

# Installering av repeterbalis för en förbättrad signaluppdatering för godståg



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Institutionen för teknik och samhälle

Examensarbete:  
Emmy Christensen  
Lovisa Ljungberg



© Copyright Emmy Christensen, Lovisa Ljungberg

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 2021

## Sammanfattning

Godståg är begränsade av sin oförmåga till snabb acceleration respektive retardation i spåret. För en förbättrad framkomlighet har möjliga trimningsåtgärder undersökts på utvalda platser där godstågen ansågs ha svårigheter att ta sig fram. Detta kan vara att installera repeterbaliser för att kunna ge godståget uppdaterad information om banan för att underlätta tågets framfart och kapacitet.

Syftet med examensarbetet är att undersöka kapacitetsförbättringar i form av installering av repeterbaliser på utvalda områden där behov finns. Resultatet ska kunna ses som trimningsåtgärder som på sikt ska kunna medföra ett mer robust system samt möjlighet till bättre tågföring. Undersökta åtgärder ska kunna implementeras på andra områden än just de undersökta i detta examensarbete.

Arbetsprocessen inleddes med en mindre litteraturstudie som gav grundläggande kunskaper om ATC, trimningsåtgärder och vad dessa innebär. Intervjuer med instruktörer (kör både tåg, utbildar och examinerar lokförare) och signaltekniker har utförts. Detta har gett djupare förståelse och kunskaper kring godstågens förutsättningar i järnvägssystemet. Litteraturstudien inklusive intervjuer resulterade i två områden att titta närmare på, Lunds central samt södra infarten till Helsingborgs driftplats. I dessa områden skulle mindre åtgärder kunna förbättra genomsignaleringen för godståg samt eventuellt medföra kapacitetsvinster. Just dessa områden valdes då de problem som fanns här också gick att finna på andra ställen i Sverige.

En installation av en repeterbalis på spår 3 i Lund central samt vid infarten söder om Helsingborg har på olika sätt visat sig kunna bli kapacitetsförbättrande åtgärder. I Lund kan denna medföra att genomsignaleringen för godståg kan förenklas och i Helsingborg finns potentiella tidsvinster att se fram emot. Satsningar och mindre åtgärder som medför förbättringar för godståg bör vara av intresse då allt större satsningar på godstågstrafiken sker. Kontinuerliga förbättringar bör höja godstågens status och gynna fler tåg samt medföra ett mer robust signalsystem.

Nyckelord: Järnväg, Signalsystem, ATC, ATC-2, Godståg, Repeterbalis.

## **Abstract**

Freight trains have a limited passability due to their lack of ability to quickly accelerate or decelerate. To improve the passability of freight trains, possible improving measures have been studied at selected locations where the accessibility is restricted to freight trains.

The purpose of the bachelor thesis is to examine the capacity increase if you install repetitive balises (transponder) at selected areas. The result must be seen as improving measures that in the long run can lead to a more robust system and an opportunity for better train operation.

The work process began with a literature study that provided basic knowledge about ATC-2 and improving measures. Interviews with instructors and signal technicians have been carried out, which have provided a deeper understanding and knowledge of the conditions of freight trains in the railway system. The literature study, including interviews, resulted in two areas to be looked at more closely, Lund central and the southern entrance to Helsingborg's operating site. In these areas, minor improvements could improve throughput for freight trains and possibly lead to capacity gains.

The installation of a repetitive balise on track 3 in Lund central and at the entrance south of Helsingborg has in various ways proved to be a capacity improving measure. In Lund, this can mean that the passage for freight trains can be simplified and in Helsingborg there are potential time savings.

Keywords: Railway, Railroad, Signal system, ATC, ATC-2, Freight trains, Repetitive balises (transponder)

## Förord

Detta examensarbete är det avslutande momentet i vår utbildning till högskoleingenjör i byggt teknik med inriktning järnvägsteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet har genomförts i samarbete med Atkins under våren 2021 och omfattar 22,5 högskolepoäng.

Vi vill tacka vår handledare Carl William Palmqvist för all hjälp under arbetets gång. Tack också till Lars Lindkvist på Trafikverket för engagerad hjälp och givande samtal. Vi vill även rikta ett tack till Thor-Björn Larsson och Kristoffer Källström från Green Cargo för bra samtal och studiebesök. Slutligen vill vi tacka medarbetare på Atkins Signal syd och då speciellt Björn Hellrup.

Emmy Christensen och Lovisa Ljungberg

Lund, maj 2021

## Definitioner och förkortningar

**ATC:** Automatic Train Control - det säkerhetssystem som tillämpas i svensk järnvägstrafik. Systemet utför övervakning av tågens framfart.

**ERTMS:** European Rail Traffic Management System - ett gemensamt trafikstyrningssystem för Europa och införs för att på lång sikt få en mer gränsöverskridande tågtrafik.

**F-indikator:** Står för försignalindikator på förarpanelen, är en indikator som visar försignalbesked. Visar bland annat målhastighet.

**H-indikator:** Står för huvudindikator på förarpanelen och är den indikator som visar ATC-beskedet.

**Korridor B:** Det transeuropeiska transportnätet (TENT-T) är ett nät inom EU och innefattar flera korridorer inom infrastruktur och transport. Korridor B är en korridor av 9, den går från Neapel till Stockholm.

**LTS:** Längre, Tyngre och Större tåg – Ett projekt inom Trafikverket som arbetar för att förenkla framkomligheten för intermodala transporter men en större lastprofil.

**Medlut:** Innebär att banan lutar nedför i förhållande till tågets färdriktning. Lutningar anges i promille (‰) och kan också skrivas som en negativ lutning.

**RFsi:** Förkortning för repeterbalis och används för att uppdatera ATC-datorn om ett signalbesked som kommer längre fram.

**STH:** Största Tillåtna Hastighet - den maxhastighet som tilldelas olika banor respektive tågkategorier.

**TSD:** Tekniska Specifikationer för Driftkompatibilitet - europeiska bestämmelser som innebär mer standardiserade riktlinjer för järnvägen i Europa.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
	Syfte	2
	Problemformulering och frågeställningar	2
	Avgränsningar och definitioner	3
<b>2</b>	<b>Metodbeskrivning</b>	<b>4</b>
	Sammanfattning av arbetsmetoden	4
	Litteraturstudier och informationsinsamling	5
	Metod för kvalitativa intervjuer	5
	Fallstudie och val av områden	6
<b>3</b>	<b>Godståg i järnvägstrafiken</b>	<b>7</b>
	Egenskaper för bana och tåg	7
	Spårplansacceleration och krafter i spåret	7
	Begränsningar för godstågen	9
	LTS - Längre, Tyngre och Större tåg	9
	Lastprofiler och kodifiering	10
<b>4</b>	<b>Broms och bromsegenskaper för godståg</b>	<b>11</b>
	Bromsförmåga och bromsvikt	11
	Bromsläge och bromsgrupp	12
	Fullbroms, driftbroms och nödbroms	13
<b>5</b>	<b>Kapacitet inom järnväg</b>	<b>15</b>
	Tågkategorier i järnvägssystemet	15
	Kapacitetsplaner i Sverige	16
	Intermodal järnvägstrafik	16
	Systemeffektivitet och begränsningar	17
	Projekteringsprinciper och tidsplanering	17
<b>6</b>	<b>ATC – Automatic Train Control</b>	<b>19</b>
	Grundläggande funktioner för ATC	19
	Körning och utrustning i ATC-systemet	20
	Länkning och lutning i ATC	21
	RFsi - Repeterbalis	22
	Målavstånd och bortflyttning i ATC	23
	Frisläppningshastighet och övervakning	24
<b>7</b>	<b>Resultat</b>	<b>25</b>
	Lunds central, genomsignalering för godståg	25
	Nuvarande situation på Lunds central	27
	Mer effektiv genomsignalering för godståg i Lund	28
	Infarten till Helsingborgs driftplats från Ättekulla	29
	Nuvarande situation för infarten mot huvudsignal 101	30
	Förbättring för godstågens framfart vid infarten	31



<b>8</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>32</b>
	Metoddiskussion.....	32
	Resultatdiskussion.....	34
<b>9</b>	<b>Analys och sammanfattning</b> .....	<b>36</b>
	Kapacitetshöjande åtgärder inför framtiden .....	36
	Miljömål och de transportpolitiska åtgärderna i Sverige .....	36
	Begränsningar för godstågen .....	37
	Underhåll och prioritering.....	37
<b>10</b>	<b>Slutsatser</b> .....	<b>39</b>
	Fortsatt arbete .....	40
<b>11</b>	<b>Referenser</b> .....	<b>41</b>
	<b>Bilagor</b> .....	<b>45</b>



# 1 Introduktion

Sveriges riksdag tog 2004 beslut om en ny järnvägslag. I denna lag ingår det riktlinjer för hur Sverige ska följa aktuell TSD som säger hur investeringen och re-investering ska gå till i förhållande till ERTMS. Detta ligger till grund för EU:s bestämmelser kring konkurrenskraft för järnvägen i Europa där gränsövergångar ej ska vara ett hinder (Trafikverket, 2015). I en rapport skriven av Trafikverket 2012 skulle sträckor tillhörande korridor B utrustas med ERTMS senast 2020. Detta enligt den bindande lagstiftningen från EU. Driftsättning av ERTMS på Malmbanan skjuts fram till sommaren 2023 där en viss utvärdering av systemet ska göras innan vidare införande blir aktuellt. Införandet av ERTMS kommer troligtvis att ta tid och aktuell tidplan ser ut att bli framflyttad till 2035 (Trafikverket, 2020a).

Enligt *Nationell plan för transportsystemet 2018–2029* ska fortsatt planering och satsning på järnvägen utföras och dess funktioner ska hållas vid god kvalitet trots den framtida övergången till ERTMS (Trafikverket, 2017a). För att möta detta borde utvecklingsmöjligheter för ATC vara tänkbart och motiverande. Likaså är det endast ett fåtal banor som till en början kommer testa och få ERTMS vilket innebär att många banor fortfarande ska övervakas med nuvarande system, ATC. Det finns sannolikt vinster med att upprätthålla ATC-systemet både vad gäller tidsaspekten och banornas kapacitet. Det kan finnas kapacitetsvinster att se fram emot vid eventuella förbättringar och ju mer tidplanen flyttas desto mer ökar troligtvis värdet av ett förbättrat ATC-system.

Enligt den årliga kapacitetsanalysen från Trafikverket (2020f) ökade mängden godstrafik något under 2020. I den nyligen utgivna *Genomförandeplanen* (Trafikverket, 2021c) förutses godstrafiken öka under de kommande 20 åren. Ett mer trimmat system kan således också anses vara mer attraktivt för godstransportköparna då det är ett uttalat mål att flytta mer transport från väg till järnväg.



Figur 1 Fyrstegsprincipen. Bildkälla: Trafikverket

För att säkerställa en god resurshållning och för att åtgärder som utförs ska kunna anses bidragande till en hållbar samhällsutveckling arbetar Trafikverket utifrån Fyrstegsprincipen. Den är uppdelad i fyra delar där varje kategori syftar till den insats som planeras för ett projekt eller en åtgärd (Trafikverket, 2018a). Bilden ovan, se Figur 1, visar de olika stegen där nivån på investeringar och åtgärder stiger med siffrans värde. Detta examensarbete ligger inom ramarna för steg 2 och steg 3.

Trafikverket vill se att en övergång till mer miljövänliga fordonsslag ska ske (Sveriges miljömål, 2020). Godståg är en av dessa fordonsslag som i transportsektorn bör öka. För att öka denna del bör således satsningar på godstågstrafiken ske kontinuerligt, anpassningar och förbättringar bör utföras för att underlätta för godstågstrafiken i Sverige.

### Syfte

Syftet med examensarbetet är att undersöka kapacitetsförbättringar i form av installering av repeterbalis för ATC. Detta trots den kommande övergången till det mer digitaliserade systemet ERTMS. Det förväntade resultatet är att finna rimliga och tillförlitliga förbättringar som kan medföra bättre framkomlighet för godståg. Resultatet ska kunna ses som trimningsåtgärder vilket är vad Trafikverket kallar de åtgärder som understiger 100 miljoner kronor. Åtgärder som kostar mer är ej trimning utan blir då större och namngivna projekt.

Det finns en medvetenhet om att det existerar långsiktiga planer för införande av ERTMS. Dock skjuts tidplanen för driftsättning och förberedelser av ERTMS fram. Det anses nödvändigt att nuvarande system fortfarande är stabilt och möter de säkerhetskrav som finns för ett pålitligt signalsystem. Följaktligen sökes förbättringar för att nuvarande system fortsatt ska hålla en hög nivå samt eventuellt uppnå en förbättrad kapacitet. Förbättringarna ska med fördel kunna utföras på fler platser i hela Sverige där liknande problematik kan finnas. Detta examensarbete studerar därför trimningsåtgärder som kan utföras där det upplevs vara begränsad framfart för godstågstrafiken.

### Problemformulering och frågeställningar

- Vilka områden finns där godstågstrafiken påverkas negativt av bristande signaluppdatering?
- På vilket sätt kan installation av en repeterbalis underlätta för godstågen på utvalda områden?

## Avgränsningar och definitioner

Läsaren av detta examensarbete förväntas ha vissa förkunskaper om järnvägssystemet. Arbetet inriktas i huvudsak på brister i systemet samt kapacitetsförbättringar som kan antas vara rimliga att implementera i Sverige. Lösningarna innefattar så kallade trimningsåtgärder och enbart elektrifierade sträckor undersöks och arbetet behandlar således inga andra järnvägsspår.

Med begreppet tåg syftas på ett helt set, det vill säga lok/motorvagn inklusive vagnar. I examensarbetet studeras enbart kapacitetsförbättringar som kan vara till godo för godståg med ATC-utrustning ombord.

## 2 Metodbeskrivning

Följande kapitel beskriver den metod som tillämpats för att slutligen kunna besvara frågeställningarna. Beskrivning av tillvägagångssätt och inriktningar finns enligt nedan rubriker. Arbetsprocessen kan också beskrivas som en löpande process.

### Sammanfattning av arbetsmetoden

En typ av triangulering har tillämpats. Trianguleringen går ut på att möta eller ta del av information från olika håll för att på så vis kunna plocka upp de delar som är gemensamma. Arbetsprocessen inleddes med förstudier med hjälp av litteratur. I litteraturstudien samlades information in och grundläggande förståelse för ämnet skapades.

Att det förekommer mindre brister har framkommit och det finns allt som oftast förbättringspotential där mindre insatser kan underlätta framkomligheten för godståg. Vissa sträckor eller områden upplevs som svårkörda och krångliga och mindre trimningsåtgärder kan komma att underlätta för godstågens framfart. Utifrån detta valdes således driftplatsen Lunds central och infarten till Helsingborgs driftplats, från Ättekulla, som de två områden där mindre förbättringar kan utföras. Dessa två områden har vissa begränsningar som till viss del skiljer sig åt men som eventuellt kan åtgärdas med liknande insatser. Fler ställen kan finnas där till exempel lutningen på en sträcka påverkar godstågens körning eller där informationen till lokförare är bristfällig. Samma typ av lösningar kan då kanske vara aktuella att implementera.

Utifrån litteraturstudier utfördes intervjuer. Dessa intervjuer utfördes med verksamma inom järnvägsbranschen. Intervjuerna inleddes till en början som spontana samtal utan en tydlig inriktning utöver givet ämne. Efter ett par sådana samtal sammanställdes en mer fördjupad inriktning som senare tillämpades vid en mer officiell och slutgiltig intervju. Vid det laget fanns en upprättad och god kontakt. Intervjuerna spelades in och transkriberades.

En viss teknisk planering utfördes för de två aktuella områdena. I denna del sågs geografiska ritningar över, det vill säga plan- respektive instruktionsritningar. Dessa ritningar användes för att undersöka vilka lösningar som vore tänkbara vid eventuella förändringar i områdena. I metoden har fyrstegsprincipens delar tillämpats för att undersöka huruvida det finns trimningsåtgärder för ATC-systemet med fokus kring steg 2 och steg 3. Steg 2 innefattar åtgärder som innebär ett mer effektivt utnyttjande av befintlig järnväg och steg 3 de förbättringsåtgärder som kan vara nödvändiga att utföra utifrån befintlig byggnation och system. Utifrån fyrstegsprincipens steg 2 och 3 har syftet att effektivisera ATC-systemet varit en drivande faktor för att kunna bidra till ett konkurrenskraftigt näringsliv i Sverige.

## Litteraturstudier och informationsinsamling

För att få grundläggande kunskaper har en litteraturstudie utförts. Litteraturstudien har varit systematisk och metodisk under större delen av tiden där litteraturen granskats av båda författarna för att undvika feltolkningar. Utöver generell litteratur, avhandlingar och tidskrifter har ATC-handboken använts. Denna innehåller mycket specifik och detaljerad information samlad på drygt 10 dokument om hur ATC-systemet tillämpas i Sverige. Handboken är en samling där varje del av systemet innefattas av ett dokument.

Under litteraturstudien fanns ”SIPE-pärmen” tillgänglig vilken är samlad information kring signaleringsprinciper som inte ingår i BVF/BVH-serien som ATC-handboken från Trafikverket gör. SIPE-pärmen består av färre tekniska beskrivningar men beskriver ändå mycket grundläggande ATC-systemets funktioner. En litteraturgenomgång ansågs nödvändig och motiverad då trimningsåtgärder påverkar många olika delar av järnvägssystemet inklusive verksamma inom branschen. Den litteratur som inhämtats har i huvudsak bekräftats från flera, oberoende av varandra, källor samt från intervjuer och samtal.

## Metod för kvalitativa intervjuer

För att få information och ett mer praktiskt synsätt kring aktuellt ämne har kvalitativa intervjuer utförts. Dessa går ut på att intervjuaren utvecklar, anpassar och följer upp vad som kan vara ändamålsenligt för situationen och för syftet med undersökningen, detta enligt Kvale, S (1997).

För att intervjua de olika parterna tillämpades en semistrukturerad intervju. Frågorna som ställdes var utformade efter respondenternas intressen och kunskaper. Därför var frågorna inte direkt tagna från rapportens frågeställningar utan var mer uppbyggda för att kunna leda till möjliga svar på lösningar till rapportens problemställning. Det fördes ett öppet samtal kring frågorna och följdfrågor ställdes vid behov. Personerna som blev intervjuade fick prata fritt utan att bli avbrutna. De öppna frågorna ledde in på många intressanta sidospår som gav en större helhetsbild kring ämnet och visade tydligare åt vilket håll resultatet kom att leda till.

Det utfördes två samtal med Lars Lindqvist som är signaltekniker på Trafikverket. Kommunikationen skedde enbart i ljudformat via Skype. Frågorna som ställdes handlade om hur ATC-systemet fungerar i praktiken. Vilka problem det kan finnas i systemet för godståg samt huruvida det fanns specifika sträckor där framkomligheten var sämre för godståg.

För att få perspektiv på hur ATC-systemet tillämpas och fungerar för de i branschen som faktiskt nyttjar systemet hölls samtal och intervju med tåginstruktörerna Thor-Björn Larsson och Kristoffer Källström på Green Cargo.

Med instruktör menas de som både kör tåg, utbildar och examinerar lokförare. Vidare benämns dessa som instruktörer. Intervjuerna utfördes på plats i Malmö. Frågorna som ställdes byggde på tidigare intervju med Lars Lindqvist på Trafikverket. Frågorna var anpassade efter informationen som signerade hade med sig, till exempel hur det fungerar att köra ett godståg med 10-övervakning eller om det finns områden som är svåra att köra på och där trimningsåtgärder hade varit till hjälp.

Utöver intervjuer har regelbunden kontakt hållits med Björn Hellrup signalprojektör på Atkins Signal Syd. Detta för att få hjälp med att tolka ritningar och hur arbetsprocessen vid projektering ser ut.

### Fallstudie och val av områden

Under intervjuer framkom att många områden i Sverige kan behöva mindre justeringar såsom RFSi eller uppdateringar vad gäller tavlor eller dylikt. Således valdes två områden ut för vidare undersökning. Detta på grund av närheten till områdena (lokal kännedom) samt tillgängligheten av ritningar över området.

Dessa områden nämndes också tidigt under arbetets början och blev två typexempel på områden med begränsningar som gick att finna på andra platser i Sverige. Vid kontakt med instruktörerna, Kristoffer Källström och Thor-Björn Larsson var det också dessa områden som togs upp till största del varpå valet blev genomfarten genom Lunds central och södra infarten till Helsingborgs driftplats från Ättekulla.



### 3 Godståg i järnvägstrafiken

Godståg är ett samlingsnamn för en viss typ av tåg, ofta tunga med så kallad stel boggie. Det finns många olika typer av godståg. Lok- och vagntyp samt olika typer av utformning av karossen skiljer dem åt (Andersson, E. et.al. 2017).

#### Egenskaper för bana och tåg

Järnvägen brukar delas in i olika delar och skillnad görs på driftplatser och linjen. Linjen syftar till det som finns utanför driftplatsen. Driftplatsen beskrivs som ett från linjen avgränsat område av banan som kan övervakas av tågklarare mer detaljerat än för linjen. En driftplats kan också delas in i olika driftplatsdelar vilket görs då det anses finnas trafiktekniska behov. Driftplatsgräns är en sådan indelning som kan vara viktig att känna till för de som nyttjar banan. Driftplatsgräns syftar på gränsen mellan driftplatsen och linjen men kan också vara den gräns som skiljer två driftplatser som direkt gränsar varandra. Gränsen brukar definieras direkt utanför infartssignalen eller motsvarande tavla (Transportstyrelsen, 2010b).

Banans bärighet kan beskrivas med banans kapacitet för axellast respektive axeltäthet, begreppen för dessa är största tillåtna axellast [ton] samt största tillåtna bruttovikt per längdmeter [ton/meter], också förkortat i text som STAX respektive STVM. Värden på dessa anges på infrastrukturförvaltarens järnvägsnätsbeskrivning och ger lokföraren mer specifik information om tåget som körs (Bårström och Granbom, 2017). I Sverige ligger största tillåtna axellast på 22,5–25 ton, undantag finns där tyngre tåg kör och är att kalla specialtransport. I dessa fall medges STAX på 30 ton (Järnvägsnätsbeskrivning, 2021b). Utredning och testning finns för tyngre STAX på 32,5 ton (Trafikverket, 2020e).

Godstågens utformning varierar men är generellt 2-axliga. Hur tågen är utformade och vilka banegenskaper de kräver medger sedermera tågets största tillåtna hastighet, förkortat STH. De 2-axliga godstågen har i regel 100 km/h som största tillåtna hastighet. Det finns också 4-axliga godståg, dessa är tillåtna att köra i 120 km/h och används för gods med hög volymvikt. Andra tåghastigheter existerar och varierar med vilken typ av lok inklusive gods som körs (Bårström och Granbom, 2017).

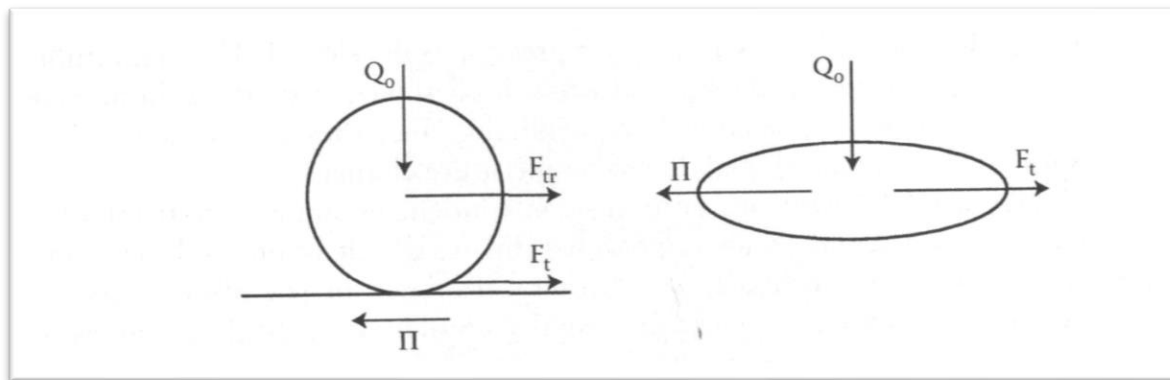
#### Spårplansacceleration och krafter i spåret

För tåg som färdas i spåret kan krafterna i spåret sammanfattas enligt följande:

- $W$ , Tågets totala motstånd
- $F_{tr}$ , Motorns effekt
- $F_t$ , Hjulets drivkrafter mot räl
- $\Pi$ , Adhesion
- $v$ , Hastighet

Ovan nämnda faktorer är grundläggande element vilka kan skilja stort mellan gods- respektive persontåg. Tågets totala motstånd,  $W$ , kan beskrivas som de faktorer som medför störst påverkan på hur tåget beter sig i spåret och hur lätt- respektive svårhanterliga tågen är att köra. Motorns effekt,  $F_{tr}$ , beror till största del av vilka drivkrafter som sker mot rälen samt vid vilken hastighet,  $v$ , tåget färdas i.

De krafter som verkar i spåret samt hur de påverkar tågens beteende skiljer sig från gods- respektive persontåg. Höga axellaster såsom 10–20 ton kräver utöver stabil banunderbyggnad långa signalsträckor. Långa signalsträckor är en fördel även utifall tågets vikt är hög, vilket medför höga bromsvikter. En utökad tåglängd kan medföra problem för andra tåg som trafikerar spåret, antingen får godstågen flyttas till sidospår eller så får persontågen vänta in godståget. Ett större godståg kan väga upp emot 8000 ton och har låg accelerations- och retardationsförmåga vilket i sin tur medför att ett godståg som fått upp farten ogärna bromsas i onödan (Pyrgidis, 2018). Bild på krafter i spåret och hur dessa verkar kan ses i figur nedan, se Figur 2.



Figur 2 Krafter i spåret Bildkälla: Pyrgidis, 2018

Vid acceleration eller bromsning av tåg uppstår accelerationskrafter,  $N_{ac}$ , respektive bromskrafter,  $N_{br}$ . Dessa krafter betraktas som statiska belastningar och de bildas på grund av de longitudinella krafter som sker i spåret på grund av kontakten mellan hjul och räl. Enligt Pyrgidis (2018) kan tågets motstånd delas upp i tre större delar; rörelsemotstånd, spårmotstånd och acceleration. Rörelsemotståndet har två underkategorier, ett grundläggande motstånd och ett aerodynamiskt motstånd. Spårmotstånd syftar på den kraftverkan som sker vid lutning och i kurvor. Även adhesion är ett vanligt begrepp, det vill säga vidhäftningsförmågan mellan hjul och räl. Adhensionskraft definieras som produkten av den vertikala hjullasten,  $Q_0$ , samt adhesionskoefficienten,  $\mu$ .

Den vertikala hjullasten påverkas av accelerations- och bromskrafterna. Adhensionskoefficienten beror av många parametrar såsom legering i material för hjul och räl, omgivningen utifrån rådande miljö/klimat samt hur hjul och räl är konstruerade (Pyrgidis, 2018).

## Begränsningar för godstågen

För att visa på hur godståget är begränsat vid retardation respektive acceleration visas skillnaden på olika egenskaper och värden för ett godståg jämfört med ett persontåg. De värden som presenteras i tabellen nedan, se Tabell 1, är generella värden för godståg respektive persontåg (Andersson, E. et.al. 2014).

Tabell 1 Generella värden för ett godståg respektive persontåg

Tågtyp	Godståg	Persontåg
Drivvagn	Ellok	Elmotorvagn
Total tjänstevikt tåg	700 ton	206 ton
Tåglängd	600 m	80 m
Spårplansacceleration	0,65 m/s <sup>2</sup>	0,98 m/s <sup>2</sup>
Bromsprocent, $\lambda$	60–80 %	> 100 %

## LTS - Längre, Tyngre och Större tåg

Trafikverket driver ett projekt kallat LTS som består av flera olika delar men som framför allt syftar på längre, tyngre och större tåg. Projektet avser att ta fram en nationell plan för längre tåg upp till 750 meter som ska tillhöra TEN-T nätet. Utöver längden tåg tas strategier fram för en utökad lastprofil respektive tyngre tåg. Avsikten är att kunna köra större volymer på färre godståg. Det finns också planer på att se över bromsprocenttabeller och bromsregler eftersom bromstalet försämras med tågets längd. Åtgärderna kopplas enligt rapporten till tidsperioden 2024–2029 (Trafikverket, 2019a).

Sedan 2019 kan järnvägsföretag ansöka om att framföra så kallade kodifierade transporter. Tidigare har intermodala transporter fått hanteras som specialtransporter men så är inte längre situationen. Trafikverkets arbete med att utveckla förutsättningarna för intermodala transporter har gjorts tillsammans med bland annat Green Cargo, branschföreningen Tågoperatörerna och Hector Rail (Trafikverket, 2019c).

Det är på grund av den så kallade kodifieringen som särskilda villkor och transporttillstånd inte längre behövs utan operatören kör istället med AoK, vilket är en kod som står för *Ansökan om Kapacitet*. En kodifierad transport innebär att en transport är intermodal. Det är då krav på att sträckan innehar samma eller högre kodifieringsklass som lasten för transporten har. Denna typ av bana består av linjer och driftplatser som alla har denna klassificering. När en sammanhängande sträcka tillhör denna klass får således tågen med denna last köra på sträckan. Vid denna typ av format på last undersöks bland annat hinder längs med vägen och lastprofiler för tunnlar där en viss

säkerhetsmarginal ska finnas. Detta system har länge diskuterats och ska vara samma i hela Europa. Vilket gör det lättare att frakta gods genom flera länder (Trafikverket, 2019c).

### Lastprofiler och kodifiering

I spåret måste alltid ett så kallat *Fritt utrymme utmed banan* finnas. Detta utrymme anger det område utmed spåret där inga fasta föremål får finnas. Hinder i spåren kan vara både så kallade långsträckta hinder, vilket syftar på fasta installationer, samt kurv tillägg som innebär att hänsyn tas till utvidgningen för fordonet i rörelse. Det finns olika profiler för fria utrymmet. Profilerna skiljer i mått och vilken profil en bana får avgörs utifrån vilka tåg som är tänkta att trafikera spåret samt var spåret är förlagt. Rälsförhöjning samt kurvor påverkar vilka fordon som kan köra på spåret och utifrån detta sätts också profilerna på sträckan (Banverket, 1998).

Det finns en grundläggande klassificering där lastprofil A och B är den vanligast förekommande. Lastprofil C är den klassning av profiler som är den mest skrymmande med en bredd på 3,6 meter och höjd på 4,83 meter. En ny klassificering har sedermera skapats som kopplas ihop med en europeisk standard, det är denna klassificering som kallas för kodifiering (Trafikverket, 2020h).

Kodifiering för den nya europeiska standarden är en åtgärd som är till god hjälp för företag inom godstrafiken. Enligt en rapport från Green Cargo (2016a) hade de en förhoppning om en utvidgad lastprofil C på hela järnvägsnätet i Sverige. De menade att en utökning vore gynnsamt för den nordiska godsindustrin och framför allt den industri som exporterar varor via hamnar till övriga Europa, USA och Asien.

## 4 Broms och bromsegenskaper för godståg

Det finns olika alternativ till bromssystem för godståg. Godstågen kan ha blockbroms, skivbroms, eller en kombination av båda. Ett godståg kan ha ett eller flera blockbromsar längs tåget. Blockbromsen sitter vid vagnarnas hjulpar, när tåget ska bromsa trycks en gjutjärnskloss mot hjulets löpbana. Vanligtvis används blockbroms på 2-axliga vagnar. Godståg med blockbroms får max köra 160 km/h så vida inte fordonet har ett kompletterande bromssystem. En skivbroms består av två bromsbelägg som trycker mot båda sidorna på en bromsskiva. Skivbromsar är normalt placerade mellan hjulparen och monteras vid hjulen (Bergstedt, R. 2004).

### Bromsförmåga och bromsvikt

Tågens bromssystem ska möjliggöra minskning i hastighet eller att hastigheten kan bibehållas vid lutning. Bromssystemet ska också kunna få tåget att stanna vid stoppsignal inom den angivna stoppsträckan (TSD, 2014a).

Det som påverkar tågets förmåga att bromsa är olika faktorer som sammantaget kallas bromseffekt eller bromsförmåga. Bromsförmågan,  $\alpha$ , beskrivs som kvoten mellan summan av de longitudinella krafterna mellan hjul och räl,  $F_{\alpha i}$ , samt summan av den motsvarande bromsmassan,  $m_{\alpha}$  multiplicerat med gravitationen,  $g$  (Andersson, E. et.al. 2017)

Bromsförmågan påverkas i sin tur av en rad olika faktorer såsom tågets vikt, rullmotstånd, adhesion och hastigheten för tåget. De godståg som färdas i spåren måste framföras på ett säkert sätt och alltid kunna bromsa tågen inför stoppsignal. För att detta ska kunna utföras krävs det att föraren känner till STH för just det tåg som körs. Detta fås via bromsprocenttabeller som tar hänsyn till tågets bromsprocent och tågets längd. Det finns olika bromsprocenttabeller anpassade för olika sträckor och förutsättningar (Transportstyrelsen, 2010a).

Bromsvikten är ett mått på kapaciteten eller förmågan för ett tåg att bromsa, ju högre mått desto bättre. Bromsvikten betecknas med  $B$  och kan kopplas till olika bromsgrupper. För att få bromsprocenten eller bromstalet för ett tåg,  $\lambda$ , divideras bromsvikten med den ekvivalenta tågvikten,  $m_e$ .

Procentsatsen som fås vid beräkning tillämpas för att detektera den bromssträcka som är nödvändig för det aktuella tåget. Är det många vagnar kopplat till ett lok räknas summorna av bromsvikten och den ekvivalenta vikten för lok och alla vagnar tillsammans (Andersson, E. et.al. 2017).

Det finns en risk att beräknad bromsprocent,  $\lambda$ , kan medge en lägre hastighet för hela tåget än vad fordonet ursprungligen medgett. När det händer sänks hastigheten till 80 km/h i stället för 90–100 km/h. Bromsprocentens olika värden kan också påverkas av hur blandad trafik som finns på respektive bana

då tågen måste ta hänsyn till ett långsamgående fordon framför sig eller huruvida ett snabbgående tåg bakom ska kunna köra om (Trafikverket, 2020g).

### Bromsläge och bromsgrupp

Godståg med ATC har på grund av sin låga bromsförmåga ofta en reducerad hastighet. Detta då ATC-systemet har så kallad punktvis uppdaterad signalinformation. Det vill säga det besked som fås i första balisen gäller och uppdateras först när loket når andra balisgruppen (Trafikverket, 2015a).

För tåg tillämpas generellt den pneumatiska bromsen, även kallad P-broms. Detta är vad som kallas en tryckluftsbroms, en broms som har många goda egenskaper. Enligt (Bergstedt, R. 2004) finns det dock vissa principiella begränsningar som hindrar en vidare utveckling av systemet. Bergstedt syftar på styrningen av bromsen, den luftförsörjning som krävs för funktionen samt den begränsade möjligheten att införa vidare automation. Tryckluftsbromsarnas fördel är att de kan lossas gradvis och kan till viss del anpassas till tågets längd, vikt och STH. Detta regleras genom bromsens reaktionstider och bromsverkan som i sin tur väljs via olika bromslägen. Bromslägen kallas inställningen av bromsen för en enskild vagn eller lok. Vid addition av dessa blir summan en så kallad bromsgrupp som då avser hela tåget. Dokument finns som reglerar hur bromsläget ska ställas in på olika fordon när tåget körs i en specifik bromsgrupp (Bergstedt, R. 2004).

Varje tåg har alltid ett huvudbromssystem, detta innebär ett genomgående bromssystem per tågsätt. Beroende på vilken typ av tåg det gäller kan olika typer av bromsar kombineras för att kunna möta banans utmaningar och hantera tågets bromsegenskaper. Bromsar delas in i olika kategorier och för de tåg som har normal tryckluftsbroms finns tre kategorier, R-, P- och G-broms. Tåg ska tilldelas en bromsgrupp och vilken tilldelning som respektive tåg får beror på, som ovan nämnt, vilket bromsläge som varje kopplat fordon har. Varje bromsgrupp har villkor som måste uppfyllas för att tåget ska få tillhöra gruppen. Det finns också restriktioner som gäller för den bromsgrupp som tåget tillhör, se Tabell 2.

Hur fordonet får framföras beror således på den angivna bromsprocenten (som ges ut av infrastrukturförvaltaren) och som kan variera för olika sträckor med hänsyn till avstånd för försignalering. Tågets bromsgrupp spelar in likaså STH samt tåglängd. Generellt blandas inte G-broms med P- och R-broms i samma tåg, oftast används P- och R-broms och bromsgrupp P/R. G-broms används i undantag bland annat på Malmbanan (Trafikverket, 2015d).

Tabell 2 Restriktioner med tillhörande värden för olika bromsgrupper

Bromsgrupp	Hastighet (STH) [ $\frac{km}{h}$ ]	Största längd på tåg [m]
P/R	NA	730
G	80	880
Ö (Tilldelas då villkoren för övriga bromsgrupper inte är uppfyllda)	40	300

### Fullbroms, driftbroms och nödbroms

Tryckluftsbromsar är huvudledningar som går genom tåget. Dessa styr bromsen och ger den kraft som krävs till bromscylindrarna i form av tryckluft. Luften laddas i en behållare och då dessa är fulla har vagnen fått förmågan att bromsa. Detta kallas automatisk broms och är den tillämpning som medför att bromssystemet nödbromsar. Bromsen (vid nödbroms) agerar och sätts in om bromsledningen tappar trycket. Normalt övertryck i ledningen är 500 kPa (Bergstedt, R. 2004).

Bromsarna styrs generellt från loket genom tryckvariationer som löper genom huvudledningen, detta via bromsventiler på loket som i sin tur påverkar styrventiler i vagnarna. Det är alltid vid trycksänkning som styrventiler reagerar och trycksätter de bromscylindrar som i sin tur utför bromsningen. Bromskrafterna är nästan proportionella mot sänkningen i trycket ner till 350 kPa. När en trycksänkning på 150 kPa sker uppnås maximal bromskraft och tåget har då full broms. En annan typ av bromsning är driftbroms vilken innebär att trycket i huvudledningen i stället sänks med 100 kPa (Bergstedt, R. 2004).

För tåg är bromsmomentet speciellt. Tryckluftssystemet som töms successivt vid bromsning kan inte samtidigt fyllas på. Påfyllning av luften sker först då broms ej utföres. När tåg kör i medlut (nedförsbacke) innebär det att tåget konstant behöver bromsas vilket gör att systemets lufttryck sjunker tills bromsningen är avslutad. Det tar också en viss tid för trycksänkningen att sprida sig längs ledningen genom tåget, detta är en så kallad tillsättnings tid som är den tid det tar från att en bromsindikation sker i loket fram till att den indikeringen har nått sista vagn i tåget. När trycket höjs i ledningen lossar bromsen med tryckhöjningen och förrådsluftbehållarna laddas (Bergstedt, R. 2004).

Då nödbroms blir aktuellt töms huvudledningen helt och hållet och så fort som möjligt. Bromsverkan är densamma som vid fullbroms men tillsättningstiden blir kortare (Bergstedt, R. 2004). När ATC-systemet går in och bromsar tåget utför den generellt drift- eller fullbroms men kan också utlösa nödbroms. Vilken typ av broms som systemet utför beror på vad som sker (som systemet ska reagera på) och hur snabb inbromsning som behövs utföras (Trafikverket, 2015f).



## 5 Kapacitet inom järnväg

Kapacitet inom järnväg innebär att den mängd tåg och rörelse på banan som får finnas aldrig får riskera att hamna i konflikt med varandra. Järnvägen är indelad i så kallade blocksträckor och grundregeln är att det maximalt får finnas ett tåg på en blocksträcka (Bårström och Granbom, 2017). Begreppet kapacitet kan anses vara oprecist men syftar generellt på fördelningen av gods- och persontrafik och den mängd av dessa fordonsslag som kan/får finnas på banan samtidigt.

Kapacitet för olika tågtyper definieras till viss del olika. För persontåg kopplas den ihop med möjliga antal tåg som kan köras per tidsenhet och största möjliga tåglängd. Hur många och långa tåg som kan köras beror av antal spår samt signalsystemets utformning. För godståg gäller även tågfrekvens och tåglängd, bärigheten är också en viktig faktor. STVM (största tillåtna bruttovikt) och STAX (största tillåtna axellast) är också faktorer som påverkar godstågens kapacitet. En annan faktor som påverkar kapaciteten på banan och omfattar både person- och godståg är STH för banan. Denna påverkar beläggningstiden för en blocksträcka som blir kortare ju fortare tågen går. Håller tågen någorlunda samma hastighet kan tågfrekvensen hållas högre (Bårström och Granbom, 2017).

Enligt Trafikverket (2020g) kan järnvägens kapacitet utnyttjas bäst om hastigheterna för alla tåg kan harmoniseras så mycket som möjligt. En minskning av hastighetskillnaderna mellan de mest långsamma och de snabbaste tågen kommer frigöra kapacitet på banorna.

### Tågkategorier i järnvägssystemet

Hur bangeometrin ser ut beror av vilket eller vilka typer av tåg som ska gå på banan. Tågen har olika syfte (gods eller passagerartåg) och detta påverkar tågens utformning och möjligheter vilket medför att banan projekteras efter detta, dock alltid utifrån det mest långsamma tåget. Tågen delas in i tre kategorier där respektive kategori tillåter en viss typ av dimensionering.

S-tåg eller snabbtåg är tåg som på många sätt skiljer sig åt från de andra tågkategorierna, dessa tåg har dels annorlunda krav dels mer krävande krav och har generellt bättre gångegenskaper i spåret. Enligt Andersson, E. et.al (2017) finns det inga klara definitioner för vad höghastighetståg är men en indelning kan göras i två kategorier. Den ena kategorin syftar på tåg vars hastighet överstiger 250 km/h och den andra kategorin är de tåg vars hastighet ligger inom 200–250 km/h. Inom den senare kategorin går det att göra ytterligare indelningar, bland annat efter huruvida tåget är utrustat med korglutning eller inte.

De krav som ställs gäller framför allt fordonens utrustning och uppbyggnad. Dynamiska gågegenskaper, upphängningssystem, bromssystemen (vanligtvis 3–4) och aerodynamisk design är olika delar där kraven är höga och betydande för denna typ av tåg (Andersson, E. et.al 2017).

Persontåg är den andra kategorin tåg. Detta är ofta motorvagnar med tillhörande vagnar, med mjuk boggi (Trafikverket, 2020b). Dessa tåg är passagerartåg som körs regionalt med högt flöde på passagerare. Hastigheten för dessa tåg brukar ligga kring 160–200 km/h och kraven för fordonen brukar handla om tågets retardations- respektive accelerationsförmåga (Andersson, E. et.al 2017).

Den tredje kategorin är godståg. Godståg är tåg med (oftast) stel boggi och en lägre högsta hastighet än föregående tågkategorier, även om det finns variationer beroende på typ av godståg. Tågen är generellt tunga med varierande lastmöjligheter (Andersson, E. et.al. 2017).

### Kapacitetsplaner i Sverige

Enligt en rapport från Trafikverket (2020d) står transportsektorn inför stora utmaningar. Rapporten syftar på Sveriges transportpolitiska mål att till år 2030 minska utsläppen av växthusgaser med mer än 70 % i jämförelse med utsläppen 2010. Nettoutsläppen ska i framtiden vara noll men transportbehovet förutsägs öka. I en godstransportstrategi framtagen av Regeringen 2018 är det främsta målet att skapa en mer effektiv och kapacitetsstark godstransport. I denna strategi anses godstransporter på järnväg (och med fartyg) spela en viktig roll i omställningen av transportsystemet.

I Sverige pågår forsknings- och utvecklingsprogram gällande ett förbättrat och effektiviserat järnvägssystem. Trafikverket poängterar att utvecklingen är viktig men att de resultat som presenteras också måste implementeras av aktörer i branschen. Följande åtgärder anses nödvändiga och är prioriterade (Trafikverket, 2020d):

- Utveckla arbetssätt för att kunna prioritera attraktiva tåglägen för godstrafiken
- Öka flexibiliteten för godstrafiken genom att möjliggöra förändringar i tilldelade tåglägen
- Ta fram nyckeltal för att mäta tågplanens effektivitet för godstrafik, till exempel fördröjningstid
- Utred om intermodal järnvägstrafik kan prioriteras i tågplanen så att attraktiva tåglägen och snabba omlopp kan erbjudas

### Intermodal järnvägstrafik

Intermodala transporter innebär att godsenheter nyttjar flera transportsätt. Detta kan vara containrar, växelflak, semitrailers eller kassetter som lastas från lastbil till järnväg eller vice versa. Omlastningen sker på kombiterminaler och fördelen

med denna typ av hantering är att godset hanteras direkt. Sverige och EU eftersträvar ett högre nyttjande av denna typ av transporter för att på så vis nyttja järnvägens transportförmåga (Trafikverket, 2019a).

Intermodal infrastruktur innefattar den infrastruktur kring väg, järnväg och sjöfart som samverkar. Hög kvalitet är nödvändigt för att kedjan inte ska brista. Större satsningar är tilldelat järnvägen där fokus främst varit på drift och underhåll. Likaså utreds möjligheten till HCT (High Capacity Transport) för järnvägen. Liknande utredningar har skett inom väg vilket delvis kritiserats då den typen av satsning kan motverka godstransport på järnvägen (Stanislawski, C. 2019).

Enligt Trafikverkets rapport *Hinder för ökad överflyttning till intermodala järnvägstransporter* (2019a) menar de att det presenterats många tekniska lösningar men som dessvärre varit alltför kostsamma att implementera. Dock menar de att både vilja och behov finns i branschen hos dels varuägare dels tågoperatörer för en utökning av intermodala järnvägstransporter.

### Systemeffektivitet och begränsningar

Hastigheten på en järnvägssträcka begränsas i ATC av den nödvändiga bromssträckan för aktuellt tåg. Detta för att tåget alltid ska kunna stanna vid stoppsignal om ett sådant besked har getts. Många faktorer påverkar driftbromssträckan för ett tåg, bland annat vilken typ av tåg som framförs som i sin tur medför att accelerations- och retardationsförmågan skiftar. Även eventuella lutningar i spåret är av yttersta vikt att känna till och påverkar bromssträckan. Huruvida det är uppförs- eller nedförslutning på sträckan för riktningen är också väsentlig information (Trafikverket, 2015c). Vilken lutning som finns på banan anges i balisgruppen och om ingen ny lutningsinformation lämnas vid en uppdaterad bromskurva har ATC-datorn samma lutningsvärde som den fått tidigare (Banverket, 2009).

STH för godståg anses generellt vara både låg och utgöra en begränsning i kapacitetsutnyttjandet. Den sägs också påverka konkurrenskraften för gods som fraktas på järnväg. Ofta tillåts godsvagnar generellt en hög STH men med last förändras villkoren och STH sänks (Trafikverket, 2019a). Simuleringar som utförts har visat att utifall högre STH anordnas kan förbigångar minskas (det vill säga de gånger snabba tåg kör om långsammare tåg), godståglägen kan också öka i antal vilket i teorin kan ge förutsättning för en mer flexibel tidtabell (Fröidh, O. 2013).

### Projekteringsprinciper och tidsplanering

Trafikverket har 6 leveranskvaliteter varav en är kapacitet. Begreppet kapacitet kopplas till funktionsmålet *tillgänglighet* och hur arbetet går redovisas årligen. Den utredning som görs undersöker kapacitetsutnyttjandet men också

kapacitetsbegränsningarna på banorna i Sverige. Kapacitetsutnyttjandet är ett mått på belastningen på spåren medan beräkningarna syftar på hur stor del av tiden som banornas linjedelar är belagda. Beräkningarna ska visa på eventuella begränsningar som finns och ska i och med det visa på sträckor/områden att förändra. I den årliga rapporten om Järnvägens kapacitet för 2020 menar Trafikverket att inga större åtgärder utförts men många mindre bidrag har skett vilket medfört att systemet uppnått en högre robusthet (Trafikverket, 2020f).

I arbetet kring förbättringar och underhåll av järnvägens kapacitet undersöks varje enskild linje som studeras för att se hur känslig respektive del är över dygnet i förhållande till banans tillgängliga totala kapacitet. Då utnyttjandet överstiger 80 % är känsligheten är hög. Hög känslighet kan också medföra att banans tillgänglighet för övrig tågtrafik såsom underhåll minskas. Det lägre intervallet, 61–80 %, innebär att hela den tillgängliga kapaciteten inte nyttjas dock kan problem förekomma vad gäller önskemål om tågtrafik eller underhåll. Då utnyttjandet understiger 60 % finns det utrymme för utfyllnad av tågtider eller underhåll (Trafikverket, 2020f).

Efter en utarbetad tidtabellanalys görs simuleringar för att se hur kapaciteten fungerar. I simuleringarna utsätts linjerna för störningar och på så vis kan flaskhalsar eller andra faktorer som påverkar linjens flöde hittas. Ett sådant exempel kan vara tåg som kör i olika hastigheter, det vill säga blandade tågkategorier på samma bana. Utformning på boggier, vilka bromssystem som finns på lok respektive vagnar och vilken komfortstandard som krävs för aktuellt tåg är några faktorer som avgör hur fort tåget kör. Hur banan är projekterad ger grund för vad som är möjligt att köra, tågkategorierna avgör vad respektive tåg har som STH utifrån bangeometrin (Trafikverket, 2020f).

## 6 ATC – Automatic Train Control

ATC är ett signalsäkerhetssystem som används på de flesta banor på svenska järnvägen idag. Det första systemet togs i drift 1980 och kallas ATC-1, dagens system ATC-2 är en uppdaterad version av denna (Trafikverket, 2020a). ATC medger besked såsom baninformation, all information som ges lagras och visas för föraren. Besked som ges handlar till största del om information från tavlor och optiska signaler längs med banan. Förarens åtgärder övervakas konstant och då besked ej följs eller för hög hastighet hålls förhållande till vad signalbeskedet visar går ATC-systemet in och agerar i form av varningar följt av bromsning. ATC-systemet används för att höja säkerheten på banan. Enligt följande punkter sammanfattar Trafikverket (2015a) systemet:

- Medger ökad hastighet utan att minska på säkerheten
- Är ett hjälpmedel för föraren att tillgodogöra sig den ökade informationsmängden
- Går att lägga in nya hastigheter utan komplicerad ombyggnad av signalsystemet
- Möjliggör införandet av andra kapacitetshöjande hjälpmedel utan att säkerheten minskar
- Kan vara kapacitetshöjande. Jämfört med enbart optiska signaler

### Grundläggande funktioner för ATC

För att ett tåg ska hinna agera på de besked som ges måste ATC-systemet och föraren få information som kan påverka tågets egenskaper vid bromsning. Detta är information såsom tågets retardationsförmåga, bromssystemets fördröjningstid vid start (bromsgrupp och tåglängd), högsta tillåtna hastighet för det mest ogynnsamma fordonet i tåget, högsta tillåtna hastighet med hänsyn till tågets bromsförmåga och normalt förbeskedsavstånd. Denna information kommer vanligtvis från en separat order och/eller tidtabellsboken (Trafikverket, 2015a).

ATC-utrustningen är ett så kallat ”Fail safe system”. Detta betyder att utrustningen är utförd så att inga fel på banutrustningen eller fordonsutrustningen kan finnas utan att det larmas. Tåget ska inte, vid något tillfälle, kunna framföras med en högre hastighet om utrustningen inte är felfri. Säkerheten i ATC-systemet medför att hastigheten tas ner för att tåget före varje restriktion ska kunna ha en ofarlig hastighet, nästan ner till stopp inför varje stoppsignal, och ner till stopp (nödbroms) om tåget passerar stoppsignal.

ATC kan visa följande information:

- Information som de optiska signalerna visar.
- Del av den information som finns i linjeboken (hastighetsnedsättningar).

Följande information kan överföras:

- Tåghastigheter, inklusive stopp, från huvudsignal och huvuddvärgsignal.
- Målhastigheter från försignaler, kombinerade signaler och huvuddvärgsignal.
- Tåghastighet från hastighetstavlor.
- Målhastighet från orienteringstavlor.
- Målavstånd mellan för- och huvudsignal (även över blocksträckor), mellan orienterings- och hastighetstavlor.
- Lutning till målpunkten, vid behov.
- Kanalnummer och positionsinformation från tågradio.
- Via tågradio kan positionsinformation och reviderad målhastighet avseende en bestämd signalpunkt överföras.  
(Trafikverket, 2015a)

Informationen till ATC kan matas in på två olika sätt:

- Vid installation av tåget utförs fasta individualiseringar av utrustningen som hastighetsmätarutväxling.
- En anpassning görs till det aktuella tåget som matas in av föraren via panelen innan start. Inmatning: Bromsuppgifter, tåglängd, STH och tågets beroende av banegenskaper, till exempel kurvor och broar.

Informationen överförs till tåget från en informationspunkt som består av minst två baliser, A-balis och B-balis. Loket sänder alltid ut en söksignal som tar upp balisinformationen, beroende på vilka baliser det handlar om kan strömförsörjning ske från antingen hjälpkraft eller från loket. Detta sker vid passering samtidigt som informationen tas upp. Balisen sänder tillbaka ett telegram till loket vid passering, sändningen kan ej påverkas av höga hastigheter, snö, is och vatten (Trafikverket, 2015a). A, B och C är huvudbaliser för en informationspunkt i den riktning som balisgruppen gäller för. A-balisen innehåller alltid gruppens kategorinumner, alltså huruvida det är 10 eller 40 övervakning, samt målhastigheten. B-balisen anger avståndet till nästa signal och C-balisen anger banans eventuella lutning (Trafikverket, 2015e).

### Körning och utrustning i ATC-systemet

Körning i ATC kan ske enligt följande. Inför en hastighetsnedsänkning, ”kör 40”, händer följande. H-indikatorn visar den ursprungliga takhastigheten. När tåget närmar sig punkten då hastighetsnedsättningen ska ske, uppmanas föraren att bromsa genom en ton (pip). F-Indikatorn börja blinka långsamt sen flyttas talet 40 in i H-indikatorn där det blinkar med stigande frekvens. Föraren har 8 sekunder på sig att bromsa annars går ATC-systemet in och agerar på beskedet. När tåget har bromsat ner till 40 övervakar utrustningen förarens agerande så

att den nya hastigheten inte överskrids. När tåget passerat punkten där hastighetsnedsättningen börjat gälla övergår ATC-indikationen från blinkande till fast (Trafikverket, 2015a). Takhastigheten beror på banans kvalitet, lutning, växelläggning, tillfälliga banarbeten samt tågets egenskaper (Trafikverket, 2015b).

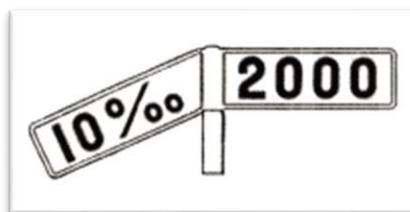
Banustrustning och fordonsutrustning är de två huvudgrupperna för ATC-utrustningen. Banustrustning består av baliser och kodare. Kodarna vidarebefordrar information till baliserna. För att skapa en informationspunkt behövs minst två baliser, av säkerhetsskäl, för att kunna visa vilken körriktning informationen gäller och för att kunna ge ytterligare information. Fordonsutrustning består av en antenn, mikrodator och två förarpaneler. Ett vanligt RC-lok är utrustad med antenn under loket, vid långa tågsätt finns det två antenner, det gäller även motorvagnar (Trafikverket, 2015a).

### Länkning och lutning i ATC

I ATC-systemet finns en funktion kallat länkning. Denna funktion finns för att bevaka ett eventuellt bortfall av en balisgrupp och gäller generellt för de viktigaste balisgrupperna som tåget inte får missa. Länknigen innebär att om den länkade balisgruppen inte påträffats inom ett redan beräknat länkingsavstånd ges ett larm om så kallat länkingsfel. Länkingsfelet i ATC-datorn ska ges senast 500 meter efter passage av balisgruppen. Länkingsavståndet (i meter) beräknas enligt nedan, där grundavståndet är det avstånd som anges i B- och C-balisen (Banverket, 2009).

$$\text{Länkingsavstånd} = \text{Grundavstånd} \cdot 1,2 + 100$$

Lutning anges i promille (‰) då det är förhållandevis små lutningar på järnvägsspår. Utöver banans STH anger baliserna också banans lutning. Om ingen lutningsinformation lämnas när en bromskurva etableras antar ATC-datorn en lutning på 0 ‰. ATC:n behöver konstant uppdatering vad gäller lutningsinformationen. Om det inte sker någon uppdatering kör ATC:n på senast uppdaterad lutningsinformation. Om en bromskurva uppdateras får det inte lämnas en mer negativ (större medlut) information (Banverket, 2009). Lutning för en sträcka kan också visas via skyltar för lokföraren, framför allt användbart då kraftiga lutningar förekommer, se Figur 3.



Figur 3 Lutningsvisare, kan också vara blå. Bildkälla: Trafikverket 2015c

## RFsi - Repeterbalis

Baliser ligger vid signaler och hastighetstavlor, informationen kan inte ändras mellan baliserna. Tåget måste köra på gammal information fram till nästa balis. Detta är en nackdel som beror på systemets punktformiga karaktär men går att lösa relativt lätt med repeterbaliser. Repeterbaliser, även kallat RFsi, är oberoende huruvida det finns repeterförsignal eller inte. En RFsi läggs ut vid försignal för att kunna tillgodogöra en signalväxling. Besked från försignal kan ersättas av ett mindre besked från repeterbaliser. De kan bland annat ge besked om ett nytt målavstånd och ny målhastighet för en sedan tidigare etablerad bromskurva. En RFsi kan också användas för att uppdatera övrig information (Trafikverket, 2015b).

För att undvika onödiga bromsningrepp och för att uppdatera bromskurvan när tåget ska starta vid ett uppehåll där nästa huvudsignal visar kör bör en eller flera RFsi:er placeras ut (Trafikverket, 2015c). För att förtydliga var det finns en RFsi placeras en tavla ut ”repeterbaliser”, se Figur 4.

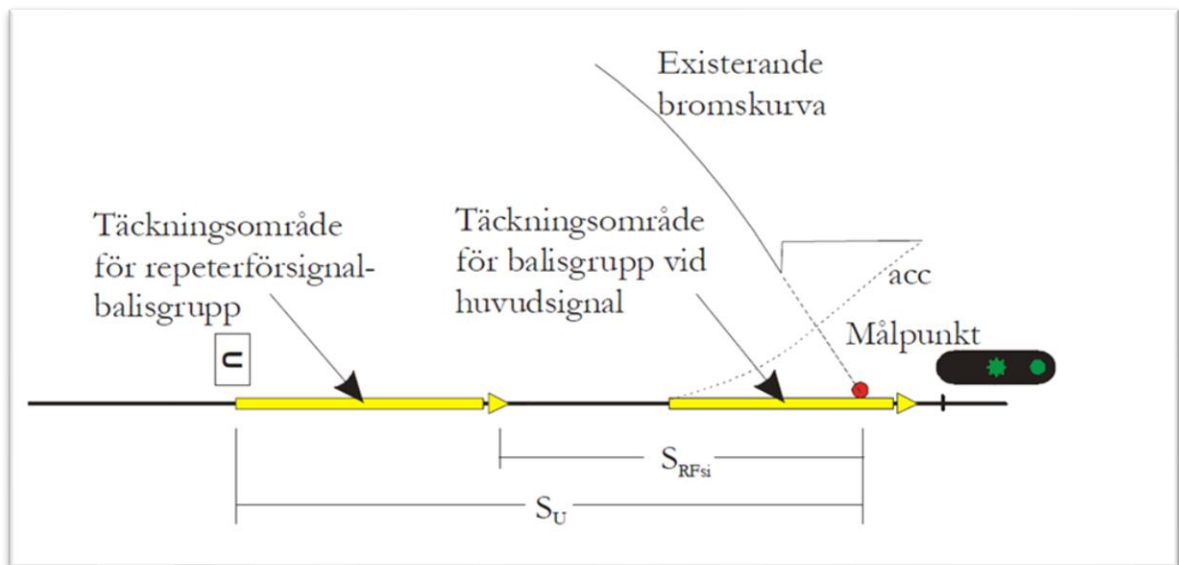


Figur 4 Repeterbalistavla. Bildkälla: Trafikverket 2015c

Tavlan brukar inte placeras vid en plattform (Trafikverket, 2019d). I områden med tät trafik kan med fördel RFsi placeras ut. Detta då ATC-systemet kör på gammal information. RFsi placeras mellan försignalen och motsvarande huvudsignal och har ofta fått ny information som medför att den restriktiva övervakningen kan upphöra (Banverket, 2009).

Var placeringen av en RFsi ska vara beror på banans utformning men också vilken övervakning som råder. Det finns också två avstånd att ta hänsyn till. Avståndet mellan RFsi och den målpunkt som finns och avståndet mellan U-tavlan och målpunkten. Illustration enligt figuren nedan se Figur 5. Avstånden benämns  $S_{RFsi}$  respektive  $S_U$ . Benämningen ”acc” i figuren nedan står för den acceleration som finns med i beräkningar för avstånden (Banverket, 2009).





Figur 5 Avstånd mellan RFsi och målpunkt. Bildkälla: Banverket (2009).

Det finns två olika typer av RFsi, styrbar och påhängd balis. Den styrbara balisen innebär att den kopplas som en egen signal och kan ge nya besked medan den påhängda balisen enbart speglar informationen som kommande signal visar. Den styrbara balisen är dyrare både vad gäller installering och underhåll (Trafikverket, 2014 och 2020i).

### Målavstånd och bortflyttning i ATC

Målavstånd innebär det avstånd i en bromskurva som är till en målpunkt från en signal. Beroende på hurvida en bortflyttning anges eller inte från en signalbalisgrupp skiljer sig målavståndet åt. Målpunkter är inte någon signal utan en punkt bortom signalen, till exempel en motväxel. Målpunkten kan finnas ett flertal hundra meter bakom signalen och genom att tillämpa en bortflyttning kan på så vis en onödigt lång hastighetsnedsänkning undvikas. Ibland är målpunkten något annat än första motväxeln och då sätts en målpunktstavla upp för att visa målpunkten (Banverket, 2009). Se målpunktstavla i figuren nedan, Figur 6.



Figur 6 Målpunktstavla Bildkälla: Trafikverket 2015c

Det finns två typer av bortflyttad målpunkt i ATC, A- respektive P-bortflyttning. A-bortflyttningar används för att flytta bort målpunkten för en hastighetsnedsättning från en signal till växel längre bort från signalen. Bortflyttningen anges i den föregående signalen, nya takhastigheten gäller vid målpunkten. Avståndet till målpunkten utgörs av summan av avståndet i B-balisen och C-balisen. Det får endas finnas en målpunkt inom en signalsträcka

vid en A-bortflyttning. Funktionen innebär att signalen får passeras med högre hastighet än den hastighet som anges i "AY" i kodningen (SIPE, kap 4).

P-bortflyttning används för att flytta bort målpunkten till en huvudsignal, eller flera signalsträckor bortom huvudsignalen på grundavstånd. Med hjälp av P-bortflyttning går det att åstadkomma genomsignalering. Det bortflyttade avståndet ska vara lika med målavståndet (SIPE, kap 4). En signalbalisgrupp eller en repeterbalisgrupp ger beskedet om P-bortflyttning och målhastighet innan målpunkten. Signalen som ger besked om bortflyttning avgör om det blir 40- eller 10-övervakning. Det kan endast existera en P-bortflyttning åt gången (Trafikverket, 2015g).

Om en bortflyttning inte finns är målavståndet lika med grundavståndet som är angett i B- och eventuellt C-balisen. När det finns en bortflyttning är målavståndet summan av grundavståndet och det angivna bortflyttningsavståndet (Banverket, 2009).

### Frisläppningshastighet och övervakning

Så kallad frisläppningshastighet tillämpas på områden där det är skymd sikt eller på driftplatser. För att öka kapaciteten i systemet är så kallad samtidig infart önskvärt. En tågväg kan vid samtidig infart lösas för fler tåg än ett åt gången. På så vis kan fördröjningar undvikas då tåg annars ska invänta ankommande eller avgående tåg. För att få samtidig infart krävs det ett skyddsavstånd mellan signal i slutet på mötesspåret och växeln. Det förekommer också att skyddsväxlar tillämpas där skyddsväxeln placeras innan huvudspåret för att på så vis undvika att tåg eller vagnar passerar en stoppsignal och belägger eller blockerar för tåg i huvudspåret (Trafikverket, 2019b).

Samtidig infart kräver också att det finns ett så kallat skyddsavstånd mellan inre och yttre signal. Ju mindre detta skyddsavstånd är ju lägre övervakning medges. Ett skyddsavstånd på 100 meter ger en övervakning ner till 10 km/h mot platsen för stopp, då är området "10-övervakat". Om övervakningen ska höjas krävs en ökning av skyddsavståndet, ett "40-övervakat" område kräver ett skyddsavstånd på minst 200 meter (Trafikverket, 2019b).

Banverket (2009) menar att vid 10- respektive 40-övervakning övergår bevakningen, från att handla om målhastigheten (0 km/h) som är givet från tillhörande balisgrupp, till att handla om tågets takhastighet där denna takhastighet kan vara 10 eller 40 km/h. Frisläppningshastigheten sätts normalt till 40 km/h. Generellt gäller att då bromskurvan mot signalen som visar stopp har en frisläppningshastighet på 40 km/h är sträckan 40-övervakad. Om kravet för 40-övervakning inte uppfylls sänks övervakningen till att bli en 10-övervakning. Vid 10-övervakning ska den informationen ges i föregående balisgrupp, om balisgruppen har många olika målpunkter kan en höjning av frisläppningshastigheten ske för de målpunkter som har 40 km/h.

## 7 Resultat

Nedan presenteras det resultat som framkommit av intervjuer och litteraturstudier. Varje område sammanfattas med en kort nulägesbeskrivning följt av en möjlig lösning där en installation av en RFsi är gjord.

### Lunds central, genomsignalering för godståg

Begreppet genomsignalering syftar till hur baliser i spåret långt i förväg kan informera om var det finns en stoppsignal eller belagd blocksträcka. Genomsignaleringen medför förändring i kodningen av baliser som då kodas för flera blocksträckor åt gången. Vid genomsignalering kan lokföraren få ett tidigt signalbesked med information om lägre hastighet redan en blocksträcka tidigare. Då går det att tillåta tyngre och snabbare tåg på banan. Genomsignalering ger möjligheten till mjukare inbromsning och med dagens fordon kan det ge kapacitetsvinster (Fröidh, O. 2013).

Lunds central är ett område där genomsignaleringen fungerar sämre för godståg, menar Lars Lindqvist på Trafikverket, detta då lastöverskridande tåg hänvisas till spår 3, ibland spår 1. Området anses fungera bra för persontåg och fungerar fint utifrån projekteringen, men lokförare för godståg upplever det vara bekymmersamt att köra genom driftplatsen. Detta bekräftar instruktörerna på Green Cargo, Thor-Björn Larsson och Kristoffer Källström, som menar att det är mycket medlut när tåget kommer norrifrån samt att driftplatsen är 10-övervakad vilket försvårar körningen för godståg ytterligare.







Driftplatsen Lunds central ansluter till Södra stambanan och Västkustbanan och är högt belastad med många resenärer per dag. Driftplatsen anses vara en viktig knutpunkt med ett stort antal persontåg inklusive godståg som passerar dagligen (Lunds kommun, 2021). Spår 1 används till stor del för persontåg varpå godstågen flyttas till spår 3 (mitten av stationen). Dock går det också många persontåg på spår 3 vilket medför bekymmer eftersom detta kräver en förhållandevis snabb genomfart. En sådan kan godstågen inte alltid utföra på grund av tryckförlust i bromsarna som innebär att systemet måste fyllas på för att kunna accelerera igen.

Instruktörerna menar att medlut och 10-övervakning medför att tågen högst får ligga i 9 km/h, vilket tåget inte kör i. Både Larsson och Källström menar att tåget kör som högst i 5 km/h vilket de betonar är oerhört svårt med ett långt och tungt tåg som godstågen allt som oftast är. Spår 3 i Lund anses vara mycket svårt att köra godståg på, detta har de meddelat till Trafikverket och de tillåts ibland köra på spår 1 vilket är ett bättre spår.

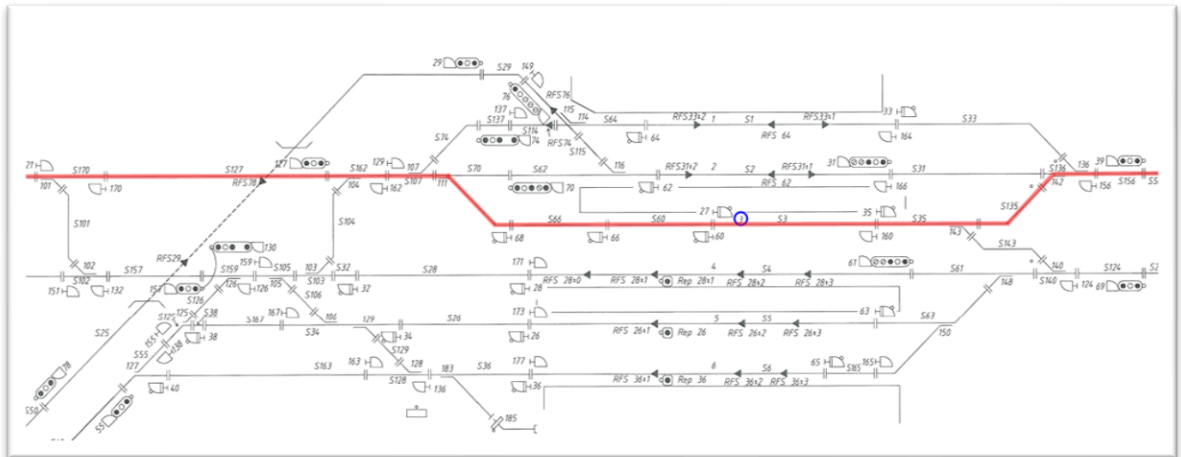
Godstågen är för det mesta drygt 600 meter långa, är de inte längre än så får de plats nästan överallt. Dock ska tågets lastprofil inte överskrida utrymmet vid plattformarna vilket också kan innebära att tåget inte kan trafikeras på alla spår.

Får tåget stopp i signalen inne vid stationen måste en mycket låg hastighet hållas de sista 100 metrarna fram till signalen då tåget inte får glida förbi. Utifall det sker tömmer ATC-systemet lufttrycket (tåget nödbromsar) och det tar åtminstone 5 minuter innan loket har tillräckligt högt tryck för att kunna köra igen. I tabell nedan, se Tabell 3, visas olika symboler och betydelser, inspirerat från verkligheten. Dessa tillämpas i de modifierade figurerna som följer i kommande kapitel.

Tabell 3 Lista över symboler och dess betydelse

Symbol	Betydelse
	Balisgrupp, 40-övervakning
	Balisgrupp, 10-övervakning
	Huvudsignal, HS
	Huvuddvärgsignal, HD
	Färdriktning
	Tåg med pil åt färdriktning

I figuren nedan, se Figur 7, visas en grafisk ritning över Lunds central (Trafikverket, 2021e). På bilden finns spårerna på driftplatsen men denna beskrivning handlar till största del om spår 3 där problem råder och dit godstågen oftast blir flyttade. I figuren är spår 3 rödmarkerat. Enligt Lindqvist finns det ibland områden som upplevs som ”perfekt projekterade” men som ibland visar sig inte fungera optimalt för alla tåg. Detta har varit tydligt på vissa områden för godstågstrafiken. Trafikverket blev varse detta under samtal mellan tågoperatörer i branschen, däribland lokförare som nyttjar tåg och bana i praktiken.

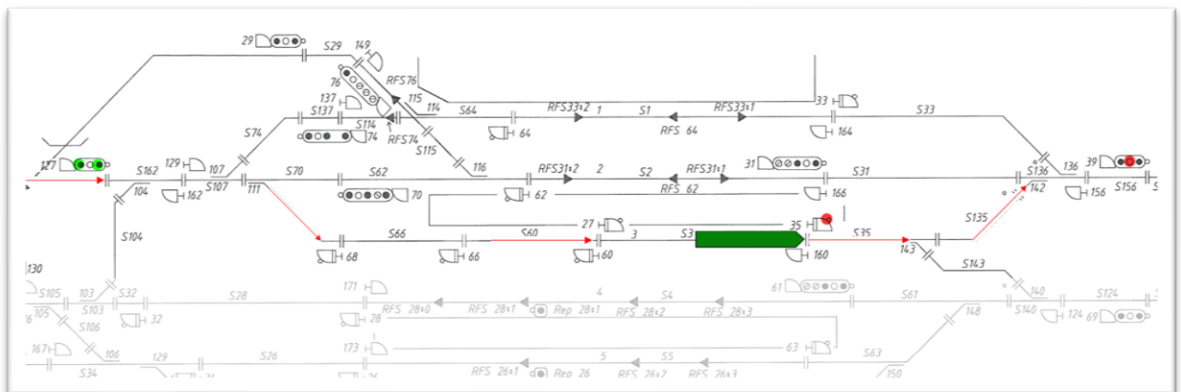


Figur 7 Översikt över Lund C, spår 3 är rödmarkerat. Källa: Modifierad figur, ursprunglig ritning från Trafikverket.

Ritningen visar HS 21 som ligger norr om stationen, signal 21 ger besked till HS 127 som ger besked till HD 27, HD 35 inklusive HS 39. Lutning finns mellan signal 21 och 127 och är upp till 10 ‰ medlut, lutningen mellan 127 och 35 är inte lika stor men är kodad på 10 ‰ (medlut). Det är lutningen men också 10-övervakningen som medför problem för godstågen vid passage genom Lunds central menar både Larsson och Källström på Green Cargo.

### Nuvarande situation på Lunds central

Figuren nedan, se Figur 8, visar hur det ofta ser ut då godstågen blir hänvisade till spår 3. Redan långt innan HS 127 behöver tågen bromsa ner till minst 9 km/h då hela driftplatsen är 10-övervakad. Signal 127 har i figuren signalbesked "Kör 40 varsamhet" in till spår 3. Tåget kör på information från signal 127 mot HS 35 i mycket låg hastighet. Detta för att inte överskrida 10-övervakningen och få nödbroms men också för att kunna stoppa vid signal 35 som har signalbesked "Stopp". Framme vid signal 35 har godståget i många fall tömt trycket i bromssystemet och tåget behöver få upp trycket innan det kan köra vidare. Det tar cirka 2–3 minuter för systemet att ladda om, gäller ej nödbroms som kräver längre uppladdningstid.



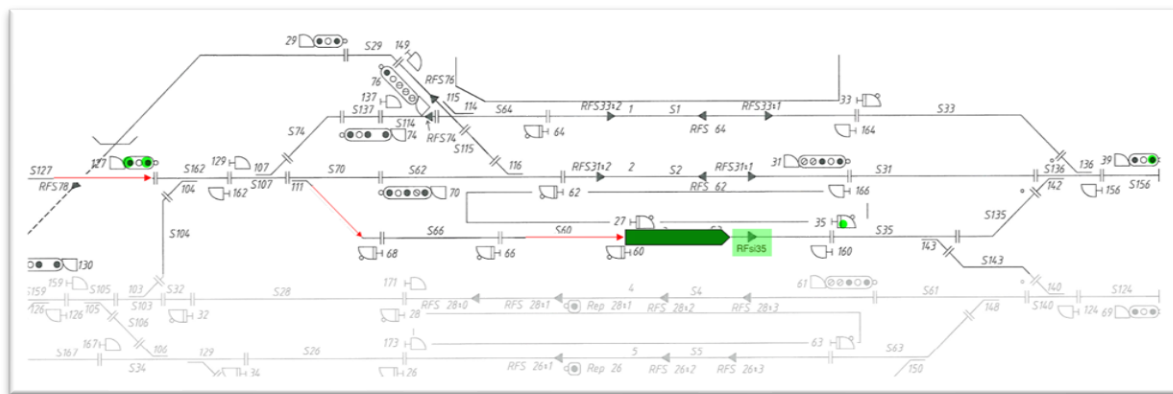
Figur 8 Lund C, tåget får stopp i signal 35. Källa: Modifierad figur, ursprunglig ritning från Trafikverket.

Då det slår om till "Kör" i signal 35 och 39 kan godståget oftast inte köra direkt eftersom bromssystemet måste öka trycket till en godkänd nivå. En annan situation är att signal 35 går om till "Kör" innan tåget hinner fram till signalen. Då tvingas tåget att köra på gammal information (som säger att tåget ska stanna i signalen) hela vägen fram till signal 35, eftersom spår 3 saknar repeterbaliser (RFsi). Utifrån tåget hade fått beskedet tidigare i form av en RFsi hade problemet kunnat motverkas. Då hade tåget troligen kunnat fortsätta glida vidare på lagd tågväg, detta hade kunnat vara en passande lösning enligt Lindqvist.

### Mer effektiv genomsignalering för godståg i Lund

Utifrån signaleringsplanerna skulle en så kallad länkbar RFsi vara möjlig att installera. Detta passar också inom ramen för trimningsåtgärder som Trafikverket utför då det är en billigare investering än en styrbar RFsi. Detta borde kunna vara en utförbar åtgärd, vilket också Björn Hellrup från Atkins menar.

Fördelen med en RFsi (en balis) på spår 3 skulle vara att tåget får eventuell ny information tidigare. I Figur 9 nedan kör tåget (fortfarande under 10-övervakning) mot signal 35 som ger "kör". Den utplacerade RFsi-balisen ger den nya informationen, det vill säga att tåget kan fortsätta köra, och tåget kan släppa bromsen och fortsätta rulla vidare på lagd tågväg. 10-övervakningen finns kvar men tåget behöver inte längre stanna vid signal 35.



Figur 9 Lund C, med inlagd RFsi. Källa: Modifierad figur, ursprunglig ritning från Trafikverket

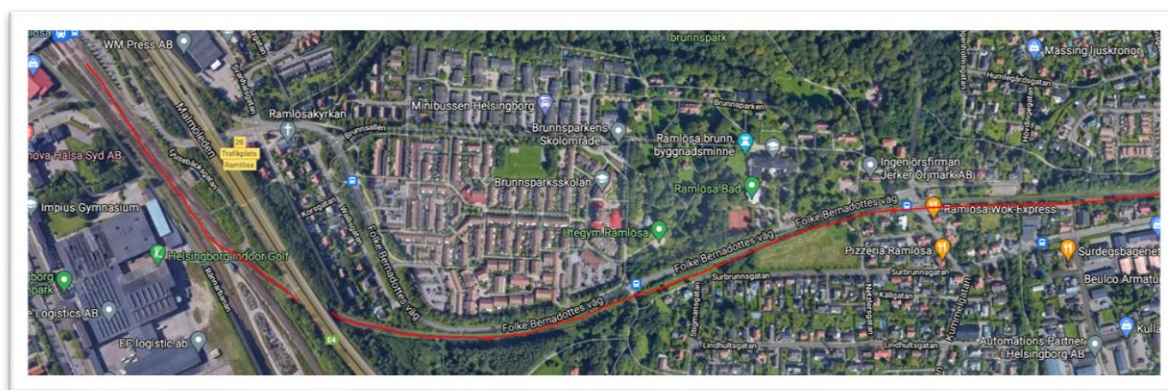
Åtgärden på Lunds central innebär att den ska utföras på en driftplats som idag styrs av ställverk 85. Ställverk 85 är ej kompatibelt med ERTMS utan för kommande system är det ställverk 95 som ska användas (Trafikverket, 2020c). Driftplatsen ska dock fungera fram till övergången varpå en mindre åtgärd som installation av en RFsi kan anses ekonomiskt försvarbar.

Det hade varit en mer fördelaktig lösning för godståg om ATC-övervakningen höjts från 10 till en högre hastighet (cirka 15 km/h), enligt Källström och Larsson. De menar att en höjning hade varit mer behaglig och manöverbar för förarna att köra i men att de troligtvis ändå hade haft möjlighet att stanna. Den

höjningen hade medfört att de hade kunnat hålla en hastighet strax över 10 km/h i stället för så lågt som 4–5 km/h. Att de håller så låg hastighet trots att det rent tekniskt är möjligt att köra i 9 km/h (vid en 10-övervakning) är för att inte riskera att hamna över 9 km/h då ATC-systemet går in och nödbromsar vilket absolut ska undvikas.

### Infarten till Helsingborgs driftplats från Ättekulla

Södra infarten till Helsingborg driftplats då tåget kommer från Ättekulla är en lång kurva i medlut mot en infartssignal. Tåget kommer från Skånebanan via Påarp och Ättekulla, med riktning från höger till vänster i bild. Se Figur 10. De symboler som finns inlagda är likadana enligt tabellen i föregående kapitel, se Tabell 3.



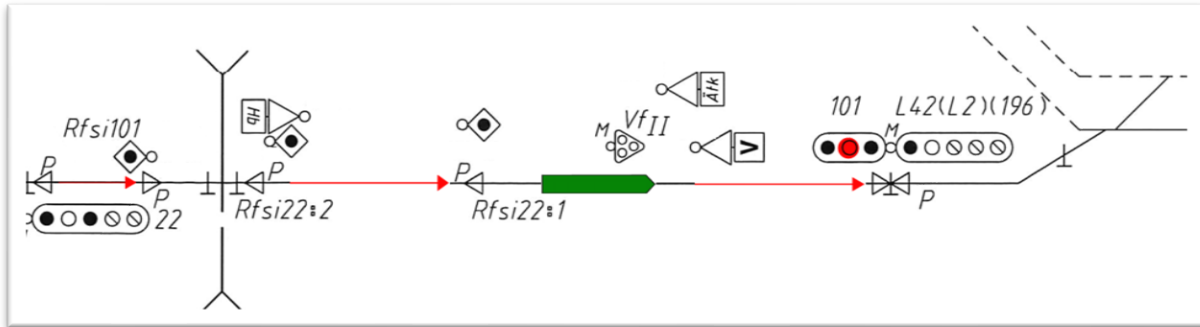
Figur 10 Bild på infarten till Helsingborgs driftplats. Bildkälla: Google maps

Bilden ovan visar den aktuella infarten till Helsingborgs driftplats markerat i rött. Sträckan upplevs vara svår att köra på då det till viss del är dålig sikt fram till infartssignalen 101. Signalen är placerad efter en kurva och sträckan fram till signalen har ett medlut. Godstågsförarna vågar inte köra snabbare än 10 km/h trots 40-övervakning detta då de inte kan se signalbeskedet från signal 101 (utifall detta ändrats sedan tidigare information medgetts).

Godstågsförarna kör efter hur banprofilen ser ut och rättar sig mycket efter verklighetens förhållande. Dock under förutsättning att de optiska signalerna följs, men ofta kör de mer restriktivt än så. Utifrån erfarenhet lär de sig hur signalerna fungerar förhållandevis till verkligheten och anpassar sin körning utifrån det säger Thor-Björn Larsson. De senaste åren har det skett incidenter då godståg åkt förbi signaler i stopp (inte vid just denna signal). Ofta har dessa händelser skett då tåget inte hunnit stanna innan stopp trots att ”det borde ha kunnat stanna” säger Kristoffer Källström och menar att mycket hänger på lokförarens kunskaper och kännedom kring banprofilen. På grund av detta menar de att vissa områden saknar information och de upplever att sättet att köra varierar oerhört trots lika signalbesked.

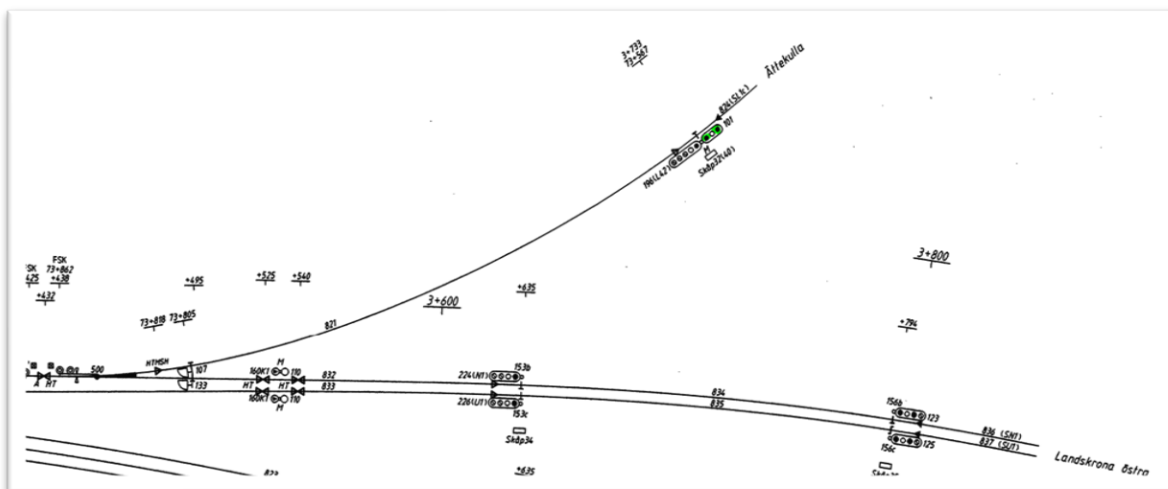
## Nuvarande situation för infarten mot huvudsignal 101

Sträckan har ett kodat medlut på 15 % mot signal 101 som dessutom ligger skymd i en kurva. Här menar både Larsson och Källström att en RFsi hade underlättat betydligt, detta då denna hade kunnat uppdatera dem om signalens besked och de hade då haft lättare att anpassa sin körning och på det sättet också sparat tid.



Figur 11 Tåg från Ättekulla vid södra infarten till Helsingborgs driftplats. Källa: Modifierad figur, ursprunglig ritning från Trafikverket

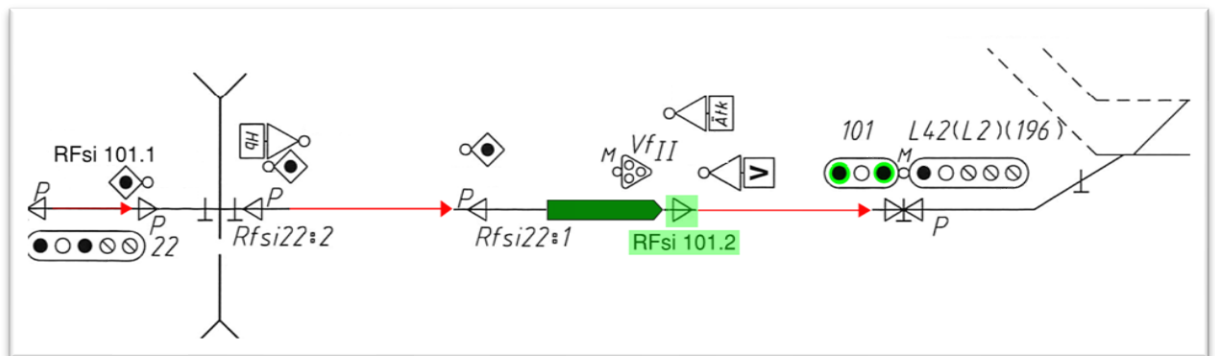
Enligt ritning (Trafikverket, 2021d) finns en RFsi till Signal 101, se Figur 11. Rfsi:n ligger 1000 meter från signal 101 vilket är ett standardavstånd. Avstånd mellan RFsi 101 och infartssignalen 101 är inte felaktig men avståndet kan medföra problem utifall signalbeskedet ändras när tåget passerat RFsi:n. Utifall tåget har fått besked om att infartssignalen visar ”stopp” kör tåget under 40-övervakning i ett medlut på 15 % och måste hålla konstant broms för att ha möjlighet att stanna vid signal 101. Med hjälp av ytterligare en RFsi hade lokförarna fått ett uppdaterat besked som hade underlättat utifall signalen ändrats till ”kör”. Då hade bromsarna kunnat släppas och tåget hade kunnat fortsätta rulla förbi infartssignalen. Detta hade kunnat ses som en möjlig kapacitetsförbättring. Figuren nedan visar signalens placering i förhållande till kommande driftplats, se Figur 12.



Figur 12 Infartssignalen 101 till Helsingborgs driftplats då tåget kommer från Ättekulla. Källa: Modifierad figur, ursprunglig ritning från Trafikverket



## Förbättring för godstågens framfart vid infarten



Figur 13 Ättekulla - Helsingborg, med inlagd RFsi. Källa: Modifierad figur, ursprunglig ritning från Trafikverket

För aktuell sträcka är, enligt ritningar, en påhängd RFsi möjlig att installera. Detta är en lägre kostnad än en styrbar balis. Figur 13 visar hur en extra repeterbalis (RFsi 101.2) innan signal 101 hade kunnat vara placerad. Detta ger tågförarna möjlighet att få ett ytterligare signalbesked närmare signal 101. Att addera en repetersignal (optiskt besked) som repeterar beskedet från signal 101 hade också fungerat, dock är detta en dyr lösning. En placering av en repeterbalistavla kan i så fall vara en billigare men fullt fungerande lösning. Installationen av en påhängd RFsi ryms inom Trafikverkets ramar för trimningsåtgärder enligt Lars Lindqvist på Trafikverket.

## 8 Diskussion

Nedan presenteras kortare sammanfattning av tillvägagångssätt, fördelar och nackdelar med arbetsprocessen samt förbättringspotential. Därefter följer en resultatdiskussion.

### Metoddiskussion

Inför arbetets start fanns många områden där mindre förbättringar kunde utföras. Valet föll på två typfall såsom Lunds central och infarten till Helsingborgs driftplats. Valet kom sig då signerade hade upprättat kontakt med Lars Lindqvist, signaltekniker på Trafikverket, som hade god kunskap om dessa två områden samt tåginstruktörer som av egen erfarenhet meddelat att dessa områden behövde uppdateras. Tillgången till ritningar och möjlighet att få hjälp att tolka dessa av medarbetare på Atkins Signal Syd var också en faktor som spelade in.

Arbetet baseras till stor del på intervjuer och samtal med bransch-kunniga personer verksamma inom järnvägen men med olika uppdrag. Viktigt att notera är att kvalitén på intervjuerna kan ha påverkats på grund av bristen på ”verkliga” samtal. Intervjuer och möten har främst skett via Skype/Zoom/Microsoft Teams och detta torde begränsa det öppna samtal som annars kan ske i möte då alla deltagare är fysiskt närvarande. De samtal som förs online ska transkriberas och sammanfattas, det vill säga ytterligare ändra form. Detta kan förändra innehåll och påverka resultatet eftersom det som publiceras beror av den som sammanfattar samtalet och gör tolkningarna. Detta kan styrkas av Kvale, S (1997) som menar på att det bör finnas en medvetenhet om att en intervju är ett samtal som utvecklas tillsammans med flera människor. Det är, enligt honom, ett språk i sig. Då samtalet ska skrivas ner i text fryses de ord som tidigare varit levande. På samma sätt borde den begränsande möjligheten att föra en konversation i verkliga livet begränsa intervjuer och dess innehåll i diverse molntjänster.

Det upplevs generellt svårare att knyta kontakt med människor när kontakten är digital. Den spontanitet och eventuella möjlighet till att skapa nya kontakter minskas, kontakt fås enbart med dem som aktivt söks upp. Fördel med digitaliserat arbete är att mer tid kan läggas på arbetet kring text och undersökning till denna. Huruvida detta medför ett arbete av högre kvalitet är osäkert.

Arbetsmetoden med att prata och intervjua olika aktörer har medfört att olika synpunkter på samma problem har kunnat belysas. Detta har medfört djupare kunskap och bredare perspektiv på problemformuleringar. En ytterligare förbättring hade varit utifall möjlighet och tid funnits att intervjua och samtala med fler verksamma inom branschen. Detta hade troligtvis medfört ett bredare

spektrum och andra synvinklar på problemen, exempel på fler i branschen är tågklarerare eller aktiva på Kapacitetscentrum på Trafikverket.

Det har upplevts svårt att hitta djupare information till den fakta som tagits fram. Mer djupgående förklaring till olika fasta värden har varit en utmaning. Ett exempel är bakgrunden till de skyddsavstånd som bland annat används för att avgöra huruvida det är en 10- respektive 40-övervakning (100 och 200 meter). På frågan om var detta avstånd grundar sig på fick signerade svaret att ”det baseras på historiska händelser och att avstånden är antagna utan vidare beräkningar”. Det har således medfört att vidare undersökning kring detta blivit svårt. Det vore intressant att undersöka om dessa avstånd kan anpassas för att eventuellt höja övervakningen på vissa platser, något som hade underlättat för långa och tunga tåg.

## Resultatdiskussion

Mindre åtgärder kan innebära att ett fungerande system blir mer stabilt och välfungerande för alla tåg som trafikerar banan. Det finns mindre åtgärder som kan underlätta flödet och att underlätta uppdateringen för lokförarna kan vara till godo för att på så vis ge information i tid. Att informationen fås tidigt kan hjälpa lokförarna att planera sin körning och veta på förhand hur och när de kan börja bromsa eller släppa på bromsen.

Ett problem som verkar återkommande är godstågens bromssystem. Bromsar och lufttryck sänks mycket vid långa bromssträckor vilket medför att tåget begränsas och saknar möjlighet att kunna accelerera då lufttrycket måste fyllas på först. Detta då systemet inte kan laddas upp med nytt tryck under pågående bromsning. Vilket kan medföra att godståg kan behöva stanna och vänta tills trycket är på en normal nivå, denna process ett par minuter. Att godstågens bromssystem hade kunnat utvecklas, för en snabbare bromsning och acceleration, hade troligtvis varit en välkommen uppdatering och en tänkbar kapacitetsförbättring.

Utifrån intervjuer och samtal med tåginstruktörerna på Green Cargo och Lars Lindqvist på Trafikverket kunde ett par områden pekats ut där ett behov av uppdatering fanns. De primära områden som valdes ut var genomfarten i Lunds central samt södra infarten till Helsingborgs driftplats från Ättekulla. I Lund var det främsta problemet att driftplatsen uppfattades som mycket svårkörd för lokförare av tunga godståg. Ett problem som inte fanns för persontågen. Infarten till Helsingborgs driftplats handlade om hur en lång kurva med dold sikt medförde en kapacitetsbegränsning då tåget var tvunget att ligga på bromsen alldeles för länge även i de fall då infartssignalen gått över till "kör".

Fler områden där åtgärder behövdes fanns men för detta examensarbete togs enbart två platser upp. Mindre trimningsåtgärder är ofta av skiftande karaktär och storlek men för både Lund och Helsingborg handlade det till största del om en önskan från lokförare att få besked tidigare för att på så vis kunna hantera de fordon de kör. Vid ett tidigare besked kan de lättare planera och anpassa sin körning för att tåget inte ska riskera stanna.

En RFSi kan medge ett tidigare signalbesked, här kan både balis och signal läggas in. Dock brukar det räcka med en balis för att på så vis uppdatera ATC-datorn. Andra åtgärder såsom repeterbalistavlor och lutningstavlor är mindre åtgärder som verkar vara till stor hjälp för lokförare och inte ska kosta alltför mycket att installera.

Vikten av kontinuerlig uppdatering för ett godståg kan anses vara mycket nödvändig. Detta då dess bromsförmåga är begränsad. I de två olika typfallen, Lunds central och infarten till Helsingborgs driftplats, är godståget i behov av

uppdatering av två olika anledningar. I Lunds central innebär uppdateringen att tågets, idag begränsningar vid genomsignalering, kan minskas. Detta på grund av den uppdatering som en RFsi skulle kunna medföra där denna meddelar huruvida tåget har fortsatt stopp eller utifall tåget fått ett nytt besked som medger ”kör”. För Helsingborgs central finns det snarare kapacitetsförbättringar att se fram emot. Detta eftersom tåget, vid ett uppdaterat besked kan (då tåget tidigare fått stopp) få ett nytt besked som medför att bromsarna kan släppas på och tåget snabbare kan köra igenom växeln och in på driftplatsen.

## 9 Analys och sammanfattning

Följande rubriker innehåller en mer analyserande sammanfattning av resultatet kopplat till arbetets syfte och problemformuleringar.

### Kapacitetshöjande åtgärder inför framtiden

Åtgärder som utförs bör vara av sådan kostnad att de är försvarbara med tanke på den kommande övergången till ett nytt övervakningssystem. Alltför stora åtgärder kan ej motiveras utan åtgärderna bör vara kostnadseffektiva.

Trimningsåtgärder ska med fördel ska vara till nytta på fler områden än just en specifik plats, tanken är att åtgärderna ska bidra till ett mer robust system och att en förändring på en bana kan öppna upp för förändring på en annan. Denna typ av åtgärder är ofta nödvändiga och mindre förbättringar i ATC-systemet behövs då förberedelser för kommande ERTMS tar tid. Som det ser ut idag gäller förberedelserna inte enbart det tekniska arbetet utan andra delar såsom ledtider och annan planering, vilket tar lång tid. Många av de problem som idag finns kommer troligtvis att undslippas vid införandet av ERTMS men tills dess måste trafiken fungera.

Trafikverket vill satsa på en förbättrad intermodal trafik. En större del av transporterat gods ska ske med godståg för att på sikt få ett mer hållbart transportsystem, att utföra åtgärder som medför att just godstågens framkomlighet ökar bör således vara av intresse. En utökning av LTS-tåg (Långa, Tunga, Stora tåg) bör också vara en anledning och motiverande faktor för att förbättra godstågens framkomlighet.

### Miljömål och de transportpolitiska åtgärderna i Sverige

Det är tänkbart att mindre åtgärder, också kallat trimningsåtgärder, är av intresse för fler områden än de nämnda i detta arbete. Sverige har idag 16 miljömål varpå åtminstone 3 mål kan kopplas samman med att en förbättrad infrastruktur utvecklas. Då målen är satta att uppnås till 2030 bör en förbättrad och förändrad trafiksituation ske.

Utöver uppnådda miljömål torde förbättringar i nuvarande övervakningssystem, ATC, medföra kapacitetsförbättringar för alla tåg som finns i systemet. En högre medelhastighet och fler situationsanpassningar torde gagna fler tågtyper än godstågen och på så vis medföra en mer flytande trafik. Godstågen som framförs på banan är generellt tunga och tågen är ofta mycket långa. Tågens tyngd och längd spelar stor roll för dess bromssträcka varpå hastigheten för denna typ av tåg ofta sänks. Dess framfart måste planeras och dess hastighet är generellt låg, en höjning av hastighet och mindre förbättringsåtgärder borde medföra en bättre tågföring för alla tåg som trafikerar banan.

## Begränsningar för godstågen

Instruktörerna på Green Cargo förklarar problematiken för godstågen enligt följande. Godståg har generellt en sämre bromsprocent vilket medför att de får en sänkt hastighet. Hastigheten fås utifrån tågets förmåga att kunna bromsa. Normalt får tågen köra i 100 km/h men ibland sänks dess hastighet ner till 70 km/h vilket beror av tågets egenskaper, ofta förekommer tåg med blandade vagnar och olika nivåer på bromsarna vilket sänker den totala bromsprocenten. Hade tåget haft bättre bromssystem hade troligtvis tåget fått köra snabbare, detta är önskvärt för att på så sätt bidra till en förhöjd medelhastighet på linjen.

Persontåg har i snitt STH 160 km/h men med många stopp sänks medelhastigheten betydligt. Det händer på vissa sträckor, där det är många stopp för persontågen, att godståget kör i kapp. Dock prioriteras ofta persontågen och godstågen får vänta in eller köra åt sidan. Utifall godstågen fått rulla konstant hade detta antagligen bidragit till ett bättre flyt i trafiken, iallafall på vissa delsträckor. Godstågen är begränsade vid start och stopp och det kan ta flera kilometer innan tåget är uppe i 100 km/h. En hög medelhastighet är således bra för godstågen men inte om de blir nedprioriterade och tvingas bromsa in till sidospår, på det viset blir de i stället en bromskloss i systemet och hindrar tågets egen framfart men också framfarten för tågen som kommer efter.

Godståg har generellt en begränsad accelerations- och retardationsförmåga och dess vikt och tyngd är högre än övriga tågtyper på spåren. De bromstal som varje lok inklusive vagn har adderas och dessa medför den bromsprocent som tåget får. Bromsprocenten visar sedan vilken STH tåget får, vilken kan bli låg om tåget är långt. Ett dilemma uppstår då det långa och tunga tåget med låg STH tvingas köra åt sidan för att släppa förbi andra tåg. Godståget blir en bromskloss i flödet.

## Underhåll och prioritering

Det är rimligt att anta att ett kontinuerligt underhåll av nuvarande banor och nuvarande övervakningssystem fortsatt bör vara prioriterat. På så vis bibehålls ett robust system och järnvägen kan fortsätta hålla god kvalitet alternativt förbättras för att möta efterfrågan på hållbara transportmedel för godstrafiken.

Instruktörerna på Green Cargo menar att de under lång tid varit dåliga på att påpeka och informera Trafikverket när de upplever att något inte stämmer eller när de upplever svårigheter med körningen. De menar att de kan vara dåliga på att ifrågasätta då ”fel besked” ges utan att en generell acceptans sker och att lokförare ofta rättar sig efter systemet. De menar därför att en bättre kommunikation vore att föredra och att många problem borde kunna lösas fortare om alla aktörer i branschen kände till huruvida det fanns problem på en sträcka eller ej. Att på något sätt sammanföra aktörer för samtal alternativt utredningar hade kunnat vara en potentiell framgång. Detta för att kunna

detektera fler områden med liknande problem av mindre karaktär så som i Lund och Helsingborg.

Ett exempel på problem kan vara tavlor längs med spåret. Fler balistavlor skulle kunna vara till hjälp för att lättare se var det finns baliser på banan och vilken typ av balis det är. Instruktorerna som intervjuades menade att dessa fattas på många ställen ute i befintliga banor. Balistavlorna ger lokförarna något att sikta på vilket medför att de vågar hålla en högre hastighet just för att de vet när de kommer få nästa besked. Lutningsvisare är också något som nämns, vilka underlättar vid varierande lutningar och medför att lokföraren vet mer om sträckan de kör på. En uppdatering av tavlor och optisk information torde således vara till nytta för en bättre framfart för godstågen. Detta kan vara en sådan information som borde sammanställas regelbundet. Då kan problemen belysas och komma till kännedom för till exempel Trafikverket.



## 10 Slutsatser

Mindre trimningsåtgärder av ATC-systemet kan rekommenderas för att bibehålla ett robust och fungerande tågskyddssystem inför kommande övergång till ERTMS. Att installera en repeterbalis är kapacitetsökande och de påhängda repeterbaliserna är att föredra då dessa är billigare att installera och kräver mindre förarbete. Mer lika hastigheter på banor som trafikeras av blandad trafik medför en mer stabil tågfärd för godstågen och torde också medföra ett jämnare flöde utan nedprioriteringar.

I takt med att större satsningar på intermodal trafik i Sverige utökas bör således satsningar som medför förbättringar för godstågstrafiken vara av intresse. Detta borde också vara förenligt med Sveriges miljömål, de transportpolitiska målen och de krav som ställs på framtidens infrastruktur och godstransporter. Att utföra kontinuerliga förbättringar för att höja godstågens status och tillgänglighet torde vara till nytta för många inom transportsektorn och för att uppnå de planer på en förbättrad intermodal järnvägstrafik som idag finns.

Genom att underlätta för godstågen, som generellt har en begränsad framkomlighet, bör flödet i trafiken bli mer jämnt och stabilt. Att utföra åtgärder i samförstånd med andra aktörer i branschen torde också vara att föredra. Detta då åsikter utifrån olika perspektiv eventuellt kan medföra långsiktigt fungerande förändringar.

## Fortsatt arbete

- **Undersöka förbättringar av bromssystem för godståg, till exempel ECP-bromsar i stället för tryckluftssystem.**  
Godstågens bromsar ställer till det vad gäller bromsförmågan. Dessa tåg är tunga och långa vilket påverkar hur tåget klarar av acceleration respektive retardation. En vidare undersökning huruvida bromsarna kan förbättras alternativt kompletteras kan vara intressant.
- **Undersöka möjligheter för att tillåta högre STH för godståg.** För att underlätta kapaciteten på järnvägen är det att föredra om alla tåg har så lika och jämn hastighet som möjligt. Kan godstågens STH höjas för att på så sätt få ett jämnare flöde i trafiken?
- **Se över om uppdateringar av skyltar bör utföras och installeras längs med spåren.** Lokförare av godståg har utöver ATC-datorn en stor nytta av skyltar längs med spåren. Under intervjuer framkom det att skyltar saknas på vissa sträckor alternativt bör uppdateras. En undersökning hur detta kan göras skulle troligtvis vara till nytta för godstågsförarna.
- **Utred på vilket avstånd, från en signal, en RFsi ger störst nytta för tåg.** Att installering av en RFsi kan underlätta för tågen i olika situationer är fastställt men vilket avstånd en sådan gör bäst nytta är inte helt utrett.

## 11 Referenser

- Andersson, E., Berg, M., Stichel, S. (2014). *Rail Vehicle Dynamics*. Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)
- Andersson, E., Berg, M., Stichel, S och Casanueva, C. (2017). *Rail Systems and Rail Vehicles: Part 1: Rail Systems*. Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)
- Andersson, E., Berg, M., Stichel, Sebastian och Casanueva, C. (2017). *Rail Systems and Rail Vehicles: Part 2: Rail Vehicles*. Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)
- Banverket. (1996). SIPE katalog, samlingsdokument för ATC. (Föreskrift)
- Banverket. (1998). *Fritt utrymme utmed banan*. (Föreskrift BVF 586.20)
- Banverket. (2009). *ATC-signalering, grundläggande signaleringskrav*. (N 544 98015)
- Bergstedt, R. (2004). *Effektiva tågssystem för godstransporter Underlagsrapport (0508)*. Järnvägsgruppen KTH Avd. för järnvägsteknik. [https://www.kth.se/polopoly\\_fs/1.87129.1550156471!/Menu/general/column-content/attachment/0508\\_inlaga.pdf](https://www.kth.se/polopoly_fs/1.87129.1550156471!/Menu/general/column-content/attachment/0508_inlaga.pdf) [2021-02-16]
- Bårström, S. Granbom, P. (2017). *Den svenska järnvägen*. Trafikverket
- Fröidh, O. (2013). *Godstrafik på järnväg: åtgärder för ökad kapacitet på lång sikt*. KTH Arkitektur och samhällsbyggnad
- Green Cargo. (2016a). *Bygg framtiden: Infrastruktursatsningar för hållbara godstransporter och stärkt konkurrenskraft för näringslivet*. <https://www.greencargo.com/globalassets/documents/produktmaterial/bygg-framtiden-var-infraplan-feb-2016.pdf> [2021-03-23]
- Kvale, Steinar. (1997). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Studentlitteratur
- Lunds kommun. (2021). <https://www.lund.se/trafik--stadsplanering/byggprojekt/jarnvagen-och-lund/> [2021-04-20]
- Pyrgidis, Christos N. (2018). *Railway Transportation Systems: Design, Construction and Operation*. CRC Press
- Teknisk Specifikation för Driftkompatibilitet (TSD). (2014a). *Rullande materiel – Lok och passagerarfordon i Europeiska unionens järnvägssystem*. (TSD Nr 1302/2014). Bryssel. European Union

- Trafikverket. (2014). *ATC-index, begrepps och symbolförklaringar, ATChandbok*. (TDOK 2014:0454). Trafikverket
- Trafikverket. (2015a). *ATC-systemprinciper, ATC-handbok* (TDOK 2014:0455). Trafikverket
- Trafikverket. (2015b). *ATC-operativa funktioner, ATC handbok* (TDOK 2014:0456). Borlänge Trafikverket
- Trafikverket. (2015c). *Förbeskedsavstånd, Grundläggande signaleringskrav*. (TDOK 2014:0544). Trafikverket
- Trafikverket. (2015d). *Trafikbestämmelser för järnväg* (Modul 11 till TDOK 2015:0309). Trafikverket
- Trafikverket. (2015e). *Informationsflöde mellan bana och lok, ATC-handbok, ATC handbok* (TDOK 2014:0457). Trafikverket
- Trafikverket. (2015f). *ATC- hjälpfunktioner. ATC handbok* (TDOK 2014:0459). Trafikverket
- Trafikverket. (2015g). *ATC-övervakningsfunktioner. ATC handbok* (TDOK 2014:0458). Trafikverket
- Trafikverket. (2017a). *Förslag till nationell plan för transportsystemet 2018-2029. Remissversion 2017-08-31*. (TRV 2017/32405). Trafikverket
- Trafikverket. (2018a). *Fyrstegsprincipen*. <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/fyrstegsprincipen/> [2021-03-23]
- Trafikverket. (2019a). *Hinder för ökad överflyttning till intermodala järnvägstransporter. Delredovisning av regeringsuppdrag*. (TRV 2018/93255). Trafikverket
- Trafikverket. (2019b). *Kapacitet på järnväg – en kunskapsöversikt*. [https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/66228/Ineko.Product.RelatedFiles/2019\\_132\\_kapacitet\\_pa\\_jarnvag\\_en\\_kunskapsoversikt.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/66228/Ineko.Product.RelatedFiles/2019_132_kapacitet_pa_jarnvag_en_kunskapsoversikt.pdf) [2021-03-11]
- Trafikverket. (2019c). *Nu blir det enklare att köra tåg med stor lastprofil*. <https://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/aktuellt-for-dig-i-branschen3/aktuellt-for-dig-i-branschen/2019-12/nu-blir-det-enklare-att-kora-tag-med-stor-lastprofil/> [2021-03-19]

- Trafikverket. (2019d). *Trafikbestämmelser för järnväg, Modul 3HMS, Signaler - System H, M, S* (TDOK 2015:0309). Trafikverket
- Trafikverket. (2020a). *ATC-tågskyddssystem*. <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/anlaggningsteknik/signalteknik/atc--tagskyddssystem/> [2021-01-19]
- Trafikverket. (2020b). *Tjänstebeskrivning- BanInfo tjänstebeskrivning (Version 1.9)*. Trafikverket
- Trafikverket. (2020c). *Signalställverk modell 95*. <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/anlaggningsteknik/signalteknik/Signalstallverk-modell-95/> [2021-02-12]
- Trafikverket. (2020d). *Färdplan för överflyttning av godstransporter från väg till järnväg och sjöfart. (2020/7472 version 1.0)*. Trafikverket
- Trafikverket. (2020e). *Malmbanan*. <https://www.trafikverket.se/nara-dig/Norrbotten/vi-bygger-och-forbattrar/Malmbanan/> [2021-05-20]
- Trafikverket. (2020f). *Järnvägens kapacitet. (TRV 2020/124364)*. Trafikverket
- Trafikverket. (2020g). *TTT projekt Ökad kanalprecision för godståg. (2020:268 Version 1.0)*. Trafikverket
- Trafikverket. (2020h). *Regeringsuppdrag Längre och tyngre tåg. (TRV 2020/14897)*. Trafikverket
- Trafikverket. (2020i). *Ensamma dvärgsignalen. En sammanställning av problem, risker och lösningsförslag. (TRV 2020:079)*. Trafikverket
- Trafikverket. (2021a). *Ban- och stationsutformning: Spårgeometri (TRVINFRA-00003)* Trafikverket
- Trafikverket. (2021b). *Järnvägsnätsbeskrivning 2021*. [https://www.trafikverket.se/contentassets/a73ea83b6c274504a6bee3638c2acab5/jnb\\_2019.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/a73ea83b6c274504a6bee3638c2acab5/jnb_2019.pdf) [2021-02-25]
- Trafikverket. (2021c). *Genomförandeplan för åren 2021–2026. (TRV2021/15411)*. Trafikverket
- Trafikverket. (2021d). *Förvaltningsdata, geografiska ritningar över Helsingborgs driftplats*. Trafikverket

Trafikverket. (2021e). *Förvaltningsdata, geografiska ritningar över Lunds central*. Trafikverket

Transportstyrelsen. (2010a). *Handbok JTF: Kap. 11 Broms*.  
[https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/jarnvag/jtf/pj09017\\_jtf\\_11\\_broms.pdf](https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/jarnvag/jtf/pj09017_jtf_11_broms.pdf) [2021-02-16]

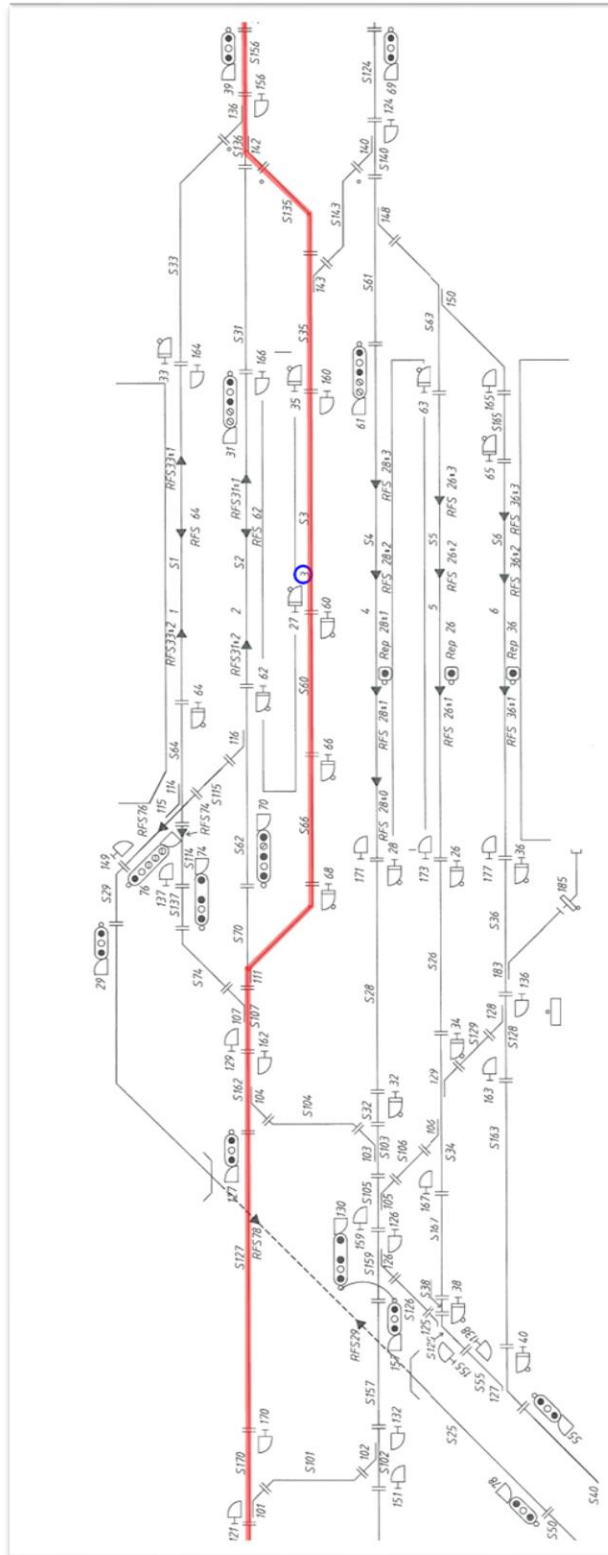
Transportstyrelsen. (2010b). *Handbok JTF: Kap. 1 Termer*.  
[https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/regler/jarnvag/jtf/handbok\\_jtf/kompletta-handbocker-2011/jtf\\_handbok\\_komplett\\_2011.pdf](https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/regler/jarnvag/jtf/handbok_jtf/kompletta-handbocker-2011/jtf_handbok_komplett_2011.pdf) [2021-03-23]

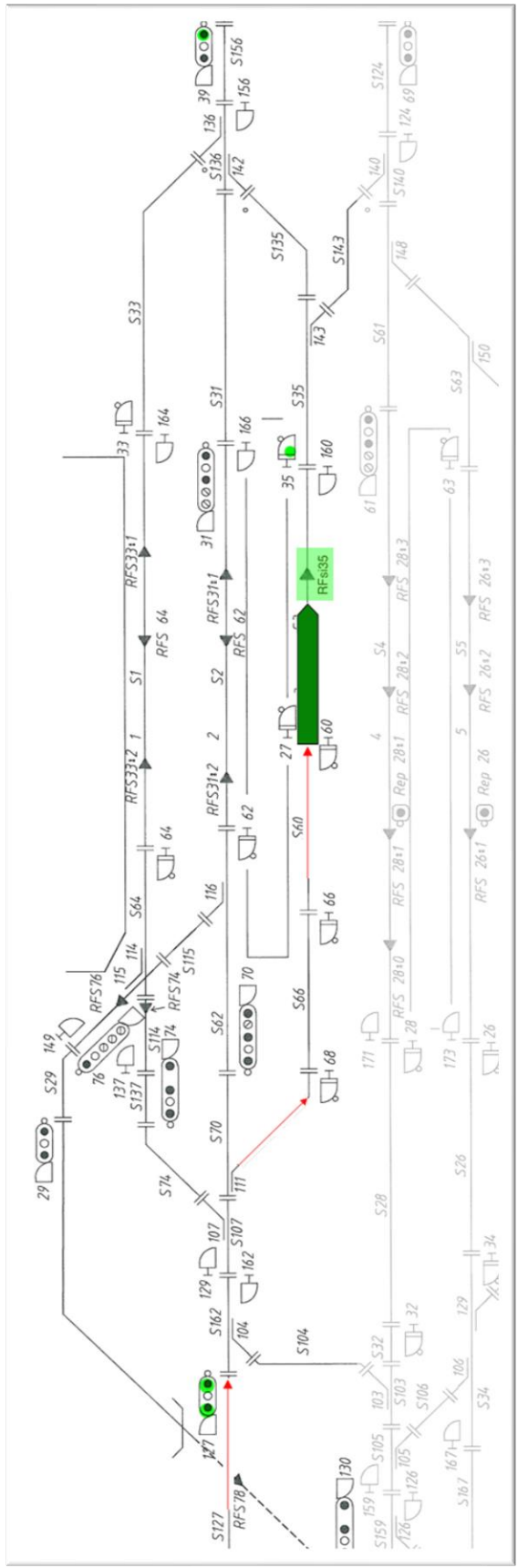
Stanislawska, Cornelia. (2019). *Intermodala godstransporter i Sverige: En kunskapsöversikt av hinder och tekniska lösningar*. KTH Skolan för Arkitektur och Samhällsbyggnad

Sveriges miljömål. (2020).  
<https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/utslapp-av-vaxthusgaser-fran-inrikes-transporter/> [2021-04-30]

# Bilagor

Ritning över Lunds central. Följande bilder finns i resultatkapitel där de också beskrivs mer noggrant.







Ritning över infarten till Helsingborgs driftplats. Följande bilder finns i resultatkapitel där de också beskrivs mer noggrant.

