



Slutrapport SIMULATO

Simulering med ATO

Forskningsprojekt finansierat av Trafikverket (KAJT)
(TRV2023/75820)

Version 2024-12-20

TRITA-ABE-RPT-2519

Innehåll

| | |
|---|----|
| Slutrapport SIMULATO | 1 |
| Innehåll | 3 |
| Förord | 4 |
| Sammanfattning..... | 5 |
| 1 Inledning..... | 6 |
| 1.1 Bakgrund..... | 6 |
| 1.2 Syfte och mål..... | 6 |
| 1.3 Fallstudie..... | 6 |
| 2 Metod | 7 |
| 2.1 Datakällor..... | 7 |
| 2.2 Transformeringsfördelningar..... | 8 |
| 2.3 Simulering..... | 9 |
| 2.4 Avgränsningar..... | 9 |
| 3 Resultat, slutsatser och vidare forskning | 9 |
| 3.1 Fördelningar | 9 |
| 3.2 Simuleringsresultat..... | 10 |
| 3.3 Slutsatser..... | 12 |
| 3.4 Vidare forskning | 12 |
| 4 Resultatspridning | 13 |
| Referenser | 14 |

Förord

Den här rapporten sammanfattar forskningsprojektet ”Simulering med ATO (SIMULATO)” som genomfördes av KTH och LTH under perioden februari till november 2024. Projektet finansierades av Trafikverket genom KAJT. Per Köhler har varit projektledare hos Trafikverket.

Emil Jansson från KTH har varit projektledare. Hans Sipilä (KTH) och Carl-William Palmqvist (LTH) har arbetat i projektet. En referensgrupp bestående av Per Köhler, Kristian Persson och Henrik Fhanér från Trafikverket samt Daniel Lind, Tobias Bengtsson, Martin Vesterberg och Carl Björklund från Skånetrafiken har deltagit i projektet via möten. Vi vill rikta ett stort tack till referensgruppen för deras tid och engagemang i projektet och ett extra stort tack till Tobias Bengtsson som har hjälpt till med datatillgång och dataanalys. Vi vill även tacka Anders Viklund på Trafikverket för hans insikter gällande Lupp-koder.

Rapporten inleds med en beskrivning av bakgrunden och syftet, följt av metod- och databeskrivning samt genomförande. Rapporten avslutas med en sammanfattning av resultaten och idéer för fortsatt arbete samt resultatspridning.

Stockholm och Lund, december 2024

Emil Jansson, Hans Sipilä och Carl-William Palmqvist

Sammanfattning

En hög grad av automatisering av tågdriften i Sverige skulle potentiellt kunna göra tågsystemet mer konkurrenskraftigt och öka järnvägens marknadsandelar. Innan ett sådant beslut kan tas behöver frågan utredas noggrant och denna studie är ett första steg att kvantifiera utmaningarna med förarlös och obemannad drift i Sverige genom att studera hur förseningar och punktlighet skulle kunna påverkas. Studien genomfördes med stokastiska makrosimuleringar i en modell för södra Sverige med en tidtabell från T19. Pendeltåg användes som fallstudie och deras förseningsfördelningar justerades med hjälp av orsakskodade förseningar från Lupp. Med hjälp av referensgruppen och tidigare trafikledare identifierades vilka orsakskoder som skulle förändras med förarlös och obemannad drift. För förarlös drift bedömdes förarrelaterade orsakskoder förvinna, exempelvis att förare är sen eller saknas. Med obemannad drift bedömdes att fordonsrelaterade orsakskoder skulle behöva en fysisk person på plats, därmed adderades en responstid till dessa. Det råder stor osäkerhet vad förarlös och obemannad tågdrift på det nationella järnvägsnätet skulle innebära och därför genomfördes ett antal olika känslighetsanalyser med att fler orsakskoder lades till, att en viss andel av orsakskoderna kan hanteras utan personal samt att även förseningar på 1-2 minuter skulle kunna påverkas.

Simuleringsresultaten för de flesta scenarier visar på små skillnader i punktlighet och medelförsening, både för enbart pendeltåg och även för alla tåg i simuleringen. Förklaringen ligger troligtvis i att förseningsfördelningarna bygger på miljontals tidsregistreringar och den största merparten av dem är i tid medan det är endast tusentals koder som har justerats medan, vilket är en relativt liten andel. I en av känslighetsanalyserna med 1-2 minuters förseningar kunde större skillnader ses, då antalet händelser ökar kraftigt som fick en tillagd responstid. En annan aspekt att ta i beaktning gällande förarlös och obemannad drift är lokförarens förmågor att identifiera avvikelser i fordonet eller längs spåret. Urspårningen utanför Hudiksvall under hösten 2023 är ett sådant exempel där en lokförares agerande troligtvis förhindrade en katastrof. Denna studie är ett första steg i att utveckla metoder för att simulera effekterna av förarlös och obemannad drift och fler studier bör genomföras framöver för att få ett mer komplett beslutsunderlag gällande en eventuell implementering av automatiserade tåg i Sverige.

1 Inledning

Detta forskningsprojekt är en metodutveckling för simulering av automatic train operation (ATO) med svenska förhållanden.

1.1 Bakgrund

Trots att järnvägen beskrivs som framtidens transportmedel på grund av dess energieffektivitet och att elektrifieringsfrågan redan är löst sedan över 100 år tillbaka ökar inte järnvägens andel av transportarbete inom Europa (European Commission, 2023). En möjlig lösning för att göra järnvägen mer konkurrenskraftig och öka dess andel skulle kunna vara att införa en hög grad av automatisering (GoA). Förarlös (GoA3) eller obemannad (GoA4) drift skulle potentiellt kunna innebära ekonomiska vinster på grund av minskade personalkostnader. Många studier har identifierat utmaningarna med en hög GoA nivå men inte kvantifierat dem (Djordjević et al., 2023; Jansson et al., 2023; Morast et al., 2023; Ramirez et al., 2022; Singh et al., 2021).

För att kunna fatta välgrundade beslut behövs kompletta beslutsunderlag (Citroen, 2011). Att införa GoA3 eller GoA4 på det svenska järnvägsnätet skulle vara en av de största förändringarna någonsin och för det krävs ett komplett beslutsunderlag. Då kvantifiering av utmaningarna med GoA3 och GoA4 saknas finns det ett forskningsbehov. Dessutom är det viktigt att svenska förhållanden beaktas gällande kvantifieringen av utmaningarna.

Ett viktigt kvalitetsmått inom järnväg är punktlighet, järnvägsbranschen med JBS har ett mål på 95 %-punktlighet för persontåg (RT+5) (JBS, 2022). Punktligheten skulle kunna påverkas med förarlös eller obemannad drift på flera olika sätt. Förseningar som orsakas av personal skulle kunna reduceras, som exempelvis att föraren är sen eller saknas. Förseningar som fordonsfel där föraren har en möjlighet att åtgärda felet skulle å andra sidan kunna ta längre tid om personal behöver skickas ut till tåget. En av studie av Jansson et al. (2023) visar att föraren hanterar många olika oplanerade händelser och att fordonsfel är den vanligaste händelsen som förare hanterar. Förare både upptäcker, kontrollera och försöker justera fordonsfel.

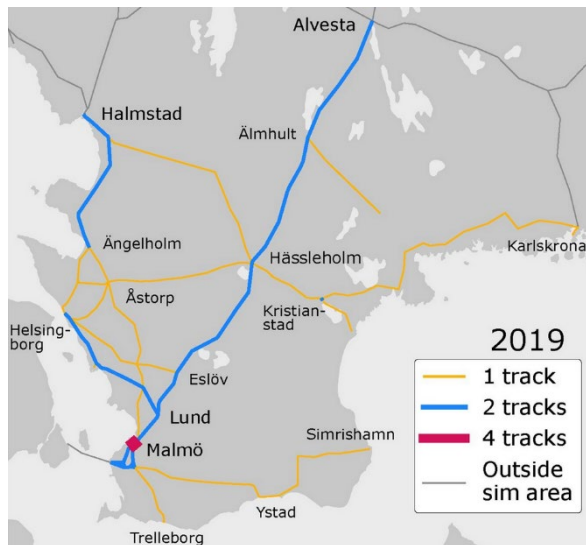
Ett eventuellt införande av förarlös eller obemannad drift på det nationella järnvägsnätet får ändå anses ligga långt fram, men ledtiderna inom järnvägen är långa och livslängderna för fordonen är långa. Därmed behöver beslut gällande fordonsspecifikationer eller specifikationer gällande annan infrastruktur eventuellt beakta ett framtida införande av förarlös eller obemannad drift. I det avseendet är en kvantifiering av utmaningarna en viktig aspekt och denna studie är ett första steg.

1.2 Syfte och mål

Det här projektets syfte har varit att utveckla metoder för att kunna simulera ett järnvägssystem med GoA3 och GoA4-tåg och utvärdera förseningar och punktlighet. Projektet ska ses som ett första steg i utvecklandet av simuleringsmetoder för höga grader av automatisering.

1.3 Fallstudie

Som fallstudie har de tåg som klassats som pendeltåg fått justerade förseningsfördelningar och ett nätverk i södra Skåne har simulerats, se figur 1. Tidtabellen är för T19 och har använts i en tidigare studie (Palmqvist et al., 2023).



Figur 1 Karta över simuleringsområdet

2 Metod

I detta kapitel beskrivs de använda datakällorna, transformering av förseningsfördelningar samt simuleringsinställningarna.

2.1 Datakällor

Orsakskodade förseningar från Lupp för T19 användes för att identifiera vilka typer av förseningar som skulle påverkas av GoA3 och GoA4. Med hjälp av referensgruppen och ytterligare möten med tidigare trafikledare diskuterades orsakskoderna. Slutsatsen var att fordonsfel (JDM och JVA) och avsyn (OSY) är två områden som ofta kräver en närvaro av en människa, denna slutsats stöds av studien (Jansson et al., 2023) som undersökte lokförarnas roll vid oplanerade händelser och där var den vanligaste händelsen fordonsfel. Ytterligare områden där lokföraren har en roll är vid djur- och människorelaterade händelser (ODJ och OMÄ). Dock är lokförarens påverkan på förseningen oklar vid dessa tillfällen och det kan oftast krävas extern personal, på grund av den stora osäkerheten har dessa orsakskoder tagits med som en känslighetsanalys, de bör också studeras vidare i kommande studier. Det konstaterades även att förare har en möjlighet att åtgärda infrastrukturfel som exempelvis spårväxlar som inte går i lås på grund av snö och is. Detta har en möjlighet att minska förseningar men ansågs vara sällsynta händelser och utelämnades därmed.

Personalrelaterade förseningsorsaker bedömdes kunna försvinna med en hög grad av automatisering. Med GoA3 (förarlösdrift) bedömdes koderna för att förare saknas eller är sen (JDE25 och JFÖ) försvinna samt otillåten stoppsignalpassage (OTÅ 04). För GoA4 (obemannad drift) bedömdes även koder med ombordpersonal kunna tas bort (JOM) samt omlopp personal (FOI 03) då det inte längre finns någon personal ombord att ta hänsyn till. Se tabell 1 för en översikt av vilka orsakskoder som har ändrats för respektive scenario.

Tabell 1 Orsakskoder från T19 som har justerats för de olika scenarierna

| Orsakskod | Nivå | Beskrivning | GoA3 | GoA4 | GoA4 B |
|-----------|------|--|-----------|------------|------------|
| FOI 03 | 3 | Omlopp personal | | Borttagen | Borttagen |
| JDE 25 | 3 | Sent från depå - Förare sen eller saknas | Borttagen | Borttagen | Borttagen |
| JDM | 2 | Dragfordon / Motorvagn | | Responstid | Responstid |
| JFÖ | 2 | Förarpersonal | Borttagen | Borttagen | Borttagen |
| JOM | 2 | Ombordpersonal | | Borttagen | Borttagen |
| JVA | 2 | Vagn | | Responstid | Responstid |
| ODJ | 2 | Djur | | | Responstid |
| OMÄ | 2 | Människa | | | Responstid |
| OSY | 2 | Avsyn av bana/fordon | | Responstid | Responstid |
| OTÅ 04 | 3 | Otillåten stoppsignalpassage | Borttagen | Borttagen | Borttagen |

De orsakskodade förseningarna i Lupp finns enbart för merförseningar som är 3 minuter eller större. Som en känslighetsanalys har även scenarion där 1 och 2-minuters förseningar tagits med. I dessa scenarion har det antagits att fördelningen av orsakskoderna är detsamma för förseningarna på 1 och 2 minuter.

Responstider har erhållits från Ofelia-databasen för T19 som adderades till de fordonsrelaterade koderna (JDM, JVA och OSY) för GoA4-tåg samt djur- (ODJ) och människakoderna (OMÄ) i känslighetsanalysen. Databasen innehåller information om fel och åtgärder, den innehåller även tidstämplar från när ett fel ringdes in och när en person anlände till platsen för felet. Skillnaden mellan dessa två tidstämplar är responstiden. Endast responstider för tågstörande fel har använts då dessa anses vara högprioriterade. En geografisk avgränsning har gjorts till underhållsområde Syd. Totalt fanns 3 428 registrerade fel varav 2 954 hade en responstid. Responstiden var mellan 0 minuter och 85 dagar, vilka bedömdes som orealistiska värden. Ett undre och övre gränsvärde bestämdes utifrån den tragiska händelsen ”påkörd person”. Den kategorin innehöll 28 händelser i underhållsområde Syd. Den kortaste responstiden var 7 minuter och den längsta 118 minuter, vilka bedömdes som realistiska. De kvarvarande responstiderna var 2 515 med en median på 27 minuter, ett medelvärde på 32,7 minuter och en standardavvikelse på 20,1 minuter.

Fordonsfelsdata för X61 som används av Skånetrafiken har använts i projektet. Datakällan bygger på registreringar från fordonen och totalt 668 000 fel har erhållits under tidsperioden januari 2017 – juni 2019. Syftet med datakällan var att identifiera vilka typer av fel som en kräver att en människa är på plats. Varje fel har en så kallad ”remedy message”, ett meddelande som föraren får med instruktioner hur felet ska hanteras. Det finns två typer av instruktioner, ett för fordon i rörelse och ett för stillastående fordon. Totalt sett bedöms ca 6 % av felen behöva en människa för att kunna hanteras.

2.2 Transformeringsförseningsfördelningar

De förseningskoder som bedömdes behöva en fysisk person på plats har fått en responstid tillagd till den ursprungliga förseningen. Responstiden har slumpmässigt dragits från fördelningen som beskrivs i det föregående kapitlet. Den nya förseningen har ersatt den ursprungliga förseningen. De förseningskoder som bedömdes försvinna med GoA3 eller GoA4 har tagits bort och ersatts med ett 0-värde.

Tre huvudscenarier har tagits fram. Referensscenario som har oförändrade förseningsfördelningar och bygger på simuleringen från tidigare studie (Palmqvist et al, 2023). GoA3-scenario med en förändrad

förseningsfördelning där förarrelaterade förseningar har tagits bort och ersatts med ett o-värde. GoA4-scenario som bygger på GoA3-scenariot och därtill har ombordpersonalrelaterade orsaker tagits bort och ersatts med ett o-värde. Vidare har förseningsorsakerna med en responstid lagts till och ersatt den ursprungliga förseningen vilket resulterar i att antal stora förseningar har ökat.

För att bättre spegla en teknisk utveckling av fordon som är specifikt utformade för GoA4 och även nya arbetsmetoder har en känslighetsanalys genomförts av GoA4-scenariot. Känslighetsanalysen består i att en viss andel av förseningsorsakerna som kräver att en människa är på plats kan hanteras på ett annat sätt. Ett scenario där 60 % av fordonsfelen (inkl. avsyn) antogs kunna genomföras utan någon människa på plats användes.

2.3 Simulering

Simuleringen av de olika scenariona har genomförts med PROTON utifrån simuleringsförutsättningarna i PMR2-projektet (Palmqvist et al., 2023). Modellen täcker södra Sverige och förseningsfördelningen bygger på Lupp-data med tidsstämplar för alla stationer i modellen. Förseningarna har kategoriserats som ingångs-, uppehålls- och gångtidförseningar. Förseningarna har delats in på tågtyp och riktning (upp- och ned). Simuleringsförutsättningar som använts i denna studie är validerade mot empiriska data gällande punktlighet och att 35 % av förseningarna är primärförseningar. Vilket innebär att antalet förseningsregistreringar (en minut och uppåt) har minskats med 65 %.

PROTON är ett makroskopiskt simuleringsverktyg som har utvecklats av DB inom det europeiska forskningsprojektet Shift2Rail (Zinser et al., 2019). Ett makroskopiskt simuleringsverktyg använder en mer övergripande infrastruktur som genomsnittlig blocksträckslängd jämfört med ett mikroskopiskt verktyg där varje signal och spårledningsskarv är utplacerade. I en studie genomförd av Johansson et al. (2022) jämfördes PROTON med mikrosimuleringsverktyget RailSys i en simulering av tidiga godståg och i den studien var resultaten likvärdiga i jämförelse med empiriska data gällande punktlighet.

Totalt har 300 cykler simulerats för en vardag i mars.

2.4 Avgränsningar

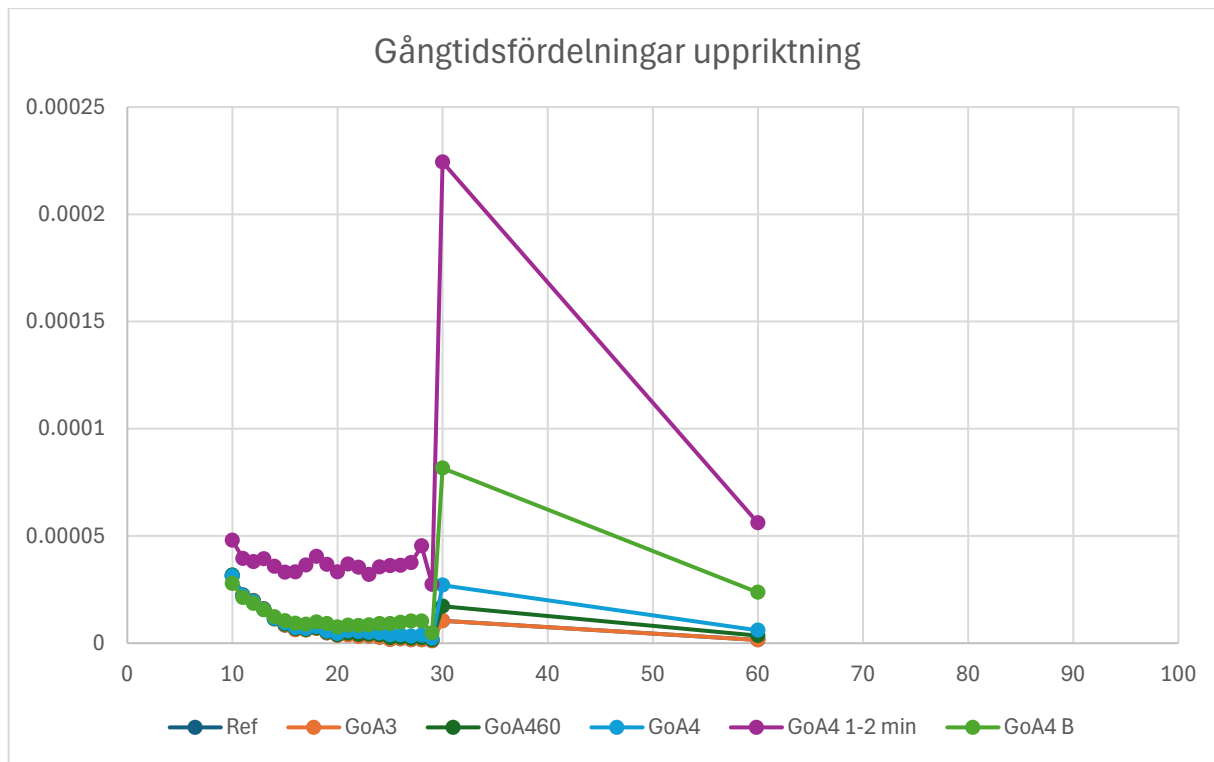
I detta projekt har endast förseningsfördelningarna justerats gällande ATO-tågen, men mer optimerad acceleration och inbromsning har möjlighet att ge förändrade gångtider och headway mellan tågen. Vidare har enbart uppehålls- och gångtidförseningarna justerats. I simuleringsprogrammet PROTON har tågen inte varit kopplade vid vändningarna, det är ett pågående arbete som dock inte har blivit klart ännu. Simuleringarna har enbart gjorts i PROTON för att kunna simulera ett stort nätverk på makroskopiskt nivå.

3 Resultat, slutsatser och vidare forskning

3.1 Förseningsfördelningar

Nya förseningsfördelningar för gångtid och uppehåll har tagits fram för pendeltågen för upp- och nedriktning. Förseningsfördelningarna är väldigt lika de ursprungliga förseningsfördelningarna. Detta beror på att det relativt sett är ett väldigt litet antal händelser som har justerats. I GoA4-scenario har 597 händelser för personal tagits bort och ersatts. 1 085 händelser för fordonsfel och avsyn har fått en tillagd responstid. Eftersom pendeltågen har en hög frekvens finns det väldigt många tidsstämplar där tågen är i tid. Därav får en justering av totalt ca 1 700 händelser ingen stor påverkan på fördelningarna. Den enda tydliga förändring kan ses för förseningar som är högre än 10 minuter där

sannolikheten har ökat i GoA4-scenarierna, se figur 2. I känslighetsanalyserna har fler förseningar lagts till och i fallet med 1-2 minuter är det 10 000-tals koder som har justerats.



Figur 2 Gångtidsförseningsfördelningar i uppriktning pendeltåg med olika scenarier

3.2 Simuleringsresultat

Simuleringsresultaten, se tabell 2 och 3, för de olika scenarierna visade på väldigt små skillnader gällande punktlighet vid slutstation för pendeltågen och knappt någon skillnad för alla tågen i nätverket. Det förklaras med att justeringarna i förseningsfördelningarna är relativt väldigt små och får därmed en begränsad effekt på punktligheten. Både RT+5 och RT+15 visar väldigt små skillnader mellan scenarierna. Medelförseningen vid slutstation för pendeltågen visar ändå ett förväntat resultat gällande relativ storlek. GoA3-scenariot har något mindre medelförsening än referensscenariot, vilket är förväntat då ett antal förseningar har tagits bort och ersatts med 0-värden. GoA4-scenarierna har högst medelförsening vilket också är väntat då fordonsrelaterade händelser har fått en längre försening. GoA4 med 60 % färre händelser har en lägre medelförsening än GoA4-scenariot och även det är väntat då antalet händelser med tillagd responstid har minskat med 60 %. Dock är skillnaderna väldigt små. En summering av förseningarna vid slutstation, se tabell 3, för pendeltågen visar detta ännu tydligare, då den totala förseningen har minskat med GoA3 jämfört med referensscenariot. I GoA4-scenarierna har den totala förseningen ökat jämfört med referensscenariot. En större skillnad erhålls i scenarierna med fler ändrade händelser som i GoA4 1-2 min och GoA4 B, vilket också är förväntat då sannolikheten för stora förseningar ökar som visas i figur 2.

Tabell 2 Simuleringsresultat för pendeltåg vid slutstation med punktlighet, medelförsening och standardavvikelse.

| | Pendeltåg | | | |
|------------------|-----------|-------|-----------|---------|
| | RT+5 | RT+15 | Medel (s) | Std (s) |
| Ref | 91.9 | 98.6 | 109.1 | 226.2 |
| GoA3 | 91.9 | 98.6 | 108.9 | 227.1 |
| GoA3 1-2 min | 91.9 | 98.6 | 108.8 | 227.6 |
| GoA4 | 91.8 | 98.4 | 112.6 | 256.9 |
| GoA4 60% | 92.0 | 98.5 | 110.6 | 245.1 |
| GoA4 1-2 min | 90.5 | 96.5 | 149.3 | 420.0 |
| GoA4 1-2 min 60% | 92.2 | 98.0 | 116.7 | 308.1 |
| GoA4 B | 91.7 | 98.1 | 122.0 | 318.3 |
| GoA4 B 60% | 91.9 | 98.4 | 114.0 | 273.0 |

Tabell 3 Simuleringsresultat för alla tåg vid slutstation med punktlighet, medelförsening och standardavvikelse.

| | Alla tåg | | | |
|------------------|----------|-------|-----------|---------|
| | RT+5 | RT+15 | Medel (s) | Std (s) |
| Ref | 90.0 | 97.9 | 77.8 | 692.5 |
| GoA3 | 90.1 | 97.9 | 77.0 | 692.8 |
| GoA3 1-2 min | 90.1 | 97.9 | 77.0 | 693.6 |
| GoA4 | 90.0 | 97.8 | 79.2 | 699.3 |
| GoA4 60% | 90.1 | 97.9 | 77.3 | 695.0 |
| GoA4 1-2 min | 89.3 | 96.8 | 99.1 | 740.7 |
| GoA4 1-2 min 60% | 90.3 | 97.6 | 79.9 | 709.9 |
| GoA4 B | 89.9 | 97.6 | 83.6 | 712.0 |
| GoA4 B 60% | 90.0 | 97.8 | 80.6 | 703.6 |

Tabell 4 visar skillnaden i total förseningstid för pendeltågen jämfört med referensscenariot. Den största ökningen av förseningstid är med GoA4 1-2 vilket är rimligt då det är scenariot med flest förseningshändelser som har fått en tillagd responstid. Skillnaderna med GoA3 och GoA3 1-2 samt GoA4 60 % är inte statistiskt signifikanta för pendeltågen.

Tabell 4 Differens i total förseningstid vid slutstation för pendeltåg jämfört med referensscenariot

| Scenario | Pendeltåg |
|--------------|--------------------|
| | Differens (timmar) |
| GoA3 | -10 |
| GoA3 1-2 | -16 |
| GoA4 | 145 |
| GoA4 60% | 62 |
| GoA4 1-2 | 1688 |
| GoA4 1-2 60% | 317 |
| GoA4 B | 540 |
| GoA4 B 60% | 206 |

3.3 Slutsatser

Slutsatserna från resultaten är att en adderad responstid för fordonsrelaterade händelser för pendeltågen inte påverkar förseningen eller punktligheten nämnvärt i en makroskopisk simulering. Detta förklaras med att antalet händelser som har justerats är relativt små och att pendeltågen har en hög frekvens vilket innebär att effekten av de tusentals händelserna som har fått en ökad försening inte blir stor. Även borttagande av de personalrelaterade förseningarna har ingen större påverkan och även det förklaras på samma sätt. I några av känslighetsanalyserna erhålls större skillnader, när även förseningar mindre än 3 minuter har tagits med och därmed har antalet händelser som fått en tillagd responstid ökat kraftigt. Det ska dock belysas att detta är den första typen av studie inom detta område och vidare studier behövs.

3.4 Vidare forskning

Denna studie var ett första steg i att kvantifiera försening och punktlighet med en hög grad av automatisering på det nationella järnvägsnätet genom att använda Lupp-koder för att justera förseningsfördelningar och simulering. Vidare forskning bör fortsätta att utreda vilken påverkan GoA4 kan ha på koderna för djur (ODJ) och människa (OMÄ), om dessa bör vara med eller inte. Även teknologisk utveckling och nya processer kommer troligtvis att ha en påverkan på antalet fordonsfel och en mer detaljerad analys av dessa aspekter kan troligtvis ge en tydligare uppskattning hur många av fordonsfelen som kan hanteras utan en person på plats. Även hur felfrekvensen för automatiserade fordon är något som bör studeras vidare, exempelvis genom informationshämtning från redan automatiserade system.

I denna studie användes data från T19 och vidare studier skulle kunna använda andra perioder för data samt även se på begränsade perioder på året, exempelvis kalla perioder. Enligt statistik från Skånetrafiken var T19 ett år med hög punktlighet och det är ytterligare en anledning att använda flera olika tidsperioder, även om fokuset i denna studie var på skillnaderna mellan referensscenario och scenarier med GoA3 och GoA4.

Framtida studier om ATO bör innefatta alla aspekter som ATO kan medföra, gällande påverkan på gångtider och headway mellan tågen. För detta bör även ett referensscenario utvecklas för att modellera hur förarvariationen ser ut. Då kan kapacitetseffekterna bedöms på ett mer realistiskt sätt. I denna studie har tågen inte kopplats samman vid vändningar och det är något som kommande studier bör ha med för att bättre fånga förseningarnas påverkan vidare i systemet.

Ytterligare aspekter som bör utredas är en påverkan som kan vara svår att kvantifiera. Det är möjligheten för lokförare att rädda liv. Vid urspårningen vid Iggesund under hösten 2023 så hade lokföraren en avgörande roll i att sänka hastigheten för det urspårade tåget till 40 km/h (SHK, 2024). Det var det föregående tågets lokförare som såg att det kraftiga regnet hade skadat banvallen och rapporterade det till trafikledningen. Trafikledningen tog därefter beslutet att sänka hastigheten till sikt fart, 40 km/h, för det urspårade tåget. Det antas att fordon med GoA4 kommer att ha avancerade sensorer men dess förmåga att upptäcka avvikelser bör studeras och jämföras med en förars förmåga. Andra aspekter är att det finns exempel på att lokförare tar hand om förvirrade personer kring spårområdet i väntan på räddningspersonal (Jansson, 2023). Dessa insatser kan vara svåra att kvantifiera men bör belysas och tas med i beaktningen vid ett beslut om en hög grad av automatisering.

4 Resultatspridning

Resultaten från projektet har spridits vid ett antal nationella och internationella forum. Arbetet har genomförts parallellt med utvecklingsarbetet med simuleringsmetoder för ATO inom Europe's Rail FP1 Motional och WP8 i rapporten D8.3. Delresultat har presenterats vid den nationella transportkonferensen STRC i Göteborg den 16 oktober 2024 med titeln *Delay distributions with driverless and unattended train operation on mainlines*. Vidare har delresultat redovisat vid Seminary about Capacity simulation of ERTMS and new digital developments på Trafikverket Solna den 21 november 2024 samt vid KAJT's Höstseminarium 2024-11-27 med titeln "Hur skulle förarlösa och obemannade tåg påverka förseningar och punktlighet? – En simuleringsstudie". Dessutom har delresultat även presenteras vid den interna minikonferensen anordnad av ITRL på KTH den 26 april 2024.

Referensgruppsmöten där metod och data har diskuterats har hållits vid fem tillfällen under 2024:

- 2024-02-06 (Startmöte)
- 2024-04-19
- 2024-06-25
- 2024-10-01
- 2024-11-29 (Slutpresentation)

Referenser

European Commission, 2023. EU Transport in Figures - Statistical Pocketbook 2023. Publications Office of the European Union.

Citroen, C.L., 2011. The role of information in strategic decisionmaking. *International Journal of Information Management* 31, 493–501. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268401211000235>, doi:10.1016/j.ijinfomgt.2011.02.005.

Djordjević, B., Fröidh, O., Krnac, E., 2023. Determinants of autonomous train operation adoption in rail freight: knowledge-based assessment with Delphi-ANP approach. *Soft Computing* URL: <https://link.springer.com/10.1007/s00500-023-07966-8>, doi:10.1007/s00500-023-07966-8.

Jansson, E., 2023. Challenges with Driverless and Unattended Train Operations. Licentiate Thesis in Transport Science.

Jansson, E., Olsson, N.O., Fröidh, O., 2023. Challenges of replacing train drivers in driverless and unattended railway mainline systems – A Swedish case study on delay logs descriptions. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 21, 100875. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2590198223001227>, doi:10.1016/j.trip.2023.100875.

Järnvägsbranschens samverkansforum (JBS)., 2022. Tillsammans för Tåg i Tid Årssammanfattning 2021. <https://bransch.trafikverket.se/ttt>

Morast, A., Voß, G.M., Dautzenberg, P.S., Urban, P., Nießen, N., 2023. A survey on the acceptance of unattended trains. *Journal of Rail Transport Planning Management* 25, 100370. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210970623000021>, doi:10.1016/j.jrtpm.2023.100370.

Palmqvist, C.W., Johansson, I., Sipilä, H., 2023. A method to separate primary and secondary train delays in past and future timetables using macroscopic simulation. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 17, 100747. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S259019822200207X>, doi:10.1016/j.trip.2022.100747.

Ramirez, R.C., Adin, N., Goya, J., Alvarado, U., Brazalez, A., Mendizabal, J., 2022. Freight Train in the Age of Self-Driving Vehicles. A Taxonomy Review. *IEEE Access* 10, 9750–9762. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9684907/>, doi:10.1109/ACCESS.2022.3144602.

Singh, P., Dulebenets, M.A., Pasha, J., Gonzalez, E.D.R.S., Lau, Y.Y., Kampmann, R., 2021. Deployment of Autonomous Trains in Rail Transportation: Current Trends and Existing Challenges. *IEEE Access* 9, 91427–91461. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9462161/>, doi:10.1109/ACCESS.2021.3091550.

Statens haverikommission (SHK)., 2024. Ursparning av resandetåg 50562 mellan Iggesund och Hudiksvall, SHK 2024:09.

Zinser, M., Betz, T., Becker, M., Geilke, M., Terschlüsen, C., Kaluza, A., Johansson, I., Warg, J., 2019. Prism: A macroscopic monte carlo railway simulation, in: *The 12th World Congress on Railway Research (WCRR)*, Tokyo, Japan, October 28-November 1 2019.