaltåg. Lägre värden än 1 m/s² avråder författaren från, då det går ut över medelhastigheten när topphastigheten är begränsad.

Även accelerationens ändringshastighet da/dt , kallad ”ryck”, påverkar kraftigt åkkomforten och bör begränsas (Johansson & Lange, 2008). Enligt

²³ Longitudinellt resp. lateralt – i längdsled resp. i sidled.

²⁴ För mer om sidoaccelerationer och kompensation av dessa, se kap. 3.2.

Hansson, et al., (2011) upplevs redan $0,4 \text{ m/s}^3$ som obehagligt för gående resenärer, medan sittande och stående klarar något mer. VGU tillämpar $0,5 \text{ m/s}^3$ som grundvärde (ibid.). I sidled anger Andersson & Berg (2007a, s. 4:39) ungefärliga värden på $0,5 - 1,0 \text{ m/s}^3$ för sittande resenärer och $0,4 - 0,6 \text{ m/s}^3$ för stående.

Vad gäller bromsförmågan, föreligger en stor skillnad mellan gummihjulståg och järnvägståg. Den möjliga bromssträckan för gummihjulsfordon kan därmed bli 15-30 % av motsvarande bromssträcka för ett tåg, förutsatt att båda håller samma hastighet. (Andersson & Berg, 2007b, s. 16:2) Däremot är det inte säkert att gummihjulstågen vid normal driftbroms kan räkna med så optimistiska värden. För det första kommer gummihjulstågen vara betydligt tyngre än vanliga gummihjulsfordon. För det andra kommer de ha stående och gående resenärer som inte är beredda på en plötslig inbromsning. Slutligen bör retardationsnivåerna hållas låga av komfortskäl (se ovan). Som resultat av detta, rekommenderar författaren att retardationen normalt sett inte bör överstiga den som förekommer hos vanliga pendeltåg, såsom Pågatågen, då komfortnivån inte skall vara sämre än för dessa. Vid ev. nödbroms kan retardationsnivåerna tillåtas vara betydligt högre; spårvagnar (som även de har stående passagerare) kan ha retardationer upp till $2,5 \text{ m/s}^2$ vid nödbroms (Andersson & Berg, 2007a, s. 3:45-45)

3.1.5.4 Styrning (intern)

Frågan om styrning av fordonen är av central betydelse. Med automatisk (extern, spårstyrd) styrning blir stabiliteten i sidled högre och körbanans bredd kan göras mindre. (Trivector Traffic, 2008) Författaren rekommenderar därför starkt någon form av automatisk styrning för att kunna köra långa fordon i hög hastighet, se äv. kap. 3.2. Därmed uppstår frågan om någon separat styranordning som föraren kan påverka behövs. Ska fordonet enbart köra på en helt separat bana, utan korsningar i plan, torde styrutrustning, såsom ratt, vara onödig. Förekommer plankorsningar, där den yttre styrningen på en kort sträcka upphör (såsom fallet är för O-Bahn, se avsnitt 2.2.1.2, behöver föraren kunna korrigera färdriktningen vid återinfarten på ”spåret”. Detta kräver enbart mindre vinkelförändringar om avbrottet i kantstyrningen är kort, såsom vid en plankorsning. Vid längre avbrott krävs av naturliga skäl en ”riktig” ratt och möjlighet för föraren att styra fordonet. Det bör dock tilläggas att kurvtagningsförmågan för ett långt fordon är relativt begränsad. Används Jakobsboggier, begränsas kurvradien nedåt av hur mycket vagnarna kan vridas mot varandra. Med de mått som fordonet i exempelberäkningarna i avsnitt 3.1.3.1 har, fås följande, mycket approximativa minsta kurvradier²⁵: För 5 graders vridning i resp. led: ca 165 m; för 10 grader i resp. led: ca 83 m; för 15

²⁵ Här har endast vagnarnas längd och inbördes vinkel iakttagits. Flera tågsätt efter varandra bildar till slut en full cirkel. Dennes radie anges här. Det skall tilläggas att fordonen är stillastående.

grader i resp. led: ca 55 m. Det minsta värdet ligger nära det minsta värdet för järnväg, 60 m (verkstadsspår etc.) – tunnelbanor och spårvägar tillåter dock mindre radier än så. (Andersson & Berg, 2007a, s. 2:28) Således bör det, enligt författaren, inte vara möjligt att göra större rattutslag än omkring 15 grader. Det sista gäller naturligtvis inte i de fall fordon med andra mått används, ifall de även skall trafikera områden utanför banan

3.1.5.5 Övriga frågor

Antalet axlar på gummihjulstågen beror till stor del på vikten. Det beror även på fordonet längd. (Andersson & Berg, 2007b, s. 14:1-6) Då gummihjulstågen p.g.a. sin längd behöver vara ledade, uppstår frågan hur axlarna ska placeras i förhållande till lederna. Ledbussar, och även vissa lokal-/tunnelbanetåg använder sig av den s.k. *semi-trailer*-principen, som innebär att den ena vagnen hänger på den andra, utan hjulaxel i ena änden (Andersson & Berg, 2007b, s. 14:34). Problemet med denna lösning är de svajningar och guppande rörelser som lätt uppstår (Johansson & Lange, 2008). Författaren avråder därför från denna lösning. Istället rekommenderar författaren att boggiar av järnvägsliknande typ används. Detta ökar visserligen fordonens vikt och kostnad, men ger samtidigt lägre axellast och god fjädring. Boggierna har tvåstegs fjädring, vilket innebär att många av de (för busstrafiken vanliga) vibrationerna filtreras bort p.g.a. ramverkets tröghet. Dessutom har boggin dämpare, som minskar svängningarna (vanligen viskösa dämpare eller friktionsdämpare). (Andersson & Berg, 2007a, s. 3:16-17)

Vid gummihjulstågens leder kan med fördel s.k. Jakobsboggiar användas. Därigenom kan en större del av vagnen få lägre golv och antalet boggiar minskar. Då gummihjulstågen inte styrs av räler på samma sätt som vanliga tåg, är det inte nödvändigt att ha stela axlar. Eventuellt kan en liknande lösning som för låggolvsspårvagnar användas. I dessa finns inga genomgående axlar; istället används en särskild utväxling. (Andersson & Berg, 2007b, s. 14:33-38)

Ytterligare en fråga som kan behöva studeras är hjulens utformning. Skall de – i likhet med järnvägshjul - vara massiva, eller av vanlig däcktyp? De senare har en viss inbyggd fjädring, medan de förra har större vikt och riskerar inte att få punktering. Dock ställer de större krav på god fjädring. Det är dock möjligt att luftfyllda däck inte klarar dessa belastningar.

I *Tabell 4-1* i kap. 4 sammanfattas några av de viktigaste kraven för gummihjulstågen specificerade i detta kapitel. Ytterligare mått står att finna i *Tabell 3-1* ovan.

3.2 Utformning av bana

I detta kapitel beskrivs olika krav för gummihjulstågens körbanor. I avsnitt 3.2.1 beskrivs krav på kurvradier (horisontella och vertikala), övergångskurvor och ramper, dosering mm. I avsnitt 3.2.2 beskrivs närmare hur den automatiska styrningen skall ske. Avsnitt 3.2.3 beskriver kortfattat krav på

material som skall användas till banan. I avsnitt 3.2.4 behandlas krav på underbyggnaden i jämförelse med vanlig järnväg och väg, medan avsnitt 3.2.5 närmare studerar vilka möjligheter som finns att återanvända gamla banvallar, och ev. vinster med detta. För ett exempel på möjlig banutformning, se *Figur 3-16* i slutet av kapitlet.

3.2.1 Geometriska krav

För banans geometriska krav används Trafikverkets kravdokument *TDOK 2014.0075 Banöverbyggnad – Spårgeometri Krav på spårets geometri vid nybyggnad, reinvestering/upprustning, underhåll och drift version 1.0* (Trafikverket, 2014a)²⁶. Några tillägg måste dock göras för att kunna appliceras på gummihjulstågssystemet:

- Järnvägstermer används genomgående. Således talas om rälsförhöjning/spårförhöjning och inte skevning. Skevning tolkas här på samma sätt som i järnvägssammanhang och är något som normalt skall undvikas.
- Spårvidd och rälsförhöjning beräknas efter järnvägens mått. Det innebär att värden för rälsförhöjning här benämns *ekvivalent rälsförhöjning*, då det motsvarar den rälsförhöjning en normalspårig järnväg skulle fått.
- Vissa undantag från TDOK 2014.0075 accepteras med avseende på minsta radier.

För ytterligare referenser rekommenderas *Gudied Busway Design Handbook – Guidelines for the design of kerb-guided busway infrastructure in the UK* (Britpave, 2004). I denna handbok finns typsektioner och detaljerade utformningsriktlinjer. Det bör dock noteras att dessa riktlinjer utgår från brittiska förhållanden och är utformade för ett O-Bahnkoncept liknande det som finns i Cambridge. Vissa skillnader (bl.a. bredden på körbanorna skiljer sig från vad som exempelvis används i Adelaide (se nedan).

3.2.1.1 Spårvidd

Till att börja med behöver banans spårvidd bestämmas. Denna beror på fordonens axelavstånd. För att göra det möjligt för vanliga bussar att använda banan bör axelbredden vara densamma som för dessa, d.v.s. ca 2,55 m (Bjerkemo, 2007). Styrhjulen skjuter ut omkring 5 cm på var sida om fordonet (Trivector Traffic, 2008). Avståndet över styrhjulen blir alltså 2,705 m, då styrhjulen enligt Johansson & Lange (2008) skall överspännas med 5 mm.²⁷ Körbanorna är omkr. 50 cm breda medan kantstöden är 10 cm vardera (Sahlberg, et al., 2012). Banans yttre bredd blir således 2,9 m. Författaren rekommenderar även att spårvidden väljs så att det är möjligt att samköra med

²⁶ TDOK 2014:0075 finns tillgänglig på <http://trvdokument.trafikverket.se/> (sökord: 2014:0075)

²⁷ Detta beräknas genom att utgå från axelbredden 2,55 m, addera 5 cm för styrrullarna på var sida, samt addera 5 cm för att nå upp till fordonsbredden 2,6 m. Det antas alltså att hjulen är något indragna under karossen.

normalspårig järnväg (genom att lägga betongspår e.d. på utsidan av rälererna). Se *Figur 3-8*. Genom att göra detta kan gummihjulstågen relativt enkelt angöra samma plattformar som järnvägstågen på stationerna. Nominell spårvidd är för normalspår 1 435 mm. C-C måttet är 1 500 mm. (Trafikverket, 2014a) Gummihjultågens bana får därmed en spårvidd (avståndet mellan kantstödens insidor) på 2700 mm. (För vidare resonemang kring detta, se *Bilaga 1*).



Figur 3-8 Spårbuss i Mannheim samkörd med spårväg. Bild: LennartBolks (2005) „Spurbus Mannheim I“. Licensierad under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons

Vid mycket små kurvradier ($R < 200$ m) krävs utökad spårvidd. Detta ska ske enligt Tabell 9 i TDOK 2014:0075, med korrektion för skillnaden i spårvidd. Samma sak gäller värdena för kortaste ändringslängd.

Toleransnivåerna för spårvidden måste vara mycket stränga. I Adelaide (100 km/h) tillämpas 2600 ± 1 mm mellan kantstöden. I låg hastighet kan något lägre krav på toleranser accepteras (upp till ± 3 mm). (Britpave, 2004)

3.2.1.2 Horisontalradier och rälsförhöjning (dosering)

Enligt Trafikverket (2012a) (TDOK 2014:0075) är minsta rekommenderade radie i normalhuvudspår 300 m. Denna rekommendation skall även gälla för gummihjulstågen. Avseende minsta tillåtna horisontalradie för sidospår (150 m), görs här ett undantag²⁸. Radien tillåts understiga 150 (även för huvudspår) i anslutning till gummihjulstågstationer där så är nödvändigt. Hansson, et al., (2011) anger i *Handledning för spårvägsplanering i Skåne* att minsta horisontalradie för 30 km/h vid gatuspår är 75 m. I undantagsfall kan 25 m tillämpas.

Så små radier (25 m) är emellertid inte möjligt för gummihjulstågen. I 3.1.5.4 anges minsta kurvradien med avseende på fordonen till omkr. 55 – 83 m. Då fordonen måste kunna förflytta sig i kurvan (inte enbart rymmas), föreslår författaren en absolut minsta kurvradien på 90 m, för att ha vissa marginaler. Detta bör dock enbart tillåtas i undantagsfall i direkt anslutning till stationer.

Vilken radie som skall anläggas ute på linjen bestäms dels av hastigheten, dels av (den ekvivalenta) rälsförhöjningen (doseringen).

Samma regler som gäller för järnvägen angående rälsförhöjning skall gälla för gummihjulstågen. Det innebär:

²⁸ Detta görs för att öka flexibiliteten i linjedragningen. En stor anledning till att undvika små kurvradier inom järnvägen är slitage på hjulflänsarna. (Andersson, et al., 2014, s. 10:2-4) Då gummihjulstågen styrs på annat sätt, förekommer inte samma problematik.

- Maximal ekvivalent rälsförhöjning²⁹ är 160 mm.
- Anordnad ekvivalent rälsförhöjning (ha_{ekv}) sker i steg om 5 mm.
- Minsta anordnad ekvivalent rälsförhöjning är 20 mm.
- Vid plattform gäller särskilda gränsvärden enligt *BVS 1586.26 Banöverbyggnad – Plattformer Geometriska krav vid ny- och ombyggnad*.
- Tillåtna värden för ekvivalent rälsförhöjningsbrist (hb_{ekv}) blir 100 mm (A-tåg (rekommenderad maxnivå), 0,65 m/s²), (B-tåg (acceptabel maxnivå), 150 (153) mm, 0,98 (1,0) m/s²).
- Maximalt tillåtet ekvivalent rälsförhöjningsöverskott ($hö_{ekv}$) är 100 mm (130 i vissa fall, se TDOK 2014:0075).
- Ekvivalent rälsförhöjning bör ej anläggas så att den ekvivalenta rälsförhöjningsbristen blir lägre än 20 mm (Corshammar, 2012).

Den ekvivalenta rälsförhöjningen beräknas med formeln:

$$ht_{ekv} = 11,8 \times \frac{V^2}{R} \text{ mm} \quad (1) \text{ där } V = \text{hastighet i km/h och } R = \text{kurvradien i m.}$$

Vid små radier (≤ 290 m) används istället formeln:

$$ha_{ekv} = \frac{R - 50}{1,5} \text{ mm} \quad (2)$$

Anlagd rälsförhöjning, rälsförhöjningsbrist och rälsförhöjningsöverskott förhåller sig till varandra enligt formlerna:

$$ht_{ekv} = ha_{ekv} + hb_{ekv} \quad (3a)$$

$hö_{ekv} = ha_{ekv} - ht_{ekv}$ (3b) Där ht_{ekv} är den teoretiskt framräknade ekvivalenta rälsförhöjningen som krävs för att uppväga sidoaccelerationen.

Den verkliga spårhöjningen³⁰ beräknas som:

$$ht = \frac{2700 (= \text{spårvidd})}{1500} \times 11,8 \times \frac{V^2}{R} = 21,24 \times \frac{V^2}{R} \text{ mm} \quad (4)$$

Minsta möjliga kurvradie för topphastigheten 130 km/h blir således:

$$R_{min} = 11,8 \times \frac{130^2}{(160 + 150)} = 746 \text{ m} \quad (5)$$

För ökad komfort kan A-tågens gränsvärden på 100 mm rälsförhöjningsbrist användas. Minsta radie blir då 890 m. För att ha marginaler inför en ev. hastighetshöjning i framtiden används den rekommenderade hastigheten V_{rek} ($\approx 1,3V$) istället:

$$R_{rek} = 11,8 \times \frac{(140 \times 1,3)^2}{(160 + 150)} = 1261 \text{ m} \quad (6)$$

Största möjliga hastighet beräknas med formeln:

²⁹ För ordförklaringar, se Definitioner, direkt efter innehållsförteckningen.

³⁰ Med avseende på basen 2700 mm, vilket är avståndet mellan kantstödens insidor.

$$V_{max} = \sqrt{\frac{(ha + hb)_{ekv} \times R}{11,8}} \quad (7)$$

(Trafikverket, 2014a)

3.2.1.3 Övergångskurvor och ramper

Cirkulärkurvorna binds samman med raklinjerna med hjälp av övergångskurvor (klotoider) med linjärt minskande radie. Över samma sträcka byggs spårförhöjningen upp med en rak ramp. Dessa skall beräknas på samma sätt som i TDOK 2014:0075. Observera att ramplutningen (dha/ds) inte får överstiga 1:400. Rampens minsta tillåtna längd beräknas med ekvationerna:

$$Lr = \frac{\Delta ha \times V \times qa}{1000} \quad (8a) \quad \text{resp.} \quad Lr = \frac{\Delta hb \times V \times qb}{1000} \quad (8b)$$

där qa resp. qb är konstanter som beror på tågkategori (se TDOK 2014:0075). För att beräkna rekommenderad längd på rampen (med marginal för framtida ev. hastighetshöjningar) skall längden Lr multipliceras med faktorn 1,3. (Trafikverket, 2014a)

För gummihjulstågen skall normalt värdena för tågkategori B tillämpas. Undantagsvis kan värdena för tågkategori A tillämpas. Detta innebär dock att möjlig hastighet genom rampen blir lägre.

För små skillnader i ekvivalent rälsförhöjningsbrist krävs inte alltid övergångskurvor som uppfyller dessa krav. Se TDOK 2014:0075. (Trafikverket, 2014a)

3.2.1.4 Vertikalradier och lutningar

När det gäller möjliga lutningar föreligger en stor skillnad mot konventionell järnväg. Som framgår av avsnitt 2.1.5.1 klarar trådbussar lutningar uppemot 14 %. Så optimistiskt bedömer författaren inte att det går – eller är lämpligt – att räkna för gummihjulstågen (dels beroende på energiåtgång, dels av komfortskäl). Spårvägar klarar lutningar uppemot 10 % (se avsnitt 2.4.2), även om 6 % är mer lämpligt (Hansson, et al., 2011). För järnväg gäller 10 ‰ för godstrafik och 25 ‰ för persontrafik (i normalfall) (Trafikverket, 2014a). Författaren rekommenderar att lutningar större än 55 ‰ inte anläggs³¹. Undantagsvis kan kortare sträckor med 60 ‰ tillåtas. Detta motsvarar då det rekommenderade värdet för spårvägar enligt ovan.

Lutningarna förbinds med vertikalradier enligt TDOK 2014:0075. Minsta tillåtna radier är 3000 resp. 2000 m för konvex resp. konkav radie. För sidospår tillåts 600 resp. 900 m.

Vertikalradien beräknas med formlerna:

$$R_{vmin} = 0,175 \times V^2 \text{ m} \quad (9a)$$

$$R_{vrek} = 0,175 \times V_{rek}^2 \text{ m} \quad (9b)$$

³¹ Järnvägar har sällan större lutningar än 40 ‰, men i norska Flåm förekommer 55 ‰ (Corshammar, 2012, s. 165). Detta tar författaren som riktvärde för största lutning. Stora lutningar ökar energiåtgången och minskar komforten. Lutningar större än 40 ‰ bör av detta skäl undvikas så långt det är möjligt.

Värdena avrundas till jämt 100-tal meter. För lutningsändringar mindre än 1,0 ‰ (2,0 ‰ för $V < 40$ km/h) krävs ingen vertikalkurva.

3.2.2 Banans styrning av fordon

Frågan om styrningen av fordonen har redan delvis berörts i avsnitt 3.1.5.4. Här gäller det den automatiska styrningen, se även avsnitt 2.5.2. Enligt vad som ovan sagts om automatiskt styrda bussystem (kap. 2.2) står valet mellan kantstödda system av O-Bahn typ och system med mittförlagd styrräl av *TransLohr*-typ. P.g.a. de nackdelar som de styrsrälsstyrda systemen lider av (bl.a. att bli låst vid en leverantör, låg hastighet, se 2.2.1.1) avråder författaren från att använda detta system. Istället rekommenderar författaren att ett O-Bahn-liknande system används. Detta innebär ett mer flexibelt system, där flera olika fordonstyper kan framföras.

3.2.2.1 Spårstyrningens funktion

O-Bahn använder små horisontellt monterade styrhjul av hårdgummi, monterade framför bussarnas framhjul. Styrhjulen påverkar bussens styrande axlar mekaniskt så att dessa vrids till rätt vinkel (se *Figur 3-9*). (Trivector Traffic, 2008) Vid mycket små kurvradier (< 100 m) krävs styrhjul även på bakhjulen. Styrhjulen spänns in med 5 mm för stor spårvidd, för att undvika slingrande gång. (Johansson & Lange, 2008) För ledade bussar kan styrhjul även krävas på bakhjulen (Bjerkemo, 2007).



Figur 3-9 Styrhjul vrids in hjulaxeln i rätt läge. Bild: Spsmiler (2014a) "Ipswich-UK-guided-busway2". Licensierad under Public Domain via Wikimedia Commons

Tillämpat på gummihjulstågen är det troligt att varje boggi kommer behöva styrhjul för att uppnå radiell inställning. Detta gäller särskilt då hjulen sannolikt blir friroterande, eftersom friroterande hjul saknar egen styrförmåga. (Andersson & Berg, 2007b, s. 14:35-38)

Tåg styrs normalt genom konade flänshjul i kombination med stela axlar (Andersson, et al., 2014). Detta är svårt att åstadkomma med gummihjul. En viss självcentrerande effekt bör däremot kunna uppnås ifall körbanorna anläggs med en viss lutning. Denna lutning kan inte vara alltför stor; författaren föreslår att samma lutningar som används inom järnvägen (1:40 – 1:20) används (Andersson, et al., 2014). Författaren föreslår här lutningen 1:20 (ca 2,86 grader) inåt spårmitt. (Mindre lutningar bör ge ytterst begränsad effekt). Huruvida denna lutning får någon faktisk effekt, behöver utredas närmare. Även om detta inte är fallet, får det till följd att vatten rinner av, vilket minskar risken för vattenplaning.

3.2.2.2 Avbrott i kantstöden

Vid ev. plankorsningar och ev. växlar/avfarter kan det krävas avbrott i sidokantstöden. För att sedan köra in på nästa kantstyrda sträcka, används en trattformig utformning av kantstöden, där avståndet dem emellan minskar linjärt (se *Figur 3-10* nedan) från ca 3,3 till 2,7 m. Jfr (Johansson & Lange, 2008). Denna ramp är i O-Bahn-systemet omkr. 11 m lång (ibid.). Då gummihjulstågen är betydligt längre än vanliga bussar, rekommenderar författaren att denna längd ökas enligt *Ekvation (10)* nedan och *Tabell 3-2* nedan. Anledningen till detta är att ett långt fordon, med flera leder, bedöms vara mer instabilt än en förhållandevis kort buss. Med en längre ramp blir ändringshastigheten för spårvidds lägre, vilket ger fordonet längre tid att ”ställa in sig”.

Antalet avbrott bör dock begränsas kraftigt, eftersom största tillåtna hastighet vid infarten endast är 40 km/h (Trivector Traffic, 2008). Är avbrottet kortare än 3 m krävs enligt Bjerkemo (2007) ingen trattliknande ramp av fulllängd och hastigheten kan då tillåtas vara 50 km/h. Britpave (2004) anger att vid dessa korta avbrott skall en mycket kort ramp (ca 3 m) användas, se figur i *Guided Busway – Design Handbook...* (Britpave, 2004).



Figur 3-10 Infart till kantstyrd bussbana i Ipswich. Notera den trattformiga utformningen. Bild: Spasmiller (2014b) "Ipswich-UK-guided-busway1". Licens under Public Domain via Wikimedia Commons

När fordonen kör utan kantstyrning (öppning > 3 m) måste hastigheten begränsas. 40 km/h är, som nämnts ovan, högsta tillåtna hastighet vid *infarten* till kantstyrd sträcka. Detta utgår från normala bussfordon. Vid längre ”ostyrda” sträckor, såsom öppna plankorsningar med väg (se avsnitt 3.5.2.2) där öppningen kan vara upp till 12-13 m rekommenderar författaren att gummihjulstågen inte kör fortare än ca 20 – 30 km/h, främst av säkerhetsskäl.

(Författaren rekommenderar maximalt ca 10 m för att fordonet aldrig skall ha mer än en ostyrd boggi³², se *Figur 3-2*).

Öppningar längre än 9 m kräver alltid en spårviddsramp av fulllängd (ca 22 m, se ovan). För öppningar mellan 3 och 9 m finns inga tydliga riktlinjer annat

³² I detta avstånd är den trattformiga, successivt minskande spårvidden för in- och utfart ej medräknad.

än att de bör undvikas i görligaste mån. (Britpave, 2004) Författaren föreslår³³ att om dylika öppningar förekommer, bör de utformas med en spårviddsramp vars längd är proportionell mot öppningens längd enligt följande formel:

$$L_{tr} = 1,5 \times (L_{\ddot{o}} - 1)m, 2 < L_{\ddot{o}} \leq 15 m \quad (10)$$

där L_{tr} är trattens längd och $L_{\ddot{o}}$ är öppningens längd, uttryckt i meter.

Författaren föreslår även att tillåten hastighet mellan rampernas öppningar avtar som funktion av öppningens och trattens längd enligt formeln:

$$V_{\ddot{o}}(L_{tr}, L_{\ddot{o}}) = 60 - \frac{5}{3} \times \left((2 \times L_{tr})^{\frac{5}{7}} + L_{\ddot{o}} \right) km/h, V_{\ddot{o}} \leq 50 km/h \quad (11)^{34}$$

Där $V_{\ddot{o}}$ avrundas i steg om 5 km/h till närmaste tal för att få största tillåtna hastighet (STH) för den sträckan med avbrott i kantstyrningen. Även detta görs för att öka säkerheten.

Slutligen skall tilläggas att avbrott i kantstöden enbart får göras på rakspår, samt att rakspåret skall sträcka sig minst 10 m utanför spårviddsramperna (helst 30 m då gummihjulstågen är omkr. 3 ggr så långa som vanliga bussar, vilka värdet 10 m grundar sig på). För att förhindra att styrhjulen klättrar upp på kantstöden, skall höjdändringar av dessa (vid ”rampernas” ändpunkter) ske språngvis. (Britpave, 2004)

Tabell 3-2 Längder och tillåtna hastigheter vid avbrott i kantstöden³⁵

$L_{\ddot{o}}$ (m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	(15)
L_{tr} (m)	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	13,5	15	16,5	21
L_{tot} (m)	5	9	13	17	21	25	29	33	37	41	45	53
$V_{\ddot{o}}$ (km/h)	53,0	49,1	45,3	41,8	38,5	35,2	32	28,9	25,8	22,8	19,8	10,9
STH (km/h)	50	50	45	40	40	35	30	30	25	25	20	10

3.2.2.3 Växlar

I de fall en bana grenar upp sig i flera spår (vilket krävs för enkelspåriga sträckor) uppstår frågan hur vägvalet skall ske. Det finns principiellt två sätt:

- Kantstöden upphör och banan får karaktären av en vanlig vägbana. Föraren styr därefter in gummihjulståget på rätt spår.
- Växelkonstruktioner liknande de som finns på järnvägar används. För dessa typer kan olika typer tänkas:
 - Växlar utan rörliga delar – föraren styr mot den ena sidan, medan den andra sidan är öppen, utan kantstöd. För ökad

³³ Detta förslag kräver noggrannare utredning. Motivet till att förlänga ”tratten” är att en längre sträcka utan kantstöd medför att ev. avvikelser i sidled hinner bli större än för en kort sträcka. För att undvika kraftiga ryck i sidled vid återinfarten, bör denna tillåtas ske långsammare.

³⁴ Denna formel är framtagen för att ge värden i denna storleksordning. Resultatet kräver noggrannare utredning. Motivet till lägre hastighet är dels som ovan, dels för att föraren skall hinna korrigera ev. avvikelse före återinträdandet på kantstyrd sträcka.

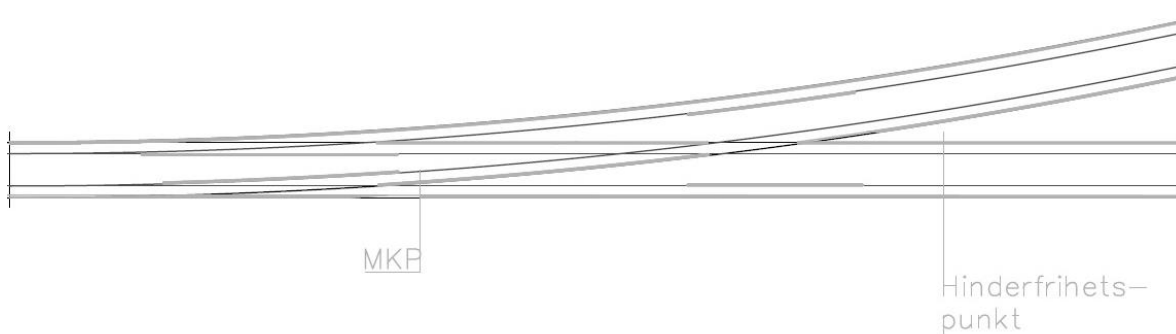
³⁵ Öppningar ($L_{\ddot{o}}$) längre än 12 m bör normalt sett inte anläggas.

urspårningssäkerhet kan någon form av moträl tänkas komma att användas i korsningen. Se *Figur 3-11*.

- Växlar med rörliga tungor och korsningsspetsar, liknande järnvägsväxlar.
- Växlar utan tungor och korsningar, liknande s.k. släpväxlar, se *Figur 3-12*.
- Växlar med höj- och sänkbara sidokantstöd.

Den första varianten påminner om stationslösningen för O-Bahn i Adelaide, där den kantstödda banan avbryts vid varje station, och på- och avfartsvägar möjliggör trafikutbyte. (Wilson, 2004)

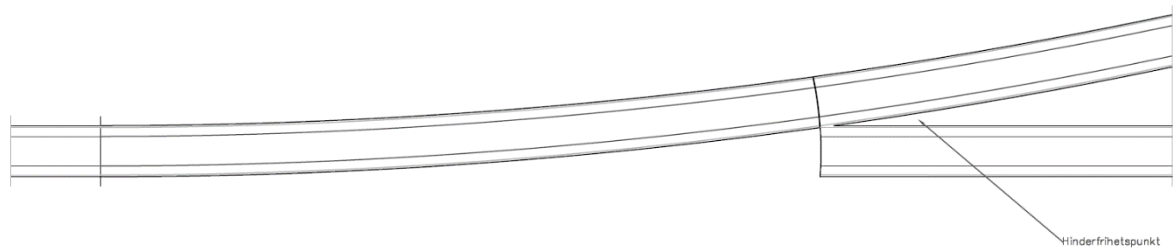
Den andra varianten har större likheter med järnvägen och innebär en oavbruten bana. Författaren anser visserligen att växlar med rörliga tungor är att föredra, då de innebär att det inte blir något avbrott i kanthjulsstyrningen, särskilt om även rörlig korsning används. Detta skulle då innebära att hastigheten i växeln principiellt endast begränsades av sidoaccelerationen och rycket. Då denna typ av växlar dels är mycket kostnadsdrivande (de kräver bl.a. ett avancerat styrningssystem), dels kräver extra underhåll samt främst är



Figur 3-11 Gummihjulstågväxel utan rörliga delar. Bild: Författaren

tänkta att användas vid in- och utfart till stationer, där gummihjulstågen ändå skall göra uppehåll, antingen för resandeutbyte eller för ev. tågmöte, bedömer författaren att denna typ av växlar ger väldigt liten nytta i förhållande till merkostnaden.

En särskild typ av tungväxlar är återfjädrande, uppkörbara, växlar. Dessa kräver ingen yttre drivning eller styrning. De leder alltid in tåget på samma spår. Om ett tåg kommer från andra hållet, ger tungan med sig, så att tåget kan köra förbi. Därefter återgår tungan till sitt normalläge med hjälp av fjädrar. Denna växeltyp kan bli aktuell på mötesstationer (med eller utan resandeutbyte), däremot inte vid linjeförgreningar, där växeln måste kunna styras. (Rejlers; Järnvägsskolan, 2014a, Flik 8: Spårledning)



Figur 3-12 Exempel på släpväxel för gummihjulståg. Bild: Författaren

Den tredje varianten med släpväxlar är en intressant lösning som innebär att hela körbanan dras i rätt läge, inte bara tungorna. Denna lösning liknar växlarna på många monorailsystem (Pedersen, u.d.). Lösningen har liknande nackdelar som tungväxlarna: dyra, krav på exakt styrning, och behov av underhåll (se t.ex. Corshammar (2014, s. 102-109)). Fördelen är dock att ingen rörlig korsning krävs. Mekaniskt blir de enklare då de har färre rörliga delar. Då en större massa skall flyttas, krävs dock större effekter. Sannolikt behövs flera driv, då sträckan som skall flyttas är relativt lång.

Den sista lösningen med höj- och sänkbara kantstöd liknar till en del tungväxlarna. Lösningen är dock enklare i teorin. Däremot uppstår frågeställningar om tekniska lösningar, då tågen kör över växeltungorna när dessa är nedfällda.

Författaren rekommenderar att växlarna vid stationerna utförs som uppkörbara, återfjädrande tungväxlar (helst med återfjädrande, rörlig, korsning). Detta görs för att få en signaltekniskt enklare anläggning, men även för att dessa inte kräver driv och bör därmed medföra en billigare anläggning och minskat underhåll. Vid förgreningar rekommenderas släpväxlar, se *Figur 3-12*. Anledningen till detta är att de bedöms vara enklare att genomföra än växlar med ”tungor” och rörlig korsning, de bygger på en beprövad teknik, medför kontinuerliga kantstöd samt eliminerar den mänskliga faktorn (t.ex. att föraren misslyckas med att styra in i rätt spår, eller helt enkelt kör fel). Detta är viktigt för säkerheten, inte minst på enkelspåriga linjer.

3.2.3 Överbyggnad – material

Körbaneytan behöver bestå av ett mycket tåligt material, då fordonen, som är mycket tunga, alltid kör i samma spår. Detta kan jämföras med *TVR/GLT* och *TransLohr* (se avsnitt 2.2.1.1), vilka relativt fort fick problem med kraftig spårbildning. (Johansson & Lange, 2008) Idag byggs *TransLohrs* körbana med ca 30 cm tjocka betongspår (Bjerkemo, 2007). Även O-Bahn (och liknande system) byggs vanligen med betongspår. Dessa betongspår kan utföras på flera sätt, antingen som prefabricerade betongelement (inkl. de ca 15 – 20 cm höga kantstöden), gjutas på plats eller med glidformsgjutning. (Bjerkemo, 2007)

O-Bahnssystemet i Adelaide använder en mycket tung konstruktion med 12 m långa prefabricerade L-formade betongenheter (med expansionsskarvar mellan

segmenten) som är sammanfogade med ”sliprar” av betong var 3:e³⁶ m vilka vilar på pelare (Wilson, 2004). Således är banan upphöjd över marken (omkr. 30 cm), delvis grundlagda på friktionspålar (Bjerkemo, 2007). Se *Figur 3-13* nedan. Anledningen till detta uppges vara de besvärliga markförhållandena på platsen med svåmlera. Enligt Wilson (2004) är det inte nödvändigt med såpass robusta konstruktioner där markförhållandena är bättre.



Figur 3-13 Banan i Adelaide är upphöjd på pelare och har en mycket robust konstruktion. Bild: Storbeck (1997), „O bahn adelaide sst“. Licentierad under GPL via Wikimedia Commons

En annan teknik är den som används i Leeds. Där gjuts banorna på plats och utrymmet mellan ”spåren” fylls med grovt singel för ökad dränering. Kantstöden limmas här fast på betongbanorna. Ytterligare varianter hittas i redan omtalade Mannheim. Där används kantstöd av metall, se *Figur 3-8*.

Mot bakgrund av ovanstående rekommenderar författaren att körbanor av betong används. Dessa måste vara tillräckligt tjocka för att motstå de laster som gummihjulstågen utsätter dem för. Samtidigt krävs viss flexibilitet för att kunna ta upp dessa krafter och förmedla dem ned i underbyggnaden³⁷. Någon form av tvärgående stabilisering bör finnas för att hålla spårvidden konstant, särskilt i kurvor. Det skulle kunna ske genom att lägga spåren på ”slipers” såsom i Adelaide, men även genom lösningar med stänger e.d. Enligt Wilson (2004) krävs inga skarvar (för termisk expansion) om glidformsgjutning används, förutom de som uppstår p.g.a. konstruktionen. Därmed ökar komforten, men kraven på längsgående stabilitet ökar. Används ”skarvspår” är det viktigt att skarvarna dräneras ordentligt, för att inte vatten och smuts skall samlas i dem och orsaka skador när det fryser. Om det är möjligt rekommenderar författaren att skarvar ”svetsas igen” (d.v.s. som på

³⁶ Eller var fjärde meter (Bjerkemo, 2007)

³⁷ Här föreligger vissa likheter med järnvägen. Enligt Corshammar (2012, s. 22) får spänningen i gränsskiktet mot mark uppgå till max 50 kPa.

betongvägar), då öppna skarvar innebär ökade underhållskostnader, minskad komfort och lägre hastighet (Corshammar, 2012, s. 33-34).

Med avseende på ev. ballastering av banan kan följande sägas:

- Används tekniken med prefabricerade betongelement förbundna med tvärbalkar finns två möjligheter: Antingen är banan upphöjd på pelare (som i Adelaide) eller förlagd i marknivå i makadam – eller grusballast. Då betongsegmenten läggs med ett litet mellanrum för termisk expansion minskar de krafter ballasten måste motstå (Wilson, 2004). Om skarvarna mellan betongsegmenten gjuts igen ("svetsas samman"), får banan karaktären av ett helsvetsat spår, se nästa punkt.
- Används glidformsgjutning (stränggjutning) får körbanorna inga skarvar (förutom de som uppstår vid arbetsdagens slut) (Wilson, 2004). Detta ställer högre krav på den längsgående stabiliteten, men även stabiliteten i sidled (Corshammar, 2014). För "hopsvetsade" betongelement åstadkoms denna till stor del genom de tunga betongsliprar banan vilar på, vilka markförlagda med väl dränerad ballast ger stor motståndskraft. Wilson (2004) menar att även "skarvfria" stränggjutna spår med modern betongvägsbyggnadsteknik klarar att uppfylla dessa krav.

Båda teknikerna har för- och nackdelar, och vilken som väljs måste avgöras av projektets omständigheter. Britpave (2004) lyfter fram metoden med prefabricerade betongelement på "slipers" som en metod väl lämpad för högre hastigheter p.g.a. de stränga toleranserna. Av denna anledning rekommenderar författaren att "slipersmetoden" används i första hand.

3.2.4 Underbyggnad

Kraven på underbyggnaden beror till stor del på aktuella axellaster och övriga krafter som uppstår. Enligt avsnitt 3.1.2 kan gummihjulstågen ha en axellast uppemot 10,9 ton. Det motsvarar ca 53,5 kN per sida och axel. Detta är omkring 2-3 gånger lägre än motsvarande last för järnvägen (Corshammar, 2014, s. 78). En annan stor skillnad mellan gummihjulsfordon och stålhjulsfordon är storleken på kontaktytan mellan hjul och räl/bana – och därmed tryckspänningarna som uppstår. Enligt Andersson, et al., (2014) uppgår tryckspänningen i kontaktytan (som är omkr. 1 cm²) till värden i storleksordningen 500 – 1000 MPa. Ett rimligt antagande om kontaktytans storlek med gummihjulsdrift är omkr. 2 - 3 dm² (efter Granhage (2009)). Trycket blir således ca 200 – 300 gånger lägre för samma last. Förutsatt att gummihjulstågen endast har två hjul per axel blir det totala axeltrycket (axellast per areaenhet) ca 1,78 – 2,67 MPa. Till dessa värden måste marginaler tas för dynamiska krafter etc. För spårtrafik kan dessa krafter uppgå till 300 % av axellasten, även om den absoluta majoriteten av påkänningarna ligger kring 20 – 40 % (Andersson, et al., 2014, s. 9:3-5).

Gummihjulstågens axellaster är alltså inte större än vad som tillåts för vanlig vägtrafik (BK1) (Transportstyrelsen, 2015b), däremot överskrider vikten

tillåtna värden för bruttovikt. Detta är 60 ton, vilket innebär att gummihjulståget i räkneexemplet kan klara kraven för bruttovikt, men längre fordon, eller multipelkopplade fordon, uppfyller dem ej. (Transportstyrelsen, 2015c)

I det följande räknar författaren (förenklat) - (beräkningarna redovisas i *Bilaga 2*) - med att betongsegmentet vilar på ballast i hela sin längd (förutom där det vilar på tvärbalkarna, som även de vilar på ballasten, fast djupare). Den stora skillnaden mot järnvägen blir här att ingen särskild underballast krävs för att minska trycket, vilket sparar nästan 60 % av ballastmaterialet. Jfr typsektionerna i BVS 1585.005 (Trafikverket, 2012b).

3.2.5 Möjlighet att återanvända gamla banvallar

En intressant möjlighet med gummihjulstågssystemet är att återanvända gamla banvallar. Dessa har av naturliga skäl en god geometri (även om vissa sträckor kan vara relativt kurviga med små radier). I Sverige finns många f.d. järnvägar med mer eller mindre intakt banvall. Inte minst östra Skåne drabbades hårt av



Figur 3-14 Skånes järnvägsnät kring 1930. Bild: Svensk världsatlas (1930, s. 18) "Skåne svatlas" - Licensierad under Public Domain via Wikimedia Commons

järnvägsnedläggningarna, och saknar idag till stor del helt järnväg. Se *Figur 3-14*. Detta kan tydligt ses om man jämför med en karta över dagens järnvägsnät i Skåne. Se *Figur 3-15*.



Figur 3-15 Dagens järnvägsnät i Skåne. Lila, smala, linjer körs endast med Pågatåg, tjocka lila linjer körs med Öresundståg och Pågatåg, tjocka, grå linjer körs med andra persontåg än Pågatåg och smala, grå linjer saknar persontrafik.

Bild: Glentamara (2014) "Pagatagstrafiken" av Glentamara - Eget arbete. Licensierad under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons

Trivector Traffic (2010) beskriver möjligheterna att bygga bussbanor på gamla banvallar. Bland fördelarna nämns t.ex. rak linjedragning till orternas centrum och fullständig prioritet. Vissa banvallar används emellertid idag som cykelvägar. Trivector föreslår här att cyklisterna och superbussarna skall dela utrymme, med nedsatt hastighet (70 km/h) och färgmarkeringar i vägbanan. (ibid.) För gummihjulstågen skulle en sådan lösning dock vara oacceptabel, dels av säkerhetsskäl, dels av framkomlighetsskäl. Ett problem i dessa sammanhang kan föreligga i kommunernas detaljplanering, om de avser att investera i beläggning m.m. på gamla banvallar för att främja cykeltrafiken.

Ett annat problem är nyare bebyggelse i de f.d. järnvägarnas sträckningar genom samhällena. Rör det sig om enstaka fastigheter kan dessa ev. lösas in och rivs, men ibland har hela bostadsområden eller annan verksamhet byggts där banan gick. Detta är t.ex. fallet i Hörby, vilket tydligt syns på satellitbilder. I dessa fall krävs att gummihjulstågbanan avviker från den f.d. järnvägens sträckning. Där det är möjligt rekommenderar dock författaren att gummihjulstågen går på de gamla banvallarna (linjedragningen kan dock behöva justeras i vissa fall), dels av komfortskäl, dels av framkomlighetsskäl. Även av ekonomiska skäl bör banvallar föredras, då kostnaden för att anlägga en bana på dessa är betydligt lägre än att anlägga den på obruten mark (se avsnitt 4.3.1 nedan). En positiv bieffekt av detta är dessutom att orterna längs banvallen, som redan ligger "uppradade" på ett för kollektivtrafiken fördelaktigt sätt, "får tillbaka" tågen – om än i en annan tappning!

En nackdel med att använda banvallarna är att de normalt sett är enkelspåriga. Tågmöten blir därmed begränsade till resandestationer och ev. mötesstationer, vilket ger en liknande begränsning av kapaciteten som för järnvägen samt samma sårbarhet för förseningar. Då resandeunderlaget på de aktuella sträckorna bör betraktas som måttligt torde någon högre kapacitet emellertid inte vara nödvändig inom överskådlig framtid.

Eftersom många av banvallarna är mycket gamla, bör man även fråga sig huruvida bärigheten är tillräcklig. Enstaka förstärkningsåtgärder kan därför bli nödvändiga. Det skall trots detta tilläggas att den kantstyrda bussbanan i Cambridge är byggd på just en gammal banvall, varför problemen inte bör vara alltför stora (Bjerkemo, 2007).



Figur 3-20 Banan i Cambridge går på en gammal banvall. Bild: Castle (2011) "Guided bus Oakington to Longstanton" av Bob Castle – Eget verk. Licensierad under GFDL via Wikimedia Commons

Trivector Traffic (2010) behandlar även frågan om att samköra superbussar med lågtrafikerade järnvägar. Detta kan sägas motsvara samtrafikeringen med spårväg för O-Bahn (se 3.2.1.1) och kräver ett enkelt signalsystem (Trivector Traffic, 2010).

3.3 Utformning av driftsystem

Då det redan konstaterats att gummihjultågen skall vara eldrivna, i första hand med hjälp av kontaktledning, kommer detta kapitel kortfattat behandla utformningen och kraven för detta kontaktledningssystem och vilken typ av traktion som skall/bör användas. Slutligen nämns även något om tänkt trafikering.

3.3.1 Elsystem

Frågan om vilken typ av elsystem gummihjultågen bör använda har flera aspekter. Trådbussystem använder vanligen 750 V likström i ledningarna; trots detta använder moderna trådbussar växelström i sina motorer då detta medför lägre vikt, billigare komponenter och bättre regleringsmöjligheter. (Björklund, et al., 2000) Detta gäller även spårvägar, även om vissa duospårvagnar även klarar järnvägsspänning (15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz) (Trivector Traffic, 2008). För längre sträckor lämpar sig inte en så låg spänning som 750 V, då förlusterna blir alltför stora och möjligt effektuttag därmed minskar.

För att kunna avgöra vilken spänning som bör användas, är det viktigt att känna till effektförbrukningen för gummihjulstågen. De beräkningar som följer är inte avsedda att vara exakta utan redovisas enbart för att ge en uppfattning om storleksordningen. Beräkningarna redovisas i *Bilaga 3*.

Används ett likströmssystem (3 000 V) krävs därmed att det dimensioneras för kortvariga strömmar kring 3 000 A. Spänningsfallet blir mycket stort vid så stora strömmar, vilket kräver täta inmatningspunkter och mycket grova kontaktledningar alternativt en kontaktskena, för att inte förlusterna i ledningen skall bli för höga (Andersson & Berg, 2007a, s. 5:9-10). Det är således *möjligt* att använda 3 000 V likström, vilket vissa länder också gör, t.o.m. på den vanliga järnvägen.

Det andra alternativet är högspänd växelström. Denna finns i två huvudvarianter; dels vanlig järnvägsfrekvens (15 kV 16 2/3 Hz), dels 25 kV 50 Hz. Den senare varianten har många tekniska fördelar, bl.a. lägre förluster. (Andersson & Berg, 2007a, s. 5:1-19) Däremot använder den svenska järnvägen 15 kV 16 2/3 Hz. Är avsikten att gummihjulstågen skall kunna använda samma kontaktledning som järnvägen, blir följden att samma spänning måste användas. Nackdelen med detta är att komplicerade omriktarstationer krävs, vilket fördyrar anläggningen. Fördelen med att använda samma elektrifiering som järnvägen är att man då kan dra nytta av redan existerande anläggningar. P.g.a. den höga spänningen behövs få inmatningspunkter, vilket gör att gummihjulstågen i många fall bör kunna matas från befintliga anläggningar. Detta innebär en avsevärd kostnadsbesparing.

Då detta alternativ innebär fördelar även för den ordinarie järnvägen (bl.a. ökad redundans i elförsörjningen), bör det noga övervägas.

3.3.2 Möjliga kontaktledningssystem

Som redan nämnts utfördes försök med O-Bahnsystemet där enbart en kontaktledning och spårvagnsliknande strömavtagare användes. Då dessa bussar inte kan leda tillbaka strömmen i rälerna, såsom tåg och spårvagnar, krävs att återledningen sker på annat vis. En lösning är att leda returströmmen via kantstöden (om dessa är av metall, eller har en metallbelagd yta). Enligt vissa källor³⁸ skall detta ha varit fallet. Används denna lösning, krävs någon form av elektriskt ledande strömavtagningshjul eller – borstar. Lösningen får många likheter med de strömskenor som ofta används vid exempelvis tunnelbanor. Den lider på motsvarande sätt även av samma problematik – snö och is kan samlas på skenan och förhindra kontakt. (Haag, 2010) Någon form av uppvärmning – liknande växelvärm – kan därför bli nödvändig. Eventuella avbrott i kantstöden kan dock utgöra ett problem. En möjlighet är att förlägga

³⁸ Se <http://www.citytransport.info/OBahn.htm> (citytransport, 2001-2015)

återledningsskenan i marknivå tillsammans med ett särskilt hjul eller släpsko (under fordonet). Snöproblematiken kvarstår dock.

Den andra möjligheten är att använda dubbla kontaktledningar tillsammans med långa strömavtagararmar på samma sätt som vanliga trådbussar (se avsnitt 2.1.5). Frågan är emellertid huruvida detta system lämpar sig för högre hastigheter (> 100 km/h). Clas Larsson³⁹ framhåller att trådbussarnas strömavtagare med styrhjul mot kontakttråden och den höga elasticiteten (låg inspänningskraft) inte är anpassat för hög hastighet, det krävs en bärlina för detta. Istället anser han att ett mer järnvägsliknande system bör användas, liknande det som är tänkt för elektrifierade vägar. (Larsson, 2015) En möjlig lösning är att använda modifierade strömavtagare tillsammans med strömskenor. (Grontmij, 2010) Det är även möjligt att använda dubbla strömavtagare (av järnvägs-/spårvägsmodell) – en för var ledning. (Elektriska vägar, 2012)

Ytterligare en variant presenteras av Svenska Elvägar AB. Denna innebär att strömavtagare av järnvägsmodell används tillsammans med två kontaktledningar med bärlina. För att fungera är strömavtagaren delad i två sektioner, en minus- och en pluspol. (Svenska Elvägar AB, 2011)

En annan relativt ny lösning framtagen och patenterad av *Elways*, består i markförlagda, nedsänkta strömspår för både matning och återledning. Strömskenans sektioner matas med relativt låg spänning. Vid särskilda matningspunkter matas lågspänningskabeln från en parallell högspänningskabel. (Elways, 2011a) Ett problem med dessa system är att de ännu inte finns i kommersiell drift. Det behöver emellertid inte vara ett problem, då systemet befinner sig relativt nära ett fullskaligt införande och gummihjulstågen i sig själva kräver viss utvecklingstid. (Elways, 2011b) Liksom ovan misstänker författaren att viss vinterproblematik kan uppstå p.g.a. snö och is.

3.3.3 Förslag på inriktning

Det är inte självklart vilken lösning som bör väljas och vidare studier krävs innan systemet kan tas i bruk. Både sektionerade resp. dubbla (en för matningen och en för returströmmen) strömavtagare kan användas. Båda dessa system innebär att kontaktledningar av järnvägs- eller spårvägstyp kan användas. Det andra alternativet är att använda markförlagd återledning. Som nämnts ovan riskerar markförlagda lösningar att få problem vid vinterväglag.

När det gäller vilken typ av strömavtagare som bör användas, anser författaren att komplexiteten är avgörande. Ett system med många rörliga delar innebär många potentiella fel. Därför förespråkar författaren att *en* (sektionerad) strömavtagare används, snarare än att använda två parallella strömavtagare. Denna lösning bör troligtvis dessutom vara billigare. Står valet mellan dubblerade strömavtagare eller markförlagd återledning,

³⁹ Clas Larsson, teknikchef El på SWECO Rail AB, Stockholm. Efter telefonintervju 2015-04-13.

rekommenderar författaren dubbla strömavtagare, då markförlagd återledning dels utgör en ökad säkerhetsrisk, dels kan få problem vid vinterväglag. I första hand rekommenderar författaren dock den sektionerade varianten.

Av de anledningar som nämndes sist i avsnitt 3.3.1 (redundans och möjlighet att använda befintliga anläggningar), förordar författaren att utredningar görs om huruvida det är mer lönsamt att gummihjulstågen elektrifieras med samma elsystem som den konventionella järnvägen än med likström. Ett skäl till att använda likströmsdrift är att det innebär kortare skyddsavstånd p.g.a. lägre spänning. Detta kan vara en fördel om gummihjulstågen måste gå inne i samhällen nära annan trafik. Vidare kräver det inga komplicerade omriktarstationer. Mot likströmsdrift talar större trådarea alternativt strömskenor samt täta inmatningspunkter och likriktarstationer. (Andersson & Berg, 2007a, s. 5:9-10) För de fortsatta beräkningarna (nedan) antas ett kontaktledningssystem motsvarande ST 7.1/7.1 (d.v.s. 7,1 kN inspänningskraft, vilket medger 140 km/h) alternativt 9.8/9.8 (medger 180 km/h). (Järnvägsskolan, 2012, Flik 1, s.7). Vidare är det viktigt att gällande regler för kontaktledning och energi efterföljs, se bl.a. TSD Energi (2014). Bland dessa finns bl.a. krav på att strömsystemet skall kunna tillvarata återmatad energi (ibid.).

3.3.4 Trafikering

Enligt *Regional Superbuss i Skåne - Kravspecifikation* (Trivector Traffic, 2014a) bör superbussarna (här gummihjulstågen) *minst* köra mellan 06-00 på vardagar, 07-00 på lördagar och 07-22 på söndagar. Några tidiga morgonturer kan även krävas. Semestertid kan tiderna ändras något. Turtätheten bör inte understiga timmestrafik. Denna bör helst vara taktfast med ”samma” avgångstid varje timme. Möjligtvis kan tvåtimmarstrafik accepteras på de mest utpräglade lågtrafiktiderna (nattetid) (ibid.). I högtrafik på enkelspår kan 15-minuterstrafik, enligt författaren, anses vara en rimlig högsta turtäthet.

Vidare är det viktigt att tidtabellen medger snabba byten (Trivector Traffic, 2010). Sker bytet till tåg, är det önskvärt om tåget redan står och väntar när gummihjulståget anländer. Ett gummihjulståg bör däremot inte vänta in järnvägståg⁴⁰, för att inte sprida förseningarna i gummihjulstågssystemet. Då banorna till stor del kommer vara enkelspåriga, är detta av särskilt stor vikt. Eftersom punktligheten är en av bussens stora svagheter (se kap. 2.1), är det viktigt för gummihjulstågens image att punktligheten är mycket hög, > 92 %, vilket är Skånetrafikens mål för år 2020 (Trivector Traffic, 2014a) (helst 100 %, förf. anm.) och att avgångar före tidtabell aldrig förekommer (ibid.).

⁴⁰ Vid mycket små förseningar (< 1 – 3 minuter) kan det dock i vissa fall vara acceptabelt.

3.4 Utformning av stationer

Det finns i huvudsak två sätt att utforma stationerna – antingen med rak angöring med plattformar som går ut till spåret/banan, eller med mer traditionella bussfickor. Båda systemen används för kantstyrda bussar och har sina för- resp. nackdelar. I detta kapitel behandlas i avsnitt 3.4.1 vilken typ av stationsutformning gummihjulstågen bör använda, därefter behandlas krav på utformningen av stationerna ur ett tekniskt perspektiv och bytesmöjligheter (avsnitt 3.4.2), anslutningar till befintliga knutpunkter, med fokus på järnvägsstationer (avsnitt 3.4.3) och slutligen något om tillgänglighet (avsnitt 3.4.4).

3.4.1 Stationstyp

För kantstyrda bussar förekommer både stationer/hållplatser med och utan avbrott i kantstyrningen. Bl.a. systemet i Adelaide använder ett system där kantstyrningen upphör kort före stationerna, och bussarna angör hållplatserna på traditionellt vis (Wilson, 2004). Överlag verkar det däremot vara vanligare att bussarna angör en plattform, utan avbrott i spårstyrningen (annat än för ev. övergångar för fotgängare), på samma sätt som för järnväg och spårväg. (Bjerkemo, 2007) Nedan presenteras systemens för- resp. nackdelar:

3.4.1.1 Stationer med diskontinuerlig kantstyrning

Fördelar:

- Bussarna kan köra om varandra – exempelvis kan expressbussar köra förbi på stationer där de inte stannar.
- Bussarna kan köra förbi havererade fordon. (Wilson, 2004)
- Genom denna flexibla utformning av stationerna, får systemet mycket hög kapacitet (Bjerkemo, 2007).

Nackdelar:

- En exakt hållplatsangöring är svår att uppnå då bussens vinkel in till hållplatsen blir för stor (framförallt om den kör in framför en annan buss) (Wilson, 2004).
- Komforten blir lidande om bussarna måste svänga in i och ut från en hållplatsficka, speciellt då många passagerare står upp vid dessa tillfällen (Trivector Traffic, 2014a).
- Författaren misstänker att denna typ av stationsutformning även minskar förtroendet för systemet, i det avseende som åsyftas i avsnitt 2.5.2. Kan bussarna lämna banan vid godtycklig station, finns alltid en viss risk (som resenärer kan oroa sig för) att föraren kör fel. Detta vore av naturliga skäl omöjligt för ett genomgående spårstyrt system.

3.4.1.2 Stationer med kontinuerlig kantstyrning

Fördelar:

- Mycket exakt hållplatsangöring möjliggörs. Jfr kap. 2.2.
- Hög komfort då inga rörelser i sidled förekommer, se ovan.

- Hållplatsen är en del av banan – fordonet måste inte lämna banan för att angöra en hållplats.
- Författaren menar, analogt med vad som nämnts ovan, att en utformning med genomgående kantstyrning *höjer* förtroendet för systemet.

Nackdelar:

- Bussarna är helt bundna till banan, förutom vid dess ändpunkter. En stor del av O-Bahnkonceptets stora fördel (att även kunna köra ”dörr-till-dörr” (nästan)) går därmed förlorad.
- Omkörning av andra bussar (alternativt av havererade fordon) kan endast ske vid speciella växlar. (Bjerkemo, 2007)
- Den minskade flexibiliteten riskerar att minska kapaciteten i systemet.

3.4.1.3 Kommentarer till systemens för- och nackdelar

I ett fall där en linje grenar upp sig i flera olika linjer, kan en växelordning med tungor bli mycket komplex (jfr trevägsväxlar i järnvägssammanhang). Med släpväxlar blir flervägsväxeln dock enklare, då vägvalet sker genom banans sidoförflyttning.

I *Tabell 3-3* nedan sammanställs de två stationstypernas för- och nackdelar. Ett försök till viktning har även lagts in. Denna är helt subjektiv, men författaren ger här en förklaring till de olika vikterna: Omkörningsmöjligheten har viktats ner till (0,5) då det är möjligt att köra om även med ett kontinuerligt system, dock bara vid särskilda platser. Dessutom är det inte säkert detta kriterium är relevant då systemet kräver relativt stora avstånd mellan gummihjulstågen (se avsnitt 3.5.3). Komforten ses som särskilt viktig, då själva gummihjulstågkonceptet syftar till att efterlikna järnvägens komfort och viktas (1,5). Kapaciteten är mycket viktig och viktas (2,0). Övriga faktorer behåller vikten (1,0). Det framgår av tabellen att kontinuerlig kantstödsstyrning är det lämpligaste systemet. För att verka för att uppfylla målen komfort, tillit, integrerade byten och image (se 2.5.2), rekommenderas därför att stationerna skall utformas med kontinuerlig bana – d.v.s. med plattformar för rak angöring på samma sätt som vid vanlig järnväg.

Tabell 3-3 De olika stationstypernas för- och nackdelar, samt viktad värdering

	Diskontinuerlig	Kontinuerlig	Vikt
Omkörning	+	-	0,5
Hållplatsangöring	-	+	1,0
Komfort	-	+	1,5
Förtroende/tillit	-	+	1,0
Kapacitet	+	-	2,0
SUMMA	-1	+1	
Viktad summa	-2,0	+2,0	

3.4.2 Utformning av och krav på stationer

Stationsutformningen är av stor vikt för hur gummihjulstågssystemet uppfattas. *BRT Guidelines* (X2AB, 2015) lyfter fram följande egenskaper, hämtade från spårtrafiken som önskvärda för BRT-hållplatser:

- rak hållplatsangöring
- plattformar med plant insteg, ev. markerade dörrlägen
- väl tilltagna väderskydd, väntplatser och sittytor
- god belysning, information (både realtids- och statisk information, högtalare, ev. även interaktiv information)
- biljettköpsmöjligheter (förköp) (X2AB, 2015)

Nedan preciseras stationsutformningen närmare. Som utgångspunkt tar författaren Trafikverkets (f.d. Banverkets) föreskrifter och europeiska tekniska specifikationer för driftskompatibilitet (TSD) för järnvägstrafik. Orsaken till detta är dels att säkra att gummihjulstågens och järnvägstågens stationer får samma standard, dels att de skall vara kompatibla med varandra. Vissa undantag från järnvägens föreskrifter kommer ibland att göras – i dessa fall tillämpas (där så är möjligt) rekommendationer för spårvägstrafik.

3.4.2.1 Plattformar

Generellt skall plattformarna utformas enligt kraven i BVS 1586.26 (Trafikverket, 2012a). De måste även uppfylla kraven i europeiska krav (TSD PRM, 2007) utöver dem som finns angivna i BVS 1586.26 (bl.a. krav på utrustning och stationsutformning i övrigt). Bl.a. finns krav på att avståndet mellan plattformskant och kanten på dörrrens tröskel inte får överstiga 75 mm utan särskild anordning (TSD PRM, 2007). Samtidigt finns krav på att avståndet mellan spårmitt och plattformskant skall vara 1700 mm (Trafikverket, 2012a). Då gummihjulstågen endast är 2800 - 2850 mm breda, skiljer hela 275 – 300 mm mellan dörr och plattform. På stationer ute på gummihjulstågens linjer – där krav på kompatibilitet med järnvägen inte finns – kan avståndet mellan spårmitt och plattform överensstämja med fordonsbredden, med ca 50 mm marginal på var sida. Alltså blir avståndet mellan spårmitt och plattform för dessa stationer 1475 mm. Observera att detta *endast* gäller för rakspår. På kurvor måste avståndet ökas, i enlighet med BVS 1586.26, (se även avsnitt 3.5.4). I görligaste mån bör stationer förläggas vid rakspår. Är detta inte möjligt kan plattform förläggas i kurva. Radien får dock aldrig understiga 250 m (Hansson, et al., 2011). Denna gräns tillämpas i *Handledning för spårvägsprojektering i Skåne*. BVS 1586.26 anger gränsen till 300 m, men rekommenderar att plattformar inte anläggs vid mindre radier än 500 m (Trafikverket, 2012a). För att överbrygga gapet mellan fordon och plattform – dels i kurvor, dels vid delad plattform med järnvägstrafik, krävs rörliga fotsteg som kan skjutas ut till plattformens kant.

Plattformarna skall anläggas med en höjd av 550 mm över farbaneytan (mellanhög plattformstyp) för att passa till fordonens instegshöjd (se avsnitt 3.1.3.1). För övrigt skall plattformarna anläggas enligt kraven i BVS 1586.26.

En kommentar till ökningen av plattformsavståndet i kurva krävs emellertid. Avståndet skall inte enbart utökas p.g.a. kurvradien, utan även p.g.a. spårförhöjningen. BVS 1586.26 anger detta med hjälp av rälsförhöjningen

med avseende på normal spårvidd (1435 mm). Här måste den ekvivalenta rälsförhöjningen användas. Samma sak gäller övriga tillfällen i BVS 1586.26 då rälsförhöjning nämns.

Ett undantag från BVS 1586.26 bör göras för gummihjulstågen. Trafikverket begränsar längdslutningen vid plattform till 5 ‰ (undantagsvis 10 ‰). Då gummihjulstågen har betydligt högre friktion, kan lutningar upp till 20 ‰ tillåtas (undantagsvis max. 30 ‰), vilket tillämpas av *Handledning för spårvägsprojektering i Skåne* (Hansson, et al., 2011).

Längden på plattformarna bestäms av fordonens längd. Här är det direkt olämpligt att följa EU-direktiven (TSD) som kräver minst 400 m (250 m i Sverige) långa plattformar (Corshammar, 2012, s. 196). Istället använder författaren *Handledning för spårvägsprojektering i Skåne* som utgångspunkt. Rent lokala hållplatser (där inte alla gummihjulståg stannar – om ett sådant system används) behöver endast rymma ett tåg. Ett sådant kan vara 45 m långt, vilket innebär att plattformen bör vara ca 50 m lång. Lokala hållplatser kan ges en enklare, mer spårvägslik, utformning. Övriga stationer (som används för regional trafik) bör rymma två ihopkopplade tåg, vilket kräver ca 95 m långa plattformar. (Hansson, et al., 2011) Då plattformarna är relativt långa, kan det (åtminstone vid större stationer) vara motiverat att anlägga ett tak över plattformen. Detta gäller särskilt mittförlagda plattformar över vilka resenärerna skall förflytta sig vid byten. (Andersson, et al., 2012)

3.4.2.2 Utrustning (biljettsystem etc.)

På stationerna skall finnas tillgång till sittplatser och väderskydd liksom god belysning. Cykelparkeringar bör också finnas. Stationerna skall även vara utrustade med informationsdisplayer som visar ankomst- och avgångsinformation i realtid. Displayerna skall även visa avgångar för andra trafikslag såsom buss och tåg. Det skall finnas högtalare, tidtabeller och annan relevant information. Vidare skall det finnas biljettautomater av järnvägstyp. (X2AB, 2015). Kottenhof, et al, (2009) tillägger dessutom vikten av påstigning i alla dörrar, tydlig skyltning gällande destinationer, linjenätskartor, kartor över närområdet samt tryckta tidtabeller. Klockor är också viktiga (Andersson, et al., 2012).

Det är även viktigt att stationerna blir enhetliga, för lätt igenkänning (Trivector Traffic, 2010) – jfr utformningen av pågatågsstationerna. Övrig utrustning och utformning av denna anges i TSD PRM (2007).

3.4.2.3 Bytesmöjlighet till tåg/buss

Byten mellan olika gummihjulståg resp. gummihjulståg och järnvägståg alternativt spårväg bör ske på lika villkor, d.v.s. över plattform. Särskilt attraktivt blir bytet om det sker över samma plattform, såsom beskrivits i avsnitt 2.5.2. Sådana byten minskar dessutom den ”uppföring” resenärerna upplever vid ett byte. (Andersson, et al., 2012)

Byte till buss bör likaså ske över plattform, där så är möjligt. Där så inte är fallet, är det viktigt att säkerställa god tillgänglighet till och från stationen, se nedan.

3.4.3 Anslutning till befintliga knutpunkter

I detta avsnitt behandlas anslutningar till befintliga knutpunkter såsom järnvägsstationer och större bussterminaler. Fokus ligger på de tekniska lösningarna för att ansluta till dessa.

3.4.3.1 Anslutning till järnvägsstationer

Förutsatt att erforderliga säkerhetsåtgärder vidtas (se kap. 3.5 nedan), är det möjligt för gummihjulstågen att använda samma plattformar som de vanliga tågen. För att inte påverka järnvägens kapacitet alltför mycket, rekommenderar författaren att gummihjulstågen leds in på stationernas avvikande huvudspår eller sidospår.

Då gummihjulstågen ofta skall gå på gamla banvallar, får de således en naturlig koppling till järnvägsstationerna. Frågan hur gummihjulstågen skall ta sig in på spåret kvarstår emellertid. Det finns i princip två tänkbara sätt:

- Gummihjulstågen kör in på spåret via en befintlig växel. Denna metod kan användas om den gamla växeln till den numera upprivna linjen finns kvar och detta spår fortsätter en kort sträcka. I detta fall kan gummihjulstågen enkelt gränsla det gamla spåret. Vid själva växeln krävs att körbaneytan ligger i samma nivå som RÖK. Före och efter växeln krävs därmed en ramp, då körbaneytan normalt sett skall ligga i samma nivå som sliprarnas överyta.
- Den andra möjligheten är mycket snarlik, men sker utan växel. Lösningen påminner om en plankorsning i mycket flack vinkel, med den skillnaden att fordonen inte korsar spåret, utan snarare kör upp på det. (Trivector Traffic, 2010) Även i detta fall krävs ramper.

I båda dessa fall påminner lösningen om plankorsningar eller kombinerade väg-järnvägsbroar. Likheter med gatuspår är också stor. Vissa likheter med klätterväxlar finns också. För utformningen av ramperna gäller samma regler som för utformning av lutningar och vertikalkurvor i övrigt, se avsnitt 3.2.1.4.

3.4.3.2 Anslutning till andra knutpunkter

Anslutningen till andra knutpunkter – liksom anslutning till järnvägsstationer där lösningar enligt ovan inte är möjliga – kräver en ny bana. Finns möjligheten, kan denna byggas på ”ny” mark. I andra fall kan befintliga gator och/eller körfält behöva tas i anspråk. Om detta sker, är geometrin mycket viktig. I synnerhet i tätorter kan det vara svårt att anlägga de stora kurvradier gummihjulstågen kräver. Åtgärder som planskildheter, viadukter etc. kan på vissa platser bli nödvändiga.

Hela problematiken är beroende av vilken grad av separering som krävs. Såsom framgår av avsnitt 3.1.2 får gummihjulstågen inte gå på allmänna vägar. Inte heller är det önskvärt med blandtrafik ur framkomlighetssynvinkel,

vilket är anledningen till att särskilda busskörfält eller bussgator ibland anläggs. Används egna gummihjulstågsfiler på delsträckor, bör dessa vara fysiskt åtskilda från övrig trafik genom exempelvis betongbarriärer (Andersson, et al., 2012). Även om det inte är optimalt, kan alltså kortare sträckor förläggas som fysiskt separerade körfält i gatorna. Detta sker ibland även för vanliga tåg, främst då utomlands. (Trivector Traffic, 2010) Av säkerhetsskäl måste i dessa fall hastigheten kraftigt begränsas, då gummihjulstågen har lägre bromsförmåga än vanliga vägfordon (se avsnitt 3.1.5.3).

3.4.4 Tillgänglighet

Med tillgänglighet avses två olika saker: Tillgänglighet på makronivå och tillgänglighet på mikronivå.

Holmberg, et al., beskriver tillgänglighet så här:

”Med *tillgänglighet* på makronivå menar man den lätthet med vilken medborgare och näringsliv kan nå olika aktiviteter i samhället. [...] Ofta mäter man den med avstånd eller restid men man kan också lägga in kostnad, bekvämlighet, trygghet m.m. Ett sätt att inkludera flera av dessa är att utnyttja begreppet resuppostring som innefattar både tid och kostnad. [...] I ett mikroperspektiv har begreppet tillgänglighet en precisare betydelse och beskriver relationen mellan individens kapacitet och miljöns krav”

(Holmberg, et al., 2008, s. 56)

Begreppet *framkomlighet*, vilket redan nämnts, är snarlikt, men är begränsat till hur enkelt det är att förflytta sig inom ett trafiksystem. Framkomligheten mäts vanligen genom restid och hastighet, vilken beror på gatuutformning, trafikmängd, typ av trafikslag, hinder etc. En dålig framkomlighet kan således leda till försämrad tillgänglighet. (ibid.)

3.4.4.1 Funktionshindrade

Tillgänglighet för funktionshindrade innefattas enligt ovan i begreppet tillgänglighet på mikronivå. Gummihjulstågsystemet skall vara utformat enligt gängse normer samt svenska och europeiska regler. Särskilt viktigt i detta sammanhang är att kraven i *TSD Tillgänglighet för funktionshindrade* (TSD PRM, 2007) uppfylls i sin helhet. Bland kraven kan särskilt nämnas kontinuerliga ledstänger, kontrasterande skyddszonsmarkering, taktila markeringar och god belysning. Även hinderfria gångvägar inom stationen och till och från parkeringar och exempelvis busshållplatser betonas kraftigt. (ibid.)

3.4.4.2 Stationstäthet

Enligt *Regional Superbuss i Skåne - kravspecifikation* (Trivector Traffic, 2014a) bör superbussarna, liksom tågtrafiken, bara ha ett stopp per ort (större orter med mer än 5 000 invånare tillåts ha fler stopp, dock ej tätare än 500 m). Antalet stationer längs en linje handlar därmed om en kompromiss mellan resandeunderlag och framkomlighet (Trivector Traffic, 2010). Enligt Lindqvist (2014) förbättras härigenom tillgängligheten (i ett makroperspektiv) för många, sett ur ett regionalt perspektiv. På lokal nivå kan det dock innebära

försämrad tillgänglighet för vissa, p.g.a. indragna hållplatser och längre avstånd till stationerna. Enligt Trivector Traffic (2010) påverkas emellertid resandeunderlaget endast marginellt genom en kraftig minskning av antalet stopp.

Författaren rekommenderar, i likhet med kravspecifikationen för regionala superbussar, att endast en station per samhälle anläggs. Detta görs för att hålla restiderna kortast möjliga. I större orter kan dock mer än en station vara önskvärt. Avståndet mellan dessa bör inte understiga ca 800 – 1 000 m, d.v.s. vad som gäller för snabbspårväg (Trivector Traffic, 2008). På landsbygden bör gummihjulstågen normalt sett inte göra uppehåll, annat än i samhällen. De samhällen som kan komma på fråga kan inte vara för små, då stationer innebär en icke försumbar kostnad. Långa stationsavstånd krävs också för att kunna upprätthålla en hög medelhastighet. För lokaltåg gäller vanligen minst 4 km mellan stationerna, med en strävan mot 10 km för högre medelhastighet. (ibid.) Man kan även tänka sig ett upplägg med regionala och lokala tåg, där de lokala tågen har fler stopp. Författaren rekommenderar, i likhet med pendeltåg (Trivector Traffic, 2008), ett stationsavstånd på minst ca 3,5 – 4 km, gärna 5 – 10 km där så är möjligt. Lokala hållplatser kan övervägas för orter med omkr. 100 – 300 invånare⁴¹, medan regionala tåg inte bör stanna i orter mindre än ca 300 – 400 invånare. Exakta gränsvärden beror på yttre omständigheter och kan skilja sig från fall till fall. Vilka orter som kan bli aktuella måste således vara föremål för vidare utredning. Klart är dock att orter av samma storlek som dem med pågatågstrafik alltid bör ha station. I *Figur 3-17* nedan visas befintliga och planerade stationer i Skåne samt befolkningsunderlag inom 1,5 km från stationen.

3.4.4.3 Upptagningsområden, stationsplacering, anslutningar

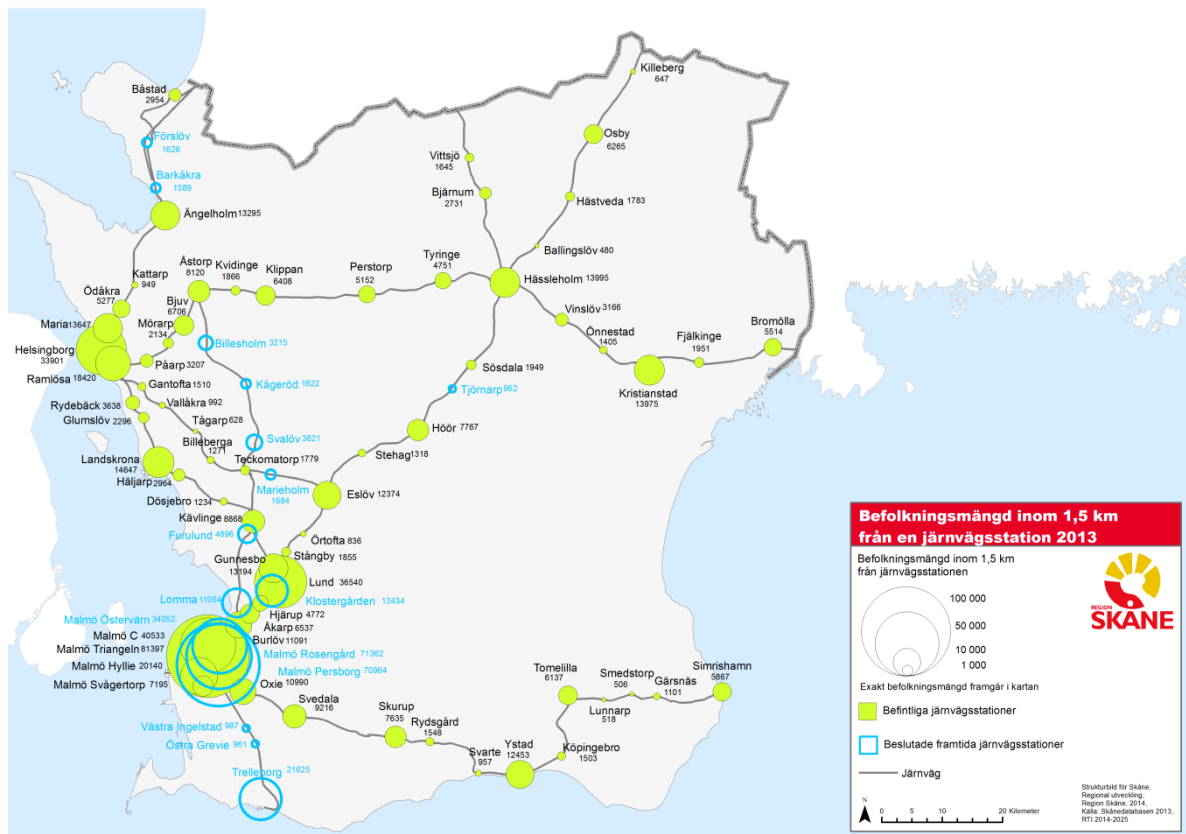
Det förekommer något olika uppgifter om vad som är rimliga upptagningsområden för en station. Kol-TRAST (Andersson, et al., 2012) lyfter fram resultat av resvaneundersökningar i Skåne som visar att resenärer sällan går längre än 600 m till en station, och att de sällan cyklar längre än 1,2 km. Holmberg (2008, s. 279) anger ett upptagningsområde för tåg på 1-2 km. I den fortsatta framställningen tillämpar författaren 1,5 km.

Andersson, et al., (2012) beskriver vidare ett antal åtgärder för att utöka stationernas upptagningsområde:

- Pendlarparkeringar ("Park & Ride")
- Cykelparkeringar ("Bike & Ride")
- På- och avstigningszoner för bilister ("Kiss & Ride")
- Mobility Management – åtgärder som främjar kollektivtrafiken
 - Kampanjer, bl.a. "prova-på-gratis"

⁴¹ Förutsatt att utformningen av de lokala hållplatserna är betydligt enklare, mer spårvägslik än järnvägslik. Även hållplatserna innebär en rätt stor investering, men framförallt innebär de lägre medelhastigheter.

- Lånecyklar
- Bilpooler
- Parkeringsavgifter på andra platser (ekonomiskt styrmedel)
- Traffic Calming⁴²
 - Begränsad hastighet och farthinder
 - Ekonomiska styrmedel såsom vägavgifter
 - Minskat utrymme för biltrafiken till fördel för andra trafikslag (t.ex. gågator och kollektivtrafikgator)



Figur 3- 17 Skånes järnvägsstationer med resandeunderlag inom ett avstånd av 1,5 km från stationen.
 Kommentar: Tjörnarps station är nu öppnad för trafik. Bild: Region Skåne/Strukturbild (2014a)

Som minimistandard föreslår författaren att cykelparkering alltid finns tillgänglig i direkt anslutning till stationerna, samt pendlarparkering i de fall annan parkering inte finns tillgänglig i närområdet; detta för att underlätta för människor att ta sig till stationen och således öka upptagningsområdet (Andersson, et al., 2012).

I de fall gummihjulstågen kör på gamla banvallar, är valet av stationsplacering relativt begränsat. Å andra sidan blir infarten gen och rak. Ofta faller det sig naturligt att anlägga stationen vid det gamla stationsläget men ibland kan detta omöjliggöras p.g.a. senare bebyggelse. Likaså kan samhällens centrum ha förskjutits till ett annat läge efter det att järnvägen lagts

⁴² Dessa åtgärder (Traffic Calming) är av mer generell karaktär, inte enbart lokala.

ned. I dessa fall krävs det – eller är önskvärt – att finna en ny stationslokalisering.

Vid valet av sådan bör - förutom banans geometri – viktiga målpunkter tas i beaktan. Bland dessa kan nämnas större bostadsområden, arbetsplatser, utbildningslokaler, samt – inte minst – befintliga resecentra. (Andersson, et al., 2012)

3.5 Utformning av säkerhets- och signaleringssystem

Säkerheten är av mycket stor vikt. I detta kapitel beskrivs hur skydd mot att obehöriga (fordon, människor och djur) tar sig in på banan (avsnitt 3.5.1), huruvida korsning i plan skall tillåtas, och hur detta i så fall skall ske (avsnitt 3.5.2) samt behov och typ av signalsystem (avsnitt 3.5.3). Slutligen nämns något kort om övriga aspekter relaterade till säkerheten (avsnitt 3.5.4).

3.5.1 Skydd mot obehöriga på banan

P.g.a. gummihjulstågens höga hastighet och relativt långa stoppsträckor, är det av hög vikt att obehöriga hindras från att vistas på banan (avsiktligt eller oavsiktligt). För att förhindra att obehöriga oavsiktligen befinner sig inom banans riskområde⁴³ krävs tydlig utmärkning. Särskild skyltning krävs i de fall banan är förlagd tillsammans med allmän trafik (se avsnitt 3.4.3.2). Markering av banan kan göras med hjälp av särskilda vägmarkeringar (skyddszoner). (Britpave, 2004) För att påkalla uppmärksamheten kan speciella ljud- och ljussignaler användas.

För att skydda mot avsiktlig vistelse på banan (alternativt mot djur och små barn) krävs normalt sett inhägnad med stängsel alternativt staket. Det är av stor vikt att stängslen placeras på tillräckligt stort avstånd från banan, då fordonet dels sticker ut något på sidorna av banan, dels skall det finnas en evakueringszon mellan fordon och stängsel. Denna skall vara minst 0,7 m bred⁴⁴, enligt Hansson, et al. (2011). Utanför samhällena rekommenderar författaren att vanliga viltstängsel vid behov används för att förhindra att vilda djur tar sig in på banan.

Viktigt att tänka på i dessa sammanhang är att inhägnade banor innebär en barriär i samhället, som enbart kan korsas på särskilda punkter. (ibid.) Stängsel kan även upplevas som förfulande och i samhällen kan taggiga buskar (t.ex. vildrosor, krusbär etc.) planteras längs banan för att maskera stängslen alternativt som ersättning för dessa. (Britpave, 2004)

För att förhindra att obehöriga fordon tar sig in på banan (exempelvis vid ev. plankorsningar eller vid banans ändpunkter) använder O-Bahnkonceptet

⁴³ Riskområde – det område, inom vilket risk för kollision eller påkörning med gummihjulståget föreligger. Hänsyn bör även tas till vinddrag och, på elektrifierade banor, erforderliga säkerhetsavstånd till spänningssatta delar.

⁴⁴ BVS 1586.20 anger en höjd för staketen till 1150 mm. Evakueringsutrymmets bredd skiljer sig mellan olika sektioner, men är vanligen minst ca. 700 mm.

spårviddshinder (bilfällor) för att förhindra personbilar från att köra in på banan. Dessa kan kombineras med rörliga pållare som endast aktiveras av tillåtna fordon. (Britpave, 2004) C-linjerna i Lyon (trådbussar) använder automatiska bommar (Johansson & Lange, 2008). De två senare lösningarna har den fördelen att även fordon med bred ”spårvidd” kan stängas ute. Författaren rekommenderar en kombination av både bommar/pållare och spårviddshinder för att utestänga alla typer av fordon.

3.5.2 Korsning i plan resp. planskild korsning

Av flera skäl bör korsningar i plan undvikas i görligaste mån. Bortsett från risken för kollision, innebär öppna plankorsningar ett avbrott i kantstöden, vilken innebär en viss risk för ursprung samt sänker hastigheten.

3.5.2.1 Plattformsövergångar

Vid övergångar mellan plattformar föreslår dock författaren att korsning får ske i plan, då enbart de fordon som stannar vid stationen trafikerar banan⁴⁵. Till plattformarna behövs då ramper för funktionshindrade och ett kort avbrott i kantstöden. Plattformsövergångarna bör utformas i enlighet med riktlinjerna i *Guided Busway Design Handbook – Guidelines for the design of kerb-guided busway infrastructure in the UK* (Britpave, 2004), samt enligt Trafikverkets kravdokument och *TSD PRM* (2007). Av säkerhetsskäl rekommenderar författaren att dessa övergångar är signalreglerade och har gångfålla alternativt bomanläggning, åtminstone när det gäller hållplatser där inte alla tåg stannar. Vid stationer där tågen alltid stannar torde en enkel gångfålla var tillräckligt.

3.5.2.2 Övriga plankorsningar

Utanför stationerna bör plankorsningar undvikas i görligaste mån. För järnvägen gäller att man på persontrafikerade spår normalt sett inte bygger nya plankorsningar. *BVH 701 Plankorsningar – Bygga nytt – Bygga bort – Val av skyddsalternativ* (Trafikverket, 2011) anger att plankorsningar inte får förekomma på nya bansträckningar med största tillåtna hastighet (STH) > 80 km/h. Inte heller O-Bahnsystemet i Adelaide har några plankorsningar på banan (annat än vid stationerna där banan i detta fall är diskontinuerlig, samt en gångtrafikanterövergång vid ett shoppingcentrum, där hastigheten är mycket låg) (Wilson, 2004).

Då gummihjulstågen emellertid inte är ett vanligt järnvägssystem, utan har många likheter med spårväg (gällande exempelvis bromsförmåga), anser författaren att plankorsningar med väg likväl kan tillåtas i begränsad omfattning.

Plankorsningar medför normalt ett avbrott i kantstöden men det är även möjligt att tänka sig en lösning med någon form av uppfällbara kantstöd, vilka

⁴⁵ Används ett system med regionala och lokala tåg, där alla tåg inte stannar på mindre stationer, är situationen dock liknande. Ev. kan andra fordon än gummihjulstågen tillåtas trafikera banan, främst då ”tåg” av utrustade lastbilar med släpvagnar. Detta kan ev. vara fallet under lågtrafik. Se nedan.

fälls upp ur vägbanan i samband med att bommarna sänks. Detta skulle tillåta högre hastigheter än vad som anges nedan (dock max. 80 km/h). Detta under följande, mycket specifika, förutsättningar:

Tågen måste i god tid få förbesked om att en plankorsning är att vänta. Placering av taylor och signaler skall ske i enlighet med *TDOK 2013:0270 Vägskyddsanläggningar, Signalering mot banan* (Trafikverket, 2013) där inte annat anges här⁴⁶.

- Vid korsning med väg för motortrafik bör bomanläggning (helbommar) tillsammans med ljud- och ljussignaler (motsvarande A-anläggning) normalt sett användas. Logiken som styr bommarna⁴⁷ skall även styra de uppfällbara kantstöden. Dessa måste vara i kontroll för att ge positivt körbesked. Således måste denna funktion läggas in i logiken, i samma slinga som bomdrevens kontrollfunktion.
- Vid den punkt där STH genom plankorsningen⁴⁸ börjar gälla, skall en hastighetstavla så att gummihjulståget med minst god marginal kan stanna⁴⁹ före korsningen när det färdas med vid hastighetstavlan angiven hastighet. Det måste därmed finnas en fri siktsträcka lång nog för att gummihjulstågen skall hinna stanna (även i dåligt väglag) från det att tågen passerat hastighetstavlan.

För plankorsningar med diskontinuerliga kantstöd (dessa bör undvikas i görligaste mån) gäller dessutom följande:

- Hastigheten måste vara låg. Detta krav beror dels på säkerheten, men främst på det faktum att kantstöden får ett avbrott. För korta (< 3 m) avbrott för enstaka gång- och cykelpassager gäller max. 50 km/h, medan längre avbrott endast medger 20 – 30 km/h (max. 40 km/h) (se avsnitt 3.2.2.2).
- Gummihjulstågen kör fram till korsningen på sikt. Hastigheten får inte vara högre än att gummihjulståget kan stanna *före* plankorsningen.
 - Överstiger aktuell linjehastighet STH genom korsningen, skall dessutom O-tavla sättas upp på lämpligt förbeskedsavstånd.

Då denna typ av plankorsningar alltså både utgör en säkerhetsrisk, en kostnad och starkt begränsad hastighet, avråder författaren starkt från att anlägga sådan vid andra tillfällen än ovan angivna. Vid linjehastigheter över 60 km/h bör därför inga sådana plankorsningar accepteras. Inte heller bör plankorsningarna ligga för tätt.

⁴⁶ Vissa av dessa föreskrifter kan, men måste inte, överensstämma med TDOK 2013:0270.

⁴⁷ Observera dock att de tekniska styrsystemen för anläggningarna skiljer sig från dessa. Det kan även tillåtas att logiken är dator- (PLC) -baserad.

⁴⁸ Max. 80 km/h. För plankorsningar utan kantstyrning 10-50 km/h. Hastigheterna anges i intervall om 5 km/h.

⁴⁹ Med normal driftbroms (d.v.s. ca. 0,9 – 1,2 m/s²); i nödbroms skall gummihjulståget kunna stanna på *halva* siktsträckan (Andersson & Berg, 2007a, s. 6:2)

Slutligen bör man överväga de begränsningar en plankorsning innebär för övrig trafiks framkomlighet.

3.5.3 Behov och typ av signalsystem

O-Bahn systemet i Adelaide har inget egentligt signalsystem; förarna kör helt på sikt. Detta anses vara tillräckligt då man använder normala bussar med korta bromssträckor samtidigt som banan är byggd med tillräckligt långa siktsträckor.

Till skillnad från i Adelaide, använde O-Bahnsystemet i Essen ett signalsystem. Detta var från början ett spårvägssystem som anpassades för att möjliggöra samdrift. (Bjerkemo, 2007)

P.g.a. gummihjulstågens långa bromssträckor (de kan inte alltid stanna på siktsträckan, särskilt gäller detta i kurvor), enkelspåriga sträckor där tågen annars kunde frontalkrocka och oförmågan att väja för hinder på banan, bör någon form av signalsystem användas. (Andersson & Berg, 2007a, s. 6:2) Exakt hur detta skall vara utformat, och hur avancerat det bör vara, är däremot svårare att uttala sig om. Frågan försvåras dessutom av det faktum att, även om bromssträckorna normalt sett är relativt långa (samma som för pendeltåg i motsvarande hastighet), *kan* gummihjulstågen nödbromsa betydligt hårdare än vanliga tåg. Hastigheterna är samtidigt lägre än för många järnvägståg (bortsett från regionalståg).

Följande grundläggande regler finns enligt Andersson & Berg (2007a, s. 6:1-12) för tågtrafik, och bör, enligt författaren, även gälla för gummihjulstågen:

- Tågvägen⁵⁰ skall vara hinderfri från det att tåget kör in på sträckan till det att tåget lämnar sträckan. Tåget skall kunna bringas till stopp före tågvägens slut.
- Tåget får endast köra in på sträckan (tågvägen) när medgivande för detta givits, antingen genom signal, radiokod etc., eller manuellt.

Oavsett vilken typ av signalsystem som väljs, bör det kunna uppfylla följande krav. Det skall kunna:

- Ge besked om aktuell hastighetsbegränsning
- Ge körbesked
- Ge stoppbesked
- Ge försignalbesked (kommande hastighet eller stopp i nästa signal och avstånd till denna)
- Styra vägskyddsanläggningar (bommar, ljud, ljus vid plankorsningar) automatiskt
- Ingripa om föraren inte bromsar i tid, eller överskrider hastighetsgränsen, så att fordonet stannar före stoppsignal. resp. bromsar ned till tillåten hastighet (Andersson & Berg, 2007a, s. 6:13)

⁵⁰ Tågväg – sträcka tillåten för ett tåg att trafikera. (Andersson & Berg, 2007a, s. 6:3)

Således är funktionskraven relativt lika de som finns för det ordinarie ATC-systemet för järnvägen. Författaren rekommenderar dock att enklare tekniska lösningar används för gummihjulstågen än för järnvägstågen för att hålla nere kostnaderna. Då hastigheterna är lägre och bromsförmågan högre, anser författaren att kraven på systemen bör kunna ställas något lägre. Exempelvis bör redundant PLC-baserad⁵¹ logik kunna användas istället för reläbaserad.

Även signalsystemets uppbyggnad bör kunna förenklas. Då gummihjulstågen inte kan använda sig av spårledningar (som kräver stålhjul för att kortsluta rälerarna) (Rejlers; Järnvägsskolan, 2014a, Flik 7: Spårledning) krävs någon annan lösning. En tänkbar lösning vore någon form av axelräknare. Vissa av O-Bahnbusarna i samdrift med spårvägar magnetiserade i ändarna. Dessa detekterades av en sorts "axelräknare" monterade på kantstöden. (citytransport, 2001-2015)

Ytterligare möjligheter för hinderdetektering kan vara optiska – man kan tänka sig lasrar eller IR-ljus tillsammans med fotoelektriska receptorer. Genom att placera två eller tre av dessa efter varandra, kan tågets riktning bestämmas. Författaren bedömer detta system som felsäkert, då en trasig lampa e.d. medför att systemet detekterar att banan är belagd. Vissa problem kan dock tänkas uppstå, exempelvis om fåglar e.d. bryter ljusstrålarna. Krävs det att minst två ljusstrålar måste vara brutna samtidigt för att lösa ut systemet, minskar dock denna problematik.

Slutligen finns även möjligheten till någon form av radioblockering. Dessa använder baliser⁵² för att uppdatera tågens position. (Rejlers; Järnvägsskolan, 2014a, Flik 7: Spårledning) Ett system som bygger på denna teknik är det relativt nya ERTMS Regional, vilket är ett Nivå 3-system utan spårledningar och optiska signaler. Jämfört med reguljära signalsystem för järnväg, är detta system ungefär hälften så dyrt, vilket dock alltså innebär en avsevärd kostnad. Det kräver dock god radiotäckning. (Rejlers; Järnvägsskolan, 2014b, Flik 7: ERTMS) Kravet på god täckning kan innebära att nya radiomaster måste anläggas.

Linjerna delas in i blocksträckor med tillhörande linjeblockering. Analogt med ovanstående kan denna utföras enklare än järnvägens och vara PLC-baserad. Då stationerna ligger relativt tätt och banorna ofta är enkelspåriga, bedömer författaren att antalet blocksträckor blir relativt få. En blocksträcka per linjesträcka borde i de flesta fall vara fullt tillräckligt. På dubbelspåriga banor kan blocksträckorna vara kortare.

3.5.3.1 Interaktion med järnvägen signalsystem vid stationer

Skall gummihjulstågen kunna använda samma plattformar som vanliga tåg vid stationerna, måste de kunna aktivera den ordinarie järnvägens

⁵¹ PLC-baserad - d.v.s. datorbaserad.

⁵² Baliser – gula plattor på spåret som sänder information till tågen om bl.a. tillåten hastighet och lutning.

hinderdetektering. Detta är ett problem då gummihjulstågen inte kan kortsluta några spårledningarna. Ev. kan detta lösas genom samma typ av ”axelräknare” som O-Bahnbusarna i Tyskland använde. Vissa komplikationer kvarstår dock med avseende på felsäkerheten och det faktum att det kommer att kräva ändringar i befintliga system.⁵³ Kan dessa ändringar inte accepteras, måste gummihjulstågen ledas in på sidotågspår utan fjärrblockering, alternativt något annat system användas.

3.5.3.2 Förslag på teknisk lösning

Det finns således flera möjliga alternativ för gummihjulstågens signalsystem. Författaren föreslår därför att vidare utredningar inom detta område görs. Som utgångspunkt rekommenderar författaren att lösningen med fordonsmonterade magneter och kantstödsmonterade ”axelräknare” som känner av magneterna används. Anledningen till detta är att denna lösning redan är beprövad och tekniskt sätt påminner om existerande system. Lösningen med fotoelektriska celler (optisk hinderdetektering) föreslås i andra hand och ERTMS Regional i tredje hand, allt för att hålla nere kostnaden.

Det skall i detta sammanhang poängteras att syftet med gummihjulstågens signalsystem *inte* är att kopiera järnvägens, mycket dyra system rakt av, utan att hitta en mellannivå mellan spårväg och järnväg. Kommande ändringar av STH på sträckan kan visas med fasta hastighetstavlor, medan försignalerna endast har ett sken ”vänta kör”. Lyser inte detta, blir betydelsen ”vänta stopp”.

Dessa förslag, med flera, behöver utredas vidare innan systemet kan tas i bruk. För att hålla nere priset föreslår författaren att varje linje (mellan två stationer och/eller hållplatser) utgör en blocksträcka och således att enbart ett tåg åt gången tillåts trafikera en linjesträcka. Hastighetsbeskeden bör vara fasta (utom vid plankorsningar och ev. stationer) och stationsväxlarna icke-styrbara.

3.5.4 Övriga säkerhetsrelaterade aspekter

Trafikverkets kravdokument *BVS 1586.20 Banöverbyggnad – Infrastrukturprofiler – ”Krav på fritt utrymme utmed banan”* (Trafikverket, 2012c) behandlar de olika krav på säkerhetsavstånd och framkomlighetsrelaterade utrymmeskrav som gäller för järnvägen. Detta dokument tas som utgångspunkt för specifikationen av gummihjulstågssystemet. Tidigare nämnda referensprofiler för gummihjulstågen (se avsnitt 3.1.3.1) GA/GB/GC tillämpas för själva

⁵³ Man kan tänka sig en lösning där axelräknarna drar ett relä (AX) i front, vilket då faller spårledningsreläet (S1) vid infart, och en axelräknare i slutet av sträckan som drar relä (AX) i back, vilket därmed drar (S1). Används en magnet vid gummihjulstågets främre axel, på vänster sida, och en vid tågets bakre axel, på högra sidan, eller tvärtom, kan axelräknaren som drar AX i front sitta på spårets vänstra sida, och den som drar AX i back på spårets högra sida. På så vis undviks att S1 drar innan sista axeln lämnat spårledningssträckan. Motsvarande kan gälla för optisk hinderdetektering, med tillägget att flera strömvägar tillkommer; en för varje fotoelektrisk cell.

fordonen, för att dessa skall kunna säljas på en internationell marknad. De svenska lastprofilerna (A, A1 och C) är emellertid vidare än de europeiska GA/GB/GC medger. Författaren rekommenderar att gummihjulstågbanorna följer den svenska lastprofilen A, då gummihjulstågen är relativt smala och i sig själva inte kräver någon vidare profil. Att bygga en vidare profil skulle här enbart innebära en ökad kostnad. Önskas däremot möjlighet att även köra godstrafik på banan (främst nattetid i "lokdragna tåg") kan en vidare profil väljas.

Då gummihjulstågen är smalare än många svenska tåg, kan sektionens bredd minskas något. Lastprofil A har en största bredd av 1 700 mm från spårmit (Corshammar, 2014, s. 189), vilket innebär en marginal på 700 mm till normalsektionen. Då gummihjulstågens bredd enligt *Tabell 3-1* är max. 2 850 mm (1 425 mm från spårmit), borde minsta normalsektion kunna minskas till en bredd av 2 225 mm från spårmit.

Ovan angivna förslag kan bli aktuella vid exempelvis stationer och hållplatser exklusiva för gummihjulstågen, där det är önskvärt att minska det gap som uppstår vid vanliga järnvägsplattformar eller där man av andra skäl önskar en mindre bredd.

Vidare anger BVS 1586.20 minsta tillåtna avstånd mellan spårmit och väggkant, vilket varierar mellan 4 och 25 m beroende på hastighet (för både tåg och vägfordon) (Trafikverket, 2012c). Dessa bör anpassas till gummihjulstågens bredd. Det är emellertid viktigt att mått relaterade till elsäkerhet inte minskas, då detta skulle innebära ökade risker⁵⁴. Utöver detta kan, som nämnts ovan, gummihjulstågen tillåtas dela vägbana med övrig trafik på kortare sträckor, förutsatt att körfälten är fysiskt avgränsade med någon form av barriär. Detta förekommer även med vanliga tåg på vissa platser (Trivector Traffic, 2010) Detta förutsätter att hastigheten är låg och att erforderliga avstånd med avseende på elsäkerheten kan uppnås.

Kurvutvidgning⁵⁵ skall ske enligt *Ekvation (12)*.

$$U_i = \frac{40,5}{R}, U_y = \frac{31,5}{R} \quad (12),$$

där U_i resp. U_y är kurvutvidgningen på kurvans in- resp. yttersida och R är radien i meter. (Trafikverket, 2012c)

Vidare krävs tillägg p.g.a. spårförhöjning. Dessa beräknas enligt formlerna i nämnda BVS 1586.20. Märk dock att om BVS 1586.20 tillämpas för beräkning av kurvutvidgning, avser ha (anlagd rälsförhöjning) på den ekvivalenta rälsförhöjningen. Alternativt kan den anlagda spårförhöjningen användas, förutsatt att basen 1 500 mm justeras till aktuellt värde. Detta gäller även vid beräkning av avstånd till plattform, se avsnitt 3.4.2.1.

⁵⁴ Elsäkerhetsavstånden är dock beroende av vald spänningsnivå. Lägre spänning kan medföra mindre säkerhetsavstånd.

⁵⁵ I skarva kurvor kan det fria rummet behöva göras större, då fordonen "skar" kurvan.

Slutligen skall något nämnas om spåravståndet (avstånd banmitt – banmitt mellan två eller flera banor). Enligt Corshammar (2012, s. 190) är spåravståndet mellan 3,9 m (lastprofil A, STH 200) och 4,5 m (lastprofil C). Vid nybyggnad skall det vara 4,5 m, även om europeiska regler i vissa fall tillåter värden ner till 4 m. För särskilda banor tillåts ännu mindre spåravstånd, om hastigheten är relativt låg. (ibid.) O-Bahn-systemet använder enligt Britpave (2004) ett ”spåravstånd” på 3,4 m. Det skall dock tilläggas att dessa bussar är betydligt smalare än tågen och går i lägre hastigheter.

Ett rimligt spåravstånd för gummihjulstågen (på rakspår, utan spårförhöjning) kan därmed beräknas som följer:

$$S = 2 \times (1350 + 100) + M \quad (13)$$

där S är spåravståndet i mm och M är marginalen mellan kantstödens yttersidor. För att få en bild av vilka marginaler som är rimliga görs en jämförelse med järnvägen. 3,9 m med lastprofil A ger enligt bild hos Corshammar (2012, s. 189) att $M = 3\,900 - (2 \times 1700) = 500$ mm

För lastprofil C och $S = 4,5$ m blir $M = 900$ mm. Lastprofil SEc ger enligt bild i BVS 1586.20 (Trafikverket, 2012c) att $M = 540$ mm. Britpave (2004) rekommenderar ett M på minst 600 mm.

Med tanke på att vinddraget ökar med ökad hastighet, föreslår författaren att ett M på 725 mm tillämpas. Detta ger ett spåravstånd på $S = 3\,650$ mm. Därigenom ligger gummihjulstågen någonstans mittemellan de olika värdena, samtidigt som marginalerna är relativt stora. Banans bredd blir samtidigt nästan en meter mindre än motsvarande dubbelspår för järnvägen.

Angående skyddssträckor och skyddsavstånd, bör motsvarande även gälla för gummihjulstågen. P.g.a. högre bromsförmåga och lägre hastighet, rekommenderar författaren att längden på dessa sträckor/avstånd minskas. Istället för 200, 100 och 50 m (Rejlers; Järnvägsskolan, 2014a, Flik 6: Signaleringsprinciper) föreslås här 80, 40 och 20 m.

3.5.4.1 Vinterproblematik

I Essen förekom vissa problem med packad snö och is vid på- och avfartsramper. Detta löstes med saltning och/eller elvärme. Man tog även fram ett speciellt snöröjningsfordon (kallat Unimog). (Bjerkemo, 2007)

Även kontaktledningar kan innebära vissa vinterproblem p.g.a. isbildning. Dessa problem bedöms vara desamma som för järnvägen och måste sannolikt avhjälpas på liknande sätt.

Växlar med rörliga delar kan, liksom järnvägsväxlar, kräva någon form av växelvärme och snöröjning. Då signalsystemet och växlarerna är enklare utformade, bör dock möjliga fel minska.

I denna rapport ligger fokus på Skåne och södra Sverige, där vinterproblematiken är av relativt lindrig art. Systemet kan även användas längre norrut, förutsatt att befolkningstätheten är tillräckligt hög och att avstånden är måttliga. I mer snörika områden med kallare klimat ökar dock kravet på snöröjning.

4 Sammanställning och analys av systemet

Under detta huvudkapitel ges en översiktlig sammanställning av det framtagna gummihjulstågkonceptet (kap. 4.1). Systemet analyseras därefter enligt de kriterier som ställts upp i kap. 2.5. Jämförelser görs även gentemot buss och tåg (kap. 4.2). Slutligen görs en grov uppskattning av systemets kostnad (kap. 4.3).

4.1 Översiktlig sammanställning av systemet

Översikten följer kapitelindelningen och redovisas med hjälp av tabeller.

4.1.1 Fordonsutformning

Tabell 4-1 Sammanställning över viktiga parametrar för gummihjulstågen

		Min. värde	Max. värde	Riktvärde
Avstånd över styrhjulen		2 705 mm		
Max. kapacitet (ant. sittande + stående)		68 + 40	128 + 70	108 + 60
Yttre/inre bredd		280/260 cm	300/280 cm	284/264 cm
Fordonslängd		30 m	45 m	43 m
Instegshöjd ⁵⁶		(500 mm)	(600 mm)	550 mm
Stolsdelningsmått/bredd mellan armstöden		81/43 ⁵⁷ cm	90/46 cm	86/45 cm
Tjänstevikt/axellast med full beläggning [ton]		32-50 / 5,1–6,1	56-70 / 9,0-10,7	48-60 / 7,7-9,2
Hastighet [km/h]		110	140 (-150)	130-140
Komfortrelaterad prestanda	Max. sidoacceleration i kurva med spårförhöjning	0,13 m/s ² ⁵⁸ (ekvivalent h _b = 20 mm)	1,0 m/s ² (ekvivalent h _b = 153 mm)	0,65 m/s ² (ekvivalent h _b = 100 mm)
	Max. acceleration i längsriktningen	1,0 m/s ²	1,3 m/s ²	1,1–1,2 m/s ²
	Max. retardation vid full driftbroms	”	”	”
	Max. retardation vid nödbroms	2,2 m/s ²	3,0 m/s ²	2,5 m/s ²
	Max. ryck i längsled	-	0,5 m/s ³	0,4 m/s ³
	Max. ryck i sidled	-	0,6 m/s ³	0,4 m/s ³

⁵⁶ Det är viktigt att här följa riktvärdet 550 mm, då plattformarna byggs med denna höjd.

⁵⁷ För handikappsplatser krävs minst 45 cm mellan armstöden. Minst 10 % av platserna måste vara handikappsplatser. (TSD PRM, 2007)

⁵⁸ Vid lägre värden på sidoaccelerationen anläggs ingen spårförhöjning.

Övriga faktorer	Eftersträvas	Kan accepteras
Bemanning	Förare + tågvärd	Endast förare
Förtäring	Ambulerande fikavagn/ automat	Automat på större stationer
Information	Fullständig information via display och utrop	Viss information via display som kompletteras med utrop
Toalett	Fullstor handikapp-anpassad toalett	Ingen toalett alls på kortare linjer (det är inte tillåtet att installera toalett som ej är handikapps-anpassad)
Drivmedel	Eldrift	Seriell hybriddrift med förnybara drivmedel
Hjulkonfiguration vid lederna	Jakobsboggier av järnvägsliknande typ	En- eller tvåaxliga boggier på var sida om leden
Fjädring och dämpning	Tvåstegs fjädring med boggi av järnvägsliknande typ, fjädring och dämpning i både longitudinell, lateral och vertikal led	” fast med enklare utförande

4.1.2 Banutformning

Tabell 4-2 Sammanställning över banutformningen

	Normalt	I undantagsfall
Spårvidd (mellan kantstöden)	2 700 mm	
Tolerans för spårvidd	± 1 mm	± 3 mm (låg hastighet)
Geometri	Enligt TDOK 2014:0075 och BVS 1586.26 där inte annat anges i denna rapport.	
Minsta horsontalradie	300 m (150 m vid station)	85 m
Största/minsta tillåtna spårförhöjning (dosering)	10,7 % (= 160 mm ekvivalent rälsförhöjning) / 1,3 % (= 20 mm ekvivalent rälsförhöjning)	
Längd på övergångskurvor/ramper	Enligt tågkategori B	Enligt tågkategori A
Största lutning	40 ‰ (55 ‰ över kortare sträckor)	60 ‰ över korta sträckor
Vertikalradier	Se ”Geometri”	
Styrning	Med styrhjul mot kantstöd, enligt O-Bahnprincipen	
Självcentrering	Ev. farbanor med lutning 1:20	
Avbrott i kantstöden	Längd på ostyrd sträcka, längd på spårviddsramper och hastighet på denna sträcka beräknas med hjälp av Tabell 3-2. och Ekvation (10) och (11).	

Växlar	Återfjädrande, uppkörbara tungväxlar. Automatiska släpväxlar vid förgreningar.	Orörliga växlar eller tungväxlar
Underbyggnad	Ungefär motsvarande BK 1. Ingen särskild underballast krävs p.g.a. bärighetskrav.	
Överbyggnad	Prefabricerade betongspår på betongslipers liknande banan i Cambridge	Stränggjuten bana
Skarvöppningar	Helst skarvfritt spår. Om skarvöppningar används kan mjukt gummimaterial placeras i dessa	Skarvspår av "vanlig" typ (d.v.s. med "tomma" öppningar)
Placering av bana	Helst på gamla banvallar där så är möjligt	"Ny" bana, korta sträckor kan körfält i befintliga vägar tas i anspråk, förutsatt att erforderliga säkerhetsavstånd kan tillhandahållas

4.1.3 Driftsystem

Tabell 4-3-1 Sammanställning av elsystemsutformning

	Föreslagen utformning	Alternativ utformning	Kommentarer
Elsystem	3 000 V DC	15 kV AC 16 $\frac{2}{3}$ Hz	A)
Kontaktlednings-system	Dubbla kontaktledningar liknande 7.1/7.1 alternativt 9.8/9.8 och dubbla strömavtagare	Dubbel ström-skena med enkel strömavtagare av trådbussliknande slag.	B)

Kommentarer till Tabell 4-3-1:

A) Gummihjulstågen har nästan samma effektbehov som vanliga tåg.

Därför krävs höga strömmar och spänningar. Argumenten för och emot likströmsdrift är:

- + Mindre säkerhetsrisker, vilket underlättar linjedragningen genom samhällen.
- + Sannolikt billigare system vid nybyggnad.
- + Kräver ingen transformering.
- Relativt täta inmatningspunkter krävs.
- Nya likriktarstationer krävs.

Argumenten för växelströmsdrift är:

- + Färre inmatningspunkter.
- + Möjlighet att använda järnvägens befintliga omformar-/omriktarstationer för matningen.
- + Kan leverera högre effekter.
- + Ger ökad redundans för elförsörjningen hos den vanliga järnvägen.

- Anläggningen blir något överdimensionerad.
- Hög kostnad för infrastrukturen.
- Högre spänning kräver mer isolering och större säkerhetsavstånd.
- Svårare att dra in i samhällen.

B) Flera tänkbara varianter och mellanformer är tänkbara. Växelströmsdriften kan använda en ”lättare” järnvägsanläggning (motsvarande 7.1/7.1 eller 9.8/9.8) förutsatt att detta förses med två kontaktledningar, vilket gör att systemet blir likt lösningen vid sektionsövergångar och växlar på järnvägen. Eftersom järnvägen ofta kräver specialprodukter, som tenderar att vara väldigt dyra, misstänker författaren att likströmsdriften blir billigare, totalt sett. Detta måste dock utredas närmare.

Tabell 4-3-2 Sammanställning över trafikering.

	Normalt	I undantag
Trafikeringstider	Må-fr 05-00 Lö (03-) 06-00 Sö 07-23	06-23 07-23 07-22
Turtäthet	Högtrafik: 2-4) tåg/h per riktning Lågtrafik: 1 tåg/h per riktning	Högtrafik: 2 tåg/h och riktning Lågtrafik: ½ - 1 tåg/h och riktning
Punktlighet	100 %	Minst 92 %

4.1.4 Stationsutformning

Tabell 4-4 Sammanställning över stationsutformning m.m.

	Normalt	I undantag
Stationstyp	Kontinuerliga kantstöd	Diskontinuerlig (särskild prövning bör krävas)
Hållplatsangöring	Rak	
Plattformer	Enligt BVS 1586.26 och TSD PRM där inte annat anges i denna rapport.	
Avstånd spårmitt-plattform vid rakspår	1 475 mm	1 700 mm vid järnvägsplattform
Minsta kurvradie vid plattform	Rakspår, R > 500 m	R ≥ 250 m
Största lutning vid plattform	20 ‰	30 ‰
Plattformshöjd	550 mm	
Plattforms längd	95 m	50 m vid lokaltågshållplatser
Utrustning	Väderskydd, sittplatser, biljettautomater, informationsdisplayer (realtid), tryckta tidtabeller, kartor, papperskorgar, belysning, högtalare, klockor, godisautomat och cykelparkering	Sittplatser, biljettautomat, informationsdisplay (realtid), tryckt tidtabell, papperskorg, belysning, högtalare och cykelställ

Byte till tåg/gummihjulståg	Över plattform (gummihjulstågen samkörs med järnvägstågen)	Ny bana ⁵⁹ bredvid spåren med gemensam plattform, alternativt egen plattform inom stationsområdet. Bytet mellan tåg och gummihjulståg bör inte vara svårare än att byta till ett annat tåg.
Byte till buss/superbuss/spårvagn	Normalt sett över plattform.	Byte kan ske på "vanligt" vis (inte över plattform)
Tillgänglighet för funktionshindrade	Hela gummihjulstågssystemet skall uppfylla kraven i TSD PRM samt svenska krav.	
Stationstäthet	En station per samhälle. Minst ca 3,5 – 4 km, 5 – 10 km bör eftersträvas mellan stationerna.	Större samhällen kan ha mer än en station, förutsatt att dessa ligger minst ca 800 – 1 000 m från varandra.
Minsta ortstorlek för stationsuppehåll	Ca 300-400 inv.	Ca 150-300 inv. för enkelt utformade lokaltågshållplatser
Tillgänglighet till och från stationerna	Pendlarparkering och cykelparkering bör alltid finnas. Avlämningsplatser (Kiss & Ride) bör finnas.	För lokaltågshållplatser krävs endast cykelställ om parkering finns tillgänglig inom gångavstånd. Avlämningsplats bör finnas i närheten.
Stationsplacering	Normalt i det gamla stationsläget, om inte samhällets struktur förändrats så att annan placering bedöms lämpligare. Centralt där så är möjligt.	Extern placering kan tillåtas om en central placering inte kan uppnås till rimlig kostnad.

4.1.5 Utformning av säkerhetssystem

Tabell 4-5 Sammanställning över säkerhetssystem

	Normalt	I undantag	Kommentarer
Skydd mot att obehöriga oavsiktligen kommer in på banan	Tydlig visuell utmärkning av banan	Vid samlokalisering med övrig trafik: visuell markering, fysiska barriärer, skyltning, ljud- och ljussignaler	

⁵⁹ Denna kan undantagsvis gå tillsammans med övrig trafik, i ett vägfält, förutsatt att den är fysiskt separerad och att väggeometrin tillåter detta.

Skydd mot att obehöriga tar sig in på banan	Stängsel eller staket, spårvidshinder och bommar/rörliga pällare för att hindra fordon att ta sig in på banan	Staket kan ersättas, eller döljas av, taggiga buskar	Med stängsel avses även viltstängsel. Taggiga buskar kan med fördel användas där staket anses vara förfulande
Plattformsövergångar	Signalreglerade med bommar	Signalreglerade med gångfålla	Stationer där alla tåg stannar behöver inga bommar
Plankorsningar	Bör undvikas, men tillåts vid hastigheter upp till 80 km/h med kontinuerliga kantstöd (uppfällbara). Bör vid korsning med fordonstrafik alltid vara bomreglerade.	Plankorsningar med diskontinuerliga kantstöd, dessa begränsar dock korsningens längd och hastighet kraftigt. Tillåts enbart på sträckor med hastigheter upp till 60 km/h.	Utformningen sker med hjälp av BVH 701 och TDOK 2013:0270 samt avsnitt 3.5.2.2.
Regler för att passera plankorsning	Gummi hjulståget måste kunna stanna på halva siktsträckan (i nödbroms) före plankorsningen. Detta oavsett vilket förbesked som tidigare givits i ev. V-försignal (som endast visar att vägskyddsanläggningen är aktiverad och ev. kan detektera hinderfrihet induktivt).		Plankorsning med diskontinuerliga kantstöd får inte passeras i högre hastighet än max. 50 km/h. Tillåten hastighet ges av <i>Tabell 3-2</i> . Särskild V-försignal används ej.
Signalsystem	"Förenklat" ATC-liknande system, förenklad linjeblockering, optiska tavlor och signaler.	Optiskt signalsystem med tavlor och signaler, inbyggt system för hastighetsövervakning. Ingen linjeblockering annat än vid stationerna. Enbart ett tåg per linjesträcka tillåts.	Med "förenklat" avses här färre beroenden, PLC-baserad logik, färre möjliga signalbesked etc.
Krav på signalsystem	Kunna visa takhastighet, målhastighet, ge körbesked, stoppbesked, aktivt korrigera hastigheten vid överträdelse, styra vägskydd		Bygger på principen om redundans och felsäkerhet (dock inte lika strikt ställda krav som för järnvägen)

Hinderdetektering	Fordonsmonterade magneter som aktiverar kantstödsmonterade axelräknarliknande enheter.	Fotoelektriska celler med optisk hinderdetektering alternativt ERMTS Regional	
Krav på fritt utrymme	Enligt BVS 1586.20 och denna rapport. Enligt lastprofil A Vid för gummi-hjulstågen exklusiva plattformar kan bredden minskas för att minska gapet mellan tåg och plattform	Önskas godstrafik kan vidare profiler användas Minskad bredd p.g.a. smalare fordon	Mått rörande elsäkerhet måste anpassas till vald spänning.
Spåravstånd	3,65 m		Vid flera spår bör vartannat spåravstånd utökas. Vid stationer med mittplattform samt i kurvor krävs ökat spåravstånd.
Längd på skyddssträckor och skyddsavstånd	80, 40 och 20 m istället för 200, 100 och 50 m.		P.g.a. högre bromsförmåga och lägre hastigheter.

4.2 Analys av systemets egenskaper

4.2.1 Hur väl uppfyller gummi-hjulstågssystemet mät-kriterierna?

I detta avsnitt görs en analys över hur väl gummi-hjulstågssystemet uppfyller kriterierna snabbhet, effektivitet, komfort, trygghet/tillit, långsiktighet, stabilitet, integrerat system och hög image. Författaren väljer att använda en liknande utvärderingsmetod som den som presenteras i *Superbussar – ett högklassigt bussystem i Nordostskåne* (Trivector Traffic, 2010, s. 51). Jämförelseobjekt är dagens *Pågatågstrafik*. Grönt motsvarar att

Tabell 4-6 Sammanfattad bedömning av åtgärdernas effekter

Sammanställning av de olika åtgärdernas effekter					
	Fordon	Bana	Drift	Stationer	Säkerhetssystem
Snabbhet och effektivitet					
Komfort och tillit/trygghet					
Långsiktighet och stabilitet					
Integrerat system					
Hög image					

systemet helt når upp till Pågatågens nivå, gult innebär att systemet är nästan når upp till järnvägens nivå (ungefär motsvarande snabbspårväg), orange innebär att systemet är betydligt bättre än buss, men inte når järnvägens nivå.

Som framgår av *Tabell 4-6* ovan, är det främst på områdena som rör bekvämlighet, trygghet/tillit, långsiktighet och stabilitet som gummihjulstågen mer eller mindre helt kan mäta sig med järnvägen. Detta beror till stor del på den nya infrastrukturen och fordonen. Kriteriet ”integrerat system” är det enda kriteriet som inte på någon punkt är helt jämbördigt järnvägen. Det når dock *nästan* lika långt, och kan sägas motsvara snabbspårväg eller duospårvagnar. Anledningen till detta ligger sannolikt i att gummihjulstågen inte alltid kan ledas till huvudtågspårens plattformar. Viss inkompatibilitet med järnvägen finns dessutom; det krävs exempelvis en modifiering av tågdetekteringen vid de plattformar där gummihjulstågen skall stanna.

Det enda delområde där gummihjulstågen inte når upp till järnvägens nivå alls, är säkerhetssystemet, vilket är ett medvetet val. Kriteriet ”Bekvämlighet och trygghet/tillit” utmärker sig negativt för säkerhetssystemet. Det kan inte sägas motsvara snabbspårväg helt, då sådana ofta har signalsystem väldigt snarlika järnvägens ATC-system (Hansson, et al., 2011). Signalsystemet är dock en avsevärd förbättring gentemot buss, som helt saknar några liknande skyddssystem, och bör inte ses som osäkert⁶⁰. Skillnaden mot järnvägen beror till stor del på andra förutsättningar såsom kortare bromssträckor och (ofta) lägre hastigheter.

Sammantaget kan sägas att gummihjulstågen lyckas väl med föresatsen att efterlikna järnvägen eller spårtrafik i allmänhet.

4.2.2 Var på skalan mellan buss och tåg befinner sig gummihjulstågen?

Författaren gör här ett försök att placera det nya gummihjulståg-systemet på en skala mellan vanliga tåg och vanliga bussar. Bedömningen delas upp i olika områden, som sedan vägs ihop. Liksom i förra avsnittet handlar det här om en mer eller mindre subjektiv bedömning.

Ett järnvägståg får här summan 440, medan en vanlig buss får summan 0. Procentuellt sett får superbussen en relativ ”järnvägslikhet” på $(3 \times 44)/440 = 0,3$ d.v.s. 30 %. Gummihjulstågen hamnar på knappt 74 %. En snabbspårväg får 70 %. Nu är dessa viktningar givetvis högst subjektiva, men exemplet visar trots allt att gummihjulstågen mycket väl kan anses vara ett mellanting mellan spårväg och järnväg.

⁶⁰ Detta gäller i förhållande till buss- och spårvägstrafiken. Jämfört med järnvägens mycket hårda säkerhetskrav kan det anses ha något lägre säkerhet; detta beror emellertid på bättre bromsförmåga. På många sätt kan systemet jämföras med säkerheten på järnvägen före införandet av ATC. Viss ATC-liknande utrustning har dock fordonen, så helt rättvis blir jämförelsen inte.

Tabell 4-8 Bedömning av gummihjulstågssystemets egenskaper. Källa: Författaren

	Buss	Superbuss	Spårväg		Snabbspårväg		Regionaltåg
Nummer	1	2	3	4	5	6	7
POÄNG	0	3	5	6	7	8	10
Hastighet						X	
Accelerationer (komfort)							X
Utrymme							X
Fordonsdimensioner						X	
Vikt						X	
Bemanning						X	
Service ombord							X
Information							X
Framdrivning					X		
Löpverk och fjädring							X
Bangeometri						X	
Lutningar					X		
Styrning/sidostabilitet			X				
Kursändring						X	
Underbyggnad		X					
Överbyggnad			X				
Körytans jämnhet					X		
Banans placering/linjedragning						X	
Elektrifiering						X	
Kontaktledningssystem						X	
Trafikering					X ⁶¹		
Stationstyp						X	
Bangeometri vid plattform					X		
Lutning vid plattform	X						
Plattformshöjd							X
Plattformslängd					X		
Stationsutrustning						X	
Byte till tåg						X	
Byte till annat trafikslag					X		
Tillgänglighet för funktionshindrade							X
Stationstäthet						X	
Ortstorlek för stopp						X	
Tillgänglighet till stationerna och deras placering							X
Skydd mot oavsiktlig vistelse i riskområde				X			

⁶¹ Trafikeringen beror till stor del på trafikoperatören. Här väljs ett något ”anpassat” tal.

Skydd mot att obehöriga tar sig in på banan						X	
Plattformsövergångar						X	
Plankorsningar						X	
Regler vid plankorsning				X			
Signalsystem				X			
Signalsystemets uppgifter						X	
Hinderdetektering				X			
Krav på fritt utrymme						X	
Spåravstånd						X	
Skyddssträckor etc.					X		
FREKVENNS	1	1	2	4	8	20	8
SUMMA POÄNG	0	3	10	24	56	160	80
TOTALSUMMA							333

4.2.2.1 Kommentar till viktningen

Buss ges 0 poäng, då bedömningen avser att mäta *förbättringar* gentemot busstrafik. Enligt detta synsätt kan då vanliga bussar med viss signalprioritering få 1 poäng och stombussar 2 poäng. Superbuss, enligt Skånetrafikens modell, ges 3 poäng, då den har flera förbättringar jämfört med vanliga bussar. 4 poäng hade motsvarat ett ännu mer högkvalitativt buss-system, liknande BRT. Stadsspårväg ges här 5 poäng. Den har spår och kontaktledning likt järnvägen, men samtidigt många likheter med busstrafik. Spårvägssystem kan utformas på många sätt, avancerade system går inte sällan på egen banvall stora delar av sträckan. Därav ges möjlighet att poängsätta detta, 6 poäng. Snabbspårväg (här i betydelsen light rail, regional snabbspårväg med hastigheter kring 100 km/h) får 7 poäng. Ett system som har fler likheter med järnvägen än snabbspårväg, trafikeringsmässigt, ges här 8 poäng. Järnvägstrafik liknande Pågatågen får 10 poäng. Här emellan finns ett glapp, då det enligt författarens *åsikt* är svårt att nå hastigheter över ca 130 - 140 km/h och ännu mer närma sig järnvägens prestanda då detta skulle innebära stora krav på bl.a. kurvradier, vilket riskerar att kraftigt fördyra anläggningen. 9 poäng kan sägas motsvara enklare, omoderna, regionalbanor i lägre hastigheter och dieseldrift; d.v.s. visserligen järnväg, men av lägre standard än pågatågstrafiken.

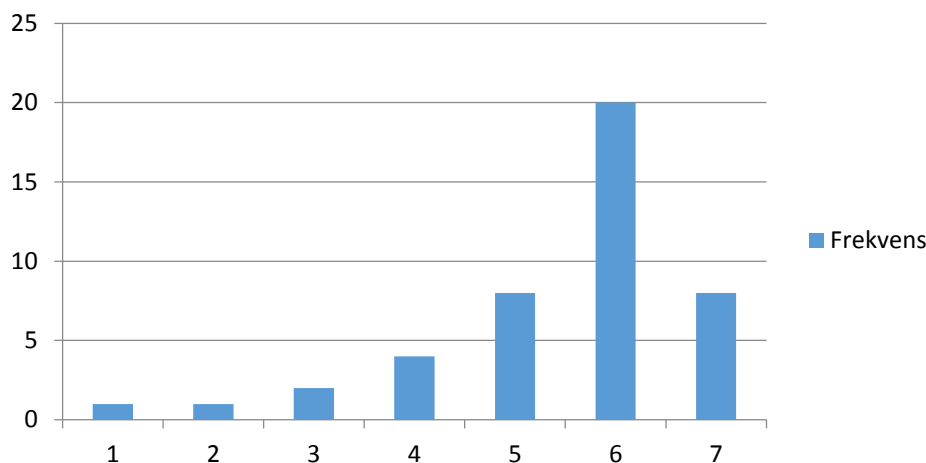
4.2.2.2 Andra graderingsmöjligheter

Ett alternativt sätt att gradera systemet är att ställa upp en sorts medelvärde:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^7 \frac{f_i \times N_i}{44} \approx 5,5$$

Summan av frekvensen f för var och en av de sju nivåerna, multiplicerat med nivåns nummer N , dividerat med antalet kategorier, 44. Denna metod visar att gummihjulstågssystemet plockat flest poäng på en nivå som ligger högre än snabbspårväg. Detta illustreras också av följande figur:

Fördelning av resultatet



Figur 4-1 Grafisk gestaltning av nivåfördelningen av de hos gummihjulstågen studerade egenskaperna. För merparten av kriterierna ligger gummihjulstågssystemet på en nivå mellan snabbspårväg och järnväg. Bild: Författaren

Ett annat sätt att jämföra systemet är att använda den jämförelsemodell som presenteras i *The BRT Standard – 2014 Edition* (ITDP | Institute for Transportation & Development Policy, 2014). Som namnet antyder är detta ett standardiseringsverktyg för att bedöma BRT-system. Dokumentet behandlar emellertid även tillämpningar för att bedöma spårburen trafik, varigenom det blir relevant i detta sammanhang.

Bedömningen sker genom att systemet tilldelas poäng inom områdena "Dedicated right-of-way" (dedikerad väg (grad av separering)), "Busway alignment" (utformning av banan), "Off-board fare collection" (förköpta biljetter e.d.), "Intersection treatments" (hantering av korsningar) samt "Platform-level boarding" (plant insteg) (ibid (s. 14)).

De tre första kriterierna kan ges högst 8 poäng, och de två sista högst 7 poäng vardera. Kriterierna är indelade i ett antal underkriterier. Därefter görs poängavdrag för systemets negativa sidor (låg medelhastighet, lågt passagerarantal vid maxtimmen, bristande framkomlighet/dedikerad väg, stort gap mellan fordon och plattform, trängsel, dåligt underhåll, dålig turtäthet vid trafiktoppar samt dålig turtäthet vid lågtrafik). Hastighet och underhåll väger tyngst och kan ge max. 10 poängs avdrag vardera. Passagerarantal, framkomlighet och trängsel kan ge högst 5 poängs avdrag vardera, medan turtäthet vid hög- resp. lågtrafik kan ge 3 resp. 2 poängs avdrag.

Poängsättningen redovisas i *Bilaga 4*. Totalsumman efter avdrag blev 71 poäng, vilket motsvarar betyget SILVER. Vad som drog ner betyget var framförallt den relativt låga turtätheten. Även antalet resande under maxtimmen (uppskattat antal) drog ner resultatet, liksom att stationerna kunde vara placerade nära korsningar. Det sistnämnda är dock inget problem för

gummihjulstågen då motivet bakom detta kriterium har med bussarnas framkomlighet att göra på ett sätt som inte hade påverkat gummihjulstågen.

Tillämpat på det skånska, planerade, superbusskonceptet blir totalpoängen 33. Det är visserligen svårt att bedöma detta lika exakt som gummihjulstågen, men det framkommer tydligt att poängsumman skiljer sig med ungefär en faktor 2.

4.3 Kostnadsuppskattning

Att uppskatta kostnaden för ett nytt system som gummihjulstågen är förenat med många osäkerhetsfaktorer. Inte minst beror kostnaden på linjesträckningen, och markförhållandena längs denna. De kostnadsuppskattningar som här görs blir således av en mer schablonartad natur.

4.3.1 Bana

Banan i Adelaide kostade enbart 10-15 % mer än en 7 m bred bussgata (Federal Transit Administration (2000a) i Bjerkemo (2007)). En så smal bussbana hade dock inte klarat 100 km/h, vilket bussarna på Adelaides O-Bahn gör (ibid.).

Bjerkemo anger kostnaderna för flera O-Bahnsystem. En försvårande faktor i detta sammanhang är att de olika projektens priser även innehåller många sorters kringåtgärder. Ofta har kantstyrda bussbanor bara anlagts på delar av sträckorna, medan andra sträckor har vanliga bussfiler eller rent av låter bussarna gå i blandtrafik. Vissa projekt anger priset för dubbelspår, andra för enkelspår. First Group (som driver trafiken på banan i Leeds) uppskattar (i (Bjerkemo, 2007)) meterkostnaden för enkelspår till 1 000 pund och för dubbelspår till 1 800 pund. Detta innebär att ett dubbelspår är ca 80 % dyrare än ett enkelspår detta används framöver som schablonvärde. I 2014 års penningvärde motsvarar detta 1 500 resp. 2 700 pund (Bank of England, 2015). Ett pund är idag (mars 2015) ca 12,6 kr, vilket ger ett meterpris på omkr. 22 700 resp. 34 000 kr/m enkel- resp. dubbelspår.

Bjerkemo (2007) anger även priset för bussbanan i Cambridge till 116,2 miljoner pund (år 2006). Detta är emellertid för hela den 40 km långa sträckan inkl. 23,5 km dubbelspårig bana, samt vissa framkomlighetsåtgärder på 10 delsträckor. Detta försvårar prisuppskattningen. Om man gör ett *antagande* att övriga åtgärder är relativt begränsade (16,2 miljoner pund av totalsumman 116,2) blir kostnaden i 2014 års penningvärde motsvarande ca 1 629 miljoner kr. Sannolikt ingår även stationer etc. i denna summa. Då banan är dubbelspårig blir kostnaden ca 905 miljoner kr för en enkelspårig bana, alltså 38 500 kr/m. Ytterligare en källa till osäkerhet är kostnaden för markåtkomst. Då Storbritannien är betydligt mer tätbefolkat än Sverige, kan denna kostnad tänkas vara större, relativt sett.

Banan i Luton (13 km) kostade 38,5 miljoner pund (år 1999) (Bjerkemo, 2007) (idag ca 751 miljoner kr. (Bank of England, 2015)) Då banan är dubbelspårig (Luton, 2015) blir meterkostnaden för enkelspår ca 32 000 kr.

Infrastrukturen för banan i Adelaide kostade 70 miljoner australiska dollar (1989 års penningvärde), AUD, exkl. fordon, marklösen (beräknat från uppgift hos Wilson (2010)). I dagens penningvärde motsvarar det, med aktuell växelkurs, och omräknat till enkelspår, ca 42 700 kr/m (Reserve Bank of Australia, 2001-2015). Med avdrag för kostnaden för stationer och konstbyggnader (structures) samt landskapsåtgärder ("landscaping") sjunker kostnaden till 25 700 kr/m enkelspår. Ser man endast till kostnaden för banan och markarbeten blir kostnaden 17 500 kr/m enkelspårig bana. (Bjerkemo, 2007) Detta får anses överensstämma relativt väl med påståendet att banan kostar ca 15 % mer än en 7 m bred bussgata. (Trivector Traffic (2010) anger kostnaden för en bussgata till ca 12 000 kr/m.) Tar man de särskilda markarbeten som krävdes i Adelaide i beaktan, bör resultatet stämma mycket bra. Förutsätter man att banan byggs på en gammal banvall där behovet av markarbeten är försumbart, blir kostnaden endast ca 11 500 kr/spm.

Även om banan byggs på en gammal banvall kommer mindre markarbeten behövas. Wilson (2010) anger kostnaden för att konvertera en gammal järnvägskorridor till en bussbana till 3,4 miljoner AUD/km, till ett O-bahnsystem till 4,1 miljoner AUD/km och till spårväg till 5,3 miljoner AUD/km, allt i 1999 års (januari) prisnivå. Omräknat till dagens penningvärde och kronor blir kostnaderna 19 500, 23 500 resp. 30 400 kr/m (enkelspår). (Wilson, 2010). Wilson hävdar alltså att kostnaden för O-Bahn är 20 % högre än för en bussbana, och att spårväg ligger 30 % högre än för O-Bahn. I detta pris ingår sannolikt stationer och markåtkomst, men inte "landscaping", då banvallen redan är en jämn terrassyta. Författaren anser det därför troligt att kostnaden för att anlägga en enkelspårig bana på en banvall ligger omkring 16 000 kr/spm.

Tabell 4-9 Uppskattade kostnader för O-Bahn som hjälpmedel för att jämföra olika prisangivelser

Pris framräknat för banan i Adelaide enligt uppgifter från Wilson och Bjerkemo. Skillnaden antas bero på lägre kostnad för markarbeten (se ovan) samt att Wilson räknar in kostnad för stationer		
	Dubbelspår kr/spm	Enkelspår kr/spm
Bara bana	20 700	11 500
Bana + markarbeten på banvall	29 000	16 100
Bana + markarbeten + markåtkomst på banvall	35 300	19 600
Bana + markarbeten + landscaping på ny mark	37 300	20 700
Bana + markarbeten + landscaping + markåtkomst på ny mark	43 700	24 300

Nedan åskådliggörs övriga prisangivelser, i kronor per meter, för jämförelse med priserna angivna i *Tabell 4-9*. Syftet är att få en överblick över de olika priserna och med hjälp av priserna i ovanstående tabell kunna bilda sig en

grov uppskattning om vad som troligen räknas in i de olika uppgifterna. Ofta rör det sig om totalsummor, varför värdena blir högre. Även markåtkomstkostnaderna kan variera kraftigt.

Tabell 4-10 Kostnader för tre andra projekt. Cambridge beräknat enligt antagandet ovan.

	Leeds	Cambridge	Luton
Enkelspår	22 700	38 500	32 000
Dubbelspår	34 000	69 300	57 600

4.3.2 Elsystem

Kostnaden för elsystemet är något enklare att uppskatta. Först och främst beror denna på vilket elsystem och typ av kontaktledningssystem som väljs. Väljs ett järnvägssystem (förslagsvis liknande ST 7.1 eller 9.8) är kostnaden för detta relativt välkänd. Även om dessa system är bland de lättare järnvägssystemen, kommer dock vissa modifieringar att krävas. Används två strömvagnar, krävs dubbla kontaktledningar, vilket påminner om järnvägens kontaktledningsstolpar vid växlar, där två kontaktledningar används. Corshammar (2014, s. 36) anger ett schablonpris för elektrifiering av järnväg till ca 7 000 kr/spm. Detta torde relatera till kostnaden för utbyte, då två järnvägslinjer elektrifierades för 2,46 resp. 2,82 miljoner kr/km år 2010 (Grontmij, 2010). Då man numera normalt sett bygger tyngre system (ST 7.1 är bara godkänt upp till 140 km/h) (Järnvägsskolan, 2012, Flick 1 - Elektrifiering järnväg) borde kostnaden trots allt ligga i denna storleksordning.

För att uppskatta kostnaden för den dubbla kontaktledning som krävs gör Grontmij (2010) helt enkelt överslaget att dubbla kostnaden för en vanlig kontaktledning och sålunda räkna på två ledningar. De utgår då från att en extra ledning kostar 2 miljoner kr/km. Används ett medelvärde av de två kostnaderna för att elektrifiera en järnväg ovan (2,82 resp. 2,46 miljoner) blir priset alltså omkring 4,6 miljoner kr/km, eller 4 600 kr/spm. Sannolikt blir systemet något dyrare, då delvis nytt materiel används. Författaren utgår framöver från 5,5 miljoner kr/km. Jämfört med kostnaden för järnvägen, ter sig denna kostnad någorlunda rimlig. Detta skall endast ses som ett schablonvärde för att bilda sig en uppfattning om storleksordningen på kostnaden för elektrifieringen. Man bör dock inte glömma möjligheten att anlägga en oelektrifierad bana och köra med seriell hybriddrift, även om det är mindre önskvärt.

4.3.3 Stationer

Då stationerna är mycket lika järnvägsstationer (i mindre skala), ligger kostnaden sannolikt relativt nära kostnaden för järnvägsstationer. Kostnaden för plattformar bör emellertid ligga mellan 25 – 50 % av motsvarande plattform på en järnvägsstation, p.g.a. skillnaden i längd.

Vidare blir kostnaden för signalsystem lägre (vilket innebär en stor skillnad för stationer, där antalet signaler är stort). Mindre stationer (hållplatser) för lokala gummihjulståg utformas snarare som spårvagnshållplatser (se ovan). Kostnaden för dessa bör således ligga i samma storleksordning. Att ge någon

generell prisuppgift för stationer och hållplatser är däremot ganska meningslöst, då kostnaden för dessa kan skilja sig väldigt mycket beroende på placering, storlek och utformning. En mycket grov gissning skulle kunna vara att en station kan kosta mellan 15 – 25 miljoner.

4.3.4 Signalsystem

Järnvägens signalsystem är mycket kostsamt. Enligt Corshammar (2014, s. 36) är den schablonmässiga kostnaden omkring 14 000 kr/spm. När f.d. Banverket tog fram det då nya signalsystemet ERTMS Regional, sattes ett kostnads mål upp, vilket innebar att det nya systemet högst fick kosta 50 % av ett vanligt signalsystem (Rejlers; Järnvägsskolan, 2014b, Flik 7: ERTMS). Väljs detta system, kostar det alltså högst ca 7 000 kr/spm. Det är svårt att avgöra vad gummi-hjulstågens signalsystem kommer att kosta, då det behöver utredas noggrannare hur avancerat det skall vara. Numera finns PLC-baserade, säkerhetsklassade, system som enligt tillverkarna har en 30 % lägre livscykelkostnad än konventionella datorbaserade signalsystem (HIMA, 2014). Kombinerar detta med ERTMS Regional skulle kostanden, teoretiskt sett, kunna bli 35 % av vad ett konventionellt ATC-system kostar. Detta motsvarar då 35 % av 14 000 kr/spm, d.v.s. 4 900 kr/spm. Ställs funktionskraven lägre än för järnvägen, borde det gå att pressa priset ytterligare. Detta gäller särskilt om återfjädrande, uppkörbara växlar används på stationerna. Författaren anser det därför sannolikt att gummi-hjulstågens signalsystem kommer kosta omkr. 3 000 – 3 500 kr/spm. Detta, relativt låga pris, förutsätter dock att stationsväxlarna inte kan styras, att varje linjesträcka mellan hållplatserna/stationerna utgör en blocksträcka och att hastighetsbeskeden alltid är fasta (bortsett från plankorsningar och vid stationer/hållplatser).

Vägskyddsanläggningar antas kosta 70 % av motsvarande järnvägsanläggning p.g.a. PLC-användning. Enligt BVH 701 (Trafikverket, 2011) kostar en bomanläggning ca 3 miljoner, en ljud-ljus-anläggning 1,75 miljoner och en gångfälla 150 000 kr. Bomanläggningen kan då, med PLC-teknik, kosta 2,1 miljoner och ljud-ljus-anläggningen 1,23 miljoner. (Gångfällan påverkas inte av tekniken och får därför samma pris.) Utförs vägskydden på ett enklare sätt, bör ytterligare kostnadsminskningar kunna uppnås. Används rörliga (uppfällbara) kantstöd tillkommer kostnaden för motorer/hydraulik och styrsystem. Det kan därför vara rimligt att anta att priset för vägskydd ligger någonstans mittemellan, säg, 2,4 resp. 1,5 miljoner kr. Vad de öppna plankorsningarna kommer att kosta är svårt att uppskatta. Då de komplexitetsmässigt bedöms ligga någonstans mellan en enkel ljussignal (1,75 milj. kr) och en ljud-ljussignal (0,55 milj. kr) (medelvärden efter BVH 707), antar författaren att en öppen plankorsningsanläggning kostar ca 0,8 milj. kr.

Växlarna blir sannolikt av motsvarande pris som uppkörbara, återfjädrande järnvägsväxlar⁶², medan linjeförgreningsväxlarna troligen blir dyrare, då de har större likheter med monorail-växlar än järnvägsväxlar, men framförallt är spårvidden bredare, vilket kräver en större förflyttning. Detta kräver i sin tur en längre sträcka som böjs (för att inte knäckas). Det är således rimligt att anta, att dessa växlar kostar ungefär lika mycket som monorail-växlar. En prisuppgift för dessa är svår att hitta, varför författaren väljer att anta ett pris på 10 miljoner.

4.3.5 Fordon

Kostnaden för fordonen bör inte räknas in bland övriga kostnader, om trafikhuvudmannen är en annan än infrastrukturförvaltaren. Är trafikhuvudman även infrastrukturförvaltaren (eller tvärtom) bör däremot fordonskostnaden inräknas i totalkostnaden. Exakt vad gummihjulstågen kommer att kosta är mycket svårt att bedöma, då en hel del utvecklingsarbete krävs innan de första fordonen kan börja rulla. Efter det att utvecklingsarbetet är avslutat, är det rimligt att anta att priset kommer att ligga någonstans mellan pendeltåg och spårvagnar, då gummihjulstågen är kortare än pendeltågen, men på många sätt mer avancerade än spårvagnar. Skillnaden ligger främst i löpverken och ev. styrningsmekanism.

Region Skåne beställde relativt nyligen (3:e nov. 2014) 25 nya Pågatåg av modellen X61. Detta kostade 1,7 mdr kr. Styckpriset blir således 68 miljoner kr. (SVT, 2014) Vid större beställningar sjunker styckpriset kraftigt. År 2012 beställde Region Skåne 49 nya Pågatåg. Detta kostade 2,6 – 2,7 mdr kr. Detta medför ett styckpris på 53 – 55 miljoner kr. (Infrastrukturnyheter, 2012)

Spårvagnar kostar ca 23 – 33 miljoner beroende på utformning. De vagnar som skall beställas till Göteborg beräknas kosta ca 30 miljoner kr per styck. (Göteborgs-Posten, 2014)

Ett styckpris vid ett någorlunda stort inköp av gummihjulståg kommer således rimligen ligga kring 35 - 40 miljoner kr.

Detta skall ställas i relation till priset för en buss (2,2 – 3,3 miljoner) eller ca 5,1 miljoner för en dubbelledbuss (båda gasdrivna) enligt uppgift från Trivector Traffic (2008) omräknade till dagens penningvärde. Trådbussar är betydligt dyrare (+ 1,35 – 3,11 miljoner kr) än vanliga bussar (ibid.). En dubbelledad trådbuss skulle alltså enligt denna källa (i dagens penningvärde) kosta ca 6,5 – 8,0 miljoner kr. Malmös nya superbussar (*MalmöExpressen*) kostar omkr. 8,5 miljoner kr/st. (Sydsvenskan, 2012) Som framgår av kapitel 3.1 beror denna stora skillnad mellan gummihjulståg och superbussar på stora skillnader i löpverk, fjädring, dämpning och konstruktionen i övrigt.

⁶² Här används samma kostnad som för vanliga 1:9-växlar, ca 2,5 miljoner kr inkl. arbete. (Thorsén, et al., 2014)

4.3.6 Uppskattning av total kostnad

Totalkostnaden per km beror till stor del på linjedragningen och antalet stationer. Här presenteras endast ett mycket överslagsmässigt kilometerpris baserat på ett schablonmässigt antal stationer per km (0,17). Räknas även hållplatser för lokaltåg in blir värdet istället (0,3). En hållplats uppskattas här kosta hälften av vad en station kostar. Uppskattningen utgår från en enkelspårig bana på banvall. Kostnaden för markåtkomst är här *inte* inkluderad.

- Bana på banvall + markarbeten: 16 100 kr/spm
- Bana på ny mark + markarbeten: 20 700 kr/spm
- Elsystem: 5 500 kr/spm
- Station: 18,75 miljoner
- Hållplats: 7,2 miljoner
- Signalsystem: 3 250 kr/spm
- Vägskydd (bomanläggning): 2,1 miljoner
- Gångfålla: 150 000 kr
- Konstbyggnader: 17 % av kostnaden för banan⁶³
- Plankorsningar: 0,35/km (inkl. samhällen), 1 950 000 kr/st.
- Pendlarparkering: 700 000 kr
- Cykelparkering och möblering för station: 200 000 kr
- Cykelparkering och möblering för hållplats: 100 000 kr
- Biljettautomat: 200 000 kr
- Inlösen av hus: 3 000 000 kr⁶⁴

Exempel: 60 km bana⁶⁵. 10 stationer, 8 hållplatser, 21 plankorsningar (varav många i samhällen), 17 gångfällor (varav så gott som alla i samhällen). 30 % av banan antas gå på ”ny” mark. Vidare antas att tre hus behöver lösas in.

Tabell 4-11 Exempelkostnad för gummihjulstågbana

	Kr	enhet	antal	Summa (milj. kr)
Bana banvall	16 100	per m	42 980	692,0
Bana ”ny” mark	20 700		18 420	381,3
Tillägg för konstbyggnader (17 %)				182,5
El	5 500	per m	61 400	337,7
Signal	3 250	per m	61 400	199,6
Stationer	18 750 000	per st	10	187,5
Hållplatser	7 200 000	per st	8	57,6
Gångfällor	150 000	per st	17	2,6
Biljettautomater	200 000	per st	18	3,6
Vägskydd	2 100 000	per st	21	44,1
Växlar	2 000 000	per st	16	32,0
Pendlarparkering	700 000	per st	5	3,5
Möblering och cykelställ för station	200 000	per st	10	2,0

⁶³ Samma procentsats som för banan i Adelaide antas här. (Bjerkemo, 2007)

⁶⁴ Huspriser kan variera kraftigt men för att täcka in även större fastigheter väljs här ett relativt högt pris.

⁶⁵ Inklusivt sidospår vid stationer blir längden 61,4 km.

Möblering och cykelställ för hållplats	100 000	per st	8	0,8
Inlösen av hus	3 000 000	per st	3	9,0
SUMMA				2 135,6
Per km				35,6
Plus adm. och proj. (10 %)				2 349,2
Per km				39,2

Banan får alltså ett km-pris på ca 36 miljoner kr. Detta skall ställas i relation till kostnaden för de kantstyrda bussbanorna i Cambridge och Luton (38,5 resp. 32 miljoner kr/km).

Anläggs samma bana på ny mark, innebär detta en km-kostnad på 39 miljoner kr (dvs. ungefär samma som i Cambridge, speciellt om man räknar in markkostnad). Byggs banan helt på gammal banvall blir km-kostnaden ca 33 milj. kr.

Utöver detta tillkommer kostnader för projektadministration, utredningar och projektering, vilket kan uppskattas till 10 % av totalsumman (Bjerkemo, 2007). Detta gäller för båda exemplen. Därmed blir totalkostnaden 37 - 43 miljoner kr/km, 39 milj. kr om man räknar som i exemplet.

Investeringskostnaden för gummihjulstågssystemet ligger alltså omkr. 48 % (46 – 53 %) av den för en enkelspårig järnväg.⁶⁶ Utöver detta tillkommer kostnaden för markåtkomst, fordon och depåer.

4.4 Skånetrafikens åsikter om systemet

För att förankra systemet i verkligheten har författaren genomfört en intervju med Mattias Sjöholm, trafikutredare på Skånetrafiken, avdelning Affär och Marknad, planeringsenheten. Svaren är referat om inte annat anges.

1) *Hur är din första uppfattning om det system jag presenterar?*

Spontant: tekniskt sett bra, man undviker många besvärliga korsningspunkter. Baksidan är den höga kostnaden separat infrastruktur på långa sträckor medför.

2) *Hur bedömer du att behovet är för detta slags system?*

Så länge det blir billigare än järnväg är det bra. Skånetrafiken har ett fördubblingsmål för antalet resande. Det behövs nästan järnväg på vissa sträckor. Behovet är ju avhängigt av kapaciteten. Hur är det med underhållskostnader?

2b) *Betongbanan bedöms vara dimensionerad för ca 30 år, så där blir inte så mycket slitage. Fordonen drar ungefär lika mycket ström som ett mindre pendeltåg. Hjulslitaget borde ligga ungefär på samma nivå som för bussar.*

3) *Om man jämför med det koncept med superbussar ni tänker införa på kortare sikt, hur bedömer du mitt koncept?*

Skillnaden är att superbussarna är inne i den befintliga trafiken (blandtrafik), man utnyttjar befintlig infrastruktur. Fördelen med det är att det är betydligt billigare. Nackdelen är att man får komplicerade korsningar, inte minst i rondeller, vänstersvängar etc. Man kan göra vissa investeringar som t.ex. flyovers.

⁶⁶ Km-kostnaden för denna anges till 74 miljoner. (Corshammar, 2014, s. 36)

Skånetrafiken använder ju också vanliga bussar, så det blir ju skillnad i kapacitet också.

4) *Skulle ni vara intresserade av att, för framtiden, närmare titta på det här konceptet?*

”I nuläget har vi siktet inställt helt på regional superbuss där det inte finns spårtrafik”. Sen beror det ju på samhällsekonomin, om man kan få lönsamhet i det. Däremot har vi inte i närtiden behov av en helt ny produkt. Men, vi är alltid ”intresserade av att titta på nya lösningar”.

5) *Hur bedömer du att underlaget/den politiska viljan skulle vara för denna typ av ”budgetjärnväg”?*

Det finns ett väldigt stort intresse för regionala lösningar. Det finns ju en strategi för att knyta samman Skåne. ”På längre sikt mindre laddat” (med nya system). Det finns ett öppet intresse för innovativa lösningar. ”MEN, det krävs mycket mer lobbyverksamhet för att få igenom mindre konventionella lösningar.”

Politikerna kan vara rädda för att låsa fast sig om man bygger en så här kostsam infrastruktur, och ”missa järnvägen”. Vi har ”redan stött på lite sånt tänk med superbussarna”. Det kan ju vara förberedande för en järnväg genom att bygga upp ett resandeunderlag för en sådan.

6) *Finns det några tillägg eller ändringar som du/ni anser vara bra eller nödvändiga?*

Stannar man för sällan kan man behöva annan, kompletterande trafikförsörjning på de orter där man inte stannar. Sen är det ju en nackdel med byten.

7) *Övrigt...*

”Det är en intressant ansats – hur långt kan man ta det med gummi istället för metall? Nånstans behövs en brygga” (mellan buss och tåg).

”Ofta tittar man inte tillräckligt långt fram för innovativa lösningar. I förlängningen kan, efter lobbyarbete, en ny lösning ses som lämplig”.⁶⁷ (Sjöholm, 2015)

⁶⁷ Intervju med Mattias Sjöholm, Trafikutredare, Skånetrafiken, avd. Affär och Marknad, planeringsenheten. Malmö, 2015-04-21.

5 Lagar, godkännanden och regelverk att hantera

Ett nytt kollektivtrafiksystem innebär en hel del administrativt arbete. Skall gummihjulstågen registreras som järnväg, spårväg eller väg? Eller krävs något helt nytt? Vilka typer av godkännanden krävs innan gummihjulstågen kan tas i bruk? Dessa frågor behandlas kortfattat i detta kapitel. Observera att endast de viktigaste frågorna tas upp; det kan finnas många andra juridiska frågor utöver de som här tas upp.

5.1 Relevanta lagar och regelverk

5.1.1 Nationellt regelverk

Ansvarig för tillståndsgivande och trafikregler i Sverige är främst Transportstyrelsen. De föreskrifter Transportstyrelsen ger ut publiceras i Transportstyrelsens Författningssamling (TSFS). Vissa föreskrifter finns i andra (befintliga och tidigare) myndigheters författningssamlingar. Dessa är Banverkets författningssamling (BV-FS), Vägverkets författningssamling (VVFS), Trafiksäkerhetsverkets författningssamling (TSVFS) och Sjöfartsverkets författningssamling (SJÖFS). Dessa finns tillgängliga på Trafikverkets och Sjöfartsverkets respektive hemsidor. (Transportstyrelsen, 2015d)

Transportstyrelsen ansvarar dessutom för föreskrifterna i Järnvägsstyrelsens och Luftfartsverkets/Luftfartsverkets resp. författningssamling (JvSFS resp. LFS). (ibid.)

Vägtrafiken regleras huvudsakligen genom Trafikförordningen (SFS 1998:1276). Föreskrifter för utformning av vägar och gator finns i Trafikverkets handling VGU. (Trivector Traffic, 2008)

Järnvägen regleras i Lagen om byggande om järnväg (1995:1649), Järnvägslag (SFS 2004:519). (ibid.) Utformningen av järnvägen regleras i Trafikverkets olika kravdokument (BVS, BVF, TDOK...).

Järnvägstrafiken regleras i detalj i Järnvägsstyrelsens trafikföreskrifter (JTF). Dessa upphör emellertid att gälla fr.o.m. 1:a januari 2016 för att ersättas av europeiskt regelverk. (Transportstyrelsen, 2015e)

Spårvägar och tunnelbanor regleras av Lag om säkerhet vid tunnelbana och spårväg (SFS 1990:1157), Lag om byggande av järnväg (1995:1649). För spårvägsbyggnad används tyska BoStrab som vägledning. Till dessa lagar kommer tillhörande förordningar. (Trivector Traffic, 2008)

Interaktionen mellan vägfordonstrafik och spårtrafik regleras i Trafikförordning (1998:1276):

2 kap. 5§ Trafikförordningen:

5 § En trafikant skall lämna fri väg för

1. utryckningsfordon som avger signal med föreskriven larmanordning, och
2. järnvägståg eller spårvagn om inte spårvagnsföraren har väjningsplikt som utmärks genom vägmärke.

Förare som skall lämna fri väg skall stanna om det är nödvändigt.

2 kap. 7§ Trafikförordningen

7 § En trafikant som har för avsikt att korsa en järnväg eller spårväg skall vara särskilt försiktig och vara uppmärksam på om något tåg eller någon spårvagn närmar sig. Förare av fordon skall anpassa hastigheten så att fordonet kan stannas före korsningen.

Korsningen skall passeras utan onödigt dröjsmål.

En trafikant får inte färdas in i en korsning med järnväg eller spårväg

1. om ett tåg eller en spårvagn närmar sig,
2. när en ljussignal visar rött sken, en ljudsignal ljuder eller en bom fälls, är fälld eller reses, eller
3. om det finns risk för att trafikanten måste stanna i korsningen.

En trafikant som inte får färdas in i en korsning med järnväg eller spårväg skall stanna på betryggande avstånd från korsningen och före signaler eller bommar.

Ett specialfall föreligger när spårvagnar kör rakt igenom cirkulationsplatser. Dessa tillfällen kräver särreglering i lokala trafikföreskrifter och bör lämpligen kombineras med trafiksignaler. (Hansson, et al., 2011)

5.1.2 Europeiskt regelverk

Utöver de svenska, nationella reglerna, finns ett mycket stort antal europeiska regler. Reglerna delas in i EU-direktiv, TSD:er (Tekniska Specifikationer för Driftskompatibilitet) och Europastandarder. Dessa tre kategorier har tolkningsföreträdare framför svenska lagar och föreskrifter. TSD:erna och Europastandarderna förvaltas av ERA – European Rail Agency. (Corshammar, 2012, s. 42)

5.1.3 Gummihjulstågen – tåg, spårvagn eller buss?

Frågan hur fordonen – och hela systemet – skall registreras har många aspekter. Enligt författaren ter det sig mest naturligt att systemet registreras som spårtrafik, då hela konceptet går ut på detta. Det gäller i synnerhet interaktionen med övrig trafik. Samma regler som för spårtrafik bör gälla vid exempelvis plankorsningar. Skall gummihjulstågen kunna angöra samma plattformar som vanliga tåg (och därmed trafikera samma bana, åtminstone delvis) måste de uppfylla nödvändiga krav för detta. Det som påminner mest om systemet – trafikeringsmässigt – är således duospårvagnar, se avsnitt 2.4.3.

Transportstyrelsen anger följande punkter som föremål för godkännande:

- Nya, importerade eller ”väsentligt ombyggda” fordon.
- Ny eller ”väsentligt ombyggd” spåranläggning (både spår och kontaktledning).
- Nya eller ombyggda tekniska system (signalsystem och kommunikationssystem) skall godkännas *för varje anläggning* – det är således *anläggningarna* och *fordonen* som skall godkännas.
- Trafikplatsnamn och signaturer.
- Utbildningsplaner. (Transportstyrelsen, 2015f)

Vid godkännande av spårvägs- och tunnelbaneanläggningar krävs ej överensstämmelse med TSD. För dessa anläggningar tillämpas föreskriften TSFS 2010:115. Som påtalats i avsnitt 3.5.3.1 måste gummihjulstågen kunna – felsäkert – aktivera järnvägens hinderdetekteringssystem.

Författaren rekommenderar att någon ytterligare anpassning inte görs, utan att fordonen framförs ”utan ATC”, d.v.s. efter de optiska signalerna, då samkörningen enbart gäller kortare sträckor i låg hastighet vid stationerna.

Vad som krävs för gummihjulstågssystemet är alltså i första hand att infrastrukturen registreras som spåranläggning och att fordonen registreras som duospårvagnar alternativt tåg. Anläggningen kan således registreras som antingen järnväg eller spårväg. Vilket alternativ som väljs har betydelse för vilket regelverk som skall följas.

Författaren har tillfrågat Transportstyrelsen om deras åsikt angående gummihjulstågssystemet. De anger följande:

*”Den här sortens transportsystem lyder under SFS 1990:1157, lag om säkerhet vid tunnelbana och spårväg, och TSFS 2010:115, Transportstyrelsens föreskrifter om godkännande av spåranläggning eller fordon för tunnelbana och spårväg.”*⁶⁸ (Transportstyrelsen, 2015g)

Angående tillstånd: Följande tillstånd krävs för att bedriva spårtrafik i Sverige:

- För järnvägsföretag
 - Licens
 - Säkerhetsintyg
 - Del A (säkerhetsstyrningssystem)
 - Del B (uppfyllande av svenska säkerhetskrav, samt godkända fordon)
 - Särskilt tillstånd kan ges för lokal eller regional trafik på separat infrastruktur, regional godstrafik, trafik med underhållsfordon samt museifordon. (Transportstyrelsen, 2015h)
- För trafikhuvudmän
 - Auktorisation krävs för att organisera järnvägstrafik som någon annan utför. Detta krävs för att kunna tilldelas kapacitet av infrastrukturförvaltaren och är i gummihjulstågens fall främst aktuellt för att tilldelas tåglägen vid järnvägsstationer. (Transportstyrelsen, 2015i)
- Infrastrukturförvaltare
 - Skall gummihjulstågsbanorna drivas/förvaltas av någon annan än Trafikverket, måste tillstånd för detta sökas. För spårväg och tunnelbana gäller särskilda regler enligt lag 1990:1157. (Transportstyrelsen, 2015j)
- För underhåll av järnvägsfordon

⁶⁸ Email-konversation med Robert Bylander, Transportstyrelsen, 2015-04-21.

- Krävs en ”underhållsansvarig enhet” (ECM). Denna enhet skall ha tillstånd av Transportstyrelsen eller vara certifierad av ett godkänt organ. (Transportstyrelsen, 2015k)
- Vidare krävs särskilda tillstånd för:
 - Dem som ansvarar för förarutbildningar
 - Dem som agerar examinator vid provverksamhet
 - Förare (ang. psykisk och fysisk hälsa i relation till arbetsuppgiftens krav). För att utfärda dessa hälsointyg krävs tillstånd från Transportstyrelsen.
 - Förarbevis för förarna. (Transportstyrelsen, 2015l)

Dessa tillståndskrav gäller främst järnvägen men bör undersökas även för gummihjulstågen.

5.1.4 Byggprocessen, kommunal planering och miljöhänsyn

Planeringen av vägar och järnvägar sker i en s.k. planläggningsprocess, vilken börjar med en inledande s.k. åtgärdsvalsstudie, i vilken en brist eller ett problem i transportinfrastrukturen analyseras utifrån nuvarande och kommande behov och förslag på lämplig åtgärd tas fram. Åtgärdsvalsstudien följer den s.k. fyrstegsprincipen. Denna är, som namnet antyder, indelad i fyra steg, vilka skall övervägas i tur och ordning, med syfte att effektivt förvalta skattemedlen. Stegen är som följer:

1. **Tänk om:** Går det att påverka *behovet* av transporter och transportslag?
2. **Optimera:** Går det att utnyttja befintlig infrastruktur bättre?
3. **Bygg om:** Går det att med begränsad ombyggnation av befintlig anläggning tillgodose behovet?
4. **Bygg nytt!** Detta alternativ tillgrips sist och innebär byggnation av helt ny anläggning eller stora ombyggnader av befintliga. (Trafikverket, 2014b)



Figur 5-1 Planprocessens olika steg. Bild: Trafikverket (2015a)

Efter det att lämplig åtgärd valts fortgår processen med planarbete, bygghandling och byggnation, enligt *Figur 5-1* ovan.

5.1.4.1 Det övergripande målet

All nationell planering av transportinfrastruktur skall syfta till att uppfylla transportpolitikens övergripande mål. Detta är att ”säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet” (Trafikverket, 2014b, s. 11-12)

Målet har två delmål:

- Funktionsmålet syftar till att *”ge alla en grundläggande tillgänglighet med god kvalitet samt bidra till utvecklingskraft i hela landet”* och uppfylla både mäns och kvinnors behov (ibid.).
- Hänsynsmålet syftar till att *”transportsystemets utformning, funktion och användning ska anpassas till att ingen dödas eller skadas allvarligt samt bidra till att miljökvalitetsmålen uppnås och till ökad hälsa”*(ibid.).

5.1.4.2 Relevanta lagar

Några av lagarna som följer har redan nämnts i avsnitt 5.1.1. Trafikverket (2014b, s. 13) presenterar dessa tillsammans med övriga, för planerings- och byggprocessen relevanta, lagar och förordningar i följande lista:

- lag om byggande av järnväg (1995:1649)
- förordning om byggande av järnväg (2012:708)
- väglagen (1971:948)
- vägförordningen (2012:707)
- vägsäkerhetslag (2010:707)
- vägsäkerhetsförordningen (2010:1367)
- miljöbalken (1998:808)
- förordningar till miljöbalken
- förordning (1998:905) om miljökonsekvensbeskrivningar
- plan- och bygglagen (2010:900)
- plan- och byggförordning (2011:338)
- kulturmiljölagen (1988:950)
- Vägverkets föreskrifter (2003:140) om tekniska egenskapskrav vid byggande av vägar och gator (vägregler).

Den stora skillnaden mellan väglagen och lagen om byggande av järnväg ligger i att äganderätten till marken övergår till järnvägen genom inlösen, medan vägen enbart har nyttjanderätt (”vägrätt”) till marken.

Plan- och bygglagen (PBL) reglerar användningen av mark och vatten samt bebyggelse. Det är, enligt PBL, kommunerna som planlägger, och bestämmer över, användningen av mark- och vattenområden. I de s.k. översiktsplanerna anger kommunerna, översiktligt, de långsiktiga planerna och visionerna för olika områden i hela kommunen. Översiktsplanerna (ÖP) är *inte* bindande. Det är däremot de s.k. detaljplanerna (DP) som slår fast användningen av ett mindre markområde. Detaljplanerna skall prövas av länsstyrelsen. (Trafikverket, 2014b)

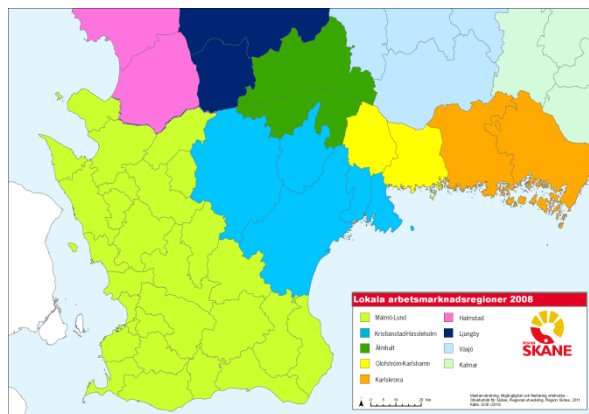
Eftersom kommunerna är de som har bestämmanderätt över hur marken skall användas, är det nödvändigt att samordna planeringen av en ny väg eller järnväg (och gummihjulståg(!)) med kommunerna. Detta innebär att det inte är tillåtet att bygga en ny väg/järnväg i konflikt med gällande DP. Innan järnvägsplanen/vägplanen fastställs måste alltså först kommunen ändra aktuella detaljplaner. (Trafikverket, 2014b)

6 Fallstudie

För att på ett konkret sätt undersöka hur gummihjulstågssystemet står sig mot buss och tåg, väljer jag här att genomföra en kortare fallstudie.

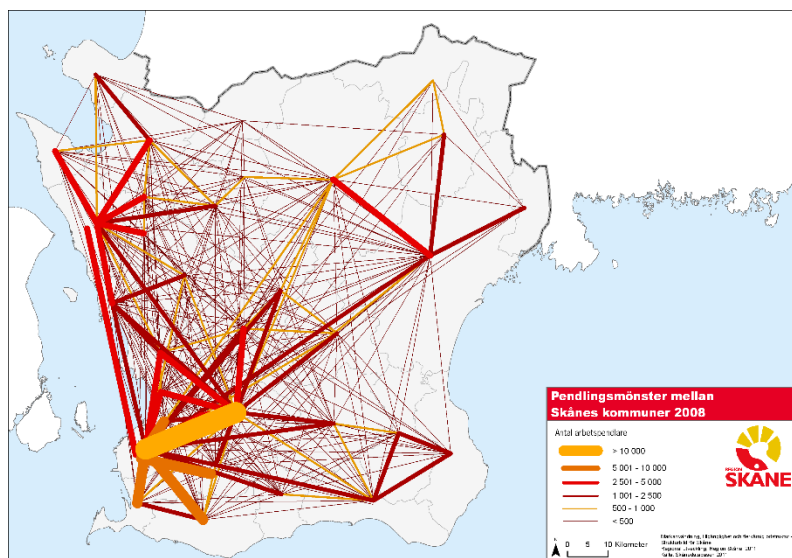
6.1 Val av fall

Som framgår av *Figur 3-14* och *Figur 3-15* har järnvägsnätet varit betydligt större än vad det är nu. Detta gäller inte minst nordöstra Skåne och avspeglar sig i det faktum att Nordostskåne inte är integrerat med resten av Skåne med avseende på arbetsmarknaden p.g.a. sämre pendlingsmöjligheter, se *Figur 6-1*.



Figur 6-1 Lokala arbetsmarknadsregioner år 2008. Bild: Region Skåne/Strukturbild (2011a)

Författaren väljer därför att fokusera på tillgängligheten till detta område. I slutet av kapitlet presenteras även andra förslag på möjliga linjer. De stråk som främst är aktuella sammanfaller i sin geografiska orientering med de som visas i *Figur 2-6*.



Figur 6-2 Pendling mellan skånska orter år 2008. Bild: Region Skåne/Strukturbild (2011b)

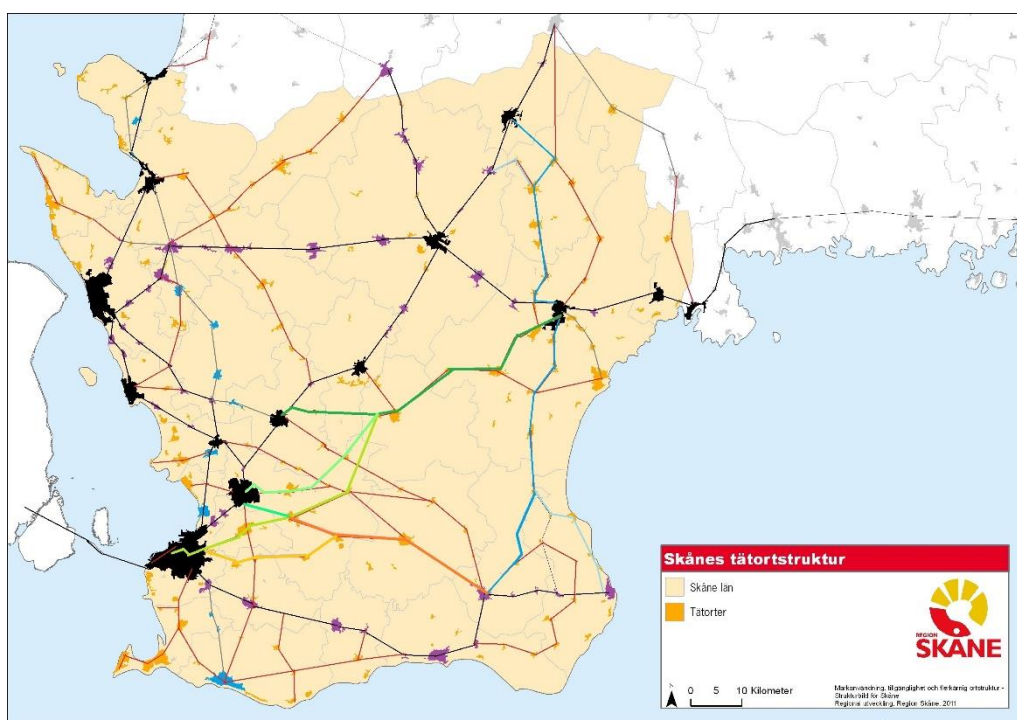
De stråk som bedöms som mest angelägna är dels ett nordöstligt-sydvästligt stråk mellan Kristianstad och Malmö-Lund – regionen och dels ett nordligt-sydligt stråk mellan Östra Göinge och Tomelilla-Ystad.

Behovet av transporter längs dessa stråk framgår delvis av *Figur 6-2* ovan.

Föga förvånande står västra Skåne för huvuddelen av pendlingstrafiken. I nordost är det främst Kristianstad och Hässleholm som bidrar till pendlingen. Särskilt stråket längs E22:an har ett relativt högt tryck, liksom sträckan Hässleholm-Kristianstad. Från kommunalt/regionalt håll finns det på lång sikt önskemål om en ny järnväg mellan Kristianstad och Malmö/Lund, den s.k. *Diagonalen*. (Kristianstad kommun, 2015)

I Skånetrafikens *Tågstrategi 2037* (Skånetrafiken; Region Skåne, 2008) framläggs i slutet samtliga framförda önskemål om spårförbindelser i Skåne. Bland dessa finns, förutom *Diagonalen* en järnväg mellan Kristianstad och Tomelilla samt tåg mellan Kristianstad och Broby. Dessutom finns starka önskemål om en ny järnväg mellan (Malmö-Staffanstorp-) Dalby och Tomelilla (- Simrishamn), den s.k. *Simrishamnsbanan*.

Av dessa stråk väljer författaren att studera det första: Kristianstad – Hörby – Malmö/Lund då det bedöms motsvara det största behovet. Se *Figur 6-3* nedan.



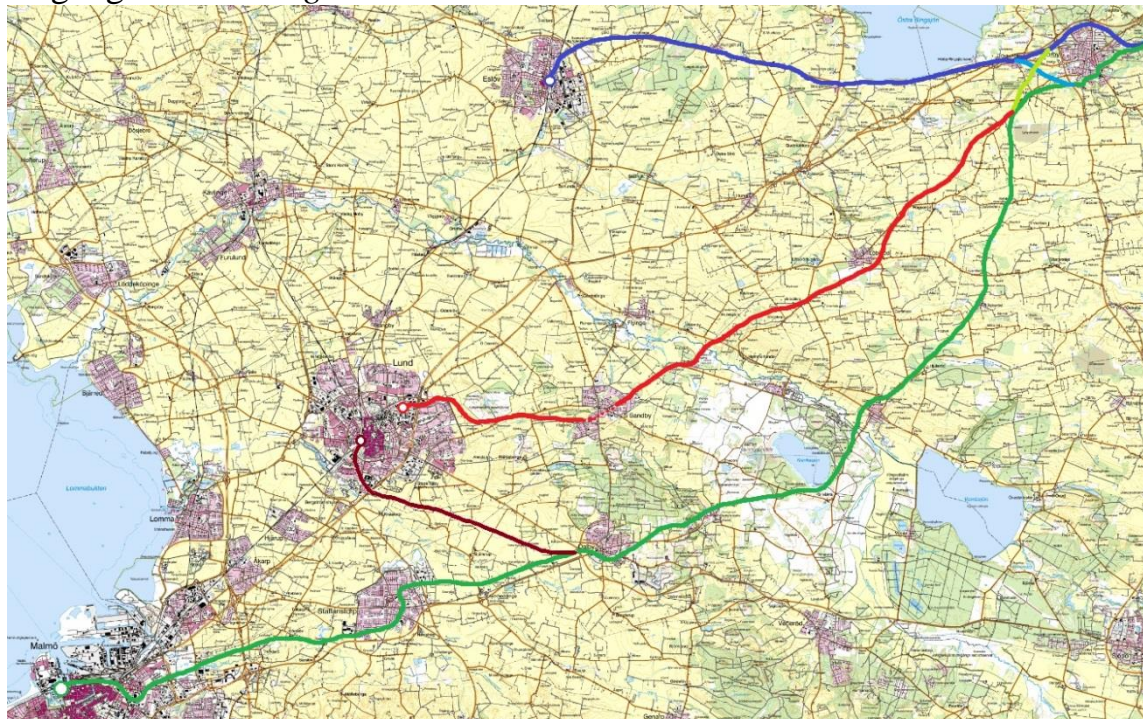
Figur 6-3 Exempel på tänkbara gummihjulstågslinjer. Bild: Efter Region Skåne/Strukturbild (2011c)

Kommentar: Orter i svart har Öresundstågstrafik, orter i lila har Pågatågstrafik men inga Öresundståg, orter i blått har planerad Pågatågstrafik. Gula orter har ingen järnvägstrafik. I kartan är tre tänkbara gummihjulstågslinjer utritade, i **blått, grönt och orange**. Ljusblått, ljusgrönt och gult utgör alternativa sträckningar. Röda linjer är f.d. järnvägar (nedlagda), gråa linjer är järnvägar utan persontrafik (undantaget Hallandsåsen), svarta linjer är persontrafikerade järnvägar. Observera att linjedragningarna är starkt förenklade.

6.1.1 Tänkbara stråk

Tanken är att låta gummihjulstågen köra på den gamla banvallen där så är möjligt. Vid Hörby uppstår en valsituation; antingen kan man följa banvallen mot Eslöv eller kan man svänga av söderut mot Harlösa, för att därefter följa den gamla banvallen mot Dalby och därefter vidare till Malmö. Ytterligare ett alternativ är att svänga av mot S. Sandby och därefter Lund. I båda dessa fall

är det emellertid svårt att ta sig in till stationen. I Malmö-fallet kräver det att gummihjulstågen samkörs med järnvägen på en lång sträcka. Då det rör sig om en sträcka som idag inte har någon egentlig trafik, bör detta inte vara något större problem. Den sista sträckan in till stationen bör då läggas separerat från övrig tågtrafik. Se *Figur 6-4* nedan.



Figur 6-4 Olika tänkbara linjesträckningar. Bild: Efter Geodata, © Lantmäteriet i2014/00579, 2015

I Lund-fallet kan man i princip inte ta sig in till stationen alls utan stora omvägar och politiska svårigheter. Möjligheten att förlägga stationen i nordöstra Lund skall dock inte underskattas. NÖ Lund är ett starkt tillväxtområde med bl.a. den nya stadsdelen Brunnsög, många företag och inte minst, LTH. De nya forskningscentra MAX IV och ESS kommer även de bidra med många arbetsplatser. Tillgängligheten till Lund C kommer högst troligt öka, då Lunds kommun har långt gångna planer på att införa spårvagnstrafik på *Lundalänken* (se 2.1.2). (Diagonalen, 2007) Genom att samköra gummihjulstågen med en kommande spårväg, skulle dessa kunna nå så långt in i staden som till LTH. Längre än så bedömer inte författaren det som genomförbart att låta gummihjulstågen gå, både av framkomlighetsskäl och av bangeometrisk skäl. Med denna lösning kan man därefter låta banan gå längs f.d. *Hardebergaspåret* till S. Sandby (förutsatt att en ny cykelväg anläggs parallellt). Genom Sandby krävs en ca 500 m lång tunnel. Efter Sandby fortsätter banan mot Skatteberga, Löberöd och ansluter därefter till banvallen genom Osbyholm.

En tredje möjlighet är att följa ”Malmölinjen” till Dalby, för att därefter vika av mot Lund. En anslutning till Lund C kan åstadkommas genom att samköra gummihjulstågen med *Högevallsspåret* (från Tetra Paks) anläggning. Vissa svårigheter med avseende på kapaciteten kan dock uppstå på järnvägen söder om Lund C. Ev. måste gummihjulstågen ges en egen station vid Idrottshallen,

så länge det inte finns fyra spår hela vägen till Lund C. Gångavståndet till järnvägsstationen blir då ca 600 m och till Clemenstorget 750 m.

Av dessa möjligheter väljer författaren att bortse från Malmölinjen. Även om det *kan* vara genomförbart att dra gummihjulstågen in i Malmö, bedömer författaren detta som mycket svårt. Även den sydliga infarten till Lund utgår här, då den innebär en stor omväg och riskerar att vålla ytterligare problem med kapaciteten på järnvägen söder om Lund.

Då återstår Lund/Ideon-lösningen och Eslöv-lösningen⁶⁹. Eslöv-lösningen är betydligt kortare, och går nästan hela sträckan på gammal banvall. För att resa dit de flesta *vill* (Malmö/Lund, se *Figur 6-2* ovan) krävs emellertid ett byte i Eslöv. För resenärer med målpunkter i NÖ Lund krävs sedan ytterligare ett byte i Lund. Detta är denna lösning stora nackdel. Lund/Ideon-lösningen går enbart på banvall två korta sträckor mellan Hörby och Lund. Övriga delsträckor kräver att man antingen tar vägar i anspråk, breddar vägar eller anlägger parallella körbanor. Fr.o.m. Brunnsberg måste gummihjulstågen samköras med en förväntad spårväg. Allt detta, tillsammans med den ca 500 m långa tunneln under västra delen av S. Sandby gör att detta alternativ riskerar att bli betydligt dyrare. Samtidigt blir resandeunderlaget större och för resenärer med målpunkter i NÖ Lund krävs inga byten. För resenärer till Malmö krävs emellertid ett byte för att ta sig till Lund C och där ytterligare ett byte. Slutsatsen blir att man blir tvungen att spela ut Lundaresenärerna mot Malmöresenärerna. Då restiden till Malmö sannolikt blir betydligt längre med Lund/Ideon-lösningen, än med ett snabbt byte till Öresundståg i Eslöv och denna lösning både är enklare och sannolikt billigare, väljer författaren att studera Eslöv-lösningen.

6.1.2 Beskrivning av valt stråk

Det studerade stråket följer till största delen den gamla järnvägens sträckning. Denna var som följer: Kristianstad – Vä/Öllsjö – Ovesholm – Tollarp – Linderöd – Hörby – Kungshult – Eslöv, med mellanstationer. Delar av sträckan är banvallen uppriven och ersatt med bilväg. I vissa av orterna har bebyggelse uppförts i banvallens gamla sträckning. Detta gäller i synnerhet Hörby och Snogeröd, men även Tollarp och Kristianstad. För en översikt av den föreslagna banan, se *Figur 6-5* nedan.

Särskilt i Kristianstad blir dragningen annorlunda. Det är relativt svårt att nå centralstationen, varför här en dragning norr om Långebro förordas. Hur denna är tänkt att gå framgår av *Figur 6-6* nedan. Även i Hörby krävs en ny dragning, vilken sker norr om samhället. I Snogeröd dras, även där, banan norr om samhället.

⁶⁹ Ytterligare en lösning skulle kunna tänkas, nämligen att ansluta till Södra Stambanan norr om Lund, via sidospåret vid Stångby. Detta skulle emellertid innebära att gummihjulstågen körde en lång sträcka på Södra Stambanan, vilket riskerar att vålla kapacitetsproblem.



Figur 6-5 Föreslagen sträckning för den studerade banan. Ungefärlig sträckning och korridor för ny E22 är också markerad. Mörkgråa cirklar visar ungefärligt upptagningsområde för stationer medan ljusgråa cirklar visar upptagningsområde för möjliga hållplatser. Bild: Efter Geodata, © Lantmäteriet i2014/00579 (2015), källa för E22: Trafikverket (2015b) och Trafikverket (2015c)

Den nya banan blir omkring 68 300 m lång. Omkring 23 000 m av dessa går utanför befintlig gammal banvall. 1 900 m gränslar järnvägsspår.

Sträckan har två järnvägsanslutande stationer, 8 mötesstationer (varav 7 med resandeutbyte för regionala tåg) och 9 hållplatser (varav en med mötesmöjlighet (Satsrup)). Hållplatserna räknas inte in i den följande analysen (förutom mötesstationen i Satsrup).

Banan har 20 plankorsningar (med uppfällbara kantstöd), 5 korta, öppna plankorsningar (huvudsakligen i samhällen, plattformsovergångar ej inräknade), 9 planskildheter med bro (varav 7 med ramper), 12 planskildheter där vägen går under banan och 13 mindre vägportar under banan. 26 vägar (huvudsakligen småvägar) och utfarter stängs.



Figur 6-6 Infart till Kristianstad. Bild: Efter Geodata, © Lantmäteriet i2014/00579 (2015)

6.2 Kostnadskalkyl

Här följer en förenklad kostnadskalkyl. Beräkningarna redovisas separat i Bilaga 5.

Tabell 6-1 Förenklad kostnadskalkyl för gummihjulstågbanan mellan Kristianstad och Eslöv. Källor: Efter (Jargenius, 2014) (Thorsén, et al., 2014) (Trafikverket, 2011) (Corshammar, 2014, s. 36) (SWECO, 2015) (Collin, 2004) (Trivector Traffic, 2010) Kommentar: *Totalkostnaden innefattar i vissa fall även kostnaden för arbete, vilken antas vara lika stor som byggkostnaden. I kostnaden för plankorsningarna är även projektadministration etc. inräknade. ES/DS = enkelspår/dubbelspår.

	Enhet	Antal	å-pris medel	Totalkostnad*
Bana på banvall	m	43 283	16 100 kr	723 356 900 kr
Bana utanför banvall	m	22 961	20 700 kr	461 092 500 kr
Bana som gränslar spår	M	1 949	40 000 kr	77 960 000 kr
Planskildheter bro liten ES	st.	12	1 012 496 kr	24 299 912 kr
Planskildheter bro stor ES	per m	680	120 767 kr	164 288 000 kr
Planskildheter bro DS	st.	2	1 840 921 kr	7 363 684 kr
Vägport	st.	13	786 388 kr	20 446 082 kr
GC-tunnel	st.	2	560 279 kr	2 241 117 kr
Ersättningsväg grus	per m	580	1 750 kr	2 030 000 kr
Ersättningsväg asfalt	per m	2 241	2 967 kr	13 296 600 kr
Stängning av väg liten	st.	14	7 917 kr	221 667 kr
Stängning av väg	st.	8	15 333 kr	245 333 kr
Inlösen av hus	st.	2	2 833 333 kr	11 333 333 kr
Bullerskydd	per m	3 860	9 000 kr	69 480 000 kr
Markkostnad ej planlagd	m ²	251 405	52 kr	12 989 258 kr
Planlagd mark	m ²	89 374	1 133 kr	96 879 997 kr
Vägvalsväxel	st.	1	12 333 333 kr	12 333 333 kr
Stationer	st.	10	18 746 540 kr	187 465 400 kr
Stationsväxel	st.	12	2 000 000 kr	24 000 000 kr
Plankorsning	st.	20	1 950 000 kr	39 000 000 kr
Öppen plankorsning	st.	7	831 833 kr	5 822 833 kr
Elsystem	m	69 597	5 592 kr	389 163 225 kr
Signalsystem	m	69 597	3 250 kr	226 190 250 kr
Gångfålla	st.	8	150 000 kr	1 200 000 kr
Pendlarparkering	st.	7	700 000 kr	9 800 000 kr
Cykelparkering och möblering	st.	10	226 667 kr	4 533 333 kr
Biljettautomat	st.	8	200 000 kr	1 600 000 kr
Totalt				2 580 717 959 kr
Projektadministration och projektering		10 %		253 589 512 kr
TOTALSUMMA				~2,83 mdr kr
Motsvarande kostnad för järnväg	m	68 853	74 000 kr	~5,1 mdr kr
Gummihjulstågssystemets relativa kostnad mot järnvägen			55 %	

Beräkningarna utgår från flera olika schablonvärden, samt från författarens tidigare arbeten i kursen Planerings- och projekteringsmetodik (VTVB80) vid LTH. De värden som använts tidigare i denna rapport har dessutom använts. Då ovanstående kalkyl emellertid utgår från å-priser på en min-trolig-max skala, måste de tidigare uppskattade värdena tilldelas ett någorlunda troligt spann. Vanligen har författaren använt -20 % - + 30 %, men vissa poster har

behandlats annorlunda. Det skall tilläggas att framförallt kostnaderna för planskildheter och bullerskydd är mycket osäkra. Jämfört med en lika lång enkelspårig järnväg (som här beräknas med hjälp av ett schablonvärde på 74 000 kr/spm) blir kostnaden 55 %. Spannet mellan min. och max. kostnad varierar mellan ca 2,23 mdr kr till 3,46 mdr kr. Den sannolika, sammanvägda kostnaden blir omkr. 2,8 mdr kr. Detta ger därmed ett spann på ca -20,4 % till + 23,6 %.

Med samma kostnadsspann skulle motsvarande järnväg kosta mellan 4,1 – 6,4 mdr kr.

6.3 Beräkning av restidsvinster

För att förenkla beräkningen av restiden bortses här från ev. begränsningar p.g.a. tidtabeller.

Tillvägagångssättet i beräkningarna är som följer:

- 1) Möjlig högsta hastighet för varje banelement beräknas. Även en rekommenderad hastighet beräknas för varje element ($1,3^2=1,69$ ggr lägre än högsta hastighet). Dessutom beräknas en teoretisk hastighet (här kallad V_t) på $1,3V_{rek}$ för cirkulärkurvorna. Där så är rimligt följs V_{rek} eller V_t , dock inte alltid. V_{max} överskrids naturligtvis aldrig. Anledningen till att författaren väljer att beräkna en teoretisk hastighet, V_t , är att banan går på en gammal banvall med många relativt snäva kurvor. För att få acceptabla hastigheter krävs därför att V_{rek} överskrids. Detta bedömer författaren dock inte vara något större problem, då några större hastighetshöjningar inte är att vänta.
- 2) Hastighetsbegränsningar p.g.a. yttre omständigheter (t.ex. plankorsningar eller att banan går inne i ett samhälle) bestäms där detta är tillämpligt.
- 3) Linjen delas in i olika delsträckor med konstant hastighet. Se *Bilaga 6 – Beskrivning*.
- 4) Tiden det tar att accelerera/bromsa in mellan alla hastigheter mellan 0-140 km/h i intervall om 5 km/h beräknas i en matris. Accelerationen sätts till $\pm 1,1 \text{ m/s}^2$. Se *Bilaga 6 – Tider*.
- 5) Sträckorna som genomlöps för att ändra hastigheten beräknas genom att först beräkna sträckan för själva accelerationen och därefter addera de genomlöpta sträckorna p.g.a. den ursprungliga hastigheten. Avstånden som tillryggaläggs för att ändra hastighet redovisas i *Bilaga 6 – Accelerations-/retardations-avstånd*.
- 6) Tiden det tar att genomlöpa varje delsträcka beräknas genom att från dess längd subtrahera accelerations- och retardationssträckorna från varje delsträcka (samt slå ihop delsträckor som är för korta) och dividera resten med delsträckans STH. Till denna tid läggs sedan accelerations- och retardationstiderna samt ev. stopptid.

- 7) Dessa tider ackumuleras sedan, varigenom den totala gångtiden erhålls. Se *Bilaga 6 – Gångtidsberäkning*.
- 8) Därefter viktas restiderna, både de befintliga för kollektivtrafik och för bilar, liksom gummihjulstågens restider. Ett byte ger ett tidstillägg på 5 minuter och bytestiden värderas dubbelt. (Wretstrand & Björklund, 2015) För bilresor gäller att tid för parkering läggs på. I de flesta orterna ges ett tillägg på 1 minut, medan Kristianstad, Eslöv och Ramlösa (vid byte) ges 1,5 minuter. Lund och Helsingborg ges 4 minuter och Malmö 5,5 minuter då de är större orter där det, i ökande grad, kan vara svårt att hitta parkering. I Eslöv, Kristianstad, Malmö, Lund och Helsingborg ges dessutom ett påslag på 3 minuter för köp av parkeringsbiljett. Detta påslag väljer författaren att vikta dubbelt, alltså 6 minuter då det är en sorts väntetid liksom vid byten. Se *Bilaga 6 – Restider*.
- 9) Slutligen beräknas de viktade restidsvinsterna (liksom de oviktade). Oviktat erhålls restidsvinster på knappt 16 minuter för både Kristianstad-Lund och Kristianstad-Malmö (jfr med buss), medan de viktade vinsterna för dessa sträckor blir ca 15 resp. 8 minuter. Även gentemot bilen står sig systemet bra. I oviktade restidsvinster skiljer bara 4-5 minuter mellan bil och gummihjulståg. Viktat blir skillnaden 9-10 minuter p.g.a. bytet i Eslöv.

Tabell 6-2 Oviktade (viktade) restider med gummihjulstågen (minuter)

Restider för utvalda relationer	Öllsjö/Vä	Tollarp	Linderöd	Hörby	Eslöv	Lund	Malmö
Kristianstad	7	19	28	41	59	73 (81)	85 (93)
Öllsjö/Vä	-	12	21	34	52	67 (75)	79 (87)
Tollarp		-	9	22	40	55 (63)	67 (75)
Linderöd			-	13	31	46 (54)	58 (66)
Hörby				-	18	32 (40)	44 (52)
Eslöv					-	12	24
Lund						-	10

Med viktade restider (enligt ovan) fås följande restidsvinster gentemot dagens busstrafik (även denna viktad på samma sätt). Mellan Eslöv och Lund/Malmö blir restiderna naturligtvis desamma.

Tabell 6-3 Oviktade (viktade) restidsvinster för utvalda relationer (minuter).

Källa för befintliga restider: (Skånetrafiken, 2015a)

Oviktade (viktade) restidsvinster	Öllsjö/Vä	Tollarp	Linderöd	Hörby	Eslöv	Lund	Malmö
Kristianstad	3,5 (3,5)	3,4 (3,4)	6,4 (6,4)	7,3 (7,3)	29,3 (40,3)	15,8 (14,8)	15,8 (7,8)
Öllsjö/Vä	-	25,9 (35,9)	36,4 (46,4)	28,8 (38,8)	53,8 (76,8)	37,8 (47,8)	40,8 (42,8)
Tollarp		-	2,1 (2,1)	1,9 (1,9)	26,0 (37,0)	12,0 (12,0)	11,5 (3,5)
Linderöd			-	-0,1 (-0,1)	22,4 (33,4)	8,9 (8,9)	9,4 (1,4)
Hörby				-	15,5 (15,5)	6,0 (-2,0)	9,5 (1,5)

Några kommentarer till *Tabell 6-3* ovan kan behövas. Mellan Linderöd och Hörby, samt mellan Hörby och Lund anges negativa restidsvinster. Resan tar alltså *längre* tid här än med bussen. I fallet Linderöd är skillnaden försumbar, medan den i fallet Hörby-Lund är större. Orsaken till detta torde ligga i det faktum att Hörby har en relativt snabb direktbuss (SkåneExpressen 2) till centrala Lund. Sett enbart till restiden är gummihjulstågen, i kombination med tåg från Eslöv, 6 minuter snabbare. Här är det alltså själva bytet som orsakar restidsförlusten.

Även om den viktade restiden med gummihjulstågen är ”längre”, kommer resandet sannolikt öka även på dessa sträckor. Orsaken till detta står att finna i den ”spårfaktor” som omtalats i avsnitt 2.5.2. Även om gummihjulstågen inte har stålräls, har de likväl ett spår, och är komfortmässigt mycket lika vanliga tåg. Författaren väljer att räkna med en spårfaktor på 74 % av den spårfaktor som normalt antas vid stålräls (se avsnitt 4.2.2 där gummihjulstågen uppskattas ha en ”järnvägslikhet” på ”74 %”). Då den vanliga spårfaktorn är 20 % (Bengtsson & Strömberg, 2012), innebär detta att författaren räknar med en spårfaktor på 14,8 %. För att vara på den säkra sidan avrundas denna siffra nedåt till 14 %. Antaget att denna spårfaktor faktiskt inträder, skulle resandet kunna öka såsom följer av nedanstående tabell:

Tabell 6-4 Resandeökning p.g.a. av tidsvinster och spårfaktor (14 %)

Förändringsfaktor från nuvarande trafik till gummihjulståg	Öllsjö/Vä	Tollarp	Linderöd	Hörby	Eslöv	Lund	Malmö
Kristianstad	+30 %	+21 %	+23 %	+21 %	+33 %	+21 %	+18 %
Öllsjö/Vä	-	+48 %	+45 %	+38 %	+41 %	+32 %	+29 %
Tollarp		-	+23 %	+18 %	+36 %	+21 %	+16 %
Linderöd			-	+14 %	+38 %	+20 %	+15 %
Hörby				-	+35 %	+12 %	+15 %

Med spårfaktor menas här alltså en extra ökning av antalet resande som beror på spåret. Det rör sig här om många samverkande fenomen, och begreppet är relativt ”luddigt”. Möjligheten att effektivare utnyttja restiden p.g.a. högre komfort borde alltså kunna räknas in här. Bengtsson & Strömberg (2012, s. 31) definierar spårfaktorn så här:

Spårfaktorn enligt oss är det ökade resandet som inträffar när ny spårväg ersätter busstrafik. En förutsättning är att det finns en god planering och en bra strategi samt att mjuka faktorer tas i beaktning. Det leder till att förtroendet för spårvägen, och resandet, ökar. För att spårfaktorn lättare ska kunna påvisas bör resan vara minst 40 minuter.

Det sista stycket är av särskilt stort intresse i detta sammanhang. Resornas längd är sådana att en spårfaktor skulle kunna påvisas.

Tabell 6-5 Viktade restidsbesparingar gentemot bilen. Källa för bilens restider: (Trafiken.nu, 2015)

Viktade restidsvinster för utvalda relationer i jämförelse med bil	Öllsjö/Vä	Tollarp	Linderöd	Hörby	Eslöv	Lund	Malmö
Kristianstad	3,5 (35 %)	1,4 (7 %)	0,4 (2 %)	-0,7 (-2 %)	6,8 (10 %)	-9,2 (-13 %)	-9,7 (-12 %)
Öllsjö/Vä	-	4,9 (29 %)	4,9 (19 %)	2,8 (8 %)	10,3 (17 %)	-5,7 (-8 %)	-6,2 (-8 %)
Tollarp		-	5,1 (36 %)	2,9 (12 %)	11,5 (22 %)	-5,5 (-10 %)	-5,0 (-7 %)
Linderöd			-	2,9 (18 %)	10,4 (25 %)	-5,6 (-12 %)	-6,1 (-10 %)
Hörby				-	15,5 (46 %)	-1,5 (-4 %)	-1,0 (-2 %)

På flera delsträckor går det alltså fortare att ta gummihjulståget än bilen. En stor del av restidsvinsterna (och minskade förluster) beror emellertid på att resenärerna åker tåg mellan Eslöv och Lund/Malmö. Detta är emellertid tanken; gummihjulstågen ska möjliggöra för människor längs sträckan att kunna dra nytta av järnvägens tidsvinster.

Även i de fall bilen tar kortare tid, är restidskvoterna mycket goda. Skånetrafikens koncept med regionala superbussar har som mål att bussen högst får ta 20 % längre tid än bilen (Trivector Traffic, 2014a), vilket gummihjulstågen med råge uppfyller.

6.3.1 Jämförelsealternativ

Det finns i princip tre aktuella jämförelsealternativ till att införa gummihjulståg på sträckan. Dessa är: Nollalternativet – ingen förändring mot dagens trafik görs. Regional superbuss – det koncept som Skånetrafiken planerar (se kapitel 2.3) samt att anlägga en järnväg på sträckan. (Spårväg har inte varit aktuellt på sträckan).

6.3.1.1 Nollalternativet

Nollalternativet innebär att inga åtgärder vidtas. Trafiken fortgår i nuvarande form. Detta innebär att:

- Trafiken längs E22:an sker med konventionella bussar i form av produkten SkåneExpressen linje 1 (Kristianstad-Malmö via Hörby och Lund E22) och linje 2 (Hörby-Lund C).
 - SkE 1 kör i timmestrafik i lågtrafik och halvtimmestrafik i högtrafik (kvartstrafik någon timme per dygn), 33-35 dubbelturer per vardagsdygn. Lördagar går 21 dubbelturer (minst timmestrafik och ofta halvtimmestrafik), medan trafiken på söndagar reduceras till timmestrafik (14 dubbelturer per dygn).
 - SkE 2 kör med halvtimmestrafik en stor del av dagen (35-37 dubbelturer per vardagsdygn), och annars med timmestrafik (17 dubbelturer på lördagar och 13 på söndagar). I högtrafik körs 10-

minuterstrafik, medan linjen trafikeras med timmestrafik på helgerna.

- Som följd av detta är trafikutbudet betydligt högre söder om Hörby. Detta avspeglar sig även i antalet resande: Mellan Kristianstad och Hörby sker ca 1 000 resor/dygn (om än ojämnt fördelat, med betydligt färre resande efter Tollarp). Söder om Hörby är antalet resande ca 2 000 fram till Lund, för att sedan sjunka till ca 1 100. Totala antalet påstigande på båda linjer tillsammans var år 2013 omkr. 990 000, (2/3 på SkE 1 och 1/3 på SkE 2).
- Arbetspendlingen med bil ligger i samma storleksordning. (Trivector Traffic, 2014b)
- Restiden mellan Kristianstad – Malmö C är 101 minuter; Kristianstad – Hörby (busstation) är 48 minuter och Hörby (busstation) – Lund C 39 minuter. Hörby – Malmö C tar 53 minuter. Kristianstad – Lund C kräver byte och viktad restid blir därmed 96 minuter (oviktat 89 minuter). (Efter Skånetrafiken (2015a)).
- Trafiken mellan Hörby och Eslöv sker med regionbuss 474. Resan tar 33-34 minuter. I högtrafik går bussarna i halvtimmestrafik, medan de i lågtrafik enbart kör i timmestrafik (på förmiddagarna varannantimmestrafik). Trafiktiderna är relativt korta och sista bussen från Hörby går 18:37, (19:49 från Eslöv). Linjen kör enbart vardagar och kör 18 turer från Hörby och 16 från Eslöv per vardagsdygn. (Skånetrafiken, 2014b)
- Mellan Kristianstad/Hörby och Lund är kostnadstäckningsgraden ca 30-60 %, mellan Lund och Malmö ca 60-90 % och mellan Hörby och Eslöv < 30 %. (Region Skåne, 2015)
- Problemet med åkkomfort, väggeometri i städerna och långa restider kommer att kvarstå med nollalternativet. Även problem med låg punktlighet (standardavvikelse på 5-6 minuter, ca 80 % inom 3 minuter från utsatt tid) kvarstår. (Trivector Traffic, 2014b)

6.3.1.2 Regional Superbuss

Detta alternativ kommer att införas inom en relativt nära framtid. Konceptet har redan beskrivits i kapitel 2.3, varför en närmare presentation inte görs här. Istället lyfts några av konsekvenserna fram:

- Gällande infrastrukturen är investeringarna förhållandevis blygsamma då bussarna använder befintlig infrastruktur.
- Hållplatsen i Spångarp dras sannolikt in, medan en ny hållplats i Gårdstånga och ev. Lund Brunns hög anläggs.
- I Lund byggs cirkulationsplatser om och signalprioritering införs.

- Ett mindre antal små cirkulationsplatser ersätts med vanliga korsningar och en cirkulationsplats ges rak genomkörning för bussarna (Hörby).
- I Ekeröd ersätts cirkulationsplatserna med vanliga korsningar.
- I Kristianstad ges två cirkulationsplatser rak genomfart.
- Restidsvinsten mellan Kristianstad – Lund beräknas till 7 minuter, varav 3 minuter beror på införande av påstigning i samtliga dörrar. Även punktligheten bedöms förbättras kraftigt.
- Viss förbättring av åkkomforten åstadkoms, liksom viss höjning av bussarnas status.
- Kostnaden för infrastrukturen uppskattas till ca 57 miljoner kr (exkl. åtgärder för bättre gång- och cykelanslutningar). Därtill kommer övriga kostnader, inte minst för fordon. Åtgärderna visar negativ samhällsnytta (nettonytta), undantaget i Lund och Kristianstad, där flera busslinjer gynnas av åtgärderna. Trivector påpekar emellertid att det inte är fråga om en komplett samhällsekonomisk analys, samt att man inte bör se åtgärderna isolerat, utan se till det totala resultatet för hela stråket. (Trivector Traffic, 2014b)
- Författaren anser att även om komforten ökar, kvarstår dock på- och avfarterna till E22:an, med tillhörande trafikplatser, vilka knappast kan anses vara bekväma nog för att accepteras för ett superbusskoncept. Likaså kvarstår snäva kurvor inne i städerna samt komfortproblem som beror på körbanans beläggning.
- Restidsvinsterna blir relativt små, och författaren befarar att punktligheten kan bli lidande då bussarna går i blandtrafik och kan ”fastna” bakom långsamtgående fordon på de sträckor där de inte kör på motorväg.

6.3.1.3 Järnväg

Som redan nämnts finns det/har det funnits planer på en ny järnväg mellan Kristianstad och Lund. Denna går under namnet ”*Diagonalen*” och ligger för närvarande mer eller mindre på is. Järnvägen skulle vara enkelspårig med en dimensionerad hastighet på 250 km/h och knyta samman Kristianstad, Hörby och Lund (Ideon), för att sedan ansluta till Malmö. (Diagonalen, 2009) Banverket gjorde år 2005 en idéstudie, där man kom fram till att banan var samhällsekonomiskt olönsam (Helsingborgs Dagblad, 2005). Banan beräknades kosta ca 3,2 mdr kr (8 mil à 0,4 mdr kr/mil) (Järnvägsfrämjandet, 2008) och förkorta restiden mellan Kristianstad och Malmö till 45 minuter (STH upp till 230 km/h). Nettonuvärdeskvoten skall ha blivit -0,33 med en anläggningskostnad på 2,1 mdr kr. (Sandin, 2005) Att banan inte bedömdes som samhällsekonomiskt lönsam, innebär dock inte, per automatik, att den aldrig kommer att byggas. Den har emellertid ingen hög prioritet (Sydsvenskan, 2005). En kostnad på 40 000 kr/spm är emellertid inte möjlig idag, då kostnadsläget i branschen ökat mycket kraftigt det senaste årtiondet. I

dagsläget skulle en 80 km lång bana snarare kosta omkr. 5,9 mdr kr (74 000 kr/spm). (Corshammar, 2014, s. 36)

Restiden skulle med *Diagonalen* förkortas med 56 minuter mellan Kristianstad och Malmö (jämfört med bussen), och med 17 minuter jämfört med tåget (Skånetrafiken, 2015a). Dock skulle busstrafiken längs E22:an behöva fortgå eftersom tåget enbart skulle stanna i Hörby på vägen till Lund. Orter som Vä/Öllsjö, Tollarp, Linderöd och Hurva m.fl. skulle inte få någon *direkt* nytta av *Diagonalen* utan vara beroende av fortsatt busstrafik, åtminstone till Hörby.

Författaren drar av detta slutsatsen att även om en ny järnväg för snabbtåg skulle innebära stora restidsförkortningar för invånarna i Kristianstad och Hörby, skulle det krävas en mindre rak dragning, med pågatågsstationer även i mindre orter, för att kunna slopa busstrafiken. Därmed skulle restiden förlängas, även om resandeunderlaget ökar.

6.3.2 Samhällsekonomisk kalkyl

Då en fullständig samhällsekonomisk analys ligger utanför ramarna för denna rapport, genomförs här en starkt förenklad analys.⁷⁰

6.3.2.1 Antaganden och förutsättningar

Antalet resor på olika delsträckor av SkåneExpressen 1 och 2 tas som utgångspunkt. Dessa multipliceras med en kombinerad förändringsfaktor, vilken beräknas för de olika reserelationerna med hjälp av restidselasticitet ($\epsilon = -0,4$), spårfaktorn (14 %) (se ovan) och resandeökning p.g.a. ökad turtäthet ($\epsilon = 0,125$) (efter (Wretstrand & Björklund, 2015)). Sträckor som redan har järnväg idag tillräknas ingen extra spårfaktor.

Därefter görs en uppskattning av kostnaden för dagens busstrafik med SkåneExpressen 1, 2 och regionbuss linje 474 (till Eslöv). Först uppskattas fordonsbehovet. Därtill läggs några fordon som reserv. Kostnaden för däck beräknas genom att anta ett schablonvärde för däckens livslängd på 50 000 km. Totala antalet km per år beräknas, varefter antalet däckbyten per år beräknas. Däckens pris antas vara 6 000 kr/st. (efter Continental (2014)). Kostnaden för däcken beräknas därefter. Vidare uppskattas bränslekostnaden genom att fordonen antas dra 3,1 l/mil, och att bränslet kostar 14 kr/l. Personalkostnaden uppskattas genom att fordonsbehovet för vardagar, lördagar och sön-/helgdagar beräknas, varefter varje fordon antas kräva tre tjänster (Wretstrand & Björklund, 2015). Lönekostnaderna baserar sig på ett antagande om 364 kr/h inkl. skatter och arbetsgivaravgifter, samt 8 h arbetsdag. Lördagar och söndagar/helgdagar sker ett lönepåslag. Även kostnaderna för underhåll uppskattas (mycket schablonartat) enligt följande: Ett totalkostnadspris på 30 kr/mil för personbilar (efter (Trafiken.nu, 2015))

⁷⁰ Denna sker med vägledning av (Trafikverket, 2012d) enligt klassisk modell (utan budgeteffekter). I kalkylen i denna rapport bortses från skatteffekter. Trafikolyckor värderas heller inte.

tas som utgångspunkt. Bilarna antas dra 0,7 l/mil, och således blir bränslekostnaden per mil $14/(1/0,7) = 9,8$ kr/mil. Övriga 20,2 kr antas då vara kostnader som har med underhåll att göra. Vidare görs ett förenklat antagande att underhållskostnaden står i proportion till antalet axlar (antalet rörliga delar), vilket för en buss sätts till 3. Km-kostnaden för underhåll antas alltså vara $3/2 \times 20,2/10 = 3,03$ kr/km. Detta värde multipliceras med totala antalet km under ett år. Slutligen summeras samtliga kostnader till ca 73 miljoner kr/år.

Totala antalet bussar som krävs (inkl. reservbussar) summeras till 31 st. à 3 milj. kr.

Sammas sak görs för gummihjulstågen, med förutsättningarna att varje tåg har 8 axlar, kostar 40 miljoner kr och att de kostar $(8/2) \times 20,2/10 = 8,08$ kr/km i underhåll. Däcken antas vara något dyrare (7 000 kr/st.). Då tågen är eldrivna antas ett storförbrukaravtal (40 öre/kW), varefter elförbrukningen beräknas enligt värden från avsnitt 3.3.1. Personalbehovet beräknas på samma sätt som ovan, fast med dubbel bemanning. Driftskostnaden uppskattas till 111 miljoner kr/år, exkl. trafikledning.

Därefter ställs en nettonuvärdeskvotsberäkning upp⁷¹. Detta sker enligt följande:

Startår för byggandet sätts till 2022. Byggnationen antas ta tre år. För 2013 används de siffror på antalet resande som redovisats ovan i (Trivector Traffic, 2014b) (ca 2 000 resor per dygn). Till dessa adderas antalet resenärer på linje 474, vilket uppskattas till ca 400 per dygn. Därefter utgår författaren dels från Skånetrafikens *Tågstrategi 2037* (Skånetrafiken; Region Skåne, 2008), dels från *Trafikförsörjningsprogram för Skåne 2015* (Region Skåne, 2014c). 2030 skall kollektivtrafikens andel vara minst 40 % (2006 var den 20 %). 2006 gjordes 112 miljoner resor, 2013 152 miljoner och 2020 skall det göras minst 224 miljoner resor. (Region Skåne, 2014c) Vidare har Skånetrafiken som mål att antalet resor med kollektivtrafiken skall vara 500 miljoner år 2037 (Skånetrafiken; Region Skåne, 2008). Utifrån dessa siffror beräknar författaren totala antalet resor för år 2006, samt antalet icke-kollektiva resor (bil). År 2012 var kollektivtrafikens marknadsandel ca 24 % (Region Skåne, 2014c), vilket även beräkningarna visar. Denna utveckling antas fortsätta fram till 2025. Mellan år 2013 och 2020 antas biltrafiken öka med 1,5 % per år. Därefter antas att bilismen börjar minska. ”Peak car” i Sverige antas här infalla år 2025. Biltrafiken antas därefter minska med 0,7 % per år de första tre åren, 3,21 % per år de följande 3 åren, 3,71 % per år de följande nästa 8 åren. Därefter antas minskningen avta till 0,7 % per år fram till 2055, för att därefter minska med 0,2 % per år fram till 2062. Anledningen till de något

⁷¹ Förutom (Trafikverket, 2012d) tas även hjälp av (Hiselius, 2014)

udda procenttalen är att de skrivits upp med 3 % p.g.a. antagen befolkningsökning.

Av de som slutar köra bil antas hälften byta till kollektivtrafik och hälften börja gå eller cykla. De som byter till kollektivtrafiken adderas till det beräknade antalet kollektivtrafikresenärer. Således blir andelen kollektivtrafikresenärer år 2030 41 %, vilket ligger nära målet. År 2037 blir antalet 460,5 miljoner, något under Skånetrafikens mål på 500 miljoner i Tågstrategi 2037. Enligt modellen som antas i denna rapport antas bilismen ha minskat med ca 30 % fram till 2050, vilket författaren anser vara ett rimligt antagande med hänsyn till stigande oljepriser och ökat klimatmedvetande i den politiska planeringen samt ändrade resvanor i övrigt. Ökningen av kollektivtrafikresorna antas alltså vara 4,46 % per år mellan 2006 – 2013, 6,68 % per år mellan 2014 - 2020, varefter ökningen dämpas något till 3 % per år fram till 2030. Mellan 2031-2037 antas ökningen vara 3,5 % per år (bl.a. som följd av ny infrastruktur).

Efter 2037 antas att ökningen mattas av; mellan 2038-2045 antas en årlig ökning på 2,5 %, varefter ökningen mattas av än mer, 2 % per år mellan 2046-2055 och 1,5 % per år mellan 2056-2062. Kalkylperioden sätts alltså till 40 år (2022 – 2062).

De procentuella ändringstalen för den aggregerade nivån antas därefter gälla även för det specifika fallet som här studeras. Antalet befintliga resenärer vid trafikstart 2025 beräknas därmed till 4 375 per vardagsdygn.

Dessa prognosticerade resandetal multipliceras därefter med förändringsfaktorn 1,36 för gummihjulstågen. Utöver dessa tillkommer vissa resenärer p.g.a. restidsvinster gentemot bilen samt spårfaktorn. Dessa utelämnas ur kalkylen p.g.a. osäkerheter angående hur många som väljer att byta färdmedel. I en mer omfattande kalkyl borde dessa inräknas, samtidigt som dubbelräkningar måste undvikas. Nyttan beräknas sedan som tidsvärdet 59,84 kr/h (viktat medelvärde av buss och tåg från ASEK 5.2 (Trafikverket, 2015d) fördelat på fordonsslag och ärende enligt (HMSkåne (Region Skåne), 2014)) och viktat med gummihjulstågens ”järnvägslikhet”, d.v.s. 26 % av beloppet tas från bussens tidsvärden och 74 % av beloppet tas från tågens tidsvärde) multiplicerat med restidsbesparingen och 330 dagar. Till detta läggs de nytillkomna resenärernas nytta. Denna sätts till halva nyttan, enligt den s.k. *Rule of Half*. (Hiselius, 2014) Även nyttan av minskade externa kostnader läggs till. Dessa värderas schablonmässigt utifrån koldioxidskatten till 0,4 kr/km.

Även nyttan med minskade kostnader för drift av bilarna räknas in. Driftskostnaden antas vara 30 kr/mil (Trafiken.nu, 2015). Författaren antar vidare att av dem som byter från bil till gummihjulståg i medeltal kör halva sträckan Kristianstad – Malmö, d.v.s. hälften av 97 km (så att totala sträckan per dygn blir 97 km). Vidare antas att det går 1,27 personer per bil. Varje

person skulle således tjäna 35 431 kr/år på att byta till kollektivtrafik (förutsatt att periodkortet kostar 1195 kr (Skånetrafiken, 2015b)).

Även vinsten med färre antal dödade i trafiken räknas in. Denna utgår från ett schablonvärde på 5,9 dödade per miljard fordonskm. (ITRAD i (Hydén, 2008)). Värdet av ett statistiskt liv sätts till 22 miljoner kr (Olofsson, 2014). Slutligen diskonteras alla nyttor med diskonteringsräntan, vilken sätts till 3,5 %.

Kostnaderna behandlas enligt följande: Investeringskostnaden för banan fördelas över de tre åren enligt ASEK 5.2 (Trafikverket, 2015f). Efter 30 år antas att en stor reinvestering i anläggningen görs, 75 % av anläggningskostnaden antas här. Drift- och underhållskostnaden antas vara 55 % (motsvarande anläggningens kostnad relativt järnväg) av drift- och underhållskostnaden för järnväg (220 kr/spm) (Corshammar, 2014, s. 39), från vilket motsvarande kostnad för dagens trafik dras. Denna uppskattas till ca 75 000 kr/år (330 trafikdagar) och bygger på hur stor andel av vägslitaget som kan hänföras till bussarna. Detta uppskattas i sin tur genom förhållandet mellan axellast hos bussarna och bilarna. Samma sak görs för lastbilarna. När detta är gjort görs ett antagande att motorvägen kostar ca 4 000 kr/m att underhålla (10 % av 40 000 kr/m som antas vara anläggningskostnaden). Dessa 4 000 kr/m multipliceras med vägavståndet mellan Kristianstad och Malmö (97 km) och divideras med antalet fordon uttryckt i ”bilar” per år (de tunga fordonens slitage uttrycks alltså med ett ekvivalent antal bilar). Kvoten multipliceras med antalet bussar (uttryckt i ekvivalenta ”bilar”), vilket ger i storleksordningen 75 000 kr/år.⁷²

Året innan trafikstart (2024) köps 12 gummihjulståg in för en kostnad av 480 milj. kr. Var 10:e år görs en revision av tågen för 48 milj. kr. Efter 25 år köps 12 nya tåg in för att ersätta de gamla. Från fordonskostnaden dras kostnaden för inköp av bussarna av. Här antas att bussarnas livslängd är 10 år och att 15 köps in 2026 och 16 köps in 2031. Därefter köps nya bussar in vart 5:e år för att ersätta de 10 år gamla bussarna. Kostnadsskillnaden mellan gummihjulstågen och bussarna gällande drift och underhåll av fordonen samt personalkostnader läggs dessutom till. Samtliga investerings- och reinvesteringskostnader multipliceras med en skattefaktor på 1,3 (Hiselius, 2014). Alla nyttor resp. kostnader diskonteras för sig och summeras. Slutligen beräknas nettonuvärdeskvoten genom att de totala diskonterade kostnaderna subtraheras från de totala diskonterade nyttorna, varefter resten divideras med de totala diskonterade kostnaderna.

⁷² Detta resonemang bygger på ett flertal, relativt lösa, antaganden om antal fordon, andel lastbilar, axelvikter m.m. Genom att förändra dessa ingångsvärden kan andra tal uppnås. Ofta är de dock i storleksordningen 50 000 – 100 000 kr/år för bussarna.

6.3.2.2 Resultat

Nettonuvärdeskvoten (NNK) blir i detta fall starkt negativ, -0,619. Det innebär att investeringen, samhällsekonomiskt sett, är olönsam. En förenklad känslighetsanalys (worst case resp. best case) där kostnaden varierar mellan 2,23 mdr och 3,46 mdr kr, och resandeökningen ges en lägsta nivå på 3,5 % per år mellan 2014-2037, därefter 1,5 % per år, och en högsta nivå på 5,08 % per år 2014-2037 och därefter 3 % per år, ger (om lägsta pris och högsta resandeökning kombineras) en NNK på -0,44, medan det motsatta fallet (högsta pris och lägsta resandeökning) ger en NNK på -0,73. Sannolikt blir NNK:n alltså ca -0,62 (starkt olönsam). Det skall här tilläggas att alla nyttor och kostnader *inte* är medräknade. Antar man istället att antalet resande per dygn var 2 800 istället för 2 400 (år 2013) blir NNK = -0,556. Antas dessutom att restiden i medeltal endast förkortas 12 minuter (istället för 15) blir NNK = -0,591. Antas istället att restiden förkortas 17 minuter blir NNK = -0,532. Då osäkerheten gällande kostnaden är ca 25 % (se ovan) och osäkerheten gällande antalet resande är ca 20 % samtidigt som osäkerheten kring restidsförkortningarna är stor (uppskattningsvis omkr. 65 %) borde nettonuvärdeskvoten i gynnsamma fall kunna bli ca -0,3. I ogynnsamma fall skulle den kunna bli ca -0,7.

En jämförelse med järnväg på samma sträcka har även gjorts. Här förutsätts att dagens busstrafik måste fortgå, då tågen inte stannar överallt. Antalet resenärer (ursprungliga) antas vara samma för gummihjulstågen, minus de resenärer som stiger av/på där tåget inte stannar, i detta fall 680 st. plus de som tillkommer från tågen. De senare beräknas med hjälp av restidselasticitet utifrån ett ungefärligt värde på 6 500 på- och avstigningar på Kristianstad C (uppskattat efter bild hos Region Skåne/Strukturbild för Skåne (2014d)). Tågen antas kosta 55 miljoner kr/st. och det viktade tidsvärdet är 66,16 kr/h. Tidsbesparingarna utgår från Diagonalen, som förutsätter en restid på 45 min mellan Kristianstad och Malmö. Det motsvarar 56 min tidsvinst gentemot bussen och 17 minuter gentemot tåget (se ovan). Från Hörby blir tidsvinsten omkr. hälften (då Hörby ligger på omkring halva sträckan). För tidsvinsterna gentemot bussens del vägs dessa ihop med hänsyn till antalet invånare i Hörby resp. Kristianstad. Turutbudet antas öka med 25 %. NNK blir här -0,619, alltså samma som för gummihjulstågen.

Genom att öka antalet ursprungliga resenärer undersöks hur många resenärer som krävs för att investeringen skall ge NNK = 0. För gummihjulstågen krävs vid trafikstart ca 11 500 befintliga resenärer, medan järnvägen vid trafikstart kräver ca 12 000 befintliga resenärer.

6.4 Multikriterieanalys (MCA)

Den samhällsekonomiska kalkylen fångar inte upp alla sidor av investeringen utan fokuserar i princip helt på tidsvinsterna. Ett införande av gummihjulståg (eller kollektivtrafik i stort) medför emellertid fler konsekvenser än enbart

förändrad restid. Även partikelutsläpp, andra föroreningar, vägslitage, nedsmutsning, trängsel, bilköer, ineffektivt markutnyttjande, buller och folkhälsoeffekter samt omgivningspåverkan (intrång i värdefulla miljöer och barriäreffekter), trafikolyckor och beteendemönster påverkas. CBA:n tar inte hänsyn till många av dessa effekter. Därmed är inte enbart den samhällsekonomiska kalkylen tillräcklig för att avgöra vilken som är den för situationen bästa lösningen. (Trafikverket, 2012d)

Nedan görs en förenklad ansats till en multikriterieanalys för gummihjulstågen och jämförelsealternativen. Det bör tilläggas att valet av kriterier och viktningen av dessa innebär ett inslag av subjektivt ”tyckande”, varför MCA:n inte kan anses lika ”objektiv” som CBA:n. (Trafikverket, 2012d)

6.4.1 Valda kriterier

För multikriterieanalysen *väljer* författaren att ta med följande kriterier:

Buller, miljö, föroreningar, barriäreffekter, trafiksäkerhet, regionala förbättringar, bl.a. regionförstoring, jämställdhet, samhällsekonomi.

Dessa förses med ett index (-1,5 till +1,5) som skall beskriva, ungefärligt, i vilken grad gummihjulstågen påverkar, där -1,5 är starkt negativt, -1 är negativt, -0,5 är svagt negativt, +0,5 är svagt positivt, +1 är positivt och +1,5 är starkt positivt.

6.4.1.1 Kommentarer till kriterierna

- Bullerproblematiken utgår från dagens nivåer. P.g.a. en förväntad allmän trafikminskning fr.o.m. driftstartsåret bör bullernivåerna minska. Utöver detta bör gummihjulstågen minska bullerproblematiken. Samtidigt lär bullret öka något invid banan. Gummihjulstågen bedöms därmed påverka bullerproblematiken svagt positivt. (+0,5)
- Miljö – här avses intrång i värdefulla miljöer. Ett visst intrång kommer att uppstå genom byggnationen av banan. Banvallar som idag används för rekreation tas i anspråk (ibland ersätts dessa med parallella gång- och cykelvägar). Detta bidrar till en negativ påverkan. Järnväg bedöms medföra än större påverkan. Gummihjulstågen bedöms därmed påverka miljön svagt negativt. (-0,5)
- Föroreningar – Som med all kollektivtrafik innebär gummihjulstågen stora vinster för miljön, särskilt då de är eldrivna. Koldioxid, liksom andra föroreningar bedöms minska. Gummihjulstågen bedöms därmed påverka föroreningsproblematiken positivt. (+1)
- Barriäreffekter –Banan innebär, i likhet med en järnväg, betydande barriärer, dock något mindre än en järnväg p.g.a. fler plankorsningar. Samtidigt minskar trafiken på gator och vägar, vilket minskar barriäreffekterna av dessa. Detta bedöms dock inte helt uppväga de barriärer som banan skapar. Därmed bedöms gummihjulstågen bidra till ökade barriäreffekter på ett negativt sätt. (-1)

- Trafiksäkerheten kommer högst troligt förbättras, vilket redan delvis räknats in i CBA:n. De som dödas i trafiken utgör emellertid inte hela problematiken. Även skadade (från lätta skador till totalförslamning) bör bedömas. Därmed bedöms gummihjulstågen påverka trafiksäkerheten positivt, dock inte lika mycket som en järnväg. (+1)
- Regionala effekter, bl.a. regionförstoring – dessa effekter tas över huvud taget inte med i CBA:n, men är en av de stora anledningarna till att alls bygga ett system för gummihjulståg. Skåne är idag ”kluvet” i en västlig och en östlig del (se *Figur 6-1*). Gummihjulstågen förkortar kraftigt restiden till centrala Skåne, varifrån det är enkelt att resa längre sträckor med tåg. Därmed öppnas nya arbetsmarknader upp, och även nya intressanta pendlingsrelationer. Med nya satsningar, såsom det planerade införandet av Pågatåg på Marieholmsbanan (Trafikverket, 2015e), öppnas även möjligheten upp för arbetspendling till nordvästra Skåne från exempelvis Hörby. Mindre orter, såsom Tollarp, Linderöd och Öllsjö/Vä, borde bli mer attraktiva som pendlingsorter. För att återigen jämföra med en järnväg, skulle dock restidsvinsterna bli mindre. Sammantaget bedömer författaren dock att gummihjulstågen skulle påverka den regionala utvecklingen mycket positivt, inte minst lokalt. (+1,5)
- Jämställdhet – Här avses i första hand ekonomisk sådan. (Skillnader i trafikmönster mellan män och kvinnor är intressant, men bedöms i detta fall inte separat). För dem som inte har råd med bil innebär offentligt finansierade vägsatsningar ingen vinst. Kollektivtrafik kan däremot användas av flera, då man som resenär enbart betalar biljetten. Gummihjulstågen innebär att samhället satsar på ett färdmedel som kan användas av ”alla”, till skillnad från exempelvis motorvägar, och bedöms därmed bidra positivt till ekonomisk jämlikhet. (+1)
- Samhällsekonomisk kalkyl – Denna visade att en satsning på gummihjulståg skulle vara olönsam. Frågan blir då hur mycket detta skall väga relativt de andra kriterierna. Författaren betecknar här den ekonomiska aspekten enbart som ”negativ”, för att senare vikta de olika kriterierna. (-1,5)

6.4.2 Viktning av kriterierna

Att vikta de olika kriterierna inbördes innebär ett stort inslag av subjektivitet och måste därmed bedömas kritiskt. Nedan följer ett förslag till viktning:

- Buller tas som utgångspunkt och får vikten 1.
- Miljö (intrång och estetik) bedöms som 0,5 gånger så viktigt som buller.
- Föroreningar är ett stort samhällsproblem och bedöms här vara 3,5 gånger så viktigt som buller.
- Barriäreffekter är viktiga, men enbart lokalt. De bedöms som 1,5 gånger så viktiga som buller.

- Trafiksäkerheten bedöms som mycket viktig. Den viktas 4 gånger högre än buller.
- Regionala effekter är svåra att bedöma. De är trots det en stor anledning till att alls överväga ny infrastruktur av detta slag. De ges vikten 2,5.
- Jämställdhet värderas här lika högt som buller, 1.
- Den samhällsekonomiska lönsamheten är viktig, men både föroreningar och trafiksäkerhet är tillsammans långt viktigare. Ekonomin bedöms samtidigt vara viktigare än barriäreffekter och regionala effekter, och ges vikten 6.

Den totala viktsumman blir $1+0,5+3,5+1,5+4+2,5+1+6 = 20$. Uttryckt i procent fördelar sig viktningen enligt *Tabell 6-6* nedan.

Dessa procentsatser multipliceras därefter med indextalen och summeras. Om summan blir positiv talar detta för att projektet genomförs, blir den negativ talar det emot projektet.

6.4.3 Multikriterieanalys

Tabell 6-6 Multikriterieanalys för fallstudien

	Index	Vikt	Värdering
Buller	+0,5	5,0 %	0,0250
Miljö (intrång)	-0,5	2,5 %	-0,0125
Föroreningar	+1	17,5 %	0,1750
Barriäreffekter	-1	7,5 %	-0,0750
Trafiksäkerhet	+1	20,0 %	0,2000
Regionala effekter	+1,5	12,5 %	0,1875
Jämställdhet	+1	5,0 %	0,0500
Samhällsekonomi	-1,5	30,0 %	-0,4500
SUMMA	2,5	100,0 %	+0,1

MCA:n ger här ett svagt positivt resultat (+0,1). Med MCA:n i beaktan (där CBA:n värderas med 30 % och övriga faktorer med 70 %), finns det alltså, trots en ekonomisk olönsamhet, skäl till att anlägga denna bana då resultatet ovan blir positivt. Med valda vikter är utslaget dock inte helt övertygande; med andra vikter och noggrannare skattning av indextalen kan andra resultat nås.

6.5 Utvärdering av fallstudien

Gummihjulstågen sänker kraftigt restiden i stort sätt alla resanderelationer i stråket Kristianstad-Malmö/Lund. Särskilt orterna längs banvallen får mycket kraftigt förbättrade kommunikationer sinsemellan (inte minst i de lite mer ”udda” reserelationerna, t.ex. Ovesholm-Eslöv (106,3 min viktad restidsvinst). Samtidigt blir den upplevda (viktade) restiden längre på några sträckor, bl.a. den viktiga delsträckan Hörby-Lund (2,0 min längre viktad tid). Då den allmänna standarden på trafiken emellertid höjs, kommer sannolikt trafiken

öka även på dessa sträckor.⁷³ Ett problem kan dock vara stationsläget i Hörby. Dagens bussar kör genom centrala Hörby, och täcker därigenom in stora delar av orten. Gummihjulstågen tvingas stanna utanför samhället. Därmed kan det behövas någon form av matartrafik från centrum ut till stationen.

I andra fall är läget det motsatta. Detta gäller exempelvis Tollarp, som får ett mycket centralt stationsläge jämfört med dagens hållplatsläge ute vid E22:an.

Emellertid visar det sig att banan är mycket dyr att anlägga. Kostnaden för anläggningen (exkl. fordon, personal och depå) uppgår till 2,8 mdr kr. Enligt uppskattningar gjorda av författaren kommer resandet på sträckan att öka med uppemot ca 36 % relativt dagens resande med SkE 1 och 2. (I denna ökning är inte ökningen av antalet resande mellan Hörby (Osbyholm) och Eslöv inräknad.)

En starkt förenklad samhällsekonomisk analys visade att investeringen skulle vara mycket olönsam. Vissa felkällor finns emellertid i denna analys, se kap. 7.5.

⁷³ Ett problem i detta sammanhang är att en CBA skulle ge en negativ ”nytta” för detta. Samtidigt innebär det att många flyttar över från bil till kollektivtrafik, vilket värderas mycket lägre. Vad som är positivt för miljön och politisk måluppfyllelse ger alltså ett negativt resultat i en samhällsekonomisk beräkning. Se även nedan.

7 Analys

I detta kapitel analyseras och utvärderas resultatet av vad rapporten kommit fram till och fallstudiens resultat generaliseras. Vidare förs en diskussion om felkällor och alternativa lösningar, liksom författarens egna synpunkter på resultatet och processen i sin helhet. Slutligen ges förslag på fortsatta studieobjekt.

7.1 Gummihjulstågen och banan

Själva fordonen kan göras mycket tåglika med hög komfort. Detta medför en kraftigt höjd image jämfört med busstrafiken. Hastigheten ökar avsevärt gentemot bussen, men klarar inte helt att konkurrera med järnvägen. Det visar sig att banan innebär en mycket hög kostnad, ungefär 50 % av en järnvägs kostnad. Hela systemet bedöms vara mer järnvägslikt än spårväg, vilket innebär att *upplevelsen* av att åka tåg bedöms vara förhållandevis hög.

I kapitel 1.3 formuleras problemformuleringen:

Är det möjligt att införa ett regionalt, gummihjulsburet, tågliknande system, till lägre kostnad än traditionell järnväg?

I avsnitt 1.3.2 anges under vilka premisser frågan kan besvaras med ett JA. Det krävs dels att systemet uppvisar en tillräckligt stor järnvägslikhet för att upplevas som tåg, dels att systemet är klart billigare än järnvägen.

Det första villkoret bedömer författaren uppfylls relativt väl; det är svårt att, till en rimlig kostnad, än mer närma sig järnvägen, utan att helt övergå i denna. Gummihjulstågen är dock *inte* helt likvärdiga med tågen. Det finns alltså vissa, betydande, skillnader, främst i hastighet och restid. Författaren menar att det första villkoret trots allt uppfylls, om än med viss tvekan, då *upplevelsen* för resenären bör vara i det närmaste identisk med, åtminstone, en äldre, kurvig och lite långsammare, järnväg. Huruvida banan upplevs som en väg eller järnväg, eller något mittemellan är svårare att uttala sig om. Författarens åsikt i denna fråga är, efter att ha sett videor på internet⁷⁴ från platser med O-Bahnsystem, att intrycket av att åka på ett spår är mycket högt. Samtidigt kan var och en se att det inte är fråga om järnvägsräls. Författaren misstänker därför att många kommer vara skeptiska till att se gummihjulstågbanan som en järnväg, då ordet är så förknippat med dagens system. Istället tror författaren att människor skulle uppfatta banan som något helt nytt, som visserligen inte är en järnväg men likväl ett attraktivt färdmedel. Frågan blir i vilken utsträckning detta faktum påverkar resandet,

⁷⁴ Se t.ex. ”Adelaide O-Bahn Part 2” av *citytransportinfo* på YouTube, <https://youtu.be/con6qrgOB24>

investeringsviljan och psykologiska faktorer. Ett annat sätt att uttrycka saken är *”Måste rälsen vara av stål/järn för att det skall vara en järnväg?”*.

Det är betydligt svårare att avgöra huruvida det andra villkoret uppfylls. Systemet kostar förvisso endast omkring hälften av motsvarande järnväg, men tidsvinsterna blir mycket lägre. Fallstudien kom fram till en starkt negativ nettonuvärdeskvot. Denna är emellertid relativt ofullständig och bör sannolikt ligga något högre, då alla nyttor inte är medräknade. Samhällsekonomiskt visade beräkningarna att en järnväg får ungefär samma (o)lönsamhet på valda sträckor. Detta innebär däremot inte att valet är avgjort till gummihjulstågens nackdel; det finns endast ett begränsat budgetutrymme. Finns inte pengar till en järnväg, men däremot till gummihjulståg, kan valet trots allt falla på de senare.

I dagsläget räcker resandeantalet inte till för att få lönsamhet i det studerade projektet, men lönsamheten är starkt avhängig av bl.a. värderingen av koldioxidutsläpp. Det är inte osannolikt att denna ökar i framtiden och därmed även lönsamheten i projektet. Införs vägavgifter på E22:an som en del i finansieringen, borde banan gå att bygga inom en nära framtid. Författaren drar därför slutsatsen att villkoret är uppfyllt, sett till investeringskostnaden, men inte nödvändigtvis sett ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Samtidigt är det värt att notera att även om nettonuvärdeskvoterna blir desamma eller rent av högre för en järnväg, är de absoluta monetära beloppen definitivt inte desamma. Har båda en kostnadstäckningsgrad på ca 38 %, innebär detta att järnvägen skulle innebära en förlust på 4,6 mdr kr. Gummihjulstågen skulle innebära en förlust på 2,5 mdr kr. Det borde vara lättare att övertyga samhället att täcka 2,5 mdr med skattemedel än att täcka 4,6 mdr.

7.2 Generalisering av fallstudiens resultat

Vad fallstudien kom fram till var att restiden förkortas relativt kraftigt. Detta beror i första hand inte på uppseendeväckande hastigheter utan snarare på långa restider med dagens bussbaserade trafik. För det mindre relationerna innebär den direkta förbindelsen längs banvallen mycket stora restidsbesparingar (i vissa fall mer än en timme) då dessa i dagsläget ofta saknar direkta kollektivtrafikförbindelser. Vad som däremot gör stor skillnad är den direkta kopplingen till tågtrafiken i Eslöv, varifrån man snabbt tar sig långa sträckor med tåg.

Fallstudien behandlade en tänkt bana mellan Kristianstad och Eslöv. Frågan är i vilken grad dessa resultat kan överföras till andra, liknande, situationer. Andra gamla banvallar är relativt lika, så i dessa fall bör åtminstone anläggningskostnaden vara relativt likvärdig. Tidsvinsterna bör i många fall bli större än för det studerade fallet, då vägarna som förbinder orterna är mindre. Emellertid är många av dessa orter relativt små. P.g.a. den höga kostnaden krävs relativt många resande för att uppväga kostnaden.

Banan kan relativt enkelt förläggas på gamla banvallar, då dessa är utformade för tåg hastigheter enbart något lägre än gummihjulstågen. I vissa fall krävs dock kurvrätningar och nya dragningar. Då rapporten visat att det krävs relativt stora resandemängder för att motivera banan, måste tanken med banorna delvis revideras. Denna var ursprungligen att kunna bygga många banor på gamla banvallar och binda ihop mindre orter längs dessa. Detta skulle emellertid bli ytterst kostsamt. Snarare blir det fråga om att fokusera på medelstarka-starka stråk som idag saknar järnväg. Kristianstad – Eslöv- (Malmö/Lund) visade sig vara i svagaste laget, vilket därmed även borde gälla för Kristianstad-Ystad/Simrishamn. Då dessa sträckor emellertid saknar järnväg men skulle behöva det för att binda samman Skåne, faller det sig naturligare att investera i ett system som kostar hälften så mycket.

Sträckor som skulle kunna vara lämpliga ligger, föga förvånande, i västra Skåne. Malmö-Falsterbo, Lomma-Bjärred-Landskrona, Helsingborg-Höganäs samt ev. Helsingborg-Markaryd skulle kunna vara lämpliga sträckor att studera. Även Simrishamnsbanan skulle kunna byggas som gummihjulstågbana, åtminstone som förberedelse för järnväg, liksom Kristianstad – Åhus.

De sträckor som varit aktuella i tidigare rapporter, t.ex. Kristianstad-Broby, är sannolikt i svagaste laget. Dessa skulle ändå kunna byggas, då det finns stora behov av bättre icke bilberoende kommunikationer och sträckorna är relativt korta.

7.3 Diskussion angående möjligheter att minska kostnaden

Det finns flera möjligheter att minska kostnaderna, vilket i sig är ett ämne för en egen rapport. Några åtgärder och alternativa utformningar kan dock nämnas:

- Befintliga större vägar kan byggas om så att en eller två filer byggs om till gummihjulstågbana. Detta gäller i synnerhet större vägar, då geometrikraven svårligen kan åsidosättas. Speciellt äldre riksvägar, där parallella motorvägar byggts, skulle kunna användas. Även 2+1-vägar skulle kunna byggas om till gummihjulstågbana+1+1-vägar. Egna avfarter och påfarter skulle dock krävas. Författaren uppskattar att banan skulle kunna bli upp till 50 % billigare på dessa sträckor. Det är inte otroligt att ca halva banan skulle kunna byggas på detta sätt.
- Fordonen kan göras enklare: mindre tekniskt avancerade lösningar kan användas, t.ex. enklare fjädring och lägre vikt. Samtidigt bör man inte tumma alltför mycket på detta, då det är en komfortfråga. En minskning av fordonskostnaden med omkr. 1/3 borde vara fullt möjlig.
- Banorna kan byggas oelektrifierade. I fallstudien ovan skulle det innebära en kostnadsbesparing på 390 miljoner, före skattetillägg. Genom att använda exempelvis bränsleceller (som bedöms ha

utvecklats till ibruktagande av gummihjulstågen), skulle en komfortabel och miljövänlig drift likväl säkerställas.

- Stationerna kan förenklas genom att utforma dem likt lösningen i Adelaide. Behovet av växlar skulle därmed försvinna, vilket skulle minska kostanden med ca 4 miljoner per station. Alternativt kan fler stationer utformas som enklare hållplatser med bara ett spår. Var mötesstationerna skall förläggas kräver då närmare utredning.
- Signalsystemet borde gå att förenkla ytterligare om kraven på detsamma minskas. Den förbättrade bromsförmågan borde kunna möjliggöra körning på sikt i högre hastigheter. Författaren gissar att det borde gå att halvera denna kostnadspost.

Infrastrukturen skulle därmed kunna bli omkring 25 % billigare, samtidigt som fordonen blir 30 % billigare. För fallstudiens del, med 12 fordon, hade det inneburit en kostnadsminskning med knappt 26 % eller ca 870 miljoner kr, exkl. skattepåslag. Med denna kostnadsminskning blir nettonuvärdeskvoten istället -0,483 (mot -0,619 tidigare) och förlusten blir 1,4 mdr.

7.4 Alternativa lösningar

Hittills har rapporten främst behandlat gummihjulstågen med föreslagen utformning. Ovan presenteras olika alternativ för att minska kostnaden. I detta kapitel presenterar författaren sina tankar kring möjligheten till alternativa lösningar och kombinationer av lösningar.

Utformningen av gummihjulstågen har först och främst skett med image, komfort och ”järnvägslikhet” som ledord och har endast i andra hand tagit hänsyn till kostnaden. Avsikten har varit att utforma ett system som är så likt järnvägen som möjligt, fast på gummihjul. I verkligheten är emellertid ingenjörsmässigt optimala lösningar oftast inte möjliga. Därav anser författaren det vara intressant att även kort reflektera över kompromissmöjligheter. Vad kan göras avkall på och vad är nödvändigt?

7.4.1 Fordon och framdrift

Hittills har fordonen förutsatts vara av ”tågtyp”, med dimensioner som inte tillåter dem att trafikera allmän väg. Man skulle emellertid kunna tänka sig dubbelledade bussar av hög standard (24 m långa) och tilltalande, tågliknande, design. Viktigt i detta fall är att stabiliteten kan tillgodoses även i hastigheter kring 120 km/h. För att inte komforten skall bli alltför lidande antar författaren att hastigheten måste bli något lägre i detta fall. Fjädring och dämpning måste dock hålla betydligt högre kvalitet än på vanliga bussar. Boggier av järnvägstyp skulle kunna ersättas med direktupphängda löpverk. En lösning vore att införa ett fjädringssteg mellan kaross och golv. Författaren menar dock att hjul på båda sidor om lederna fortfarande krävs för att undvika svajningar. Lederna bör dessutom utrustas med dämpare för att klara högre hastigheter.

Utrymmet per passagerare behöver emellertid vara betydligt större än vad som är vanligt i bussar. Det bör under inga omständigheter understiga det som erbjuds i dagens Pågatåg (X61). Även själva inredningen bör utformas mer som på tåg än som på bussar.

Möjligen skulle banan kunna användas även av andra bussar än de långa, snabba och estetiskt tilltalande ”gummihjulstågen” (här används citattecken för att markera skillnaden mot de gummi-hjulståg rapporten tidigare beskrivit).

Fordonen har även förutsatts vara eldrivna med matning utifrån. Eldriften bör enligt författarens mening behållas, men, som framkom i kapitel 7.3, kan energitillförseln ske på annat sätt. Bränsleceller är ett förslag. I avsnitt 3.1.5.1 angavs även seriell hybriddrift med förnybara bränslen som ett alternativ.

Slutsats: Fordonen kan förenklas men måste hålla högre klass än befintliga bussfordon. Utrymmet per passagerare måste vara större än vad som är brukligt i bussfordon.

7.4.2 Banan

7.4.2.1 Egen bana ett krav?

Frågan som måste ställas är naturligtvis om en helt egen bana verkligen är nödvändig. Vill man åstadkomma de strukturerande och långsiktiga egenskaperna som finns hos en järnväg, menar Johansson & Lange (2008) att så är fallet.

Som beskrivits tidigare finns emellertid ingenting som säger att denna bana inte kan förläggas i befintlig vägkorridor, förutsatt att fordonen kör i en egen fil (fysiskt avgränsad med en barriär för att hindra andra fordon att ta sig in i denna). Författaren kan inte däremot inte rekommendera att fordonen kör i blandtrafik p.g.a. otillförlitlig framkomlighet. Skall de kunna köra fortare än omgivande vägtrafik krävs i princip att de är avskärmade från denna genom en barriär.

Viktigt att nämna i detta sammanhang är att kurvradierna vid trafikplatserna på motorvägar i allmänhet är alldeles för små för gummi-hjulstågen. Tidigare i rapporten sades 90 m vara minimigränsen. Görs fordonen något kortare och rörligare i lederna, borde kurvradier nedåt 60 m kunna möjliggöras. Så stora radier förekommer emellertid väldigt sällan vid trafikplatser, varför gummi-hjulstågen behöver egna på- och avfarter. 3-vägs korsningar (T-korsning) bör – och kan – aldrig förekomma på en gummi-hjulstågslinje. Där vägen har sådana, måste därför gummi-hjulstågen ”snedda” med en egen bana.

7.4.2.2 Spårstyrning ett krav?

Med något kortare fordon och ev. något lägre hastighet krävs inte någon spårstyrning. Detta inverkar emellertid på komforten och ger en mer instabil gång. Går fordonen på vanliga vägar i egna filer, avskärmade med en betongbarriär, borde dock barriären kunna användas som kantstöd (förutsatt att de finns en barriär även på andra sidan banan) och spårstyrning likväl erhållas.

Man kan tänka sig att systemet utformas mer likt befintliga O-Bahnsystem, vilka tillåter bussarna att lämna banan. Därigenom blir delar av linjen spårstyrd, delar icke-spårstyrd. Detta bör dock påverka systemets image.

Vidare finns andra lösningar för styrningen av fordonen. Rapporten har fokuserat på mekanisk styrning, men det finns även icke-mekanisk styrning (se avsnitt 2.2.2). Problemet med dessa sades vara att de inte är helt utvecklade, godkända eller tillåts användas i högre hastigheter. I framtiden skulle dock liknande system kunna användas, när de hunnit utvecklas mer.

Slutsats: En helt separat bana är inte nödvändig, men gummihjulstågen måste vara fysiskt separerade från övrig trafik och får ej gå i blandtrafik. Separata på- och avfarter krävs då kurvradierna hos befintliga trafikplatser är för små. För långa fordon i hög hastighet krävs spårstyrning men den kan ske på flera sätt. Godtas lägre hastigheter och sämre komfort kan spårstyrningen utgå.

7.4.3 Stationer

Stationerna har förutsatts vara av det slag som beskrivits i avsnitt 3.4.1.2 (kontinuerliga kantstöd). Som nämdes i kapitel 7.3 är det även möjligt att utforma stationerna med diskontinuerliga kantstöd (om sådana används) liksom i Adelaide. Inkörningen till plattformen bör emellertid vara rak, varför banan måste vidgas relativt långt före plattformen.

Slutsats: Stationerna kan utformas diskontinuerligt, om rak inkörning kan garanteras.

7.4.4 Säkerhets- och signalsystem

Där människor rör sig bedömer författaren att inhägnad är nödvändig om fordonen kör på egen bana. Är banan förlagd i befintlig körbana (separerad med barriär), borde barriären i sig utgöra tillräckligt skydd. Är banan enkelspårig måste någon form av signaler användas för att förhindra kollision. Med endast ett fordon per linjesträcka (mellan stationerna) behövs enbart signalering vid stationerna. Förläggs banan på en motorväg, förekommer inga plankorsningar. Dessa skulle naturligtvis kunna undvikas även på en separat bana. Man kan tänka sig att fordonen kör på sikt liksom vanliga bussar, förutsatt att siktsträckorna är tillräckliga, och obehöriga (samt djur) hindras att ta sig in på banan.

Slutsats: Inhägnad krävs där människor rör sig, denna kan dock utgöras av en betongbarriär. Vid enkelspår krävs signalsystem, åtminstone vid stationerna; vid dubbelspår kan fordonen tillåtas köra "på sikt" förutsatt att siktsträckorna är tillräckligt långa.

7.4.5 Mellanting mellan gummihjulstågen och superbussar

Med de kompromisser som presenterats i detta kapitel anser författaren att en rimlig kostnad kan uppnås och ändå ge relativt stor nytta. Det går även att tänka sig att superbusskonceptet förfinas ytterligare, med egna bussfiler, mer tågliknande fordonsutformning etc., d.v.s. att konceptet görs mer BRT-lik.

Författaren tror att det krävs någon form av avgränsning mot övrig trafik och utmärkning (exempelvis annan färg på beläggningen) för att uppnå någon strukturerande effekt. Dagens superbussförslag innebär, trots påkostade hållplatser, i stort ”bara” busslinjer, som lätt kan dras om och inte kan identifieras när någon buss inte finns på plats.

Något som författaren också vill lyfta fram är linjedragningarna inne i städer och samhällen, samt terminaler. I dessa fall är det mycket lätt hänt att man gör avkall på kraven på kurvradier, vertikalradier, och ojämnheter. Här anser författaren att ”ingen kedja är starkare än dess svagaste länk” och att konceptet måste vara helt konsekvent genomfört, även på platser där detta är svårt. Kan byte mellan superbuss och tåg ske över samma plattform, bör detta göras. Likaså bör hållplatser och terminaler inte kräva att bussen svänger eller måste backa för att ta sig ut.

Sammanfattningsvis tror författaren att separata på- och avfarter med stor radie och fysiskt avgränsade bussfiler i kombination med bussfordon som utvändigt påminner om MalmöExpressen som invändigt ger mer utrymme (bl.a. fler sätesgrupper med motsittning och rymliga bord för arbete och mat) och högre komfort för passagerarna än vad som är brukligt i bussfordon (även långfärdsbussar), i kombination med Superbusskonceptet, sannolikt hade varit ett stort steg på vägen.

7.5 Diskussion, felkällor samt källkritik

Jag tycker att konceptet med gummihjulståg har varit intressant och utmanande att ta fram. Under arbetets gång har jag haft många funderingar kring vad som skulle vara den bästa lösningen. Bl.a. har jag funderat kring hur fort det egentligen går att köra med gummihjulsbaserade tåg. I vissa källor angavs mycket höga kritiska hastigheter för O-Bahnsystemet. Detta använder dock vanliga bussfordon och det är därför svårt att avgöra om lika höga hastigheter skulle kunna uppnås med långa och tunga gummihjulståg. Jag valde därför en topphastighet av 140 km/h. Däremot förmodar jag att det är möjligt att köra betydligt fortare än så, såtillvida geometrin tillåter detta. Jag kan inte se några egentliga hinder för att köra både 160 och 180 km/h. Det är nog snarare en fråga om energiåtgång och slitage (inte minst på hjulen). Med så höga hastigheter behöver stationsavstånden naturligtvis vara längre och inga plankorsningar kan accepteras.

Jag anser att resultatet av fallstudien är både överraskande och intressant. Beslutsfattarna ställs inför ett val mellan två sinsemellan, ur samhällsekonomisk synvinkel, ungefär likvärdiga alternativ. Järnvägen med sin höga kostnad ger stora restidsförkortningar men endast för dem som drar nytta av den. Gummihjulstågbanan ger betydligt mindre restidsvinster men till ett avsevärt lägre pris och kommer fler till gagn.

Den höga investeringskostnad som krävs för att få ett system som upplevs nästan likvärdigt med tåg är också något av en överraskning och visar att det är svårt att ”ta genvägar” till ”järnvägsmagin” utan att betala priset för detta.

Samtidigt har det ibland upplevts som svårt att hitta relevant information, då systemet ännu inte existerar. Därmed har en stor del av processen inneburit en form av ”tyckande”, som sedan skall styrkas. Ofta börjar man med en teori, som sedan provas mot insamlade data och antingen förkastas eller godtas. I andra fall börjar man med data och utvecklar ifrån dessa en teori. I mitt fall var data, teori, analys och förslag tvungna att vävas samman. Ibland innebar detta att skrivandet upplevdes som subjektivt eller att slutsatser var svåra att styrka. Av denna anledning blev många av slutsatserna tvungna att förses med långa resonemang. Särskilt avsnitten om strömförsörjningen och signalsystemet var extra svåra, då mitt system skiljer sig kraftigt från befintliga system. Mycket i dessa avsnitt bygger därmed på uppskattningar.

Ett stort problem under arbetet med fallstudien var avsaknaden av relevant statistik. För att på ett korrekt sätt kunna beräkna nyttorna med banan hade jag behövt statistik som visar hur många som reser mellan de olika resmålen. Efter kontakt med Skånetrafiken erfor jag att någon statistik över var resenärer kliver av inte finns. Därmed blev en korrekt nyttoberäkning inte möjlig att genomföra. Jag fick nöja mig med grova uppskattningar och kunde enbart beräkna tidsvinsterna genom att ansätta ett grovt, viktat, medelvärde av de uppskattade resandetalen och ett viktat medelvärde av tidsbesparingarna och resandeökningarna för dessa. Detta innebär en stor felkälla och p.g.a. detta är det tveksamt huruvida de framräknade nettonuvärdeskvoterna alls är tillförlitliga.

Andra felkällor ligger i kostnadsuppskattningen. Denna bygger på de antaganden och uppskattningar som gjorts tidigare i rapporten. Många av värdena bedömer jag vara någorlunda sannolika, medan vissa mer är grova uppskattningar. Det gäller exempelvis kostnaden för ”vägvalsväxlar” (styrbara släpväxelliknande konstruktioner). Även kostnaden för stationerna är en ytterst grov uppskattning.

När det kommer till restiden blir sannolikt den faktiska restiden något längre, då jag i beräkningarna pressar gränsvärdena relativt hårt. Då jag bortsett från begränsningar p.g.a. tidtabeller, är det möjligt att mötesstationerna måste förläggas på andra platser än de antagna och att restiden förändras p.g.a. detta.

Även de uppskattade tiderna för parkering och lösen av parkeringsbiljett utgör en felkälla. Dessa bygger på personliga uppskattningar av vad som kan vara rimligt. En arbetspendlare har däremot sannolikt en fast parkeringsplats vid arbetsplatsen och behöver kanske inte lösa biljett.

Utöver detta finns ytterligare en sak som måste tas hänsyn till – kommunernas detaljplaner. När jag arbetade med fallstudien försökte jag lägga banan så att den inte krockade med planerade utbyggnadsområden. Detta gick relativt lätt i Kristianstads och Lunds kommuner (även om Lunds

kommun senare utgick). För Hörby och Eslövs kommuner fanns några sådana detaljplaner inte lätt tillgängliga, varför jag valde att avgränsa fallstudien till att inte vidare ta hänsyn till dessa. Därmed är det inte säkert att en bana skulle kunna dras längs föreslagen sträckning. Även anslutningen till Eslövs station vållade vissa problem, då banan antingen skulle få köra omkr. 1 km på huvudtågspåret på Södra Stambanan eller köra in via ett sidospår och därmed inte kunna få till stånd ett byte över samma plattform. Jag valde här det första alternativet, men i verkligheten kanske man hellre hade valt att bygga om plattformen på sidospåret så att det även gick att byta till tåg på huvudtågspåret.

Bland referenserna förekom ibland motstridiga uppgifter. Dessa behandlades genom att först undersöka om de berodde på olika sätt att räkna. Gick inte detta valdes helt enkelt den källa som kändes mest rimlig.

Åter andra källor bedömdes som mindre tillförlitliga. Detta gäller exempelvis vissa av Internetkällorna (bl.a. den som hänvisas till i fotnot gällande hinderdetektering av bussar vid O-Bahnanläggningen i Tyskland). I detta fall valde jag att ta med den, då det var en bild som jag hämtade informationen från och inte texten i första hand. När det gäller kostnadsuppgifterna och nettonuvärdeskvoten för Diagonalen var dessa sinsemellan skiljaktiga och uppgiften om nettonuvärdeskvoten kunde jag enbart hitta i Veckobladet, som är en mer eller mindre intern tidskrift för Vänsterpartiet. När det gäller en sifferuppgift på en nettonuvärdeskvot hämtad från Banverket, kan denna svårligen sägas påverkas av politiska åsikter. Därmed bedömer jag uppgiften som tillräckligt tillförlitlig.

Vissa av källorna kommer från kommersiella aktörer. Liksom när det gäller politiska partier, kan en viss partiskhet föreligga hos dessa. Därmed behöver, i synnerhet uppgifter om deras produkter jämfört med konkurrenters, behandlas med varsamhet. Åter andra källor, t.ex. vissa av de som rör O-Bahnsystemet i Adelaide, bygger på relativt gamla sifferuppgifter. Dessa kan ha ändrats med tiden. Dessa källor utgörs i några fall av ”privatrapporter”, d.v.s. de är skrivna av kunniga personer men är inte officiellt antagna av någon myndighet. Då dessa (t.ex. (Wilson, 2004)) är bland de enda fritt tillgängliga källorna i detta ämne och upplevs tillförlitliga väljer jag att använda dessa.

Andra källor har medvetet valts bort p.g.a. bristande tillförlitlighet. Detta gäller särskilt artiklar från Wikipedia. Dessa kan däremot ha haft en indirekt påverkan genom att erbjuda lätt tillgänglig information och, genom sina referenser, varit till hjälp för att hitta tillförlitliga källor.

Annars har ett problem i sammanhanget varit att många av de källor jag hade velat undersöka och ev. använda, inte varit fritt tillgängliga, utan krävt lösenord eller licenser. Då många av uppgifterna, särskilt för O-Bahnsystemet, bygger på äldre källor, har dessa varit svåra att hitta på Internet. Inte sällan har de endast funnits i något utländskt bibliotek och därmed varit svåråtkomliga.

Slutligen vill jag även rikta viss kritik mot de tidsvärden och värderingar av externa effekter som används. I enlighet med not 73, kan med dagens värderingar en överflyttning från bil till kollektivtrafik innebära en negativ ”nytta”, eftersom restiden i allmänhet är kortare med bil. Till råga på allt värderas restiden lägre för kollektivtrafikresor... Trots detta önskar man från samhällets håll att fler byter från bil till kollektivtrafik.

7.6 Uppslag till fortsatta studier

I rapporten har vid ett flertal tillfällen rekommendationer om fortsatta studier och utredningar gjorts. Här sammanställs dessa och utökas med ytterligare några förslag.

- I kap. 3.2 föreslogs vidare studier kring spårlutning hos banan, dels för vattenavrinning, dels för att uppnå en självcentrerande effekt.
- Det är inte klarlagt exakt vilken form av elektrifiering och kontaktledningssystem som vore det bästa för gummihjulstågssystemet. Därmed bör detta utredas.
- Vidare krävs utredningar kring signalsystemets uppbyggnad och funktion, särskilt med avseende på hinderdetektering vid samdrift med järnväg.
- Vilka orter som skulle vara aktuella för resandeutbyte samt placering av mötesstationer behöver utredas närmare.
- Vidare behöver noggrannare studier kring restidsvinsterna och generella nyttoanalyser samt mer tillförlitliga samhällsekonomiska bedömningar för ett gummihjulstågssystem göras.
- Tekniska lösningar för fordon (inkl. möjlig topphastighet), signal- och elsystem samt bana behöver tas fram på en mer detaljerad nivå.
- Det vore även intressant med studier som kartlägger vilka resmönstersförändringar som ett gummihjulstågssystem skulle ge upphov till, samt psykosociala och tillgänglighetsrelaterade aspekter av detta.
- Miljöanpassade tidsvärden och värderingar av externa effekter bör tas fram. Dagens värderingar står i motsatsförhållande till transportpolitikens övergripande mål om en långsiktigt hållbar transportförsörjning då de inte tar tillräcklig hänsyn till klimatpåverkande utsläpp.

8 Slutsatser

Det är möjligt att skapa ett gummihjulsbaserat kollektivtrafiksystem för regionala resor som på många sätt är mycket likt järnvägen. Komforten kan i stort bli likvärdigt den på mindre regional-/lokaltåg på som trafikerar äldre linjer. Hastigheterna och restiderna blir även den liknande mindre regionaltåg/lokaltåg kan uppvisa. Upplevelsen av att åka tåg blir mycket hög, liksom friheten att röra sig ombord och utnyttja restiden mer effektivt än vad som är möjligt på bussar.

Gummihjulsgående tåg klarar stora lutningar och kräver mindre bromssträckor. Samtidigt är kraven på underbyggnaden betydligt lägre än för en järnväg, då tryckbelastningen blir avsevärt lägre, vilket främst beror på större kontaktyta. Därmed kan omkr. 60 % av materialet för underbyggnaden sparas in.

Gummihjulstågen bör vara 40-45 m långa och kunna dubbelkopplas. De rymmer då upp till 120 sittande resenärer per tåg (plus stående) och beräknas få en topphastighet av 140 km/h. De bör vara eldrivna, sannolikt med kontaktledning, eller, i framtiden, med bränsleceller.

Banan bör utformas likt O-Bahnsystemet (betongbanor med kantstöd, mot vilka styrhjul löper).

Banan kan tillåtas ha plankorsningar om hastigheten vid dessa är högst 80 km/h och tåget kan stanna före korsningen. Vidare bör ett enkelt signalsystem användas, främst vid stationerna (vid enkelspårdrift trafikeras varje linjesträcka endast av ett tåg åt gången).

Stationerna utformas som små järnvägsstationer, med någon form av återfjädrande, uppkörbara växlar.

Kostnaden för systemet blir ungefär 45-55 % av kostnaden för en enkelspårig järnväg. Det rör sig således fortfarande om en stor investering. Därmed krävs ett relativt stort resandeunderlag. Det finns emellertid stora möjligheter att minska kostnaden genom att utforma systemet enklare. På så vis kan, relativt enkelt, uppemot 25-30 % av kostnaden sparas.

Samtidigt som kostnaden halveras, minskar även restidsbesparingarna nästan lika mycket. Därmed är det svårt att uttala sig generellt om gummihjulståg eller järnväg medför störst nytta, samhällsekonomiskt sett. Vad som däremot kan sägas är att då systemet kostar betydligt mindre, bör det vara lättare att anlägga än en fullskalig järnväg, av ekonomiska skäl. Detta visar att det är svårt att uppnå tillräckligt starka strukturerande effekter och komfortförbättringar utan att betala priset för detta. Några billiga ”genvägar” är alltså svåra att ta. Däremot lyckas detta system nå knappt $\frac{3}{4}$ på vägen till järnvägens egenskaper för halva kostnaden. Systemet får alltså sägas ge mycket ”järnväg” för pengarna.

Det nya systemet skulle lyda under lagarna om spårväg och tunnelbana.

Användningsområdet blir av lite annat slag än vad som först avsetts; de ”mindre starka stråken” måste fortfarande vara relativt starka. Systemet kan därför snarare sägas lämpa sig för sträckor som idag nästan skulle behöva en järnväg, men där ekonomin inte tillåter så stora utgifter. För mindre starka stråk kan dock en mindre renodlad form av gummihjulståg tillämpas, där fler kompromisser görs, bl.a. att istället för att anlägga en ny bana kan en eller två filer på en väg byggas om till bussbana.

8.1.1 Sammanfattande slutsats

Rapportens problemformulering *Är det möjligt att införa ett regionalt, gummihjulsburet, tågliknande system, till lägre kostnad än traditionell järnväg?* kan besvaras med ett JA, då systemet på många sätt upplevs som tåg, och, i absoluta tal, är billigare än järnvägen. Det är däremot inte nödvändigtvis så att det samhällsekonomiska utfallet måste vara mer gynnsamt än för järnvägen, då tidsvinsterna blir mindre. Det finns många tänkbara mellanformer mellan dagens superbusskoncept och det relativt ideala gummihjulstågssystem denna rapport beskriver. Kanske är det detta som är rapportens främsta tillämpningsområde – att peka ut, och beskriva, en vision, och visa vägen till hur man kan ta steg mot denna vision?

9 Referenser

Tryckta källor

Andersson, E. & Berg, M., 2007a. *Spårtrafiksystem och spårfordon - Del 1: Spårtrafiksystem*. Stockholm: JÄRNVÄGSGRUPPEN KTH Centrum för forskning och utbildning i järnvägsteknik. ISBN 978-91-7178-743-9.

Andersson, E. & Berg, M., 2007b. *Spårtrafiksystem och spårfordon - Del 2: Spårfordon*. Stockholm: JÄRNVÄGSGRUPPEN KTH Centrum för forskning och utbildning i järnvägsteknik. ISBN 978-91-7178-743-9.

Andersson, E., Berg, M. & Stichel, S., 2014. *Rail Vehicle Dynamics*. 1 red. Stockholm: Railway Group KTH - Centre for Research and Education in Railway Engineering. Första upplagan. ISBN 978-91-7595-420-2.

Bårström, S. & Granbom, P., 2012. *Den svenska järnvägen*. Trafikverket. ISBN: 978-91-7467-227-5.

Corshammar, P., 2012. *Perfekt Spårgeometri - Framtidens spår*. Andra upplagan. Ängelholm: Järnvägsskolan. ISBN 978-91-633-4313-1.

Corshammar, P., 2014. *Perfect Track - Din framgång i järnvägsunderhåll och driftsäkerhet*. Andra upplagan. Lund: Perfect Track. ISBN 91-6318150-9-2.

Holmberg, B., 2008. Kollektivtrafik. i: C. Hydén, red. *Trafiken i den hållbara staden*. Upplaga 1:2. Lund: Studentlitteratur AB, s. 243-314. ISBN 978-91-44-05301-1.

Holmberg, et al., 2008. Holmberg, B., Ståhl, A., Almén, M. & Wennberg, H., 2008. Tillgänglighet, trygghet och andra subjektiva aspekter. i: C. Hydén, red. *Trafiken i den hållbara staden*. Upplaga 1:2. Lund: Studentlitteratur AB, s. 55-84. ISBN 978-91-44-05301-1.

Hydén, C., 2008. Trafiksäkerhet. i: C. Hydén, red. *Trafiken i den hållbara staden*. Upplaga 1:2. Lund: Studentlitteratur AB, s. 103. ISBN 978-91-44-05301-1.

Järnvägsskolan, 2012. *Elteknik för järnvägsingenjörer. Pärm 2 - Elektrisk spårtrafik*. Ängelholm: Järnvägsskolan - Trafikverket.

Patel, R. & Davidson, B., 1991, 2003. *Forskningsmetodikens grunder*.
Upplaga 3:12. Lund: Studentlitteratur AB. ISBN 978-91-44-02288-8.

Rejlers; Järnvägsskolan, 2014a. *Signalteknik för järnvägsingenjörer - Pärm 1. VTVF35*. Ängelholm: Järnvägsskolan - Trafikverket.

Rejlers; Järnvägsskolan, 2014b. *Signalteknik för järnvägsingenjörer - Pärm 2. VTVF35*. Ängelholm: Järnvägsskolan - Trafikverket.

Elektroniska källor

Andersson, et al., 2012. Andersson, P. G., Bergman, A., Eriksson, P., Fredriksson, L., Gibrand, M., Hansson, J., Sjaunja, E. 2012. *Kol-TRAST - Planeringshandbok för en attraktiv och effektiv kollektivtrafik*. Trafikverket och Sveriges Kommuner och Landsting. ISBN: 978-91-7164-842-6.

Tillgänglig på: <http://www.trafikverket.se/Foretag/Planera-och-utreda/Samhallsplanering/Tatort/Trafik-for-en-attraktiv-stad/Rapporter-om-TRAST/>

[Använd 10 februari 2015].

Bengtsson, V. & Strömberg, S., 2012. *Spårfaktorn - En begreppsanalys*. Kandidatuppsats. Kultur och Samhälle. Malmö högskola.

Tillgänglig på: <http://hdl.handle.net/2043/14224>

[Använd 12 februari 2015].

Bjerkemo, S.-A., 2007. *Avancerade kollektivtrafiksystem utomlands - mellanformer mellan buss och spårväg - Tillämpningsföresättningar i Sverige*. Bjerkemo Konsult/Teknik och Samhälle. Lunds tekniska högskola. VINNOVA - Verket för Innovationssystem/ Swedish Governmental Agency for Innovation Systems. Serien: VR 2007:03, ISBN: 978-91-85084-75-3; ISSN: 1650-3104. Tillgänglig på:

<http://www.vinnova.se/upload/EPiStorePDF/vr-07-03.pdf>

[Använd 26 mars 2015].

Björklund, et al., 2000. Björklund, S., Soop, C., Rosenqvist, K. & Ydstedt, A., 2000. *New Concepts for Trolley Buses in Sweden - Nya koncept för trådbussar i Sverige*.

KFB Swedish Transport and communications research board.

ISBN 91-89511-25-5; ISSN 1104-2621. Tillgänglig på:

<http://www.tbush.org.uk/R-00-70.pdf>

[Använd 09 mars 2015].

Britpave, 2004. *Guided Busway - Design Handbook - Guidelines for the design of kerb-guided busway infrastructure in the UK*, Camberley: Britpave - The British In-situ Concrete Paving Association. ISBN 0-9548485-1-9.

Tillgänglig på:

https://www.academia.edu/2524561/_Guided_Busway_Design_Handbook_-_Ove_Arup_for_Britpave_2004

[Använd 09 mars 2015].

Collin, P., 2004. *Peter Collin.pdf*.

Tillgänglig på: http://www.stalforbund.com/Staldag2004/Peter_Collin.pdf

[Använd 22 april 2015].

Continental, 2014. *Prislista LV- och bussdäck Januari 2014*.

Tillgänglig på:

<http://www.colmec.se/colmecfiles/Prisblad%20conti%20LV%20jan%202014.pdf>

[Använd 29 april 2015].

Fröidh, O., 2012. *Green train - Basis for a Scandinavian high-speed train concept, Final report, part A*. Stockholm: Div. of Transport and Logistics.

Kungliga tekniska högskolan. KTH Railway Group.

ISBN 978-91-7501-232-2.

Tillgänglig på: http://gronataget.se/upload/FRA_2012.pdf

[Använd 19 februari 2015].

Granhage, L., 2009. *Kompendium i vägbyggnad*. Institutionen för bygg- och miljöteknik - Avdelningen för geologi och geoteknik - Grupp Väg och trafik. Chalmers Tekniska Högskola. Tillgänglig på:

http://www.moodle2.tfe.umu.se/pluginfile.php/21461/mod_resource/content/1/Komp_i_vaegbyggnad_okt_2009.pdf

[Använd 06 februari 2015].

Grontmij, 2010. *Förstudie. Elektriska vägar - elektrifiering av tunga godstransporter*. Tillgänglig på:

<http://www.elvag.se/blogg/wp-content/uploads/2012/01/forstudie.pdf>

[Använd 09 mars 2015].

Haag, M., 2010. *Problematiken kring strömavtagning vintertid för höghastighetståg*. Masteruppsats. Industriell teknik och management – Maskinkonstruktion. Kungliga tekniska högskolan. Tillgänglig på:

<http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:541959/FULLTEXT01.pdf>

[Använd 09 mars 2015].

Hansson, et al., 2011. Hansson, J., Andersson, P., Möller, M. & Petersson, B., 2011. *Handledning för spårvägsplanering i Skåne.*

Tillgänglig på:

<http://www.sparvagnariskane.se/wp-content/uploads/2012/05/Handledning-för-spårvägsplanering-i-Skåne-2011-04.pdf>

[Använd 20 februari 2015].

HIMA, 2014. *Rail Safety News - Profitable COTS Safety Solutions for the rail sector.* Tillgänglig på:

http://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CEUQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.hima.de%2F_Filenet%2FDownload.asp%3FID%3D%2520PU00010435&ei=qgIWVefbEKnFygOjmIHwBA&usg=AFQjCNGzRVUYtO4ezChHyQMYumOyqRHZEQ

[Använd 28 mars 2015].

ITDP | Institute for Transportation & Development Policy, 2014. *The BRT Standard.* Tillgänglig på:

<https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/BRT-Standard-2014.pdf>

[Använd 05 februari 2015].

Järnvägsfrämjandet, 2008. *Järnvägsfrämjandets investeringsinventering 2008.*

Tillgänglig på:

<http://www.jarnvagsframjandet.se/projekt/investeringsinventering08.pdf>

[Använd 28 april 2015].

Johansson, T. & Lange, T., 2008. *Persontransporter i långa banor - Om lätta kollektivtransportsystem med strukturerande egenskaper.* Hässleholm. Banverket. Exakta. ISBN 978-91-633-3638-6. Tillgänglig på:

<http://online4.ineko.se/trafikverket/Product/Detail/43558>

[Använd 04 februari 2015].

Kottenhoff, K. & Andersson, E., 2014. *Presentationsmaterial - Kottenhoff K, Andersson E: Tåginredningar - Funktionalitet och kostnader. KTH, 2014.*

Tillgänglig på:

<http://gronataget.se/upload/PublikaDokument/Tåginredningar%20140306.pdf>

[Använd 19 februari 2015].

Kottenhof, et al., 2009. Kottenhof, K., Andersson, P. G. & Gibrand, M., 2009. *Bus Rapid Transit i Sverige? - kunskapssammanställning med identifiering av forskningsfrågor.* Avdelningen för trafik och logistik. KTH. Trivector Traffic AB. ISBN 13: 978-91-85539-36-9. Tillgänglig på: http://www.trivector.se/fileadmin/uploads/Traffic/Rapporter/slutrapport_brt.pdf
[Använd 05 februari 2015].

Kristianstad kommun, 2015. *Översiktsplan 2013 Kristianstad Kommun - kap 3, s 24-55.* Tillgänglig på: http://www.kristianstad.se/upload/Bo_bygga/%c3%96P2013/kap3,%20s%2024-25.pdf
[Använd 08 april 2015].

Lindqvist, J., 2014. *Superbusskonceptet i Östra Göinge kommun - Betydelsen av regionala infrastrukturinvesteringar i perifera landsbygdskommuner.* Kandidatuppsats i samhällsgeografi. Institutionen för kulturgeografi och ekonomisk geografi. Lunds universitet. Tillgänglig på: <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/4451918>
[Använd 05 februari 2015].

Region Skåne, 2014a. *Strategi och rapporter - Regionalt superbusskoncept i Skåne.* Tillgänglig på: http://utveckling.skane.se/siteassets/publikationer_dokument/regionalt_superbusskoncept_i_skane.pdf
[Använd 12 februari 2015].

Region Skåne, 2014c. *Trafikförsörjningsprogram för Skåne 2015.* Tillgänglig på: http://utveckling.skane.se/siteassets/publikationer_dokument/trafikforsorjning_sprogram_for_skane_2015.pdf
[Använd 01 maj 2015].

Region Skåne, 2015. *Bilagor till Trafikförsörjningsprogrammet 2015.* Tillgänglig på: http://utveckling.skane.se/siteassets/publikationer_dokument/trfp2015_bilagor.pdf
[Använd 28 april 2015].

Sahlberg, et al., 2012. Sahlberg, R., Echeverri, P., Bjerkemo, S.-A., Kottenhoff, K., Hedberg, R. 2012. *En permanent varldsutställning i Karlstad.* Karlstadsbuss. Tillgänglig på:
<http://www.vinnova.se/upload/EPiStorePDF/EnPermanentVarldsutstallningIKarlstad.pdf>
[Använd 26 februari 2015].

Sandin, 2005. Sandin, G. ”Kommuner sabbar Diagonalen”. *Veckobladet*. Nr. 6 1/4 i webbform. 2005. s. 6-7. Tillgänglig på:
http://veckobladetilund.se/pdf/051007_webb.pdf
[Använd 04 maj 2015].

Skånetrafiken; Region Skåne, 2008. *Tågstrategi 2037.* Tillgänglig på:
<http://www.resenarsforum.se/files/Sk%C3%A5netrafiken%20t%C3%A5gstrategi%20202037%20Remissmaterial.pdf>
[Använd 08 april 2015].

Skånetrafiken, 2014a. *Linje Skåneexpressen 1 - SkåneExpressen 1 Kristianstad - Malmö.* Tillgänglig på:
http://www.skanetrafiken.se/P4W/Regionbuss/141214_150613/Regionbuss_SkåneExpressen1_141214_150613.pdf
[Använd 16 februari 2015].

Skånetrafiken, 2014b. *Linje 474 - Hörby - Eslöv.* Tillgänglig på:
http://www.skanetrafiken.se/P4W/Regionbuss/141214_151212/Regionbuss_474_141214_151212.pdf
[Använd 29 april 2015].

Svenska Elvägar AB, 2011. *Utveckling av aktiv strömavtagare för tunga vägfordon.* Version 1.01. Rapport. Svenska Elvägar AB. Tillgänglig på:
<http://www.elvag.se/blogg/wp-content/uploads/2011/12/Elvag-rapport-version-2011-12-02a.pdf>
[Använd 17 april 2015].

Trafikverket, 2011. *BVH 701 Plankorsningar – Bygga nytt – Bygga bort – Val av skyddsalternativ.* Handbok. Tillgänglig på:
<http://pwidastreamerext.banverket.se/StreamService/StreamDocument.ashx?AppKey=ce01c31b-0d2a-4247-a219-c4465dbded51&DocumentKey=17d839b7-e6c1-4a51-8c56-1c48833e1500>
[Använd 17 mars 2015].

Trafikverket, 2012a. *BVS 1586.26 Banöverbyggnad - Plattformar -- Geometriska krav vid ny- och ombyggnad.* Standard. Tillgänglig på:
http://ida8iext.banverket.se/bvdok_extern/ViewPdfDoc.aspx?docGUID=672052f5-418c-4352-b58a-310732e36980
[Använd 23 februari 2015].

Trafikverket, 2012b. *BVS 1585.005 Typsektioner för banan.* Standard. Tillgänglig på:
http://ida8iext.banverket.se/bvdok_extern/ViewPdfDoc.aspx?docGUID=e100d48b-3af3-4ea4-9041-ed1b80526813
[Använd 02 mars 2015].

Trafikverket, 2012c. *BVS 1586.20 Banöverbyggnad - Infrastrukturprofiler - "Krav på fritt utrymme utmed banan".* Standard. Tillgänglig på:
<http://pwidastreamerext.banverket.se/StreamService/StreamDocument.ashx?AppKey=ce01c31b-0d2a-4247-a219-c4465dbded51&DocumentKey=f961d55a-3986-4474-bd55-a594771e43f8>
[Använd 17 mars 2015].

Trafikverket, 2012d. *Introduktion till samhällsekonomisk analys.pdf.* Rapport. Trafikverket. ISBN 978-91-7467-413-2. Tillgänglig på:
<http://online4.ineko.se/trafikverket/Product/Detail/43393>
[Använd 03 maj 2015].

Trafikverket, 2013. *TDOK 2013:0270 Vägskyddsanläggningar, Signalering mot banan.* Kravdokument. TRV 2013/20236. Tillgänglig på: <http://trvdokument.trafikverket.se/>
[Använd 17 mars 2015].

Trafikverket, 2014a. *TDOK 2014:0075 Banöverbyggnad -Spårgeometri Krav på spårets geometri vid nybyggnad, reinvestering, underhåll och drift.* Kravdokument. Tillgänglig på:
<http://trvdokument.trafikverket.se/>
(Sökord under Dokument ID "2014:0075")
[Använd 26 februari 2015].

Trafikverket, 2014b. *Planläggning av vägar och järnvägar.* Rapport. Trafikverket. TRV 2012/85426. Tillgänglig på:
http://www.trafikverket.se/contentassets/20d0aaf135d8488fa133a0d750bbc852/planlaggning_vagar_jarnvagar_1_0_141014.pdf
[Använd 31 mars 2015].

Trafikverket, 2015b. *Dokument för E22 Sätaröd-Vä.* Tillgänglig på:
http://www.trafikverket.se/contentassets/33a3d573c87040b9a0c6d153d64a94e4/oversiktskarta_001t0101.pdf
[Använd 13 april 2015].

Trafikverket, 2015c. *Dokument för E22 förbifart Linderöd.* Tillgänglig på:
http://www.trafikverket.se/contentassets/d22a505d884741949a4992629fbddb34/oversiktsplan_webb.pdf
[Använd 13 april 2015].

Trafikverket, 2015d. *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.2 - Kapitel 7 Värdering av kortare restid och transporttid.* Tillgänglig på:
http://www.trafikverket.se/contentassets/13c6f625c3324bc4b34a59c9f4594703/07_restid_o_transporttid_a52.pdf
[Använd 03 maj 2015].

Trafikverket, 2015f. *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.2 - Kapitel 3 Kalkylprinciper och generella kalkylvärden.* Tillgänglig på:
http://www.trafikverket.se/contentassets/13c6f625c3324bc4b34a59c9f4594703/03_generella_principer_o_varden_a52.pdf
[Använd 04 maj 2015].

Trivector Traffic, 2008. *Litteratursammanställning över kollektivtrafiksystem - som finns på världsmarknaden och är i bruk.* Rapport 2008:26. Tillgänglig på:
<http://malmo.se/download/18.3307ccf61248129e9ad800011635/Inventering+kollektivtrafiksystem+f%C3%B6r+t%C3%A4rt+2008-05-29+slutversion.pdf>
[Använd 05 februari 2015].

Trivector Traffic, 2010. *Superbussar - ett högklassigt regionalt bussystem i Nordostskåne.* Rapport 2010:73. Tillgänglig på:
<http://www.hmskane.se/superbussar-ett-hogklassigt-regionalt-bussystem-i-skane/>
[Använd 04 februari 2015].

Trivector Traffic, 2014a. *Regional Superbuss i Skåne - kravspecifikation.* PM 2014:1. Tillgänglig på:
http://utveckling.skane.se/siteassets/samhallsplanering/dokument/superbusskoncept_underlag/kravspecifikation_regionalt_superbusskoncept_2014-01-17.pdf
[Använd 12 februari 2015].

Trivector Traffic, 2014b. *Infrastruktur för Superbuss Kristianstad-Lund.*

Rapport 2014:23. Tillgänglig på:

http://utveckling.skane.se/siteassets/samhallsplanering/dokument/superbusskoncept_underlag/infrastruktur_for_superbuss_kristianstad-lund_version1.0_2014-10-06.pdf

[Använd 25 april 2015].

TSD Energi, 2014. *Godkännande av infrastruktur för järnväg, tunnelbana*

och spårväg - relaterade information - TSD Energi 1031-2014.pdf. Tillgänglig på:

<http://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/jarnvag/tsd/svenska/tsd-energi-1301-2014.pdf>

[Använd 10 mars 2015].

TSD PRM, 2007. *TSD Tillgänglighet för funktionshindrade.* Tillgänglig på:

https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/jarnvag/tsd/svenska/tsd_hogastighet_och_konventionell_handikapp_lagtext_samt_teknisktext_2007_12_21.pdf

[Använd 19 februari 2015].

TSD, konventionell lok och passagerarfordon, 2011. *TSD konventionell Lok och passagerarfordon.* Tillgänglig på:

https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/jarnvag/tsd/svenska/tsd_konventionell_loc_och_pas_2011-291.pdf

[Använd 19 februari 2015].

Wilson, T., 2004. *Report on Adelaide O-Bahn - Items of interest for planning of Cambridgeshire's Guided Busway.* Rapport. Tillgänglig på:

http://www.travelwest.info/sites/default/files/keep/projects/metrobus/ashton-vale-temple-meads/public-inquiry-documents/order-applicants-core-documents/D75_OBahn_Report_for_Cambridge.pdf

[Använd 19 februari 2015].

Wilson, T., 2010. *The O-Bahn Network - Adelaide's Flagship Public Transport System.* Konferensmaterial. Tillgänglig på:

<http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/adelaide-o-bahn-paper.doc>

[Använd 26 mars 2015].

X2AB, 2015. *Nya Guidlines för BRT i Sverige – Råd förutveckling av avancerade kollektivtrafiklösningar med hög kvalitet och kapacitet.* Rapport. X2AB. Tillgänglig på:
http://x2ab.se/Global/Bilder/Dokument/BRTGuideliines_X2AB%20Jan%202015.pdf
[Använd 05 februari 2015].

Internetkällor

Bank of England, 2015. *Inflation Calculator.*
Tillgänglig på:
<http://www.bankofengland.co.uk/education/Pages/resources/inflationtools/calculator/flash/default.aspx>
[Använd 26 mars 2015].

Bombardier Transportation, 1997-2015. *Diesel Multiple Unit TALENT Class 643.2.* Tillgänglig på:
<http://www.bombardier.com/en/transportation/products-services/rail-vehicles/commuter-and-regional-trains/diesel-multiple-units.html>
[Använd 13 februari 2015].

citytransport, 2001-2015. *Bus Priority Systems - Special Feature On Kerb Guided Buses (O-Bahn).*
Tillgänglig på: <http://www.citytransport.info/OBahn.htm>
[Använd 09 mars 2015].

Diagonalen, 2007. *Lund-Ideon och Diagonalen.*
Tillgänglig på: http://www.diagonalen.se/lund_ideon.htm
[Använd 08 april 2015].

Diagonalen, 2009. *Vad är Diagonalen?* Tillgänglig på:
<http://www.diagonalen.se/index.htm>
[Använd 28 april 2015].

Elways, 2011a. *Elways lösning.* Tillgänglig på:
<http://elways.se/elways-losning/>
[Använd 09 mars 2015].

Elways, 2011b. *Nästa utvecklingssteg.* Tillgänglig på:
<http://elways.se/nasta-utvecklingssteg/>
[Använd 09 mars 2015].

Elektriska vägar, 2012. *Elvägar i Almedalen.* Tillgänglig på:
<http://www.elvag.se/blogg/2012/07/elvagar-i-almedalen/comment-page-1/#comment-120>
[Använd 09 mars 2015].

Göteborgs-Posten, 2014. *Nya spårvagnar provskörs innan köp.*
Tillgänglig på:
<http://www.gp.se/nyheter/goteborg/1.2247346-nya-sparvagnar-provkors-innan-kop>
[Använd 30 mars 2015].

Helsingborgs Dagblad, 2005. *Ny Skånejärnväg inte lönsam.* Tillgänglig på:
<http://www.hd.se/nyheter/skane/2005/01/11/ny-skanejarnvag-inte-lonsam/>
[Använd 28 april 2015].

HMSkåne (Region Skåne), 2014. *Resrelationer.* Tillgänglig på:
<http://kollap.malmo.se/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=AccessPointDMZ%2FResvanor.qvw&host=QVS%40srvwinqvdmz01&anonymous=true>
[Använd 04 maj 2015].

Infrastrukturnyheter, 2012. *Region Skåne lånar en miljard till nya Pågatåg.*
Tillgänglig på:
<http://www.infrastrukturnyheter.se/2012/07/region-sk-ne-l-nar-en-miljard-till-nya-p-gat-g>
[Använd 30 mars 2015].

Luton, 2015. *What is the busway?* Tillgänglig på:
https://www.luton.gov.uk/Transport_and_streets/Transport_planning/Luton%20Dunstable%20Busway/Pages/What%20is%20the%20busway_2.aspx
[Använd 27 mars 2015].

Pedersen, K., u.d. *The Switch Myth.* Tillgänglig på:
<http://www.monorails.org/tMspages/switch.html>
[Använd 19 mars 2015].

Region Skåne/Strukturbild för Skåne, 2014d. *Antal av- och påstigningar per dag på Skånes järnvägsstationer (2013).png.* Strukturbild för Skånes kartbank. Tillgänglig genom:
<http://utveckling.skane.se/utvecklingsomraden/samhallsplanering/strukturbild-for-skane1/kartbank/>
(Inloggning krävs, sökord ”Resenärer Av- och påstigningar Järnvägsstationer 2013”).
[Använd 04 maj 2015].

Reserve Bank of Australia, 2001-2015. *Inflation Calculator*. Tillgänglig på:
<http://www.rba.gov.au/calculator/annualDecimal.html>
[Använd 27 mars 2015].

Skånetrafiken, 2015a. *Reseplaneraren*. Tillgänglig på:
http://www.reseplaneraren.skanetrafiken.se/querypage_adv.aspx?language=sv
[Använd april 2015].

Skånetrafiken, 2015b. *JoJo Period - bäst för dig som reser ofta*. Tillgänglig på:
<https://www.skanetrafiken.se/templates/InformationPage.aspx?id=34372&epslanguage=SV>
[Använd 03 maj 2015].

SVT, 2014. *Region Skåne köper nya Pågatåg*. Tillgänglig på:
<http://www.svt.se/nyheter/regionalt/sydneytt/region-skane-koper-nya-pagatag>
[Använd 30 mars 2015].

Sydsvenskan, 2005. *Diagonal Skåneräls dröjer*. Tillgänglig på:
<http://www.sydsvenskan.se/omkretsen/diagonal-skanerals-drojer/>
[Använd 29 april 2015].

Sydsvenskan, 2012. *Världspremiär för superbussar*. Tillgänglig på:
<http://www.sydsvenskan.se/malmo/varldspremiar-for-superbussar/>
[Använd 30 mars 2015].

Trafiken.nu, 2015. *Reseplanerare*. Tillgänglig på:
<http://www.trafiken.nu/skane/Reseplanerare1/>
[Använd april 2015].

Trafikverket, 2015e. *Marieholmsbanan, Eslöv-Teckomatorp*. Tillgänglig på:
<http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Skane/Marieholmsbanan-EslovTeckomatorp/>
[Använd 03 maj 2015].

Transportstyrelsen, 2015a. *Dimensioner*. Tillgänglig på:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Yrkestrafik/Gods-och-buss/Matt-och-vikt/Dimensioner/>
[Använd 19 februari 2015].

Transportstyrelsen, 2015b. *Tillåtet axeltryck.* Tillgänglig på:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Yrkestrafik/Gods-och-buss/Matt-och-vikt/Tillatet-axeltryck/>
[Använd 04 mars 2015].

Transportstyrelsen, 2015c. *Bruttoviktstabeller.* Tillgänglig på:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Yrkestrafik/Gods-och-buss/Matt-och-vikt/Bruttoviktstabeller/>
[Använd 04 mars 2015].

Transportstyrelsen, 2015d. *Författningssamling.* Tillgänglig på:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/Regler/>
[Använd 31 mars 2015].

Transportstyrelsen, 2015e. *Järnvägsstyrelsens trafikföreskrifter, JTF.* Tillgänglig på:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/Regler/Regler-for-jarnvag/JTF/>
[Använd 31 mars 2015].

Transportstyrelsen, 2015f. *Tekniskt godkännande.* Tillgänglig på:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/jarnvag/Godkannande/>
[Använd 31 mars 2015].

Transportstyrelsen, 2015h. *Järnvägsföretag.* Tillgänglig på:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/jarnvag/Tillstand/Tillstandsformer-for-jarnvagsforetag/>
[Använd 31 mars 2015].

Transportstyrelsen, 2015i. *Auktorisation.* Tillgänglig på:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/jarnvag/Tillstand/Auktorisation/>
[Använd 31 mars 2015].

Transportstyrelsen, 2015j. *Infrastrukturförvaltare.* Tillgänglig på:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/jarnvag/Tillstand/Tillstandsformer-jarnvagsinfrastruktur/>
[Använd 31 mars 2015].

Transportstyrelsen, 2015k. *ECM - underhållsansvarig enhet.* Tillgänglig på:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/jarnvag/Tillstand/ECM---underhallsansvarig-enhet/>
[Använd 31 mars 2015].

Transportstyrelsen, 2015l. *Tillstånd.* Tillgänglig på:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/jarnvag/Tillstand/>
[Använd 31 mars 2015].

Volvo Bussar, 2015. *Volvo Bussar och Siemens tecknar globalt avtal om elektrifierade buss-system.* Tillgänglig på:
http://www.volvobuses.com/bus/sweden/sv-se/_layouts/CWP.Internet.VolvoCom/NewsItem.aspx?News.ItemId=149239&News.Language=sv-se
[Använd 25 februari 2015].

Muntliga och interna källor

Hiselius, 2014. Hiselius, Lena. Universitetslektor, verksamhetsansvarig för Trafik och Väg. Lunds tekniska högskola. 2014-02-24. Föreläsning i kursen ”Samhällsekonomi (VVBF10): Samhällsekonomisk utvärdering” inom högskoleingenjörsutbildningen i byggteknik – järnvägsteknik.
[Använd 03 maj 2015].

Jargenius, 2014. Jargenius, Patrik. Kurslärare vid LTH. *Prissamling.xlsx.* Underlagsmaterial för projektarbete i kursen ”Planerings- och projekteringsmetodik av järnvägsanläggningar (VTVF80)” vid Lunds tekniska högskola inom högskoleingenjörsutbildningen i byggteknik – järnvägsteknik. 2014-10-09.
[Använd 20 april 2015].

Larsson, 2015. Larsson, Clas. Teknikchef El, SWECO Rail AB. Telefonsamtal. 2015-04-13.

Olofsson, 2014. Olofsson, Sara. Institutet för hälso- och sjukvårdsekonomi. 26-02-2014. Föreläsning vid Lunds tekniska högskola i kursen ”Samhällsekonomi (VVBF10): Hälsoekonomi” inom högskoleingenjörsutbildningen i byggteknik - järnvägsteknik.
[Använd 03 maj 2015].

Sjöholm, 2015. Sjöholm, Mattias. Trafikutredare på Skånetrafiken, avd. Affär och Marknad, planeringsenheten. Intervju. 2015-04-21.

SWECO, 2015. *Kostnader järnväg.xls.* SWECO Transport System AB, Malmö. 2015-04-20.

Thorsén, et al., 2014. *Kalkylblad uppdaterad.* Material från projektarbete inom kursen ”Planerings- och projekteringsmetodik av järnvägsanläggningar (VTVF80)” inom högskoleningenjörsutbildningen i byggt teknik – järnvägsteknik vid Lunds tekniska högskola. Thorsén, M., Desta, R., Beyhammar, S. & Bjerborn, A., 2014-12-05.

Transportstyrelsen, 2015g. Bylander, Robert. Transportstyrelsen. Email-konversation. 2015-04-21.

Wretstrand & Björklund, 2015. Wretstrand, Kirsten. & Björklund, Carl. SWECO Transport System AB, Malmö. Samtal. 2015-04-23.

Bildkällor

Bombardier Transportation (1997-2015). *Diesel Multiple Unit TALENT Class 643.2.* Tillgänglig på:
<http://www.bombardier.com/en/transportation/products-services/rail-vehicles/commuter-and-regional-trains/diesel-multiple-units.html>
[Använd 13 februari 2015].

Castle (2011). *"Guided bus Oakington to Longstanton"* av Bob Castle – Eget verk. Licensierad under GFDL via Wikimedia Commons. Tillgänglig på:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guided_bus_Oakington_to_Longstanton.jpg#/media/File:Guided_bus_Oakington_to_Longstanton.jpg
[Använd 18 maj 2015].

Caraco (2004). *"Tramway de Caen Station"* av Alain Caraco - Eget verk. Licensierad under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons. Tillgänglig på:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tramway_de_Caen_Station.jpg#/media/File:Tramway_de_Caen_Station.jpg
[Använd 08 maj 2015].

Glentamara (2014). *"Pagatagstrafiken"* av Glentamara - Eget verk. Licensierad under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons. Tillgänglig på:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pagatagstrafiken.svg#mediaviewer/File:Pagatagstrafiken.svg>
[Använd 06 mars 2015].

Geodata, © Lantmäteriet i2014/00579 (2015). *Geodata Extraction Tool.* Tillgänglig på:
<https://maps.slu.se/get/>
[Använd 07 april 2015].

JuergenG (2000). *"Spurbus Essen"*. Licensierad under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons. Tillgänglig på:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spurbus_Essen1.jpg#mediaviewer/File:Spurbus_Essen1.jpg
[Använd 10 februari 2015].

LennartBolks (2005). *„Spurbus Mannheim1“*. Licensierad under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons. Tillgänglig på:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spurbus_Mannheim1.jpg#mediaviewer/File:Spurbus_Mannheim1.jpg
[Använd 02 mars 2015].

Maurits90 (2010). *"Metrobus Istanbul 2010"* av Maurits90 – Eget verk. Licensierad under Public Domain via Wikimedia Commons. Tillgänglig på:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metrobus_Istanbul_2010.jpg#/media/File:Metrobus_Istanbul_2010.jpg
[Använd 10 februari 2015].

Region Skåne (2014b). *Regional Superbuss*. © Region Skåne. Tillgänglig på:
http://www.skane.se/siteassets/kollektivtrafik/superbusskoncept_stor.jpg
[Använd 12 februari 2015].

Region Skåne/Strukturbild (2011a). *Lokala arbetsmarknadsregioner 2008.png*. Strukturbild för Skånes kartbank. © Region Skåne/Strukturbild. Tillgänglig genom:
<http://utveckling.skane.se/utvecklingsomraden/samhallsplanering/strukturbild-for-skane1/kartbank/>
(Inloggning krävs, sökord "Karta 45 Lokala arbetsmarknadsregioner").
[Använd 07 april 2015].

Region Skåne/Strukturbild (2011b). *Pendlingsmönster mellan Skånes kommuner 2008.png*. Strukturbild för Skånes kartbank. © Region Skåne/Strukturbild. Tillgänglig genom:
<http://utveckling.skane.se/utvecklingsomraden/samhallsplanering/strukturbild-for-skane1/kartbank/>
(Inloggning krävs, sökord "Karta 26 Flerkärnighet Pendling").
[Använd 07 april 2015].

Region Skåne/Strukturbild (2011c). *Skånes tätortstruktur.png*. Strukturbild för Skånes kartbank. © Region Skåne/Strukturbild. Tillgänglig genom:
<http://utveckling.skane.se/utvecklingsomraden/samhallsplanering/strukturbild-for-skane1/kartbank/>
(Inloggning krävs, sökord "Karta 48 Flerkärnighet").
[Använd 07 april 2015].

Region Skåne/Strukturbild (2014a). *Befolkningsmängd inom 1,5 km från en järnvägsstation 2013.png*. Strukturbild för Skånes kartbank. © Region Skåne/Strukturbild. Tillgänglig genom:
<http://utveckling.skane.se/utvecklingsomraden/samhallsplanering/strukturbild-for-skane1/kartbank/>
(Inloggning krävs, sökord "Befolkning Stationsnära boende 1,5 kilometers radie").
[Använd 13 mars 2015].

Spsmiller (2014a). *"Ipswich-UK-guided-busway2"*. Licensierad under Public Domain via Wikimedia Commons. Tillgänglig på:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ipswich-UK-guided-busway2.jpg#/media/File:Ipswich-UK-guided-busway2.jpg>
[Använd 18 maj 2015].

Spsmiller (2014b). *"Ipswich-UK-guided-busway1"*. Licensierad under Public Domain via Wikimedia Commons. Tillgänglig på:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ipswich-UK-guided-busway1.jpg#/media/File:Ipswich-UK-guided-busway1.jpg>
[Använd 18 maj 2015].

Storbeck (1997). „*O bahn adelaide sst*“ av Sven Storbeck – Eget verk. Licensierad under GPL via Wikimedia Commons. Tillgänglig på:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:O_bahn_adelaide_sst.jpg#mediaviewer/File:O_bahn_adelaide_sst.jpg
[Använd 04 mars 2015].

Svensk världsatlas (1930). *"Skane svatlas"* av okänd upphovsman - Svensk världsatlas (1930), s. 18. Licensierad under Public Domain via Wikimedia Commons. Tillgänglig på:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skane_svatlas.jpg#mediaviewer/File:Skane_svatlas.jpg
[Använd 06 mars 2015].

Trafikverket (2015a). *Planeringsprocess byggandeprocess - word*. Tillgänglig på:
http://www.trafikverket.se/contentassets/b2c8f447511a4b4490838cbf9d812fe8/planeringsprocess_byggandeprocess_word.png
[Använd 01 april 2015].

10 Bilagor

10.1 Bilaga 1 – Spårviddsberäkningar

Måttet mellan rälerans ytterkanter blir 1 500 mm + (1 500-1 435) = 1 565 mm. Avståndet från spårmit till rälens ytterkant blir alltså 782,5 mm. Upp till en höjd av 870 mm över RÖK är största tillåtna fordonsbredd 1 575 mm från spårmit (Corshammar, 2012). Således finns ett utrymme mellan 1 575 och 782,5 mm. Avståndet mellan banans ytterkant och räl blir därmed $(2700/2+100) - 782,5 \text{ mm} = 667,5 \text{ mm}$. Inom detta utrymme ska kantstöd och farbana samt mellanrum mellan räl och farbana rymmas. Mellanrummet bör vara ca 120 mm (med hänsyn till befästningar etc.). För att klara detta krävs att körbanornas bredd minskas till ca 450 mm. Då blir mellanrummet mellan farbana och räl 117,5 mm.

10.2 Bilaga 2 - Tjockleksberäkning för ballast

Beräkning av ballastdjup		Pi = 3,141592654				
Antagande (worst case) hjul-farbaneyta	kN	m(x0)	m(y0)	m ²	Mpa	
Q0 =	106,929					
A0 =		0,1	0,1	0,03142		
P0 =					3,40366	
Banans ("sliperns") tjocklek, z0, antas vara 30 cm och bredden 60 cm						
Den vertikala lasten antas vara samma oavsett djup						
Betongbanan antas fördela lasten enligt Bild. 52, s. 78 i Corshammar (2014b)	Delsektion	1	2	3	4	5
Lastfördelning (%)		5%	20%	50%	20%	5%
Lastfördelning (kN) Q1 =		5,35	21,39	53,46	21,39	5,35
Lastspridning φ = 30 grader		m(x1)	m(y1)	m ²		
		0,44641	0,37321	0,53		
A1 = (m(x1)-överskjutning)*m(y1)				0,53		
Tryckfördelning P1 =		0,01	0,04	0,10	0,04	0,01
Största trycket fås rakt under hjulet	Pmax =	0,10	MPa			
För grusbullast antas en låg friktionsvinkel ε (33 grader)						
Mot marken krävs 0,05 MPa						
Största trycket från banan på ballasten är ca. 0,17 MPa						
Detta måste spridas över en area som är						
D.v.s. $0.53 \cdot 2.026682 =$	2,02668	gångar så stor				
	1,06929	m ²				
A2 =				1,06929	m ²	
Q2 =	53,46	kN				
P2 =					0,05	MPa
Dvs $3.14159 \cdot ((2 \cdot \tan(33) \cdot z1 + m(x1)) + (2 \cdot \tan(33) \cdot z1 + m(y1))) / 2^2 = 1.06929$						
Sätt $2 \cdot \tan(33) \cdot z1 = R$		$3.14159 \cdot ((2 \cdot R + m(x1) + m(y1))) / 2^2 = 1.0158255$				
Sätt $(2 \cdot R + m(x1) + m(y1)) / 2 = T$		$3.14159 \cdot T^2 = 1.0158255$				
T = $\pm \sqrt{1.0158255 / 3.14159}$						
	T1 =	0,58341				
	(T2 =)	-0,58341				
Lös ut R	R1 =	0,17360				
	(R2 =)	-0,58341				
Lös ut z1						
$z1 = R / (2 \cdot \tan(33))$	z1 =	0,13366				
		ε = 33 grader	ε = 45 grader	ε = 40 grader		
	z1 =	0,13366	0,08680	0,10344	Järnväg	1,2 m 1,8 6,12 m ³ /m
Frostisolerings, ca 0,9 m från ytan, räknat från ballastens (z1) underkant	F3 =	0,46634	0,51320	0,49656	Gummihjulståg	0,6 m 0,9 2,52 m ³ /m
Källa: (Figur RA DCH/1 i TRVAMA Anläggning 10)						
Frostsäkert material under tvärbalkarna (20 cm höga)	F4 =	0,26634	0,31320	0,29656		
Alternativt cellplast eller liknande						
För gummihjulstågbanan krävs alltså 2.52/6.12 =						
59% mindre ballastmaterial jämfört med en järnväg.						
Dessutom kan det uppgrävda materialet fylla ut mellanrummet mellan körbanorna						

Q = last, A = area, P = tryck. Q0, Q1, Q2 etc. står för olika höjdnivåer (gränsskikt). m(x0/1) och m(y0/1) = utsträckning i x- resp. y-led vid nivå 0 resp. 1. Nivå 0 = gränsskiktet mellan hjul och bana. Nivå 1 = gränsskiktet mellan betong och ballast. Nivå 2 = gränsskiktet mellan ballast och jord. ε = friktionsvinkel.

”Slipersavståndet” är ca 3 m, men då det ligger på den säkra sidan⁷⁵, förenklar författaren fallet till att hela sektionen vilar direkt på ballasten. Med en säkerhetsfaktor 2 blir hjullasten (en sida) knappt 107 kN. Mellan balken och ballasten blir då spänningen knappt 54 kPa. För att uppnå kravet på högst 0,05 MPa i gränsen mot terrassytan behövs omkr. 10 -15 cm ballast (beroende på kvalité, grusballast ger högst värden). (Corshammar, 2014, s. 78-96) Utöver detta tillkommer frotskyddslager⁷⁶, vilket beror på klimatförhållandena. För Skånes del rör det sig i detta fall om ca 40 – 50 cm extra material⁷⁷. Av detta kan dock knappt hälften sparas in genom att istället använda isolerande konstmaterial såsom cellplast (Granhage, 2009).

10.3 Bilaga 3 – Effektberäkningar

10.3.1 Förklaring

Gångmotståndets storlek är svår att bedöma, då den påverkas av fordonets egenskaper. På plant rakspår ligger det kring 25 kN för ett konventionellt persontåg (Andersson & Berg, 2007b, s. 15:2) Då adhesionen är upp till 6 gånger högre, kan man anta att detsamma gäller för rullmotståndet. Det beror även på antalet axlar. Det mekaniska motståndet, D_M , blir således omkr. 15 kN för ett dubbelkopplat gummihjulståg⁷⁸.

Luftmotståndet beror på hastigheten och den s.k. motståndsarean. Enligt beräkningar med avseende på längden gjorda efter formler hos Andersson & Berg (2007b, s. 13:4) får ett tänkt 45 m långt X2000 en motståndsarea på 6,05 m² medan ett RC-lok plus vagnar får 10,865 m². Författaren antar här att gummihjulstågen ligger närmare X2000 antar ett värde på 7 m². Därmed blir luftmotståndet omkr. 43 % (36 % för ett tågsätt) av vad som anges för RC-loket med 7 vagnar enligt ovan. I en hastighet av 140 km/h blir luftmotståndet då 8,6 kN. Totala gångmotståndet på plant rakspår blir då $15 + 8,6 = 23,6$ kN.

Stigningsmotståndet beror på lutningen; enligt avsnitt 3.2.1.4 kan lutningar uppemot 55 – 60 ‰ över korta sträckor bli aktuella. Stigningsmotståndet, D_S , kan således, i extremfall, uppgå till ca 103 kN. Kurvmotståndet kan uppgå till omkr. 19 kN⁷⁹ (ibid.). Det är dock ej sannolikt att alla extremsituationer inträffar samtidigt. För horisontellt spår gäller alltså att det krävs en dragkraft på $23,6 + 19 = 42,6$ kN. Ett enkelt överslag ger att nödvändig dragkraft ($F_a = F_{tot} - D$, där D är gångmotståndet) för att accelerera ett dubbelkopplat

⁷⁵ Spänningen är lägre djupare ned.

⁷⁶ Går banan på pelare *kan* detta vara omotiverat.

⁷⁷ Enligt Figur ANY RA DCH/1. Tjocklek på underballast – införd i AMA-nytt 1/2012 (enligt TRV AMA 10)

⁷⁸ Interpolerat (avseende adhesion och längd) från figur i (Andersson & Berg, 2007b, s. 13:4, 15:2)

⁷⁹ Interpolerat (med avseende på antalet axlar, kurvradie och adhesion) från figur i (Andersson & Berg, 2007b, s. 15:2)

gummihjulståg ($1,2 \text{ m/s}^2$) blir ca 220 kN.⁸⁰ För att accelerera även i stigningar ($\leq 25 \text{ ‰}$) krävs ytterligare 42,8 kN. Totalt krävs (för ett dubbelt tågsätt) ca 305 kN för full acceleration i lutningar upp till 25 ‰. För ett enkelt tågsätt gäller 152 kN. Skall denna acceleration kunna bibehållas upp till 80 km/h (vilket är vanligt för pendeltåg (Andersson & Berg, 2007b, s. 15:21)) krävs alltså en effekt på nära 3,4 MW (för ett enkelt tåg) – exkl. förluster. Med 85 % verkningsgrad (jfr Andersson & Berg, 2007b, s. 15:11⁸¹) och en effektfaktor på 0,8, krävs nästan 4 700 kVA. För dubbelkopplade tåg blir siffran omkring dubbelt så stor.

10.3.2 Beräkning av gummihjulens DL, DM och DK (gångmotstånd)

DL	Motsåndsarea	7 m ²	DL ska vara 36% av bilden på s.13:4		
	RC	10,865	RC två tåg	13,7 kN	
	X2	6,05	X2 två tåg	8,55 kN	
	Gummihjulens andel relativt bilden		36%		
	För två tåg		43%		
DM	RC 32 axlar	5 kN			
	RC 16 axlar	2,5 kN			
	GHT 95 axlar	15 kN			
	GHT 45 axlar	7,5 kN			
DK	RC 200 m	10 kN	För 140 km/h krävs kurvradien	746 m	
	RC 95 m	4,75 kN			
	RC 45 m	2,25 kN	Vid 350 m	10 kN	
			Vid 1000 m	4 kN	
			Interpolering till 746 m	6,34 kN	
			För GHT med 8 resp. 16 axlar	9,52 19,03 kN	

⁸⁰ Faktorn 1,05 motsvarar ett ganska typiskt värde för ekvivalent (dynamiskt) masstillskott (Andersson & Berg, 2007b, s. 12:14). Här har författaren minskat värdet något, för att kompensera för gummihjulstågens lättare hjul.

⁸¹ Dessa värden avser ett äldre Rc-lok. Med modern teknik bör bättre värden kunna uppnås.

10.3.3 Beräkningar

	1 tåg	2 tåg
amax = max. acceleration	amax = 1.2 m/s ²	
m = tågets massa	m	174,4 ton
Fa = accelerationskraft	Fa = F-D (a = 1,2) = me*a	217,68 kN
me = ekvivalent (dynamisk) massa	me	181,4 ton
DM = mekaniskt (null-)motstånd	Dm	15 kN
DL = luftmotstånd	DL (v=80)	3,255076 kN
DK = kurvmotstånd	DK	4,75 kN
a = acceleration	DM+DL+DK	23,01 kN
DS = stigningmotstånd	DS (2,5 %) = m*g*15/1000	42,7716 kN
v = hastighet	DS (6,0 %) = m*g*60/1000	102,6518 kN
D = gångmotstånd	D = DM+DL+DK+DS (2,5 %)	65,77668 kN
F = total dragkraft	F = Fa+D	283,4567 kN
Pm = effekt vid högsta hastighet med max. acceleration, vid hjulen	Pm(v=80+, a=1,2) = F*v	6299,04 kW
Pt = effekt vid högsta konstanta hastighet	Pt(v=140, a=0, DL= 5,4) = F*D	2682,23 kN
g = tyngdacceleration (9,81 m/s ²)	$\Delta P = Pm - Pt$	3616,81 m/s ²
Ft = uttagbar dragkraft vid "topphastigheten"	Ft(v=140-, a=?) = $\Delta P/me$	19,9383 kN
at = möjlig acceleration vid denna hastighet	at(v=140-) = Ft/me	0,109913 m/s ²
(2 tåg) = dubbelkopplade tåg		
Fm = total dragkraft vid 80 km/h	Effekt som måste kunna användas	6299,04 kW
Pmek = effekt vid hjulen	P($\eta=0,85$)	7410,632056 kW
P($\eta=0,85$) = effekt inkl. förluster i motorn, verkningsgrad 85 %	cos $\phi \approx 0,8$	
cos ϕ = effektfaktor	S	9263,29007 kVA
S = skenbar effekt		
BT100Å		
Z	(0,28 + 0,23j) Ω/km	$\Delta R/\Delta A = (0,26-0,30)/(120-80) = -0,001 \Omega/mm^2$ *
R	0,28 Ω/km	Z = (0,28 -0,001 $\Omega/(mm^2-100) +0,23j$) Ω/km
AC 15 kV		R = (0,28 -0,001 $\Omega/(mm^2-100)$) Ω/km
ström 15 kV, I15 = S/15	617,55 A	
Spänningsfall, $\Delta U/15 = I15*(0,28*0,8 + SIN(ARCCOS(0,8))*0,23)$	223,55 V/km	Area fördelad på två trådar
DC 3 kV		Tråddiameter
ström 3 kV, I3 = S/3	3087,76 A	* Enligt ledningsdata för BT-system i formelblad från Järnvägsskolan
Spänningsfall, $\Delta U3 = R*I3^2$	1729,15 V/km	
Förlust/km AC kV, PI15, = $2*(I15^2)*R/1000$	213,57 kJ	
Förlust/km DC 3 kV, PI3, = $2*(I3^2)*R/1000$	5339,20 kJ	
Resistans som krävs för samma förluster, R3 = PI15*1000/2/(I3 ²)	0,011 Ω/km	
Area som krävs för denna resistans, A3 = ((R-R3)/0,001)+100	368,8 mm ²	
Kontroll PI3 = $2*(I3^2)*R3/1000$	213,57 kJ	

10.4 Bilaga 4 – poängsättning

Område	Poäng	GHT	Kommentarer	Superbuss	Buss
Dedikerad väg					
Helt dedikerad bana eller fysisk separering på > 90 % av sträckan	8	8			2
Helt dedikerad bana eller fysisk separering på > 75 % av sträckan	7				
Endast linjemarkering eller färgad körbana på > 75 % av sträckan	5				
Endast linjemarkering eller färgad körbana på > 40 % av sträckan	3				
Endast linjemarkering eller färgad körbana på > 20 % av sträckan	2				
Enbart m.h.a. kamera och skyltar	1				
Bankonfiguration					
Dubbelriktad bussväg centralt placerad mellan två körbanor	8	8		0	0
Exklusiv bana utan blandtrafik med absolut framkomlighet	8				
Bussgata vid kant (t.ex. park eller vatten) med få korsningar	8				
Dubbelriktad bussväg vid sidan om en enkelriktad gata	6				
Dubbelriktade bussfiler i innerfilerna	5				
Dubbelriktade bussfiler i ytterfilerna	3				
*Reversibelt körfält	1				
Kantförlagd bussfil på dubbelriktad väg	0				
Biljetsytem					
Alla stationerna längs banan har vändkors-kontroller	8	7			7
Alla stationerna längs banan har förköpta biljetter	7				
80 % av stationerna längs banan har vändkors-kontroller	7				
60 % av stationerna längs banan har förköpta biljetter	6				
60 % av stationerna längs banan har vändkors-kontroller	6				
60 % av stationerna längs banan har förköpta biljetter	5				
40 % av stationerna längs banan har vändkors-kontroller	5				
40 % av stationerna längs banan har förköpta biljetter	4				
20 % av stationerna längs banan har vändkors-kontroller	3				
20 % av stationerna längs banan har förköpta biljetter	2				
< 20 % av stationerna längs banan har vändkors-kontroller eller förköpta biljetter	0				
Korsningar					
Korsning i plan förbjuden	7	6			4
Korsning i plan ofäst förbjuden	6				
Ca. hälften av korsningarna förbjudna och viss signalprioritet	5				
Vissa korsningar förbjudna och signalprioritet i de flesta korsningar	4				
Vissa korsningar förbjudna och viss signalprioritet	3				
Korsning i plan tillåtet, ofäst signalprioritet	2				
Korsning i plan tillåtet, vissa korsningar har signalprioritet	1				
Ingen åtgärd	0				
Plant insteg					
100 % av fordonen, åtgärder för minskat gap i hela systemet	7	7			4
80 % "	6				
60 % "	5				
100 % har plant insteg, inget system för att minska gapet	4				
40%	3				
20%	2				
50 % (?)	1				
10%	0				
Ikke - insteg i plan					

Flera linjer i samma korridor		4	4	4	4
Två eller fler som angör minst två stationer		4			
Nej		0			
Typ av service (rutter)		2	2	2	3
Lokal- och flera express-linjer		3			
Minst en lokal och en express		2			
Inga expresslinjer		0			
Trafikkontrollcenter		3	3	1	0
Alla funktioner		3			
De flesta funktioner		2			
Några funktioner		1			
Inget kontrollcenter		0			
Val av korridor		2	2	2	2
En av de 10 mest belastade		2			
Annan		0			
Bana där efterfrågan är som störst (och konkurrensen likaså...)		2	2	1	0
Nivå 1		3			
Nivå 2		2			
Nivå 3		1			
Inget		0			
Öppetider		1	1	1	1
Både sent på natten och på helger		2			
Sent på natten, inga helger - eller tvärtom		1			
Inga avgångar sent på natten eller på helger		0			
Nätverk med flera linjer (av samma typ)		2	2	2	2
Ansluter till existerande eller närmast i tid planerade linjer		2			
Ansluter till en planerad linje		1			
Inga anslutande linjer		0			
Förbågsspår/filer vid stationer		2	2	0	0
Fysiska, dedikerade förbågsspår		4			
Tillkommande förbågsspår		2			
Inga förbågsspår		0			
Utsläpp		3	3	3	3
Euro VI eller US 2010		3			
Euro IV med PM-fällor eller US 2007		2			
Euro IV eller Euro III CNG med granskad PM-fälla		1			
Lågre		0			
Stationsplacering		0	0	0	0
75 % av stationerna minst 40 m från korsning (om sådana finns) eller mindre avstånd p.g.a. bebyggelsens struktur		3			
75 % minst 26 m eller som ovan		2			
25 % 26 m eller som ovan		1			
< 25 % 26 m eller som ovan		0			
Mittrilagda stationer/plattformar		2	1	0	0
Minst 80 %		2			
50%		1			
< 20 %		0			

Beläggingsmaterial / spårkvalitet									
Designad för 30 år på hela banan	2								
Designad för 30 år på stationerna	1								
Designad för mindre än 30 år	0								
Avstånd mellan stationer i tätbebyggt område									
0,3 - 0,8 km	2					1	Gränsfall, därav halva poängvärdet.	2	1
Säkra och bekväma stationer									
Alla stationer är breda, attraktiva, väderskyddade	3					2		1	1
De flesta är det	2								
Några är det	1								
Inga är det	0								
Andel fordon med 3+ dörrar eller 2 breda dörrar på plattformssidan och insteg i alla dörrar									
100%	3					3		3	0
65%	2								
32%	1								
< 35 %	0								
Fordonsplatser på station									
Minst två på stationerna med högst efterfrågan	1					1		1	1
Mindre än två	0								
Skjutdörrar på stationerna (plattformsdörrar)									
Alla stationer	1					0		0	0
Annat	0								
Marknadsföring									
Alla fordon, linjer och stationer använder ett namn i hela systemet	3					3		3	1
Alla fordon, linjer och stationer använder ett namn, men ej samma i hela systemet	2								
Några fordon, linjer och stationer har eget namn	1								
Inget eget namn	0								
Information på stationer och ombord på fordon									
Funktionell realtidsinformation och aktuell statisk information i hela systemet	2					2		3	1
Aktuell statisk information	1								
Dälig eller ingen information	0								
Tillgänglighet för funktionshinderade									
Full tillgänglighet på alla stationer och fordon	3					2		2	1
Delvis tillgänglighet på alla stationer och fordon	2								
Full eller delvis tillgänglighet på några stationer och fordon	1								
Nej	0								
Integrering med annan kollektivtrafik									
Både design och betalningssätt	3					3		3	2
Integrering av design eller betalningssätt	2								
Ingen integrering	0								

		2 Ej i fokus, men kan tänkas	1	0
Fotgängartillgänglighet				
God och säker för 500 m upptagningsområde	3			
God och säker vid stationer och många förbättringar runt om	2			
God och säker vid stationer och vissa förbättringar runt om	1			
Ej god, säker, på alla stationer och få förbättringar runt om	0			
Cykelparkering				
Säker parkering på åtminstone terminaler och cykelställ annars	2	2	2	0
Cykelställ på de flesta stationer	1			
Lite eller ingen cykelparkering	0			
Cykelvägar				
Parallellt med hela korridoren	2	1	0	0
Inte längs hela korridoren	1			
Inga	0			
Hjrcykel				
Minst 50 % av stationerna	1	0	0	0
Mindre än 50 %	0			
SUMMA		82	53	25
POÄNGAVDRAG				
Medelhastighet		För GHT		
20 km/h och mer	0	0	0	0
16 -20	-3			
13-16	-6			
< 13	-10			
Passagerare per timme och riktning vid trafiklopp				
< 1000	-5	-5 Vid dubbelspår klaras det troligen	-5	-5
Brist på konsekvens i framkomlighetsåtgärder/äddikerad bana				
Vanligt förekommande inkräkning på banan	-5	0	-5	-5
Ibland förekommande inkräkning på banan	-3			
Vid enstaka tillfällen förekommande inkräkning på banan	-1			
Gap mellan fordon och plattform				
Stora gap överallt eller nigning krävs	-5	-1 Ev. vissa gap på vissa platser	-1	-5
Mindre gap på några stationer, större på resten	-4			
Mindre gap på de flesta stationer	-3			
Inga gap på några stationer mindre på återstående	-2			
"	-1			
Trängsel				
Passagerartäthet > 5/m ² eller mer än 3/m ² på stationer eller omöjligt att stiga ombord eller stiga av p.g.a. trängsel	-5	0	0	0
Dåligt underhåll				
Av banan (slitage, spårbildning, hål, skräp, snö, "spårläge")	-4	0 Till en början	-4	-10
Av fordonen (klotter, skräp, trasiga stolar...)	-2			
Av stationerna (klotter, skräp, ockuperas av störande, trasiga saker/skadegörelse)	-2			
Av tekniska system (biljettautomater, etc. fungerar ej...)	-2			

Låg turtäthet i högrafik (andel av linjer)					
100 % har minst 8 avgångar/h	0	-3	-3	-3	
75 % har minst 8 avgångar/h	-1				
50% har minst 8 avgångar/h	-2				
< 50 % har minst 8 avgångar/h	-3				
Låg turtäthet i lågrafik (andel av linjer)					
100 % av linjerna har minst 4 avgångar/h	0	-2	-2	-2	
60% av linjerna har minst 4 avgångar/h	-1				
< 60 % av linjerna har minst 4 avgångar/h	-2				
SUMMA		-11	-20	-30	
TOTAL POÄNG för gummihjulstågen	71				
BETYG	SILVER				
TOTAL POÄNG för superbussarna	33				
BETYG	.				
TOTAL POÄNG för buss	-5				
GULD = 85+					
SILVER = 70-84					
BRONS =55-69					

10.5 Bilaga 5 – Kalkyl för gummi hjulståg

10.5.1 Kalkyl

	enhet	Antal	å-pris min	å-pris trolig	å-pris max	å-pris medel	Kostnad	Arbetskostnad	Totalkostnad
Bana på banvall	m	43283	12 880 kr	16 100 kr	19 320 kr	16 100 kr	696 856 300 kr	- kr	696 856 300 kr
Bana utanför banvall	m	22961	16 560 kr	20 700 kr	24 840 kr	20 700 kr	475 292 700 kr	- kr	475 292 700 kr
Bana som gränslar järnväg	m	1949	32 000 kr	40 000 kr	48 000 kr	40 000 kr	77 960 000 kr	- kr	77 960 000 kr
Planskiltheter bro liten ES	st	12	834 475 kr	1 001 370 kr	1 201 644 kr	1 012 496 kr	12 149 956 kr	12 149 956 kr	24 299 912 kr
Planskiltheter bro stor ES	per m	680	1 111 500 kr	1 200 800 kr	1 300 000 kr	1 207 677 kr	82 121 333 kr	82 121 333 kr	164 242 667 kr
Planskiltheter bro DS	st	2	1 468 820 kr	1 762 584 kr	2 291 359 kr	1 840 921 kr	3 681 842 kr	3 681 842 kr	7 363 684 kr
Vägport	st	13	662 974 kr	770 995 kr	925 194 kr	786 388 kr	10 223 041 kr	10 223 041 kr	20 446 082 kr
GC-tunnel	st	2	491 473 kr	540 620 kr	648 744 kr	560 279 kr	1 120 558 kr	1 120 558 kr	2 241 117 kr
Ersättningsväg grus	per m	580	1 500 kr	1 750 kr	3 000 kr	1 750 kr	1 015 000 kr	1 015 000 kr	2 030 000 kr
Ersättningsväg asfalt	per m	2241	2 000 kr	3 000 kr	9 000 kr	2 967 kr	6 648 300 kr	6 648 300 kr	13 296 600 kr
Stängning av väg liten	st	14	5 000 kr	7 500 kr	11 250 kr	7 917 kr	110 833 kr	110 833 kr	221 667 kr
Stängning av väg	st	8	10 000 kr	15 000 kr	21 000 kr	15 333 kr	122 667 kr	122 667 kr	245 333 kr
Inlösen av hus	st	2	1 000 000 kr	3 000 000 kr	4 500 000 kr	2 833 333 kr	5 666 667 kr	5 666 667 kr	11 333 333 kr
Bullerskydd	per m	3860	7 000 kr	9 000 kr	11 000 kr	9 000 kr	34 740 000 kr	34 740 000 kr	69 480 000 kr
Markkostnad ej planlagd	m ²	251405	40 kr	50 kr	65 kr	52 kr	12 989 258 kr	- kr	12 989 258 kr
Planlagd mark	m ²	89374,35	400 kr	1 000 kr	2 000 kr	1 133 kr	101 290 930 kr	- kr	101 290 930 kr
Vägvalsväxel	st	1	10 000 000 kr	12 000 000 kr	15 000 000 kr	12 333 333 kr	12 333 333 kr	- kr	12 333 333 kr
Stationer	st	10	16 871 886 kr	18 746 540 kr	20 621 194 kr	18 746 540 kr	187 465 400 kr	- kr	187 465 400 kr
Stationsväxel	st	12	1 500 000 kr	2 000 000 kr	2 500 000 kr	2 000 000 kr	24 000 000 kr	- kr	24 000 000 kr
Plankorsning	st	20	1 500 000 kr	1 950 000 kr	2 400 000 kr	1 950 000 kr	39 000 000 kr	- kr	39 000 000 kr
Öppen plankorsning	st	7	644 000 kr	805 000 kr	1 046 500 kr	831 833 kr	5 822 833 kr	- kr	5 822 833 kr
Elsystem	m	69597	4 125 kr	5 500 kr	7 150 kr	5 592 kr	389 163 225 kr	- kr	389 163 225 kr
Signalsystem	m	69597	2 750 kr	3 250 kr	3 750 kr	3 250 kr	226 190 250 kr	- kr	226 190 250 kr
Gångfälla	st	8	142 500 kr	150 000 kr	165 000 kr	152 500 kr	1 220 000 kr	- kr	1 220 000 kr
Pendelparkering	st	7	350 000 kr	700 000 kr	1 050 000 kr	700 000 kr	4 900 000 kr	4 900 000 kr	9 800 000 kr
Cykelparkering och möblering	st	10	180 000 kr	200 000 kr	300 000 kr	226 667 kr	2 266 667 kr	2 266 667 kr	4 533 333 kr
Biljettautomat	st	8	160 000 kr	200 000 kr	240 000 kr	200 000 kr	1 600 000 kr	- kr	1 600 000 kr
Totalt		10%							2 580 717 959 kr
Projektadministration och proj.									253 589 513 kr
TOTALSUMMA						Min	Max		2 834 307 471 kr
Järnväg		69597		74 000 kr	5 150 178 000 kr	4 101 601 759 kr	6 364 074 955 kr		
Kvot									
Kilometerkostnad	m	41 563 027 kr dvs	41,6 MSEK/km						
Osäkerhetspenn		-20,36% till	+	23,57%					
Källor:									
a)	Trivector 2010								
b)	http://www.stalforbund.com/Stalldag2004/Peter_Colin.pdf								
Ovrigt efter:	Jargenius, 2014								
	Thorsén, et al., 2014								
	Trafikverket, 2011								
	Corshammar, 2014b, p. 36								
	SWECCO, 2015								

10.5.2 Broar, stationer, bullerskydd

Station			
plattformar	11 000 000 kr		
mark	1760	620	2 696 540 kr
kringåtgärder	1 500 000 kr		
infraturåtgärder	3 000 000 kr		
Gångfålla CD	550 000 kr		
Totalt	18 746 540 kr		
Broar			
Bro vid långebro	25 m		
vid öllsjö	180 m		
Kristianstadsvägen	40 m		
slagtoftavägen	20 m		
över trafikplats	180 m		
E22	105 m		
Väg 17	80 m		
bro vid Eslöv	50 m		
Totalt	680 m		
Bullerskydd			
	100 m		
	50 m		
	60 m		
	600 m		
	910 m		
	100 m		
	1200 m		
	630 m		
	210 m		
SUMMA	3860 m		
Stationskostnad			
11 000 000 kr	Plattformar		
150 000 kr	Gångfålla		
704 000 kr	Markbehov		
11 854 000 kr	Summa		
13 354 000 kr	Plus ljud-ljusläggning		
16 354 000 kr	Plus växlar		

10.5.3 Billigare lösning

			Kostnad tåg	Totalkostnad
Billigare lösning			480,000,000 kr	3,314,307,471 kr
ursprunglig	41,563 kr		Per km	47,621 kr
minus el	35,971 kr			
billigare bana	33,471 kr	halva på väg	Billigare tåg	Ny totalkostnad
billigare signal	31,846 kr		320,000,000 kr	3,154,307,471 kr
inga växlar	31,324 kr		Ny km-kostnad	45,322 kr
SKILLNAD	- 10,239 kr		Ny km-kostnad inkl. åtgärder	35,084 kr
	-24.63%			
			Skillnad	-12,538 kr
				-26.33%
Ny totalkostnad inkl. alla åtgärder	2,441,723,288 kr			
Skillnad	-872,584,183 kr			
Exklusive tåg				
2,088,096,719 kr	Ny kostnad			
	74% av gamla kostnaden			
-	746,210,752 kr	Skillnad		

10.6 Bilaga 6 – Banbeskrivning

10.6.1 Beskrivning

banbeskrivning	R	sträcka (m)	hamax	Vmax/element	Vrek/element	Vmöjl.skylt/element	Begr. pga omgivn.	Vt
Cr	110 -	110					40	
Rl	271 -	381					60	
ök	120 -/240	501		160	123,0769231	94,67455621	45	
ck	270 240	771	127	55,2	32,7	45		42,5
VVXX	196 1040	967					40	
ck	178 121	1 145	47	39,2	23,2	35		30,2
ök	120 121/-272	1 265	300	80	61,53846154	60		
ck	145 -272	1 410	148	82,5	48,8	60		63,4
ök	67 -272/-	1 477		89,33333333	68,7	70		
rl	404 -	1 881					115	
ök	94 -/1045	1 975		144,6153846	111,2	115		
ck	158 1045	2 133		142,7	84,4	115		109,8
ök	181 1045/771	2 314					115	
ck	229 771	2 543		130,3	77,1	100		100,3
ök	200 771/-	2 743					115	
rl	189 -	2 932					80	
ök	157 -/745	3 089					110	
ck	282 -745	3 371		139,9	82,8	110		107,6
ök	158 -745/-1050	3 529					130	
ck	350 -1050	3 879		166,1	98,3	130		127,8
ök	166 -1050/-	4 045					130	
rl	358 -	4 403					130	
ök	238 -/620	4 641					130	
ck	350 620	4 991		116,9	69,2	90		89,9
ök	198 620/-	5 189					90	
stv	62 -/(243/251)	5 251		32,1	19,0	30		24,7
Ösö	110 -	5 361					30	
stv	62 -/(251/-243)	5 423		32,1	19,0	30		24,7
ök	80 -/416	5 503		103,2258065	79,4044665	80		
ck	169 -416	5 672		103,7	61,4	80		79,8
ök	107 -416/-	5 779		138,0645161	106,2034739	105		
rl	717 -	6 496					130	
ök	152 -/451	6 648					130	
ck	508 451	7 156		108,8	64,4	100		83,7
ök	166 451/-554	7 322	415				100	
ck	183 -554	7 505		119,7	70,8	95		92,0
ök	93 -554/-	7 598		120	92,30769231	95		
rl	372 -	7 970					95	
ök	93 -/450	8 063		124	95,38461538	95		
ck	388 -450	8 451		107,0	63,3	95		82,3
ök	93 -450/-	8 544		124	95,38461538	95		
rl	507 -	9 051					130	
ök	148 -/3287	9 199					130	
ck	526 3287	9 725		182,8	108,2		130	140,6
ök	110 3287/-841	9 835		314,2857143	241,7582418		130	
ck	161 -841	9 996		136,1	80,5	105		104,7
ök	127 -841/-	10 123		158,75	122,1153846	120		
rl	78 -	10 201		190,2	146,3		80	
stv	62 -/(243/251)	10 263	0	32,1	19,0	30		24,7
Ovh	110	10 373					30	
stv	62 -/(251/-243)	10 435	0	32,1	19,0	30		24,7
rl	731	11 166					80	
rl	2445 -	13 611					140	
Tnb	55 -	13 666					80	
rl	697 -	14 363					130	
ök	227 -/742	14 590					130	
ck	212 742	14 802		127,9	75,7	100		98,4
ök	146 742/-	14 948					100	
rl	380 -	15 328					100	
ök	36 -/700	15 364	90	102,8571429	79,12087912	80		80
ck	87 -700	15 451		91,1	53,9	90		70,1
ök	110 -700/-	15 561		314,2857143	241,7582418	90		
rl	745 -	16 306					130	
ök	157	16 463					130	
ck	221 -1048	16 684		149,0	88,2	115		114,6
ök	94 -1048/-	16 778		150,4	115,6923077	115		
rl	286 -	17 064					90	
TipN	55 -	17 119					50	
rl	231 -	17 350					50	

ök	33	-/540	17 383		82,5	82,5	63,46153846		60		
ck	96	-540	17 479			85,6	50,6		65		65,8
ök	38	-540/-	17 517		95,0	95	73,07692308		70		
rl	262	-	17 779							80	
ök	93	-/305	17 872			116,25	89,42307692		90	80	
ck	165	305	18 037			89,5	53,0		70		68,9
ök	53	305/100	18 090		132,5	70,66666667	54,35897436		55		
ck	53	100	18 143		33	39,1	23,1		30		30,0
ök	76	100/-	18 219			152	116,9230769			30	
stv	62	-/(243/251)	18 281		0	32,1	19,0		30		24,7
Tip	110	-	18 391							30	
stv	62	-/(251/-243)	18 453		0	32,1	19,0		30		24,7
rl	264	-	18 717							40	
ck	112	-411	18 829		0	29,5	17,5		25		22,7
ök	24	-411/395	18 853		60	80	61,53846154			35	
ck	62	300	18 915		60	55,2	32,7		50		42,5
ök	114	300/-	19 029			380	292,3076923			80	
rl	489	-	19 518							80	
Skj	55	-	19 573							80	
rl	427	-	20 000							105	
rl	2162	-	22 162								
ök	263	-/948	22 425						140		
ck	394	948	22 819			157,8	93,38073917		140		121,4
ök	174	948/-	22 993							140	
rl	129	-	23 122							80	
Sät	55	-	23 177							80	
rl	274	-	23 451							80	
ök	77	-/324	23 528			96,25	74,03846154			80	
ck	153	-324	23 681			92,3	54,6		80		71,0
ök	157	-324/-	23 838						80		
rl	177	-	24 015						80		
ök	86	-/709	24 101			132,3076923	101,7751479			95	
ck	194	709	24 295			123,8	73,2		95		95,2
ök	148	709/-598	24 443		370	118,4	91,07692308			95	
ck	388	-598	24 831			123,3	73,0		95		94,8
ök	226	-598/800	25 057		565	141,25	108,7		115		
ck	391	800	25 448			145,0	85,8		115		111,5
ök	157	800/-448	25 605		392,5	104,6666667	80,5		100		
ck	77	-448	25 682			105,8	62,6		100		81,4
ök	128	-448/605	25 810		320	160	123,1		130	100	
ck	136	605	25 946			126,1	74,6		100		97,0
ök	214	605/-	26 160							100	
rl	487	-	26 647							80	
ök	155	-/1095	26 802							115	
ck	431	-1095	27 233			142,9	84,5		115		109,9
ök	157	-1095/739	27 390		392,5	241,5384615	185,8			115	
ck	292	739	27 682			139,3	82,4		115		107,2
ök	232	739/-500	27 914		580	145	111,5		115		
ck	287	-500	28 201			114,6	67,8		90		88,2
ök	155	-500/-	28 356			107,5	82,7		80		
rl	148	-	28 504							80	
ök	47	-/234	28 551			72,30769231	55,6		55		
ck	39	234	28 590		122,6666667	67,5	40,0		50		52,0
ök	40	234/-	28 630			61,53846154	47,3		45		
rl	120	-	28 750							45	
stv	62	-/(243/251)	28 812		0	32,1	19,0		30		24,7
Ldr	110	-	28 922							30	
stv	62	-/(251/-243)	28 984		0	32,1	19,0		30		24,7
rl	55	-	29 039							50	
ök	74	-/417	29 113		185	148	148			70	
ck	286	-417	29 399			77,5	45,9		70		59,6
ök	41	-417/-	29 440		102,5	82	63,07692308		70		
rl	117	-	29 557							80	
ök	109	-/1379	29 666		272,5	174,4	134,2		140		
ck	396	1379	30 062			170,9	101,1		140		131,5
ök	109	1379/-	30 171		272,5	174,4	134,2		140		
rl	1794	-	31 965						140		
ök	147	-/985	32 112						140		
ck	273	985	32 385			160,9	95,2		140		123,7
ök	271	985/-	32 656						140		
rl	175	-	32 831						140		
ök	160	-/761	32 991						140		
ck	303	-761	33 294			136,8	80,9		105		105,2
ök	146	-761/-	33 440							105	
rl	45	-	33 485			109,8	84,4		105		
ök	149	-/744	33 634							105	
ck	269	744	33 903			139,8	82,7		105		107,5

ök	145	744/-	34	048		181,25	139,4	130		
rl	427	-		34	475			130		
ök	184	-/-425		34	659			130		
ck	96		-425		34	755		80		81,3
ök	64	-425/-		34	819	160	58,75	45,2		
rl	122	-		34	941				45	
stv	62	-/(251/-243)		35	003		32,1	19,0	30	24,7
Sap	110	-		35	113				30	30
stv	62	-/(-243/251)		35	175		32,1	19,0	30	24,7
rl	788	-		35	963				130	
ök	164	-/1378		36	127				130	
ck	264		1378		36	391	169,1	100,1	130	130,1
ök	163	1378/-		36	554				130	
rl	436	-		36	990				130	
ök	195	-/650		37	185				130	
ck	212		650		37	397	130,7	77,3	130	100,5
ök	112	650/-		37	509	280	140	107,7	130	
rl	116	-		37	625				130	
ök	127	-/3250		37	752	317,5	298,8235294	229,9	130	
ck	371		-3250		38	123	170,1	100,6	130	130,8
ök	160	-3250/-		38	283				130	
rl	758	-		39	041				130	
rl	200	-		39	241					80
ök	48	-/934		39	289	120,0	174,5454545	134,3		80
Äsp	55	-/934		39	344	137,5	200	153,8		60
ök	37	-/934		39	381	92,5	134,5454545	103,5		60
ck	325		-934		39	706		91,2	70	70,1
ök	251	-934/1077		39	957	627,5	239,047619	183,9	130	
ck	164		1077		40	121	168,2	99,5	130	129,4
ök	191	1077/-		40	312				130	
rl	447	-		40	759				130	
ök	154	/770		40	913				130	
ck	821		770		41	734	117,1	69,3	95	90,0
HbyÖ	55		770		41	789	117,1	69,3	95	90,0
ök	132	770/-		41	921	330,0	240	184,6		95
rl	118	-		42	039					95
ök	96	-/620		42	135	240	174,5454545	134,3		95
ck	158		-620		42	293	107,5	63,6	80	82,7
ök	88	-620/295		42	381	220	76,52173913	58,9		70
ck	88		295		42	469	77,5	45,8	70	59,6
ök	118	295/-		42	587	295	236	181,5		80
rl	126	-		42	713					80
ök	143	-/379		42	856		178,75	137,5		75
ck	111		-379		42	967	99,8	59,0	75	76,8
ök	107	-379/-894		43	074	267,5				75
ck	623		-894		43	697	153,3	90,7	80	117,9
ök	200	-894/-		43	897		250	192,3		80
rl	412	-		44	309					90
stv	62	-/(-243/251)		44	371	0	32,1	19,0	30	24,7
Hby	110	-		44	481				30	30
stv	62	-/(251/-243)		44	543	0	32,1	19,0	30	24,7
ök	341	-/934		44	884					90
ck	288		-485		45	172	103,4	61,2	90	79,5
ök	92	-485/-		45	264	230	115	88,5	90	90
rl	43	-		45	307					90
ök	124	/383		45	431	310	155	119,2		90
ck	173		383		45	604	100,3	59,4	90	77,2
ök	207	383/-		45	811		258,75	199,0		115
rl	707	-		46	518					115
ök	265	-		46	783					80
ök	58	-/1353		46	841	145	165,7142857	127,5	110	80
ck	106		-1353		46	947	126,7	75,0	95	80
ök	111	-1353/616		47	058	277,5	126,8571429	97,6	95	80
ck	107		616		47	165	104,7	65,4	80	85,1
ök	43	616/-		47	208	107,5	81,9047619	63,0		
rl	90	-		47	298					40
stv	62	-/(251/-243)		47	360	0	32,1	19,0	30	24,7
Osh	110	-		47	470			0,0		30
stv	62	-/(-243/251)		47	532	0	32,1	19,0	30	24,7
rl	93	-		47	625					40
ök	60	-/2086		47	685	150	141,1764706	108,6	105	60
ck	379		2086		48	064	170,8	101,1	125	131,4
ök	117	2086/-3000		48	181	292,5	161,3793103	124,1	125	
ck	272		-3000		48	453	171,0	101,2	125	131,5
ök	111	-3000/-		48	564	277,5	370	284,6	125	
rl	400	-		48	964					80

ök	146	-/-2578	49 110					140		
ck	316	-2578	49 426		171,7	101,6		140		132,1
ök	143	-2578/-	49 569					140		
rl	52	-	49 621					140		
Rjs	55	-	49 676					140		
rl	1267	-	50 943					140		
ök	172	-/1470	51 115					140		
ck	902	1470	52 017		169,3	100,2		140		130,2
ök	234	1470/-	52 251					140		
rl	528	-	52 779					140		
ök	90	-/536	52 869	225	120	92,3		110		
ck	102	536	52 971		116,7	69,1		110		89,8
ök	265	536/-724	53 236	662,5	170,9677419	131,5		125		
ck	216	-724	53 452		137,9	81,6		125		106,1
ök	149	724/-	53 601						125	
rl	380	-	53 981						125	
ök	118	-/	54 099	295	147,5	113,5		125		
ck	132	799	54 231		142,5	84,3		125		109,6
ök	79	799/-	54 310	197,5	105,3333333	81,0		80		
rl	121	-	54 431						80	
Sgö	55	-	54 486						70	
rl	54	-	54 540						70	
ök	83	-/510	54 623	207,5	110,6666667	85,1		85		
ck	351	-510	54 974		113,9	67,4		85		87,6
ök	322	-510/874	55 296	805	207,7419355	159,8		115		
ck	323	874	55 619		151,5	89,7		115		116,6
ök	199	874/-	55 818					140		
rl	626	-	56 444					140		
ök	164	-/-2168	56 608					140		
ck	1459	-2168	58 067		171,5	101,5		140		131,9
ök	161	-2168/-	58 228					140		
rl	64	-	58 292		156,1	120,1		140		
ök	257	-/1283	58 549					140		
ck	368	1283	58 917		171,3	101,4		140		131,8
ök	133	1283/-5664	59 050	332,5	152	116,9		140		
ck	737	-5664	59 787		169,7	100,4		140		130,5
ök	132	-5664/-	59 919					140		
rl	203	-	60 122					60		
stv	62	-/-(243/251)	60 184	0	32,1	19,0		30		24,7
Kht	110		60 294	0,0	0,0			30		
stv	62	-/(251/-243)	60 356	0	32,1	19,0		30		24,7
rl	226	-	60 582						70	
ök	139	-/570	60 721		173,75	133,7			100	
ck	121	570	60 842		122,4	72,4		100		94,1
ök	151	570/-764	60 993	377,5	172,5714286	132,7		120		
ck	67	-764	61 060		141,7	83,8		120		109,0
ök	118	-764/-	61 178	295	147,5	113,5		120		
rl	1600	-	62 778					135		
rl	580	-	63 358						80	
ök	98	-/533	63 456	245	126,4516129	97,3		110		
ck	146	-533	63 602		117,4	69,5		110		90,3
ök	91	-533/-	63 693	227,5	117,4193548	90,3		110		
rl	2354	-	66 047					140		
ök	158	-/614	66 205					90		
ck	522	-614	66 727		116,3	68,8		85		89,5
ök	221	-614/-	66 948	552,5	276,25	212,5		70		
rl	616	-	67 564						80	
ök	112	-/-3050	67 676						80	
ck	151	-3050	67 827		227,4	134,5		80		174,9
ök	70	-3050/-	67 897		140	107,7		80		
rl	168	-	68 065						80	
E	110	-	68 175						40	
= denna hastighet bedöms vara alltför låg och skyltad hastighet ligger mellan 1,3*Vrek och Vmax										
= hastighetsgränsen följer snarast Vmax för att inte bli oacceptabelt låg.										

10.6.3 Accelerations-/retardationsavstånd

V1	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
0	0,000	0,877	3,507	7,891	14,029	21,921	31,566	42,964	56,117	71,023	87,682	106,096	126,263	148,183	171,857	197,285	224,467	253,402	284,091	316,533	350,730	386,679	424,383	463,840	505,051	548,015	592,733	639,205	687,430
5	0,000	0,000	2,630	7,015	13,152	21,044	30,689	42,088	55,240	70,146	86,806	105,219	125,386	147,306	170,981	196,409	223,590	252,525	283,214	315,657	349,853	385,802	423,506	462,963	504,174	547,138	591,856	638,328	686,553
10	0,000	0,000	0,000	4,384	10,522	18,413	28,058	39,457	52,609	67,515	84,175	102,588	122,755	144,676	168,350	193,778	220,960	249,895	280,584	313,026	347,222	383,172	420,875	460,332	501,543	544,508	589,226	635,697	683,923
15	0,000	0,000	0,000	0,000	6,138	14,029	23,674	35,073	48,225	63,131	79,791	98,204	118,371	140,292	163,966	189,394	216,575	245,511	276,199	308,642	342,838	378,788	416,491	455,948	497,159	540,123	584,841	631,313	679,538
20	0,000	0,000	0,000	0,000	7,891	17,536	28,935	42,088	56,994	73,653	92,066	112,233	134,154	157,828	183,256	210,438	239,373	270,062	302,504	336,700	372,650	410,354	449,811	491,021	533,986	578,704	625,175	673,401	
25	0,000	0,000	0,000	0,000	9,645	21,044	34,196	49,102	65,762	84,175	104,342	126,263	149,937	175,365	202,946	231,481	262,170	294,613	328,809	364,789	402,462	441,919	483,130	526,094	570,812	617,284	665,509		
30	0,000	0,000	0,000	0,000	11,399	24,551	39,457	56,117	74,530	94,697	116,618	140,292	165,720	192,901	221,836	252,525	284,968	319,164	355,114	392,817	432,274	473,485	516,449	561,167	607,639	655,864			
35	0,000	0,000	0,000	0,000	13,152	28,058	44,718	63,131	83,298	105,219	128,893	154,321	181,503	211,438	241,127	273,569	307,765	343,715	381,418	420,875	462,086	505,051	549,769	596,240	644,465				
40	0,000	0,000	0,000	0,000	14,906	31,566	49,979	70,146	92,066	115,741	141,169	168,350	197,285	227,974	260,417	294,613	330,563	368,266	407,723	448,934	491,898	536,616	583,088	631,313					
45	0,000	0,000	0,000	0,000	16,660	35,073	55,240	77,160	100,835	126,263	153,444	182,379	213,068	245,511	279,707	315,657	353,360	392,817	434,028	476,992	521,710	568,182	616,407						
50	0,000	0,000	0,000	0,000	18,413	38,580	60,501	84,175	109,603	136,785	165,720	196,409	228,851	263,047	298,997	336,700	376,157	417,368	460,332	505,051	551,522	599,747							
55	0,000	0,000	0,000	0,000	20,167	42,088	65,762	91,190	118,371	147,306	177,995	210,438	244,634	280,584	318,287	357,744	398,955	441,919	486,637	533,109	581,334								
60	0,000	0,000	0,000	0,000	21,921	45,595	71,023	98,204	127,139	157,828	190,271	224,467	260,417	298,120	337,577	378,788	421,752	466,470	512,942	561,167									
65	0,000	0,000	0,000	0,000	23,674	49,102	76,284	105,219	135,908	168,350	202,546	238,496	276,199	315,657	356,867	399,832	444,550	491,021	539,247										
70	0,000	0,000	0,000	0,000	25,428	52,609	81,545	112,233	144,676	178,872	214,822	252,525	291,982	333,193	376,157	420,875	467,347	515,572											
75	0,000	0,000	0,000	0,000	27,182	56,117	86,806	119,248	153,444	189,394	227,097	266,554	307,765	350,730	395,448	441,919	490,145												
80	0,000	0,000	0,000	0,000	28,935	59,624	92,066	126,263	162,212	199,916	239,373	280,584	323,548	368,266	414,738	462,963													
85	0,000	0,000	0,000	0,000	30,689	63,131	97,327	133,277	170,981	210,438	251,648	294,613	339,331	385,802	434,028														
90	0,000	0,000	0,000	0,000	32,442	66,639	102,588	140,292	179,749	220,960	263,924	308,642	355,114	403,339															
100	0,000	0,000	0,000	0,000	34,196	70,146	107,849	147,306	188,517	231,481	276,199	322,671	370,896																
105	0,000	0,000	0,000	0,000	35,950	73,653	113,110	154,321	197,285	242,003	288,475	336,700																	
110	0,000	0,000	0,000	0,000	37,703	77,160	118,371	161,336	206,054	252,525	300,751																		
115	0,000	0,000	0,000	0,000	39,457	80,668	123,632	168,350	214,822	263,047																			
120	0,000	0,000	0,000	0,000	41,211	84,175	128,893	134,154	182,379																				
125	0,000	0,000	0,000	0,000	42,964	87,682	134,154	182,379																					
130	0,000	0,000	0,000	0,000	44,718	91,190	139,415																						
135	0,000	0,000	0,000	0,000	46,472	94,697																							
140	0,000	0,000	0,000	0,000	48,225																								

13	115	1267	28024	239,3728956	179,7489	419,1218	33%	8,838	6,31	15,15	26,54	41,69	1490,73	24,8	67,7	109,4					
14	90	287	28311	59,62402	59,62402	59,62402	21%	2,53	2,53	6,31	9,10	11,62	1502,35	25,0	67,8	88,9					
15	80	303	28614	118,3712	118,3712	118,3712	39%	6,31	6,31	6,31	8,31	14,62	1516,97	25,3	67,9	74,6					
16	55	47	28661	18,4133	18,4133	18,4133	39%	1,26	1,26	1,26	1,87	3,13	1520,11	25,3	67,9	54,0					
17	50	39	28700	16,65965	16,65965	16,65965	43%	1,26	1,26	1,26	1,61	2,87	1522,98	25,4	67,8	48,9					
18	45	160	28860	39,45707	39,45707	39,45707	25%	3,79	3,79	3,79	9,64	13,43	1536,41	25,6	67,6	42,9					
Ldr	30	234	29094	31,56565657	31,56566	63,13131	27%	7,576	7,58	15,15	20,50	90	125,66	1662,06	27,7	63,0	6,7	6191	3,82	97,1	27,57
1	70	456	29550	140,291807	140,2918	140,2918	31%	10,1	10,1	10,10	16,24	26,34	1688,40	28,1	63,0	62,3					
2	80	117	29667	52,60942761	52,60943	52,60943	45%	2,525	2,53	2,53	2,90	5,42	1693,82	28,2	63,1	77,7					
3	140	3434	33101	462,962963	300,7506	763,7135	22%	15,15	8,84	23,99	68,66	92,65	1786,48	29,8	66,7	133,4					
4	105	912	34013	0	0	0	0%	0	0,00	0,00	31,27	31,27	1817,75	30,3	67,4	105,0					
5	130	756	34769	206,0535915	368,266	574,3196	76%	6,313	12,6	18,94	5,03	23,97	1841,72	30,7	68,0	113,5					
6	80	96	34865	153,4442	153,4442	153,4442	160%	8,84	8,84	-2,58	8,84	6,25	1847,97	30,8	67,9	55,3					
7	45	186	35051	39,45707	39,45707	39,45707	21%	3,79	3,79	3,79	11,72	15,51	1863,48	31,1	67,7	43,2					
Sap	30	234	35285	31,56565657	31,56566	63,13131	27%	7,576	7,58	15,15	20,50	90	125,66	1989,14	33,2	63,9	6,7	9276	6,06	91,8	33,03
1	130	3866	39151	561,1672278	368,266	929,4332	24%	25,25	12,6	37,88	81,32	119,20	2108,34	35,1	66,9	116,8					
2	80	248	39399	98,20426	98,20426	98,20426	40%	5,05	5,05	5,05	6,74	11,79	2120,13	35,3	66,9	75,7					
3	70	325	39724	52,60943	52,60943	52,60943	16%	2,53	2,53	2,53	14,01	16,53	2136,66	35,6	66,9	70,8					
4	130	1207	40931	420,8754209	276,1995	697,0749	58%	15,15	8,84	23,99	14,12	38,11	2174,77	36,2	67,8	114,0					
5	95	1222	42153	92,0665	92,0665	92,0665	8%	3,79	3,79	42,82	4,74	46,61	2221,38	37,0	68,3	94,4					
6	80	158	42311	52,60943	52,60943	52,60943	33%	2,53	2,53	0,00	9,05	7,27	2228,65	37,1	68,3	78,3					
7	70	176	42487	0	0	0	0%	0	0,00	0,00	9,05	9,05	2237,70	37,3	68,4	70,0					
8	80	244	42731	52,60942761	27,18154	79,79097	33%	2,525	1,26	3,79	7,39	11,18	2248,88	37,5	68,4	78,6					
9	75	361	43092	0	0	0	0%	0	0,00	0,00	17,33	17,33	2266,20	37,8	68,5	75,0					
10	80	823	43915	27,1815376	27,18154	27,18154	3%	1,263	1,263	1,26	35,81	37,07	2303,28	38,4	68,6	79,9					
11	90	412	44327	59,62401796	252,5253	312,1493	76%	2,525	15,2	17,68	3,99	21,67	2324,95	38,7	68,6	68,4					
Hby	30	234	44561	31,56565657	31,56566	63,13131	27%	7,576	7,58	15,15	20,50	90	125,66	2450,61	40,8	65,5	6,7	2989	2,48	72,3	40,72
1	90	1061	45622	252,5252525	252,52525	252,52525	24%	15,15	15,15	15,15	32,34	47,49	2498,10	41,6	65,7	80,4					
2	115	914	46536	239,3728956	239,3729	478,7458	52%	8,838	8,84	17,68	13,63	31,30	2529,40	42,2	66,2	105,1					
3	80	690	47226	168,3502	168,3502	168,3502	24%	10,1	10,1	10,10	23,47	33,58	2562,97	42,7	66,3	74,0					
5	40	90	47316	24,55107	24,55107	24,55107	27%	2,53	2,53	2,53	5,89	8,42	2571,39	42,9	66,2	38,5					
Osh	30	234	47550	31,56565657	31,56566	63,13131	27%	7,576	7,58	15,15	20,50	90	125,66	2697,04	45,0	63,5	6,7	12824	7,16	107,5	44,82
1	40	93	47643	24,55106622	24,55107	24,55107	26%	2,525	2,53	6,16	6,16	8,69	2705,73	45,1	63,4	38,5					
2	125	939	48582	491,8981481	323,548	815,4461	87%	21,46	11,4	32,83	3,56	36,39	2742,12	45,7	63,8	92,9					
3	80	400	48982	0	0	0	0%	0	0,00	0,00	18,00	18,00	2760,12	46,0	63,9	80,0					
4	140	3815	52797	462,962963	263,0471	726,0101	19%	15,15	7,58	22,73	79,43	102,16	2862,28	47,7	66,4	134,4					
5	110	192	52989	0	0	0	0%	0	0,00	0,00	6,28	6,28	2868,56	47,8	66,5	110,0					
6	125	1260	54249	123,6321549	323,548	447,1801	35%	3,788	11,4	15,15	23,41	38,56	2907,12	48,5	67,2	117,6					
7	80	200	54449	52,60943	52,60943	52,60943	26%	2,53	2,53	0,00	5,61	9,16	2916,28	48,6	67,2	78,6					
8	70	109	54558	0	0	0	0%	0	0,00	0,00	5,61	5,61	2921,88	48,7	67,2	70,0					
9	85	434	54992	81,54461279	81,54461	81,54461	19%	3,788	3,79	3,79	14,93	18,72	2940,60	49,0	67,3	83,5					
10	115	645	55637	210,4377104	210,4377	210,4377	33%	7,576	7,58	13,60	13,60	21,18	2961,78	49,4	67,6	109,6					
11	140	4300	59937	128,8930976	223,5901	561,1672	13%	6,313	20,2	26,52	96,14	122,66	3084,43	51,4	70,0	126,2					
12	60	203	60140	94,69697	94,69697	94,69697	47%	7,58	7,58	7,58	6,50	14,07	3098,51	51,6	69,9	51,9					
Kht	30	234	60374	31,56565657	31,56566	63,13131	27%	7,576	7,58	15,15	20,50	90	125,66	3224,16	53,7	67,4	6,7	7819	4,72	99,3	53,61
1	70	226	60600	140,291807	140,2918	140,2918	62%	10,1	10,1	10,10	4,41	14,51	3238,67	54,0	67,4	56,1					
2	100	260	60860	178,8720539	178,8721	178,8721	69%	7,576	7,58	2,92	2,92	10,50	3249,17	54,2	67,4	89,2					
3	120	336	61196	154,3209877	154,321	154,321	46%	5,051	5,05	5,05	5,45	10,50	3259,67	54,3	67,6	115,2					
4	135	1600	62796	134,1540404	414,7377	548,8917	34%	3,788	13,9	17,68	28,03	45,71	3305,38	55,1	68,4	126,0					
5	80	580	63376	0	0	0	0%	0	0,00	0,00	26,10	26,10	3331,48	55,5	68,5	80,0					

6	110	335	63711	199,9158249	199,9158	60%	7.576	7.58	4.42	12,00	3343,47	55,7	68,6	100,5	
7	140	2354	66065	263,047138	403,3389	28%	7,576	20,20	43,40	63,60	3407,07	56,8	69,8	133,2	
8	90	158	66223	30,68883	30,68883	19%	1,26	1,26	5,09	6,36	3413,43	56,9	69,8	89,5	
9	85	522	66745	81,54461	81,54461	16%	3,79	3,79	18,65	22,44	3435,87	57,3	69,9	83,7	
10	70	221	66966	0	0	0%		0,00	11,37	11,37	3447,23	57,5	69,9	70,0	
11	80	616	67582	52,60943	52,60943	9%	2,525	2,53	25,35	27,88	3475,11	57,9	70,0	79,5	
12	80	501	68083	168,3502	168,3502	34%	10,1	10,10	14,97	25,07	3500,18	58,3	70,0	71,9	
E	40	110	68193	56,11672	56,11672	51%	10,1	10,10	4,85	5	19,95	3520,13	58,7	69,7	19,8
Slutsats:										E-M	23.5				
Restiden mellan Cr och E blir 59 minuter. Med tåg tar det 23.5 minuter mellan E och M. Totalt Cr-M blir det 85 minuter. Med SkåneExpressen tar samma resa 101 minuter. Residsbesparing: 101-85 = 16 minuter. Tågbytet tar dock minst 3 minuter. Alltså tar resan 88 minuter och vinsten blir 13 minuter.										GHT	85,2	101	15,83		
Från Tollarp tar resan med buss till Malmö 78 minuter. Här blir nu restiden 40 minuter + 3 + 23.5 minuter = 67 minuter. Alltså sparas 9 minuter.										CR-M	66,5	78	11,47		
										Tip-M	44,452	54	9,55		
Från Hörby tar det 53 min med buss. Här blir nu restiden 19 + 3 + 23.5 = 46 minuter. Här sparas 7 minuter.										Hby-M	11,5				
										E-Lu	73,2	89	15,83		
Sträckan utanför banvall/uppriven banvall				23706,5						CR-Lu	54,5	66,5	11,97		
Sträckan som gränslar järnväg				1949						Tip-Lu	32,452	38,5	6,05		
Sträckan omdragning/förskjutning av grusvåg				580						Hby-Lu					
Sträckan för omdragning av väg				2221											
Sträckan inom troligen planlagd mark				17783											

10.6.5 Restider

Oviktade restider med gummihjulstågen. För resor mot Helsingborgshållet redovisas här dagens restid från Eslöv. Vid ett införande är denna sannolikt betydligt kortare pga direkttåg från Eslöv till Helsingborg via Marieholmsbanan.

Restid	Kristianstad	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarps	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	0	7	11	19	28	41	45	54	59	73	85	87	137	113
Öllsjö/Vä	7	0	5	12	21	34	38	47	52	67	79	80	130	106
Ovesholm	11	5	0	7	16	29	33	42	47	62	74	75	125	101
Tollarps	19	12	7	0	9	22	26	35	40	55	67	68	118	94
Linderöd	28	21	16	9	0	13	17	26	31	46	58	59	109	85
Hörby	41	34	29	22	13	0	4	13	18	32	44	46	96	72
Osbyholm	45	38	33	26	17	4	0	9	14	28	40	42	92	68
Kungshult	54	47	42	35	26	13	9	0	5	20	32	33	83	59
Eslöv	59	52	47	40	31	18	14	5	0	12	24	25	52	48
Lund	73	67	62	55	46	32	28	20	12	0	10	16	25	28
Malmö	85	79	74	67	58	44	40	32	24	10	0	28	37	40
Teckomatorp	87	80	75	68	59	46	42	33	25	16	28	0	24	27
Ramlösa	137	130	125	118	109	96	92	83	52	25	37	24	0	4
Helsingborg	113	106	101	94	85	72	68	59	48	28	40	27	4	0

Siffror inom rutan är inte helt relevanta då de inte påverkas av gummihjulstågen.

Viktade resider med gummihjulstågen

Restid	Kristianstad	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarps	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Tecko	Ramlös	Helsing
Kristianstad	0	7	11	19	28	41	45	54	59	81	93	95	164	133
Öllsjö/Vä	7	0	5	12	21	34	38	47	52	75	87	88	158	127
Ovesholm	11	5	0	7	16	29	33	42	47	70	82	83	153	122
Tollarps	19	12	7	0	9	22	26	35	40	63	75	76	146	115
Linderöd	28	21	16	9	0	13	17	26	31	54	66	67	137	106
Hörby	41	34	29	22	13	0	4	13	18	40	52	54	123	92
Osbyholm	45	38	33	26	17	4	0	9	14	36	48	50	119	88
Kungshult	54	47	42	35	26	13	9	0	5	28	40	41	111	80
Eslöv	59	52	47	40	31	18	14	5	0	12	24	25	71	61
Lund	81	75	69	63	54	40	36	28	12	0	10	16	25	28
Malmö	93	87	82	75	66	52	48	40	24	10	0	28	37	40
Teckomatorp	95	88	83	76	67	54	50	41	25	16	28	0	24	27
Ramlösa	164	158	153	146	137	123	119	111	71	25	37	24	0	4
Helsingborg	133	127	122	115	106	92	88	80	61	28	40	27	4	0

Dagens restider samma riktning (ej Teckomatorp, Ramlösa och Helsingborg)

Restider idag samma riktning (ej Teckomatorp, Ramlösa och Helsingborg) (Skånetrafiken)														
Restid	Kristianstad	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarps	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckor	Ramlö	Helsing
Kristianstad	0	10	22	22	34	48	54	76	88	89	101	91	89	84
Öllsjö/Vä	10	0	13	39	51	65	71	93	105	106	118	115	106	108
Ovesholm	22	13	0	50	62	76	82	104	115	117	129	131	127	124
Tollarps	22	37	53	0	12	26	32	54	67	67	79	111	104	104
Linderöd	34	48	64	10	0	14	20	42	54	55	67	99	92	92
Hörby	48	61	77	22	12	0	6	21	34	39	53	68	76	75
Osbyholm	54	69	85	30	20	7	0	13	25	31	47	60	62	67
Kungshult	76	91	120	49	40	20	13	0	12	31	43	57	70	75
Eslöv	88	107	133	65	53	33	26	13	0	13	25	26	52	50
Lund	89	103	119	66	54	38	29	30	10	0	10	14	25	28
Malmö	101	121	132	77	67	55	47	44	22	10	0	26	37	40
Teckomatorp	91	103	119	96	85	68	61	58	24	17	29	0	23	27
Ramlösa	89	106	132	101	90	73	65	74	51	25	37	24	0	4
Helsingborg	95	109	128	102	91	74	66	76	46	27	39	27	3	0

Medelvärden för dessa restider														
Restid	Kristianstad	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarp	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	0,0	10,0	22,0	22,0	34,0	48,0	54,0	76,0	88,0	89,0	101,0	91,0	89,0	89,5
Öllsjö/Vä	10,0	0,0	17,5	38,0	57,5	63,0	70,0	92,0	106,0	104,5	119,5	109,0	106,0	108,5
Ovesholm	22,0	17,5	0,0	51,5	63,0	76,5	83,5	112,0	124,0	118,0	130,5	125,0	129,5	126,0
Tollarp	22,0	38,0	51,5	0,0	11,0	24,0	31,0	51,5	66,0	66,5	78,0	103,5	102,5	103,0
Linderöd	34,0	57,5	63,0	11,0	0,0	13,0	20,0	41,0	53,5	54,5	67,0	92,0	91,0	91,5
Hörby	48,0	63,0	76,5	24,0	13,0	0,0	6,5	20,5	33,5	38,5	54,0	68,0	74,5	74,5
Osbyholm	54,0	70,0	83,5	31,0	20,0	6,5	0,0	13,0	25,5	30,0	47,0	60,5	63,5	66,5
Kungshult	76,0	92,0	112,0	51,5	41,0	20,5	13,0	0,0	12,5	30,5	43,5	57,5	72,0	75,5
Eslöv	88,0	106,0	124,0	66,0	53,5	33,5	25,5	12,5	0,0	11,5	23,5	25,0	51,5	48,0
Lund	89,0	104,5	118,0	66,5	54,5	38,5	30,0	30,5	11,5	0,0	10,0	15,5	25,0	27,5
Malmö	101,0	119,5	130,5	78,0	67,0	54,0	47,0	43,5	23,5	10,0	0,0	27,5	37,0	39,5
Teckomatorp	91,0	109,0	125,0	103,5	92,0	68,0	60,5	57,5	25,0	15,5	27,5	0,0	23,5	27,0
Ramlösa	89,0	106,0	129,5	102,5	91,0	74,5	63,5	72,0	51,5	25,0	37,0	23,5	0,0	3,5
Helsingborg	89,5	108,5	126,0	103,0	91,5	74,5	66,5	75,5	48,0	27,5	39,5	27,0	3,5	0,0

Medelvärden för dessa restider viktade														
Viktad Restid	Kristianstad	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarp	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	0,0	10,0	22,0	22,0	34,0	48,0	54,0	87,0	99,0	96,0	101,0	121,0	102,0	103,5
Öllsjö/Vä	10,0	0,0	17,5	48,0	67,5	73,0	80,0	112,5	129,0	122,5	129,5	145,5	130,0	132,5
Ovesholm	22,0	17,5	0,0	65,5	75,5	89,0	96,0	141,5	153,5	138,5	140,5	171,5	172,0	156,5
Tollarp	22,0	48,0	65,5	0,0	11,0	24,0	31,0	63,0	77,0	74,5	78,0	125,3	119,5	125,0
Linderöd	34,0	67,5	75,5	11,0	0,0	13,0	20,0	52,5	64,5	62,5	67,0	113,8	115,0	113,5
Hörby	48,0	73,0	89,0	24,0	13,0	0,0	6,5	20,5	33,5	38,5	54,0	86,0	90,5	87,0
Osbyholm	54,0	80,0	96,0	31,0	20,0	6,5	0,0	13,0	25,5	30,0	47,0	78,5	76,5	86,5
Kungshult	87,0	112,5	141,5	63,0	52,5	20,5	13,0	0,0	12,5	42,0	55,5	82,0	103,5	102,0
Eslöv	99,0	129,0	153,5	77,0	64,5	33,5	25,5	12,5	0,0	11,5	23,5	25,0	71,0	60,5
Lund	96,0	122,5	138,5	74,5	62,5	38,5	30,0	42,0	11,5	0,0	10,0	15,5	25,0	27,5
Malmö	101,0	129,5	140,5	78,0	67,0	54,0	47,0	55,5	23,5	10,0	0,0	27,5	37,0	39,5
Teckomatorp	121,0	145,5	171,5	125,3	113,8	86,0	78,5	82,0	25,0	15,5	27,5	0,0	23,5	27,0
Ramlösa	102,0	130,0	172,0	119,5	115,0	90,5	76,5	103,5	71,0	25,0	37,0	23,5	0,0	3,5
Helsingborg	103,5	132,5	156,5	125,0	113,5	87,0	86,5	102,0	60,5	27,5	39,5	27,0	3,5	0,0

Oviktade restidsvinster gentemot bussen

Oviktad restidsvinst	Kristianstad	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarp	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	0,0	3,5	10,5	3,4	6,4	7,3	9,2	22,4	29,3	15,8	15,8	4,3	-47,7	-23,2
Öllsjö/Vä	3,5	0,0	12,5	25,9	36,4	28,8	31,7	44,9	53,8	37,8	40,8	28,8	-24,2	2,3
Ovesholm	10,5	12,5	0,0	44,3	46,9	47,3	50,1	69,9	76,8	56,3	56,8	49,8	4,3	24,8
Tollarp	3,4	25,9	44,3	0,0	2,1	1,9	4,8	16,5	26,0	12,0	11,5	35,5	-15,5	9,0
Linderöd	6,4	36,4	46,9	2,1	0,0	-0,1	2,8	15,0	22,4	8,9	9,4	32,9	-18,1	6,4
Hörby	7,3	28,8	47,3	1,9	-0,1	0,0	2,4	7,6	15,5	6,0	9,5	22,0	-21,5	2,5
Osbyholm	9,2	31,7	50,1	4,8	2,8	2,4	0,0	4,2	11,7	1,7	6,7	18,7	-28,3	-1,3
Kungshult	22,4	44,9	69,9	16,5	15,0	7,6	4,2	0,0	7,4	10,9	11,9	24,4	-11,1	16,4
Eslöv	29,3	53,8	76,8	26,0	22,4	15,5	11,7	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lund	15,8	37,8	56,8	12,0	8,9	6,0	1,7	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Malmö	15,8	40,8	56,8	11,5	9,4	9,5	6,7	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Teckomatorp	4,3	28,8	49,8	35,5	32,9	22,0	18,7	24,4	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0
Ramlösa	-47,7	-24,2	4,3	-15,5	-18,1	-21,5	-28,3	-11,1	0,0	25,0	37,0	28,0	0,0	0,0
Helsingborg	-23,2	2,3	24,8	9,0	6,4	2,5	-1,3	16,4	0,0	28,0	39,0	28,0	75,0	0,0

Viktad restidsvinst för gummihjulstagen gentemot bussen														
Viktad Restidsvinst	Kristianstad	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarp	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	0,0	3,5	10,5	3,4	6,4	7,3	9,2	33,4	40,3	14,8	7,8	26,3	-62,2	-29,7
Öllsjö/Vä	3,5	0,0	12,5	35,9	46,4	38,8	41,7	65,4	76,8	47,8	42,8	57,3	-27,7	5,8
Ovesholm	10,5	12,5	0,0	58,3	59,4	59,8	62,6	99,4	106,3	68,8	58,8	88,3	19,3	34,8
Tollarp	3,4	35,9	44,4	0,0	2,1	1,9	4,8	28,0	37,0	12,0	3,5	49,2	-26,0	10,5
Linderöd	6,4	46,4	41,3	2,1	0,0	-0,1	2,8	26,5	33,4	8,9	1,4	46,7	-21,6	7,9
Hörby	7,3	38,8	50,7	1,9	-0,1	0,0	2,4	7,6	15,5	-2,0	1,5	32,0	-33,0	-5,5
Osbyholm	9,2	41,7	48,9	4,8	2,8	2,4	0,0	4,2	11,7	-6,3	-1,3	28,7	-42,8	-1,8
Kungshult	33,4	65,4	89,3	28,0	26,5	7,6	4,2	0,0	7,4	14,4	15,9	40,9	-7,1	22,4
Eslöv	40,3	76,8	86,8	37,0	33,4	15,5	11,7	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lund	14,8	47,8	51,8	12,0	8,9	-2,0	-6,3	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Malmö	7,8	42,8	52,3	3,5	1,4	1,5	-1,3	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Teckomatorp	26,3	57,3	33,3	49,2	46,7	32,0	28,7	40,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ramlösa	-62,2	-27,7	38,3	-26,0	-21,6	-33,0	-42,8	-7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Helsingborg	-29,7	5,8	136,0	10,5	7,9	-5,5	-1,8	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Oviktad restid med bil inkl. tid för parkering (1, 1,5, 4 eller 5,5 min) och ev. köp av P-biljett (3 min)														
	Kristian	Öllsjö/	Ovesh	Tollar	Linder	Hörby	Osbyh	Kungs	Eslöv	Lund	Malmö	Tecko	Ramlö	Helsing
Kristianstad	0,0	10,0	16,0	20,0	28,0	40,0	41,0	50,0	62,5	69,0	80,5	71,0	85,5	96,0
Öllsjö/Vä	13,5	0,0	11,0	17,0	26,0	37,0	38,0	47,0	59,5	66,0	77,5	68,0	81,5	92,0
Ovesholm	18,5	11,0	0,0	12,0	24,0	35,0	36,0	45,0	58,5	64,0	75,5	66,0	84,5	96,0
Tollarp	23,5	18,0	12,0	0,0	14,0	25,0	26,0	35,0	48,5	54,0	66,5	56,0	75,5	86,0
Linderöd	31,5	26,0	24,0	14,0	0,0	16,0	17,0	26,0	38,5	45,0	56,5	47,0	65,5	76,0
Hörby	42,5	37,0	35,0	25,0	16,0	0,0	4,0	17,0	30,5	36,0	48,5	38,0	56,5	68,0
Osbyholm	43,5	38,0	36,0	26,0	16,0	4,0	0,0	14,0	26,5	33,0	44,5	35,0	53,5	65,0
Kungshult	52,5	47,0	45,0	35,0	26,0	17,0	14,0	0,0	14,5	32,0	43,5	22,0	43,5	54,0
Eslöv	62,5	57,0	55,0	45,0	35,0	26,0	23,0	11,0	0,0	30,0	41,5	20,0	40,5	51,0
Lund	66,5	60,0	58,0	48,0	39,0	30,0	27,0	26,0	28,5	0,0	33,5	30,0	36,5	47,0
Malmö	76,5	71,0	69,0	59,0	49,0	40,0	37,0	36,0	39,5	32,0	0,0	42,0	43,5	54,0
Teckomatorp	73,5	68,0	66,0	56,0	46,0	37,0	34,0	22,0	22,5	35,0	48,5	0,0	27,5	38,0
Ramlösa	89,5	81,0	85,0	75,0	66,0	57,0	54,0	43,0	43,5	42,0	49,5	28,0	0,0	13,0
Helsingborg	95,5	87,0	90,0	80,0	71,0	62,0	59,0	48,0	49,5	47,0	54,5	33,0	7,5	0,0

Blå = 1,5 min, rosa = 4 min, röd = 5,5 min, grå = P-biljett (3 min).

Viktad restid med bil inkl. tid för parkering (1, 1,5, 4 eller 5,5 min) och ev. köp av P-biljett (3*2 min)														
	Kristian	Öllsjö/	Ovesh	Tollar	Linder	Hörby	Osbyh	Kungs	Eslöv	Lund	Malmö	Tecko	Ramlö	Helsing
Kristianstad	0,0	10,0	16,0	20,0	28,0	40,0	41,0	50,0	65,5	72,0	83,5	71,0	85,5	99,0
Öllsjö/Vä	16,5	0,0	11,0	17,0	26,0	37,0	38,0	47,0	62,5	69,0	80,5	68,0	81,5	95,0
Ovesholm	21,5	11,0	0,0	12,0	24,0	35,0	36,0	45,0	61,5	67,0	78,5	66,0	84,5	99,0
Tollarp	26,5	18,0	12,0	0,0	14,0	25,0	26,0	35,0	51,5	57,0	69,5	56,0	75,5	89,0
Linderöd	34,5	26,0	24,0	14,0	0,0	16,0	17,0	26,0	41,5	48,0	59,5	47,0	65,5	79,0
Hörby	45,5	37,0	35,0	25,0	16,0	0,0	4,0	17,0	33,5	39,0	51,5	38,0	56,5	71,0
Osbyholm	46,5	38,0	36,0	26,0	16,0	4,0	0,0	14,0	29,5	36,0	47,5	35,0	53,5	68,0
Kungshult	55,5	47,0	45,0	35,0	26,0	17,0	14,0	0,0	17,5	35,0	46,5	22,0	43,5	57,0
Eslöv	65,5	57,0	55,0	45,0	35,0	26,0	23,0	11,0	0,0	33,0	44,5	20,0	40,5	54,0
Lund	69,5	60,0	58,0	48,0	39,0	30,0	27,0	26,0	31,5	3,0	36,5	30,0	36,5	50,0
Malmö	79,5	71,0	69,0	59,0	49,0	40,0	37,0	36,0	42,5	35,0	3,0	42,0	43,5	57,0
Teckomatorp	76,5	68,0	66,0	56,0	46,0	37,0	34,0	22,0	25,5	38,0	51,5	0,0	27,5	41,0
Ramlösa	92,5	81,0	85,0	75,0	66,0	57,0	54,0	43,0	46,5	45,0	52,5	28,0	0,0	16,0
Helsingborg	98,5	87,0	90,0	80,0	71,0	62,0	59,0	48,0	52,5	50,0	57,5	33,0	7,5	0,0

Oviktad restidsvinst gentemot bilen														
	Kristian	Öllsjö/	Ovesh	Tollar	Linder	Hörby	Osbyh	Kungs	Eslöv	Lund	Malmö	Tecko	Ramlö	Helsing
Kristianstad	0,0	3,5	4,5	1,4	0,4	-0,7	-3,8	-3,6	3,8	-4,2	-4,7	-15,7	-51,2	-16,7
Öllsjö/Vä	7,0	0,0	6,0	4,9	4,9	2,8	-0,3	-0,1	7,3	-0,7	-1,2	-12,2	-48,7	-14,2
Ovesholm	7,0	6,0	0,0	4,8	7,9	5,8	2,6	2,9	11,3	2,3	1,8	-9,2	-40,7	-5,2
Tollarp	4,9	5,9	4,8	0,0	5,1	2,9	-0,2	0,0	8,5	-0,5	0,0	-12,0	-42,5	-8,0
Linderöd	3,9	4,9	7,9	5,1	0,0	2,9	-0,2	0,0	7,4	-0,6	-1,1	-12,1	-43,6	-9,1
Hörby	1,8	2,8	5,8	2,9	2,9	0,0	-0,1	4,1	12,5	3,5	4,0	-8,0	-39,5	-4,0
Osbyholm	-1,3	-0,3	2,6	-0,2	-1,2	-0,1	0,0	5,2	12,7	4,7	4,2	-6,8	-38,3	-2,8
Kungshult	-1,1	-0,1	2,9	0,0	0,0	4,1	5,2	0,0	9,4	12,4	11,9	-11,1	-39,6	-5,1
Eslöv	3,8	4,8	7,8	5,0	3,9	8,0	9,2	5,9	0,0	18,5	18,0	-5,0	-11,0	3,0
Lund	-6,7	-6,7	-3,7	-6,5	-6,6	-2,5	-1,3	6,4	17,0	0,0	23,5	14,5	11,5	19,5
Malmö	-8,7	-7,7	-4,7	-7,5	-8,6	-4,5	-3,3	4,4	16,0	22,0	0,0	14,5	6,5	14,5
Teckomatorp	-13,2	-12,2	-9,2	-12,0	-13,1	-9,0	-7,8	-11,1	-2,5	19,5	21,0	0,0	4,0	11,0
Ramlösa	-47,2	-49,2	-40,2	-43,0	-43,1	-39,0	-37,8	-40,1	-8,0	17,0	12,5	4,5	0,0	9,5
Helsingborg	-17,2	-19,2	-11,2	-14,0	-14,1	-10,0	-8,8	-11,1	1,5	19,5	15,0	6,0	4,0	0,0

Viktad restidsvinst gentemot bilen														
	Kristian	Öllsjö/	Ovesh	Tollar	Linder	Hörby	Osbyh	Kungs	Eslöv	Lund	Malmö	Tecko	Ramlö	Helsing
Kristianstad	0,0	3,5	4,5	1,4	0,4	-0,7	-3,8	-3,6	6,8	-9,2	-9,7	-23,7	-78,7	-34,2
Öllsjö/Vä	10,0	0,0	6,0	4,9	4,9	2,8	-0,3	-0,1	10,3	-5,7	-6,2	-20,2	-76,2	-31,7
Ovesholm	10,0	6,0	0,0	4,8	7,9	5,8	2,6	2,9	14,3	-2,7	-3,2	-17,2	-68,2	-22,7
Tollarp	7,9	5,9	-9,1	0,0	5,1	2,9	-0,2	0,0	11,5	-5,5	-5,0	-20,0	-70,0	-25,5
Linderöd	6,9	4,9	-10,2	5,1	0,0	2,9	-0,2	0,0	10,4	-5,6	-6,1	-20,1	-71,1	-26,6
Hörby	4,8	2,8	-3,3	2,9	2,9	0,0	-0,1	4,1	15,5	-1,5	-1,0	-16,0	-67,0	-21,5
Osbyholm	1,7	-0,3	-11,1	-0,2	-1,2	-0,1	0,0	5,2	15,7	-0,3	-0,8	-14,8	-65,8	-20,3
Kungshult	1,9	-0,1	-7,2	0,0	0,0	4,1	5,2	0,0	12,4	7,4	6,9	-19,1	-67,1	-22,6
Eslöv	6,8	4,8	-11,7	5,0	3,9	8,0	9,2	5,9	0,0	21,5	21,0	-5,0	-30,5	-6,5
Lund	-11,7	-14,7	-28,7	-14,5	-14,6	-10,5	-9,3	-1,6	20,0	3,0	26,5	14,5	11,5	22,5
Malmö	-13,7	-15,7	-19,2	-15,5	-16,6	-12,5	-11,3	-3,6	19,0	25,0	3,0	14,5	6,5	17,5
Teckomatorp	-18,2	-20,2	-72,2	-20,0	-21,1	-17,0	-15,8	-19,1	0,5	22,5	24,0	0,0	4,0	14,0
Ramlösa	-71,7	-76,7	-48,7	-70,5	-70,6	-66,5	-65,3	-67,6	-24,5	20,0	15,5	4,5	0,0	12,5
Helsingborg	-34,7	-39,7	69,5	-34,5	-34,6	-30,5	-29,3	-31,6	-8,0	22,5	18,0	6,0	4,0	0,0

Skillnad i restid mellan dagens bil och buss (tåg på vissa sträckor) (oviktad)														
	Kristian	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarp	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	0,0	0,0	6,0	6,0	8,0	8,0	13,0	26,0	25,5	20,0	20,5	20,0	3,5	-6,5
Öllsjö/Vä	-3,5	0,0	6,5	25,0	33,5	26,0	32,0	45,0	46,5	38,5	42,0	41,0	24,5	16,5
Ovesholm	3,5	6,5	0,0	43,5	41,0	41,5	47,5	67,0	65,5	54,0	55,0	59,0	45,0	30,0
Tollarp	2,5	24,0	43,5	0,0	3,0	3,0	9,0	20,5	21,5	16,5	15,5	51,5	31,0	21,0
Linderöd	4,5	33,5	41,0	3,0	0,0	-1,0	5,0	17,0	17,0	11,5	12,5	47,0	27,5	17,5
Hörby	5,5	26,0	41,5	3,0	-1,0	0,0	2,5	3,5	3,0	2,5	5,5	30,0	18,0	6,5
Osbyholm	10,5	32,0	47,5	9,0	6,0	2,5	0,0	-1,0	-1,0	-3,0	2,5	25,5	10,0	1,5
Kungshult	23,5	45,0	67,0	20,5	17,0	3,5	-1,0	0,0	-2,0	-1,5	0,0	35,5	28,5	21,5
Eslöv	25,5	49,0	69,0	25,0	20,5	7,5	2,5	1,5	0,0	-18,5	-18,0	5,0	11,0	-3,0
Lund	22,5	44,5	60,0	22,5	17,5	8,5	3,0	4,5	-17,0	0,0	-23,5	-14,5	-11,5	-19,5
Malmö	24,5	48,5	61,5	23,0	20,0	14,0	10,0	7,5	-16,0	-22,0	0,0	-14,5	-6,5	-14,5
Teckomatorp	17,5	41,0	59,0	51,5	48,0	31,0	26,5	35,5	2,5	-19,5	-21,0	0,0	-4,0	-11,0
Ramlösa	-0,5	25,0	44,5	31,5	27,0	17,5	9,5	29,0	8,0	-17,0	-12,5	-4,5	0,0	-9,5
Helsingborg	-6,0	21,5	36,0	27,0	22,5	12,5	7,5	27,5	-1,5	-19,5	-15,0	-6,0	-4,0	0,0

Gul = viss skillnad i körväg föreligger. I Tollarp gäller biltiderna till Biblioteket, medan bussen stannar vi Önosgatan (E22) skillnaden är 4 minuter. Därav adderas 4 min.

Blå = viss skillnad i körväg föreligger. I Linderöd stannar bussen vid E22, medan biltiderna gäller till kyrkan. Skillnaden är 2 min varför dessa adderas.

Skillnad i restid mellan dagens bil och buss (tåg på vissa sträckor) (viktad)														
	Kristian	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarp	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	0,0	0,0	6,0	6,0	8,0	8,0	13,0	37,0	33,5	24,0	17,5	50,0	16,5	4,5
Öllsjö/Vä	-6,5	0,0	6,5	35,0	43,5	36,0	42,0	65,5	66,5	53,5	49,0	77,5	48,5	37,5
Ovesholm	0,5	6,5	0,0	57,5	53,5	54,0	60,0	96,5	92,0	71,5	62,0	105,5	87,5	57,5
Tollarp	-0,5	34,0	57,5	0,0	3,0	3,0	9,0	32,0	29,5	21,5	12,5	73,3	48,0	40,0
Linderöd	1,5	43,5	53,5	3,0	0,0	-1,0	5,0	28,5	25,0	16,5	9,5	68,8	51,5	36,5
Hörby	2,5	36,0	54,0	3,0	-1,0	0,0	2,5	3,5	0,0	-0,5	2,5	48,0	34,0	16,0
Osbyholm	7,5	42,0	60,0	9,0	6,0	2,5	0,0	-1,0	-4,0	-6,0	-0,5	43,5	23,0	18,5
Kungshult	31,5	65,5	96,5	32,0	28,5	3,5	-1,0	0,0	-5,0	7,0	9,0	60,0	60,0	45,0
Eslöv	33,5	72,0	98,5	36,0	31,5	7,5	2,5	1,5	0,0	-21,5	-21,0	5,0	30,5	6,5
Lund	26,5	62,5	80,5	30,5	25,5	8,5	3,0	16,0	-20,0	-3,0	-26,5	-14,5	-11,5	-22,5
Malmö	21,5	58,5	71,5	23,0	20,0	14,0	10,0	19,5	-19,0	-25,0	-3,0	-14,5	-6,5	-17,5
Teckomatorp	44,5	77,5	105,5	73,3	69,8	49,0	44,5	60,0	-0,5	-22,5	-24,0	0,0	-4,0	-14,0
Ramlösa	9,5	49,0	87,0	48,5	51,0	33,5	22,5	60,5	24,5	-20,0	-15,5	-4,5	0,0	-12,5
Helsingborg	5,0	45,5	66,5	49,0	44,5	25,0	27,5	54,0	8,0	-22,5	-18,0	-6,0	-4,0	0,0

Relativ tidsvinst GHT/bil viktad														
	Kristian	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarp	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	#####	35%	28%	7%	2%	-2%	-9%	-7%	10%	-13%	-12%	-33%	-92%	-35%
Öllsjö/Vä	61%	#####	55%	29%	19%	8%	-1%	0%	17%	-8%	-8%	-30%	-93%	-33%
Ovesholm	47%	55%	#####	40%	33%	16%	7%	6%	23%	-4%	-4%	-26%	-81%	-23%
Tollarp	30%	33%	-76%	#####	36%	12%	-1%	0%	22%	-10%	-7%	-36%	-93%	-29%
Linderöd	20%	19%	-43%	36%	#####	18%	-1%	0%	25%	-12%	-10%	-43%	-109%	-34%
Hörby	11%	8%	-9%	12%	18%	#####	-3%	24%	46%	-4%	-2%	-42%	-118%	-30%
Osbyholm	4%	-1%	-31%	-1%	-8%	-3%	#####	37%	53%	-1%	-2%	-42%	-123%	-30%
Kungshult	3%	0%	-16%	0%	0%	24%	37%	#####	71%	21%	15%	-87%	-154%	-40%
Eslöv	10%	8%	-21%	11%	11%	31%	40%	54%	#####	65%	47%	-25%	-75%	-12%
Lund	-17%	-24%	-49%	-30%	-37%	-35%	-35%	-6%	63%	100%	73%	48%	32%	45%
Malmö	-17%	-22%	-28%	-26%	-34%	-31%	-31%	-10%	45%	71%	100%	35%	15%	31%
Teckomatorp	-24%	-30%	-109%	-36%	-46%	-46%	-47%	-87%	2%	59%	47%	#####	15%	34%
Ramlösa	-77%	-95%	-57%	-94%	-107%	-117%	-121%	-157%	-53%	44%	30%	16%	#####	78%
Helsingborg	-35%	-46%	77%	-43%	-49%	-49%	-50%	-66%	-15%	45%	31%	18%	53%	#####

FF buss -> GHT pga restid														
	Kristian	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarp	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	#####	1,14	1,19	1,06	1,08	1,06	1,07	1,15	1,16	1,06	1,03	1,09	0,76	0,89
Öllsjö/Vä	1,14	#####	1,29	1,30	1,28	1,21	1,21	1,23	1,24	1,16	1,13	1,16	0,91	1,02
Ovesholm	1,19	1,29	#####	1,36	1,31	1,27	1,26	1,28	1,28	1,20	1,17	1,21	1,04	1,09
Tollarp	1,06	1,30	1,27	#####	1,08	1,03	1,06	1,18	1,19	1,06	1,02	1,16	0,91	1,03
Linderöd	1,08	1,28	1,22	1,08	#####	1,00	1,06	1,20	1,21	1,06	1,01	1,16	0,92	1,03
Hörby	1,06	1,21	1,23	1,03	1,00	#####	1,15	1,15	1,19	0,98	1,01	1,15	0,85	0,97
Osbyholm	1,07	1,21	1,20	1,06	1,06	1,15	#####	1,13	1,18	0,92	0,99	1,15	0,78	0,99
Kungshult	1,15	1,23	1,25	1,18	1,20	1,15	1,13	#####	1,24	1,14	1,11	1,20	0,97	1,09
Eslöv	1,16	1,24	1,23	1,19	1,21	1,19	1,18	1,24	#####	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Lund	1,06	1,16	1,15	1,06	1,06	0,98	0,92	1,14	1,00	#####	1,00	1,00	1,00	1,00
Malmö	1,03	1,13	1,15	1,02	1,01	1,01	0,99	1,11	1,00	1,00	#####	1,00	1,00	1,00
Teckomatorp	1,09	1,16	1,08	1,16	1,16	1,15	1,15	1,20	1,00	1,00	1,00	#####	1,00	1,00
Ramlösa	0,76	0,91	1,09	0,91	0,92	0,85	0,78	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	#####	1,00
Helsingborg	0,89	1,02	1,35	1,03	1,03	0,97	0,99	1,09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	#####

FF buss -> GHT inkl. spårfaktor (14 %)														
	Kristian	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollar	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	#####	1,30	1,36	1,21	1,23	1,21	1,22	1,32	1,33	1,21	1,18	1,09	0,76	0,89
Öllsjö/Vä	1,30	#####	1,47	1,48	1,45	1,38	1,38	1,41	1,41	1,32	1,29	1,16	0,91	1,02
Ovesholm	1,36	1,47	#####	1,55	1,50	1,45	1,44	1,46	1,46	1,37	1,33	1,21	1,04	1,09
Tollar	1,21	1,48	1,45	#####	1,23	1,18	1,21	1,34	1,36	1,21	1,16	1,16	0,91	1,03
Linderöd	1,23	1,45	1,39	1,23	#####	1,14	1,20	1,37	1,38	1,20	1,15	1,16	0,92	1,03
Hörby	1,21	1,38	1,40	1,18	1,14	#####	1,31	1,31	1,35	1,12	1,15	1,15	0,85	0,97
Osbyholm	1,22	1,38	1,37	1,21	1,20	1,31	#####	1,29	1,35	1,04	1,13	1,15	0,78	0,99
Kungshult	1,32	1,41	1,43	1,34	1,37	1,31	1,29	#####	1,41	1,30	1,27	1,20	0,97	1,09
Eslöv	1,33	1,41	1,40	1,36	1,38	1,35	1,35	1,41	#####	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Lund	1,21	1,32	1,31	1,21	1,20	1,12	1,04	1,30	1,00	#####	1,00	1,00	1,00	1,00
Malmö	1,18	1,29	1,31	1,16	1,15	1,15	1,13	1,27	1,00	1,00	#####	1,00	1,00	1,00
Teckomatorp	1,09	1,16	1,08	1,16	1,16	1,15	1,15	1,20	1,00	1,00	1,00	#####	1,00	1,00
Ramlösa	0,76	0,91	1,09	0,91	0,92	0,85	0,78	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	#####	1,00
Helsingborg	0,89	1,02	1,35	1,03	1,03	0,97	0,99	1,09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	#####

Turutbud idag vardagar														
	Kristian	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollar	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad		93,5	4,5	40	34	34	30	15	65	81	83			
Öllsjö/Vä	94		4,5	39	33	33	29	17	61	76	72			
Ovesholm	5	5		5	5	5	5	4	3	5	5			
Tollar	40	37	4,5		34	34	30	15	20	30	27			
Linderöd	34	33	4,5	34		34	30	15	20	30	27			
Hörby	34	33	4,5	34	34		90	18	25	41	42			
Osbyholm	30	29	4,5	30	30	88		18	25	41	42			
Kungshult	15	15	4,5	15	15	17	17		18	26	29			
Eslöv	61	59	4,5	32	28	36	38	19		79,5	72,5			
Lund	76	72	4,5	31	30	42	47	31	83		294			
Malmö	73	74	4,5	31	30	45	44	29	83	296				

Turutbud med GHT vardagar (44 ght/riktning och dygn)														
	Kristian	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollar	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad		133	44	50	44	44	44	144	89	94	93			
Öllsjö/Vä	133		44	50	44	44	44	44	85	90	90			
Ovesholm	44	44		44	44	44	44	44	44	44	44			
Tollar	50	47	44		44	44	44	44	44	44	44			
Linderöd	44	44	44	44		44	44	44	44	44	44			
Hörby	44	44	44	44	44		104	44	44	44	44			
Osbyholm	44	44	44	44	44	88		44	44	44	44			
Kungshult	44	44	44	44	44	44	44		44	44	44			
Eslöv	87	85	44	44	44	44	44	44		79,5	72,5			
Lund	91	88	44	44	44	44	47	44	83		294			
Malmö	87	85	44	44	44	45	44	44	83	296				

Relativ ökning i turutbud														
	Kristian	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollar	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	#####	1,422	9,778	1,25	1,294	1,294	1,467	9,6	1,37	1,16	1,12			
Öllsjö/Vä	1,415	#####	9,778	1,28	1,333	1,333	1,517	2,588	1,39	1,18	1,25			
Ovesholm	8,8	8,8	#####	8,8	8,8	8,8	8,8	11	14,7	8,8	8,8			
Tollar	1,25	1,27	9,778	#####	1,294	1,294	1,467	2,933	2,2	1,47	1,63			
Linderöd	1,294	1,333	9,778	1,29	#####	1,294	1,467	2,933	2,2	1,47	1,63			
Hörby	1,294	1,333	9,778	1,29	1,294	#####	1,156	2,444	1,76	1,07	1,05			
Osbyholm	1,467	1,517	9,778	1,47	1,467	1	#####	2,444	1,76	1,07	1,05			
Kungshult	2,933	2,933	9,778	2,93	2,933	2,588	2,588	#####	2,44	1,69	1,52			
Eslöv	1,426	1,441	9,778	1,38	1,571	1,222	1,158	2,316	#####	1	1			
Lund	1,197	1,222	9,778	1,42	1,467	1,048	1	1,419	1	#####	1			
Malmö	1,192	1,149	9,778	1,42	1,467	1	1	1,517	1	1	#####			

FF Buss-> GHT pga turutbud (e=0.125)											
	Kristianstad	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarp	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö
Kristianstad	#####	1,05	2,1	1,03	1,04	1,04	1,06	2,08	1,046	1,02	1,02
Öllsjö/Vä	1,052	#####	2,1	1,04	1,04	1,04	1,06	1,2	1,049	1,023	1,03
Ovesholm	1,975	1,98	#####	1,98	1,98	1,98	1,98	2,25	2,708	1,975	1,98
Tollarp	1,031	1,03	2,1	#####	1,04	1,04	1,06	1,24	1,15	1,058	1,08
Linderöd	1,037	1,04	2,1	1,04	#####	1,04	1,06	1,24	1,15	1,058	1,08
Hörby	1,037	1,04	2,1	1,04	1,04	#####	1,02	1,18	1,095	1,009	1,01
Osbyholm	1,058	1,06	2,1	1,06	1,06	1	#####	1,18	1,095	1,009	1,01
Kungshult	1,242	1,24	2,1	1,24	1,24	1,2	1,2	#####	1,181	1,087	1,06
Eslöv	1,053	1,06	2,1	1,05	1,07	1,03	1,02	1,16	#####	1	1
Lund	1,025	1,03	2,1	1,05	1,06	1,01	1	1,05	1	#####	1
Malmö	1,024	1,02	2,1	1,05	1,06	1	1	1,06	1	1	#####

FF Buss-> GHT totalt											
	Kristianstad	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarp	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö
Kristianstad	#####	1,368	2,849	1,25	1,271	1,254	1,289	2,729	1,39	1,23	1,19
Öllsjö/Vä	1,367	#####	3,076	1,53	1,514	1,44	1,467	1,684	1,48	1,35	1,33
Ovesholm	2,683	2,897	#####	3,05	2,96	2,856	2,839	3,285	3,94	2,7	2,63
Tollarp	1,247	1,531	3,04	#####	1,271	1,22	1,281	1,667	1,56	1,28	1,25
Linderöd	1,271	1,514	2,914	1,27	#####	1,177	1,273	1,701	1,58	1,28	1,24
Hörby	1,254	1,44	2,935	1,22	1,177	#####	1,333	1,546	1,48	1,13	1,16
Osbyholm	1,289	1,467	2,878	1,28	1,273	1,308	#####	1,52	1,48	1,05	1,13
Kungshult	1,633	1,745	2,995	1,67	1,701	1,569	1,544	#####	1,67	1,41	1,35
Eslöv	1,396	1,489	2,932	1,42	1,474	1,389	1,375	1,644	#####	1	1
Lund	1,24	1,355	2,749	1,28	1,275	1,124	1,044	1,365	1	#####	1
Malmö	1,204	1,315	2,747	1,22	1,217	1,153	1,127	1,353	1	1	#####

FF bil -> GHT inkl. spårfaktor (14 %). Bef. Spår räknar 20 % spårfaktor. Allt skrivs ner 50 %.														
	Kristianstad	Öllsjö/Vä	Ovesholm	Tollarp	Linderöd	Hörby	Osbyholm	Kungshult	Eslöv	Lund	Malmö	Teckomatorp	Ramlösa	Helsingborg
Kristianstad	#####	1,14	1,13	1,08	1,07	1,07	1,05	1,05	1,09	1,04	1,05	1,03	0,90	1,02
Öllsjö/Vä	1,20	#####	1,19	1,13	1,11	1,09	1,07	1,07	1,11	1,05	1,05	1,03	0,89	1,03
Ovesholm	1,17	1,19	#####	1,16	1,14	1,11	1,09	1,08	1,12	1,06	1,06	1,04	0,92	1,05
Tollarp	1,13	1,14	0,91	#####	1,15	1,10	1,07	1,07	1,12	1,05	1,05	1,02	0,90	1,04
Linderöd	1,11	1,11	0,98	1,15	#####	1,11	1,07	1,07	1,12	1,05	1,05	1,01	0,86	1,03
Hörby	1,09	1,09	1,05	1,10	1,11	#####	1,06	1,12	1,17	1,06	1,07	1,01	0,84	1,03
Osbyholm	1,08	1,07	1,00	1,07	1,05	1,06	#####	1,15	1,18	1,07	1,07	1,01	0,83	1,03
Kungshult	1,08	1,07	1,04	1,07	1,07	1,12	1,15	#####	1,22	1,12	1,10	0,91	0,76	1,01
Eslöv	1,09	1,09	1,02	1,09	1,09	1,14	1,16	1,19	#####	1,24	1,20	1,05	0,93	1,07
Lund	1,03	1,02	0,96	1,01	0,99	1,00	1,00	1,06	1,24	1,32	1,26	1,21	1,17	1,20
Malmö	1,03	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,05	1,20	1,26	1,32	1,18	1,13	1,17
Teckomatorp	1,05	1,03	0,86	1,02	1,00	1,00	1,00	0,91	1,10	1,23	1,20	#####	1,13	1,18
Ramlösa	0,93	0,89	0,97	0,89	0,86	0,84	0,83	0,75	0,98	1,20	1,16	1,14	#####	1,27
Helsingborg	1,02	1,00	1,27	1,01	0,99	0,99	0,99	0,96	1,07	1,20	1,17	1,14	1,22	#####

Här antas att det finns en ”färdmedelsbyteselasticitet” som antas vara 0,5. Denna påförs både restidsvinsten och spårfaktorn. Ökningarna innebär här inte ökad biltrafik, utan överflyttning till gummihjulstågen.