



GeSys 2025

Förstudie – simuleringsverktyg

Version 1.0

framtagen av Systemgruppen inom Kraftsamling Serviceresor
Martin Linderå Nordström, Linderå Group



SVENSK KOLLEKTIVTRAFIK

Bakgrund	4
1 Om uppdraget	5
1.1 Vision	5
1.2 Mål	5
1.2.1 Funktioner	5
1.2.2 Hårdvaru-, mjukvaru- och supportkrav	5
1.3 Värde	5
1.4 Förstudien	5
2 Begrepp	5
Simuleringsverktyget SUMO	6
3 Allmänt om SUMO	6
4 Funktioner	6
4.1 Fordonstyper och kapacitet	6
4.2 Efterfrågan	6
4.3 Resformer och tjänster	7
4.4 Affärsregler	7
4.5 Rapporter	7
4.6 Historisk, planerad och realtidssimulering	8
4.7 Kombinerade resor	8
5 Dataförsörjning	9
5.1 Vägnät	9
5.2 Adressinformation	9
5.3 Efterfrågemodell	9
5.4 Regional kollektivtrafik	10
5.5 Fordonstyper och fordonsflotta	10
Organisering	12
6 Kunskapscenter	12
7 Gemensam utveckling	12
8 Nästa steg	13
8.1 Gemensamma användningsfall	13
8.2 Forskningsansökan	13
8.2.1 Fokus	14
8.2.2 Parter	14
8.2.3 Finansiering	14

Appendix	15
9 Källförteckning	15
10 Intervjuer	16

Bakgrund

Denna tilläggsförstudie till *GeSys förstudie 1.0* har utförts på uppdrag av Simuleringsverktygsgruppen i Kraftsamling Serviceresor med det ursprungliga målet att utreda förutsättningarna för att nyttja simuleringsverktyget Predictive Movement [1] för simulering av linjelagd och anropsstyrd trafik, i syfte att optimera trafiken utifrån en modellering av efterfrågan.

I förstudiens inledningsfas genomfördes intervjuer med representanter från forskningsprojektet *RörLa* [2] som beskrev hur man vidareutvecklat den öppna källkodsplattformen Predictive Movement, som ursprungligen togs fram för att simulera samordnade godstransporter, till en digital tvilling för simulering av kollektivtrafik.

När mycket av underlaget till rapporten hade samlats in, meddelade man från *RörLa*-projektets håll att man valt att överge Predictive Movement och sin anpassning av denna till förmån för det mer väletablerade simuleringsverktyget Eclipse SUMO (Simulation of Urban MObility) [3]. Även denna plattform är baserad på öppen källkod. SUMO har utvecklats sedan 2001 och förvaltas numera som ett projekt inom Eclipse Foundation. Syftet med bytet till en bättre dokumenterad och mer väletablerad simuleringsplattform är att skapa bättre förutsättningar för uppskalning av användningen av ett simuleringsverktyg hos RKM:er och andra intressenter i Sverige.

Bytet från Predictive Movement till SUMO påverkar dock inte förstudiens slutsatser nämnvärt. I och med att SUMO till skillnad från Predictive Movement har en bred användarbas och har utvecklats under lång tid, är bytet av simuleringsverktyg snarare positivt för förutsättningarna att uppnå visionen. SUMO kräver inte en server för att fungera, utan kan installeras som en klient hos den som ska utföra simuleringar och förses med data utifrån filer. Detta förenklar för målgruppen hos RKM:er när de vill ta en simuleringslösning i drift. Detta hindrar dock inte möjligheten till mer storskalig, centraliserad försörjning av data för simulering om detta skulle gynna RKM:ers nyttjande av SUMO. Det skulle till exempel kunna handla om att tillhandahålla GTFS-data för hela Sveriges kollektivtrafik och tillförlitlig adressdata från Lantmäteriet på SUMO-format.

Förstudien baseras på intervjuer med representanter för forskningsprojektet *RörLa* och medlemmar i Simuleringsverktygsgruppen inom MERIT-nätverket. I tillägg har en analys av hur väl SUMO-plattformen svarar mot de funktioner som efterfrågas i underlaget till förstudien genomförts.

1 Om uppdraget

Detta avsnitt redogör för hur vision, mål och värde samt uppdraget beskrivs i underlaget till tilläggsförstudien.

1.1 Vision

Ett simuleringsverktyg som gör att vi kan simulera utifrån de olika hållbarhetsperspektiven, socialt, ekonomi, ekologi.

1.2 Mål

1.2.1 Funktioner

- Simulera olika fordonstyper och kapaciteter effekter på optimeringen
- Simulera förändringar i mängden resor och typer av resor och tjänster
- Simulera utifrån olika affärsregler (t.ex. förbeställningstid, servicenivåer och regelverk)
- Simulera med andras affärsregler
- Rapporter och beslutsstöd baserat på olika KPI:er (Key Performer Index)
- Kunna simulera med såväl med data som är historisk, realtid, planerad eller förväntad.

1.2.2 Hårdvaru-, mjukvaru- och supportkrav

- Föreslå utvecklingsstrategi
- Föreslå förvaltningsform

1.3 Värde

- Fungera som beslutsstöd – datadrivna beslut
 - Öka eller behålla kundnyttan med effektiviserad optimering
 - Förutse hur föreslagna förändringar t.ex. i form av utbud och regelverk påverkar utfallet, påvisa effekterna
 - Laborationsmiljö
 - Öka den samlade kunskapen om olika typer av påverkan och dess effekter

1.4 Förstudien

Simuleringsverktyg – med mobilitetsplattformen Predictive Movement – Open Source-utveckling.

Förstudien ska överväga nyttan för Serviceresor generellt och även generellt nyttan för enstaka medlem. Hur bör/kan man genomföra en gemensam utveckling när man arbetar med Open Source och hur kan det utgöra grunden i en nationell utvecklingsstrategi för integrerad trafik och kombinerad mobilitet med våra medlemmar som stommen i mobilitetsystem?

2 Begrepp

För begreppsdefinitioner, se *GeSys förstudie 1.0, avsnitt 1 Begreppslista*.

Simuleringsverktyget SUMO

3 Allmänt om SUMO

Eclipse SUMO är en trafiksimuleringssvit som är fri och utvecklas som öppen källkod. Utvecklingen inleddes 2001 av anställda vid Institutet för Transportsystem vid German Aerospace Center (DLR). SUMO möjliggör modellering av intermodala trafiksystem – inklusive vägfordon, kollektivtrafik och fotgängare. SUMO innehåller en mängd stödverktyg som automatiserar centrala uppgifter för skapande, genomförande och utvärdering av trafiksimulationer, såsom nätverksimport, ruttberäkningar, visualisering och beräkning av utsläpp. SUMO kan utökas med skräddarsydda modeller och erbjuder olika API:er för att fjärrstyra simuleringen. [4]

4 Funktioner

I detta avsnitt beskrivs hur de olika krav som ställs på ett simuleringsverktyg kan uppfyllas med hjälp av SUMO. I och med att SUMO går att styra via externa script, är möjligheterna stora att skräddarsy funktionalitet som uppfyller kraven. Sådana script utvecklas i regel i programmeringsspråket Python och är väl lämpade att släppas som öppen källkod för att kunna generaliseras och användas av alla intresserade RKM:er i Sverige.

4.1 Fordonstyper och kapacitet

Ett krav på simuleringsverktyget är att det ska gå att *”simulera olika fordonstyper och kapaciteters effekt på optimeringen”*.

SUMO har inbyggt stöd för att detaljerat beskriva olika fordonstyper och dessas kapacitet i form av antal passagerarplatser. Dock finns inte inbyggt stöd för att hantera ytterligare attribut för en plats, till exempel benutrymme, framsäte eller rullstolsplats. Sådana egenskaper är det dock möjligt att hantera genom att de läggs till i form av skräddarsydda attribut. Dessa kan man sedan ta hänsyn till i affärsregler som implementeras i externa script, som sedan används för att styra indata till simuleringen.

Bedömningen är därmed att det skulle gå att definiera fordonstyper med godtycklig detaljeringsnivå, utifrån de krav som ställs på simuleringens kvalitet.

4.2 Efterfrågan

Ett annat krav på simuleringsverktyget är att det ska kunna *”simulera förändringar i mängden resor”*.

Det går att implementera efterfrågan på resor som statisk indata till en simulering, till exempel en historik över samtliga bokningar av färdtjänstresor inom ett område under en dag eller vecka. Det är också möjligt att under simuleringens gång förändra efterfrågan via TraCI-gränssnittet, ”Traffic Control Interface” [5], på ett sätt som i princip gör det möjligt att köra simuleringen i realtid mot aktuella bokningar av resor i anropsstyrd trafik.

4.3 Resformer och tjänster

Det finns också ett uttryckt krav om att kunna *"simulera förändringar i ... typer av resformer och tjänster"*.

SUMO är i grunden byggt för att simulera olika resformer, allt från privatbilism och fotgängartrafik till kollektivtrafik.

Simulering av de olika detaljerade resformer och tjänster som en RKM erbjuder, t.ex. tåg, anropsstyrd linje, Närtrafik, färdtjänst, sjukresa, kombinerad resa, m.m. kräver utveckling av externa script för att skapa en tillräckligt exakt modell av dessa. Detta är dock fullt möjligt i SUMO.

Som exempel kan en Flexlinje i Göteborg implementeras som en linje med en starthållplats och en sluthållplats som inleder och avslutar en trafikeringssperiod. Även mellanliggande stopp kan fördefinieras om det finns sådana i planeringen för aktuell Flexlinje. Den simulerade rutten kan sedan genereras i realtid, genom att nya beställningar på mötesplatser och/eller adresser läggs till och planeras in längs fordonets rutt under simuleringens gång. Dessa förändringar görs med hjälp av TraCI [5], som möjliggör realtidsförändringar av en simulering. För att uppnå en väldigt exakt simulering behöver också underliggande nät, t.ex. gångvägnät för att beräkna gångsträckor från resans start till mötesplatsen som Flexlinjen avgår från respektive slutmötesplats till resans destination.

4.4 Affärsregler

Ännu ett krav som ställs på ett simuleringsverktyg är att den ska kunna *"simulera utifrån olika affärsregler (t.ex. förbeställningstid, servicenivåer och regelverk)"*.

SUMO i grundutförande fokuserar på trafikdynamik och transportflöden snarare än affärslogik. Det finns därför inte standardfunktioner för att hantera förbeställningstider, servicenivåer eller andra regelverk som förknippas med anropsstyrd kollektivtrafik.

Det är möjligt att externt definiera affärsregler, som sedan kan påverka simuleringen i realtid. För att fullt ut modellera ett specifikt planeringssystem för anropsstyrd trafik krävs dock implementation av många och detaljerade affärsregler. En tänkbar väg framåt är att indata till en digital tvilling, som tar hänsyn till faktiska affärsregler i en verklig implementation, utvecklas i samarbete mellan en RKM och dess leverantör av planeringssystem. En annan väg är att ta fram en förenklad, generaliserad modell av anropsstyrd områdestrafik som underlag för simuleringen.

4.5 Rapporter

En lösning ska vidare kunna skapa *"rapporter och beslutsstöd baserat [på] olika KPI:er (Key Performer Index)"*.

SUMO skapar en rad filer som utdata som går att använda som underlag för vidare analys. Det finns dock inte något inbyggt rapportverktyg i SUMO som kan presentera KPI:er eller beslutsstöd. För det krävs bearbetning av utdata med hjälp av externa verktyg för att skapa mer sofistikerade rapporter.

4.6 Historisk, planerad och realtidssimulering

Ytterligare ett krav på ett simuleringsverktyg är att kunna *”simulera med såväl med data som är historisk, realtid, planerad eller förväntad”*.

Indata till SUMO kan vara historisk, planerad eller förväntad efterfrågan på resor. Genom TraCI [5] kan också värden hämtas eller förändras i en pågående simulering. Därmed är det möjligt att skapa en digital tvilling som simulerar trafik utifrån både historiska, realtidsuppdaterade eller framtidsscenarion för bokningar av anropsstyrd trafik.

4.7 Kombinerade resor

Ett viktigt krav på ett simuleringsverktyg är att det ska kunna jämföra olika scenarion, för att kunna förutse hur föreslagna förändringar, till exempel i form av utbud och regelverk, påverkar utfallet samt påvisa effekten av förändringen. Konkret vill man bland annat kunna jämföra effektiviteten av ett givet tidtabells- och linjelagt trafikutbud med anropsstyrda eller kombinerade resformer.

Med SUMO blir det möjligt att skapa separata simuleringar med olika konfigurationer för varje scenario, där det ena till exempel representerar en busslinje med en viss efterfrågan och det andra använder ett eller flera anropsstyrda fordon för att möta samma efterfrågan. Utifrån dessa scenarion kan man sedan extrahera och analysera nyckeltal såsom restider, väntetider, kapacitetsutnyttjande, drivmedelsförbrukning, utsläpp med mera. Detta gör det möjligt att utvärdera vilken lösning som är mer effektiv under givna förutsättningar. Vid behov kan även externa verktyg användas för att komplettera, bearbeta och visualisera resultaten på ett mer detaljerat sätt.

5 Dataförsörjning

Detta avsnitt beskriver de datamängder som krävs vid simulering av kollektivtrafik i SUMO. Med reservation för att fler datamängder krävs, avhängigt vilka användningsfall som

5.1 Vägnät

Vid simulering med hjälp av SUMO hämtas ofta den grunddata som används för bakgrundskartan och de vägnät som simuleringen utförs i från OpenStreetMap. Plattformen erbjuder dock via funktionen *netconvert* [6] möjlighet att importera vägnät från andra källor. Den har stöd för import av en mängd olika format, däribland Shape-filer som är ett standardformat i GIS-sammanhang.

NVDB (nationell vägdatabas) är en databas över det svenska vägnätet med Trafikverket som huvudman. I detta sammanhang skulle NVDB vara en tillförlitlig källa till vägnät att utföra simuleringar mot. Dock saknas stöd för direkt import av data från NVDB till SUMO, utan en process för import av data behöver utvecklas. Exempelvis skulle en sådan process kunna använda möjligheten att konvertera NVDB-data till Shape och sedan utifrån Shape-data importera vägnätet till SUMO med hjälp av *netconvert*. Möjligen skulle det också krävas viss mellanliggande bearbetning för att all relevant information i NVDB ska kunna samlas i ett och samma nät i SUMO.

För vissa användningsfall är sannolikt OpenStreetMap en tillräckligt noggrann datakälla. Ett möjligt tillvägagångssätt är därför att först utforma en simulering med data från OpenStreetMap som grund och sedan utvärdera resultatet och om avvikelser i nätverket skapar orimliga vägval i simuleringen. Först i detta skede kan ett verktyg för import av NVDB-data i SUMO utvecklas.

SUMO erbjuder också via verktyget *netgenerate* [7] möjlighet att skapa abstrakta vägnät, som slumpas fram. Dessa kan användas till exempel för att mer teoretiskt jämföra olika trafikeringstyper utifrån förutbestämda kriterier för vägnät och efterfrågan.

5.2 Adressinformation

Utöver vägnät krävs tillgång till ett koordinatsatt adressregister. Det går att hämta denna information via OpenStreetMap, men en mer kvalitetssäkrad datamängd skulle kunna importeras från Lantmäteriets Geodataportal. Belägenhetsadresser på vektorformat kan laddas ner kostnadsfritt därifrån.

5.3 Efterfrågemodell

För den enklaste formen av simulering kan en efterfrågemodell slumpas fram, till exempel genom att definiera ett antal vanliga resmål, till exempel knutpunkter, större arbetsplatser eller institutioner och skapa resor mellan dessa och slumpvis utvalda adresser inom en region. På så sätt kan till exempel arbetspendling simuleras. Viktigt är också att simulera varierande efterfrågan över tid, eftersom en avgörande faktor är hur stort resandet är vid trafiktoppar.

Efterfrågan kan också modelleras utifrån mobiltelefondata från operatörer, där aggregerad information om rörelsemönster kan utgöra ett underlag. Även data om

sökningar i reseplanerare skulle kunna användas för att skapa någon form av uppfattning om resande. En sökning på en viss kombination av start och destination kan då utgöra en efterfrågad resa. Viss vägledning om när resan ska utföras kan fås utifrån vilken tid sökningen genomförs (sökning efter resor "nu"), eller då användaren matat in specifika önskemål om avgångs- eller ankomsttid.

Vidare kan en slumpvis skapad efterfrågemodell kan nyttjas för att mer teoretiskt mäta effekter av valet av olika resformer och kombinationer av resande. En sådan kan förfinas genom att den baseras på statistisk information om resande i olika transportslag (bil, kollektivtrafik, gång, cykel, etc.). Resandet kan också modelleras utifrån varierande resande över tid – dygnet, veckan etc.

Som underlag för simulering av alternativa sätt att möta en konkret, befintlig efterfrågan skulle konkreta bokningar av anropsstyrd trafik under en given tidsperiod kunna användas. Om simuleringen också ska inkludera resandeunderlaget i den regionala kollektivtrafiken, där bokning ej sker, behöver någon form av resandestatistik användas som underlag. Utifrån detta kan fiktiva resor som svarar mot den uppmätta belägningsgraden i den regionala kollektivtrafikens fordon skapas och användas vid simuleringen.

5.4 Regional kollektivtrafik

För att modellera regional kollektivtrafik i SUMO är det möjligt att använda data från OpenStreetMap, om sådan finns. Det finns dock ett verktyg – *gtfs2pt* (källa <https://sumo.dlr.de/docs/Tutorials/GTFS.html>) – för att importera kollektivtrafikdata på GTFS-format (General Transit Feed Specification) som underlag till en simulering. I och med att det på trafiklab.se finns samlad information om både tidtabellslagd kollektivtrafik för hela Sverige och realtidsdata för delar av denna trafik skulle det gå att sätta upp en datakonverteringsprocess, som kan försörja en simulering med denna data som möjliggör simulering både i realtid och utifrån historisk/prognosticerad efterfrågan. För simulering i realtid kan efterfrågan uppdateras under pågående simulering med hjälp av TraCI. [5]

5.5 Fordonstyper och fordonsflotta

För att försörja en simulering med data om olika fordonstyper krävs att tillgängliga fordonstyper definieras som Vehicle Types i SUMO. Det finns en indelning i etablerade fordonstyper som används av olika RKM:er, som skulle kunna ligga till grund för Vehicle Type-definitioner. Nedan ett exempel på de fordonstyper som används hos Västtrafik.

Fordonskarta Buss

Version 4.0 2017-02-01



City	 City Minibuss Klass A Låggolv Totalkapacitet 15 passagerare	 City Småbuss Klass 1 Låggolv Totalkapacitet 35 passagerare	 City Normalbuss Klass 1 Låggolv Totalkapacitet 55 passagerare	 City Boggibuss Klass 1 Låggolv Totalkapacitet 75 passagerare
	 City Tvåvåningsbuss Klass 1 Låggolv Totalkapacitet 80 passagerare	 City Ledbuss Klass 1 Låggolv Totalkapacitet 90 passagerare	 City Förlängd ledbuss Klass 1 Låggolv Totalkapacitet 110 passagerare	 City Dubbelledbuss Klass 1 Låggolv Totalkapacitet 120 passagerare
City Express	 City Boggibuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 45	 City Tvåvåningsbuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 75	 City Ledbuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 55	 City Förlängd ledbuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 65
	 Landsbygd Minibuss Klass B Låggolv Antal sittplatser: ca 15	 Landsbygd Småbuss Klass B Låggolv Antal sittplatser: ca 20	 Landsbygd Småbuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 20	 Landsbygd Normalbuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 40
Landsbygd	 Landsbygd Boggibuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 50	 Landsbygd Tvåvåningsbuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 85	 Landsbygd Ledbuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 60	
	 Landsbygd Boggibuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 50	 Landsbygd Tvåvåningsbuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 85	 Landsbygd Ledbuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 60	
Komfort	 Komfort Boggibuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 50	 Komfort Tvåvåningsbuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 85	 Komfort Boggibuss Klass 2 Höggolv Antal sittplatser: ca 55	Definition av "ca NN" är +/-10% för fordonstyper med färre än 40 sittplatser och +/-5% för fordonstyper med 40 sittplatser eller fler. För trafikgrupp City beräknas fordonens totalkapacitet, för övriga trafikgrupper beräknas sättskapacitet
	 Komfort Boggibuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 50	 Komfort Tvåvåningsbuss Klass 2 Låggolv Antal sittplatser: ca 85	 Komfort Boggibuss Klass 2 Höggolv Antal sittplatser: ca 55	

För att få mer exakt data om specifika fordonsindivider, t.ex. vid realtidssimulering, skulle det vara möjligt att hämta sådan information från fordonsdatabasen FRIDA och/eller fordonsregistret hos Transportstyrelsen.

Vid simulering utifrån aktuell fordonsflotta, såväl i den regionala kollektivtrafiken som i anropsstyrd trafik, skulle denna behöva genereras utifrån den fordonsflotta som har upphandlats i befintliga trafikavtal. En simulering kan också utformas så att alternativa fordonsflottor definieras för att modellera olika scenarion och sedan jämföra hur dessa påverkar resenärernas restid, väntetid, med mera.

Organisering

6 Kunskapscenter

Simulering av kollektivtrafik i allmänhet, och kombinerat resande i synnerhet, är ett komplext område som kräver samverkan och kunskapsbyggande för att kunna bidra med värde såväl hos enskilda RKM:er som i ett nationellt kontext. För simulering av resor som sker över regionsgränser krävs gemensamma definitioner och dataförsörjning på gemensamt format.

För att kunna uppnå detta föreslås att ett kunskapscenter kring simulering byggs upp inom ramen för Svensk Kollektivtrafiks verksamhet. Huvuduppgiften för ett kunskapscenter är att samla intressenter hos Svensk Kollektivtrafiks medlemmar och säkerställa att gemensam kunskap och gemensamma processer och lösningar förvaltas över tid. Denna kontinuitet kan Svensk Kollektivtrafik bidra med, genom att man säkerställer koordinering, facilitering och kompetensbyggande i den egna organisationen.

Till ett kunskapscenter kan också, utöver RKM:er och andra beställarorganisationer, även forskningsparter och relevanta systemleverantörer knytas.

7 Gemensam utveckling

I och med att en förmåga att utveckla trafiken med hjälp av simulering bygger på användning av IT-verktyg som SUMO, krävs också kompetens att utveckla och förvalta stödbibliotek, gemensam dataförsörjning, m.m.

En samverkan kring gemensam utveckling kan organiseras under samma paraply som övrig gemensam utveckling av öppna källkodslösningar för branschen, så som den beskrivs i *GeSys Förstudie 1.0*. Till skillnad från en framtida resepersonalapp och serviceresefordonsplattform är SUMO-plattformen i sig en redan etablerad öppen källkodslösning. Dock skulle beställare (RKM:er), systemleverantörer och andra aktörer i branschen kunna utveckla gemensamma stödbibliotek kring SUMO som öppen källkod, för att tillhandahålla till exempel:

- uppdaterade importers av tidtabeller och linjesträckningar utifrån GTFS,
- fordonskonfigurationer utifrån standardfordonstyper,
- import av fordonsflotta utifrån data i fordonsdatabasen FRIDA,
- möjlighet att modellera olika affärsregler för anropsstyrd trafik, t.ex. effekten av olika förbeställningstid, servicenivåer eller förändringar i andra regelverk,
- kopplingar mot befintliga planerings- och trafikledningssystem, för att applicera affärsregler och bokningsinformation i dessa på en simulering av trafik som utför bokningarna i en digital tvilling.

Precis som för de öppna källkodslösningar som beskrivs i *GeSys Förstudie 1.0* krävs att det utformas en governancemodell för förvaltning av de stödbibliotek som utvecklas för SUMO. Även här förordas att Samtrafiken ansvarar för att förvalta den öppna källkoden. Utveckling av lösningarna kan ske inom ramen för forskningsprojekt och/eller andra projekt hos deltagande RKM:er som samordnas av Svensk Kollektivtrafik i det gemensamma kunskapscentret.

Om det blir aktuellt att drifta löpande uppdaterade dataset för användning som indata vid simuleringar med SUMO skulle sådana kunna tillhandahållas via Trafiklab.

8 Nästa steg

8.1 Gemensamma användningsfall

Ett första steg, som skulle kunna tas av den befintliga Simuleringsverktygsgruppen inom Kraftsamling Serviceresor, är att enas kring några enkla användningsfall för simulering som skapar konkret nytta. Dessa kan sedan utgöra en startpunkt för eventuella forskningsansökningar och/eller ett gemensamt utvecklingsarbete enligt den principdrivna genomförandeprocess som beskrivs i *GeSys Förstudie 1.0*.

Här följer några exempel på användningsfall, som input till ett sådant arbete:

- Utveckla ett strategiskt planeringsverktyg för som underlag för upphandling av fordonstyper och tjänster. Data för uppföljning av utfall skulle kunna vara en pusselbit för att på sikt vidareutveckla och förfina modellen.
- Simulera optimerad användning av befintlig fordonsflotta, för att kunna erbjuda mer trafik inom samma ekonomiska ramar. Underlag för upphandling.
- Simulera väntetider baserat på olika antal fordon.
- Simulera potentiellt impopulära lösningar, till exempel färre fordon i ett område för att se vad det ger för konsekvenser för resenärerna. Som alternativ till att testa skarpt och riskera att orsaka stort missnöje.
- Simulera alternativa fordonsslag för att hantera stående bokningar, till exempel resor mellan hemmet och en daglig verksamhet.
- Simulera samordning av transporter, till exempel att färdtjänst, skolskjuts, personalresor vid sjukvård i hemmet, etc. delar fordon.
- Använd simulering som underlag för prissättning och differentierad prissättning.
- Simulera avvikelser som kriser, driftsstörningar, många sjuka förare, etc. som underlag för bättre beredskap och krishantering.
- Variera planeringsparametrar som förbokningstid, omvägstid etc. och simulera hur detta påverkar resenärer.
- Använd simulering som underlag för placering av laddstationer.

Ett sådant arbete med att definiera användningsfall skulle kunna inledas redan under 2025, för att det tidigt ska finnas som underlag för kommande forskningsansökningar.

8.2 Forskningsansökan

Ett tidigt steg i arbetet med att etablera ett brett använt simuleringsverktyg för strategisk planering av kollektivtrafik inom Sverige skulle kunna vara att genomföra ett gemensamt forskningsprojekt, som bygger vidare på resultaten i det pågående *RörLa*-projektet [2]. Syftet skulle kunna vara att paketera ett simuleringsverktyg som tillhandahålls via det ovan beskrivna kunskapscentret för att enkelt kunna tas i bruk av RKM:er och större kommuner i Sverige.

8.2.1 Fokus

Ett konkret fokus i ett forskningsprojekt skulle kunna vara att analysera besparingen som följer om man kan genomföra långa sjukresor som kombinerade resor. Relevant kollektivtrafikutbud hos deltagande RKM:er läses in och kombinerade resor skapas utifrån till exempel historisk efterfrågan på regionsöverskridande sjukresor. Målsättningen är att projektresultatet ska ge ett underlag som konkret kan visa på den ekonomiska besparingspotential som kombinerade resor medför. Ett sådant underlag kan i sin tur möjliggöra ett större gemensamt implementationsprojekt inom ramen för kunskapscentrets verksamhet.

Ett alternativt, lite snävare, fokus skulle kunna vara att definiera fordonstyper utifrån en gemensam standard som grundar sig den indelning i fordonstyper som tillämpas hos RKM:er idag. Dessa fordonstyper kan sedan användas vid simuleringar i SUMO.

8.2.2 Parter

Svensk Kollektivtrafik, som tänkt huvudman för ett kunskapscenter, skulle kunna agera projektkoordinator i forskningsprojektet.

Ett antal RKM:er och större kommuner, till exempel Västtrafik, Göteborgs stad och Trafikförvaltningen Region Stockholm skulle kunna delta som behovsägare.

Som forskningspart skulle de som arbetar med *RörLa* [2] på Luleå Tekniska Universitet vara ett naturligt alternativ. Även projektet *Policylab för kollektivtrafik on-demand* inom K2 skulle kunna knytas till ett initiativ.

Utöver dessa parter skulle projektet behöva tillföras kompetens inom projektledning av praktisk systemutveckling, gemensam utveckling av öppen källkodslösningar och specialistkompetens kring planeringssystem, för att kunna skapa realistiska simuleringar.

Det skulle också vara en möjlighet att involvera befintliga leverantörer av planerings- eller trafikledningssystem, för att ta fram lösningar som nyttjar det skarpa affärsregelverket i dessa system som underlag för en simulering av trafiken, baserad på olika scenarion för den fordonsflotta som ska serva resandet. Man skulle då också kunna variera planeringsparametrarna för att även simulera hur detta påverkar trafiken.

8.2.3 Finansiering

Inom *ShiftSweden* [8] pågår för närvarande en första utlysning. I en framtida utlysning skulle en ansökan kunna höra hemma inom omställningslabbet "Breddad roll för kollektivtrafiken".

Appendix

9 Källförteckning

- [1] Predictive Movement, "Predictive Movement - En samverkansplats för transporter av människor och gods med hjälp av artificiell intelligens," [Online]. Available: <https://predictivemovement.se>. [Använd 10 April 2025].
- [2] Luleå tekniska universitet, "RörLa - Rörliga Landsbygder," [Online]. Available: <https://www.ltu.se/forskning/centrumbildningar-och-samarbeten/centrum-for-distansoverbryggande-teknik/vara-projekt/projektarkiv/2024-02-16-rorla---rorliga-landsbygder>. [Använd 10 April 2025].
- [3] Eclipse Foundation, "SUMO - Simulation of Urban MObility," [Online]. Available: <https://eclipse.dev/sumo/>. [Använd 10 April 2025].
- [4] Eclipse Foundation, "About Eclipse SUMO," [Online]. Available: <https://eclipse.dev/sumo/about/>. [Använd 10 April 2025].
- [5] Eclipse Foundation, "SUMO - TraCI - Traffic Control Interface," [Online]. Available: <https://sumo.dlr.de/docs/TraCI.html>. [Använd 10 April 2025].
- [6] Eclipse Foundation, "SUMO - netconvert," [Online]. Available: <https://sumo.dlr.de/docs/netconvert.html>. [Använd 10 April 2025].
- [7] Eclipse Foundation, "SUMO - netgenerate," [Online]. Available: <https://sumo.dlr.de/docs/netgenerate.html>. [Använd 10 April 2025].
- [8] ShiftSweden, "ShiftSweden - framtidens mobilitet och samhällsbyggande," 11 November 2024. [Online]. Available: <https://www.shiftsweden.se>.

10 Intervjuer

Följande intervjuer och möten har genomförts under förstudiearbetet:

2024-12-12 Intervju med RörLa-projektet. Deltagare: Johanna Lindberg, Luleå tekniska universitet (LTU); András Bota, LTU; Zeyad Haroun, LTU; Peter Karlsson, Länstrafiken Norrbotten

2024-12-16 Intervju med Simuleringsverktygsgruppen inom Kraftsamling Serviceresor. Deltagare: Peter Karlsson, Länstrafiken Norrbotten; Bibbi Berglund, Malmö stad – Servicereseenheten; Kristofer Ragnebro, Region Sörmland; Carlos Oliveira, Region Stockholm – Trafikförvaltningen; Richard Petersson, Region Stockholm – Trafikförvaltningen

2025-01-10 Intervju med Zeyad Haroun, LTU om den digitala tvillingen som bygger på Predictive Movement.

2025-01-10 Intervju med Johanna Lindberg om RörLa-projektet generellt.

2025-03-14 Möte med Zeyad Haroun, LTU som informerade om att RörLa-projektet bytt från Predictive Movement till simuleringsplattformen SUMO.

Svensk Kollektivtrafik är branschorganisation för regionala kollektivtrafikmyndigheter och länstrafikbolag. Våra medlemmar erbjuder lokal och regional kollektivtrafik med buss, tåg, spårvagn, tunnelbana och båt i Sverige. Svenska folket gör årligen 1,6 miljarder resor med våra medlemmars trafik. Det motsvarar 96 procent av landets busstrafik och 62 procent av landets tågtrafik.



SVENSKKOLLEKTIVTRAFIK