



# Forskningsprogram Kapacitet i järnvägstrafiken – KAJT

## Årsrapport 2023

Mars 2024



## 1. Beslut och avtal

Forskningsprogram Kapacitet i järnvägstrafiken – KAJT – är ett forskningssamarbete inom järnvägsbranschen som startades 1 januari 2013. År 2023 är det elfte verksamhetsåret, och avsikten är att KAJT ska fortsätta verka till 31 december 2032. Under 2022 förlängdes överenskommelsen kring KAJT för en period om 5 år, fr.o.m. den 1 januari 2023 t.o.m. den 31 december 2027. Avsikten Parterna emellan är att överenskommelsen sedan ska förlängas med ytterligare 5 år.

Verksamheten baseras på ett avtal mellan parterna Trafikverket, Blekinge Tekniska Högskola (BTH), KTH, Linköpings universitet (LiU), Lunds universitet (LU), RISE Research Institutes of Sweden (RISE), Uppsala universitet (UU) och Statens väg- och trafikforskningsinstitut (VTI).

Avtal för verksamhetens fjärde etapp (1 januari 2023 – 31 december 2027) tecknades under 2022. Avtalet reglerar bl.a. parternas åtaganden när det gäller bidrag i form av naturinsatser och kontanta medel. Enligt avtalet ska KAJT redovisa årsrapporter till Trafikverket, där detta utgör årsrapport för forskningsprogrammets elfte verksamhetsår (1 januari - 31 december 2023).

Under 2016 tecknades också ett långsiktigt samverkansavtal mellan Trafikverket och KAJTs akademiska parter. Samverkansavtalet ligger till grund för samverkan mellan Trafikverket och KAJTs parter inom EU-programmet Shift2Rail och Europe's Rail och har giltighetstid 2015-2025.

Från och med 2021 samordnas två Excellensområden (7 och 9) via KAJT. I dessa Excellensområden medverkar lärosätena LiU, LU, KTH, BTH, UU.

## 2. Organisation och bemanning

Enligt avtal ska en styrelse ansvara för forskningsprogrammets verksamhet. Under 2023 har styrelsen bestått av följande personer:

Ordinarie ledamöter:

Johanna Dillén	Trafikverket (ordf)
Åke Lundberg	Trafikverket
Mats Berlin	Trafikverket
Karin Nordner	Trafikverket (t.f. för Mats Berlin)
Jan Lundgren	LiU
Mattias Dahl	BTH
Oskar Fröidh	KTH
Lena Hiselius	LU
Martin Aronsson	RISE
Anders Arweström Jansson	UU
Sofia Lundberg	VTI

Under verksamhetsåret 2023 har styrelsen haft fyra sammanträden (den 9 mars, 30 maj, 19 september och 27 november).

Forskningsprogrammets verksamhet leddes av programkoordinator Martin Joborn, RISE och LiU, medan Trafikverkets kontaktperson och koordinator har varit Magnus Wahlborg.

I KAJT finns också ett *programråd*, som främst ansvarar för beredning av projektförslag och forskningsprogram. Förutom programkoordinatören och Trafikverkets koordinator har programrådet under verksamhetsåret bestått av Anders Peterson, LiU, Mattias Dahl, BTH, Hans Sipilä, KTH, Sara Gestrelus, RISE, Jessica Lindblom, UU, Tomas Lidén, VTI och Carl-William Palmqvist, LU, Göran Styhr, Trafikverket.

Projektidéer har uppkommit på initiativ från såväl Trafikverket som från forskare via programrådet. Den huvudsakliga ansökningsperioden för större projekt var februari-mars. Mindre projekt och förstudier, främst på initiativ av Trafikverket, kan initieras löpande under året. Projektförslag har i viss mån samordnats i programrådet, förslagen utvärderas och prioriteras av Trafikverkets utvärderingsgrupp, varefter godkännande av KAJT-projekt fattas av styrelsen. Slutligt godkännande av projektstart fattas av projektfinansiär.

Under året har 59 medarbetare finansierats helt eller delvis av forskningsprogrammets medel (se Bilaga 1).

### 3. Verksamhet

#### Vision och Programförklaring

*KAJTs vision är ett framtida järnvägssystem med maximal kapacitet och punktlighet. KAJTs bidrag till denna vision är excellent forskning i samverkan.*

Verksamheten bedrivs i enlighet med *KAJT Programförklaring*:

*KAJT ska:*

- *Bedriva forskning rörande järnvägskapacitet som håller hög internationell klass och som syns i de viktigaste tidskrifterna och konferenserna.*
- *Förse branschen med kompetens genom utbildning av personer med doktors- eller licentiatexamen och medverka till att skapa en attraktiv miljö där dessa personer kan fortsätta verka.*
- *Bidra med kunskap, koncept, metoder och verktyg som branschen kan vidareförädla och implementera.*
- *Vara en efterfrågad part i internationella och nationella projekt och ett nav för KAJT-relaterade frågeställningar i Sveriges järnvägsbransch.*
- *Vara en mötesplats för problemägare och forskare och ha en aktiv interaktion med FoI-beställare, FoI-utförare och övrig järnvägsbransch.*
- *Arbeta med frågeställningar som är aktuella, väldefinierade och branschrelevanta med tydlig nytta för intressenterna.*

## Forskningsområde

KAJTs forskningsprogram<sup>1</sup> består av tre (delvis överlappande) huvudkomponenter: Internationell samverkan, Shift2Rail och Europe's Rail, Kärnområden och Breddningsområden, vilket illustreras i Figur 1.



Figur 1: KAJT Forskningsprogram

*Kärnområden* definierar forskningsprogrammets primära forskningsområde. Inom kärnområdet är det parterna i KAJT som är Sveriges primära forskningsutövare. Deltagarna i forskningsprogrammet har tillsammans ledande kompetens för att bedriva forskning inom området. KAJTs tre kärnområden är:

- Strategisk kapacitetsplanering
- Taktisk kapacitetsplanering
- Operativ kapacitetsplanering

Inom kärnområdena ska forskningsprogrammet utveckla metoder och processer, tillämpliga på forskningsprogrammets intressenter. Forskningen inom kärnområdena beskrivs närmare av KAJTs forskningsprogram, som fastställs av KAJTs styrelse.

<sup>1</sup> Notera att KAJT Forskningsprogram ”spänner upp” KAJTs forskningsfält och inte i sig är en prioritering av områden inom programmet. Inför varje års projektiniteringsprocess redovisar Trafikverket årets prioriterade områden för nya projektansökningar.

*Breddningsområden* är forskningsområden som är komplement till kärnområdena. Breddningsområdena förändras mer dynamiskt än kärnområdena, som avses ligga fast. Breddningsområden kan tillkomma och försvinna då behov förändras. Dessa fastställs av KAJTs styrelse. Vissa breddningsområden kan ha stor forskningsaktivitet, medan andra har mindre. Forskningsprogrammet uppdaterades under 2019 och innehåller efter förändring följande breddningsområden:

- Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan
- Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet
- Planering av transportnätverk, fordon och personal
- Underhåll och trafik
- Människan, digitalisering och automation
- Trafikinformation och störningshantering
- Signal- och trafikstyrningssystem
- Uppföljning och återkoppling

Breddningsområdena beskrivs närmare i KAJTs forskningsprogram.

*Internationell samverkan, Shift2Rail och Europe's Rail* är en övergripande komponent i forskningsprogrammet för att synliggöra att KAJT är internationellt aktiva. Forskningen som bedrivs i de internationella projekten och Europe's Rail-projekten ansluter till forskningsprogrammets kärnområden eller breddningsområden. (Mer information om Europe's Rail nedan.)

I *KAJT Projektkatalog* (version 2024-03-31) sammanställs KAJTs pågående och avslutade projekt. Projekten sammanställs även i Bilaga 2.

## **Verksamhetsupplägg**

Forskningsprogrammets verksamhet bedrivs huvudsakligen i projektform. Typiskt för ett projekt är att det avser en avgränsad frågeställning, har en viss förväntad "leverans" (t.ex. en rapport, vetenskaplig artikel eller demonstrator) och är avgränsat i tid och resursomfattning. Strävan är att skapa synergier mellan de olika parterna i forskningsprogrammet genom gemensamma projekt, och därigenom skapa en miljö som är mer än summan av dess delar.

Bilaga 2 innehåller en förteckning över vilka projekt som finansierats inom KAJT under 2023. Beloppen i kolumnerna avser budgeterade belopp i kkr enligt respektive beslut om projektstart. Förteckningen rymmer projekt av olika karaktär, allt från grundläggande forskning till översiktliga förstudier.

KAJT verkar för att sprida resultat och information genom att arrangera konferenssessioner och seminariedagar. En viktig del av KAJTs verksamhet är också att skapa gemensamma aktiviteter för att både vidareutveckla kontakterna och sprida information inom KAJT, inte minst eftersom KAJT-parterna är geografiskt utspridda över Sverige.

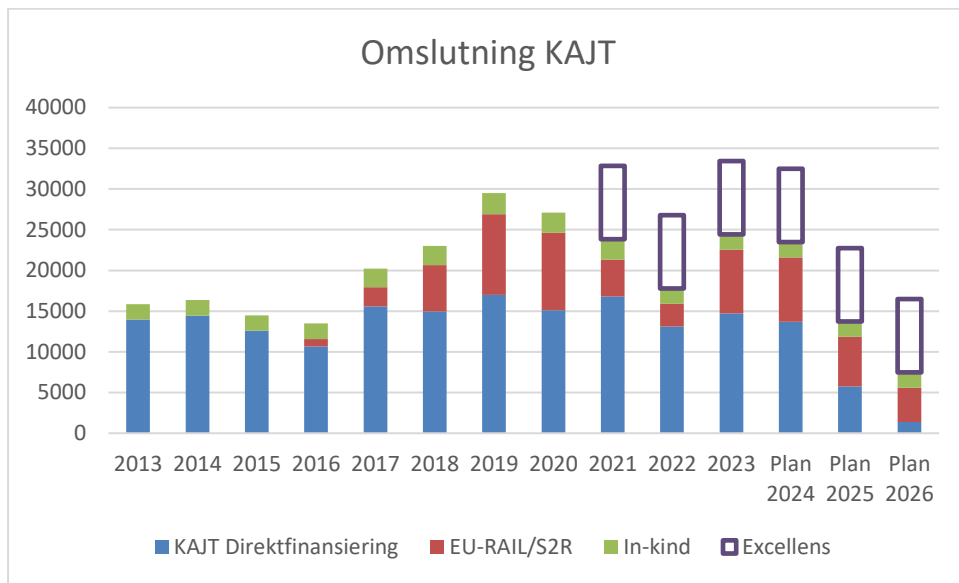
## 4. Ekonomi

I Tabell 1 anges de totala intäkterna och kostnaderna för KAJT under 2023. Mer detaljer kring Excellensområdets ekonomi görs i separat redovisning.

<b>Intäkter</b>			
	<b>Kontant</b>	<b>Natura</b>	<b>Total</b>
Trafikverket direktfinansiering	14724		<b>14724</b>
Trafikverket - Shift2Rail/EU-RAIL	4146		<b>4146</b>
EU - Shift2Rail/EU-RAIL	3677		<b>3677</b>
Trafikverket koordinering	750	500	<b>1250</b>
Trafikverket KAJT-konto	100		<b>100</b>
Excellensområden	9000		<b>9000</b>
LiU		200	<b>200</b>
RISE		200	<b>200</b>
BTH		200	<b>200</b>
KTH		200	<b>200</b>
UU		200	<b>200</b>
VTI		200	<b>200</b>
LU		200	<b>200</b>
Övriga finansiärer	0		<b>0</b>
EU - ej Shift2Rail	0		<b>0</b>
Inkommande KAJT-konto-överskott	0		<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>32397</b>	<b>1900</b>	<b>34297</b>
<b>Kostnader</b>			
Koordinator och kansli	750		750
TrV-koordinator		500	500
Ingående projekt 2023-01-01	11922		11922
EU-RAIL projekt	7823		
Nystarter 2023	2802		2802
Nystarter 2024	0		0
Excellensområde 7	5000		5000
Excellensområde 9	4000		4000
KAJT-konto	78		78
Utgående KAJT-konto-överskott	22		22
Övriga naturainsatser		1400	1400
<b>Total</b>	<b>32397</b>	<b>1900</b>	<b>34297</b>

Tabell 1: KAJT omslutning 2023

I diagrammet nedan illustreras utvecklingen av KAJTs årliga omslutning samt fördelning mellan in-kind-jobb, Shift2Rail-projekt och direktfinansierade projekt. Omslutningsplan för 2024-2026 inkluderar endast avtalade medel, men även medel från Excellensområden.



Figur 2: Utveckling av KAJT-omslutning uppdelat på olika finansieringslag. Notera att siffor för 2024-2026 inkluderar endast i dagsläget avtalade medel.

I Tabell 2 och Tabell 3 nedan redovisas KAJTs olika projekt under 2023. Aktiviteter inom Excellensområden samt KAJT-relaterade projekt (som ej finansierats via KAJT) ingår inte i denna redovisning.

Specifikation Projekt					
		Utförare	TrV	Annan fin	Total
<b>Ingående projekt 2023-01-01</b>					
SJ - Optimering och tidtabeller (SJOT)		RISE/SJ		0	0
Robusta tidtabeller med kombinerad simulering och optimering (FlexÅter2)		KTH	0		0
Människa-automation i framtida samverkan (Human-Auto)		UU	794		794
Prediktion av Ankomsttider och avgångar (PRATA)		KTH	752		752
Betydelsen av styva tidtabeller för anslutningstrafik (BASTA)		VTI, LiU	250		250
Tjänsteutbud och Transportkapacitetsförsörjning på järnväg (TOT)		RISE	382		382
Simulering med Prism och RailSys (SIMPOR)		KTH	300		300
Kapacitet i nätverk 2 (KAIN 2)		KTH	723		723
Stora omplaneringar sent (SOS)		LiU	811		811
Capacity Modeling and Shift Optimization for Train Dispatchers (CAPMO-Tra)		LiU	882		882
Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikberäkningsmode		RISE	754		754
Kritiska störningar och punktlighet (Tidpunkt)		RISE	650		650
Mindre Störningar i Tågtrafiken – Plattformsåtgärder (MiST Plattform)		LU	380		380
Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden - banarbe		VTI	950		950
Framtida KAJT-Foi kopplat till C-DAS och Digital graf (C-DAS-foi)		RISE	200		200
Tågsimulering och ERTMS		VTI	1200		1200
Kommunikation-Kompetens-Arbeitsbelastning som stöd vid händelseut		VTI	435		435
Simulatorbaserad utbildning och träning av tågförare (SITUATE)		VTI	1500		1500
Automatiserad analys & klassificering av förseningsorsaker i järnvägssy		BTH	959		959
<b>Total</b>			<b>11922</b>	<b>0</b>	<b>11922</b>
<b>Nystarter under 2023</b>					
Mötesanalys och kanalkänslighet för godståg (MAKK)		RISE	643		643
Arbeta med kvalitetsmått (ARKA)		RISE	442		442
Maskininlärningsbaserat beslutsstöd för tågtrafikledning vid störningar: En e		BTH	552		552
Banarbetsprocess och datatillgång, del 2 (BANDAT 2.0)		LU	565		565
Utformning av underhållsområden på större driftsplatser - förstudie (UFO)		LiU	600		600
<b>Total</b>			<b>2802</b>	<b>0</b>	<b>2802</b>

Tabell 2: KAJTs projekt under 2023 (exklusive Europe's Rail).

EU-RAIL				
Motional		RISE, KTH, V	7823	7823
<b>Total</b>			<b>7823</b>	<b>7823</b>

Tabell 3: KAJTs projekt inom Shift2Rail.

Noter gällande finansiering 2023:

- SJ AB finansierar projekt SJOT där RISE är forskningsutförare. Projektet har formellt ingen budget under 2023, men är ännu ej helt slutfört.
- JTI Europe's Rail finansierar projektet FP1 MOTIONAL. I detta projekt är de svenska forskarparterna ”affiliated entities” till Trafikverket.



- Trafikverkets naturinsatser utgörs av det arbete som Trafikverket koordinerar och kontaktpersoner lägger ned inom KAJT.
- Övriga naturinsatser görs som administration, medverkan i programråd och styrelse och medverkan i projekt. Naturinsatser i projekt ingår inte i projektvolymerna i tabellen ovan.
- Excellensområden redovisas i mer detalj i separat årsrapport för Excellensområdets verksamhet.

## 5. Publikationer

I Bilaga 3 redovisas publikationer under 2023 som behandlar material som tagits fram inom ramen för KAJT. Under året publicerades en vetenskaplig avhandling, sexton tidskriftsartiklar, tolv konferensartiklar samt sex andra forskningsrapporter och en film.

## 6. Konferenser och spridning av forskningsresultat

KAJT sprider information och kunskap om forskningsresultat både vid egna arrangemang och nationella och internationella konferenser.

KAJT arrangemang är uppskattade och viktiga mötesplatser, både för informations-spridning kring KAJTs verksamhet och som arenor för nätverkande. KAJT seminarier genomförs som hybridmöten – på plats och digitalt. Möjligheten att kunna medverka utan att resa till mötet är uppskattat, även om det inte ger samma direkta kommunikation som vid fysisk närvaro. Totalt uppgick antalet anmälningar till 110-120 personer från 40-tal organisationer vid varje arrangemang, varav cirka 60 personer medverkar på plats.

### **KAJT Vårseminarium med KAJTs 10-års jubileum, 15-16 maj 2023**

KAJTs Vårseminarium är en del av "KAJT-dagarna". Vårseminariet hölls i Borlänge och de KAJT-aktiva hade möjlighet att följa med till Dala Storsund, där KAJT firade 10-årsfest med trevliga aktiviteter, arrangerade av KAJTs doktorander, och festmiddag. Dag 2 innehöll presentation av Europe's Rail samt workshop om KAJTs utveckling. KAJT-dagarna är ett mycket uppskattat arrangemang som förenar informations-spridning, kontaktskapande, KAJT-utveckling och lättsammare aktiviteter. Se Bilaga 4 för program.

### **KAJT Höstseminarium, 27 november 2023**

Vid dagen presenterades dels aktuell KAJT-forskning dels det utvecklingsarbete som görs vid Trafikverket. Se Bilaga 4 för program.

En viktig del av verksamheten är att sprida forskningsresultat och att diskutera pågående forskning med andra forskare och behovsägare inom järnvägsbranschen. Under året medverkade KAJT med 25 presentationer vid vetenskapliga konferenser (utöver KAJTs egna seminarier), vilket sammanställs i Bilaga 3.

## 7. Media och kommunikation

Även under 2023 producerades en projektkatalog som innehåller information om pågående och avslutade projekt. För varje projekt har syfte, aktiviteter, forskningsbidrag och nytta för beställare 1 – 5 års sikt och 5 – 10 års sikt beskrivits. Syftet med projektkatalogen är att ge en samlad och enkel bild av KAJTs forskningsverksamhet, för spridning till både forskare och andra intresserade av järnvägens utveckling.

KAJTs forskare deltog även i mediainslag, t.ex. i SVT:s Rapport.

## 8. Undervisning och handledning

Ett annat viktigt sätt att föra ut forskningsresultat är att forskare på olika sätt medverkar i undervisning. Alla lärosäten i KAJT bedriver grund- och forskarutbildning där KAJTs forskning är relevant och presenteras. Många av KAJTs medarbetare är engagerade som lärare och handledare. Vid alla lärosäten inom KAJT finns doktorander som handleds av lektorer, docenter och professorer engagerade i KAJT. Under 2023 finansierades 16 doktorander helt eller delvis av projektmedel från KAJT, se Bilaga 1.

## 9. Excellensområden

Trafikverket har i samverkan med dagens ledande forsknings- och utbildningsmiljöer vid svenska lärosäten och Järnvägensbranschens samverkansforum (JBS), tagit fram ett program för Järnvägsforskningen 2021–2030 och skapat tio *Excellensområden*. Syftet med Excellensområdena är att långsiktigt stärka järnvägsforskning och relaterad grund- och forskarutbildning i Sverige med målet att Sverige ska kunna bygga för en järnvägsforskning i världsklass. De tio excellensområdena består av sex områden inom teknik, tre områden inom funktion och ett område för systemperspektiv. Excellensområdena som helhet beskrivs i Trafikverkets rapport om Excellensområden<sup>2</sup>.

KAJT ansvarar för två av dessa excellensområden: Område nummer 7, **Trafikplanering och trafikstyrning**, och område nummer 9, **Kapacitet och punktlighet**. Verksamheten inom Excellensområden redovisas i särskild årsrapport.

## 10. Vetenskapliga examina, utnämningar och utmärkelser

Under 2023 framlades en avhandling för vetenskapliga examina av KAJT-anknutna doktorander:

Niloofer Minbashi, forskarstuderande vid KTH, erhöll doktorsexamen. Avhandlingen heter ”Application of Predictive Analytics for Shunting Yard Delays”.

## 11. Forskningsresultat, ny kunskap och demonstratorer

KAJT har en målsättning att bedriva högklassig forskning och att forskningsresultat ska omsättas till förbättringar inom Sveriges järnvägsverksamhet. KAJT-forskningen bedrivs nära problemägare och intressenter. Problemägare är Trafikverket, svenska järnvägsföretag och JBS (Järnvägsbranschens samverkansforum). Intressenter är systemleverantörer, kunskapsföretag, godstransportkunder, Tillsammans för Tåg i Tid (TTT), resenärer m.fl. Nedan beskrivs forskningsbehov och forskningsnytta övergripande för några KAJT områden.

Under år 2023 avslutades åtta KAJT projekt:

---

<sup>2</sup> Järnvägsforskning 2021 – 2030 – Excellensområden: Beskrivning 2021 maj  
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:trafikverket:diva-5122>

- Framtida KAJT-FoI kopplat till C-DAS och Digital graf (C-DAS FoI)
- Smart, data-based assets and efficient rail freight operation (Fr8Rail III WP2)
- PRediktion av AnkomstTider och Avgångar (PRATA)
- Betydelsen av styva tidtabeller för anslutningstrafik (BASTA)
- Tjänsteutbud och Transportkapacitetsförsörjning på järnväg (TOT)
- Simulering med Proton och RailSys (SIMPOR)
- Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden - banarbetsplanering (SATT-BP)
- Flexibilitet för ökad kapacitet på Malmbanan (Flexikap)

Under 2024 kvartal 1 pågår 22 KAJT-projekt samt Europe's Rail-projektet FP1 MOTIONAL. I KAJT Projektkatalog redovisas frågeställning, publikationer, resultat, forskningsbidrag och nytta för beställare för pågående och avslutade projekt. I katalogen beskrivs också sju KAJT-relaterade projekt som samverkar med KAJT.

Nyttor från KAJTs forskning är bland annat:

- Kunskap om den operativa processen, att studera identifierade problem och förbättringsmöjligheter.
- Kunskap om människans del i processen och frågor kopplat till pågående digitalisering och automation.
- Koncept, demonstratorer och algoritmer.
- Simulatorer och demonstratorer som kan användas för utveckling av processer och beslutsstöd.
- Integration mellan planering av linjekapacitet och stationskapacitet.
- Integration mellan planering och trafikledning, samt kravställande gentemot framtida system för TMS och CMS.
- Stötta pågående utveckling i Sverige gällande C-DAS och Digital graf.
- Stötta och medverka i forskningssamverkan på Europeisk nivå.

Nedan beskrivs ett urval av pågående och avslutade projekt, samt hur de kopplar till forskningsbehoven hos Trafikverket, JBS, TTT och forskning på Europeanivå. Projekt och resultat är grupperade efter det breddningsområde det klassificerats att tillhöra<sup>3</sup>. Aktiviteter inom EU-RAIL redovisas som separat delområde, men dessa ansluter alltid till något av kärnområdena eller breddningsområdena inom KAJT Forskningsprogram. KAJT Forskningsprogram inklusive kärnområden och breddningsområden beskrivs ovan i avsnitt 3.

### **Taktisk kapacitetsplanering**

I projekt SIMPOR utvecklas metoder kring simulering på nationell nivå och med snabbare beräkningar. Simpor makroanalyser är en kompletterande metod till mikrosimulering i RailSys. Simpor går att kombinera med andra metoder, t.ex. optimering och dataanalys.

Forskning om kvalitetsmått kopplat till tågplan sker inom projekt Arka. Projektmålet är att skapa kunskap om vilka kvalitetsmått som är användbara för planerare/analytiker samt hur dessa kan användas.

<sup>3</sup> Projekt tillhör ofta inte enbart ett breddningsområde, då görs bedömning vilket det huvudsakligen tillhör. Vissa projekt, framför att inom kärnområde Taktisk kapacitetsplanering, är renodlade projekt inom just det kärnområdet, och tillhör inget breddningsområde.

I KAJT-relaterade doktorandprojektet KRUT utvecklas och utvärderas en metod för att förbättra robustheten i en tågtidtabell för enkelspår. Målet är att med hjälp av de teorier som analyseras och den modell som utvecklas i KRUT få en punktligare tågtrafik. Resultaten ska kunna utvecklas till konstruktionsregler för att skapa en robust tågplan.

### **Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan**

I projekt Kapacitet i nätverk (KAIN2) utvecklas kapacitetsmetoder för beräkning av kapacitetsutnyttjande på stationer och järnvägsnät i kombination. Detta ökar kunskapen om såväl kapacitetsutnyttjandet i aktuell tidtabell som den underliggande infrastrukturens kapacitetsbegränsningar.

RNE (Rail Net Europe) driver utveckling och implementering av en ny europeisk kapacitetstilldelningsprocess. Processen benämns Timetabling and Capacity Redesign Process (TTR). Även hantering och beskrivning av banarbeten ingår i TTR. I projektet TOT har forskning skett om transporttjänster som ansöks, värdering och segmentering av dessa transporttjänster samt skapande av en kapacitetsmodell och kapacitetsutbud.

### **Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet**

I projekt Prata utvecklas prediktion av ankomst- och avgångstider för godståg med hjälp av maskininlärning och statistiska metoder. Detta appliceras på stora datamängder med tillgängliga trafikdata. I projektet har även visat på potentialen för nyttgörande av resultaten.

Inom EU-RAIL sker fler aktiviteter inom området, se nedan.

### **Planering av transportnätverk, fordon och personal**

I KAJT-relaterade projektet Malmbanan T25 nyttjas tidigare forskningsresultat från KAJT, framför allt programvaran för tidtabelloptimering kallad M2 och resultat från projekt Flexikap. Nyttjandet av Malmbanan för år 2025 analyseras i detalj, speciellt med avseende på de många banarbeten som behöver utföras samtidigt som LKAB och andra behöver fortsätta trafikera banan. Arbetet sker i nära samverkan med Trafikverkets och LKAB:s kapacitetsplanerare.

### **Underhåll och trafik**

Trafikverket har idag problem att överblicka och samordna alla de trafikpåverkande åtgärder (TPÅ) som ska utföras på järnvägssystemet. Forskning om att utveckla och implementera ett verktygsstöd för ettårig planering av trafikpåverkande åtgärder (TPÅ) har utförts i projekt SATT-BP. Under 2024 startar en implementeringsstudie baserat på detta arbete, samt fortsättningsprojektet SATT-SP med följande delar:

- Implementera verktygsstöd för flerårig stråkplanering av trafikpåverkande åtgärder (TPÅ).
- Genomföra och dokumentera en eller flera utvärderingsstudier baserat på realistiska planeringsfall.
- Studera hur samhällsekonomisk värdering och effektbedömning kan stödjas i detta verktygsstöd.

I projektet UFO (förstudie) har forskning utförts om kapacitetstilldelningen och planering av basunderhåll på större driftplatser och knutpunkter. Utgångspunkten är att arbetsområden behöver utformas som medger både ett effektivt underhåll och en rimlig trafikpåverkan. Det saknas systematiska metoder för hur sådana underhållsområden bör utformas och forskningsläget för sådana metoder är inte kartlagt. I UFO har verksamhetsanalys och litteraturstudie dokumenterats i en forskningsrapport som granskats ingående både av Trafikverket och oberoende forskare. Förslag på möjlig metod för att konstruera arbetsområden och värdera den kapacitetspåverkan dessa får, baserat på en probabilistisk kapacitetsmodell, har också givits. Därutöver har ett antal möjliga verksamhetsförbättringar dokumenterats.

### **Människan, digitalisering och automation**

Flera av de större förändringsprojekten inom Trafikverket och svensk järnväg har koppling till forskning som gjorts inom KAJT och det framtagna konceptet Styra genom planering. Projekt NTL (Nationellt Tågledningssystem) är ett införandeprojekt för att enhetliggöra Sveriges tågledningssystem. Det innebär också att trafikledarna går från penna och papper till digital trafikledning och konceptet Styra genom planering. Hos Trafikverket pågår arbete både med att utveckla och införa det nya systemet samt att genomföra förändring av arbetssätt. Innan NTL är på plats pågår arbete med att sprida Digital Graf<sup>4</sup> till samtliga driftledningscentraler; Digital graf har sin grund i forskning inom KAJT.

Doktorandprojektet SITUATE syftar till att utreda effekterna av simulatorträning för tågförare, med särskild inriktning på ERTMS. Projektet avser även studera hur ökad grad av automation påverkar yrkesrollen och hur framtidens utbildning kan anpassas för att möta kunskapsbehovet.

I projekt KKA-matrisen vidareutvecklas och appliceras den utvärderingsmatris för Kommunikation-Kompetens-Arbeitsbelastning som tagits fram i tidigare projekt. Det utreds om och hur denna kan nyttjas i utredningar av avvikelser, tillbud och olyckor i samband med tågtrafikledning och vid analys och åtgärdshantering efter sådana händelser. Målet är att KKA-matrisen ska ge bättre stöd för identifiering av bakomliggande orsaker och formulerande av åtgärder gällande utrednings- och analysarbete inom tågtrafikledning.

### **Trafikinformation och störningshantering**

KAJTs miljöer har utvecklat koncept, metoder och demonstration av beräkningsstöd i den operativa driften vid trafikstörningar. Det omfattar forskning om människans del i processen, samt delning av information och utveckling av processer inom svensk järnväg, både för Trafikverket och andra, t.ex. lokförare, bangårdspersonal, järnvägsföretagens trafikledning och utförare av underhåll.

I doktorandprojektet MiST Plattform undersöks effekten av åtgärder som sprider ut resenärer jämnare över plattformen, för att därigenom effektivisera resenärsutbyte och minska andelen försenade uppehåll.

---

<sup>4</sup> För närvarande används inte digital graf operativt utifrån att vissa säkerhetsbrister upptäckts vilka håller på att utredas och åtgärdas.

## Signal- och trafikstyrningssystem

I projektet ”Headway och signalpunktsplaceringar i ETCS 2” (HESE 2) utförs forskning där HESE verktyget/demonstratorn vidareutvecklas för att beräkna teknisk headway givet indata i form av spår-, signal-, fordonsparametrar samt övriga ETCS-parametrar. Utökningarna i HESE 2 gäller hanteringen av ETCS Hybrid Level 3, modellering av ATO samt enklare modellering av förarvariation.

I projektet Simulato tas förseningsfördelningar fram för obemannade tåg i Sverige genom att kombinera olika typer av datakällor. Projektet förväntas bidra med kunskap om hur kapaciteten och punktligheten påverkas vid en övergång från dagens situation med bemannade tåg och manuell körning till obemannad drift med automatisk körning.

För ERTMS införande är simuleringar med VTI tågssimulator och med RailSys viktiga. I projektet Tågssimulering och ERTMS är forskningsbidraget och nyttan utvecklad kunskap inom ERTMS-området samt en mer realistisk tidtabellsplanering, bättre punktlighet och ökad kapacitet i samband med övergången till ERTMS. Resultaten kommer kunna användas som input vid projektering, körbarhetsanalyser och signaloptimering. På längre sikt kan projektet även bidra till bättre projekteringsunderlag till nybyggda banor för ytterligare optimering av punktlighet och kapacitet samt bättre underlag inför ytterligare utveckling mot automatiserad tågtrafik. Bättre insikt kommer att finnas om hur framtidens signalsystem för ERTMS bör utformas.

Trafikverket bäddar på olika sätt för användning av C-DAS (Connected Driver Advisory System), t.ex. genom en plattform för datautbyte och ett C-DAS-kompetenscenter<sup>5</sup>. KAJT stödjer vidareutveckling av C-DAS genom att se över forsknings- och utvecklingsbehovet och inom FP1 MOTIONAL bedriva forskning kring TMS koppling till C-DAS.

## Uppföljning och återkoppling

I projektet MAKK studeras tidiga godstågs påverkan på annan trafik. Syftet är att få en nyanserad bild av tidiga godstågs påverkan på andra tåg. En fråga som studeras är om det är viktigt att ett godståg ligger nära sin tidtabellskanal, eller om det t.o.m. är bra för andra tågs punktlighet om godståget ligger före kanalen (så att godståget kan nyttjas för att prioritera andra tåg).

Projektet Tidpunkt syftar till att vidareutveckla verktyg och metodik kring mätetalen *förseningsbidrag* och *kritiska störningar* vilka kan användas vid analys av störningar och punktligheten i järnvägstrafiken. Projektet tar fram en demonstrator i form av ett analysverktyg för punktlighet och störningsorsaker. Metodiken och demonstratorn har sedan år 2022 utgjort huvudsakligt underlag för punktlighetssammanställningen i TTT:s årsrapportering. Koncepten bakom demonstratorn lämnas över till TTT/Trafikverket för implementation och vidareutveckling och tillgängliggörande för järnvägsbranschen. Överlämning sker genom det KAJT-relaterade projektet ”Tillgängliggörande av FBKS-demonstrator”. Användare av verktyget är punktlighetsanalytiker hos Trafikverket och järnvägsföretag.

<sup>5</sup> <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/samarbete-med-branschen/jarnvagsbranschens-samverkansforum/Tillsammans-for-tag-i-tid/kompetenscenter-for-c-das-connected-driver-advisory-system/>



I projektet Anakin har forskning utförts om att studera förutsättningarna att i nuläget eller inom överskådlig framtid använda AI-baserade metoder för att stödja någon del av processen kring orsakskodning. Forskning har skett om att ta fram en modell av de initiala bedömningar som görs i ett operativt skede, baserat på en härledning av hur den mänskliga, manuella orsakskodningen görs idag.

### **Shift2Rail och Europe's Rail**

KAJTs medverkan inom Shift2Rail och Europe's Rail (EU-RAIL) är viktiga komponenter i KAJTs totala verksamhet. Demonstratorer är ofta en viktig del av dessa projekt, vilket ger avtryck i projektens upplägg. Inom Shift2Rail var KAJT aktiva i flertal projekt. EU-RAIL har en annat upplägg och KAJT är aktiva i ett större projekt benämnt FP1 MOTIONAL, som i sin tur innehåller flera olika delprojekt. FP1 MOTIONALs tema ansluter mycket väl till KAJTs Forskningsprogram. Nedan beskrivs exempel och översikt av KAJT-parternas aktiviteter inom FP1 MOTIONAL.

EU-RAIL-projekten samverkar även med den "Systempelare" som t.ex. fångar upp och standardiserar resultat, speciellt samverkar FP1 MOTIONAL med Systempelarens Task 3: Capacity Management Systems (CMS) /Traffic Management Systems (TMS).

I det avslutade Shift2Rail-projektet FR8RAIL III och det pågående projektet FP1 MOTIONAL utvecklas integrationen mellan bangård/station och omgivande linjer. Noderna går från att tidigare vara delvis svarta hål till att bli transparenta med informationsdelning och uppdaterad information om aktörernas aktiviteter, vilket ger bättre lägesbild över helheten.

Ett arbete pågår med att specificera och utveckla beslutsstöd för Malmö godsbangård (MGB). Beslutsstödet benämns Yard Coordination System (YCS) och berör samplanering av infarts/utfartsgrupp vid bangården. I FR8RAIL III har en demonstrator tagits fram och demonstrerats i en simulerad miljö, se [https://youtu.be/LR\\_QJG3OvXU?feature=shared](https://youtu.be/LR_QJG3OvXU?feature=shared). Användarna och inblandade organisationer har varit positiva till konceptet.

I FP1 MOTIONAL utvecklas YCS vidare för att demonstreras i en operativ miljö (YCS2.0). YCS 2.0 kopplas till Digital graf och Yard CDM (CDM står för "Collaborative Decision Making"). Yard CDM är ett KAJT-relaterat projekt där en Railway-CDM-plattform tas fram. Yard CDM sammanställer och visar operativ information om vad som sker inne på bangården genom tidsstämplar som skickas av aktörerna (Trafikverket, Green Cargo, DB, Hector rail och Mertz). Yard CDM och YCS stödjer aktörerna att ha en gemensam lägesbild och att kommunicera med varandra.

I FP1 MOTIONAL utförs även forskning som syftar till utveckling av kapacitets-simuleringsmodeller inom bl.a. simulering av tågplan och större nätverk, feedback från utförd trafik genom förbättrade förseningsfördelningar samt simulering av nya digitala system som kan bidra till ökad kapacitet i järnvägssystemet såsom ETCS, C-DAS och ATO. Inom FP1 MOTIONAL pågår forskning om koppling mellan TMS och C-DAS respektive TMS och ATO, och hur trafikledningen ska interagera med systemen.



## 12.Svensk och internationell samverkan

Forskningsprogrammet har som mål att programmet och dess parter ska vara internationellt erkända aktörer som bjuds in till internationella samarbeten. Programmet ska vara internationellt aktivt, framför allt inom EU, synliggöra sin profil och verksamhet, och verka för hemtagning av både kunskap och finansiering från EU. I ett internationellt perspektiv är svensk transportforskning liten, därför är samarbeten med andra internationellt erkända parter och hemtagning av kunskap extra viktigt.

Trafikverket, och KAJTs parter, har under 2023 varit delaktig i att utforma efterföljare till Shift2Rail, kallad Europe's Rail (EU-RAIL), tillsammans med ett tjugotal andra europeiska parter. I slutet av 2022 startade den första "vågen" av EU-RAIL vilken pågår 2022-2026. KAJT är främst aktiva inom delprojektet FP1 MOTIONAL. De KAJT-parter som är aktiva i FP1 MOTIONAL är Trafikverket, RISE, KTH, LiU, VTI, LU. Inom FP1 MOTIONAL kommer de svenska parterna att samverka med flera internationella organisationer som t.ex. Jernbanedirektoratet, ProRail och Hacon.

KAJT har samverkan med Järnvägsbranschens samverkansforum (JBS) och initiativet Tillsammans för Tåg i Tid (TTT). KAJT är aktiv forskningspart inom TTT:s delområde "Forskning och innovation". KAJTs parter delger resultat och har dialog med TTT om forskningsbehov och problem. TTT är även aktiva vid KAJTs seminarier. KAJT har, genom RISE, varit mycket bidragande till framställande av TTT:s årsrapport för punktligheten 2023.

Genom Excellenssamarbetet sker en samverkan mellan KAJT, Charmec, Järnvägsgruppen KTH, och JVTC i Luleå. Linköpings universitet stod 24-25 oktober som värd för 2023 års resultatkonferens för alla excellensområdena vid Campus Norrköping. Eftermiddagen första dagen inbjöds till ett öppet seminarium (med möjlighet till fjärrdeltagande), och andra dagen innehåll information och verksamhetsutveckling.

KAJT-parterna verkar också internationella sammanhang genom nätverk, konferenser och användargrupper. Anders Peterson, representant för KAJT-parten LiU, är med i styrelsen av IAROR (International Association of Railway Operations Research). För Railsys håller Trafikverket i en användargrupp i Sverige samt ett internationellt samarbete med infrastrukturhållarna i Norge, Danmark, Frankrike och Nederländerna där KAJT är aktiva medverkande. För VTI tågssimulator finns ett samarbete med ett flertal tågföretag verksamma i Sverige, samarbetet benämns TUFFA gruppen. VTI har också forskningssamverkan på europeisk nivå kopplat till sin simulator och tåg/förarsimulering.

## 13.Säkerhet

Under året har arbete inom området säkerhet och FoI fortsatt att utvecklas. Arbete har varit att identifiera vilka projekt som har delar som involverar skyddsvärden, vilket sker genom en genomgång och dokumentation av alla KAJT projekt som får TGO beslut. Utifrån denna genomgång bedöms för vilka projekt som åtgärder behöver vidtas. För vissa projekt så har säkerhetsskyddsöverenskommelse alternativt

Säkerhetsskyddsavtal upprättats. Överenskommelserna och avtalen kan vara på olika säkerhetsnivå och av olika typ.

I samband med dissemination säkerställs vad för information som kan spridas och inte spridas. Det sker genom dialog med Trafikverkets säkerhetsfunktioner.

Säkerhetsarbetet har utvecklats hos Trafikverket med att bygga upp organisation och utveckla rutiner. Trafikverket har tagit med skrivningar om säkerhet i KAJT FoI avtal på central nivå.

Säkerhetsarbetet har också utvecklats hos KAJT FoI utförare. För projekt med hög säkerhetsklassning kopplas Trafikverkets säkerhetsfunktion samman med KAJT FoI utförarens säkerhetsfunktion.

Dialog om säkerhet har pågått mellan Trafikverket och KAJT akademiska parter löpande under året. Säkerhet tas upp på KAJT styrelse och programråd för att hålla dessa enheter uppdaterade, samt fånga upp behov av fördjupande möten och aktiviteter.

Säkerhetsarbetet utförs utifrån svensk lagstiftning. Säkerhetskraven har påverkan på forskningens genomförande.

## 14.Framtidsutsikter

2023 är det första verksamhetsåret för KAJT under gällande avtal. Verksamheten är stabil men samtidigt under ständig utveckling. KAJT är en känd och erkänd part inom Sveriges järnvägsforskning.

Införande av Excellensområden och Europe's Rail har viss påverkan på utformningen av KAJT. Excellensområden ger lärosäten inom KAJT en ökad långsiktighet och stabilitet för järnvägsforskningen. Initiativet är mycket välkomnat av lärosätena. Samtidigt måste långsiktiga rollen för instituten inom KAJT (vilka inte är parter i Excellensområden) också säkerställas.

Under 2023 har KAJTs parter startat verksamheter inom EU-RAIL. EU-RAIL kommer vara en viktig del av KAJTs verksamhet under de närmaste åren. EU-RAIL är viktigt både för internationell samverkan och för att nå högre TRL-nivåer inom forskningen. Den nuvarande "vägen" (dvs nuvarande projekt) inom EU-RAIL pågår fram till 2026. Därefter förväntas EU-RAIL fortgå fram till 2031.

Konkurrensen om direktfinansiering genom Trafikverkets forskningsportföljer har ökat. Förutsättningarna för forskningsfinansiering inom KAJTs område är därför något svagare under 2023-2025 än tidigare år. Det blir allt viktigare för KAJTs parter att finna kompletterande finansiering genom andra källor. Också viktigt att KAJT är med och påverkar andra forskningsfinansiärer att inkludera järnvägsfrågor.

Former för kommunikation, såsom t.ex. seminariedagar och projektkatalog, har etablerats och fallit väl ut. Seminariedagar är väl uppskattade och övergång till

digitala möten har ökat deltagandet. I framtiden avser KAJT erbjuda hybridmöten för att kunna erbjuda både nätverkande och spridning till många.

Frågeställningar kopplade till kapacitetsfrågor och punktlighet är fortsatt viktiga och har ett starkt intresse. Kapacitetsfrågor har en betydligt mer framträdande roll inom Europe's Rail än inom tidigare Shift2Rail, vilket är en bra utgångspunkt för KAJTs engagemang i området.

## 15.KAJT i siffror

Tabell nedan ger en översiktlig sammanställning av KAJT både under 2023 och för KAJTs totala verksamhet under 2013-2023

	2023	2013-2023
Doktorander	16	29
Doktorsexamina	1	14
Licentiatexamen	0	11
Verksamma forskare	56	-
Projekt	23	128
Deltagare på KAJT-seminarier	227	2128 (cirka)
Omsättning MSEK	32,4	253,1

Omsättning i olika breddningsområden för perioden 2013-2023 illustreras i diagram nedan.

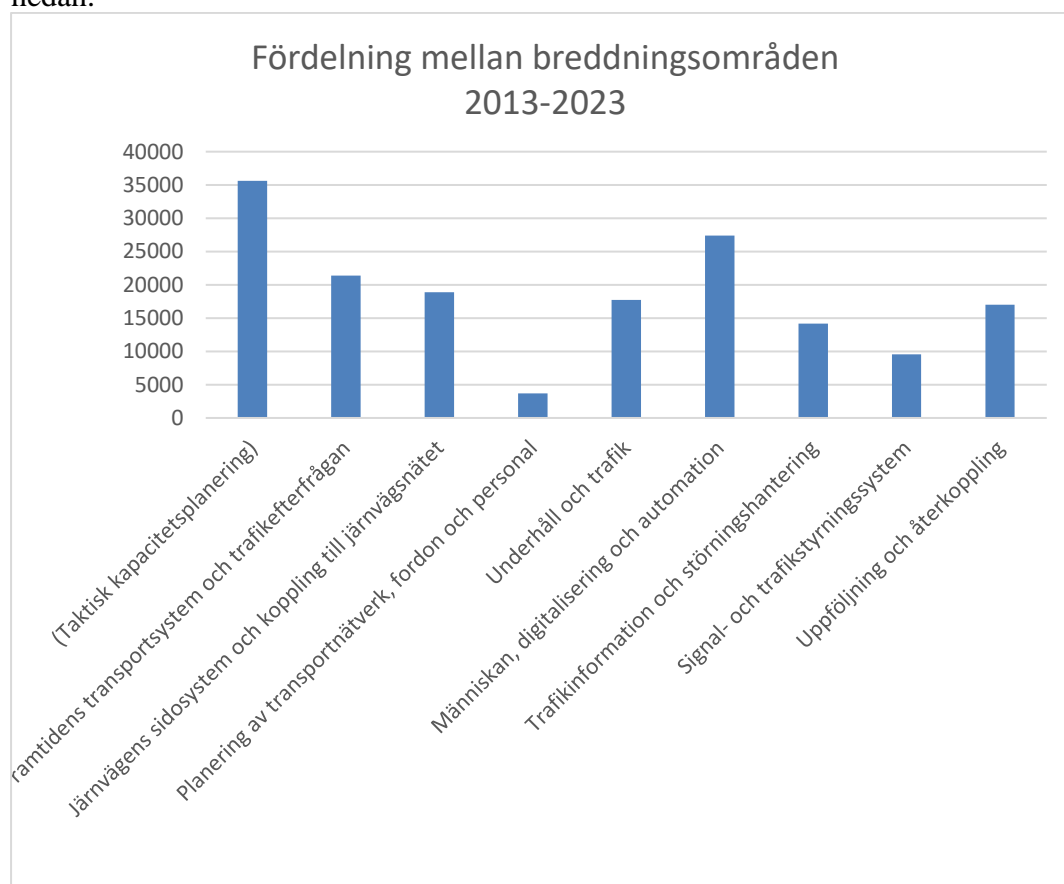
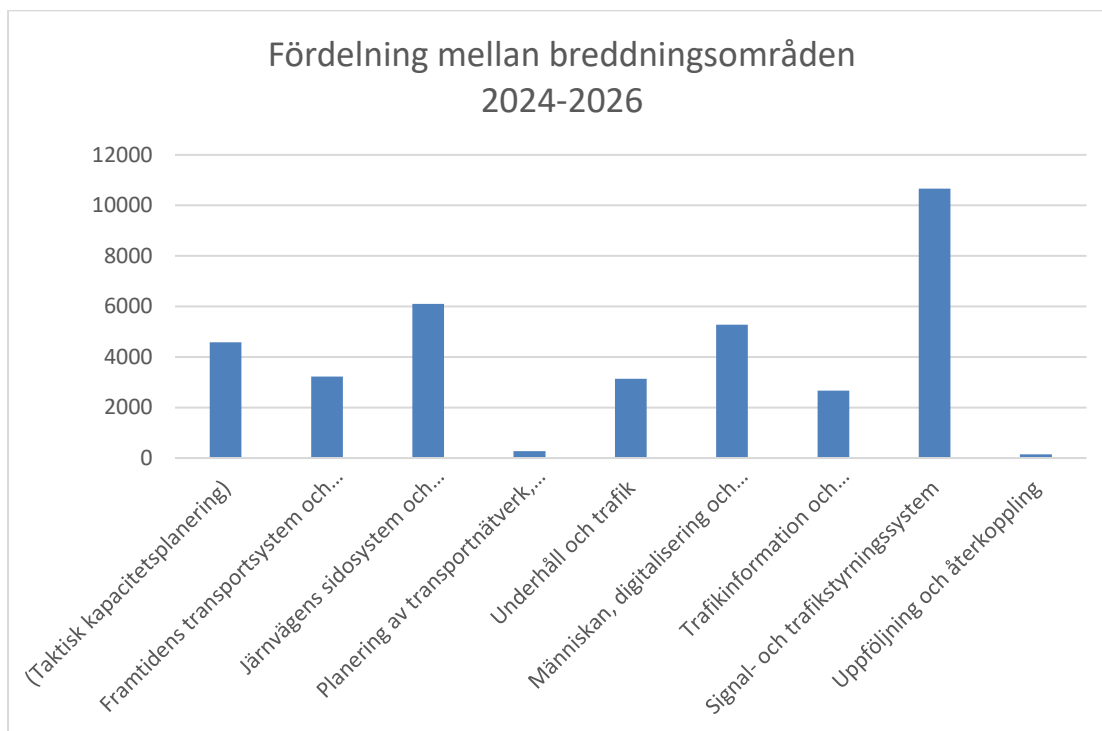


Diagram nedan visar fördelning mellan projektmedel för olika breddningsområden under perioden 2024-2026 (projekt som avtalats före 2023-12-31).



## Bilagor till KAJT Årsrapport

Bilaga 1: Personer i KAJT 2023.

Bilaga 2: Översikt KAJT-projekt 2023.

Bilaga 3: Publikationer under 2023.

Bilaga 4: KAJT-seminarier under 2023.

Bilaga 5: KAJT Excellensområden 2023, se särskilt dokument:

<https://kajt.org/forskning/excellensomraden/>

## Bilaga 1

### Personer i KAJT 2023

Nedan listas personer som arbetat inom KAJT-projekt inklusive Excellensområde 7 och 9 under 2023 (exkl. medverkande från Trafikverket.)

#### Forskare

Namn	Organisation
Martin Joborn	RISE, Mobilitet och system och Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Anders Peterson	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Christiane Schmidt	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Carl Henrik Häll	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Jan Lundgren	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Nils Breyer	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Liyun Yu *	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Rabii Zahir *	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
David Dekker *	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Jonas Eliasson	Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Emma Solinen *	Trafikverket. Doktorand vid Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Sai Prashanth Josyula	Blekinge Tekniska Högskola, Inst. för datavetenskap (DIDA)
Emil Folino	Blekinge Tekniska Högskola, Inst. för datavetenskap (DIDA)
Anton Borg	Blekinge Tekniska Högskola, Inst. för datavetenskap (DIDA)
Mattias Dahl	Blekinge Tekniska Högskola, Institutionen för Matematik och Naturvetenskap (TIMN)
Henrik Fredriksson	Blekinge Tekniska Högskola, Institutionen för Matematik och Naturvetenskap (TIMN)
Bruna Palm	Blekinge Tekniska Högskola, Institutionen för Matematik och Naturvetenskap (TIMN)
Carolina Bergeling	Blekinge Tekniska Högskola, Institutionen för Matematik och Naturvetenskap (TIMN)
Bo-Lennart Nelldal	Railresearch
Oskar Fröidh	KTH, Transportplanering
Johan Högdahl	KTH, Transportplanering
Behzad Kordnejad	KTH, Transportplanering
Niloofer Minbashi **	KTH, Transportplanering
Ingrid Johansson	KTH, Transportplanering
Hans Sipilä	KTH, Transportplanering
Markus Bohlin	KTH, Transportplanering
Mohammad Al-Mousa *	KTH, Transportplanering
Elin Hellblom *	KTH, Transportplanering
Anders Lindfeldt	KTH, Transportplanering
Emil Jansson*	KTH, Transportplanering
Martin Aronsson	RISE, Mobilitet och system
Martin Kjellin	RISE, Mobilitet och system
Sara Gestrelus	RISE, Mobilitet och system

Zohreh Ranjbar	RISE, Mobilitet och system
Eddie Olsson	RISE, Mobilitet och system
Henrik Teinelund	RISE, Mobilitet och system
Jonas Andersson	RISE, Mobilitet och system
Anders Arweström Jansson	Uppsala universitet, Inst. för informationsteknologi
Rebecca Cort	Uppsala universitet, Inst. för informationsteknologi
Jessica Lindblom	Uppsala universitet, Inst. för informationsteknologi
Mikael Laaksoharju	Uppsala universitet, Inst. för informationsteknologi
Sofia Lundberg	VTI
Tomas Lidén	VTI och Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Tomas Rosberg	VTI
Gunilla Björklund	VTI
Kristofer Odolinski	VTI
Jan Andersson	VTI
Niklas Olsson *	VTI
Abderrahman Ait Ali	VTI och Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Emanuel Broman *	VTI. Doktorand vid Linköpings universitet, Inst. för Teknik och Naturvetenskap
Lena Hiselius	Lunds universitet
Carl-William Palmqvist	Lunds universitet
Daria Ivina *	Lunds universitet
Tiong Kah Yong *	Lunds universitet
Ruben Kuipers *	Lunds universitet
Michelle Ochsner *	Lunds universitet
Grace Mukunzi *	Lunds universitet
Frida Carlvik*	Lunds universitet
Nils Olsson	Lunds universitet

Doktorander markerade med \*. Disputerade under 2023 markerade med \*\*.

## Kontaktpersoner vid Trafikverket

Nedanstående personer har varit företagens kontaktpersoner och aktiva mottagare av resultat från forskningsprojekten.

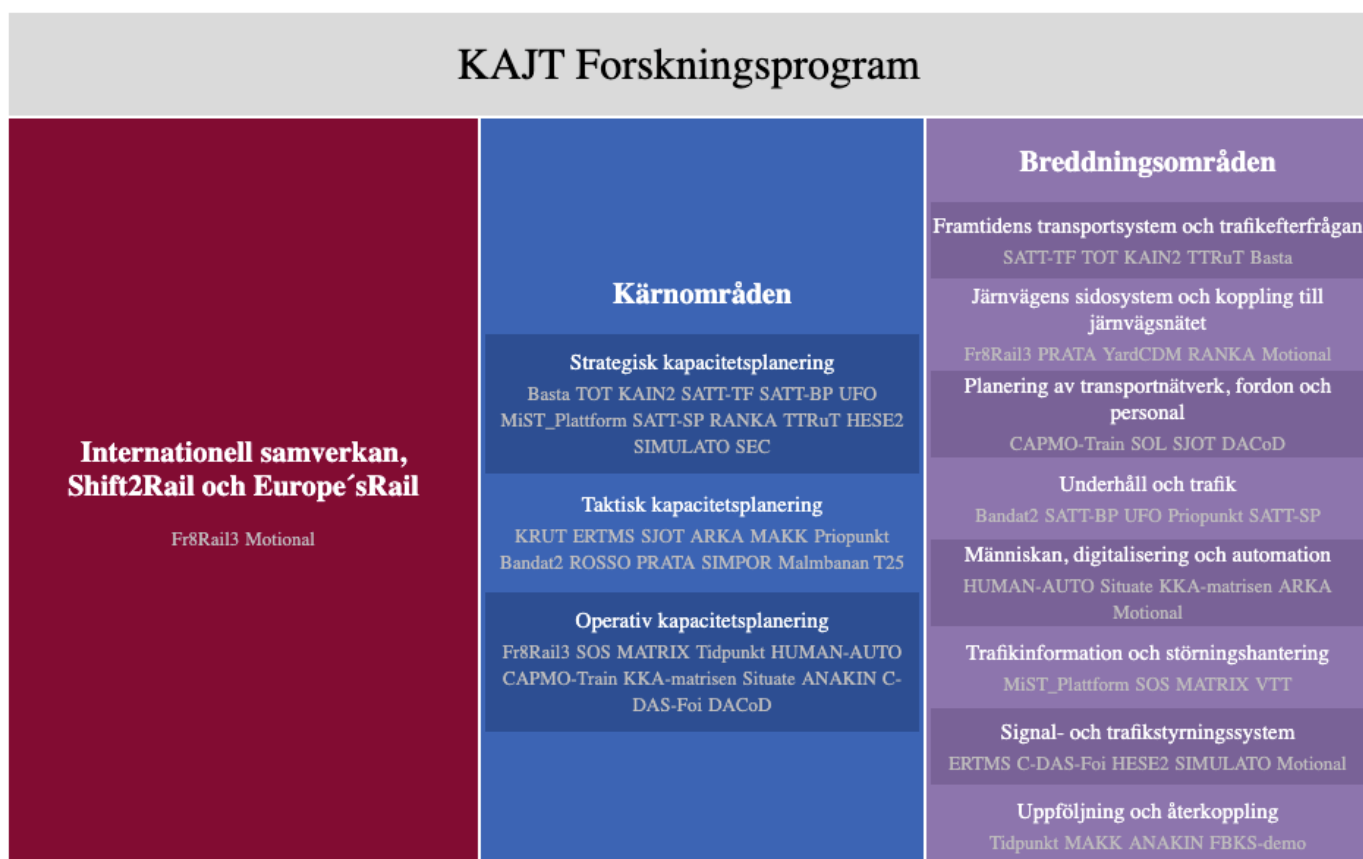
Namn	Organisation
Amelie Propst	Trafikverket, VO Trafik
Andreas Bååth	Trafikverket, VO Trafik
Carl-Magnus Kälvestam	Trafikverket, VO Trafik
Emma Dyrsséen	Trafikverket VO Planering
Emma Solinen	Trafikverket, VO Planering
Fredrik Lundström	Trafikverket, VO Planering
Gunnar Bengtsson	Trafikverket VO Trafik
Helena Tilander	Trafikverket, ERTMS-programmet
Inger Ranheim	Trafikverket, VO Planering
Johan Engsfelt	Trafikverket, VO Underhåll

Jonas Bälter	Trafikverket, VO Trafik
Julien Brunet	Trafikverket, VO Underhåll
Jörgen Frohm	Trafikverket, VO Trafik
Karl Åkerlund	Trafikverket, VO Trafik
Kenneth Håkansson	Trafikverket, VO Trafik
Kristian Persson	Trafikverket, VO Planering
Lars Blomberg	Trafikverket, VO Underhåll
Lars Stenegard	Trafikverket, VO Trafik
Lisa Mannerhagen	Trafikverket, ERTMS programmet
Magnus Backman	Trafikverket, VO Planering
Magnus C. Johansson	Trafikverket, VO Trafik
Magnus Wahlborg	Trafikverket, VO Planering
Marika Gjerdrum	Trafikverket, VO Underhåll
Pelle Thorén	Trafikverket, VO Trafik
Per Köhler	Trafikverket, VO Planering
Peter Öhrn	Trafikverket, VO Planering
Pär Johansson	Trafikverket, VO Planering
Pär-Åke Wärn	Trafikverket, VO Trafik
Ralf Grahn	Trafikverket, VO Planering
Rose-Marie Renberg	Trafikverket, VO Planering
Soli Liu-Viking	Trafikverket, VO Trafik
Tomas Gustafsson	Trafikverket, VO Trafik
Åke Lundberg	Trafikverket, VO Planering

## Bilaga 2

### Översikt KAJT-projekt 2023

I *KAJT Projektkatalog* (version 20240331) sammanställs KAJTs pågående och avslutade projekt. I sammanställning här ingår även KAJT-projekt som startats i början av 2024 samt KAJT-relaterade projekt, dvs projekt i KAJTs forskningsområde, men som inte är finansierade via KAJT.



Figur 3: Översikt över KAJT-projekt (inklusive nystarter 2024).



## Pågående KAJT-projekt

Projekt	Akronym	Område	Utförare
Arbeta med kvalitetsmått	ARKA	Taktisk kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation.	RISE
Automatiserad analys & klassificering av förseningsorsaker i järnvägssystemet	ANAKIN	Operativ kapacitetsplanering, Uppföljning och återkoppling	BTH
Banarbetsprocess och datatillgång, del 2	BANDAT2	Taktisk kapacitetsplanering, Underhåll och trafik	LU
Capacity Modeling and Shift Optimization for Train Dispatchers	CAPMO-Train	Operativ kapacitetsplanering, Planering av transportnätverk, fordon och personal	LiU, VTI
Dispatching Areas: Combinations and Design	DACoD	Operativ kapacitetsplanering, Planering av transportnätverk, fordon och personal	LiU
EU-RAIL FP1 MOTIONAL	MOTIONAL	Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet Signal- och trafikstyrningssystem Människan, digitalisering och automation	RISE, LiU, KTH, LU, VTI
Headway och signalpunktsplaceringar i ETCS 2 <sup>1</sup>	HESE2 <sup>1</sup>	Strategisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikstyrningssystem	KTH
Kapacitet i nätverket 2	KAIN 2	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan	KTH
KKA-matrisen som stöd vid händelseutredningar och beslutande om åtgärder inom operativ tågtrafikledning	KKA-matrisen	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation	VTI
Kritiska störningar och punktlighet	Tidpunkt	Operativ kapacitetsplanering, Uppföljning och återkoppling	RISE
Maskininlärningsbaserat beslutsstöd för tågtrafikledning vid störningar: En experimentell studie	MATRIX	Operativ kapacitetsplanering, Trafikinformation och störningshantering	BTH
Metod för snabb utvärdering av olika utbuds-scenarier i TTR <sup>1</sup>	TTRuT <sup>1</sup>	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan	RISE
Mindre Störningar i Tågtrafiken – Plattformsåtgärder	MIST Plattform	Strategisk kapacitetsplanering, Trafikinformation och störningshantering	LU
Människa-automation i framtida samverkan	HumanAuto	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation	UU
Mötesanalys och kanalkänslighet för godståg	MAKK	Taktisk kapacitetsplanering, Uppföljning och återkoppling	RISE, LU
Rangerbangårdars kapacitet i prognos 2040 <sup>1</sup>	RANKA <sup>1</sup>	Strategisk kapacitetsplanering, Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet	RISE
Robusta semi-styva tidtabeller under dynamisk och osäker efterfrågan <sup>1</sup>	ROSSO <sup>1</sup>	Taktisk kapacitetsplanering	KTH

Samhällsekonomisk prioritering av underhållsåtgärder för ökad punktlighet <sup>1</sup>	Priopunkt <sup>1</sup>	Taktisk kapacitetsplanering, Underhåll och trafik	RISE, LiU
Samplanering av Trafikpåverkande åtgärder och trafik – trafikflöden	SATT-TF	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan	RISE
Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden – stråkplanering <sup>1</sup>	SATT-SP <sup>1</sup>	Strategisk kapacitetsplanering, Underhåll och trafik	VTI
Simulatorbaserad utbildning och träning av tågförare	SITUATE	Operativ kapacitetsplanering, Människan, digitalisering och automation	VTI
Simulering med ATO <sup>1</sup>	SIMULATO <sup>1</sup>	Strategisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikstyrningssystem	KTH
SJ-Optimering och Tidtabeller	SJOT	Taktisk kapacitetsplanering, Planering av transportnätverk, fordon och personal	RISE
Stora omplaneringar sent	SOS	Operativ kapacitetsplanering, Trafikinformation och störningshantering	LiU
Tågsimulering och ERTMS, del 1 och del 2	ERTMS	Taktisk kapacitetsplanering, Signal- och trafikstyrningssystem	VTI

<sup>1</sup> Projekt startar 2024.

## KAJT-relaterade projekt

Projekt	Akronym	Område	Utförare
Feasibility Study on Applying Socio-Economic Criteria in Case of Capacity Shortages*	SEC*	Strategisk Kapacitetsplanering	RISE
YardCDM Demo*	YardCDM	Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet	RISE
Självlärande neurala nätverk för operativ lokstyrning – huvudstudie <sup>1</sup> *	SOL-H*	Planering av transportnätverk, fordon och personal	RISE
Konstruktionsregler för en robust tågplan*	KRUT*	Taktisk kapacitetsplanering	Trafikverket, LiU
Värdering av Trafikinformationsnyttor i Tågtrafiken*	VTT*	Trafikinformation och störningshantering	LiU
Tillgängliggörande av FBKS-demonstrator – Fas 1 <sup>1</sup> *	FBKS-demo*	Uppföljning och återkoppling	RISE
Malmbanan T25 *		Taktisk kapacitetsplanering	RISE

<sup>1</sup> Projekt startar 2024.

## Avslutade projekt 2023

Projekt	Akronym	Område	Utförare
Betydelsen av styva tidtabeller för anslutningstrafik (BASTA)	BASTA	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan	VTI, LiU
Framtida KAJT-FoI kopplat till C-DAS och Digital graf	C-DAS	Operativ kapacitetsplanering, Signal- och trafikstyrningssystem	RISE

Prediktion av AnkomstTider och Avgångar	PRATA	Taktisk kapacitetsplanering, Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet	KTH
Samplanering av trafikpåverkande åtgärder och trafikflöden - banarbetsplanering	SATT-BP	Strategisk kapacitetsplanering, Underhåll och trafik	VTI
Simulering med Proton och RailSys	SIMPOR	Taktisk kapacitetsplanering	KTH
Sjävlärande neurala nätverk för operativ lokstyrning – förstudie*	SOL förstudie*	Planering av transportnätverk, fordon och personal	RISE
Smart, data-based assets and efficient rail freight operation	Fr8Rail III WP2	Operativ kapacitetsplanering, Järnvägens sidosystem och koppling till järnvägsnätet	RISE, LiU, KTH, VTI
Tjänsteutbud och Transportkapacitetsförsörjning på järnväg	TOT	Strategisk kapacitetsplanering, Framtidens transportsystem och trafikefterfrågan	RISE
Utformning av underhållsområden på större driftsplatser — förstudie	UFO	Strategisk kapacitetsplanering, Underhåll och trafik	LiU

\* KAJT-relaterat projekt.

## Bilaga 3

### Publikationer under 2023

#### Avhandlingar och examensarbeten

Minbashi, N. (2023). Application of Predictive Analytics for Shunting Yard Delays. Doktorsavhandling Stockholm : KTH Royal Institute of Technology, TRITA-ABE-DLT, 2322, 2023.

#### Tidskriftsartiklar

Cort, R. & Lindblom, J. (2023). Sensing the breakdown: Managing complexity at the railway. *Culture and Organization*, <https://doi.org/10.1080/14759551.2023.2266857>

Fredin-Knutzén, J., Olsson, N., Rosberg, T., Thorslund, B., & Lidestam, B. (2023). Train Drivers' Work Related Stress and Job Satisfaction. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 65(9), 775–782. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000002903>

Ivina, D., Olsson, N.O.E., Palmqvist, C.W., Hiselius, L. (2023). Uncertainties in scheduling and execution of trackwork in Sweden. *Public Transport*, Volume 15, pp. 767-789. <https://doi.org/10.1007/s12469-023-00322-x>

Ivina, D. & Palmqvist, C.W. (2024). The Downside of Upkeep: Analysing Railway Infrastructure Maintenance Impact on Train Operations in Sweden. *Applied Sciences*, Volume 14, 125. <https://doi.org/10.3390/app14010125>

Ivina, D. & Palmqvist, C.W. (2023). Railway maintenance windows: Discrepancies between planning and practice in Sweden. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Volume 22, November 2023, article 100927. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100927>.

Kuipers, R.A. & Palmqvist, C.W. (2023). Impact of a lower passenger demand during the COVID-19 pandemic on the frequency of dwell time delays. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*. Volume 21, September 2023, article 100911. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100911>

Lindblom, J., Laaksoharju, M. & Cort, R. (2024). Roadmap for UX in future operational train traffic control. *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, Vol. X, No. Y, pp.000–000, see <https://doi.org/10.1504/IJHFE.2023.10058712> <https://www.inderscience.com/admin/ospeers/getInProduction.php?id=116395&fid=23621&fromonsusy=yes>

Lundberg, J., Nylin, M., Praetorius, G., Jansson, A.A., & Bång, M. (2024). Modelling of operator control work across traffic management domains: Implications for interaction design. *Cognition, Technology & Work*.

Minbashi, N., Sipilä, H., Palmqvist, C.W., Bohlin, M. & Kordnejad, B. (2023). Machine learning-assisted macro simulation for yard arrival prediction. *Journal of Rail Transport Planning and Management*, Volume 25, March 2023, Article 100368. <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2022.100368>

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*. Volume 17, January 2023, article 100747. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100747>

Rosberg, T, Thorslund, B. (2023). Impact on driver behavior from ERTMS speed-filtering. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 26, Article 100386. [doi.org/10.1016/j.jrtpm.2023.100386](https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2023.100386)

Solinen, E. & Palmqvist, C.W. (2023). Development of new railway timetabling rules for increased robustness. *Transport Policy*. Volume 133, March 2023, pp. 198-208. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.02.003>

Tiong, K.Y., Ma, Z. & Palmqvist, C.W. (2023). Analyzing Factors Contributing to Real-time Train Arrival Delays using Seemingly Unrelated Regression Models. *Transportation Research Part A Policy and Practice*. August 2023, Volume 174, article 103751. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103751>

Tiong, K.Y., Ma, Z. & Palmqvist, C.W. (2023). A Review of Data-driven Approaches to Predict Train Delays. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. March 2023, Volume 148, article 104027. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104027>

Olsson, N., Lidestam, B., & Thorslund, B. (2023). Effect of Train-Driving Simulator Practice in the European Rail Traffic Management System: An Experimental Study. *Transportation Research Record*, 2677(5), 694–706. <https://doi.org/10.1177/03611981221135802>

Olsson, N. (2023). A validation study comparing performance in a low-fidelity train-driving simulator with actual train driving performance. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 97, 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2023.07.007>

### Konferensartiklar

Cort, R., Jansson, A.A., Lindblom, J. (2024). Humans as ‘stabilizers’ of distributed sociotechnical systems: A case on adaptive expertise in remote control. To appear in the Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Conference on Naturalistic Decision Making, Auckland, New Zealand, July 1-5, 2024.

Gestrelus, S., Joborn, M., Ranjbar, Z. Flexible trains in timetabled traffic. In: RailBelgrade2023: 10th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA) – RailBelgrade 2023, Belgrade, Serbia, April 25-28, 2023.

Mukunzi, G., Jansson, E. & Palmqvist, C.W. (2023). Restoration time for corrective maintenance on the Swedish railway network. In: RailBelgrade2023: 10th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA) – RailBelgrade 2023, Belgrade, Serbia, April 25-28, 2023.

Mukunzi, G. & Palmqvist, C.W. (2023). The Impact of Switch Faults on Train Delays: A Case Study of the Swedish Railway Network. World Conference on Transport Research (WCTR) 2023, in Montreal, Canada.

Ochsner, M. & Palmqvist, C.W. (2023). Weather-Related Railway Infrastructure Failures in Sweden: An Exploratory Study. In: RailBelgrade2023: 10th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA) – RailBelgrade 2023, Belgrade, Serbia, April 25-28, 2023.

Palmqvist, C.W. & Ochsner, M. (2023). Train Delays due to Extreme Weather Events in Sweden 2001-2020. World Conference on Transport Research (WCTR) 2023, in Montreal, Canada.

Palmqvist, C.W., Ochsner, M., Jamali, S., Hashemi, H., Nilfouroushan, F., Bagherbandi, M., Toller, E., Kour, R. & Karim, R. (2023). Satellite Monitoring of Railways using Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR): A Case Study in the North of Sweden. World Conference on Transport Research (WCTR) 2023, in Montreal, Canada.

Pappaterra, M.J. & Flammini, F. (2023a). From roads to rails: Bridging the gap in signal recognition through computer vision. International Conference on Optimization and Decision Science – ODS AIRO and AI4RAILS, pp. 1-10, Ischia, Italy, Sept. 2023.

Pappaterra, M.J. & Flammini, F. (2023b). A review of intelligent infrastructure surveillance to support safe autonomy in smart-railways. Proceedings of the 26th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems – ITSC2023, pp. Bilbao, Spain, Sept. 2023.

Tiong, K.Y., Ma, Z., Palmqvist, C.W. (2023) Evaluation Framework for Train Delays Prediction Models. The 7th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS 2023) in Granada, Spain.

Tiong, K.Y., Ma, Z. & Palmqvist, C.W. (2023). Real-time High-Speed Train Delay Prediction using Seemingly Unrelated Regression Models. World Conference on Transport Research (WCTR) 2023, in Montreal, Canada.

Zahir, R., Schmidt, C., & Lidén, T. (2023). Shift Scheduling for Train Dispatchers. In: RailBelgrade2023: 10th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA) – RailBelgrade 2023, Belgrade, Serbia, April 25-28, 2023, (pp. 120-120). The Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Serbia.  
<https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-8010&pid=diva2%3A1765751>

### **Vetenskapliga artiklar/Tekniska rapporter/”White papers”**

Aronsson, M. (2023). Värdering av tågtrafik i TTRs förhandsplanering - Slutrapport från projektet TOT, Tjänsteutbud Och Transportkapacitets-försörjning på järnväg, RISE Rapport 2023:141, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1822659/FULLTEXT01.pdf>

Joborn, M., (2023), Fol-områden relaterade till C-DAS och TMS, RISE Rapport 2023:119. <https://ri.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1822649>

Joborn, M., Ranjbar, Z., (2023). Demonstratorutveckling och tillämpning av kritiska störningar och punktlighet. RISE Rapport 2023:50.

Lidén, T., & Häll, C. H. (2023). Utformning av underhållsområden på större driftplatser - verksamhetsstudie. Linköpings universitet. DiVA <https://doi.org/10.3384/report-199408>

Lidén, T., Kristofersson, F., Engsfelt, J., & Enevoldsen, B. (2023). Samplanering av trafik påverkande åtgärder och trafikflöden för banarbetsplaneringen. SATT-BP: Programutveckling och fallstudier. Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI resultat 2023:7. DiVA <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:vti:diva-19991>

Sipilä, H. (2023). Simulations with PROTON and RailSys: Use of a macroscopic and microscopic railway simulation tool in Swedish applications. KTH rapport TRITA-ABE-RPT-2323. <https://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1802262>

## Film

Gestrelus, S., Joborn, M., Teinelund, H., Wahlborg, M. (2023). Demonstration of enhanced + integrated line- and yard planning and possibilities for implementation. Tillgänglig via youtube: [https://youtu.be/LR\\_QJG3OvXU?feature=shared](https://youtu.be/LR_QJG3OvXU?feature=shared)

## Shift2Rail och EU-rapporter

Lidén, T., et al. (2023). Demonstration of enhanced and integrated line- and yard planning and possibilities for implementation. Deliverable D2.3 from project FR8RAIL III.

Köhler, P., et al. (2023). The need for future development of methods and models for capacity simulations and feedback loops between planning and operations. Deliverable D8.1 from ERJU project FA1 MOTIONAL.

## Konferenspresentationer (utan proceedings)

KAJTs egna arrangemang sammanställs i Bilaga 4.

Arweström Jansson, A., Lindblom, J. & Frohm, J. Behövs det mänskliga bidraget när det finns AI-lösningar? Presentation vid KAJT Resultatkonferens Excellensområden, 24 oktober 2023, Norrköping.

Aronsson, M., Capacity allocations: Defining harmonized prioritization criteria, New Rules for Better Rail Capacity Management, Florens, September 2023.

Hellblom, E. Extension of timetable compression approach for assessing the capacity of stations – with turnarounds and alternative track assignment. The 12<sup>th</sup> Annual Swedish Transport Research Conference (STRC 2023), Stockholm, 2023.

Johansson, I. Rail Platform Allocation for Reliable Interchanges. The 12<sup>th</sup> Annual Swedish Transport Research Conference (STRC 2023), Stockholm, 2023.

Lidén, T., Engsfelt, J. Bättre beslutsstöd för samordning av banarbeten. Transportforum, Linköping, 2024-01-17 – 18.

Lidén, T., & Häll, C. H. Utformning av arbetsområden för underhåll på större järnvägsstationer. Transportforum, Linköping, 2024-01-17 – 18.

Lidén, T., Kristofersson, F. Coordinated capacity planning of railway infrastructure projects and traffic flows. 12th Annual Swedish Transport Research Conference, STRC, Stockholm, 2023-10-16 – 17.

Minbashi, N., Zhao, J., Dick, C. T., Bohlin, M. (2023). Application of simulation-assisted machine learning for yard departure prediction. Accepted for presentation at the 10th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis (ICROMA). RailBelgrade 2023

Schmidt, C., Zahir, R., Initial Results for CAPMO-Train. In Workshop on Digital Air Traffic Services: Workload and Safety Assessment (DATS). February 6-7<sup>th</sup>, 2023, Norrköping

Tiong, K.Y., Ma, Z., Palmqvist, C.W. (2023) Evaluation Method of Data-driven Train Delay Prediction Models. The 4th International Workshop on Artificial Intelligence for RAILwayS at The International Conference on Optimization and Decision Science in Ischia, Italy.

Zahir, R., Schmidt, C., & Lidén, T. (2023). Improving Attractiveness of Working Shifts for Train Dispatchers. In *25th Euro Working Group on Transportation Meeting (EWGT 2023)*, Santander, Spain Serbia, Sep 6th–8th, 2023. School of Civil Engineering, University of Cantabria, Santander, Spain

Zahir, R., Improving Attractiveness of Working Shifts for Train Dispatchers. In Transportforum, Linköping, 2024

Zahir, R., Improving Attractiveness of Working Shifts for Train Dispatchers. In ITN PhD Conference. October 27<sup>th</sup>, 2023, Norrköping



## Bilaga 4

### KAJT-seminarier under 2023

Vid KAJTs seminarier under 2023 presenterades aktuella och framtida satsningar inom området. Det gick att medverka både fysiskt och online.

#### Program för KAJT Vårseminarium 15 maj 2023

- KAJTs betydelse, utveckling och framsteg.  
Susanne Skovgaard, Trafikverket, Martin Joborn, RISE och Linköpings universitet
- Trafikverkets foi behov KAJT och aktuella frågeställningar TTT.  
Magnus Wahlborg, Soli Liu-Viking, Trafikverket
- Simulation-assisted machine learning for yard departure prediction: a benchmarking study between European and North American contexts.  
Niloofar Minbashi, KTH
- Train Dispatcher Shift Scheduling.  
Rabii Zahir, Linköpings universitet
- Koordinera banarbeten för minskad trafikpåverkan – verktyg och resultat från fallstudie.  
Tomas Lidén, VTI, Johan Engsfeldt, Trafikverket
- Trackwork Schedule Instability in Sweden.  
Daria Ivina, Lunds universitet
- Problem och möjligheter kopplat till förarbeteende – igår, idag och imorgon.  
Tomas Rosberg, VTI
- Forskningsbehov inom C-DAS-området.  
Martin Joborn, RISE
- Avslut  
Johanna Dillén, Trafikverket

#### Program för KAJT Höstseminarium 27 november 2023

- Inledning  
Martin Joborn, RISE och Linköpings universitet, Magnus Wahlborg, Trafikverket
- Prognoser av anslutningssäkerheten för bättre trafikinformation vid resor med byten  
Nils Breyer, LiU
- The influence of passengers on dwell time delays at stations and potential countermeasures  
Ruben Kuipers, LU

- Extension of timetable compression approach for assessing the capacity of stations – with turnarounds and alternative track assignment  
Elin Hellblom, KTH
- EU-RAIL Flagship 1 och 5, Demonstration Malmö-Oslo/Alnabru  
Magnus Wahlborg, Niklas Blidberg, Trafikverket
- RailwayCDM – koncept för digital samverkan för järnväg – resan mot implementation  
Sandra Haraldsson, Johan Östling, RISE
- Samplanering på Malmö godsbangård med YCS  
Sara Gestrelus, Martin Joborn, RISE
- Reinforcement learning för att lösa robusthetsbrister i tågtidtabeller  
Johan Högdahl, KTH
- Kapacitet och värdering i TTRs Advance planning -- Resultat från projektet TOT, Tjänsteutbud Och Transportkapacitetsförsörjning på järnväg  
Martin Aronsson, RISE
- Arbetsområden för underhåll på driftplatser, en förstudie  
Tomas Lidén, LiU