Diarienummer: TRV 2018/10565	2018-11-28	V 1.1

Förstudie tågsimulering och ERTMS

Tomas Rosberg & Birgitta Thorslund, VTI

Innehåll

Förstudie tågsimulering och ERTMS 1
1. Inledning 4
2. Syfte 5
3. Metod 5
3.1 Inventering av FoI-behov 5
3.2 Workshops 5
3.2.1 Workshop 1 5
3.2.2 Workshop 2 5
3.3 State-of-art inom tågsimulering och ERTMS 5
3.4 Formulering av ansökan doktorandprojekt 6
4. Resultat 6
4.1 FoI-behov inom området tågsimulering och ERTMS 6
4.2 Workshop om FoI-behov 6
4.2.1 Resultat Workshop 1 6
4.2.2 Resultat Workshop 2 6
4.3 State-of-art inom tågsimulering och ERTMS 7
4.3.1 Implementering 7
4.3.2 Användarperspektivet 7
4.3.3 Kapacitetssimulering 8
4.4 Definiering av FoI-området 9
4.5 Inventering av tillgängliga data 9
4.5.1 Jönköpingsbanan, System H för ATC och STM 9
4.5.2 Ådalsbanan, Härnösand – Västeraspby för E2 9
4.5.3 Testbanan Katrineholm-Åby för E2 9
4.5.4 Diskussion – inventering av tillgängliga bandata 10
4.5.5 Fordonsdata och infrastukturdata 10
4.5.6 RailSys 11
4.6 Forskningsfrågor 11
4.6.1 Formulerade efter workshop 1 11
Huvudfrågan är: Hur interagerar kapacitet, signalsystem och förarbeteende? 11
4.6.2 Forskningsfrågor efter workshop 2 12
Huvudfrågan är: Hur interagerar kapacitet, signalsystem och förarbeteende? 12
4.7 Ansökan doktorandprojekt 13
4.7.1 Syfte och mål 13
4.7.2 Metod och arbetsplan 13

4.7.3 Institution och handledning 13
4.7.4 Publicering 13
5 Diskussion 14
6 Slutsatser 15
7 Referenser 16

1. Inledning

I denna förstudie inventeras FoI frågor inom området tågsimulering och ERTMS. VTI är FoI utförare och arbetet sker på uppdrag och i samverkan med Trafikverket. Det finns ett behov av ökad kunskap om ERTMS, samt metoder kopplat till ERTMS utifrån simulering, projektering och teknikutveckling. En del i förstudien är att definiera FoI området tågsimulering och ERTMS. Förstudien har pågått under perioden februari till oktober 2018. Handläggare på Trafikverket har varit Magnus Wahlborg.

Över 20 olika nationella signal- och hastighetsstyrningssystem finns idag i det europeiska järnvägssystemet, var och en är oförenlig med den andra. Det skapar ett hinder för det fria flödet av järnvägstrafiken över hela Europa. Thalys höghastighetståg, som förbinder Paris, Bryssel, Köln och Amsterdam, är utrustad med minst sju olika system för sin gränsöverskridande verksamhet. Det pågående införandet av ett gemensamt system, European Rail Traffic Management System (ERTMS), syftar till att avlägsna detta tekniska hinder för gränsöverskridande passagerar- och godstransporter (RailwayTechnology, 2018).

Det europeiska järnvägstrafikledningssystemet (ERTMS) är ett viktigt industriprojekt som genomförs för att förbättra gränsöverskridande driftskompatibilitet genom Europa genom att skapa en enda standard för järnvägssignalering. ERTMS är ett kontinuerligt kommunikationsbaserat signalsystem som också förväntas spara underhållskostnader, förbättra säkerheten och öka trafikkapaciteten. Det minskar avståndet mellan tåg och möjliggör en maximal hastighet upp till 500 km/h. ERTMS förväntas öka nuvarande kapacitet med upp till 40% utan att några infrastrukturuppgraderingar behövs (RailwayTechnology, 2018).

Trafikverket och konsulter gör kapacitetsanalyser av ERTMS för att studera utformning och projektering av ERTMS-banor. Trafikverket tillhandahåller metodik till konsulterna. Det finns ett behov att utveckla området ERTMS-simulering och förbättra underlagen för ERTMS-projektering. ERTMS håller på att införas i Sverige. Utifrån det finns det behov att utveckla verksamhet och kunskap inom området hos Trafikverket, Järnvägsföretag (SJ, Green Cargo m.fl) och järnvägsindustrin Systemleverantörer och konsulter. Nästa bana där ERTMS kommer införas är Malmbanan.

Ett huvudsyfte för VTI:s simulatorverksamhet är att bedriva olika forskningsprojekt till exempel inom fordonsteknik, samspelet mellan operatör och teknik, trafiksäkerhet, utbildning/träning och fysiologi (trötthet, stress, funktionshinder). Tågsimulatorn erbjuder möjligheter att genomföra studier under kontrollerade förhållanden och möjlighet att studera/utvärdera/träna säkerhetskritiska situationer som inte låter sig göra i verkligheten. Ett annat syfte är att använda tågsimulatorn som ett pedagogiskt hjälpmedel i både grundutbildningen av lokförare men även i fortbildningen av förare. Bland exemplen på utbildningsdelar där tågsimulator används, kan nämnas: grundläggande signalutbildning på ATC, STM och ERTMS, träning på balisfel, signalfel, backning och växling vid ERTMS samt övning på energiekonomisk körning (Abadir Guirgis & Peters, 2015; Abadir Guirgis, Peters, & Lidström, 2015). VTI tågsimulator är en egenutvecklad simulator där utveckling och förvaltning sker av VTI. Utveckling av VTI simulatorn sker tillsammans med användarna som ingår i TUFFA nätverket.

Railsys är en kommersiell simulator med systemleverantören RMCon i Hannover. Trafikverket använder Railsys sedan 2006 och samverkar med användare i Sverige i Railsys svensk användargrupp där KTH och konsultföretag verksamma i Sverige ingår. Trafikverket har en nationell modell över svenska järnvägsnätet som förvaltas. Trafikverket använder Railsys för att studera utformning av framtida infrastruktur, förplanering och kvalitetssäkring av tågplanen, samt inom FoI och metodutveckling. ERTMS är ett växande område hos Trafikverket. Railsys används för projektering av

framtida ERTMS banor, för att säkerställa gångtider och punktlighet vid införande av ERTMS, samt modellering och studier av nya ERTMS versioner (sk baseline versioner).

2. Syfte

Projektets syfte är att inventera FoI-frågor inom området tågsimulering och ERTMS, med följande leverabler:

- Inventera FoI-behov inom området tågsimulering och ERTMS utifrån VTI:s tågsimulator och RailSys
- Genomföra en workshop om FoI behov inom området ERTMS och tågsimulering
- Göra en översyn av state-of-art inom området tågsimulering och ERTMS inkl. VTI tågsimulator och RailSys
- Definiera FoI-området.
- Göra en inventering av tillgängliga data
- Formulera forskningsfrågor och göra urval av forskningsinriktning i samverkan med Trafikverket.
- Formulering av ansökan för ett doktorandprojekt i dialog med Trafikverket.

Doktorandprojektet är tänkt till Tomas Rosberg på VTI.

3. Metod

3.1 Inventering av FoI-behov

Genom att identifiera möjligheter med VTI:s tågsimulator och Railsys var för sig, samt undersöka vad som krävs för att samanvända de båda simuleringsverktygen för en ökad kapacitet har FoI-behovet undersökts.

3.2 Workshops

3.2.1 Workshop 1

En första workshop genomfördes den 24e april på Trafikverket i Stockholm. Medverkade gjorde förutom författarna: Magnus Wahlborg, Per Köhler och Daniel Knutsen från Kapacitetscenter samt Jan Byström, Filip Ågren och Pär Johansson från ERTMS-projektet. Trafikverkets behov presenterades varpå förstudien, inledande forskningsfrågor och det planerade doktorandprojektet diskuterades. Se kapitel 4.2.1 för resultat.

3.2.2 Workshop 2

En andra workshop genomfördes den 30e augusti på Trafikverket i Stockholm. Medverkade gjorde förutom författarna: Magnus Wahlborg, Per Köhler, Pär Johansson och Daniel Knutsen från Kapacitetscenter samt Jan Byström och Andreas Wik från ERTMS-projektet, Markus Bohlin, tilltänkt huvudhandledare på KTH och Anders Lindström, forskningschef på VTI. ERTMS projektet och Kapacitetscenter informerade kring utvecklingen inom sina respektive avdelningar och VTI presenterade uppdaterade forskningsfrågor och diskussioner kring dessa följde. Se kapitel 4.2.2 för resultat.

3.3 State-of-art inom tågsimulering och ERTMS

Status när det gäller övergången till ERTMS har inventerats både nationellt och internationellt genom främst internetsökningar och diskussioner med insatta i ERTMS-projektet.

3.4 Formulering av ansökan doktorandprojekt

Ansökan för doktorandprojektet har genomförts som en separat projektansökan till KAJT (Kapacitet i Järnvägstrafiken).

4. Resultat

4.1 FoI-behov inom området tågsimulering och ERTMS

Railsysanvändare vid kapacitetscenter beskriver att de saknar förarbeteende i modellen. Speciellt bromsbeteende är viktigt. Det finns ett kunskapsbehov om verifiering och modellering av tåg och förare, vilket återkommer under våra projektmöten och workshops. Arbetet pågår med att undersöka hur simuleringsverktygen kan samanvändas. Ett examensarbete har initierats med Daniel Knutsen som utförare. Hans kommer att fördjupa sig i signalsystem och lokförarbeteende, samt validering gentemot verkligheten.

4.2 Workshop om FoI-behov

Helt kort kan sägas att workshopen var väldigt givande samt att det bekräftades att både förstudien och det planerade doktorandprojektet är högst relevant för det behov som finns.

4.2.1 Resultat Workshop 1

En del i förstudien var att definiera FoI-området tågsimulering och ERTMS. Aktuella frågor som undersökts listas nedan. Utgångspunkter för dessa frågor är VTI tågsimulator som modellerar tåg och lokförare, samt Railsys som modellerar tågtrafik.

- Beskriva modellering av ERTMS i Railsys och VTI tågsimulator, samt koppla detta till specifikationer och metoddokument inom ERTMS
- Att öka kunskapen om Railsys och VTI tågsimulator, samt vad dessa simulatorer kan bidra med
- Ge underlag för hur hastighetsprofiler kan optimeras och projekteras vilket ger minskade körtider och ökad kapacitet.
- Öka bredden inom kapacitet och simuleringsområdet både nationellt KTH och VTI, samt Trafikverket, Järnvägsföretag och järnvägsindustri. Att hitta kopplingar till angränsande Foi som tex MTO.
- Att få mer input gentemot förarsidan och hur det påverkar kapacitet, projektering, simulering, automation m.m.
- Att förankra Foi behov och inriktning genom samverkan och workshop, samt att ta fram en ansökan till doktorandprojekt om tågsimulering och ERTMS
- Att öka kunskapen om ERTMS nivåer, samt dess parameterinställningar
- ERTMS påverkan på tidtabelläggningen i planering och i operativ drift kring hantering av störning
- Hur påverkar olika signaleringsmetoder möjligt avstånd mellan tågen (headway), gångtider och punktlighet?
- Vilka konsekvenser får signalsystemets parametersättning och förarbeteende på kapacitet?
- Hur förändras förutsättningarna för gods- och persontåg med övergången från ATC och STM till ERTMS?

4.2.2 Resultat Workshop 2

Utgångspunkten för denna workshop var utkomsten av den förra, samt det arbete som gjorts på förstudien sedan dess. Det som kommenterades var b.la:

- I studien bör alla tågledningsbeslut vara fixa

- Överhastighet för ATC/ETCS (4 rep 9km/h) måste tas i beaktan
- Hur följer föraren P-kurvan (“permitted” kurvan)? Daniel Knutsen gör exjobb speciellt inriktat på detta område.
- Samtidig infart på stationer på enkelspår har betydelse för linjekapaciteten, och måste tas i beaktan.
- Hur påverkar signalavståndet vid växlar kapaciteten för resp.m ATC/ETCS?
- Punktlighet är ett mått hur bra trafiken flyter och där ingår headway och gångtider.
- Även förarens accelerationsmönster har betydelse för gångtiden.
- Railsys utgår från att P-kurvan ersätts med S-kurvan (dvs servicebromsen), men hur är det i verkligheten?
- Pilotbanan Katrineholm-Åby diskuterades. I ett separat möte med pilotprojektet efter workshopen konstaterades att förarna övervakas av ATC, medans testerna av ETCS markutrustning sker parallellt. Detta innebär att det är svårt att fånga förarbeteende under dessa omständigheter.

4.3 State-of-art inom tågsimulering och ERTMS

4.3.1 Implementering

Som ett led i det övergripande ERTMS-projektet har EU initierat skapandet av sex ERTMS-korridorer skapat en EU-omfattande plan för utbyggnad. En europeisk ERTMS-koordinator har också utsetts för att säkerställa en framgångsrik implementering av systemet (RailwayTechnology, 2018).

På sikt ska de större järnvägsstråken i Sverige utrustas med ERTMS. Detta kommer att kräva avsevärda utbildningsinsatser för Sveriges cirka 3 500 förare som framöver behöver ERTMS-utbildning. Det är orealistiskt att dessa ska utbildas på riktigt spår. Således har VTI:s tågsimulator utvärderats med avseende på simulatorbaserad träning och utbildning i ERTMS för lokförare (Abadir Guirgis & Peters, 2015). Studien visade dels att både elever och lärare är mycket positiva till simulatorbaserad utbildning och träning, dels att varvad teori och simulatorträning är att föredra när det gäller att tillägna sig färdigheter.

Även om syftet med ERTMS är att det ska bli en enda standard för järnvägssignalering finns vissa skillnader mellan länderna. I en jämförande studie mellan Sverige och Holland när det gäller själva processen för implementering finns t.ex. skillnader i hur symboler på ritningar ser ut (Bengtson & Christoffersson, 2016). Sveriges symbol för signalpunktstavla används i Holland som symbol för Eurobalis. Vidare har Sverige valt att all investering och re-investering ska följa den europeiska standarden för driftkompabilitet (TSD), vilket för signalsystemet innebär att all investering och re-investeringen ska göras med ERTMS. Trafikverkets strategi är att majoriteten av Sveriges järnvägsnät ska vara utrustat med ERTMS år 2035. Holland har valt att fokusera på att implementera ERTMS på alla internationella sträckor samt de linjer som genererar mest nytta fram till 2030, för tillfället på ungefär 10 % av hela sitt järnvägsnät. En annan skillnad är att Holland valt att implementera vissa sträckor med dubbla system i övergångsperioden för att inte riskera att tillförlitligheten hos passagerare och godståg försämras. Sverige har inga planer på att utföra implementering med dubbla system och pilotbanorna som har testats har varit renodlade E2 eller E3. ERTMS nivå 2 kommer införas som standard i båda länderna (Bengtson & Christoffersson, 2016).

4.3.2 Användarperspektivet

Inverkan av ERTMS på förare och körbarhet i verklig miljö har studerats av MTO. Tre banor jämfördes, en ATC2-bana på sträckan Stockholm-Sundsvall, Ådalsbanan och Botniabanan som båda har system E2. Ådalsbanan är en befintlig bana som utrustats med ERTMS och delvis byggts om.

Botniabanan är en nybyggd bana som nyutrustats med ERTMS. Resultaten visade att det finns en statistiskt säkerställd skillnad mellan förarnas upplevelser av användbarhet och körbarhet på Ådalsbanan och övriga banor. Generellt var Ådalsbanan att anse som en mer besvärlig bana där körbarhet och användbarhet upplevs som sämre jämfört med körning på Botniabanan.

Tågförares upplevelse av ERTMS har undersökts i syfte undersöka hur implementeringen av ERTMS inverkar på processen att framföra tåg (Nordlöf, 2012). Fokus var effekter på Situational Awareness (SA). Slutsatserna var bland annat att modeller för att representera aktörers SA utifrån Situational assessment-enheter bör ses över; Tågförarens uppdatering av SA skedde snabbare än ATC-systemet, vilket gjorde att systemet blev ett hinder för tågförarens möjlighet att kunna utnyttja sin SA samt att planeringsytan och bromskurvan hade en betydande inverkan på tågförares SA. Att det kan finnas ett behov av att se över det organisatoriska upplägget, inte bara inom tågförarens arbete utan även gentemot berörda parter som jobbar med och mot tågförarna, som fjärren och utbildningsinstruktörer framgick också av resultaten (Nordlöf, 2012).

En studie med syfte att identifiera viktiga aspekter för att inom trafikledningen underlätta införandet av ERTMS har genomförts genom att samla in trafikledningens erfarenheter från införandet av ERTMS på pilotbanorna som styrs av trafikledningscentralerna i Ånge och Boden (Ellegren & Grönvall, 2016). Problemen som kom fram var bland annat att strul med tekniken, innehållsbrister i utbildningarna, avsaknad av ERTMS-simulator samt kommunikationssvårigheter med systemleverantörerna. De viktigaste rekommendationerna för att undvika problem i det kommande införandet av ERTMS i Sverige var att tekniken måste fungera, att trafikledningen ska vara involverade och informerade, att utbildningsmaterialet ska vara väl anpassat för trafikledningen samt att personalen ska få öva på en ERTMS-simulator (Ellegren & Grönvall, 2016).

4.3.3 Kapacitetssimulering

En kapacitetssimulering av Malmbanan har genomförts av Trafikverket (Köhler & Knutsen, 2017). Denna visade att gångtiderna blir något längre med ETCS jämfört med ATC när övervakningen baseras på driftbromskurvan (SBD). Dock kan enligt samma simuleringsrapport gångtiden för framförallt persontåg och i viss mån även godståg minskas genom hastighetsoptimering i samband med ETCS-införandet så att en tidsvinst fås jämfört med ATC. Vidare presenteras att genom basering av övervakningen i ETCS på nödbromskurvan (EBD) istället för driftbromskurvan (SBD) kan kortare gångtider fås med ETCS även utan hastighetsoptimering förutsatt att föraren utnyttjar den mindre restriktiva övervakningen till att bromsa senare med högre retardation. Utifrån denna aspekt rekommenderas övervakning utifrån EBD.

Simuleringarna visade också att headway förkortas med ETCS till följd av den kontinuerliga uppdateringen av signalbeskeden, vilket särskilt ger effekt vid långa blocksträckor. Detta medför dels att punktligheten kan förbättras med ETCS till följd av kortare headway genom kontinuerlig uppdatering av signalbeskeden, dels att snabbare tågmöten kan genereras genom kortare tid mellan tågen vid ej samtidig infart och möjlighet att införa samtidig infart för tåg som är upp till 100 m kortare än mötesspårets hinderfria längd. Dessutom visades att överhastighet i ATC med möjlighet att köra 9 km/h över tillåten hastighet har stor påverkan på både gångtider och punktlighet vid framförande av tunga malmtåg och en liknande övervakningsprincip för ETCS rekommenderas (Köhler & Knutsen, 2017).

Parametersättning och förarinformation (fyll på här) Status i Sverige osv. Viktigt för bra kapacitet för ERTMS.

4.4 Definiering av FoI-området

Projektet begränsas inom området tågsimulering och ERTMS. Forskningsfrågorna i kapitel 4.6.2. begränsar sedan det planerade doktorandprojektet i tre huvudområden.

4.5 Inventering av tillgängliga data

Vilka bandelar skulle kunna passa för doktorandprojektet? Att implementera nya banor i VTI:s tågsimulator är en tidskrävande process, medan processen att bygga upp infrastruktur i RailSys är betydligt enklare. Stora delar av linjenätet och signalprojekteringen finns idag att tillgå inom Trafikverket. I den här förstudien diskuteras tre olika bandelar - Ådalsbanan, Jönköpingsbanan och Södra stambanan Katrineholm-Åby-Norrköping. Både Ådalsbanan och Jönköpingsbanan finns sedan tidigare implementerade i VTI:s tågsimulator, medan Södra stambanan inte finns implementerad och måste byggas upp från början.

4.5.1 Jönköpingsbanan, System H för ATC och STM

Mellan Falköping och Nässjö längs Jönköpingsbanan (bandel 711) har en fungerande ATC-bana byggts upp i VTI:s tågsimulator. Modellen baseras på information från BIS, fotografier och filmupptagning längs banan. Stationerna Falköping, Vartofta, Bankeryd, Jönköping C, Huskvarna, Tenhult, Forserum och Äng är avbildade i tillräckligt bra kvalitet för att kunna kännas igen. Stationerna Sandhem, Mullsjö och Habo är korrekt modellerade ut ett banperspektiv men med mindre arbete med omgivningarna. Stationen i Nässjö är under utveckling men tillräckligt detaljerad för de körpass som utgår mot Jönköping. Dessutom är växlarna vid Brogården och Krökesbo modellerade. Samtliga plankorsningar längs banan är inkluderade.

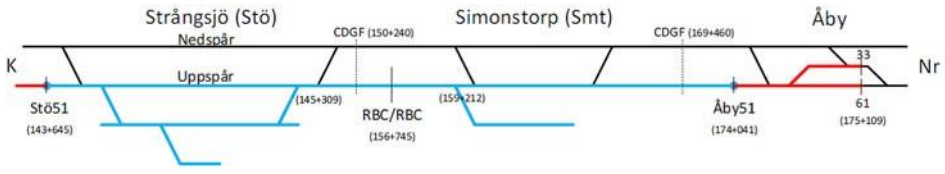
4.5.2 Ådalsbanan, Härnösand – Västeraspby för E2

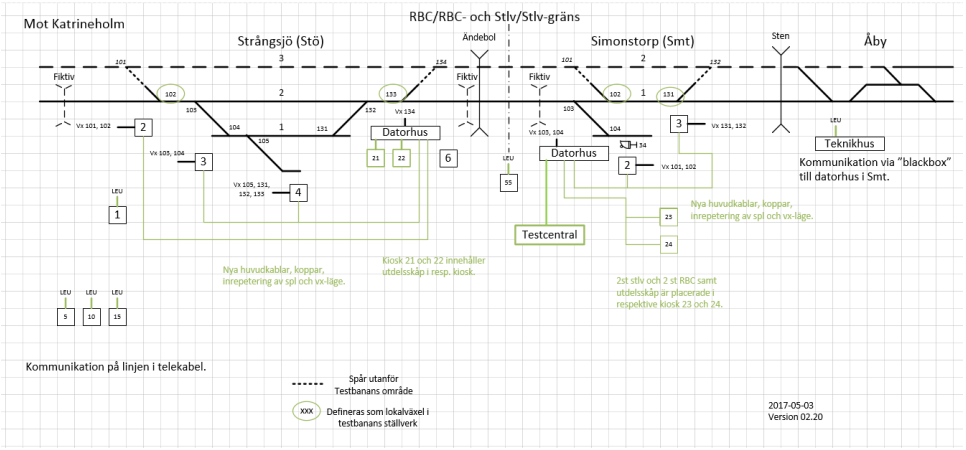
Mellan Härnösand och Västeraspby via Kramfors (bandel 233, 232) finns idag en detaljerad modell av Ådalsbanan i VTI:s tågsimulator. Basdata har hämtats från BIS, kompletterat med ett antal filmsekvenser av sträckan. Data på hastigheter, frisläppshastigheter, signalpunkter, TAF-avstånd, backningsområden och balispositioner har hämtats från BIS, banans Signaltekniska Funktionskrav och banans Linjeplan.

Samtliga trafikplatser, plankorsningar, tunnlar och broar längs sträckan är modellerade.

4.5.3 Testbanan Katrineholm-Åby för E2

Översikt testbana





Figur 1. Schematisk översikt E2 testbanan Katrineholm-Åby

Testbanans huvudsyfte är att testa kompabiliteten mellan marksystem och ombordutrustning, men också kompabiliteten mellan TrV:s olika ställverksleverantörer. Testbanan innebär införandet av ERTMS L2 på uppspåret mellan Katrineholm och Åby. Nedspåret trafikeras som vanligt med System H, vilket även uppspåret gör när testbanan inte är aktiv.

Testbanan ger också möjligheter att jämföra E2, STM och ATC utifrån de forskningsfrågor som specificeras ovan. Sträckan är 40,3 km lång och har en RBC gräns.

4.5.4 Diskussion – inventering av tillgängliga bandata

Jönköpingsbanan (ATC, STM) och Ådalsbanan (E2) har fördelen att de redan är implementerade i tågsimulatorn. Arbetsinsatsen blir överkomlig för att komma igång med jämförelsestudier mellan RailSys och VTI tågsimulator. Här handlar det mestadels om att implementera infrastrukturen i RailSys. Däremot blir det svårt att göra jämförelsestudier mellan signalsystemen, då banorna för ATC/STM och E2 är åtskilda. Jämförelse mellan ATC och STM blir också svårt, då signalprojekteringen på Jönköpingsbanan inte innehåller några P eller A-bortflyttningar. En P-bortflyttning är ett försignalbesked som är "preliminärt". Målpunkten är alltid en signal, men aldrig nästa signal. Beskedet kan tex vara "0P" (stopp väntas), "8P" (80 km/h väntas). En A-bortflyttning är också ett försignalbesked som flyttar målpunkten framför den aktuella signalen. Om inte målpunkten är första huvudspårskiljande växeln, indikeras målpunkten med en målpunktstavla. A-bortflyttningar ges alltid med restriktiva besked, tex "4A" (40 km/h i kommande växel).

Testbanan Katrineholm-Åby kräver en större arbetsinsats för att få till en korrekt infrastruktur, bana och signal, i VTI:s tågsimulator. Dock ger sträckan möjlighet att både jämföra ATC/STM/E2. E2 signalprojektering följer den befintliga ATC projekteringen på sträckan Katrineholm-Åby, vilket innebär att sträckningen skulle kunna förlängas enligt samma princip ner till Norrköping. Detta ger också möjlighet att testa effekterna av P- och A-bortflyttningar.

Efter ett möte med Andreas Westerberg, projektingenjör för pilotbanan, framkommer det att testerna av infrastrukturen sker med dubbla säkerhetssystem. Detta innebär att föraren kör efter ATC signallering, system H, och att ETCS utrustning finns ombord men inte är styrande. Förutsättningarna gör det svårt att fånga förarbeteende för ETCS på pilotbanan.

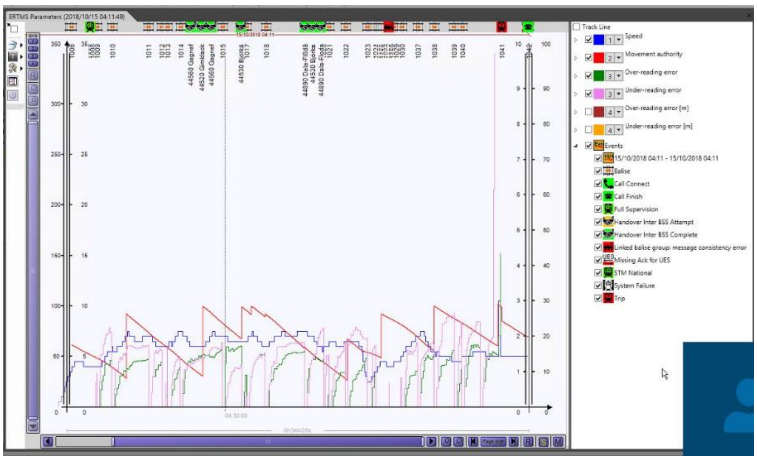
4.5.5 Fordonsdata och infrastukturdata

Kontakter har tagits med Götalandståg, SJ, Green-Cargo och Trafikverket IKT (Telekom Infrastruktur) angående fordonsdata. Data för infrastrukturen för de banor som studien kommer att omfatta finns

beskrivna i TrV:s databas BIS. Projekteringsdata för pilotbanan Katrineholm-Åby (se. Kap 4.5.3) finns att tillgå.

Fordonsdata från ATC ombord-utrustning är ett komplext område. Är tåget utrustat med en STM modul finns möjlighet att hämta data från JRU-enheterna (Juridical Recording Unit). Informationen är standardiserad enligt UNISIG Subset 027. Dock krävs en JRU-avkodare för att tolka informationen. För övriga fordon är möjligheten till informationsutbyte mycket begränsad. Den information som lagras i ATCs svarta låda, är svårtillgänglig, och måste i de flesta fall skickas till Bombardier Transportation för analys. Ett alternativ för datainhämtning med dessa förutsättningar är att logga position och hastighet, tillsammans med filmning av signalbesked med en extern utrustning, tex systemet VBOX, som VTI använt i flera tidigare studier, men det finns andra tänkbara system också.

Fordonsdata för ETCS kommer att inhämtas I första hand från Trafikverket och systemet GEM, GSMR ERTMS Monitoring. I GEM finns möjlighet att följa flertalet ETCS parametrar för alla uppkopplade tåg.



Figur 1. ERTMS-parametervy i GEM.

Fordonsinställningar för både ATC/ETCS måste överensstämma med de verkliga ATC/ETCS inställningarna. De parametrar som måste kontrolleras i samband med datainsamling från fordonen är:

- Tåglängd
- STH
- Retardationstal
- Bromsfördröjning, tillsättningstid
- Överhastighet
- ETCS baseline (3.6.0 etc)

4.5.6 RailSys

RailSys kommer att användas för kapacitetssimuleringar på de bandelar som blir aktuella för studien. Infrastrukturen finns tillgänglig för hela det svenska järnvägsnätet. Utgångspunkten för parameterinställning ska ske i enlighet med Trafikverkets rekommendationer.

4.6 Forskningsfrågor

4.6.1 Formulerade efter workshop 1

Huvudfrågan är: Hur interagerar kapacitet, signalsystem och förarbeteende?
Denna tänker vi ska besvaras med hjälp av delfrågor, vilka bygger på varandra:

1. Hur förändras följande förutsättningar vid lok- och motorvagnståg med övergången från ATC och STM till ERTMS?
    - Förarbeteende (t.ex. inbromsning)
    - Körtider/gångtider
    - Kapacitet
    - Headway (täthet mellan tåg)
    - Punktlighet
    - Tidtabellsplanering och operativ drift (trafikledning)
    - Signaloptimering
2. Hur bör parametersättning anpassas för en bättre kapacitetsplanering?
    - Simuleringsparametrar
    - Förarinformation, förarpanel (från P-kurva)
    - Dynamiska parametrar (bromsinställningar, SBD, EBD tex)
3. Hur kan vi dra nytta av resultaten från 1 och 2 vid
    - Projektering
    - Körbarhetsanalyser
    - Signaloptimering

Inom området signaloptimering ingår t.ex. hastighetsprofiler, signalpositioner och blocklängder.

4.6.2 Forskningsfrågor efter workshop 2

Huvudfrågan är: Hur interagerar kapacitet, signalsystem och förarbeteende?
Forskningsfrågorna förändras efter input från workshopen.

1. Valideringsstudie 2 olika säkerhetssystem (ATC, ERTMS) i 3 olika trafikmiljöer (Verklig bana, RailSys, Tågsimulator).

    –ATC, Jönköpingsbanan. Enkelspår. Diskret uppdatering.
    –ERTMS, Ådalsbanan. Enkelspår. Kontinuerlig uppdatering.
    –Samma typ av tåg (motorvagn alt. loktåg)
    –Hur skiljer sig VTI/simulator/RailSys/verklig körning?
    –Vad har vi för kvalitet i resultaten från RailSys samt VTI-tågsimulator?
    –Vilka parametrar ska vi titta på?
        - Körtider (med tågledningsbeslut är fixa och lika) -> teoretisk linjekapacitet utifrån dimensionerande sträcka.
        - Förarbeteende – inbromsning/acceleration/framförhållning
        - Överhastighet (ATC/ERTMS)
        - Hur följer föraren P-kurvan (permitted-kurva)?
2. Modell och metoder för parametrisering i RailSys/VTI sim med utgångspunkt från erfarenheterna i 1.
    - Parametersättning RailSys/VTI sim.
    - Hur ska simulatorerna anpassas för att bättre beskriva verkligheten?
    - Kan mer förarinformation ge ökad tillgänglig kapacitet för ETCS?
3. Studie kring projektering och hur den påverkar tillgänglig kapacitet och kapacitetsutnyttjande, med utgångspunkt från resultaten från 1 och 2
    - Hastighetsoptimering - vilken inverkan på tillgänglig kapacitet/utnyttjande?
    - Signaloptimering - vilken inverkan på tillgänglig kapacitet/utnyttjande?

- Hur förändras linjekapaciteten på bandel 711 i övergången från ATC/ERTMS, (enligt UIC Code 406)? Hur påverkar signaloptimeringar tillgänglig kapacitet/utnyttjande?

4.7 Ansökan doktorandprojekt

4.7.1 Syfte och mål

Inriktningen för det planerade doktorandprojektet är körsimulering och ERTMS. Målet är att öka förståelsen för vad som påverkar kapacitet och körbarhet samt på vilket sätt. Effekter av signalsystem på kapacitet och förarbeteende kommer att undersökas med hjälp av både simulatorer för tågkörning och för tidtabellsplanering. Forskningsfrågorna är som beskrivna i 4.6.

Nyttan för Trafikverket är:

- Ökad kunskap om verklig tågföring inkl. lokförare utifrån ERTMS och pågående teknikutveckling
- Ökad kunskap om gångtider och tågföring
- Ökad kunskap om framtida tågplanering och trafikledning utifrån ERTMS
- Ökad kunskap om signalsystem – Railsys – lokförarsimulator
- Åtgärder kring projektering och teknikutveckling med koppling till ERTMS
- En plattform för dialog med järnvägsföretag och systemleverantörer och konsulter om ERTMS och teknikutveckling

Andra intressenter är:

- Övriga delar inom Trafikverket till exempel Underhåll teknik, Trafikledning m.fl.
- Järnvägsföretag SJ, Green Cargo m.fl.
- Konsulter
- Systemleverantörer
- Leverantörer av simulatorer

4.7.2 Metod och arbetsplan

Upplägget för det föreslagna doktorandprojektet är följande:

1. Valideringsstudie 2 olika säkerhetssystem (ATC, ERTMS) i 3 olika trafikmiljöer (Verklig bana, RailSys, Tågsimulator).
2. Modell och metoder för parametrisering i RailSys/VTI sim med utgångspunkt från erfarenheterna i 1.
3. Studie kring projektering och hur den påverkar tillgänglig kapacitet och kapacitetsutnyttjande, med utgångspunkt från resultaten från 1 och 2

4.7.3 Institution och handledning

Tomas kommer att vara antagen som doktorand inom transportvetenskap på KTH med Markus Bohlin som huvudhandledare. Bihandledare kommer Birgitta Thorslund och Anders Lindström på VTI att vara.

4.7.4 Publicering

En tysk vetenskaplig tidskrift vid namn Signal + Draht, Rail signalling and telekommunikation, publicerar relevant peer review granskad forskning inom området och bör passa för den här specifika inriktningen. Manuskript publiceras på tyska eller engelska med sammanfattning på det andra språket.

Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour är en vetenskaplig tidskrift som täcker in hela transportområdet och kan passa bra när det handlar om just förarbeteendet och hur det påverkar eller påverkas av andra faktorer.

European Transport Research Review är en vetenskaplig tidskrift med open-access som passar all typ av transportforskning.

När det gäller konferenser och liknande planeras bidrag till Transportforum 2019, vilken främst riktar sig till svenska forskare och aktörer inom transportområdet. Ett bidrag till RailNorrköping2019 planeras också. Det är den 8: e internationella konferensen om modellering och analys av järnvägsoperationer (ICROMA). Den kommer att främja tvärvetenskapliga diskussioner inom järnvägsplanerings- och verksamhetsforskningsområdet genom att kombinera kompetens hos akademiker och yrkesverksamma. RailNorrköping2019 ger forskare, konsulter och industripraktiker möjlighet att träffas, presentera sin senaste forskning, utbyte av know-how och diskutera aktuella utvecklingar och applikationer. Förutom bidraget kring körsimulering och ERTMS har VTI skickat in även andra bidrag som handlar om tågsimulatorerna och även ha en portabel simulator på plats för demonstration.

5 Diskussion

Det fanns ett par huvudutmaningar i denna studie. Den första var att säkerställa hur datainsamling från verklig körning kan uppnås, både vad gäller tillgänglighet och juridiska frågor. Vilka banor ska data hämtas ifrån, och på vilket sätt? Ny teknik med radiobaserade signalsystem (ERTMS) ger flera möjligheter, medan det äldre ATC kräver mer manuell hantering. En annan utmaning har varit att undersöka ETCS-testbanan Katrineholm-Åby och på vilket sätt denna skulle kunna fungera som referensbana i en större studie. Dock har det visat sig att de testtåg som körs på sträckan är utrustade med dubbla säkerhetssystem, både ETCS och ATC. Testkörningarna är upplagda på ett sådant sätt att föraren använder ATC för manövrering, medan ombord-utrustningen enbart används för funktionstester. Detta har inneburit att sträckan inte lämpar sig som referensobjekt, då förarbeteendet för ETCS inte går att verifiera. De sträckor som föreslås som referensobjekt är Jönköpingsbanan (Nässjö-Falköping) och Ådalsbanan. Anledningen till detta är att de finns implementerade i alla de testmiljöer vi är intresserade av – RailSys och VTI tågsimulator.

RailSys modellerar tågtrafik och VTI tågsimulator modellerar tåget och signalsystemet. Synergierna, prestanda- och resultatskillnader mellan dessa båda verktyg vet vi mycket lite om. Det finns tre stycken forskningsfrågor formulerade i denna förstudie. De bygger på varandra, och den första “Valideringsstudie - 2 olika säkerhetssystem i 3 olika trafikmiljöer” är den mest konkreta och specifika. Vi vet idag inte utkomsten av studien, därav kan de följande frågeställningarna komma att vridas eller ändras i en annan riktning.

Utvecklingen av ATO system (Automated Train Operation) som förarstöd kommer att förändra förutsättningarna för tågförare i etapper. De ATO nivåer som är aktuella i Sverige är:

- GoA 0: Föraren kör på sikt utan tågskyddssystem. Inget ATP och inget ATO system.
- GoA 1: Föraren kontrollerar start och stop, dörrar, nödstopp och andra särfallssituationer. Övervakat av ATP men inget ATO system.
- GoA 2: Semi-automatiskt tåg, där start och stop är automatiserat, men föraren hanterar dörrar och övrig körning (ATP + ATO).

Beroende av hur fort utvecklingen går kan införandet av ATO system inom järnvägssektorn påverka det fortsatta arbetet i den föreslagna studien. T.ex. skulle införandet av fler ATO funktioner kunna påverka accelerations och retardationsmönster på tågfordonen som studien omfattar.

6 Slutsatser

Behovet av forskningen inom området är uttalat. Förstudien har lett fram till ett formulerat doktorandprojekt där huvudfrågan är: Hur interagerar kapacitet, signalsystem och förarbeteende? Det planerade upplägget består av tre steg där först effekten av övergången från ATC till ERTMS på bland annat förarbeteende, körtider och linjekapacitet, kommer att undersökas. Med den nya kunskapen utrönas hur parametersättning (simuleringsparametrar, förarinformation och dynamiska parametrar som till exempel broms) bör anpassas för en bättre kapacitetsplanering. Till sist ska en sammanställning göras över hur vi kan dra nytta av resultaten för projektering, till exempel hastighetsoptimering och signaloptimering, utifrån både förarbeteende och kapacitet.

Förstudien har varit nyttig och nödvändig för att formulera ett bra doktorandprojekt inom området. Forskningens inriktning är definierad, inskrivning av doktoranden på KTH är genomförd och finansieringen för doktorandprojektets tre första år är beviljad av KAJT, Trafikverket.

7 Referenser

Abadir Guirgis, G., & Peters, B. (2015). *Simulatorbaserad utbildning i ERTMS -Utvärdering av utbildning och träning för lokförare i VTI:s tågsimulator*. Retrieved from VTI notat 21-2015:

Abadir Guirgis, G., Peters, B., & Lidström, M. (2015). *Lokförarutbildning i Sverige – Simulatoranvändning och ERTMS*. Retrieved from VTI notat 13–2014:

Bengtson, F., & Christoffersson, S. (2016). *En jämförelse av implementering av ERTMS mellan Sverige och Holland.* Lund University, Helsingborg.

Ellegren, L., & Grönvall, S. (2016). *Effektivt införande av ny teknik i en organisation En studie om trafikledningen i införandeprocessen av ERTMS i Sverige.* Uppsala Univeritet, Uppsala.

Köhler, P., & Knutsen, D. (2017). *Kapacitetssimulering Malmbanan år 2021*. Retrieved from Trafikverket:

Nordlöf, E. (2012). *"Knowing what is going on" Tågförares upplevelser av ERTMS.* Kungliga tekniksa högskolan, Stockholm.

RailwayTechnology. (2018). European Rail Traffic Management System (ERTMS). Retrieved from https://www.railway-technology.com/projects/european-rail-traffic-management-system-ertms/