



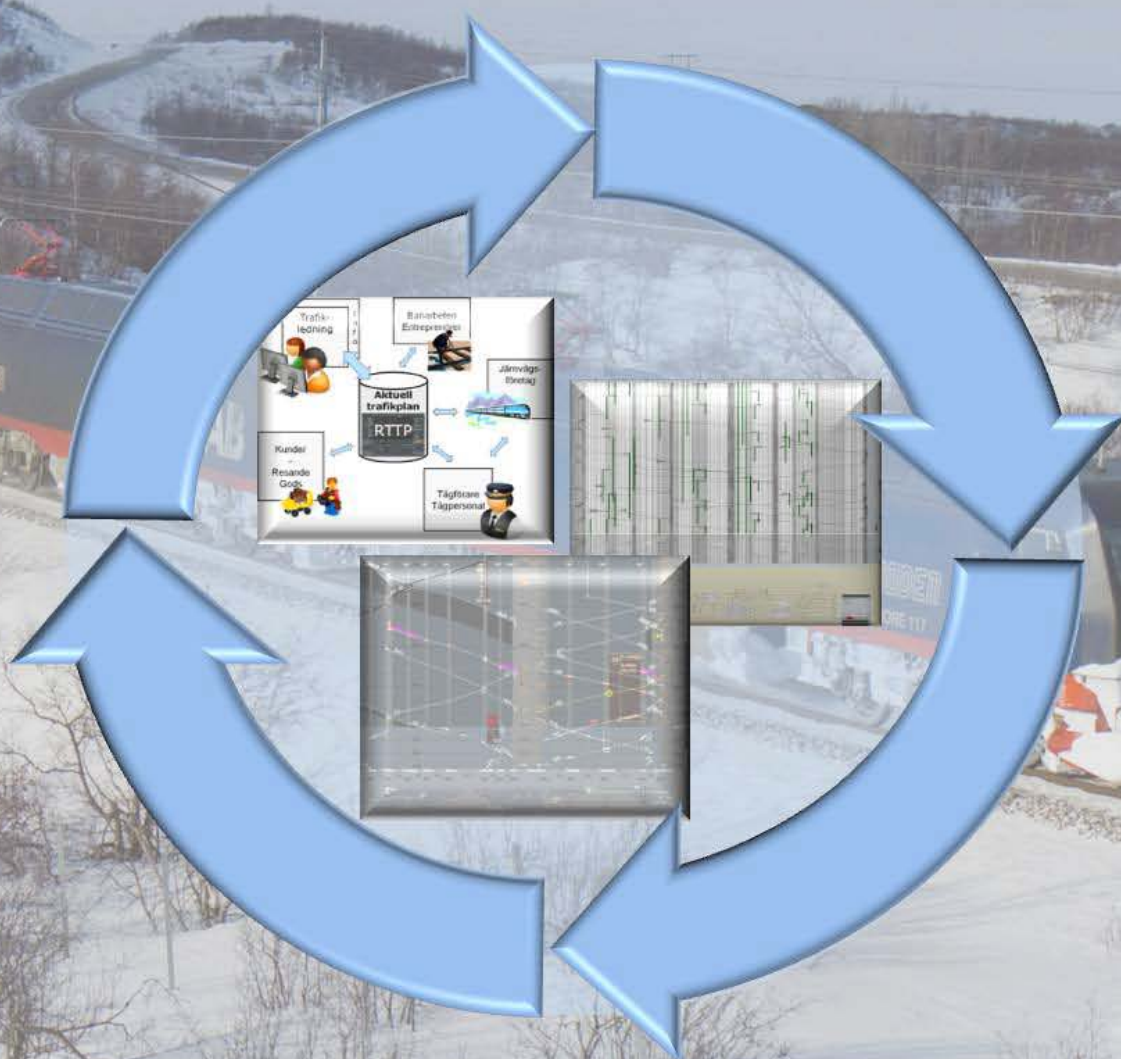
UPPSALA  
UNIVERSITET

# Framtida tågtrafikstyrning

Sammanfattande forskningsrapport

Slutrapport från FOT-projektet

December 2015



# Innehåll

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1      | Förord .....   | 6  |
| 2      | Sammanfattning och rekommendationer .....                          | 7  |
| 3      | Bakgrund .....   | 10 |
| 3.1    | 20 års forskning .....   | 10 |
| 3.2    | Hur forskningen initierades .....                                  | 10 |
| 3.3    | Vår vetenskapliga värdegrund .....                                 | 12 |
| 3.4    | Projekt genom åren .....   | 13 |
| 3.4.1  | FTTS.....  | 13 |
| 3.4.2  | CATD .....   | 13 |
| 3.4.3  | TopSim .....   | 13 |
| 3.4.4  | Train .....  | 14 |
| 3.4.5  | ONTIME .....   | 14 |
| 3.4.6  | FOT .....  | 15 |
| 3.4.7  | BAOT .....   | 15 |
| 3.4.8  | Den framtida trafikbilden .....                                    | 15 |
| 3.5    | Huvudsakliga resultat och slutsatser.....                          | 15 |
| 3.5.1  | Några viktiga resultat från tidigare forskning .....               | 16 |
| 3.6    | Den grundläggande kunskapsbasen.....                               | 17 |
| 3.6.1  | Mänsklig perception och kognition.....                             | 17 |
| 3.6.2  | Den "mänskliga faktorn" och olyckor .....                          | 17 |
| 3.6.3  | Situation awareness .....  | 17 |
| 3.6.4  | Automation och "automation surprises" .....                        | 17 |
| 3.6.5  | Kognitiva arbetsmiljöproblem.....                                  | 18 |
| 3.6.6  | Visualisering av komplexa förlopp .....                            | 18 |
| 3.6.7  | Operatörsarbete inom process- och trafikstyrning .....             | 18 |
| 3.6.8  | Utvärdering av användbarhet .....                                  | 18 |
| 3.6.9  | Verksamhetsutveckling och användarcentrerat utvecklingsarbete..... | 18 |
| 3.6.10 | En beskrivningsmodell för styrning av komplexa system – MMSO ..... | 18 |
| 3.6.11 | Beskrivningsmodellen tillämpad på tågtrafikstyrning .....          | 19 |
| 3.7    | Internationell och nationell jämförelse .....                      | 20 |
| 4      | FOT-projektet.....   | 23 |
| 4.1    | Syfte och innehåll .....   | 23 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 5      | Resultat - inledning .....                                       | 24 |
| 6      | Utgångspunkter - Att styra en process .....                      | 25 |
| 6.1    | Styrning förutsätter en plan .....                               | 25 |
| 6.2    | Planen måste följas - återkoppling.....                          | 25 |
| 6.3    | Planen måste ha hög kvalitet .....                               | 26 |
| 7      | Arbetsmiljöaspekter – kognitiv arbetsmiljö .....                 | 27 |
| 7.1.1  | Krav .....   | 28 |
| 7.1.2  | Kontroll .....   | 29 |
| 7.1.3  | Stöd.....  | 30 |
| 8      | Tågtrafiksystemet .....  | 31 |
| 8.1.1  | Många aktörer .....  | 31 |
| 8.1.2  | Komplexiteten .....  | 31 |
| 8.1.3  | Dynamiken .....  | 32 |
| 8.1.4  | Brist på viktig information .....                                | 32 |
| 8.1.5  | Bristande informationskvalitet .....                             | 33 |
| 8.1.6  | De höga kraven.....  | 33 |
| 9      | Principen - styra genom operativ omplanering .....               | 34 |
| 9.1.1  | Visionen – vad är det vi vill uppnå?.....                        | 34 |
| 9.1.2  | Styra trafiken genom operativ omplanering - realtidsplanen ..... | 34 |
| 9.1.3  | Automatisk exekvering .....                                      | 35 |
| 9.1.4  | Ett nytt användargränssnitt.....                                 | 36 |
| 9.1.5  | Planera för andra och för helheten .....                         | 36 |
| 9.1.6  | Skilja beslut från åtgärd/exekvering.....                        | 36 |
| 9.1.7  | Samverkan i det operativa .....                                  | 37 |
| 9.1.8  | Slutna styrloopar och återkoppling .....                         | 37 |
| 10     | Slutna styrloopar .....  | 39 |
| 11     | Visualisering och gränssnittsdesign .....                        | 42 |
| 11.1.1 | Perception.....  | 42 |
| 11.1.2 | Kognition.....   | 43 |
| 11.1.3 | Statisk och dynamisk information.....                            | 44 |
| 11.1.4 | Slutsatser .....   | 44 |
| 12     | STEG-grafen .....  | 47 |
| 13     | RTTP - Realtidsplanen .....                                      | 51 |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 14 | CGTO – Lokförarna med i loopen .....                                  | 52 |
| 15 | SAP – komplexa noder.....   | 54 |
| 16 | Olika trafiksituationer ger olika behov av lösningar .....            | 56 |
| 17 | Automation i trafikstyrningen .....                                   | 58 |
| 18 | Beslutsstöd .....   | 60 |
|    | 18.1.1 Några projekt om beslutsstöd.....                              | 61 |
|    | 18.1.2 Olika principer för beslutsstöd .....                          | 62 |
|    | 18.1.3 Våra slutsatser .....  | 63 |
| 19 | Utvärdering av STEG i det operativa arbetet .....                     | 66 |
|    | 19.1 STEG i Norrköping.....   | 66 |
|    | 19.1.1 Utvärderingen i Norrköping .....                               | 67 |
|    | 19.1.2 Slutsatser från Norrköping .....                               | 69 |
|    | 19.2 STEG i Boden .....   | 70 |
|    | 19.2.1 Införandet i Boden.....  | 70 |
|    | 19.3 Sammanfattande slutsatser .....                                  | 71 |
| 20 | Utvärderingar 2015 och behov av fortsatt utveckling.....              | 72 |
|    | 20.1.1 Körplanernas kvalitet och innehåll.....                        | 72 |
|    | 20.1.2 Användning av automatisk exekvering (AEF).....                 | 73 |
|    | 20.1.3 Hur bygga bort de tekniska problemen med AEF? .....            | 74 |
|    | 20.1.4 Ytterligare önskvärda åtgärder .....                           | 75 |
| 21 | Det nya arbetet – organisationen, arbetssättet, verktygen .....       | 76 |
|    | 21.1 Det gamla och det nya arbetssättet.....                          | 76 |
|    | 21.2 Arbetet med operativ omplanering .....                           | 76 |
|    | 21.3 Den framtida arbetsorganisationen .....                          | 78 |
|    | 21.4 De framtida kompetenserna .....                                  | 80 |
|    | 21.5 Den framtida arbetsplatsen.....                                  | 80 |
|    | 21.6 De framtida spårplanerna .....                                   | 81 |
| 22 | Studier av lokförarnas arbete och samverkan med trafikledningen ..... | 84 |
|    | 22.1 Syfte .....  | 84 |
|    | 22.2 Bakgrund.....  | 84 |
|    | 22.3 Obsoleta planer .....  | 85 |
|    | 22.4 Kommunikation .....  | 86 |
|    | 22.5 Befintliga stödsystem, DAS och CGTO .....                        | 86 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 22.6   | Några exempel på DAS .....                                     | 87  |
| 22.7   | Studier av framtida DAS.....                                   | 88  |
| 22.8   | Resultat .....   | 89  |
| 22.8.1 | Målpunkter .....   | 90  |
| 22.8.2 | Hastighetskurva.....   | 91  |
| 22.8.3 | Visning av omgivande trafik.....                               | 92  |
| 22.8.4 | Förbättrad kommunikation och samverkan.....                    | 93  |
| 22.8.5 | Rekommendationer .....   | 95  |
| 23     | Lärande i arbetet.....   | 96  |
| 23.1   | Olika typer av lärandeprocesser.....                           | 97  |
| 23.1.1 | Individuellt lärande .....                                     | 97  |
| 23.1.2 | Organisatoriskt lärande .....                                  | 97  |
| 23.1.3 | Realtidslärande .....  | 97  |
| 23.1.4 | Retrospektivt lärande.....                                     | 97  |
| 23.2   | Utformning av lärandeprocesser .....                           | 97  |
| 23.2.1 | Individuellt .....   | 97  |
| 23.2.2 | Organisatoriskt .....  | 99  |
| 24     | Utvecklingsprocesserna.....                                    | 100 |
| 24.1.1 | Ett användarcentrerat perspektiv.....                          | 100 |
| 24.1.2 | Användardeltagande.....  | 101 |
| 24.1.3 | Målbildsarbete.....  | 101 |
| 24.1.4 | Samverkan i utvecklingsprocessen.....                          | 102 |
| 24.1.5 | Införandeproblematiken .....                                   | 102 |
| 24.1.6 | Ett livscykelperspektiv .....                                  | 103 |
| 24.1.7 | Lärdomar från utvecklingen av STEG .....                       | 103 |
| 25     | Införandeproblematiken .....                                   | 104 |
| 25.1   | Viktiga krav på ett bra införande .....                        | 104 |
| 25.1.1 | Arbetsmiljö och trygghet för personalen.....                   | 105 |
| 26     | Lärdomar från ONTIME-projektet.....                            | 107 |
| 26.1   | Vad var ONTIME .....   | 107 |
| 26.2   | Vår roll i projektet.....                                      | 107 |
| 26.3   | Slutsatser av betydelse för framtida utveckling i Sverige..... | 108 |
| 27     | Diskussion .....   | 111 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 28     | Rekommendationer inför fortsatt utveckling .....               | 113 |
| 28.1.1 | Generella rekommendationer .....                               | 113 |
| 28.1.2 | På kort sikt.....  | 113 |
| 28.1.3 | Inför utvecklingen och införandet av NTL .....                 | 114 |
| 29     | Behov av fortsatt forskning .....                              | 115 |
| 30     | Publikationer från forskningen.....                            | 117 |
| 30.1   | Akademiska avhandlingar.....                                   | 117 |
| 30.2   | Artiklar i tidskrifter och på internationella konferenser..... | 117 |
| 30.3   | Andra rapporter och publikationer .....                        | 120 |
| 31     | Referenser.....  | 122 |

## 1 Förord

Sedan flera år har forskning om nya styrprinciper, organisationsförändringar, användargränssnitt och beslutsstöd för tågtrafikledning bedrivits i samverkan mellan institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet och Trafikverket. Det har handlat om fler olika projekt som kan sammanfattas under rubriken *Framtida tågtrafikstyrning, FTTS*. Under åren har forskningsarbetet haft lite olika fokus och behandlat olika frågeställningar. I vissa delprojekt har andra samverkansparter också varit inblandade. Den senaste projektfasen, med namnet *FOT – Det framtida operativa tågtrafiksystemet*, TRV 2013/43883, startade 2013-07-01 och avslutas 2015-12-31. Syftet med denna rapport är att beskriva arbetet och resultaten under den senaste projektfasen, FOT-projektet, men vi vill genom att göra rapporten lite mer utförlig även sammanfatta viktigare delar av den tidigare forskningen. Rapporten kan förhoppningsvis på så vis också ge en mer utförlig bakgrund till det senare arbetet.

Det tidigare forskningsarbetet har bland annat resulterat i en kunskapsbas om samspelet mellan människorna i olika roller och tekniska stödsystem samt i en grundläggande analys av arbetet med att styra tågtrafik. Tillsammans med arbetsgrupper inom Trafikverket har förslag till nya principer och gränssnitt för operativ styrning, ”trafikstyrning genom omplanering i realtid”, tagits fram. Vi har även utvecklat prototyper av de nya styrprinciperna och av nya användargränssnitt. Grundläggande studier av praktiskt fungerande styr- och beslutsstöd för trafikledare genomfördes först i laboriemiljö. Baserat på forskningsarbetet initierade Trafikverket STEG-projektet, med syfte att utveckla ett fullskaligt system som kunde testas i verklig trafikstyrningsmiljö. STEG har införts och testats i operativ verksamhet vid trafikledningscentralerna i Norrköping och Boden. Därefter har forskningen gått vidare för att stödja den fortsatta utvecklingen av STEG-systemet, av andra stödsystem för trafikstyrning, den operativa organisationen, samverkan med andra aktörer, t ex järnvägsföretagen och lokförarna, samt med utformning av system för kommunikation och användargränssnitt för dessa.

Tidigare forskningsaktiviteter har avrapporterats och en sammanställning av olika rapporter, vetenskapliga publikationer, information om testsystem m.m. finns redovisade i referenslistan i denna rapport samt via länken <http://www.it.uu.se/research/project/fts>.

Den vetenskapliga forskningen har bestått av utvecklingen av metoder för målbildsarbete, kunskapsutvinning från experter, dynamiskt beslutsfattande, gränssnittsdesign, visualisering av komplex information, samt principer för styrning av realtidsprocesser som inkluderar professionella operatörer. Vi har medvetet låtit bli att tynga denna rapport med allt för mycket vetenskapliga referenser och citat. Sådant finns utförligt redovisat i den vetenskapliga rapporteringen från forskningsarbetet. Några referenser finns dock med, då de kan vara viktiga grundkällor för information eller vara möjlig läsning om man vill fördjupa sig.

Projektet ingår i branschprogrammet KAJT, Kapacitet i Järnvägstrafiken, <http://www.kajt.org/>

*Uppsala, december 2015*

Arne W Andersson, Bengt Sandblad, Simon Tschirner, Anders Jansson

## 2 Sammanfattning och rekommendationer

Denna rapport, som primärt är en slutrapport för FOT-projektet (det Framtida Operativa Tågtrafiksystemet), vill också sammanfatta de viktigaste delarna av den forskning som sedan snart 20 år bedrivits inom en rad olika projekt under samlingsnamnet FTTS, Framtida tågtrafikstyrning. Avsikten med att även sammanfatta den tidigare forskningen är att därigenom ge en grund för att förklara och motivera de resultat, slutsatser och rekommendationer vi presenterar. De senare resultaten bygger till stor del på tidigare forskning och erfarenheter från de tillämpningar och utvärderingar som gjorts under åren.

Forskningen började med ett brett uppdrag att ta fram en kunskapsgrund för att analysera den dåvarande operativa trafikstyrningen och dess stödsystem samt föreslå riktlinjer för en framtida effektivare trafikstyrning. Uppdraget formulerades från början bl a som att ”i framtiden måste vi kunna styra trafiken och inte bara infrastrukturen”.

Den första fasen av arbetet handlade om att ta fram en ”kunskapsgrund” av sådana kunskaper och erfarenheter vi såg var viktiga för det kommande forsknings- och utvecklingsarbetet. Vi utgick från de vetenskapliga teorier och metoder vi såg som relevanta samt av de erfarenheter vi och andra hade från forskning inom andra branscher. Baserat på detta gjordes grundliga beskrivningar och analyser av det operativa arbetet, de problem som trafikledarna (fjärrtågklararerna) uppfattade samt de förändringsbehov man kunde härleda från detta. Analysarbetet genomfördes i form av omfattande observationer och intervjuer samt ett ”målbildsarbete” där vi forskare tillsammans med en grupp erfarna trafikledare och andra successivt gick igenom arbetsprocesserna och formulerade grunderna för ett nytt slags trafikledningsarbete. Detta arbete pågick under en tvåårsperiod parallellt med att resultaten från målbildsarbetet realiserades i form av skisser och prototyper av nya system. Senare vidareutvecklades detta och system kunde testas och utvärderas i laboratoriemiljö.

Den vision av det framtida trafikledningsarbetet som utvecklades bygger på några viktiga principer:

- Trafiken ska styras genom operativ omplanering. Trafikledarnas fokus ska ligga på att följa trafikprocessen, identifiera behov av omplanering, se till att det alltid finns en enda aktuell gemensam realtidsplan som alla tåg och andra processer kan och ska följa.
- Den kontinuerligt uppdaterade realtidsplanen exekveras av automatiska system som inte tillåts ändra i planen. Exekveringen sker genom att planen låses nära realtid och överförs till tåglednings- och signalsystem. Detta fungerar så länge signalsäkerhetssystemet är intakt. Är det inte det så måste planen exekveras manuellt ungefär som idag.
- Det nya trafikledningsarbetet måste stödjas av en ny typ av användargränssnitt, i form av en tid-sträckagraf, där alla tågs planer är synliga. Omplaneringen görs direkt i grafen genom att man manipulerar linjerna som beskriver varje tågs planerade färd.
- Trafikledaren stöds i arbetet genom att avvikelser och konflikter i planen tydligt visas i gränssnittet och trafikledaren får direkt återkoppling på resultatet av en omplanering.



Baserat på den specifikation av de nya styrprinciperna och stödsystemen som togs fram i forskningen initierade Trafikverket STEG-projektet, som utvecklade och införde ett fullskalesystem först i Norrköping och sedan i Boden. Det första införandet i Norrköping var en enskild arbetsplats och utvärderingar visade att systemet fungerade mycket väl. I Boden har STEG omvandlats till ett fleranvändarsystem för hela trafikledningsområdet. Här har införandet försenats och brottats med en rad problem som beskrivs i denna rapport. Under arbetet med STEG i Norrköping och i Boden har många detaljer finslipats och nya funktioner utvecklats.

I Boden har försök också gjorts med att koppla STEG till ett system, CATO, som förser förarna på malmtågen med realtidsinformation om den aktuella planen. Erfarenheterna från detta är att det idag finns en rad problem med att få detta att fungera som tänkt, men att sådana system är mycket viktiga för framtiden.

STEG-systemet innehåller idag inte några mer avancerade beslutsstöd som kan ge automatiska stöd för optimal omplanering. Forskning pågår och sådana system kan i framtiden stödja trafikledarnas arbete.

STEG realiserar en del av de grundläggande koncepten från forskningen, men inte alla delar som behövs för att skapa en effektiv helhet. Några ytterligare delar som behöver utvecklas är främst:

- En rad funktioner och detaljer i dagens STEG-gränssnitt behöver förbättras och förenklas.
- De ursprungliga trafikplanerna måste ha hög kvalitet, vara konfliktfria, sammanhängande och optimerade.
- Lokförarna måste ges goda förutsättningar att köra enligt den gällande realtidsplanen, genom att information om den aktuella planen överförs till förarna och presenteras för dem på ett anpassat sätt. Förarna måste kunna förmedla information om sådant som kan påverka planeringen tillbaka till trafikledningen.
- Gränssnitt och stödfunktioner som är integrerade och skräddarsydda för trafikinformatorerna.
- Gränssnitt och stödfunktioner för rollen ”tågledare”, dvs den roll som samordnar planeringen över stora områden.
- Alla operativa aktörer, t ex järnvägsföretagen, banarbetare etc. måste också kunna ta del av realtidsplanen och i tid meddela ändrade förutsättningar för trafikledarnas omplanering.
- Informationen till passagerare och godskunder kan förbättras genom att den aktuella realtidsinformationen utnyttjas.
- Processer för förbättrat individuellt och organisatoriskt lärande bör införas, för att kontinuerligt utvärdera verksamhetens kvalitet och för att utveckla kompetenser och strategier.
- Procedurer och stödsystem som underlättar uppdatering och åtkomst av detaljerad information om konstruktion och funktion hos infrastruktur och tekniska system.
- Konstruktion och projektering av infrastruktur och tekniska system måste standardiseras med målen att vara enhetliga och användbara, dvs styrbara och körbara. De har lång

livslängd och påverkar effektiviteten hos många yrkesroller och för det operativa arbetet som helhet.

- Stödfunktioner för rapportering av orsaker till avvikelser måste integreras och effektiviseras. I den dynamiska grafen finns redan plats, tid och tågidentifikation representerade. I trafikbilden finns även objektidentifikation.
- Telefonsystemet måste integreras med tågledningssystemet. Utan integration uppstår onödigt och tidsödande arbete.

Det långsiktiga målet med forskningen har varit att stödja utvecklingen mot en framtida effektivare trafikstyrning som kan hantera störningar, bidra till att tillgänglig kapacitet utnyttjas optimalt, förbättra informationen samt skapa en god arbetsmiljö. Då det kommande NTL-projektet kommer att lägga grunden för detta ser vi följande rekommendationer som viktiga för att detta projekt ska bli framgångsrikt:

- Mer omfattande erfarenheter från STEG-användningen i Boden och Norrköping behöver samlas in, analyseras och utnyttjas i detaljerade specifikationer för det framtida systemet.
- Då de i Boden införda systemen (STEG och CATO) idag inte fungerar helt enligt specifikationerna är det av synnerlig vikt att se till att så snart som möjligt blir fallet. Ett komplett och utvärderat system i Boden, och kanske även i Norrköping, är av mycket stort värde för utvecklingen av nya system inom NTL-projektet.
- Processen för införande av det nya systemet kommer att vara mycket viktig. Införandet är komplext och kräver omfattande resurser. Misstag under införandet sitter ofta kvar länge och leder till att de förväntade effekterna inte uppnås.
- Införandet pågår länge och kräver välplanerade aktiviteter långt före, under och efter det tekniska införandet. Speciellt ska man beakta den viktiga delen som sker efter driftsättning.
- Det kommer att finnas ett stort behov av träning och utbildning, före, under och efter införande. Det som införs är inte bara ett tekniskt system utan nya organisatoriska strukturer, arbetsprocesser, kommunikationsmönster etc.
- Den nya organisationen och det nya arbetet måste utformas som helhet. Alla roller ska stödjas, t ex trafikledare, informatörer, samordnare/tågledare, ROL, NOL etc. Dessa roller behöver få sina egna informationssystem med en för dem anpassad visualisering.
- Det är viktigt att få med alla aktörer i förändringsarbetet. Speciellt gäller detta järnvägsföretagen och lokförarna. Om inte anpassade system utvecklas hos dessa, och för kommunikationen med trafikledningen, kommer den förväntade nyttan inte att uppnås.
- Utvecklingsprocessen måste ske i samverkan mellan olika aktörer och enligt en användarcentrerad och iterativ modell. Samverkan måste ske mellan utvecklare, leverantörer, beställare, olika kompetenser inom trafikledningen och gärna med stöd av forskare.

## 3 Bakgrund

### 3.1 20 års forskning

Det forskningsarbete som genomförts har en lång historia. Vi hade sedan tidigare forskat inom andra verksamheter där människor i en organisation ska planera och styra komplexa system. Exempel är sjukvård, processindustri, elkraftdistribution och administrativa arbeten. De erfarenheterna, tillsammans med förankring i dåtidens forskningstraditioner, hade vi med oss in i arbetet. I efterhand kan man reflektera över hur lång tid saker tar att genomföra då större teknikskiften ska göras i komplexa organisationer. Järnväg torde vara en av de mest komplexa och tekniskt tunga verksamheterna som finns. Infrastruktur tar mycket lång tid att bygga. Säkerhetskraven är extremt höga. Branschen är också tyngd av mycket tradition. Tiden från start av den grundläggande forskningen till dess att ett helt nytt system, byggd på helt nya principer, för tågtrafikstyrning är infört i Sverige handlar om nästan 20 år. Och troligen är det svårt att få saker att gå snabbare än så, om man vill göra det på ett hållbart sätt. Utmaningen är att inte bygga de nya lösningarna så att det förhindrar fortsatt utveckling. Man kan formulera det som att ”det enda som får vara konstant är den kontinuerliga utvecklingen och förändringsarbetet”.

### 3.2 Hur forskningen initierades

Det långa forskningssamarbetet mellan institutionen för informationsteknologi och Trafikverket, dåvarande Banverket, startade som en förstudie redan år 1995-1996. Det var Ingemar Frej som tog initiativet till detta. Efter förstudien startade en första forskningsfas, då med Anders Gideon som kontaktperson vid Banverket. De frågor som låg till grund för arbetet under de första åren var ganska vagt formulerade. Frågorna handlade om de brister man såg i den teknik och det arbetssätt man då hade och som man insåg inte alltid medgav ett effektivt arbete och bra möjligheter att hantera störningar. Man tyckte att det borde gå att göra saker på ”ett bättre sätt”. De frågor som ställdes var t ex:

- ”Man måste kunna styra trafiken, inte bara den tekniska infrastrukturen”
- ”Man måste kunna se till helheten”
- ”Alla aktörer måste kunna samverka bättre”
- ”De framtida trafikledarna måste få en bra arbetsmiljö”

För att precisera detta lite mer arrangerade vi som en del av det första projektfasen några visionsseminarier. Denna metod innebär att man låter kunniga personer samlas för att beskriva och analysera dagens arbetssätt, med dess problem och brister, samt formulera preliminära mål för ett framtida bättre arbetssätt. I detta fall genomförde vi två heldagar med en grupp kunniga och ansvariga personer inom den dåtida tågtrafikledningens organisation. Resultatet granskades och kompletterades och blev en utgångspunkt för det fortsatta arbetet.

Den första projektfasen, de första två åren, handlade sedan främst om att försöka förstå arbetet med att styra tågtrafik. Vi ville kunna beskriva arbetet på ett sådant sätt att det var möjligt för

oss att, i samverkan med de som gjorde jobbet, analysera det så att problem, brister, förändringsbehov och förändringsmöjligheter tydliggjordes. Tre ansatser var viktiga i detta arbete:

- Ett etnografiskt perspektiv. Man kan bara förstå ett komplext arbetssammanhang genom att vistas i miljön en längre tid, observera, intervjua och samtala med de som gör jobbet. Ett mycket stort antal intervjuer transkriberades och analyserades. Av detta lärde vi oss själva mycket och vi kunde detaljerat beskriva hur trafikledarna resonerade kring sitt arbete, hur man agerade i olika situationer, varför man gjorde så, hur man reflekterade kring vad som var krångligt och svårt etc.
- Vår modell för beskrivning och analys av mänsklig styrning av komplexa dynamiska system, MMSO-modellen. Denna modell, som beskriver de nödvändiga villkoren för styrning (Mål, mental Modell, Styrbarhet och Observerbarhet) hade vi utvecklat inom tidigare forskning. Den har senare kommit att vidareutvecklas inom detta och andra senare projekt. Vi kunde beskriva och analysera trafikledningen och arbetet med trafikstyrning i dessa termer, för att förstå vad man gjorde och vad som var bristerna i arbetssätt och i den teknik som skulle stödja arbetet.
- Aktionsforskning, vilket innebär att forskarna aktivt deltar i att förändra det system som man studerar. En mer klassisk traditionell forskningsmetod handlar i motsats till detta om att man enbart studerar ett system utifrån, för att kunna beskriva det, hur det fungerar, vad som sker i det etc. I sådan forskning handlar det om att minimera interaktionen med systemet. Man vill undvika all påverkan, så att de resultat man kommer fram till verkligen beskriver systemets inneboende struktur, egenskaper etc. Vid aktionsforskning, där man aktivt vill påverka och förändra mot något uppsatt mål, uppstår därför en rad utmaningar. Vid den grundläggande analysen kan en mer klassisk ansats behövas, men sedan vill man aktivt bidra till förändringarna. Det är då viktigt att alla förändringar görs på vetenskapliga grunder och att effekterna noga studeras och utvärderas. Erfarenheterna från analyserna kan sedan återföras till planeringen av de fortsatta aktiviteterna.

Denna första projektfas lade grunden för det fortsatta långsiktiga forskningsarbetet och resulterade i de första rapporterna och vetenskapliga publikationerna. Det är viktigt att förstå att det uppdrag vi som forskare fick från starten, att bygga upp nya kunskaper och ta fram väl grundade långsiktiga lösningar, var både ovanligt och lyckosamt. Hade vi haft uppdraget att på kort sikt hitta nya tekniklösningar hade resultaten blivit betydligt mindre innovativt. Det långsiktiga perspektivet möjliggjorde också att Trafikverkets personal kunde ges möjligheter att aktivt delta i forskningsarbetet, vilket har visat sig vara en framgångsfaktor.

I det tidiga forskningsarbetet lade vi också stor vikt vid att ta fram och dokumentera en ”kunskapsbas”, dvs sådana kunskaper som vi ansåg vara av vikt att beakta i kommande forskning och utveckling. Denna ”kunskapsbas” presenteras lite mer utförligt nedan. Vi genomförde också ett antal olika utbildningsinsatser internt inom Trafikverket.

### 3.3 Vår vetenskapliga värdegrund

All forskning ska vara objektiv. Resultat och åtgärder ska bygga på ”vetenskap och beprövad erfarenhet”. Vad som måste prägla forskning är ganska tydligt, det finns något som definierar kvalitet i forskningen. Men forskning bygger alltid på vissa grundläggande antaganden. Dessutom måste man välja vilka forskningsfrågor man tar tag i och hur man prioriterar i olika situationer. Här gäller det att vara tydlig med vilken värdegrund man står på. Med värdegrund menar vi här de grundläggande värden, synsätt och motiv för val vi gjort i vårt arbete. Vetenskapsteoretiskt skiljer man mellan värderelaterad vetenskaplig verksamhet och en vetenskap fri från värderingar. I vårt arbete vill vi vara tydliga med vilka värdegrunder vi utgår från. Utan att föra någon djupare teoretisk diskussion om detta kan vi ge ett exempel.

En viktig fråga för utformning av principer för tågtrafikledning och för tåglednings- och signalsystem är hur mycket man ska automatisera och hur denna automatisering ska utformas. Här skulle man, något förenklat och kanske lite hårddraget, kunna utgå från två motsatta synsätt, vilka resulterar i helt olika slutsatser och resultat.

- Det ena synsättet bygger på antagandet att människan inte har kapacitet eller förmåga att hantera alla svåra beslut eller hinner med att på ett mer optimalt sätt planera om och hantera störningar. Den lösning man därför strävar mot är att totalautomatisera trafikstyrningen och eliminera behovet av mänskliga insatser. Människan ses som en flaskhals i systemet. Automatiska system ska identifiera störningar och konflikter, med hjälp av matematiska algoritmer hitta en optimal lösning samt exekvera denna automatiskt. Problemet med denna ansats är att den har visat sig vara svår eller till och med omöjlig att genomföra i praktiken. Det går aldrig att utveckla modeller, eller förse dessa med nog precisa data, som kan hantera alla i praktiken förekommande situationer. Detta synsätt resulterar därför alltid i att man ändå behöver ha människan där för att ta hand ”om resten”. Det visar sig vara mycket svårt för människor, som får en sådan roll vid sidan av det ordinarie systemet, att klara av att presentera när det verkligen behövs. De får en passiv roll, kan inte hänga med i vad som sker och deras kunskaper tenderar att urholkas med tiden.
- Det andra synsättet bygger på antagandet att människans förmåga är mycket hög när det gäller att överblicka mycket information, förstå komplexa sammanhang, hitta lösningar på problem som kanske inte dykt upp tidigare, hantera situationer där informationen är bristfällig, där delar av de tekniska stödsystemen fallit bort etc. Därför försöker man, enligt detta synsätt, att förstå hur den skickliga professionella människan kan stödjas så att kompetens och skicklighet kan utvecklas. Därmed får människan förbättrade möjligheter att hantera alla situationer på ett effektivt, säkert och kompetent sätt. Det är viktigt att inse att detta absolut inte utesluter automatisering, tvärtom är automatisering i så komplexa och starkt dynamiska sammanhang en nödvändighet. En stor del av arbetet kan utföras med hjälp av automater av olika slag. Men designen av dessa automater och hur de integreras och införs i det operativa arbetet utgår från att de inte ska ta över utan stödja. Det visar sig att de då får en helt annan funktion och utformning än enligt det föregående synsättet. Den mänskliga trafikledaren kan utveckla sina kompetenser, helheten blir effektivare och fungerar bra även i alla de olika situationer som kan tänkas uppstå.

Man skulle kunna sammanfatta vår värdegrund för forskningen i följande punkter:

- Den professionella människans roll i systemet ska stärkas och stödjas, inte ersättas. All automatik ska utformas utifrån detta.
- Människans unika förmåga att överblicka stora informationsmängder, att hantera oförutsedda situationer och ofullständig information ska tas tillvara.
- Den professionella medarbetaren har en unik kunskap om arbetets innehåll och utförande som är en viktig resurs i allt förändringsarbete. Deras förståelse för, och delaktighet i, förändringsarbete är en viktig framgångsfaktor.
- Alla professionella medarbetare strävar efter att göra ett så bra arbete som möjligt, och i den mån som de är kritiska mot hur saker fungerar eller planeras så finns det någon orsak till detta som man har all anledning att ta på allvar.

Det finns även forskning som stödjer relevansen i de grunder vi utgår från. Detta gäller t ex vikten av att värdera yrkeskunskaper och yrkesskicklighet som en grund för förändringsarbete.

## 3.4 Projekt genom åren

### 3.4.1 FTTS

FTTS (Framtida tågtrafikstyrning), är det ramprojekt som vi arbetat inom under snart 20 år. Forskningen har bedrivits inom flera olika delprojekt. Arbetet och resultaten från FTTS kommer att översiktligt beskrivas i denna rapport. Se vidare länken: <http://www.it.uu.se/research/project/fts>.

Projektarbetet har genom åren finansierats av Banverket, Trafikverket, Kommunikationsforskningsberedningen (KFB) och Vinnova.

### 3.4.2 CATD

Syftet för CATD (Computer Aided Train Dispatching) var att studera möjligheterna att utforma beslutsstödssystem för tågtrafikledare. Forskningen visade att det finns ett uttalat behov av någon form av datoriserat beslutsstöd. Ett beslutsstöd kan, rätt utformat, utgöra ett viktigt verktyg för att underlätta hanteringen av störningar och konfliktsituationer inom tågtrafikstyrningen. Trafikstyrning är en process vars komplexitet ständigt ökar. Projektet analyserade existerande algoritmer för optimerande omplanering, deras relevans för svensk trafikstyrning, hur bra de klarade av olika störningsscenarier m.m. Slutsatsen var att det finns ett behov av beslutsstöd av denna art, men att tiden inte är mogen att införa det i praktiken. Bl a saknades modeller och indata med nog hög precision. Projektarbetet genomfördes huvudsakligen av Peter Hellström, Borlänge.

### 3.4.3 TopSim

Projektet utvecklade en tågtrafiksimulator som möjliggjorde realtidssimuleringar av tågtrafik. Simulatorens användes bl a för analys av nya system för trafikstyrning och för beslutsstöd för trafikledare. Projektet genomfördes av Banverket, Ångpanneföreningen (ÅF) och Uppsala universitet. Se <http://www.it.uu.se/research/project/topsim>.

#### 3.4.4 *Train*

Projektets syfte var att beskriva och analysera tågförarens informationsmiljö och arbets-situation och dess påverkan på förarbeteendet och på trafiksäkerheten, att identifiera trafiksäkerhetsmässiga effekter av förarens speciella arbetssituation i trafiktäta områden samt att skapa underlag för att förbättra tågförarens informationsmiljö och arbetssituation. Se: <http://www.it.uu.se/research/project/train>

Projektet genomfördes av Banverket i samverkan med SJ och en grupp forskare. Det avslutades under september 2001. Projektledare var Lena Kecklund.

Projektet bestod av ett antal olika delstudier. En projektdel med relevans för trafikstyrningen var "Beskrivning av tågförarsystemet". Här gjordes en beskrivning av tågförarsystemet (funktion, teknik, förare och organisation för att framföra ett enskilt tåg) och dess gränssytor mot andra delar av tågtrafiksystemet, exempelvis tågförarens samverkan med tågtrafikledningen. Undersökningen genomförs med hjälp av observationer, intervjuer och videoinspelningar ombord på tåg.

En annan del av projektet, som gjordes i direkt samverkan med FTTS-arbetet, var studier av kommunikationen mellan trafikledningen och lokförarna. Här beskrivs problemen i hur det fungerade i praktiken samt preliminära idéer till framtida lösningar. En rapport publicerades senare inom FTTS, år 2003, "Kommunikation mellan TLC och omgivningen".

#### 3.4.5 *ONTIME*

Vi deltog i det europeiska FP7-projektet ONTIME (Optimal Networks for Train Integration Management across Europe). ONTIME startade november 2011 och avslutades november 2014. Projektet presenteras på länken: <http://www.ontime-project.eu/>

I projektet deltog ett antal infrastrukturhållare (Sverige, England, Tyskland, Frankrike och Italien), järnvägsforskare från olika europeiska universitet samt några företag inom järnvägsbranschen (bl a Ansaldo) samt andra företag.

Från svensk sida deltog Trafikverket (koordinator Magnus Wahlborg) samt Uppsala universitet och Transrail AB.

Vår uppgift inom ON-TIME var främst:

- Kartlägga "state-of-the-art in train traffic control"
- Ansvara för området: "human factors and user interfaces in systems for perturbation and disturbance handling"
- Ansvara för: "Integration of train traffic planning and operational control"

Arbetet bedrevs huvudsakligen inom följande work-package (WP):

- WP2, krav och utvärderingar
- WP3, sambanden mellan trafikplanering och trafikstyrning
- WP4, hantering av mindre störningar
- WP5, beslutsstöd för hantering av större störningar

- WP8, utveckling av demonstratorer, i vårt fall främst simuleringar av Malmbanan.

Vi samarbetade i detta arbete med flera andra forskargrupper i Europa, när det gäller ”human factors” främst med University of Nottingham, England.

I arbetet inom ONTIME förde vi in ett antal olika resultat från vår tidigare forskning. Några av våra grundläggande resultat har nu fastställts som styrande för den kommande europeiska utvecklingen. De viktigaste delarna är principen styra genom operativ omplanering, realtidsstidtabellen (RTTP) samt människans aktiva roll i trafikledningsprocessen.

Inom vårt arbete i FOT-projektet har vi kontinuerligt studerat hur det inom ONTIME framtagna kunskaperna och systemen kan anpassas till svenska förhållanden. Vi ser att Sverige ligger långt framme, och det finns goda möjligheter att ytterligare stärka den positionen.

#### **3.4.6 FOT**

Det är det nu pågående forskningsprojektet, som denna rapport främst avser att dokumentera. Projektet 2013-2015. Planer, resultat och slutsatser redovisas utförligt senare i denna rapport.

#### **3.4.7 BAOT**

BAOT-projektets syfte (Beslutstöd och automation i operativ tågtrafikstyrning, 2013-2015) är att utreda förutsättningarna för en högre nivå av automatiserade beslutstöd för trafikledningen genom att identifiera situationer och omständigheter där sådana kan bli aktuella. Vidare syftar projektet till att undersöka villkoren för implementering av sådana automatiserade beslutstöd. Idag har de framtagna systemen, t ex STEG, inga inbyggda hjälpmedel för optimerande omplanering vid störningar. Det finns ett behov av att utveckla sådan. Tidigare forskning internationellt har visat på stora svårigheter att integrera sådana beslutsstöd i praktiken och att få trafikledare att använda sig av dem. BAOT avser att i samverkan med ett annat projekt, FLOAT som bedrivs vid Blekinge tekniska högskola, ta fram behov, förutsättningar och riktlinjer för implementation av sådana system. Se vidare rapporter från projekten FLOAT och BAOT.

#### **3.4.8 Den framtida trafikbilden**

Detta projekt är en förstudie med syfte att utreda behov och förutsättningar för framtida forskning om hur realtidsinformation och kommunikation mellan aktörer i den operativa trafikprocessen kan utformas. Idag finns det stora brister när det gäller tillgången till operativ information, hur den som finns presenteras, hur den stödjer kommunikation och samverkan m.m. Ett visionsseminarium har genomförts där olika aktörer i den operativa processen, trafikledare, andra aktörer inom Trafikverket, järnvägsföretagen och lokförare formulerade sin syn på dagens problem och brister samt på behoven av bättre information och samverkan.

### **3.5 Huvudsakliga resultat och slutsatser**

Här nedan beskriver vi kortfattat några av de viktigaste resultaten och slutsatserna från den tidigare forskningen.



### 3.5.1 Några viktiga resultat från tidigare forskning

Väldigt mycket av de huvudsakliga resultaten utformades ganska tidigt under forskningen. Det framgår av de publikationer som gjorts under åren. Sedan har det varit en lång process att detaljutforma, ta fram prototyper, testa, utvärdera, införa i skarp drift osv. Man ska dock inte tro att det saknats utmaningar av forskningskaraktär under den tiden. Det har ständigt dykt upp nya frågeställningar som krävt djupdykningar inom olika forskningsområden och där det behövts nya forskningsinsatser för att finna löningar. De första ansatserna visar sig oftast inte fungera som det var tänkt utan måste revideras. Samtidigt har de nya frågeställningarna medfört att vi kunna utvidga den forskningsmässiga kunskapsgrunden. Kunskaper om människan i styrning av komplexa tekniska system, vetenskapligt grundade metoder om förändringsarbete, metoder för införande av komplexa tekniska system i en organisation m.m. har utvecklats.

Detta är typiskt för sådan forskning som kallas aktionsforskning. Man forskar om och i den verksamhet som man är delaktig i att förändra. Sådan forskning är alltid extra problematisk. Man ska studera verkliga system, där många människor i olika roller är inblandade och där det pågår en kritisk verksamhet. Det finns många bivillkor när det gäller vad som går att göra och när, som man måste anpassa sig till. Samtidigt måste man se till att den vetenskapliga kvaliteten vidmakthålls. Den positiva sidan av sådan forskning är att man kan bidra till en positiv utveckling av viktiga system i samhället.

Några av de huvudsakliga resultaten som kom fram relativt tidigt i forskningsarbetet är:

- Behovet av att utgå från den professionella människan i utformningen av de tekniska stödsystemen fick stöd av tidiga analyser som visade att vägen till framgångsrik design gick via den domänspecifika kompetens som de professionella användarna, trafikledarna, hade.
- Metoder för att aktivt involvera de professionella i utvecklingsarbetet, genom visionsseminarier och målbildsarbete.
- Fokus på arbetsmiljön i de framtida arbetena, med särskild hänsyn till de kognitiva aspekterna.
- Vikten av att skapa en hög situationsmedvetenhet (*situation awareness*) för de framtida trafikledarna, samt riktlinjer för hur detta kan göras i praktiken.
- Principen att styra tågtrafiken genom operativ omplanering i realtid. Alla med olika ansvar planerar för den gemensamma helheten.
- Konceptet realtidstidtabellen (RTTP), en enda gemensam plan för hur trafiken just nu planeras att genomföra. Den kan göras tillgänglig för alla aktörer i trafikprocessen.
- En automatisk exekvering av realtidstidtabellen, som bör vara icke-autonom. Dvs den tillåts inte ändra i planen utan bara se till att den genomförs.
- Principen att skilja beslut från exekvering. Beslut om omplanering kan göras i god tid för att förebygga senare störningar. Exekveringen görs automatiskt när det behövs för genomförandet i tågledningssystemet.

- Grundläggande principer för utformning av användargränssnitt för trafikledare. Skapande av en prototyp av ett sådant gränssnitt där all information samlas i ett integrerat gränssnitt och där all omplanering sker interaktivt direkt i gränssnittet.
- Vikten av att få med alla aktörer ”in-the-loop”, dvs att de kan få tillgång till realtids-tidtabellen och ges möjligheter att medverka till att den genomförs. Speciellt studerades villkoren för att få med lokförarna i ”loopen”.

### 3.6 Den grundläggande kunskapsbasen

Det som vi speciellt hade i uppdrag att göra, och som vi försökt att dokumentera och utbilda om är vår ”kunskapsbas”. Hade vi formulerat den idag hade den kanske sett lite annorlunda ut, men som den formulerades då i rapporter publicerade 2003, har den varit viktig för arbetet och för att vetenskapligt motivera de resultat vi kommit fram till. Innehållet har utvecklats och kompletterats genom åren. Kunskapsbasen utvecklades initialt under följande rubriker.

#### 3.6.1 *Mänsklig perception och kognition*

Perception och kognition är de delar av psykologin som studerar hur människan fungerar med avseende på hur vi ser och uppfattar vår omgivning, hur vi tolkar mönster och information, tänker, medvetna och automatiserade processer, gör bedömningar och fattar beslut, minnets funktioner, arbetsminnets begränsningar m.m.

#### 3.6.2 *Den "mänskliga faktorn" och olyckor*

Vi människor agerar inte strikt logiskt, något som kan vara både en svaghet och en styrka. Vi kan göra fel, om det finns möjligheter till detta, men vi har också en förmåga att kunna hantera komplicerade och totalt oförutsedda situationer, kompensera för brister i information m.m. [Reason 1991]. Man kan skapa *barriärer* av olika art, för att stödja människor att göra rätt och undvika att göra fel, t ex tekniska, informationsmässiga eller organisatoriska barriärer. Idag talar man mycket om *resilience engineering*, vilket innebär att man fokuserar på vad som bidrar till att man agerar korrekt snarare än att försöka förhindra att man gör fel [Hollnagel och Woods 2006]. Begreppet står för ett synsätt där man försöker skapa organisationer och system som är robusta, som kan återgå till ett stabilt tillstånd och där operatörer ges möjligheter till ett proaktivt arbetssätt, det vill säga att förebygga att kritiska situationer uppstår snarare än att behöva hantera problemen då de blivit allvarliga.

#### 3.6.3 *Situation awareness*

Situationsmedvetenhet, *situation awareness*, SA, är ett centralt begrepp som handlar om hur en mänsklig operatör kan skapa sig en bild av den situation man befinner sig i, och som bidrar till att man förstår situationen, får ”koll på” vad som händer, kan förstå vad som kommer att hända etc. SA består av tre delar, *observation*, *comprehension* och *projection*. SA är beroende av bra informationssystem och användargränssnitt [Endsley 1996].

#### 3.6.4 *Automation och ”automation surprises”*

I många arbetssituationer arbetar en mänsklig operatör i samverkan med ett automatiskt system, en ”autopilot” etc. Det är då viktigt att detta ”samarbete” fungerar smidigt och att det inte uppstår oklarheter, konflikter m.m. En typ av problem som ofta uppstår är att operatören inte förstår eller kan förutse vad automaten gör i en viss situation, utan man blir mer eller

mindre överraskad, så kallade *automation surprises* [Bainbridge 1983]. En vanlig reaktion är då att man helt enkelt stänger av automaten för att kunna känna att man är ”i full kontroll”.

### **3.6.5 Kognitiva arbetsmiljöproblem**

I samband med ett datorstött arbete kan det uppstå hinder för människan att kunna utnyttja sina kunskaper och förmågor på ett bra sätt. Vi kallar sådana problem för kognitiva arbetsmiljöproblem [Sandblad m fl 1992]. Då sådana uppstår presterar människan sämre än nödvändigt, man blir belastad, stressad, gör lättare fel osv. Ett dåligt, oförståeligt, långsamt eller krångligt användargränssnitt kan t ex ge sådana problem.

### **3.6.6 Visualisering av komplexa förlopp**

En processoperatör, t ex en tågtrafikledare, har till uppgift att planera och styra ett mycket komplext och dynamiskt system. För detta fordras oftast mycket och komplex information. Det är viktigt att inse att man måste acceptera denna komplexitet och inte försöka ”förenkla” för operatören så att de inte kan klara av sin arbetsuppgift. Utmaningen när det gäller vilken information en operatör behöver och hur den ska presenteras, visualiseras, i operatörsgränssnittet blir en viktig och besvärlig designuppgift. Forskning har visat att människan har en väldigt avancerad förmåga att överblicka och förstå väldigt stora informationsmängder i realtid, utan hög kognitiv belastning, om den dels är relevant för situationen, dels utformad så att den stödjer våra förmågor att tolka och analysera de mönster informationen bildar. Får man inte tillgång till relevant information tvingas man till väldigt belastande kognitiva ansträngningar för att ”hånga med”. Paradoxalt nog uppstår på så vis kognitiv överbelastning av för lite information, inte av för mycket – givet de förutsättningar som nämndes ovan.

### **3.6.7 Operatörsarbete inom process- och trafikstyrning**

Det finns många erfarenheter av hur operatörer arbetar inom andra områden, t ex inom processindustrin, samt hur styrsystem och gränssnitt där är utformade. Många av de erfarenheter och lärdomar som finns från sådana områden är delvis tillämpbara här.

### **3.6.8 Utvärdering av användbarhet**

När man utvecklar nya styrsystem och användargränssnitt är det viktigt att man hela tiden har kontroll över användbarhetsaspekter på det som utvecklats och införts. Det finns olika metoder för att göra sådana undersökningar och analyser.

### **3.6.9 Verksamhetsutveckling och användarcentrerat utvecklingsarbete**

Vid utveckling av förslag till nya tekniska lösningar, informationssystem m.m. är det till mycket stor hjälp, eller till och med nödvändigt, att nära samverka med de som är de verkliga experterna på behov och krav, nämligen de som arbetar i verksamheten, de professionella verksamhetsexperterna. Det finns metoder och erfarenheter som man kan ha hjälp av när man formulerar krav, tar fram prototyper, utvärderar dessa osv. Utvecklingsmetoder där de verkliga användarna deltar på ett aktivt sätt brukar kallas användarcentrerade.

### **3.6.10 En beskrivningsmodell för styrning av komplexa system – MMSO**

En viktig del av det tidigare arbetet i projektet har varit att skapa en beskrivning, en modell, av "systemet tågtrafikstyrning". Beskrivningen utgjorde en ram för att förstå systemet, kunna

resonera kring det samt kunna analysera det för att förstå viktiga aspekter på arbetet som bedrivs i det, på informationshanteringen, krav på operatörsstöd m.m.

För styrning fordras att samtliga följande villkor är uppfyllda, den sk MMSO-modellen (engelska GMOC, Goal, Model, Observability, Controllability), [Tschirner 2015]:

- **M** - att det finns ett tydligt *mål* för det som ska uppnås. Mål är ofta komplexa och kan innehålla konflikter.
- **M** - att den som ska styra/kontrollera har en mental *modell* över (förstår hur det fungerar, har kunskap om etc.) processen eller skeendet. En sådan modell skapas delvis genom utbildning, men ännu mer genom träning och erfarenheter.
- **S** - att det finns tillräckliga möjligheter att påverka processen (*styrbarhetsvillkoret*).
- **O** - att den som styr har tillräcklig information om processens aktuella tillstånd (*observerbarhetsvillkoret*).

### 3.6.11 Beskrivningsmodellen tillämpad på tågtrafikstyrning

Mycket arbete lades från början ner på att beskriva och analysera tågtrafiksystemet och arbetet med tågtrafikstyrning med hjälp av MMSO-modellen. Detta har utförligt dokumenterats i tidigare publikationer. En viktig lärdom var också att det är viktigt att inte bara se till den enskilda individens arbete med styrning utan att även inkludera organisatoriska aspekter.

Den beskrivning av arbetet med att styra tågtrafik som togs fram har visat sig mycket användbar, dels för att förstå viktiga aspekter på styrningen och de problem och brister som kunde identifieras, dels för att kartlägga vilka förändringar och förbättringar som behövs och hur de bör utformas. Några korta exempel på resultat från dessa analyser är:

- De mål man har för styrningen är ofta inte tillräckligt preciserade och varierar mellan olika aktörer och mellan olika trafikledare. Målen innehåller dessutom ofta inneboende konflikter och det finns inte tydliga regler för hur de ska lösas. Detta får t ex konsekvensen att olika trafikledare agerar olika i liknande situationer, vilket dels gör att man ofta inte agerar optimalt, dels att det är förvirrande för omgivningen om man inte kan förutse vad som kommer att hända. Lösningen på detta problem kan vara att man i största möjliga utsträckning försöker utarbeta riktlinjer för hur man ska agera i olika situationer, vilka mål man ska sträva mot samt att man tar fram metoder för ett organisatoriskt lärande där man gemensamt och baserat på utvärderingar och erfarenheter utformar gemensamma synsätt och strategier. En annan slutsats är att det är svårt att veta om man agerar på ett lämpligt och optimalt sätt i en viss situation om man saknar återkoppling på hur väl man presterar. Man behöver därför även i realtidsarbetet ge någon slags återkoppling på vilken kvalitet i omplaneringen olika alternativa lösningar resulterar i. Målen är också väldigt dynamiska och måste av nödvändighet variera över tiden, beroende på situationen. Om man har gott om tid kan man ha vissa mål för omplaneringen, t ex att samråda med andra och analysera alternativa lösningar, men om man är i tidsnöd tvingas man till att agera utifrån andra mål, t ex att se till att trafiken rullar även om det sker på ett mindre optimalt sätt. Ju bättre information man har och ju tidigare man kan identifiera störningar och konflikter, ju effektivare mål kan man utgå från.

- Den första MMSO-analysen av de beslut som trafikledare fattar som grund för sin omplanering och trafikstyrning, och den information som de har tillgänglig som underlag för besluten, gav en rad förvånande resultat. Det visade sig att den beslutsgrundande informationen, som de enligt analysen använde sig av, inte fanns tillgänglig i observerbar form. De fick observera den information som fanns tillgänglig, främst spårplansbilderna och beläggningsen av spårledningarna, för att därifrån härleda den information de behövde för besluten. De behövde t ex veta tågens exakta position och hastighet, men detta är inte observerbart. Deras strategi är att utveckla avancerade mentala modeller som tillåter dem att dynamiskt skapa en bild av allt det som de behöver men saknar. Detta fordrar lång erfarenhet och innebär hög kognitiv belastning. Det tar tid att utveckla skicklighet, ofta många år, är belastande och dessutom i vissa situationer inte alls tillräckligt exakt. Beslut kan därför bli långt ifrån optimala. Ett huvudsyfte med utvecklingen av de nya principerna och gränssnitten har därför varit att noggrant kartlägga vilken beslutsgrundande information trafikledarna behöver samt via gränssnittet utforma en anpassad observerbarhet. Den information de behöver ska de direkt kunna se på ett tydligt tolkbart sätt. Detta reducerar den kognitiva belastningen så att de kan koncentrera sig på problemlösning och bättre omplanering. Dessutom är det vår hypotes att trafikledarna därigenom snabbare bygger upp en högre skicklighet.
- Det traditionella arbete som trafikledare tidigare haft har av olika skäl varit mycket komplext. Då de saknat viktig observerbarhet måste de, som diskuterades ovan, utveckla avancerade mentala modeller för att hantera dessa brister. Med hjälp av de nya principerna och stödsystemen behöver de inte längre på egen hand utveckla samma typ av mentala modeller, utan kan lägga mer kraft på att bli skickliga problemlösare. För detta behövs en annan form av mental modell. En viktig del av utformningen av de nya gränssnitten är därför att identifiera vilken information trafikledarna behöver för att på bästa och kognitivt enklast möjliga sätt utveckla de mentala modeller de behöver. Resultatet har blivit att skapa en utvidgad observerbarhet som inte är direkt avsedd att stödja den operativa omplaneringen utan att skapa en ökad förståelse för dynamiken i trafikprocessen och vad effekterna blir av olika styråtgärder. En direkt återkoppling mellan vidtagna åtgärder, t ex en föreslagen omplanering, och det resultat som kan avläsas i planeringsvyn är en annan sådan åtgärd.

### 3.7 Internationell och nationell jämförelse

Järnväg och utveckling inom järnvägsområdet är av tradition väldigt ingenjörstungt. Dessutom karakteriseras järnvägen av väldigt mycket tradition och tröghet när det gäller utveckling. Denna tröghet ska inte tolkas som att man inte eftersträvar utveckling, tvärt om, innovationer och förändringar har alltid varit många och viktiga. Trögheten handlar snarare om de långa tidsperspektiv och mycket stora investeringar som förändringar i järnvägssystem leder till.

Forskning om järnväg har förekommit sedan länge, men forskning inom det område där vi varit verksamma är väldigt sparsamt förekommande, även internationellt. Vårt område kan

beskrivas som *human factors in railways*, system för operativ trafikstyrning, operatörsarbete, användargränssnitt och automation.

När det gäller operativ trafikstyrning har forskningen internationellt till största del handlat om algoritmer för optimerande omplanering, något som haft teoretisk betydelse, men som haft svårt att införas i praktiken. Annan forskning har handlat om kapacitetsanalyser, strategisk planering och tidtabellsläggning.

Vi har sedan slutet av 1990-talet deltagit i de större konferenserna inom järnvägsområdet och därigenom fått en god överblick över pågående forskning samt lärt känna de forskare som är aktiva inom området. På senare tid har vi även ingått i ett större EU-projekt, ONTIME, där forskare från olika länder deltagit.

Även vid de konferenser där ”Human Factors in Railway” varit temat är frågan om den operativa trafikledningen oftast inte i centrum. Exempel på sådana konferenser är *Rail Human Factors* och *German Rail Human Factors*.

Vi har i tidigare rapporter beskrivit forskningsläget inom olika områden. Därav framgår det att det finns en hel del studier gjorda av det operativa arbetet, kognitiv belastning, organisationsfrågor m.m. Forskning om utveckling av nya slags system för trafikstyrning finns det däremot väldigt få exempel på. Vi har träffat forskare som i samverkan med länders infrastrukturhållare tagit fram idéer till nya system, t ex i Tyskland (Dresden) och Frankrike (SNCF), men inget som genomförts i praktiken.

Det finns forskargrupper som arbetar med frågor om *human factors* inom järnväg, som vi har kontakt och samverkar med. Exempel är främst University of Nottingham, Technische Universität Dresden, Technische Universität Braunschweig, DLR Braunschweig och TU Delft.

Slutsatsen är att den svenska forskningen generellt, och vår forskning inom tågtrafikstyrning, är unik och banbrytande i detta sammanhang. Någon forskning av den art och omfattning som vi beskriver i denna rapport finns inte i världen i övrigt.

I Sverige finns nu branschprogrammet Kapacitet i järnvägstrafiken, KAJT. Se: <http://www.kajt.org/>. KAJT etablerades i januari 2013. Det är ett samarbete mellan Trafikverket, forskarutförare och näringsliv för att skapa långsiktighet och säkerställa forskningens bidrag till skapandet av morgondagens järnvägstrafik.

”Branschprogrammet bidrar till att utifrån infrastrukturella förutsättningar på strategisk, taktisk och operativ nivå ge järnvägsbranschen bättre koncept, verktyg och metoder så att svensk järnväg blir världsledande inom effektivitet, kvalitet och flexibilitet.”

Forskningen inom KAJT utförs av ett antal akademiska enheter och bedrivs inom några strategiskt viktiga områden:

- Trafikering och infrastruktur
- Taktisk trafikplanering

- Operativ trafikstyrning och tågkörning
- Underhåll och trafik

Inom området Operativ trafikstyrning och tågkörning är vi verksamma. Forskningen sker också här i samverkan med andra grupper. När det gäller automatiska algoritmer och beslutsstöd sker detta i samverkan med Blekinge Tekniska Högskola, och syftet är att komplettera dagens system med nya slag beslutsstöd enligt ett "svenskt koncept".

## 4 FOT-projektet

### 4.1 Syfte och innehåll

Det arbetet som har bedrivits inom projektet FOT utgår från följande uppdrag, vilket specificerades i avtalet om projektet:

Projektet ska utreda, utforma, testa och utvärdera formerna för samverkan mellan trafikledningen, trafikkontor och lokförare. Behoven av informationsutbyte i båda riktningarna ska utredas och förslag på hur detta behov kan tillgodoses ska tas fram. Detta måste ske i nära samverkan med järnvägsföretag och berörda intressenter inom trafikledning.

Trafiklednings operativa organisation har nyligen förändrats med regionala och nationella nivåer och här är det viktigt att utreda hur ett organisatoriskt lärande kan förbättra kompetenser och utformning av effektiva rutiner för operativ trafikledning. En framgångsfaktor för detta är att ta med perspektivet NTL i arbetet, dvs hur kommer arbetet att förändras och vilka möjligheter medför det för hur organisation och kompetenser kan utvecklas ytterligare.

En annan frågeställning är behov av utökad kunskapsbas kring beslutsstöd för att minska behovet av talad kommunikation och istället se vilken information de tekniska stödsystemen ska innehålla.

Resultat från EU projektet ONTIME ska gås igenom och i tillämpliga delar anpassas till de rådande och förväntat rådande svenska förhållanden, i de fall detta står i konflikt med varandra måste den framtida synen på trafikledning vara förhärskande.

Projektet förväntas resultera i kunskap om problem och lösningar för Trafikverkets kommande utveckling av organisation och kompetenser men även framtagande av metoder och koncept kring trafikstyrning och kommunikation.

Kontaktperson vid Trafikverket har varit Robin Edlund.



## 5 Resultat - inledning

I de följande avsnitten kommer vi att presentera resultaten av forskningen inom projektet FOT, men även ge en bakgrund till detta genom att beskriva de viktigaste resultaten från tidigare faser av forskningen. Syftet med detta är att ge en mer komplett bild av de principer och system som tagits fram, samt beskriva de metoder som vi använt oss av och som kommit att utvecklas under åren. Förhoppningsvis kan vi på så sätt ge en mer förståelig bild av bakgrund, arbetsmetoder, resultat, tillämpningar och utvärderingar.

De kommande avsnitten kommer därför att beskriva följande:

- Viktigare utgångspunkter för arbetet, dvs de förutsättningar som vi ser som nödvändiga för att skapa en effektiv framtida tågtrafikstyrning och en god arbetsmiljö för de professionella aktörerna.
- En kort beskrivning av sådana egenskaper hos tågtrafiksystemet som måste beaktas då nya styr- och operatörssystem utvecklas.
- Beskrivning av det centrala konceptet: styra genom operativ omplanering och automatisk exekvering.
- En mer detaljerad genomgång av de olika delarna av de lösningar som tagits fram under forskningsarbetet.
- Beskrivning av de arbetsmetoder vi använt oss av och som kan utgöra en grund för hur kommande forsknings-, utvecklings- och införandeprojekt kan utformas.
- En diskussion av hur långt vi kommit, vilka resultat som nu finns samt vilken fortsatt forskning man kan se som viktig.
- En redovisning av de viktigaste publikationerna vi tagit fram under den genomförda forskningen.

## 6 Utgångspunkter - Att styra en process

Här tar vi inledningsvis upp några generella aspekter. Tillämpningarna när det gäller operativ tågtrafikstyrning kommer mer detaljerat senare i rapporten.

### 6.1 Styrning förutsätter en plan

Ett villkor för styrning är att det finns mål för vad man ska uppnå. En del av styrmålet är en *plan*. En plan kan ses som det sluttillstånd man styr mot samt den väg man väljer för att uppnå dessa. Exakt hur en plan utformas och vad den innehåller beror av situationen. En plan är aldrig statisk utan den förändras oftast över tiden, så att det alltid finns en version av planen som är det man just då styr enligt. För att åstadkomma styrning mot ett mål i en komplex organisation och verksamhet, där en rad olika delprocesser ska styras av flera olika inblandade aktörer, är det viktigt att betona att det måste finnas *en enda* gemensam plan.

Om man inte kan åstadkomma detta, en gemensam kontinuerligt uppdaterad plan som definierar det som alla delprocesser styrs mot, uppstår en rad olika problem. Konsekvensen är att någon verklig styrning inte kan åstadkommas. De som ansvarar för att utforma planen måste kunna vara kontinuerligt medvetna om den aktuella planen, varför den ser ut som den gör och måste kunna bidra till att den ständigt hålls aktuell.

Har man ingen plan kan man tala om *ad hoc* styrning, dvs man styr utan att det finns någon egentlig plan. Det innebär att alla aktörer försöker göra det bästa de kan i varje situation utan att ha möjlighet att bidra till ett gemensamt mål. Varje aktör definierar efter bästa förmåga de egna målen. Detta leder till en suboptimering och i värsta fall till att man agerar på ett sätt som motverkar andra aktörers plan.

För den operativa tågtrafikstyrningen betyder detta bl a:

- Det måste finnas en ursprunglig plan av hög kvalitet, som all realtidsplanering utgår från.
- En enda gemensam realtidsplan måste finnas, som är tillgänglig och förståelig för alla aktörer i trafikprocessen.
- Alla aktörer måste ha en adekvat presentation av planen, anpassad till deras roll. Detta gäller alla aktörer i den operativa trafikprocessen, dvs alla olika roller i planeringen, trafikstyrningen, informatörer, järnvägsföretag, lokförare, banarbetare m fl.

### 6.2 Planen måste följas - återkoppling

Avsikten med en plan är givetvis att den ska följas, men för att detta ska vara möjligt fordras ett antal förutsättningar. Alla aktörer som har ansvar i olika delar av processen måste känna till planen och ha möjligheter att agera så att de kan styra den del de ansvarar för enligt plan. Planen måste alltså vara tillgänglig, presenterad på ett bra sätt och vara förståelig. Olika aktörer kan ha olika krav på hur planen behöver vara presenterad för att stödja deras uppgift. De måste också ha adekvata möjligheter att styra sin delprocess, dvs tillräcklig styrbarhet.

En viktig förutsättning för att detta ska fungera i ett helhetsperspektiv är att det finns nödvändiga möjligheter till *återkoppling* från de som ska verkställa sin del av planen tillbaka till de som ansvarar för att ständigt hålla planen aktuell.

Återkopplingen gäller två olika saker. De som ansvarar för planen måste vara kontinuerligt uppdaterade om hur alla delprocesser förlöper, om de följer planen eller avviker från denna. Det fordras också att de som ansvarar för att styra de olika delprocesserna skyndsamt meddelar de som planerar, om de ser att de inte kan agera, styra, enligt planen. Det fordras också, eller är i alla fall en fördel, om de kan förmedla kunskap om sådana störningar och avvikelser som de känner till och som behövs i den planerade organisationen för att man där i tid ska kunna planera om enligt de nya förutsättningarna.

För den operativa tågtrafikstyrningen betyder detta bl a:

- Alla aktörer måste agera så optimalt som möjligt enligt realtidsplanen. T ex lokförarna måste ges möjligheter att köra optimalt utifrån planen och andra mål som de har i sitt arbete.
- Alla aktörer måste återkoppla till trafikledarna om de ser att planen inte kan följas. Det gäller t ex om en lokförare inte kan köra så att planens olika målpunkter kan nås vid angivna tidpunkter.
- All information som kan påverka den operativa omplaneringen måste snabbt och effektivt kunna förmedlas till trafikledarna.

### 6.3 Planen måste ha hög kvalitet

För att allt ska fungera bra måste all planering bygga på tillräckligt exakta data och planen måste vara så optimal som möjligt. Planen måste också ständigt vara uppdaterad i så god tid att andra aktörer hinner med att agera på ett adekvat sätt.

För den operativa tågtrafikstyrningen betyder detta bl a:

- Den ursprungliga tidtabellen, körplanen, som levereras från den strategiska planeringen till trafikstyrningen, måste ha nog hög kvalitet. Den måste bygga på korrekta data t ex när det gäller gångtider, vara konfliktfri, inte innehålla omotiverade stopp på linjen och i övrigt vara så optimerad som möjligt.
- Den operativa realtidsplanen måste vid varje tillfälle vara så optimal som möjligt och alla konflikter måste elimineras i så god tid som möjligt före realtid.
- All information som påverkar omplaneringen måste vara av hög kvalitet, t ex när det gäller information om tågen och deras last eller infrastrukturens status, och känd för trafikledarna i så god tid som möjligt.

## 7 Arbetsmiljöaspekter – kognitiv arbetsmiljö

Ett av målen i forskningen har varit att se till att de arbeten som skapas då de förslagna principerna och systemen införs ska präglas av en god arbetsmiljö. Ett särskilt fokus har vi haft på den kognitiva arbetsmiljön [Sandblad m fl 1992, Arbetsmiljöverket 2015]. Den kognitiva arbetsmiljön handlar om att man tillåts utföra sitt arbete på ett så bra sätt som möjligt, genom att arbetsorganisation, arbetsprocesser och stödsystem utformas på ett lämpligt sätt. Även andra arbetsmiljöaspekter, psykosociala och fysiska, är förstås viktiga, men där finns mycket kunskaper redan. De kognitiva arbetsmiljöproblemen blir extra viktiga då allt fler tekniska system införs i verksamheten.

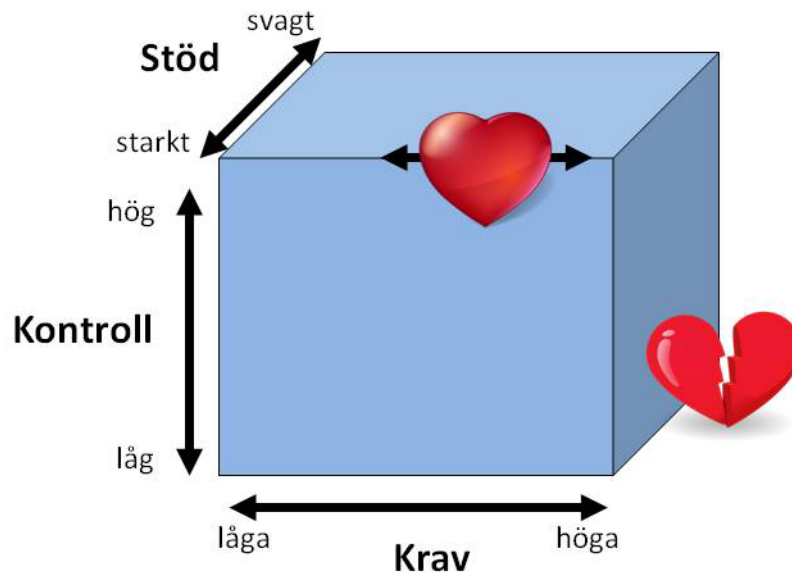
Vi har använt oss av den så kallade krav-kontroll-stödmodellen för att förstå viktiga aspekter på hur arbetets och stödsystemens utformning påverkar individen och arbetsmiljön. Modellen har sin grund i tidigare stressforskning av bl a Karasek och Theorell (Karasek och Theorell 1990). Denna modell har sedan modifierats och anpassats av oss till att beskriva och förklara hur människor påverkas och mår i sitt arbete, i relation till hur arbetet, dess organisation, ledning och stödsystem är utformade [Sandblad m fl 2003].

Modellen kan kortfattat beskrivas på följande sätt, se figur 1.

Förhållandet mellan upplevda krav och upplevd egenkontroll (egentligen egenstyrning, dvs. hur väl man behärskar arbetet, situationer, verktygen m.m.) i arbetssituationen är avgörande för om arbetet leder till stress. Det är inte helt klarlagt hur de olika kategorierna interagerar med varandra, men enligt modellen ser det ut på följande sätt. En hög nivå av upplevda krav i kombination med en låg nivå av personlig kontroll, egenkontroll, skapar ett tillstånd av negativ spänning som på sikt kan leda till psykisk och fysisk ohälsa. En kombination av höga krav och hög kontroll leder däremot till ett tillstånd av utmaningar som man behärskar. Ju större kontroll individen upplever desto högre krav från miljön kan hon klara av utan negativa effekter. Krav definieras som psykologiska stressfaktorer i arbetssituationen, t ex kvalitets- och säkerhetskrav, tidspress och stor arbetsmängd. Kontroll definieras dels som graden av egenkontroll och självbestämmande, dels som stimulans och utveckling, t ex genom variation i arbetsuppgifter. Om kraven blir alltför höga visar dock forskning att det leder till negativ påverkan, t ex utmattning, även om egenkontrollen är hög. Stödet är det sociala stöd från omgivningen, kollegor, chefer, ledning etc. som man upplever i arbetet.

Accepterar man krav-kontroll-stödmodellen, och den har starkt stöd i forskningen, leder det till följande slutsats. När nya eller förändrade it-stöd införs i arbetslivet måste detta kombineras med både ökande egenkontroll och ökat socialt stöd. Om man arbetar med höga krav, men har god egenkontroll, man behärskar arbetet, uppgifterna, verktygen m.m., och när det verkligen blir besvärligt så får man alltid stöd och hjälp av kollegor och av ledningen, då arbetar man bra och mår bra. Brister det i något avseende så blir man belastad, irriterad, stressad, presterar sämre och mår på sikt dåligt. I förlängningen blir man ”utbränd” eller sjuk.

En mycket angelägen fråga rör därför hur man ska kunna se till att en ökande datorisering och införandet av nya it-stöd kan kombineras med ökad egenkontroll och ökat socialt stöd. De förändringsprocesser man arbetar enligt, det sätt som man ställer krav på, hur beställningar av it-stöd utformas, hur utvecklingsarbetet bedrivs samt hur de nya it-stöden införs i verksamheterna måste utgå från att kontroll och stöd i arbetet ska vara höga. Detta har visat sig vara fullt möjligt. Det är inte svårare att utforma it-stöd som bidrar till ökande kontroll än motsatsen. Det viktiga är att man inser vikten av att åstadkomma detta och har kompetensen att göra det i praktiken.



Figur 1. Krav-kontroll-stödmodellen. Om man upplever höga krav i arbetet är det, inom rimliga gränser, inget större problem om detta kombineras med hög upplevd egenkontroll och starkt upplevt socialt stöd. Om höga krav kombineras med svagt upplevt stöd och låg egenkontroll blir situationen på sikt förödande.

Denna modell har varit vägledande för utformningen av de förslag till framtida arbete och till utformning av de tekniska stödsystemen för tågtrafikledare som tagits fram i vår forskning. Några viktiga aspekter är följande:

### 7.1.1 Krav

Kraven handlar till viss del om arbetsbelastning. De arbetsuppgifter man har att klara av är naturligtvis krav man måste leva upp till. Det är viktigt att arbetet utformas så att det blir hanterligt för varje enskild individ. Genom en bra arbetsorganisation och bra stödsystem kan man ofta hantera väldigt hög arbetsbelastning, om situationen i övrigt är stödjande och om det varvas med lugnare perioder. Det är viktigt att man får stöd i att avlastas om arbetsbelastningen blir alltför hög eller pågår för länge i sträck. Därvid finns en klar koppling till det sociala stödet. Det måste vara och uppfattas som starkt. Ledningen och kollegorna måste kunna och tillåtas hjälpa eller ta över arbete om det behövs.

De upplevda kraven handlar också mycket om de förväntningar man själv, kollegor, ledning, andra aktörer m fl har på hur man presterar i arbetet. Det måste finnas en god balans i de sammantaget upplevda kraven och de förutsättningar man ser att leva upp till dessa. Det är

svårt att mäta kraven på annat sätt än genom att intervjua de berörda. Sedan är det mest en ledningsfråga att se till att det finns en god balans i arbetet. Observera att även mycket höga förväntningar kan upplevas som bra, om man samtidigt känner att man har kontroll, kunskaper, förutsättningar och stöd nog för att kunna leva upp till dessa.

En typ av studie som ibland görs är att man försöker mäta den kognitiva belastningen i arbetet för individer i verksamheten. Syftet med sådana studier är att man vill få en bild av hur mentalt, kognitivt, krävande en viss arbetsuppgift är. Vet man det kan man bedöma om det ligger på en acceptabel nivå eller se hur belastningen ändras om man vidtar olika åtgärder. Vi har inte gjort sådana studier i vår forskning. Ett skäl till att vi valt att inte göra det är att det är mycket svårt att göra sådana mätningar som verkligen ger ett rättvisande resultat. Det är svårt att mäta i en verklig arbetssituation och gör man det i en tillrättalagd experimentell situation blir resultaten svårtolkade. Ett annat skäl är att vi tror att de professionella trafikledarna själva kan avgöra om arbetets kognitiva belastning är rimlig och om så inte är fallet kan man successivt vidta nödvändiga åtgärder. Det kan dock vara viktigt att i samband med större förändringar i arbetet utvärdera vilken belastning man upplever och anpassa utformningen utifrån detta.

### 7.1.2 *Kontroll*

Det har varit en mycket prioriterad sak att åstadkomma en så stark upplevd egenkontroll i arbetet som möjligt. Detta handlar i princip om samma sak som de mål som styr utformningen av de nya principerna och systemen för den framtida tågtrafikstyrningen. Begreppen upplevd egenkontroll och *situation awareness* (SA) är nära besläktade. SA innebär att man har situationsmedvetenhet, dvs förstår vad som händer i systemet man ska styra, vad som kommer att hända framöver och vad effekterna av olika slags åtgärder kan komma att bli. Ett annat sätt att uttrycka detta är att personen, trafikledaren, är "in-the-loop", har "koll på vad som händer". En person som har hög SA har större förutsättningar att klara av styruppgifterna. Ett viktigt mål för att skapa hög SA, som är nödvändig för effektiv styrning och för ett bra arbete, är att utforma styrsystem och operatörsgränssnitt på ett bra sätt. Det handlar om att stödja operatören i utvecklingen av en god mental modell, om att förse operatören med tillräcklig observerbarhet och att möjliggöra nödvändig påverkan på systemet genom att skapa god styrbarhet.

Dessutom tillkommer aspekten att man måste uppleva det som att man fullständigt behärskar verktygen man använder sig av i arbetet. Man måste veta hur man ska agera i alla lägen, alltid begripa det som sker i gränssnittet, uppleva att det stödjer beslutsfattandet och att det är tillräckligt enkelt att utföra styråtgärderna. Det är egentligen samma sak som att säga att operatörsgränssnittet ska ha hög *användbarhet*. Definitionen på användbarhet enligt ISO-standardens ISO-9241 är nämligen följande:

*Användbarhet är den grad i vilken användare i ett givet sammanhang kan bruka en produkt för att uppnå specifika mål på ett ändamålsenligt, effektivt och för användaren tillfredsställande sätt.*

För att uppnå hög användbarhet och upplevd egenkontroll måste en användare kunna utföra alla sina arbetsuppgifter på ett sätt man har full kunskap om och förståelse för, samt på ett nog

enkelt och subjektivt tillfredställande sätt. Vad som är hög användbarhet kan bara anges för ett specifikt system, för specifika användare och i ett specifikt sammanhang. Det som är användbart för en användare i ett sammanhang kan vara totalt oanvändbart för andra användare eller i ett annat sammanhang.

Ytterligare en aspekt på kontroll är hur mycket stillasittande arbetet tvingar oss till. Detta har även stor betydelse för arbetsmiljön. Forskning har visat att det är ohälsosamt och på sikt farligt att sitta still långa perioder i sträck. Det kan heller inte kompenseras av att man rör sig mycket i övrigt, t ex på fritiden. Det räcker dock om man kan ta korta pauser och röra lite på sig, t ex någon form av rörelse och omväxling varje halvtimme. Möjligheter till variation i arbetsställningen är också viktig.

### *7.1.3 Stöd*

Vi har inte specifikt studerat det sociala stödet i arbetet för tågtrafikledare. Det finns dock några aspekter på socialt stöd som är viktiga inför kommande organisatoriska och tekniska förändringar.

Arbetsbelastningen i trafikledarens arbete varierar oerhört mycket av olika anledningar. Trafikområdenas struktur, trafikeringens intensitet, tid på dygnet och graden av störningar är exempel på saker som starkt påverkar belastningen och kraven. Det måste finnas möjligheter att anpassa arbetsorganisation och bemanning utifrån behoven. Detta är både en resurs och en ledningsfråga. Det måste finnas strategier man kan följa i olika situationer.

Av en rad olika skäl är det viktigt att det kan ges tid till att lära, träna, reflektera och utvärdera. Återigen är detta mycket en ledningsfråga, att ge nödvändiga resurser och stöd till medarbetarna. Behovet av att utveckla och införa sådana rutiner som leder till ett mer omfattande obligatoriskt lärande ska diskuteras mer längre fram i denna rapport. Idag finns det ganska lite, bortsett från den grundläggande utbildningen av nya medarbetare, av systematiskt lärande och kontinuerlig utveckling av kompetenser inom tågtrafikledningen.

Vid införandet av nya tekniska system eller vid förändringar av annan art är det extra viktigt att det ges tid för deltagande, utbildning och träning. Den speciella införandeproblematiken ska även den diskuteras mer utförligt längre fram i denna rapport.



## 8 Tågtrafiksystemet

Tågtrafiksystemet har vissa egenskaper som gör det svårt att planera och styra. Några aspekter på detta, som har relevans för utformningen av principer och system för operativ planering, omplanering, styrning och tåγκörning, är komplexiteten, dynamiken, den tidsdiskreta karaktären med irreversibla åtgärder och få frihetsgrader, den höga känsligheten för avvikelser och störningar där effekter propagerar på grund av högt kapacitetsutnyttjande, begränsningar när det gäller tillgänglighet och kvalitet i operativ information samt de höga kraven i olika avseenden.

### 8.1.1 Många aktörer

Organisationerna som är inblandade är många och inbördes komplexa. Internt inom trafikledningen finns många aktörer i olika roller, t ex trafikledare, informatörer, samordnare, tåγκledare, regionala och nationella operativa ledare. Hos infrastrukturhållaren finns andra aktörer, trafikplanerare, ban- och eldriftledare m fl. Antalet olika järnvägsföretag är mycket stort och dessa har också en komplex intern organisation med planerare, operativa ledare och givetvis lokförare och annan ombordpersonal. Andra aktörer är banarbetare, räddningstjänst m fl. Självklart innebär det stora utmaningar att få alla dessa aktörer i olika organisationer att samverka på ett effektivt sätt mot ett delvis gemensamt mål.

### 8.1.2 Komplexiteten

Förutom den ovan nämnda organisatoriska komplexiteten finns det en inneboende komplexitet i själva tågtrafiksystemet. Då ett så komplext system ska styras är det ett stort antal systemtillstånd som ska övervakas och påverkas så att slutresultatet blir det förväntade och att det går effektivt och säkert till.

Tåγκsystemet består av ett mycket stort antal delar. Exempel på en hög nivå är alla tåγκ som är i rörelse, signalsystemets olika delar, infrastrukturen med alla växlar, ställverk m.m. Dessutom har alla dessa individuella egenskaper. Tåγκ har olika prestanda, längd, vikt, last etc. Ställverk kan ha olika egenskaper som inte liknar andra ställverks osv.

En bidragande orsak till komplexiteten när det gäller styrningen är att det finns stora begränsningar i såväl observerbarhet som styrbarhet. När det gäller observerbarheten är det idag svårt för en trafikledare att veta exakt var ett tåγκ befinner sig och med vilken hastighet det rör sig. Informationen i spårplaner etc. uppdateras bara vid vissa tillfällen och det kan därför vara svårt att säkert veta när en viss händelse inträffade (se vidare nedan om brister i information och kvalitet). När det gäller styrbarhet så är trafiksystemet sådant att man bara kan påverka det vid vissa diskreta punkter och tillfällen. Ett tåγκ kan bara byta spår om det finns en växel, det kan bara stoppas om det finns en signal etc.

Komplexiteten kan delvis hanteras genom åtgärder för att göra verksamheten mer stabil. Dagens arbetsätt, där inblandade aktörer mer eller mindre ger upp inför komplexiteten och ägnar sig åt ad hoc-lösningar med målet att suboptimera lokalt, ger en ineffektiv process med dålig förutsägbarhet och låg kvalitet.



### 8.1.3 Dynamiken

Tågtrafiksystemet har väldigt påtagliga dynamiska egenskaper, vilka måste förstås av trafikledarna om de ska kunna utveckla goda mentala modeller av systemet se ska styra. Begreppet dynamik är viktigt att förstå i dess djupare mening. Att ett system är dynamiskt betyder egentligen inte alls att det förändras över tid, dvs rör på sig, vilket är en vanlig vardaglig tolkning. Om systemet står still eller är i rörelse är något annat och handlar om beteendet hos systemets tillstånd. Dynamik är en grundläggande egenskap hos ett system, och ett dynamiskt system kan både vara i rörelse eller för tillfället i vila.

Rent matematiskt är ett dynamiskt system ett system som bara kan beskrivas med hjälp av differentialekvationer, dvs ekvationer som beskriver förändringar (tidsderivatan) i tillstånd som funktion av en påverkan, samt tillståndens startvärden. Ett dynamiskt system har ”tröghet”, dvs beteendet just nu är inte bara en effekt av påverkan just nu utan av den samlade påverkan under förhistorien. Ett dynamiskt system ”har minne”. Hastigheten på ett tåg är inte bara beroende av pådraget just nu, utan av vad som hänt tidigare, när accelerationen sattes in, med vilken styrka, vilken friktion eller halka man haft och har, banans lutning m.m. Samma sak när det gäller att sänka hastigheten. Funktioner i ett ställverk är inte direkta, utan saker tar tid att utföra. Dödtider och tidsglapp, dvs tider det tar från ett ingrepp till dess att det fått effekt är exempel på dynamik. Dynamiska system utvecklas också över tiden utan att man påverkar dem, på grund av deras ”tröghet”, dynamiska egenskaper och omgivningens påverkan. Vill man uppnå en viss situation vid en given framtida tidpunkt måste man vidta en rad olika välplanerade åtgärder vid vissa tidpunkter fram till sluttidpunkten. Varje åtgärd måste vidtas vid specifika tidpunkter och på sätt som härleds ut kunskap om systemets dynamiska egenskaper. Påverkan kan bara göras vid vissa tillfällen. För en operatör är det också viktigt att förstå hur förändringstakten i tillstånd varierar, dvs andraderivatan. Trafikledarnas mentala modeller måste klara av att förstå allt sådant i alla olika förekommande situationer. Man måste kunna förstå och förutsäga de framtida effekterna av alternativa åtgärder. Modellerna är aldrig fullständiga eller exakta, men måste vara tillräckligt bra för att hantera de situationer som dyker upp i praktiken.

Vi människor har svårt att intuitivt förstå och hantera olika sorters dynamik. Arbeten där man ska styra komplexa, dynamiska system där beroenden även kan vara olinjära och variera över tid, är mycket svåra att lära och fordrar lång erfarenhet innan man blir skicklig.

### 8.1.4 Brist på viktig information

Trafikledarna och andra aktörer upplever ofta en brist på viktig information, vilket är en av anledningarna till den komplexitet som beskrivits ovan. Detta har diskuterats på andra ställen i rapporten. Exempel är att en trafikledare inte med precision vet var ett tåg befinner sig eller hur det rör sig. Oftast känner man bara till att en viss spårledning är belagd och oftast inte när detta inträffade. Tåget kan ha stannat eller till och med åka baklänges utan att man har information om detta. En lokförare som inte fått kunskap om att realtidsplanen ändrats tror att man ska köra enligt den ursprungliga planen, trots att den troligen är obsolet, dvs överspelad.

### *8.1.5 Bristande informationskvalitet*

Den information som man faktiskt har kan ha brister i kvalitet som man kanske inte har kunskap om och som dessutom kan variera över tiden. Det finns många exempel på att så är fallet. Tidtabellen (den ursprungliga planen, körplanen) kan i sig kan innehålla oklarheter, konflikter, onödiga möten osv, som man kanske inte säkert kan bedöma. De gångtider hos tåg som planer och omplanering ska utgå från kan vara osäkra och variera på ett sätt som man inte har kunskap om. Informationen man har om ett vist tåg kan vara ofullständig. Bara information om tågid räcker i allmänhet inte, utan man skulle behöva veta mer om dragkraft, längd, vikt, last mm. Det finns ibland brister i information om hur anläggningen, infrastrukturen, banan är projekterad och byggd. Man vet heller inte exakt var signaler står, var plattformar är placerade etc.

Då en lokförare inte känner till den aktuella plan som trafikledaren fastställt, kan föraren bara köra efter signalbild, största tillåtna hastighet STH och sin erfarenhet. Följden kan bli att man kör för fort och därför blir sen, på grund av att man måste bromsa, stanna och därefter accelerera för att anpassa sig till trafikledarens plan. Även som passagerare är det möjligt att iakttä denna effekt dagligen.

### *8.1.6 De höga kraven*

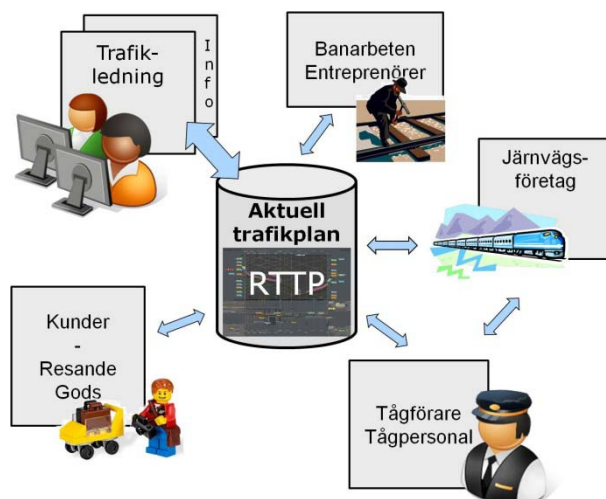
Kraven på prestation är väldigt höga. Detta gäller alla aktörer i alla inblandade organisationer. Trafikledaren ska t ex kunna hantera varierande trafiksituationer, mindre och större störningar samt styra trafiken på ett så optimalt sätt som möjligt. Säkerhet är ett absolut krav. Samtidigt ska man utföra en rad administrativa uppgifter, kommunicera med andra aktörer, rapportera orsaker till avvikelser, fylla i blanketter etc. Lokförarna ska i alla tänkbara situationer och varierande förhållanden köra exakt, i rätt tid, med komfort, säkerhet och dessutom energisnålt. Och detta trots att de ofta saknar information om vad som gäller och vad som sker i omgivningen.

## 9 Principen - styra genom operativ omplanering

Här beskriver vi, baserat på det allmänna resonemanget ovan, några av de centrala principer och begrepp som tagits fram i forskningen. En mer detaljerad genomgång och motivering kommer senare i rapporten.

### 9.1.1 Visionen – vad är det vi vill uppnå?

Syftet vi vill uppnå med de principer och system som tagits fram är att skapa en möjlighet för alla aktörer i den operativa trafikprocessen att samverka mot ett gemensamt mål. Det gemensamma målet är den ständigt uppdaterade trafikplanen, realtidsplanen, RTTP (real time traffic plan). Det är den operativa trafikledningens ansvar att se till att planen alltid är uppdaterad på det sätt som situationen kräver. Planen kan göras tillgänglig för alla andra aktörer som på detta sätt ges möjligheter att agera optimalt i planeringen och styrningen av de egna processerna. På så sätt kan alla bidra till att det som specificerats i realtidsplanen kan uppnås. Se figur 2.



Figur 2. Trafikledningen ansvarar för att kontinuerligt vidmakthålla en aktuell plan, som alla aktörer kan agera utifrån.

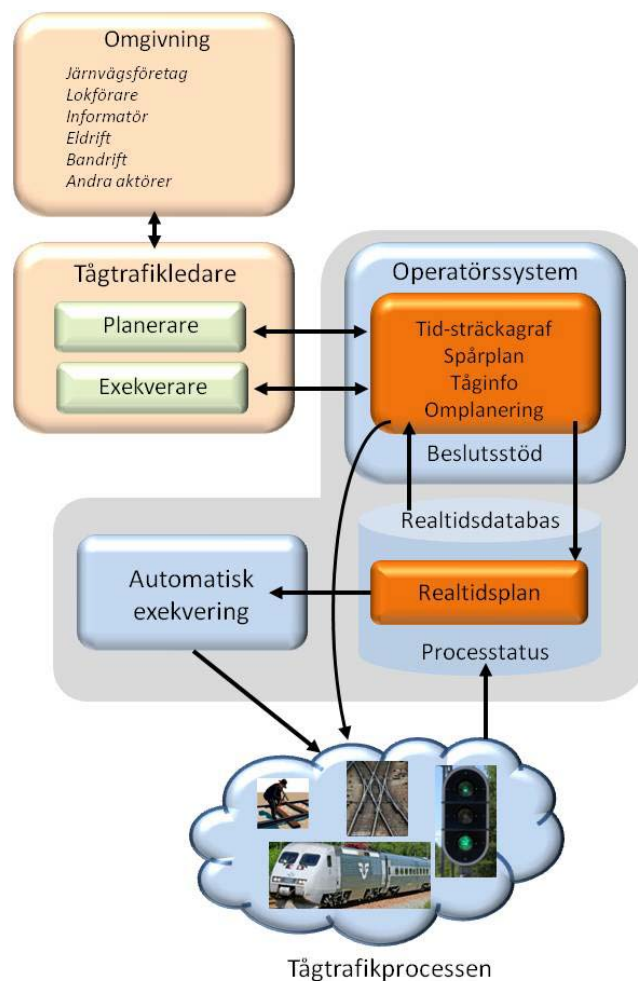
### 9.1.2 Styra trafiken genom operativ omplanering - realtidsplanen

Det är trafikledarna som i samverkan med andra aktörer inom den operativa trafikledningen är ansvariga för att skapa den aktuella trafikplanen, realtidsplanen, RTTP. Trafikledarna måste vara ständigt uppdaterade om vad som sker, tidigt kunna identifiera störningar och konflikter, hitta bra lösningar i god tid och innan problemen fått besvärliga följder, se effekterna av alternativa lösningar och kunna fokusera på problemlösning även under störda tillstånd. Informatörer ansvarar för att informera främst passagerarna om trafiken, ändrade planer m.m. All omplanering ska verka mot en och samma realtidsplan. Trafikplanen ska ha en så hög precision och vara så optimal som förhållandena medger. Den information som planen innehåller ska vara tillräcklig som utgångspunkt för andra aktörers planering.

### 9.1.3 Automatisk exekvering

Planen verkställs genom automatisk exekvering så nära realtid som möjligt. Omplanering kan ske fram till dess att planen låses för exekvering.

Exekveringen sköts av en automatisk exekveringsfunktion (AEF), även kallad planstyrd exekveringsfunktion (PEF). AEF exekverar planen mot trafikledningssystemet (tågledningssystemet) exakt som den är formulerad då den låses, och inget tillåts sedan ändra planen. En mer detaljerad diskussion om denna automatiska funktion kommer senare. Genom att all exekvering sköts automatiskt kan trafikledarna helt och hållet koncentrera sig på att följa trafikens dynamiska utveckling och att genom omplanering hitta bästa möjliga lösning till alla problem och störningar som kan uppstå. Trafikledaren arbetar då som planerare. Se figur 3.



Figur 3. Principen för det nya sättet att styra tågtrafiken genom operativ omplanering och automatisk exekvering. Denna princip fungerar så länge signalsäkerhetssystemet är intakt. I andra situationer måste man återgå till manuell exekvering via tågledningskommandon.

Detta huvudkoncept fungerar så länge signalsäkerhetssystemet är intakt. Är så inte fallet behöver man återgå till manuell exekvering. Trafikledaren jobbar då som exekverare på ett likande sätt som trafikledarna traditionellt arbetat.

#### 9.1.4 Ett nytt användargränssnitt

För att stödja trafikledaren i att följa vad som sker i trafikprocessen och i den operativa omplaneringen måste ett nytt slags användargränssnitt utvecklas och införas. Det måste vara i form av en tid-sträckagraf där trafikens nuvarande tillstånd, den framtida planen (realtidsplanen) och historiken visas på ett tydligt sätt. Det måste vara möjligt att göra omplaneringen direkt i grafen. Grafen ska på ett integrerat sätt visa all den information som trafikledarens arbete med att övervaka, omplanera och styra kräver. Användargränssnittet beskrivs utförligt nedan.

#### 9.1.5 Planera för andra och för helheten

I dagens system för trafikstyrning går det till på ett annorlunda sätt jämfört med det nya föreslagna framtida arbetssättet. Varje enskild trafikledare (fjärrtågklarare) gör sin egen planering, oftast med hjälp av en pappersgraf. Omplaneringen sker huvudsakligen i huvudet på trafikledaren och noteras i allmänhet genom anteckningar i pappersgraf. Den information som trafikledaren har kommer oftast från det som man ser i spårplanerna. Detta betyder att den omplanering som görs i princip aldrig kommuniceras med någon annan. Om tid finns kan trafikledaren samtala med andra trafikledare som styr näraliggande trafikområden, andra aktörer i trafikplaneringen, samordnare, tågledare eller ringa till lokförare. Men detta senare är snarast undantag. Omplaneringen görs alltså för trafikledarens egen del, som ett underlag för den exekvering av planen som man själv också ansvarar för. Det finns därför ingen anledning att planera eller exekvera planen förrän det är dags, dvs nära realtid. Omplaneringen blir på detta sätt inte känd för omgivningen och inte heller för lokförarna. Det innebär också en mycket stor kognitiv belastning att behöva minnas vad som senare ska exekveras. Blir det många komplexa saker att minnas kan situationen bli svår att hantera på ett bra sätt, samt mycket tröttande.

Den nya principen, operativ omplanering, innebär att man planerar om i realtidsplanen, RTTP, som är *en enda gemensam plan* för alla aktörer. Man planerar alltså inte alls längre bara för sig själv utan för andra och för helheten. Detta får konsekvenser för hur man kan och bör agera i omplaneringen. För att andra ska känna till planen och de eventuella ändringar som görs, samt för att andra ska kunna anpassa sin planering till det nya läget, är det viktigt att planeringen görs i så god tid som möjligt. Alla konflikter och störningar bör tas om hand i så god tid alltså alla aktörer kan bidra till att planen blir så bra som möjligt i god tid. Därigenom ökar förutsättningarna för att inga nya störningar uppstår genom att man agerar utgående från felaktiga premisser.

#### 9.1.6 Skilja beslut från åtgärd/exekvering

En viktig tanke bakom den nya principen för tågtrafikstyrning är att man skiljer beslut från exekvering. Detta är nödvändigt för att kunna skapa en sluten styrloop för trafikledaren. I den traditionella trafikstyrningen, med dagens system, finns inga möjligheter att ge stöd för detta. Dagens automatiska funktioner, t ex ARS (automatic route setting) eller TLS i Sverige, ”beslutar” om vad som ska göras samt utför, exekverar, detta i en direkt och sluten sekvens. Även ställverksautomaterna agerar självständigt utgående från hur tågen kör. Det gör det svårt för operatören, trafikledaren, att förutse vilka beslut som kommer att fattas innan de redan exekverats, och då är det för sent att ingripa och korrigera för oönskade effekter. Dagens

automatiska system med dessa egenskaper kan fungera i enkla situationer, men skapar stora problem vid störningar, varför trafikledarna idag ofta stänger av automaterna för att känna att de är ”i full kontroll”.

En grundläggande princip för de framtida systemen är därför att se till att trafikledaren alltid har full kontroll och kan förutse vad som kommer att hända. Detta sker genom att man ser beslut om omplanering som en separat sak och genomförandet, åtgärden, exekveringen som en annan. Omplaneringen kan göras i god tid i förväg av trafikledaren eller i vissa fall av optimerande beslutsstöd, men det sker ingen exekvering förrän så fordras för att i tid låsa tågvägar. Före den tidpunkt då planen låses, vilket tydligt indikeras i gränssnittet, kan trafikledaren följa och analysera situationen och vid behov göra om planen.

### 9.1.7 Samverkan i det operativa

Ett av huvudsyftena med den nya principen är att stödja samverkan mellan alla aktörer i olika roller i den operativa trafikprocessen. Den ovanstående aspekten, att man planerar för andra och för helheten, är en viktig förutsättning för detta. Alla kan utgå från den aktuella realtidsplanen i sitt eget agerande, vare sig det handlar om att bidra till planeringen eller att styra sina delar av processen. Alla aktörer inom trafikledningens egen organisation, ban- och eldriftledning, informatörer, aktörer inom järnvägsföretagen, lokförarna, banarbetare m fl kan ta del av planen och anpassa sitt agerande efter den. Resultatet blir större chans för en total optimering i stället för *ad hoc*-planering och suboptimering. Förutsättningar för denna samverkan är att planen kommuniceras, görs förståelig för alla aktörer i deras specifika situation samt att alla organisationer utformar sina egna principer, rutiner och system för att stödja sitt agerande. Så behöver t ex lokförarna känna till den del av planen som har inverkan på deras planering och körning samt få den presenterad på ett för sig anpassat sätt. Detta diskuteras mer i ett avsnitt om förarsystem längre fram i rapporten.

### 9.1.8 Slutna styrloopar och återkoppling

Syftet med den nya principen för ”styrning genom omplanering” är att möjliggöra styrning av hela trafiksystemet enligt en enda gemensam plan, vilket fordrar slutna styrloopar. Detta ska utvecklas mer senare i rapporten, men grundtanken är att det som planeras också ska bli genomfört. Det får inte finnas ”glapp” i styrloopen, det som planeras ska utföras och inga aktörer eller automatiska system får ändra i planen efter det att den fastställs. Kan man inte agera enligt planen ska man meddela detta, varefter planen görs om så att den blir möjlig att uppfylla. Störningar av olika slag måste kunna detekteras i så god tid som möjligt så att de kan hanteras via omplanering. Störningar i realtid samt hur man måste agera då signalsäkerhetssystem är ur funktion ska diskuteras senare.

Detta står i motsats till sådana trafikledningssystem som man traditionellt ser, speciellt i en del andra länder. En planerare (*dispatcher*) gör en omplanering, denna sänds till en exekverare (*signallerare*) som vid en senare tidpunkt, och i kanske en annan situation, exekverar något annat än den plan de fick sig tillsänd, därefter kan ett automatiskt system (*automatic route setting*, ARS) genomföra något helt annat beroende på dess algoritm och slutligen avgörs förloppet av hur lokföraren kör. I samtliga dessa steg ändras planen utan att det sker någon återkoppling till tidigare aktör. Först i efterhand kan man se vad som egentligen hände. Detta

är inte en sluten styrning, ingen plan finns som verkligen genomförs och ingen återkoppling sker.



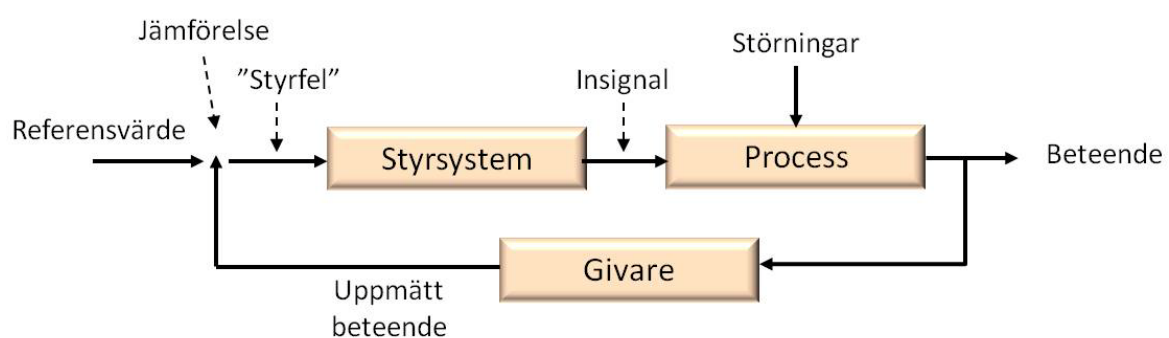
## 10 Slutna styrloopar

För styrning fordras återkoppling, dvs att skapa slutna styrloopar. Det är viktigt att se behovet av detta, samt att förstå hur det kan åstadkommas när det gäller styrningen av den komplexa trafikprocessen. För att förklara och motivera detta ska vi först utgå från en jämförelse med det som gäller vid rent teknisk styrning, för att sedan se att samma grundtänkande gäller även för styrning där mänskliga operatörer är inblandade i en komplex organisation.

Från reglertekniken och reglerteorin (*control theory*) finns det sedan länge mycket kunskaper om vad som fordras för att åstadkomma styrning av system och processer. En viktig aspekt på detta är skillnaden mellan öppen och sluten styrning, det senare även kallad återkopplad styrning (*feed-back control*).

Öppen styrning innebär styrning ”i blindo”, dvs man påverkar ett system utan att sedan ha någon kunskap om vad som egentligen sker. Ett exempel skulle kunna vara uppvärmningen av ett hus. Man ställer in värmeelementen på ett visst värde, som man kanske tror är relevant, men mäter inte alls temperaturen och anpassar inte heller inställningen av elementen till hur värmen faktiskt blev. Detta är ingen fungerande strategi om man verkligen vill styra ett system mot ett angivet mål.

Sluten styrning, styrning genom återkoppling, sker enligt en annan princip. Man anger ett önskat tillstånd, referensvärde, påverkar den process man avser att styra genom något styrsystem, mäter det beteende som processen uppvisar, jämför med det angivna referensvärdet och låter skillnaden mellan önskat och uppmätt värde via styrsystemet påverka processen. Målet är att uppnå ett tillstånd där ”styrfelet” blir minimerat. Om processen påverkas på annat sätt, t ex genom störningar från omgivningen, upptäcks detta och man kan kompensera för detta så att processen ständigt styrs mot det uppsatta målet. Se figur 4.



Figur 4. Sluten eller återkopplad styrning. Processen styrs hela tiden mot det uppsatta referensvärdet, genom att man kontinuerligt mäter hur processen beter sig och återför kunskapen om detta, genom återkoppling, till styrningen.

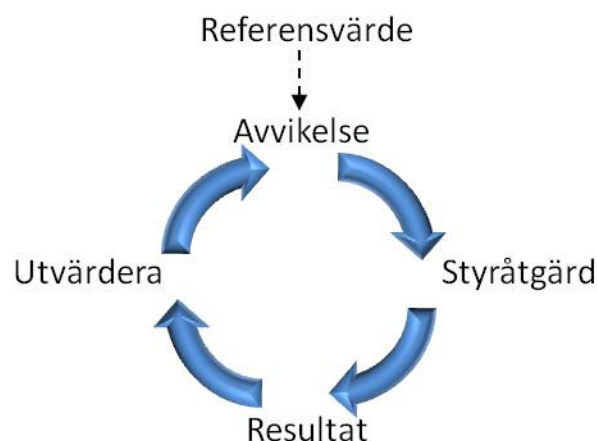
I verkligheten kan en rad svårigheter och komplikationer uppstå som gör detta svårt i praktiken. Det kan finnas många olika processtillstånd som man vill styra samtidigt, tidsfördröjningar, givarna kan ha begränsad noggrannhet, processen kan ändra beteende som styr-



systemet inte varit utformat för etc. Inom reglerteorin arbetar man med att ta fram avancerade principer för att klara av även komplicerade situationer när det gäller styrning av rent tekniska system. Ett exempel är ”framkoppling” där man mäter hur omgivningen, t ex temperaturen utomhus i exemplet om temperaturreglering, och kompenserar för en temperatursänkning redan innan den hunnit märkas. På det sättet förbättrar man noggrannheten och kan minska fluktuationer i temperaturen.

När det gäller system av den art som tågtrafiksystemet representerar, där olika organisationer och människor i olika roller ska planera och styra ett mycket komplext system, som kanske är delvis automatiserat, måste man angripa problemen på ett annorlunda sätt. Men nödvändigheten av att åstadkomma slutna styrloopar genom återkoppling gäller definitivt även här. Utan detta kan man inte åstadkomma styrning. Om alla förutsättningar vore helt kända, och det aldrig inträffade några störningar eller oväntade händelser, skulle öppen styrning kunna fungera. Så är dock aldrig fallet i verklig tågtrafikstyrning. Schematiskt kan den slutna loopen, den återkopplade styrningen, beskrivas på följande sätt, se figur 5.

Man har ett tydligt mål för styrningen, som är det referensvärde styråtgärderna utgår från. Detta referensvärde förändras i allmänhet över tiden. Baserat på kunskap om referensvärdet och det aktuella tillståndet beslutar man om lämpliga åtgärder och ser till att dessa blir genomförda. Resultatet av effekterna, dvs den styrda processens beteende, observeras, analyseras och utvärderas. Detta resulterar i ny information om det aktuella tillståndet (återkopplad information) som kan jämföras med det referensvärde man just då har. Sedan rullar denna slutna styrloop kontinuerligt vidare med tiden. Detta är en nödvändig förutsättning för styrning.

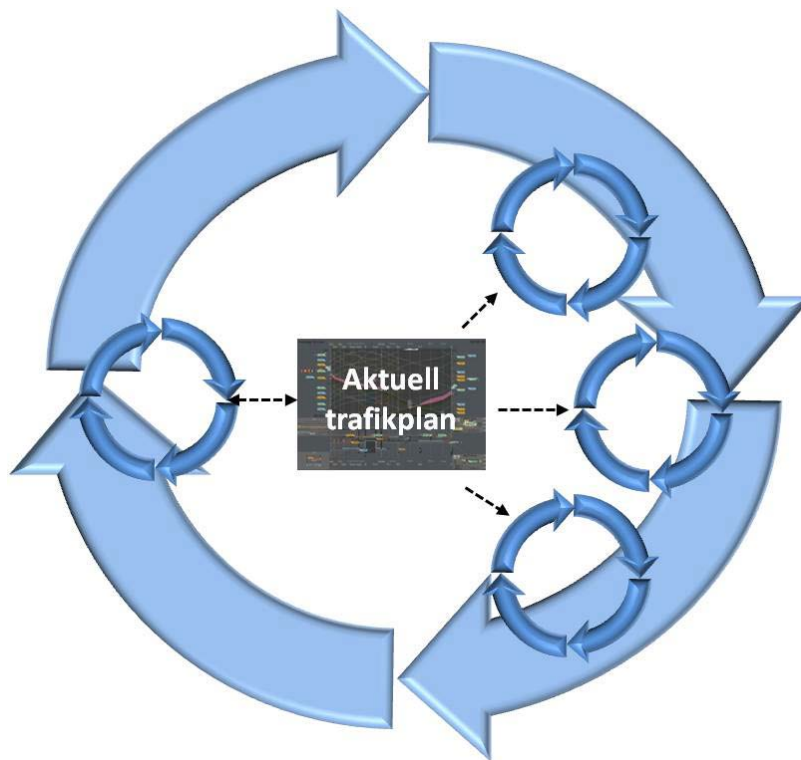


*Figur 5. Den slutna styrloopen. I en kontinuerlig sluten cykel anges målet (referensvärdet), avvikelser från önskat tillstånd identifieras, man beslutar om och verkställer adekvata styråtgärder, resultatet (dvs effekterna av styråtgärderna) detekteras och utvärderas, vilket resulterar i ny information om hur bra processen beter sig jämfört med referensvärdet (styrmålet) osv.*

Den ovanstående figuren beskriver en sluten styrloop, men i en komplex verklighet handlar det ofta om ett antal kopplade styrloopar, där olika aktörer styr sin del av den komplexa hel-

heten. Även här gäller det att skapa slutna återkopplade styrloopar, vilket då måste ske dels parallellt dels på olika hierarkisk nivå. För tågtrafiksystemet skulle man kunna beskriva denna komplexitet som i figur 6 nedan.

Utan att gå in på detaljer, och mycket förenklat, kan man se att trafikledarna ansvarar för en sluten loop med syfte att se till att en realtidsplan alltid finns tillgänglig. Utgående från det mål som den definierar har andra aktörer att styra sin del av den totala processen. Det gäller t ex järnvägsföretagen, lokförarna, banarbetare m fl. På en högre hierarkisk nivå ska hela styrningen av trafikprocessen styras genom en sluten process där alla aktörer ingår, med målet att se till att det överordnade målet, att genomföra trafiken enligt aktuell plan, kan uppnås. De olika aktörerna har i sin styrning oftast också andra mål att uppnå. Så ska t ex järnvägsföretagen se till att personalen har rimliga arbetstider, att alla lok-, vagn- och personalomlopp fungerar och att alla passagerare kommer fram till sin slutdestination. Lokförarna ska, förutom att köra tåget så att realtidsplanen uppfylls, även köra med komfort och med minimal energiförbrukning.



*Figur 6. En schematisk bild av den komplexa strukturen då ett antal olika styrloopar på olika nivå ska koordineras. Alla ansvarar för sin egen del av styrningen samtidigt som de ska agera så att det överordnade målet uppnås.*

## 11 Visualisering och gränssnittsdesign

För en processoperatör handlar arbetet ofta om att överblicka och förstå mycket information. Det är nödvändigt för att de ska ha ”koll på läget”, ha hög *situation awareness* (SA), vara ”in-the-loop” etc. I termer av MMSO-modellen ska de ha den observerbarhet och den styrbarhet som fordras för deras komplexa arbetsuppgifter. För en trafikledare handlar det om den komplexa uppgiften att planera och styra tågtrafiken och om att försöka få igång processen efter felfunktioner och andra störningar. Dessutom tillkommer ett antal ytterligare arbetsuppgifter, ofta av administrativ art.

En operatör, t ex en trafikledare som ska övervaka och styra en komplex process, måste ha tillgång till komplex information. Det är viktigt att inse att man måste acceptera denna komplexitet och inte försöka ”förenkla” för operatören så att de inte kan klara av sin arbetsuppgift. Forskning [Andersson m fl 2014] har visat att människan har en väldigt avancerad förmåga att överblicka och förstå väldigt stora informationsmängder i realtid, utan att det skapar hög kognitiv belastning, om den dels är relevant för situationen, dels utformad så att den stödjer våra förmågor att tolka och analysera de mönster informationen bildar. Får man inte tillgång till relevant information tvingas man till väldigt belastande kognitiva ansträngningar för att ”hänga med”. Kognitiv överbelastning kan med andra ord, paradoxalt nog, uppstå på grund av för *lite* information.

Inom perceptions- och kognitionspsykologin har man sedan länge studerat hur vi människor ser, uppfattar, bearbetar och förstår information. Dessa kunskaper är viktiga att ta till sig när man utformar användargränssnitt för operatörer i komplexa miljöer. Resonemanget nedan strävar inte efter att vara strikt vetenskapligt, utan att förklara vad som är viktigt att förstå som en grund för utformningen av de framtida systemen. En lite mer utförlig presentation finns också i tidigare forskningsrapporter.

### 11.1.1 Perception

Perception är vetenskapen om människans förmåga att ta emot och tolka intryck från sinnen. Visuell perception är förmågan att med hjälp av synintryck tolka yttre stimuli. Tolkningen sker i samverkan mellan synen, synnerven och centrala nervsystemet. Mycket av vår identifikation, avkodning och tolkning av synintryck sker redan i ögat och synnerven. Detta system har mycket specifika egenskaper. Om man utformar informationsvisning så att mönstren stämmer överens med våra förmågor underlättas tolkningen, man blir snabbare, gör färre fel och blir mindre ansträngd [Andersson 1990]. Några viktiga aspekter på detta är:

- De så kallade gestaltlagarna beskriver hur vi tolkar mönster. All bildvisning bör göras i överensstämmelse med gestaltlagarna.
- Det mesta av mönstertolkning bygger på synnervens avkodning av kontraster. Kontraster, framför allt skillnader i ljushet, är därför det viktigaste medlet för att utforma och avgränsa informationsdelar. Ögats rörelser styrs till viss del omedvetet av kontrastmönster.
- Användning av färger. Färger är ett viktigt medel för att koda information, men felaktig färganvändning kan ordentligt störa våra möjligheter att tolka information. Det är viktigt

att förstå vilka effekter som kan skapas av färgens färgton och vilka som skapas av färgens ljushet.

- De två starkaste koderna i en operatörs processgränssnitt är på vilken plats i en fast struktur visuella objekt placeras:
  - *fast position* (Ett objekt visas alltid på exakt samma ställe och på samma sätt)
  - *fast relativ position* (Ett objekt visas alltid på samma sätt i relation till andra objekt)Används koderna korrekt underlättar de människans förmåga att automatisera avkodning och tolkning av de tillstånd i en process och i en anläggning som visas i gränssnittet. Det måste vara möjligt att titta på en viss position på presentationsytan och direkt hitta den information man söker. "Kroppen" gör en del av arbetet med att skanna av läget, mer eller mindre medvetet. Vi vet, av erfarenhet och träning, exakt var vi ska titta.
- För annat än för mycket viktig information bör man undvika sådant som styr ögats omedvetna rörelser. Skarpa kontraster, i t ex bildskärmsramar eller som avskiljning i datafält, tenderar att dra till sig ögats uppmärksamhet, trots att detta totalt saknar informationsvärde. Skarpa mättade färger, blinkande fält och objekt i rörelse har samma effekt.

### 11.1.2 Kognition

Kognition handlar om människans tankeprocesser, dvs. förmåga att bearbeta, förstå och använda den information som överförs till hjärnan från det perceptiva systemet [Rasmussen 1983]. Det handlar t ex om att förstå vad informationen betyder i den just då aktuella situationen, att minnas saker i realtid och på längre sikt, att fatta beslut etc. Några viktiga aspekter är:

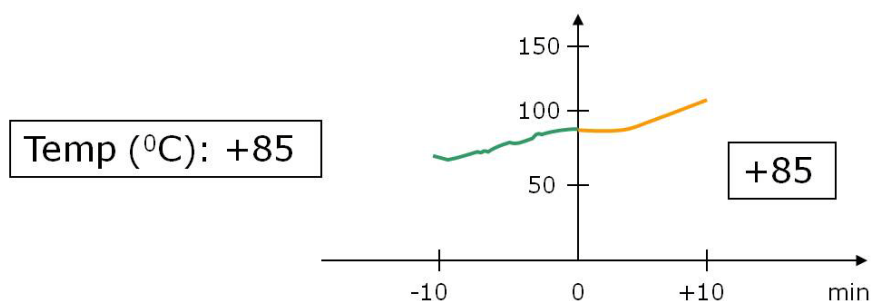
- Vårt arbetsminne (korttidsminne), dvs den minnesfunktion som vi använder oss av för att komma ihåg saker i realtid, är oerhört begränsat. Vi kan bara minnas ett fåtal saker (minnesenheter, "chunks", t ex siffror, värden, ord) samtidigt. Försöker vi minnas mer än c:a 5-8 saker samtidigt ramlar andra bort. Jobbar vi med arbetsminnet hårt ansträngt länge gör vi väldigt lätt fel och blir trötta. Informationsvisningen måste därför utgå från att all, i ett arbetssammanhang viktig information, måste vara synlig samtidigt.
- Vår förmåga att överblicka stora informationsmängder är i princip obegränsad. Om informationen är relevant, och visualiserad enligt goda principer, är det inget problem att överblicka mycket stora informationsmängder. Då uppstår ingen "information overload". Om vi däremot saknar i sammanhanget viktig information tvingas vi till ett kognitivt arbete som är belastande. Paradoxalt nog så kan därför "informationsöverbelastning" uppstå genom att vi får tillgång till för lite information [Andersson m fl 2014].
- Skillnaden mellan medvetna och automatiserade kognitiva processer är mycket viktig att förstå. På en hög medveten nivå, där vi är analyserande och problemlösande, är vi långsamma och kan bara hantera en enda sak år gången. På en låg, automatiserad nivå, kan vi utan medveten kognitiv ansträngning hantera en mycket stor mängd avancerade processer parallellt. För att de automatiserade processerna ska kunna fungera bra måste de ha lärts in så väl att de "sitter i ryggmärgen". Normalt sett måste vår informationsomgivning vara så utformad att det stödjer automatisering av det mesta, annars klarar vi inte av komplexa situationer eller blir långsamma. Den höga, medvetna kognitiva nivån måste vara tillgänglig och avsatt för de delar av arbetet som handlar om analys, problemlösning och

beslutsfattande. När det gäller människans förmåga att fatta beslut har Kahneman [Kahneman 2011] beskrivit vårt kognitiva ”system 1” som är snabbt, instinktivt och känslöstyrkt och ”system 2”, som är långsammare, mer reflekterande och logiskt.

### 11.1.3 Statisk och dynamisk information

Det är viktigt att förstå skillnaden mellan statiska och dynamiska delar av visualiseringen. Statiska, fasta strukturer bör vara nertonade och ligga i bakgrunden. Den informationen ändrar sig inte och är för den erfarna användaren totalt känd. Dess värde ligger i att skapa ett känt mönster, en fast struktur som man kan orientera sig mot och som stödjer navigation i gränssnittet. Den statiska informationen bör därför alltid ha fasta positioner för att underlätta automatisering av mönstertolkningen. Dynamisk information, den som ändrar sig under drift, är viktigare och måste visas tydligt. För att visas tydligt måste den ligga i förgrunden i bilden och informationen kodas på ett sådant sätt att det som är viktigt i sammanhanget framhävs.

Det är viktigt att de dynamiska aspekterna på en viss information visas, inte bara tillståndet ”just nu”. Dvs förändringarna är lika viktiga som det aktuella tillståndet, ofta till och med viktigare. Ett exempel på detta ges av följande figur 7. Om en processoperatör ska övervaka och styra, bland många andra saker, temperaturen i någon del av processen, så kan information om den aktuella temperaturen vara mycket mindre viktig än den just nu pågående förändringen. Att temperaturen i processtillståndet är  $85^{\circ}\text{C}$  har helt olika betydelse och tolkning om temperaturen just då stiger eller sjunker. Sjunker den kan man kanske slappna av, stiger den börjar det bli kritiskt och fordra åtgärder. Den dynamiska aspekten (trenden, tidsderivatan) är den viktigaste och styr ofta agerandet.



Figur 7. Skillnaden mellan statisk (till vänster) och dynamisk (till höger) information i ett gränssnitt. Oftast är det viktigt att visa dynamiken, dvs förändringen över tiden. Ska man förstå varför en viss sak sker kan detta också behöva kombineras med visning av de styråtgärder som satts in tidigare, vilka dessa var och när det skedde.

### 11.1.4 Slutsatser

Ett antal viktiga generella riktlinjer för design av användargränssnitt, och för själva designprocessen, kan sammanfattas i följande punkter:

#### Om gränssnittet

- Designa för skickliga professionella användare när systemen ska användas av sådana. Effektiviteten för de skickliga experterna är viktigare än att det är lätt att lära för nybörjare.

- Operatören vill ha "koll på läget", vilket innebär att information som stödjer förståelse och tolkning av dynamiken är viktigare än statisk information.
- "Management by awareness" vs. "Management by exception". Det är viktigt att stödja hög situationsmedvetenhet, så att operatören stöds i att arbeta proaktivt och att kunna förebygga att kommande problem uppstår eller för att kunna minimera effekterna av störningar i god tid. System där operatören ska vara passiv och vänta på larm om att något hänt, för att därefter lösa problemet, är alltid en sämre lösning. Människan, operatören, strävar efter att kontinuerligt följa processens utveckling för att vara uppdaterad om dess tillstånd och utveckling. Den kontinuerliga uppdateringen gör det möjligt att tidigt identifiera tendenser till avvikelser som kan komma att skapa störningar. Då avvikelser och störningar inträffar är det försent att försöka sätta sig in i en komplex situation för att få kontroll på läget. Operatörens processgränssnitt måste göra det möjligt att samtidigt överblicka helheten och skanna av detaljer i anläggningens och processens tillstånd. Bara på så sätt kan man arbeta proaktivt.
- Underlätta för operatören att förstå processen. Den information som visas i gränssnittet (observerbarheten) har inte bara syftet att stödja planering och styrning. Ett annat, och i komplexa sammanhang viktigt syfte, är att stödja förståelsen av den styrda processens dynamiska egenskaper, dvs att utveckla operatörens mentala modell.
- Gör designen färdig. En operatör ska kunna tolka vad som sker och utföra sina arbetsuppgifter direkt, utan att starta, öppna, flytta, navigera, välja etc. Arbetsytan ska vara fullständigt klar för arbetsuppgifterna direkt och utan andra åtgärder.
- Disposition av bildskärmsytan. Hur olika delar av arbetsytan används ska vara genomtänkt och inte förändras över tiden.
- Visa helhet och detalj samtidigt. Man ska inte behöva byta fokus, utan de detaljer man arbetar med ska vara synliga *tillsammans* med information som beskriver helheten. Då riskerar man inte att "gå vilse i informationsrymden" och man kan alltid relatera den detalj man studerar till helheten och till andra detaljer.
- Fast och logisk placering av information. Informationens "spatiala relationer" (plats och form) ska vara stabila.
- Rätt användning av färger. Detta är en hel vetenskap i sig. Färger är viktiga medel för kodning av information och ska inte slösas bort som t ex kosmetika. Färger ska användas på ett genomtänkt och meningsfullt sätt. Färger i bakgrunden används t ex för att skapa ett lugnt och harmoniskt intryck och för att identifiera olika presentationsytor. Färger i förgrunden används huvudsakligen för att koda informationen på ett för sammanhanget relevant sätt. Detta har beskrivits mer utförligt i tidigare rapporter.

#### *Om designprocessen*

- Vad som är bra design beror helt av sammanhanget, arbetssituationen, användarna, arbetsuppgifterna m.m. Alla dessa saker måste därför kartläggas innan designen görs.
- Design handlar om att utveckla ett nytt system för att göra ett nytt förändrat och mer effektivt arbete möjligt. Man kan därför inte bara utgå från dagens arbete, utan måste arbeta i en process där det nya framtida arbetet och dess behov kartläggs.
- Experter med hög kompetens om design av gränssnitt måste delta i arbetet.

- Ett användarcentrerat arbetssätt är nödvändigt, dvs. de som är experter på det berörda arbetet måste aktivt delta i arbetet, i en process som låter dem kunna påverka resultatet. Arbetet måste vara iterativt, dvs. med ständiga omtag av prototyper och utvärderingar tillsammans med vana användare och systemutvecklare/programmerare.
- Det är en feltolkning om man tror att ett användarcentrerat arbetssätt innebär att man frågar användarna vad de vill ha och sedan utformar system och användargränssnitt enligt detta. Representanterna från verksamheterna är experter på sitt arbete och hur det hittills varit möjligt att utföra det. De är inte experter på design. Däremot har de värdefulla idéer och synpunkter på hur systemet ska fungera och användas. Det är via en bra process och ett respektfullt samarbete som en bra lösning kan uppnås.



## 12 STEG-grafen

Det som vi i detta och andra avsnitt refererar till som STEG-grafen är det användargränssnitt som utvecklats för att stödja trafikledarna i det framtida operativa arbetet. Namnet STEG (Styrning av Tågtrafik med Elektronisk Graf) kommer från det projekt som Trafikverket genomförde för att utveckla och införa ett fullskaligt system för trafikstyrning enligt de nya principerna som presenteras i denna rapport. Utformningen av STEG bygger på de prototyper som togs fram, utformades, testades och utvärderades inom det tidigare forskningsprojektet FTTS. Prototypsystemet hade då namnet SIMSON. Arbetet med att utveckla, testa och utvärdera det nya gränssnittet har utförligt beskrivits i tidigare rapporter, liksom de detaljerade förklaringarna till många av de designbeslut som ligger bakom utformningen. Här ska vi beskriva STEG-gränssnittet lite översiktligt samt diskutera utformningen för att förklara hur det stödjer principerna för det nya operativa arbetssättet. Det finns en väldig mängd detaljer i designen, som lättast kan förstås genom att läsa den användarhandledning för STEG-systemets som tagits fram av Trafikverket.

Förklaringen görs bäst utgående från en bild, se figur 8 nedan.



Figur 8. Ett exempel på ett STEG-gränssnitt. Den övre delen av bilden är planeringsvy i form av en tid-sträckagraf. Den scrollar neråt mot nutidslinjen vartefter tiden går. Under nutidslinjen finns historien. Den aktuella planen för alla tåg inom området finns visade i grafen. Det mesta av den observerbarhet och styrbarhet som behövs i det operativa arbetet finns i detta helt integrerade gränssnitt. Så är t ex all banarbeten, relevant tåginformation, förenklade spårplaner med tågens position, banprofiler m.m. inkluderade. För att stödja beslutsfattandet identifieras och visas alla konflikter, förseningar m.m.

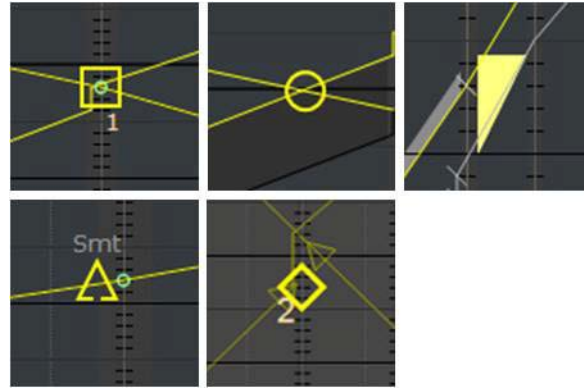


När STEG-grafen utformades gjordes detta bl a utgående från följande överväganden:

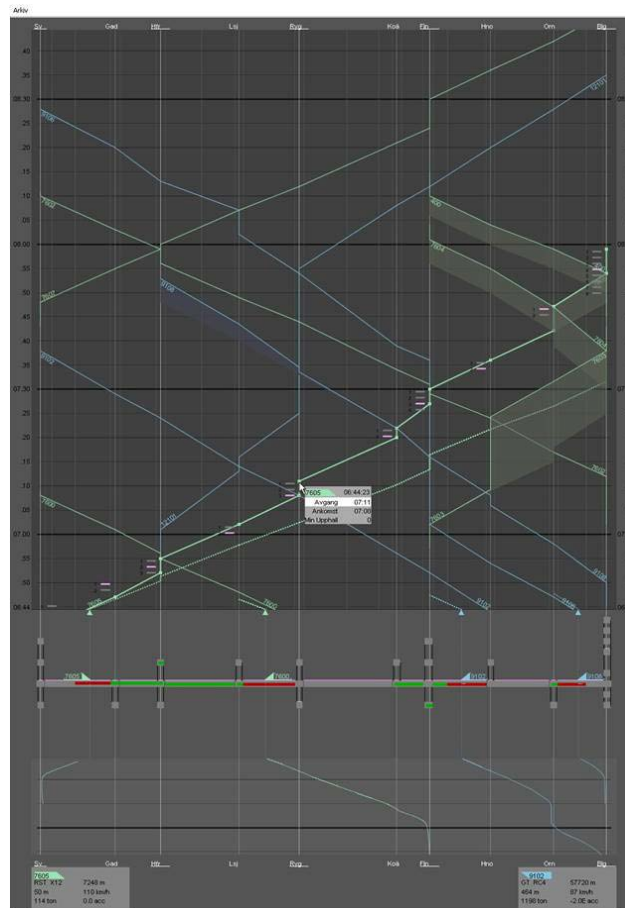
- Tid-sträcka-orienteringen gjorde så att tiden är vertikal, med riktning så att stigande tid är uppåt, samt att sträckan är horisontell. Huvudskälet är att det styrda områdets spårplaner kräver större fast utrymme än tiden och att man kan överblicka mer information horisontellt än vertikalt. Dessutom är infrastrukturen unik för anläggningen, medan tid (historia, nutid, framtid) är generell och därför mer lämplig att rulla (scrolla).
- Man vill ofta kunna se betydligt mer information horisontellt (geografi) än vertikalt (tid). Då vår förmåga att se i sidled respektive höjddled utan ansträngning gör att den horisontella visningen kan göras mycket större blir denna orientering naturlig. Det är dessutom enklare och snabbare att relatera informationsobjekt vertikalt än horisontellt, då de bildar mer tolkningsbara mönster i kolumner på detta sätt.
- Spårplaner visas horisontella och det bör vara en överensstämmelse mellan spårplanerna och grafen. Sträckan visas i en skalenlig bild, så att alla avstånd blir korrekt avbildade i grafen. Det gör att "tidtabellinjens" lutning är proportionell mot tågets hastighet.
- Detta stred mot den traditionella orienteringen i pappersgraferna, vilket många då sade var ett stort problem. Det visade sig dock vid tester att det aldrig tog en erfaren trafikledare mer än en kort stund för att totalt anpassa sig till den nya visningen. Vana användare kommenterar aldrig eller störs av denna nya orientering.
- Tiden är det som "rullar" från framtid till dåtid (historia). Rullning av bilden sker mycket effektivare för oss uppifrån och neråt. Därför valdes orienteringen där framtid ligger uppåt och historien neråt. Störst fokus riktas mot nutidslinjen vilken placerats i en god betraktningvinkel vertikalt sett.
- Det är viktigt att ha fasta positioner för viktig information. Detta är en viktig grund för automatisering av mönstertolkning. Därför valdes nutidslinjen att alltid ligga fast och planen rullar neråt så att framtiden kommer närmre ner mot nutidslinjen för att sedan övergå till historia nedanför nutidslinjen. (OBS att andra system för digital graf som visats internationellt ofta valt att låta nutidslinjen rulla neråt över en fast plan som sedan efter ett tag "hoppas uppåt", något som vi ser som ett sämre alternativ.)

För att stödja trafikledarnas arbete, speciellt deras möjligheter att följa de dynamiska förloppen, identifiera behov av omplanering, eliminera konflikter, utföra den operativa omplaneringen m.m., finns en rad funktioner utvecklade. Några av dessa visas i figurerna 9, 10 och 11 nedan.

Det finns en del kvar att utveckla när det gäller gränssnittet. Idag innehåller det t ex inte någon återkoppling av kvaliteten i omplaneringen, något som bör utvecklas i framtiden. Detta diskuteras mer nedan i rapporten.



Figur 9. Visualisering av olika slags konflikter i gränssnittet. Uppifrån vänster och därefter syns konflikter som rör spår användning på driftplats, konflikt på linje, konflikt med upphinnande tåg, avbrott i plan, dvs spår användningen är inte sammanhängande samt spårbrist, t ex för kort spår på mötesplats.



Figur 10. Omplaneringen sker genom att ett visst tågs planeringslinje markeras och den önskade omplaneringen sker med hjälp av musstyrning och -kommandon. Effekterna blir direkt synliga i gränssnittet.



Figur 11. Den orangea markeringen indikerar att den automatiska exekveringen (AEF eller PEF) inte är i funktion på denna driftplats. Saknas markeringen kommer planen att exekveras automatiskt då planen närmar sig realtid. Exakt när den exekveras, och hur långt en tågväg då låses, visas också i gränssnittet.

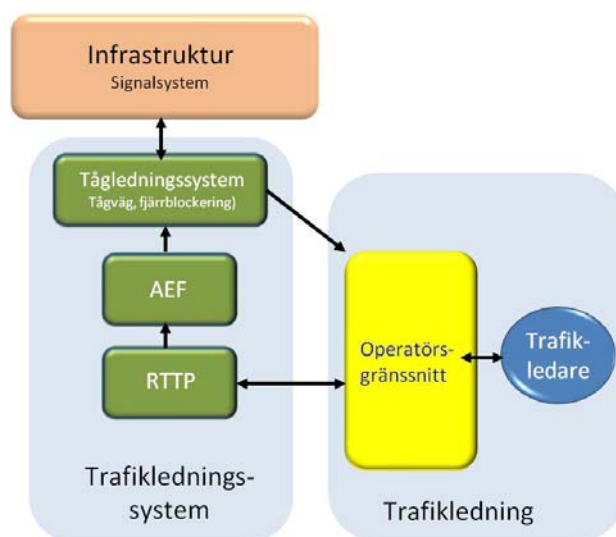
## 13 RTTP - Realtidsplanen

En mycket central del av hela konceptet ”styra genom operativ omplanering och automatisk exekvering” är den kontinuerligt uppdaterade realtidsplanen. Vi har valt att även kalla den RTTP (real time traffic plan). Idén med realtidsplanen är väldigt enkel.

Den dagliga startversionen till RTTP är den ursprungliga körplanen (trafikplanen, tågplanen, tidtabellen). Vikten för den operativa processen av att den ursprungliga planen är optimerad och konfliktfri har redan påpekats. Det är sedan trafikledarna som är ansvariga för att vid behov kontinuerligt, genom omplanering, skapa en ständigt aktuell version av trafikplanen. Det finns bara *en enda gemensam* realtidsplan. All omplanering sker mot denna enda realtidsplan. Trafikplanen ska alltid ha en så hög precision och vara så optimerad som förhållandena medger. Realtidsplanen ska innehålla all den information som behövs för att fullständigt specificera planen för varje enskilt planeringsobjekt. Planeringsobjekten är främst alla tågrörelser men även alla andra objekt som planeras in, t ex banarbeten. Ju mer komplett planen är ju bättre möjligheter ges alla aktörer att agera optimalt för att uppfylla planen. Det centrala innehållet för tågobjekten är de planerade:

- Avgångstiderna
- Ankomsttiderna
- Gångtider
- Spår användningen
- Tågordningen gentemot andra tåg

Realtidsplanen, och den historik som den kan generera, blir även en viktig databas som kan nyttiggöras för fler olika syften. Den visar både hur trafiken planerats och hur den genomförts, hur olika slags situationer hanterats och vad resultatet blivit. Den framtida användningen för uppföljning, utvärdering och för lärande är omfattande. Principen för STEG-gränssnittet, operatörsgränssnittet, och realtidsplanen framgår av figur 12.



Figur 12. Principen för STEG-systemet, realtidsplanen och den automatiska exekveringen.

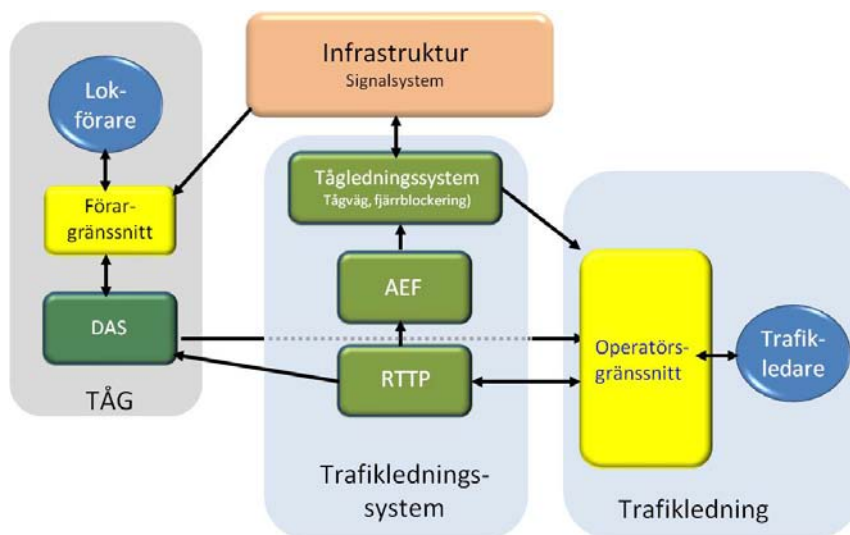
## 14 CGTO – Lokförarna med i loopen

För att uppnå den potentiella nyttan av den nya principen för operativ trafikstyrning och av att skapa slutna styrloopar för alla aktörer, är det en faktor som är av största vikt: Att inkludera förarna i loopen. Principen för detta, som även vidareutvecklats inom ramen för EU-projektet ONTIME, kallar vi CGTO, *centrally guided train operation*.

Skälen till att detta är extra viktigt är bl a:

- Om en sluten styrloop ska skapas mellan trafikledarnas omplanering i realtidsplanen, RTTP, och förarnas verkställande av planen genom sin körning enligt planen, måste planen göras tillgänglig och förståelig för förarna. Detta kan också formuleras som att det inte tjänar så mycket till att planera bra, om tågen sedan inte alls körs enligt planen.
- Om förarna inte har tillgång till realtidsplanen har de bara den ursprungliga planen att tillgå, och den är oftast obsolet, överspelad. De får då köra på enbart signalbilder och ATC, och detta stödjer inte optimal körning enligt realtidsplanen.
- Om förarna inte kör enligt den aktuella realtidsplanen leder detta till ett kraftigt ökande behov av omplanering, då planen hela tiden måste anpassas till hur förarna verkligen kör. Så förutom att det leder till suboptimering och störningar i trafiken innebär det också en kraftigt ökande arbetsbelastning för trafikledarna.

Följande figur 13 beskriver principen för CGTO, ”lokförarna med i loopen”.



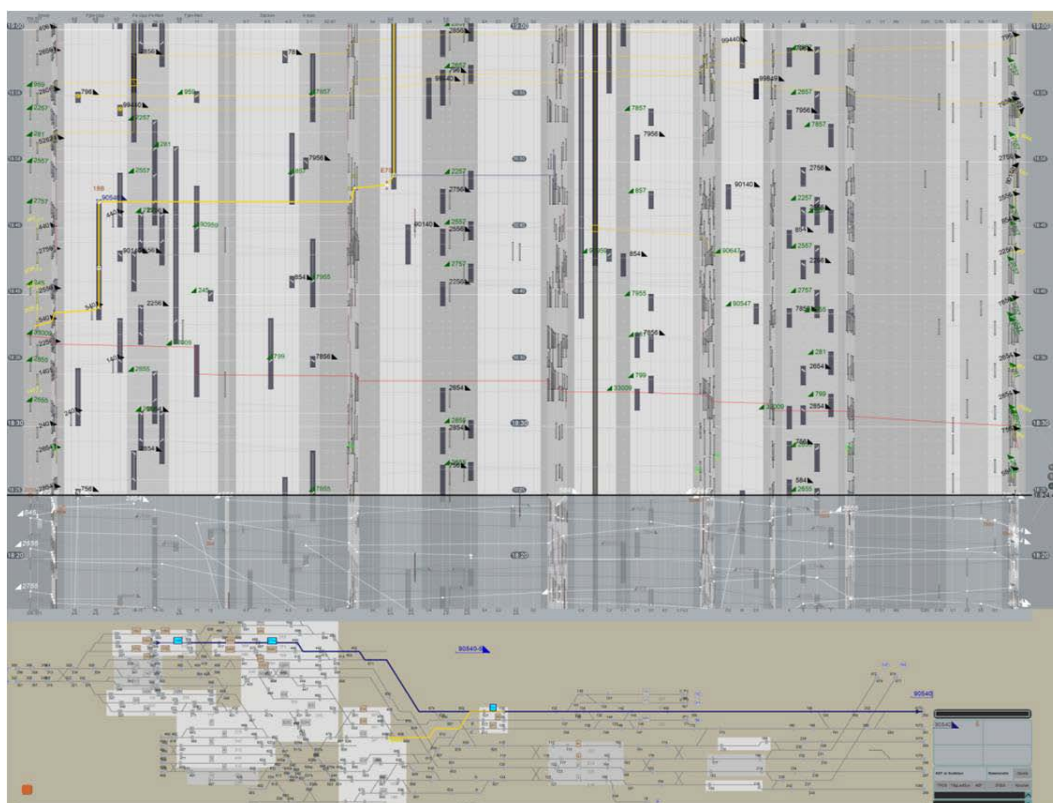
Figur 13. Principen bakom CGTO, *centrally guided train operation*. Förarna kommer med i loopen genom att deras beslutsstöd (DAS, *driver advisory system*) får information från RTTP. Via sitt gränssnitt får de information om realtidsplanen och hur de bör köra för att uppfylla denna. Det fordras också en återkoppling från förarnas DAS till trafikledningen för att trafikledarna ska få kännedom om tåget eventuellt inte klarar av att köra enligt plan eller om andra problem påverkar tågens körning.

I ett senare avsnitt i denna rapport, ”Studier av lokförarnas arbete och samverkan med trafikledningen” kommer detta att utvecklas ytterligare. Dessutom ska det arbete som genomförts inom ramen för FOT-projektet, när det gäller lokförarna, redovisas där.

## 15 SAP - komplexa noder

De styrprinciper och det användargränssnitt som presenterats ovan, dvs STEG-grafen och omplaneringen med hjälp av detta, är inte ändamålsenliga i alla situationer. När det gäller omplanering och styrning av komplexa spårområden och noder måste visualiseringen av infrastrukturen och omplaneringen ske på en lägre, mer detaljerad nivå. För den skull har en särskild form av graf utvecklats för detta ändamål. Denna graf kallas spåransvändningsplan, SAP. Det är helt nödvändigt att skapa möjligheter för att alltid ha en komplett realtidsplan för varje tågs hela färd. Den slutna styrloopen bygger på att planen alltid är komplett och inga luckor i planen kan accepteras. Den totala realtidsplanen för ett tåg blir därför en kedja av sammanhängande planer för varje bandel samt kompletterande detaljerade planer för varje komplex nod under färd.

Det grundläggande konceptet för SAP togs fram inom vår forskning, men har senare utvecklats av Trafikverket i samverkan med oss forskare. I denna rapport ska vi bara kort beskriva den idé som SAP bygger på. En SAP-graf kan t ex ha följande utseende, i detta fall för Stockholms centrala spårområde, se figur 14.



Figur 14. Ett exempel på en spåransvändningsplan, SAP, här för Stockholms centrala spårområde från "getingmidjan" åt vänster till Solna åt höger.

I SAP-grafen finns överst en planeringsvy som vertikalt visar de resurser som ett tåg kan belägga under sin färd genom området. Modellen innehåller samtliga spårledning. De viktigaste ur planeringssynpunkt visas, främst de där tåg kan ställas, t ex vid plattformar och

liknande. Vertikalt visas tiden på samma sätt som i STEG-grafen. Tiden rullar neråt mot den fasta nutidslinjen. Under nutidslinjen syns historiken. De vertikala staplarna visar den tid ett visst tåg ockuperar (låser) respektive resurs. De ockuperade resurserna binds samman med en linje för varje tåg, så att man tydligt kan se ett visst tågs väg genom resurserna samt hur lång tid varje resurs blockeras av tåget.

Under planeringsvyn finns en detaljerad spårplan där man kan se motsvarande resurser samt det aktuella tågets planerade väg. Omplaneringen sker precis som i STEG-grafen direkt i planeringsvyn genom att tåglinjen kan röras i tidsdimensionen. Om det uppstår konflikter i resursutnyttjandet mellan tåg markeras detta tydligt i grafen. Genom omplanering kan trafikledaren eliminera alla konflikter i tid. Spårplaneringsplanen kan sedan exekveras på samma sätt som realtidsplanen i övrigt. Växlingsvägar och rundgångar med lok hanteras manuellt som idag.

När SAP-grafen utformades gjordes följande huvudsakliga designval:

- Tiden visualiseras på samma sätt som i STEG-grafen.
- Den horisontella axelns placering av resurserna är inte strikt geografisk. Det är ofta många resurser som är i verkligheten är parallella, men som måste visas i sekvens i grafen.
- Det blir i varje särskilt fall ett speciellt problem att placera resurserna på ett bra sätt för att undvika sicksacklinjer för tåg- och färdvägar. Man måste välja en placering av resurserna som eliminerar eller minimerar sådana effekter.
- Det är ganska få tågvägar som är vanliga i praktiken, dvs utgör de lokala standardlösningarna, även om det alltid finns ett antal andra som är teoretiskt möjliga. Man kan därför utgå från standardvägarna när man placerar ut resurserna horisontellt för att i de allra flesta fall undvika sicksacklinjer när man i sekvens sammanbinder resurser.

SAP-graferna, de implementationer, tester och utvärderingar som gjorts av Trafikverket beskrivs i deras interna rapporter.



## 16 Olika trafiksituationer ger olika behov av lösningar

De situationer som en trafikledare har att hantera varierar mycket i olika avseenden. Då man studerar och analyserar olika situationer ser man att skillnaderna ibland är så stora att man kan tala om att det handlar om helt olika slags arbeten. Det finns få likheter mellan att styra trafiken om natten i ett glest trafikerat område och att hantera intensiteten inom Stockholms centrala område i rusningstrafik. Ändå ska de olika situationerna hanteras av trafikledare med i princip samma grundkompetenser och av samma styr- och trafikledningssystem. De konkreta, praktiska, erfarenhetsbaserade kompetenserna kan vara mycket olika och tar lång tid att tillägna sig.

Det finns olika orsaker till att situationerna skiljer sig åt, exempel är:

- Trafikområdets struktur. Glest, tätt, enkelspår, flerspår, antal och storlek på mötesplatser etc.?
- Trafikområdets kapacitetsutnyttjande. Hög, låg, flaskhalsar? Kritiska noder?
- Trafikområdets komplexitet. Komplexa stationer och noder? Korsande tågvägar etc.? Ställverk med olika funktionalitet? Frekvens av icke åtgärdade felfunktioner?
- Trafikeringens art. Godstrafik, tunga tåg, persontrafik, lokal- och pendeltåg etc.?
- Mixen av prioriterat gods, olika typer av specialtransporter?
- Trafikeringens intensitet. Hög låg, jämn, oregelbunden?
- Tid på dygnet. Dag, natt, rusningstrafik?
- Frekvens av underhåll, om- och utbyggnad?
- Infrastrukturens stabilitet. Stabilt eller mycket fel? Frekvens av fel, t ex nedrivna kontaktledning?
- Trafikeringens aktuella status. Normal drift, mindre störningar, större störningar? Typ av störning?
- Störningars tidutsträckning. Temporärt eller lång tid?

Frågan är hur man ska hitta lösningar som på ett bra sätt stödjer trafikledarna i de olika situationerna. Några saker som vi funnit vara viktiga att beakta är:

- De grundläggande principerna för operativ omplanering och automatiskt exekvering är generella och ska som grundprincip fungera alltid och överallt.
- Personalens kompetens, träning och erfarenhet måste anpassas till den grundsituation som råder. Det fordrar t ex olika kompetens att styra Malmbanan jämfört med Stockholm mitt.
- Behovet av detaljerad kunskap om anläggning och trafikprocess är stort. Det är troligen svårt att på kort sikt bygga bort detta genom att skapa en mer enhetlig och stabil infrastruktur. Det bör emellertid vara det långsiktiga målet.
- Det måste finnas kompetens och träning om hur man snabbt byter fokus och arbetssätt från låg till hög intensitet, ostört till stort läge, automatisk exekvering till manuell exekvering etc.

- Det måste finnas en god dynamik i arbetsorganisationen så att man snabbt kan bemanna arbetsplatser och arbetsstationer anpassat till den aktuella situationen.
- Det måste finnas goda möjligheter att snabbt omkonfigurera arbetsplatser så att man kan anpassa den geografiska omfattningen av ansvarsområde för trafikledare etc.
- Behovet av talad kommunikation måste minimeras i störda lägen.

## 17 Automation i trafikstyrningen

Det finns mycket forskning gjord kring automation och samspelet mellan människor i olika roller och automatiska system. I de flesta komplexa situationer där människor ska övervaka och styra tekniska system ingår i allmänhet automatiska system av olika art och på olika sätt. Exempel är automatik i kärnkraftverk, t ex vid snabbstängning av en reaktor, eller autopiloter i flygplan. Ofta är man helt beroende av automatik för att klara av arbetsuppgifterna på ett effektivt och säkert sätt, men samtidigt har det visat sig svårt att utforma ett bra och problemfritt samspel mellan människor och automater [Sheridan 2002].

Några exempel på viktiga problem som kan uppstå i sociotekniska system, där människor och automatiska system ska "samverka" för att åstadkomma en bra och säker styrning, är:

- Problem uppstår om en operatör inte förstår eller kan förutse vad en automat kommer att göra i en viss situation, utan man blir mer eller mindre överraskad. Detta brukar kallas "automation surprises" [Bainbridge 1983].
- En vanlig reaktion om man inte känner sig säker på vad en automat gör eller om man tror att det motverkar den man vill åstadkomma är att stänga av automaten för att kunna känna att man är "i full kontroll". Vi brukar kalla detta för "the turn it off syndrome". Ansvar ligger alltid på människan. Automatiken kan aldrig ta ansvar.
- Situationen att man har hjälp av automatiseringen då allt fungerar normalt, och man har litet behov av hjälp, men inte får hjälp då det krånglar och man har stort behov av hjälp, brukar kallas "the irony of automation". Detta innebär en grundläggande motsättning. Då människan inte får möjlighet att träna på de enklare situationerna, och inte tillåts vara kontinuerligt uppdaterad och medveten om vad som sker, saknas förutsättningarna för att på ett bra sätt kunna hantera de svåra situationer som automatiken inte klarar av.
- Den typ av automater som själva har getts möjligheten att identifiera behov av styrning och sedan genomför detta per automatik (oftast i en sluten och icke transparent sekvens), utan att en operatör kan bestämma vad som ska hända, kallar vi här för *autonoma* automater (även om begreppet som sådant är omtvistat). Sådana automater som inte tillåts planera om eller agerar på egen hand kallar vi *icke-autonoma*. Det är de autonoma automaterna som oftast tenderar att leda till "the turn it off syndrome".
- I många fall finns det en problematik kring vem som råvar över vem, i relationen mellan mänskliga operatörer och automatiska system. Man talar om *authority*. I t ex ett flygplan kan det vara en viktig fråga om en pilot alltid ska tillåtas ta över kommandot från en autopilot eller om en autopilot ska kunna ta över kommandot om den anser att piloten agerar på ett säkerhetskritiskt sätt.

Det har genom åren forskats mycket kring detta, och det finns många exempel på omfattande kunskapssammanställningar. Ett exempel med relevans för järnväg och automation är [Balfe m fl 2012] där ett antal principer för automatisering inom tågtrafikstyrning formuleras. Vi ska

här bara redovisa de slutsatser vi dragit i vår forskning när det gäller hur den operativa trafikledningen kan och bör stödjas av automatiska system. Frågan om automatisering är också nära besläktad med den om beslutsstöd. Detta diskuteras mer i nästa kapitel i denna rapport.

Våra slutsatser när det gäller automatisering i trafikledning är:

- En trafikledare måste i alla sammanhang stödjas så att man upplever maximal *situation awareness* (SA) [Endsley 1996]. Det innebär att alla lösningar där trafikledaren inte kan förutse eller känna sig helt trygg med vad automatiska systemen gör måste undvikas. Människan har ju alltid ansvaret.
- För att undvika situationen att man inte har hjälp av automatiska system vid störda situationer måste dessa fungera minst lika stödjande då som i ostörda situationer.
- De automatiska funktionerna, som exekveringen av planen, måste vara icke-autonoma. Det innebär att de inte tillåts ändra på intentionen i planen eller användandet av resurser, bara se till att planen verkställs.
- Automatiska funktioner som kan tänkas ändra planen, så att något annat är det avsedda utförs, måste undvikas. Det innebär att system som det svenska TLS eller det brittiska ARS inte är lämpliga. Sådana stängs oftast av vid störningar.
- Alla automatiska funktioner, de icke-autonoma, men särskilt de autonoma i den mån som de förekommer, måste tydligt informera trafikledarna om vad de kommer att verkställa, hur och när. Detta för att ge trafikledarna en tillräcklig SA. Människan måste kunna vara med i loopen. De icke-autonoma automatiska systemen i STEG-systemet visar tydligt när de kommer att exekvera planen, samt vad effekterna av detta kommer att bli.
- I den mån som mer avancerade beslutsstöd inkluderas i styrsystemen måste utformningen av dessa göras så att det inte bryter mot principerna ovan. Detta diskuteras mer nedan.

## 18 Beslutsstöd

Det har sedan lång tid tillbaka pågått en omfattande forskning kring beslutsstöd i tågtrafikstyrning. Den mesta forskningen har handlat om möjligheten att utveckla matematiska algoritmer som kan lösa ett komplext omplaneringsproblem. Den finns en omfattande teoretisk grund för att ta fram algoritmer för problem med resursallokering, vilka potentiellt kan vara tillämpbara för operativ omplanering [ONTIME 2013].

Målet med att utveckla sådana algoritmer är att förbättra kvaliteten i den operativa omplaneringen. I sådana situationer där människan har svårt att hitta bra och optimala lösningar snabbt nog, t ex på grund av problemens komplexitet och tidsbrist, skulle avancerade algoritmer kunna prestera bättre.

Man kan särskilja två olika principiella tankar bakom att ta fram algoritmbaserade beslutsstöd. Den ena är för att automatisera och på sikt ersätta så mycket som möjligt av de mänskliga operatörernas beslutsfattande och arbete med styrning. I förlängningen kan målet till och med vara en total automatisering av hela tågtrafikstyrningen. Den andra tanken är att ta fram sådana system som stödjer trafikledaren i de situationer där algoritmerna är bättre på att snabbt hitta optimala lösningar, men att i övrigt överlåta till människan att ta ställning till de framräknade förslagen och ansvara för beslut och genomförande. Självklart kan man också tänka sig kombinationer och mellanting mellan dessa två huvudprinciper.

Historiskt har det visat sig mycket svårt att införa mer eller mindre automatiserade system baserade på algoritmiska beslutsstöd. Orsakerna till detta är säkert flera. Några problem är:

- Det finns ingen tradition av system av sådan art, så de berörda är skeptiska till hela konceptet.
- De försök som gjorts har fallit på att de modeller man utvecklat och de data som fordras för att göra beräkningarna inte varit nog exakta. Då modellerna eller resultatens kvalitet varit får låg har de framräknade lösningarna inte varit giltiga. Algoritmerna har inte kunnat hantera alla de komplikationer som förekommer i praktiken.
- Ibland, åtminstone tidigare, har beräkningstiderna för att få fram resultaten varit för långa och därmed inte fungerat i praktiken. Genom smarta algoritmer och genom att avgränsa problemen kan man oftast klara av detta.
- De lösningar som algoritmerna tagit fram har inte varit begripliga för trafikledarna. Då man inte förstår resultaten, och vilka förutsättningar de baserar sig på, har man inget förtroende för dem. Man har ibland uppfattat utfallet av algoritmernas beräkningar som antingen självklara, och då behöver man inga algoritmer, eller som orealistiska, och då ställer de till med mer skada än nytta.
- De system man har haft för den manuella trafikledningen har inte möjliggjort en integrering med avancerade beslutsstöd. Man har inte klarat av att få det till en fungerande helhet i praktiken.

- Organisationen, internationellt ofta med en uppdelning mellan planerande och exekverande roller, gör integrationen svår eller omöjlig.

### *18.1.1 Några projekt om beslutsstöd*

Flera olika grupper nationellt och internationellt har genom åren arbetat med forskning om beslutsstöd och optimerande algoritmer för operativ omplanering. Vi ska här kort beskriva några sådana, men hänvisar till de olika projektens rapporter för mer utförlig information.

Inom CATD-projektet i slutet av 1990-talet gjorde Peter Hellström ett arbete som resulterade i hans licentiatavhandling. Projektet gick ut på att analysera sådana algoritmer som utvecklats av andra forskare, anpassa dessa till svensk tågtrafikledning och utvärdera hur de där skulle fungera som beslutsstöd. Resultatet blev att man teoretiskt kan klara av det, att det fanns stora problem med modeller och indata, samt att trafikledarna inte såg att det skulle innebära något större stöd för dem i praktiken.

I en sedan länge pågående forskning vid Blekinge Tekniska Högskola har en grupp under ledning av Johanna Törnquist Krasemann arbetat med bl a algoritmer för optimerande operativ omplanering. Deras ansats har varit att utveckla modeller som kan bli fungerande i praktiken samt att se till att dessa kan nyttiggöras för trafikledare. Inom ramen för projektet FLOAT pågår nu denna forskning i samarbete med vårt eget projekt BAOT, vars syfte är att bidra till integrationen mellan optimerande beslutsstöd och den operativa omplaneringen enligt STEG-systemets principer. Se vidare rapporter från dessa projekt.

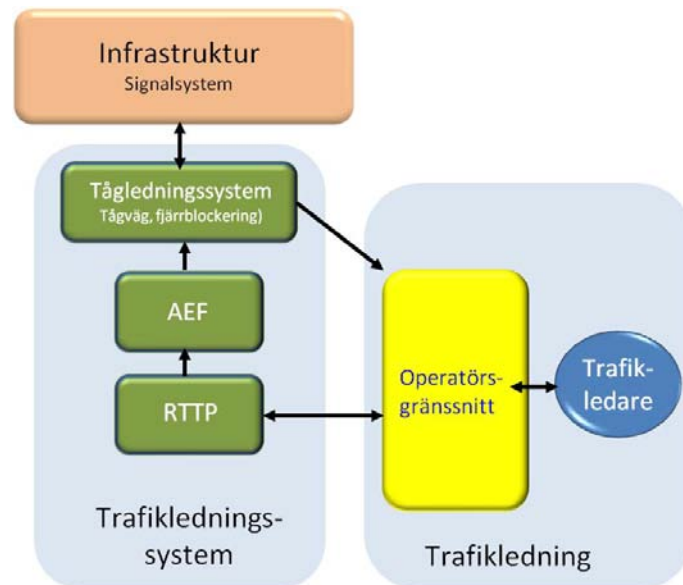
Inom det europeiska projektet ONTIME lade man ner stora resurser på att utveckla algoritmer för optimerande omplanering och för att skapa generella datastrukturer för sådana system. För att utveckla principer och beslutsstöd för omplanering valde man att skilja mellan två olika typer av störningar:

- Mindre störningar (perturbations), som innebär att trafikledningen har mandatet att planera om utan att det behöver involvera externa parter, t ex järnvägsföretagen. Sådana mindre störningar ska inte innebära några mer omfattande förändringar i trafikeringen, utan har som mål att hantera förseningar och konflikter inom de avtalade ramarna samt att i möjligaste mån återgå till den ursprungliga tidtabellen.
- Större störningar (disruptions) som innebär att man måste interagera med järnvägsföretagen och att även deras beslutsprocesser inkluderas. Sådana störningar kan handla om att vända tåg, ställa in tåg, omdirigera tåg, ändra prioriteter eller anslutningar m.m. Här handlar optimeringen inte bara om en optimering av körplaner utan också om järnvägsföretagens resursplanering och optimering, t ex omlopp av personal, lok och vagnar. Denna typ av störningar inkluderar vi nu inte i vårt forskningsarbete.

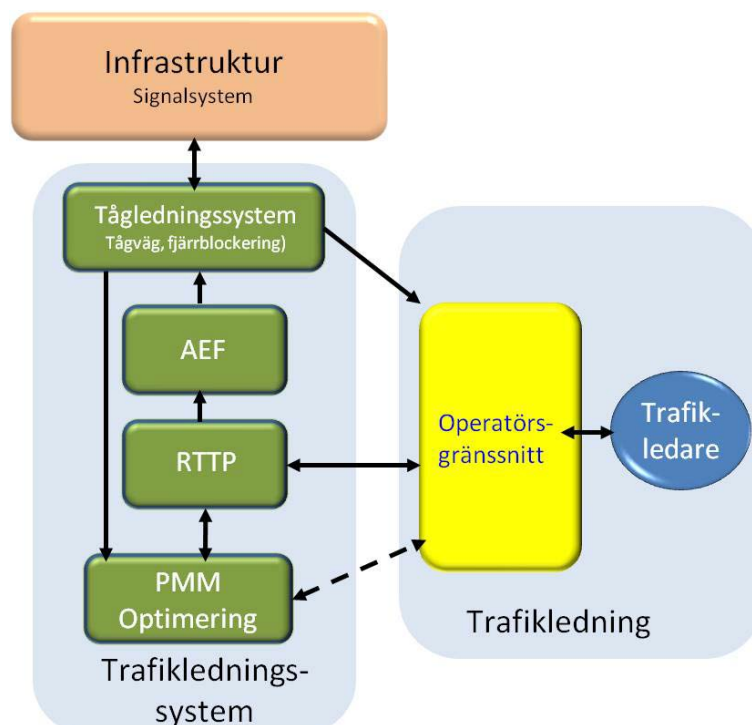
För de mindre störningarna utvecklade man inom ONTIME en särskild modul, PMM (perturbation management module) som kontinuerligt identifierar behov av omplanering, gör omplaneringen och uppdaterar realtidsplanen, RTTP. Som grundprincip ligger PMM och ”snurrar” kontinuerligt och planerar om vid behov. Trafikledarens kan då i normalläget vara ”out-of-the-loop”, men ska kunna gå in och ändra i planen om man ser detta som nödvändigt.

### 18.1.2 Olika principer för beslutsstöd

För att tydligare förklara de till synes små men betydelsefulla skillnaderna mellan de olika ansatserna beskriver vi deras principiella uppbyggnad i följande figurer 15, 16 och 17.

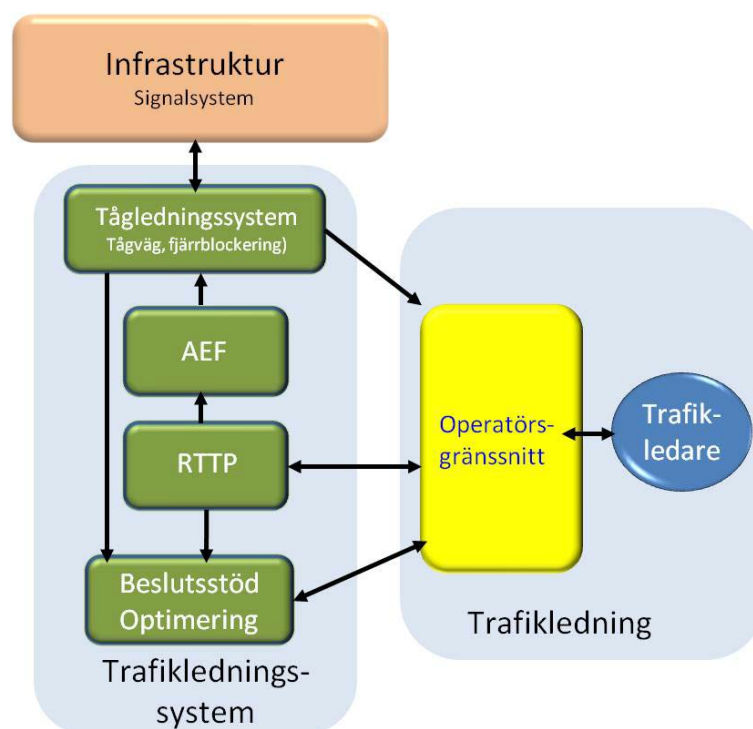


Figur 15. Den grundläggande strukturen i STEG-konceptet, utan separata optimerande beslutsstöd. Trafikledaren ansvarar med hjälp av de inbyggda hjälpmedlen för den operativa omplaneringen.



Figur 16. Den principiella strukturen för beslutsstöd enligt ONTIME för små störningar (perturbations) vilket definierats som att besluten kan tas av trafikledningen internt, utan samråd med järnvägsföretagen. Den omplanerande och optimerande modulen PMM (perturbation management module) är kontinuerligt aktiv, identifierar behov av omplanering

t ex på grund av förseningar eller konflikter, räknar ut en optimal ny plan och verkställer denna automatiskt genom att uppdatera RTTP, vilken senare exekveras på vanligt sätt. Trafikledaren kan eventuellt ingripa och påverka PMM genom att fixera vissa bivillkor, ge prioritet åt vissa tåg, låsa spår användningen etc.



Figur 17. Strukturen för beslutsstöd enligt det koncept som FLOAT- och BAOT-projekten arbetar med. Skillnaden mot ONTIME ovan är att beslutsstödet inte automatiskt kan uppdatera RTTP, utan detta sker, som huvudmodell, genom beslut av trafikledaren. Beslutsstödet integreras med trafikledarens system för omplanering.

En viktig aspekt som skiljer sig åt mellan de olika principerna är hur självständigt det optimerande beslutsstödet tillåts arbeta. Blir beslutsstödet mer eller mindre autonomt eller har trafikledaren i alla läget kontroll över situationen, eller något mellanting? I ONTIME-lösningen är grundprincipen att PMM är en autonom och kontinuerligt gående maskin. I FLOAT och BAOT-lösningen är grundprincipen att beslutsstödet ska vid behov stödja trafikledaren med beslut som just då löser det aktuella problemet.

### 18.1.3 Våra slutsatser

I det forskningsarbete som vi bedrivit, inom FTTS, FOT m fl projekt, har vi inte hittills arbetat aktivt med att införa någon form av mer avancerade beslutsstöd. STEG-systemet i sig erbjuder ett antal beslutsstödjande funktioner, t ex:

- Konflikter identifieras och visas för trafikledaren i realtid.



- Viktig information om trafikeringsläget, t ex aktuella förseningar och skillnader mellan ursprunglig och aktuella plan, visas tydligt.
- Tågens aktuella och historiska rörelser visas i gränssnittet.
- Information om aktuella minimala gångtider för tåg kan ibland visas.
- Information om planerade och aktuella banarbeten visas.
- Detaljerad tåginformation är tillgänglig.
- De strukturella resurserna som trafikledaren kan utnyttja visas i spårplanen.
- Trafikledaren får omedelbar feed-back på effekterna av försök till omplanering, genom att konsekvenser, t ex i form av nya konflikter, förseningar m.m., visas direkt i gränssnittet.

Det finns idag inga färdiga och i praktiken utvärderade förslag till utformning av framtida beslutsstöd. Det är viktigt med fortsatt forskning kring detta. För den fortsatta utvecklingen av beslutsstöd, som kan integreras i de operativa systemen och arbetet, ser vi följande aspekter som viktiga, vilket ska utvecklas mer inom ramen för BAOT-projektet:

- De beslutsstöd som utvecklas och införs bör vara kongruenta med det grundläggande konceptet som STEG-systemet bygger på, dvs att stödja och höja kompetens och prestation hos de mänskliga operatörerna.
- Beslutsstödjande funktioner måste integreras i trafikledarnas gränssnitt och vara utformade så att de stödjer deras situationsmedvetenhet (SA).
- Det ovanstående förhindrar inte att det kan finnas situationer där mer autonoma delsystem kan vara viktiga och effektiva. Sådana situationer bör identifieras genom fortsatt forskning.
- Det är viktigt att ge trafikledarna kontinuerlig återkoppling om kvaliteten i den omplanering som sker, vare sig den sker manuellt eller med hjälp av beslutsstöd. Lärdomarna från specifikation av de kriteriefunktioner som beslutsstöden använder kan därför vara viktiga även för utformning av sådan återkoppling. Återkopplingen kan dels stödja kvaliteten i omplaneringen, dels stödja lärande och utveckling av trafikledarnas kompetenser.
- Några viktiga situationer där trafikledare kan ha behov av mer avancerade och optimerande beslutsstöd är t ex (mer om detta finns i rapporter från BAOT-projektet):
  - Lösa konflikter efter synkronisering av planen mot hur tåg kör.
  - Optimera planen i ett längre tidsperspektiv och över längre sträckor än det egna behörighetsområdet.
  - Prioritera tåg. Det måste gå att prioritera mellan tåg och få konsekvenserna beräknade.
  - Ställa och starta tåg vid och efter totalstopp och stora störningar.
  - Hålla tågen rullande, nära nutid och vid plötsliga störningar.
- Viktiga interaktionskrav kan vara:
  - Visa båda planerna, gamla och den nya beräknade, samtidigt för jämförelse.
  - Visa enbart den nya beräknade men med kritiska beslut markerade.
  - Kvalitetsparametrar, hur bra blev omplaneringen?
  - Kvalitetsmått måste definieras. Exempel på kvalitetsmått kan vara:

- avvikelser från körplan, robusthet/marginaler, kritiska marginaler, marginal till deadline, marginal till spårbrist, kritiska noder, marginal till anslutningar; marginal till minimal gångtid, marginal till minimal uppehållstid, dvs. marginal till "nåbar målpunkt", marginal till påverkan på andra tåg (mötande resp. förbigående, anslutande etc).

## 19 Utvärdering av STEG i det operativa arbetet

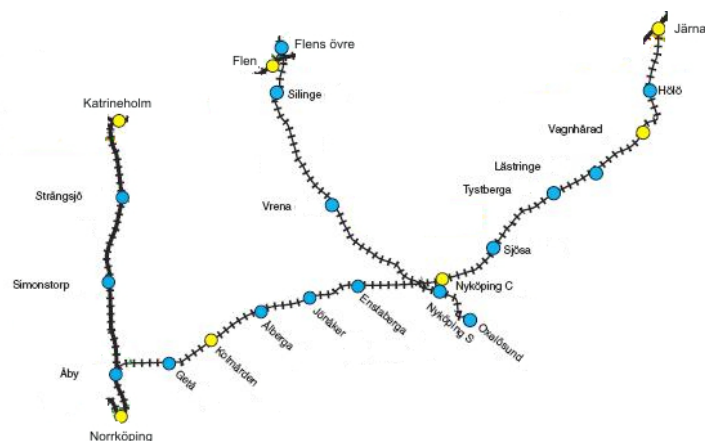
STEG-systemet utvecklades och infördes vid trafikledningscentralen i Norrköping år 2008. Det STEG-system som infördes där var en enarbetsplats, dvs en enda arbetsplats för STEG-systemet vilket innebär att konceptet med en enda plan som omfattar all trafik inte var aktuell här. En första utvärdering gjordes år 2009, och resultatet av denna redovisas här. Därefter gjordes en installation i Boden. Där hade systemet utvecklats till ett multisystem, med arbetsplatser i första steget för malmbanan, i ett senare steg för hela Bodens trafikledningsområde.

### 19.1 STEG i Norrköping

STEG-projektet utvecklade, installerade och utvärderade ett prototypsystem för trafikledning som byggde på styrprinciperna framtagna i forskningsprojektet FTTS. Implementationen som först gjordes i Norrköping bestod av ett enanvändarsystem för ett avgränsat trafikområde, vilket beskrivs nedan, i figur 18.

Utvecklingsarbetet startade i augusti 2006 och pågick till mitten av september 2008. Utvecklingen genomfördes enligt en iterativ modell. Det utvecklade systemet togs i drift i april 2008 och provkördes under maj månad. En första utvärdering gjordes i maj-juni 2008 varefter en del förändringar genomfördes. Därefter togs systemet i ny drift från september 2008. STEG kördes därefter i skarp drift för tester och utvärdering t.o.m. november 2008. Efter testperioden fortsatte man på trafikledarnas begäran att använda systemet under ytterligare drygt ett år.

STEG-projektet och en dokumentation av systemet finns utförligt beskrivet i en slutrapport från Trafikverket. Se rapporten ”STEG (Styrning av Tågtrafik via Elektronisk Graf), Banverket rapport 2008-12-19”.



Figur 18. Norrfjärrens grenar. Det spårssystem där trafiken hanterades via STEG.

Det trafikområde där tågtrafik under testperioden styrdes av den trafikledare som använde prototypsystemet STEG kallas Norrfjärren. Banorna är uppdelade i tre grenar:

- Dubbelspår mellan Norrköping C och Katrineholm C.
- Enkelspår från Järna över Nyköping C till Norrköping via Åby som är grenstation där enkelspåret förbinds med dubbelspåret.
- Ett lågtrafikerat godsstråk från Oxelösund via Nyköping södra till Flens övre. Det är också ett enkelspår. En förbindelse finns mellan Nyköping C och Nyköping S. Norrköping C styrs från Norrköpings driftledningscentral men av en annan trafikledare.

Arbetsplatsen, se figur 19, bestod av det traditionella styrsystemet samt en STEG-skärm. STEG var här implementerat som ett planeringslager ovanpå det ordinarie styrsystemet.



*Figur 19. STEG-arbetsplatsen i TLC Norrköping. Den stora skärmen i övre raden är STEG-systemet.*

### *19.1.1 Utvärderingen i Norrköping*

De grundläggande frågorna som ur ett forskningsperspektiv utvärderades i Norrköping var:

- Om det går, och hur bra, att styra trafik på ett effektivt sätt enligt de principer ”styra genom operativ omplanering” som utvecklats inom FTTS-projektet.
- Om de framtagna hjälpmedlen för omplanering och styrning (gränssnitt, automatisk exekvering m.m.) stödjer arbetet på ett bra sätt.
- Om det nya arbete som skapas är ett bra arbete med en god arbetsmiljö och som uppskattas av trafikledarna.

Dessutom tillkommer en rad andra syften som är viktiga ur Trafikverkets perspektiv och som rör effekterna på trafiken samt de tekniska möjligheterna att implementera systemet.

Utvärderingsarbetet har bestått av ett antal olika delar. Vi sammanfattar här metoden och resultatet. Det sätt som utvärderingen genomfördes på kan utgöra en grund för kommande utvärderingar.

#### *Enkäter*

Vi genomförde enkätundersökningar både före och efter införandet av STEG för att ta reda på hur uppfattningen om arbetet och systemet var och hur den förändrades i samband med införandet. Enkäten skulle ge svar på frågor om man kan styra tågtrafik med ett sådant

system. Vi ville ta reda på om den upplevda kognitiva belastningen minskade och om trafikledarna fick ett bättre beslutstöd av STEG i sin operativa planering. Vi ville också studera trafikledarnas subjektiva upplevelser av STEG.

### *Observationer*

Vi satt med och observerade samtliga fem trafikledare som körde STEG under testperioden. Observationer är nödvändiga för att förstå komplexiteten i arbetet. Att sitta med och observera trafikledare när de utför sitt arbete ger tillfälle att komplettera frågeställningar och nå detaljerad kunskap. Det ger en bättre förståelse för hur olika arbetsuppgifter påverkar varandra. Observation gör det möjligt att undanröja missförstånd och missuppfattningar. De ger den observerande möjlighet till en intuitiv upplevelse av var svårigheter finns och att uppnå en känsla för helheten och kärnan i arbetet. Vi kan se brister i funktioner, i gränssnittets utformning och i interaktionen. Observationer är ett nödvändigt komplement till de verbala beskrivningar av arbetet som intervjuer ger upphov till.

### *Analys av STEG-loggfiler*

De loggfiler vi använde under utvärderingen var i form av inspelningar av användargränssnittet, dvs ”filmer” av vad som visades på STEG-systemets bildskärm under hela arbetspass.

### *Dagböcker*

I dagboken kunde trafikledarna fritt notera vad som hänt och vad de hade på hjärtat. Framför allt använde man den som loggbok för att beskriva olika felfunktioner under den inledande testfasen efter driftsättningen. De använde den även för att beskriva de mest graverande bristerna hos funktioner och användargränssnitt.

### *Kollegial verbalisering*

Som en del i utvärderingen av hur väl STEG-systemet fungerar i drift för Trafikledarna, så har metoden Kollegial Verbalisering använts [Erlandsson och Jansson 2007]. Metoden är utvecklad för att studera arbetssituationer som ställer krav på hög säkerhet, effektivitet och punktlighet. Metoden hade tidigare använts med goda resultat för att studera hur besättningen på höghastighetsfartyg samt lokförare arbetar. Här tillämpades metoden för att i detalj kunna studera hur väl STEG-systemet fungerar för trafikledarna i sitt användningssammanhang.

### *Intervjuer – djupa*

Fem omfattande intervjuer genomfördes. Intervjuerna spelades in och transkriberades. Intervjuerna beskrivs bäst som semistrukturerade intervjuer där manus endast användes för att stämna av att viktiga frågeställningar behandlas under intervjutillfället. Syftet med intervjuerna var att tillsammans med övriga utvärderingsmetoder skapa en mer komplett bild över hur prototypsystemet STEG fungerade under testperioden. Intervjuerna gav en möjlighet att följa individuella resonemang djupare än övriga utvärderingsmetoder och var därför ett viktigt komplement till dessa.

### *Utvärdering av utvecklingsprocessen*

Denna punkt är lite speciell och gällde inte STEG-konceptet som sådant utan hur utvecklings- och införandearbetet bedrevs, framgångsfaktorer etc. Viktiga aspekter att utvärdera rörde den nära kontakten mellan de olika deltagarna i processen, iterativiteten. Detta diskuteras mer utförligt på annan plats i denna rapport, i kapitlet ”Utvecklingsprocesserna”.

#### *19.1.2 Slutsatser från Norrköping*

Här sammanfattas resultatet av utvärderingsinsatserna i relation till de frågeställningar som preciserades ovan.

- Att ”styra genom att planera” fungerade tillfredsställande i den operativa miljö som Norrfjärren utgjorde. Även här visade sig fördelen med att separera vad som skall göras, dvs beslutet/planen, från när det skall exekveras. Det avlastar trafikledarna från uppgiften att sitta och bevaka processens utveckling för att sätta in åtgärder vid rätt tidpunkt. Det datoriserade systemet är bättre lämpad för den uppgiften. Trafikledarna får med STEG mer kapacitet till den uppgift de är bra på: att hantera osäker information och göra bedömningar för att hitta bra lösningar på komplexa problem vid oförutsedda händelser.
- Det var lättare att ha längre framförhållning. Det var enklare och gick snabbare att planera om många gånger. Genom att AEF lägger tågvägar enligt plan blev det lättare att koncentrera sig på trafikplanen. Vid störningar som omfattar signalsäkerhetssystemets funktioner var det fortfarande exekvering på ”tekniknivå” med det ordinarie tåglednings-systemet som gällde.
- Planerna kan göras mer exakta. Det går bättre att utnyttja tillgängliga marginaler och ändå skapa genomförbara och robusta lösningar. Till exempel är det enklare att i tid prioritera tåg vid korsande tågvägar.
- I de flesta fall fungerade den automatiska funktionen AEF, ”Automatisk exekvering av konfliktfri plan”. En förutsättning är att den automatiska exekveringen inte tillåts ändra i planen.
- Man uppfattade trafiksystemet som mer förutsägbar och transparent än tidigare.
- Det verkade fungera bra med övergången till det nya arbetssättet. Det fanns inga specifika problem. Man lärde sig att hantera systemet relativt snabbt. Hur väl man presterade i den nya arbetsrollen på längre sikt kunde inte utvärderas på detta stadium.
- Man uppfattade gränssnittet som till största delen effektivt och användbart. Dock såg man en stor potential till förbättringar och att det var viktigt att kontinuerligt ta vara på trafikledarnas erfarenheter, synpunkter och idéer under den tid systemet körs.
- Effekter på trafiken och organisationen i övrigt kunde inte studeras under denna utvärdering.
- När det gäller arbetsmiljöaspekter fann man följande. Det finns potential att förbättra arbetsmiljön. Arbetsplatsens utformning var inte alls optimal. Det var en ganska dålig fysisk ergonomi på försöksarbetsplatsen. De största problemen rörde en alltför omfattande mushantering samt en dålig placering av STEG-skärmen.
- Det som framhålls i intervjuer och under observationer är att man bedömer det som subjektivt bättre och trevligare att arbeta med STEG.

- Väldigt många av de aspekter som beskrivits ovan tyder på att den kognitiva belastningen minskar i de allra flesta arbetssituationer. Slutsatsen att den kognitiva belastningen minskar måste basera sig på ett sådant indirekt resonemang. Att mer strikt mäta den kognitiva belastningen är mycket svårt även om det i teorin finns metoder för att göra det.
- Ett antal framtida utvecklingsbehov identifierades, vilka redovisades i utvärderingsrapporterna. Se Trafikverkets utvärdering eller rapporten: ”Utvärdering av STEG-projektet. Rapport från projektet Framtida tågtrafikstyrning. Projektrapport 2009”.

## 19.2 STEG i Boden

STEG vidareutvecklades till ett multisystem, dvs flera arbetsplatser där trafikledare kunde styra olika trafikeringsområden mot samma realtidsplan. Införandet försenades av att man först skulle konvertera tågledningssystemet ARGUS till en ny hårdvara. Det har funnits en rad tekniska svårigheter med att få alla delar av STEG-systemet att fungera enligt hur det var tänkt. Utan att gå in på detaljer så har problemen främst handlat om svårigheter att få den automatiska exekveringsfunktionen (AEF) att fungera mot ställverken. Samtidigt som STEG har införts har det också pågått försök med att installera ett DAS (driver advisory system) på malmtågen. Syftet med detta system, CATO utvecklat av Transrail AB, var ursprungligen att stödja energioptimerande körning, men syftet vidgades till att också omfatta en realtidskoppling till STEG för att styra tågen utifrån den aktuella realtidsplanen. Detta beskrivs mer i detalj i kapitlet om lokförarsystem senare i denna rapport. Man kan nu konstatera, hösten 2015, att det fortfarande finns en rad problem med att få STEG och CATO att fungera bra, både individuellt och tillsammans. När det gäller problemen relaterade till STEG ska det beskrivas mer utförligt i nästa kapitel. Då det finns brister i förutsättningarna för att utvärdera STEG och CATO, separat och i samverkan, har ingen fullständig utvärdering kunnat göras ännu. Detta är olyckligt och det är av stor vikt att en sådan utvärdering snart kan göras, inte minst för att man ska kunna dra viktiga slutsatser inför utvecklingen av NTL.

Införandet i Boden skedde i två faser. Först utvecklades ett multisystem som användes för tre arbetsstationer som hanterade malmbanan. Därefter gick man vidare och införde STEG för att styra samtliga delar av Bodens trafikledningsområde.

### 19.2.1 *Införandet i Boden*

Någon mer omfattande beskrivning av införandet av STEG i Boden kan inte göras här, då vi inte alls var involverade i detta. Vi har dock i efterhand analyserat några aspekter på införandet där, jämfört med införandet i Norrköping, och dragit en del slutsatser från detta.

Några av de observationer vi gjort är:

- Den omfattande förankring och delaktighet som fanns vid införandet i Norrköping fanns inte i Boden. Man byggde i stor utsträckning på de erfarenheter man hade från Norrköping. Då det finns mycket som skiljer mellan de två trafikledningsområdena missade man förmodligen en del viktiga aspekter. Ett mer omfattande användarcentrerat arbete hade varit önskvärt, för att anpassa systemet till lokala förhållanden och för att skapa större delaktighet.



- Det fanns, och finns fortfarande, en rad olika tekniska problem med att få STEG att fungera fullt ut, särskilt den automatiska exekveringen, AEF. Då man inte kan exekvera automatiskt ser man inte alltid nyttan av att planera bra, proaktiv och att eliminera konflikter i god tid. Detta blir en ond cirkel, då dålig planering medför att planen inte blir användbar för andra, som då inte heller kan agera optimalt.
- Det har varit problem med resurser och bemanning i Boden, som också haft effekt på möjligheterna att utbilda tillräckligt många trafikledare tillräckligt utförligt. Alla har inte fått möjligheten att lära sig det nya arbetssättet.
- Vissa nyckelpersoner har inte fått möjligheter att delta i utvecklingsarbetet med tillräckligt hög kontinuitet.
- Införandeprojektet upphörde till stora delar i samband med det direkta införandet, varefter hanteringen gick över till förvaltning. Då mycket inte var färdigt vid den tidpunkten fanns inte resurser och kompetens för att slutföra införandet på ett komplett sätt.
- Samordningen med utvecklingen och införandet av CATO har inte fungerat fullt ut. Mycket har gjorts på ett kompetens sätt, men i och med att det funnits brister i funktionalitet, kompetens och utbildning har det aldrig kommit igång i full skala. Även här ser vi en ond cirkel. Dålig planering leder till dålig information till förarna som då inte vill eller kan köra enligt plan, vilket leder till problem för trafikledarna etc.

### 19.3 Sammanfattande slutsatser

Några kortfattande slutsatser och kommentarer från införandena i Norrköping och Boden är:

- Installationen och införandet i Norrköping gjordes koordinerat med att själva systemet utformades och utvecklades. Berörd personal var delaktiga i såväl utvecklings- som införandeaktiviteter. Hela organisationen i Norrköping och speciellt de trafikledare som skulle arbeta med systemet, var med i förändringsarbetet under hela processen. Man arbetade i nära samverkan mellan uppdragsgivare, projektledning, berörd personal och forskare. Alla tekniska hinder för att systemet skulle fungera på ett bra sätt åtgärdades innan systemet togs i drift. Man hade god tid på sig att träna på hanteringen av det nya systemet och det nya arbetet före det togs i drift. Även efter införandet fanns resurser och kompetens på plats för att stötta arbetet och för att justera sådant som inte fungerade på ett tillfredsställande sätt.
- Utveckling och införande i Boden gjordes mest baserat på erfarenheterna från Norrköping. Personalen var betydligt mindre involverad och delaktig. En lång rad tekniska problem uppstod, och alla dessa togs inte om hand från början, vilket medförde att t ex den automatiska exekveringen inte kunde tas i drift. Det fanns dåligt med tid och resurser för utbildning. Fortfarande lång tid efter införandet finns en rad tekniska brister kvar, som förhindrar effektiv användning. Fortsatt resursbrist på personalsidan har försvårat utvecklingen och ansatserna att komma tillrätta med problemen.
- Resultatet blev att det enklare enanvändarsystemet i Norrköping fungerade väl från start, medan det mer komplicerade fleranvändarsystemet i Boden fortfarande flera år efter införandet dras med problem.

## 20 Utvärderingar 2015 och behov av fortsatt utveckling

Vid en förnyad uppföljning av hur arbetet med STEG och CATO fungerar vid TLC Boden i oktober 2015 kan vi konstatera att man fortfarande har en hel del problem med att få allt att fungera enligt de mål som finns för STEG. Baserat på analys av ett stort antal STEG-loggfiler från driften i Boden, besök i Boden, observationer av arbetet i Boden samt intervjuer kan vi kortfattat göra följande analys av läget i oktober 2015. Vi försöker också att ge förslag på vilka åtgärder som är lämpliga att vidta för att åtgärda problemen och bristerna.

Vi vill återigen påpeka att det är av stor vikt att se till att STEG-systemet fungerar bra och enligt plan i Boden, så att erfarenheterna därifrån kan användas i den kommande utvecklingen, främst inom NTL-projektet.

### 20.1.1 Körplanernas kvalitet och innehåll

De ursprungliga, dagliga, körplanerna som levereras till trafikledare i den operativa styrningen har idag alltför låg kvalitet. Spår användningen är inte fullständigt planerad och det är vanligt att planen innehåller spårkonflikter på driftplats samt linjekonflikter. Planerade gångtider stämmer inte alltid med hur de aktuella tågen körs i praktiken.

- *Spår användning* är inte korrekt planerad, vilket medför mycket onödigt arbete för trafikledare i det operativa läget. Spår användning måste vara angiven i detalj för att planen ska vara fullständig. Detta bör göras i den ursprungliga planen och inte överlåtas till trafikledarna i det operativa skeendet. Detta gäller främst möten som inte längre är aktuella, t ex med tåg som inte körs den aktuella dagen, vilka inte tas bort ur planen. Det betyder att i den ursprungliga planen ligger det kvar möten som inte längre är aktuella och tåg planeras att gå in på sidospår i onödan. Detta måste trafikledarna hantera och korrigera i det operativa arbetet.
- *Gångtider* beräknas med alltför låg kvalitet. Resultatet blir att planen inte överensstämmer med hur tåg verkligen körs, eller kan köras. Orsakerna till detta är flera:
  - Detaljerad spår användning ingår inte i beräkningen.
  - Järnvägsföretagen levererar inte för planeringstillfället aktuella kvalitetssäkra data om längd, vikt, accelerations- och bromsegenskaper
  - Ingen anpassning sker utifrån gällande och av järnvägsföretagen kända aktuella förutsättningar då planen ska verkställas.
  - Alltför lite hänsyn tas till inverkan av signalsäkerhetssystem och ATC.
- *Planerade arbeten*, kända av entreprenörer m fl, ingår inte alltid i den plan som levereras till trafikledare i den operativa styrningen. Detta leder till mycket onödigt arbete för trafikledare i det operativa läget. Arbetena måste hanteras som akuta arbeten, trots att de i praktiken är kända sedan tidigare. Detta medför onödig omplanering och mycket merarbete. Effekterna blir också störningar i trafiken.

### 20.1.2 Användning av automatisk exekvering (AEF)

AEF används inte annat än sporadiskt och då bara på ”norra omloppet”. Skälen till detta är många och det finns tydliga orsaker till detta.

- Tekniska fel och brister är ännu inte helt bortbyggda och avlusade, vilket försvårar eller omöjliggör korrekt användning.
- De körplaner som läses in går inte att köra efter, utan korrigeringar (se ovan). Planerna innehåller konflikter på linjer samt saknar korrekt spår användning på driftplatser.
- STEG saknar vissa viktiga funktioner för att förenkla interaktionen vid omplanering och lösning av konflikter. Därför blir omplaneringen ibland jobbig, varför man avstår.
  - Möjlig åtgärd: Omplanering av möten genom att ”dra” i den gula ringen för linjekonflikt, bör kompletteras med följande: Då ett tåg inte längre har ett planerat möte ska spår användningen ändras till ”rakspår”. Detta bör vara en generell funktion i Boden, för tåg som inte har planerat uppehåll med ”tofflor” (vilket innebär att omplanering av ankomsttid och avgångtid samt spår användning endast kan göras explicit av trafikledaren). Dvs tåg som inte planeras att ha möte ska gå på rakspår, om de inte i planen har ”tofflor”. Sättet att fixera spår användningen är alltså att t ex sätta en ”toffla” på ankomsttidens nodpunkt.
- AEF begär inte tågväg in till driftplats där planen innehåller konflikt om spår på denna driftplats. AEF begär inte tågväg ut på linje där planen innehåller konflikt om spår på denna linje. Det är en fundamental del av konceptet: styra genom att planera. Dvs trafikledaren ska hela tiden kunna lita på att automatiska funktioner utför *exakt* vad man planerat. Finns konflikt i planen är den inte komplett, beslut måste fattas, omplanering måste göras.
  - Möjlig åtgärd 1: Det finns behov av en funktion som nära nutid (genom nästa driftplats, t ex) automatiskt löser de konflikter som uppstår vid synkronisering. Detta gäller enbart linjekonflikter. Automaten ska nog inte tillåtas ändra spår användning eller tågordning eller att flytta möten. I övrigt kan den nog fungera på ett sätt som liknar dagens suboptimerande lokala ställverksautomater. Syftet är att hålla tågen ”rullande” i en situation där trafikledaren har fullt upp med att lösa specifika problem inom en del av området.
  - Möjlig åtgärd 2: Det finns behov av en funktion som gör det möjligt att enkelt (automatiskt) ändra gångtider för samtliga tåg som planeras att passera ett område med hastighetsnedsättning. Den kan nog t ex integreras med funktionen som ”noterar” hastighetsnedsättningar i grafen.
- Tåg körs inte enligt den aktuella plan som trafikledaren fastställt. Skälen till detta är i grunden enkel: Lokförarna har oftast ingen aning om den aktuella planen! Detta leder till behov av att synkronisera och anpassa planen till de avvikelser som uppstått. En grov skattning säger att idag görs majoriteten av all omplanering av denna orsak, dvs att förarna inte kör enligt plan. Några frågor är: Är det möjligt att på kort sikt mer tydligt sträva efter att minimera synkning och därigenom försöka hålla fast vid den plan man fastställt, förutsatt att planen är anpassad till de förutsättningar som gäller just då, även

om förare inte följer planen så bra? Hur mycket sämre blir tågföringen då? Synkning är ju i grunden en suboptimering relativt helheten, dvs risken är att helheten drabbas av att tåg inte körs enligt plan. Det är tydligt att tåg som inte körs enligt plan ofta medför nackdelar för andra tåg och andra aktiviteter.

- Synkroniseringar leder ofta till nya konflikter som måste lösas. Detta innebär mycket onödigt arbete, jämfört med att exekvera planen med hjälp av lokala automater och manuell läggning av tågväg. Därför väljer man det enkla om man inte ser nyttan med att verkligen göra omplaneringen i STEG.
- Tekniska felfunktioner i ställverk hindrar AEF att fungera. Detta borde åtgärdas. Det kan bli ett allvarligt problem i NTL om man inte i tid löser sådana problem där de förekommer.
- AEF är inte fullständigt avlusad, eftersom den inte används tillräckligt ofta. Det går inte att helt lita på att AEF fungerar. Alltså används den inte så som den borde.
- Samarbetet mellan trafikledare och förare av malmtåg utrustade med CATO har hamnat i ett ”moment 22”: Trafikledare planerar inte för nåbara målpunkter i CATO, eftersom förare oftast inte kör efter CATO. Förare av malmtåg kör inte efter CATO eftersom trafikledare inte konsekvent planerar för nåbara målpunkter. För att åtgärda detta fordras korrekta system, en hel del utbildning samt tydliga direktiv från ansvariga ledningar.
- Telefonsystemet måste integreras med de funktioner i NTL som ska hanterat kommunikation med omvärlden, framför allt vid banarbeten och vid samtal med förare.

### 20.1.3 Hur bygga bort de tekniska problemen med AEF?

Flera olika saker behöver åtgärdas. Några viktiga saker är:

Se till att de ursprungliga körplaner som importerats är *kompleta*, inklusive korrekt planerad spår användning, *konfliktfria* och *körbara*, baserade på gångtider som stämmer med aktuella förhållanden samt att planerade banarbeten ingår i planen.

Implementera funktioner i STEG som underlättar arbetet med omplanering. Det måste vara snabbt och enkelt att göra de typer av omplanering som är vanligt förekommande. Se förslagen ovan.

Uppdatera handledningar, manualer och lathundar för STEG och CATO.

Utbilda samtliga i de grundläggande koncepten. De ansvariga ledningarna måste också vara tydliga i direktiv att principerna ska följas. De viktigaste aspekterna är:

- Styra genom att planera.
- Planera för andra, för helheten.
- Planera bort konflikter, även långt fram i tiden. Argumentet att ”det inte lönar sig eftersom ändå så mycket kommer att hända” håller inte. Anledningen till att så mycket händer beror ofta på att det saknas en tydlig och kommunicerad plan, dvs en ond cirkel.
- Planera för nåbara målpunkter för CATO-tåg och ring vid behov förare på CATO-tåg som inte följer planen och indikeringarna i CATO.
- Ha full kontroll genom att låta AEF exekvera helt enligt plan.
- Utveckla, använd och finjustera lathundar för planering av möten.

- Samla in och dokumentera samtliga idéer och förslag på förbättringar i STEG. Det behövs inför utvecklingen av NTL-systemets planeringsgränssnitt.

Trafikinformatörer behöver grafer som tillgodoser deras specifika behov av information. En tillfällig lösning, i väntan på NTL, kan vara att åtminstone se till att de får en till STEG-skärm så att de samtidigt kan se grafer över alla aktuella områden.

Det är självfallet en komplikation att inte alla tåg har CATO eller någon annan möjlighet att få kännedom om den aktuella realtidsplanen (RTTP). En stor del av behovet av omplanering beror av att tågen inte körs enligt plan, vilket är kanske självklart, då de oftast inte har kännedom om ändringar och hur den just nu aktuella planen ser ut och varför.

#### *20.1.4 Ytterligare önskvärda åtgärder*

Nu när relevanta data finns i systemet STEGs ”historia”, är det lämpligt att implementera en *generell databas* som kan användas av de som har till uppgift att besvara frågor som kan utveckla verksamheten. En sådan databas kan tjäna flera olika syften. Ett syfte är att förse forskare med data av hög kvalitet för utveckling av framtida beslutsstöd m.m. Databasen kan t ex innehålla:

- Uppföljning av verkliga gångtider vilka noggrant beskriver hur tåg har körts. De kan jämföras med gångtider i körplaner. Statistiska metoder kan användas för att jämföra gångtider med de beräknade gångtider som används för att fastställa körplaner. Här kan resultatet av forskning t ex vid Linköpings universitet och SICS komma till användning.
- Uppföljning av banarbeten och liknande anordningar.
- Uppföljning av hur tåg körs, om de följer aktuella planer samt utreda varför om så inte är fallet.
- Uppföljning av kvalitetsegenskaper hos de aktuella körplaner som gällde då tåg kördes.
- Uppföljning av orsaksrapportering.
- M.m.

## 21 Det nya arbetet – organisationen, arbetssättet, verktygen

### 21.1 Det gamla och det nya arbetssättet

I de traditionella system som används idag, förutom STEG-systemet, saknas nödvändiga förutsättningar att genom god planering skapa en stabil trafikprocess. Aktuella, uppdaterade planer kommuniceras inte till de aktörer som ska anpassas sig till dem och genomföra dem. De planer som trafikledarna idag gör saknar den noggrannhet och precision som en effektiv tågtrafikprocess kräver. Det är idag möjligt, om man är en erfaren trafikledare, att planera och styra trafiken inom det egna området på ett någorlunda effektivt sätt. Men det är inte möjligt att fullt ut ta hänsyn till helheten, dvs till trafikprocessen inom angränsande områden och på längre avstånd. Resultatet blir att arbetet utförs med målet att, i bästa fall, suboptimera trafiken inom det egna behörighetsområdet. Detta tvingas man till eftersom det saknas en noggrann aktuell gemensam plan som samtliga aktörer känner till och försöker genomföra. Trafikprocessen blir alltså suboptimerad och instabil. Tågen körs så att de avviker från den aktuella planen. Trafikledare suboptimerar, planerar ”ad hoc” och kan inte ta hänsyn till helheten. Motiveringarna är många: ”vi saknar aktuell information”, ”vi får information för sent”, ”vi kan inte lita på informationen från järnvägsföretagen”, ”gångtiderna stämmer inte idag”, ”det lönar sig inte att planera”, ”det kommer ändå att inträffa så många avvikelser”, ”vi skulle inte hinna göra något annat än att planera om”, osv. Alla dessa påståenden har idag sin riktighet och är oundvikliga.

I det framtida arbetet, med de nya system som bl a NTL kommer att utveckla, kommer arbetet med att hantera störningar till viss del att bedrivas på ett sätt som liknar dagens arbete. Det kommer även i framtiden att krävas lång erfarenhet för att bli en bra trafikledare och en bra trafikinformatör. Trafikledningsarbetet kommer även fortsättningsvis att kräva en stor mängd detaljkunskaper om anläggning och trafikprocess. Grunden kommer att vara ett gränssnitt i form av trafikbilder, spårplaner som liknar dagens. I dessa visas de aktuella tillstånden, i anläggning och process, låsta tågvägar och växlingsvägar, belagda spårledningar, signalers tillstånd, spärrade spår, lokalfrigivna objekt, automatiska funktioners tillstånd, felfunktioner som växel ur kontroll och spårledningsfel etc. Allt detta visas ovanpå en statisk grundstruktur av tågspår och växlar där samtliga relevanta objekt i infrastrukturen ingår.

En viktig skillnad i det framtida systemet är att det inte längre blir nödvändigt att se trafikbilder för angränsande områden för att försöka gissa sig till när tåg kommer in till det egna behörighetsområdet. När grannen har planerat kommer grafen att visa vid vilken tidpunkt tåget är planerat att anlända.

Det nya arbetssättet kommer även att innebära en rad nya möjligheter och stora potentiella förbättringar i flera avseenden.

### 21.2 Arbetet med operativ omplanering

Den del av arbetet som kommer att förändras mest är den som handlar om att anpassa och optimera planen till alla aktuella förutsättningar för den trafik som ska styras och genomföras.

Ett helt nytt datorbaserat operatörsgränssnitt konstrueras och införs. Flera tid-sträckagrafer visas på stora bildskärmsytor där det är möjligt att planera om i realtid.

Det nya gränssnittet gör det möjligt att med hög noggrannhet:

- Planera för andra, dvs för angränsande och övriga trafikledare och trafikinformatorer, samt för järnvägsföretag, lokförare och andra aktörer.
- Hålla planen fri från konflikter av olika typer.
- I tid anpassa planen till ändrade förutsättningar i omgivningen.
- I tid få veta när tåg är planerade att komma in till det egna området.
- Se konsekvenser av olika alternativa planer långt fram i tiden.
- Planera med en längre tidshorisont för samtliga tåg inom det behörighetsområde man styr, och helst från start till destination för samtliga aktiva tåg i processen.
- Hålla planen uppdaterad genom att synkronisera den till utfallet då avvikelser uppstår.
- Planera om direkt i grafen manuellt eller med hjälp och stöd av enkla eller mer avancerade algoritmbaserade funktioner.
- Planera *vad* som ska hända och *när* det ska hända, utan att behöva invänta ett lämpligt tillstånd i processen.
- Planen exekveras automatiskt, helt enligt den specificerade realtidsplanen. Detta gäller alla delar av planen, dvs tidsaspekter (avgångstid, ankomsttid, gångtid), spåranvändning och tågordning.

Det finns i huvudsak tre olika typer av orsaker till att avvikelser från vad som är planerat uppstår.

- Tekniska felfunktioner.
- Tåg körs inte enligt den aktuella, uppdaterade planen.
- Planen går inte att genomföra på grund av brister i indata till beräkningar och underlag för beslut.

Tekniska felfunktioner måste byggas bort med stabilare teknik och förebyggande underhåll. Framgångsrika exempel på att detta är möjligt finns.

Problemet med att tåg inte körs enligt plan måste åtgärdas genom att kommunicera den aktuella planen till lokförarna. Då får dessa möjligheter att köra enligt den aktuella planen. Erfarenheter visar att förare är mycket skickliga på att göra det om de ges möjligheterna och stödet.

Dåliga planer behöver åtgärdas med korrekta indata och bra beslutsstödjande funktioner. Exempel på vad man behöver uppnå är:

- Valida gångtider och uppehållstider, dvs körbara tidtabeller.
- Beräkning av korrekta minimigångtider.
- Hänsyn till detaljerad, konsekutiv spåranvändning.
- Hänsyn till tågens aktuella prestanda när det gäller acceleration och retardation.
- Hänsyn till funktionerna i signalsäkerhetssystem och ATC.



- Korrekta data om aktuella lok, vagnar och omlopp.
- Realtidsdata om aktuella ändrade förutsättningar, inklusive väder och andra kända faktorer som frost- och lövhalka, etc.
- Eventuellt ha tillgång till noggranna algoritmbaserade beräkningar av optimala planer.
- mm.

Ytterligare orsaker till avvikelser från plan, som man måste hantera, är:

- Felaktiga data i underlaget för planering.
- Bristande orsaksrapportering av aktuella avvikelser.
- Bristande information och planering av banarbeten.
- Bristande information och planering av specialtransporter.
- Avsaknad av specifikationer av kvalitetsegenskaper hos planer och presentation av värden på dessa egenskaper.

### 21.3 Den framtida arbetsorganisationen

Den framtida arbetsorganisationen måste utvecklas så att den är anpassad till det nya arbets sättet. Fortsatt utveckling bör ta fram tydliga riktlinjer för detta. Det är viktigt att inte de gamla rollerna lever kvar och att man därigenom ”asfalterar gamla kostigar”. De nya systemen ger nya möjligheter som måste utnyttjas. Trafikledare, informatörer, samordnare, tågledare, ROL, NOL - alla roller påverkas av det nya arbetssättet.

#### *Rollen som samordnare*

En viktig roll, av stor betydelse för effektiviteten i det nya arbetssättet, är rollen som samordnare. Den behövs för att ge effektivt stöd för samordning inom och mellan trafikledningsområden. För den skull behöver roller, metoder och procedurer utvecklas och införas. Internt inom en trafikcentral behövs samordning mellan trafikledare som ansvarar för sina egna behörighetsområden. Samordning av planer behövs också över gränser mellan trafikledningsområden och trafikcentraler samt inom stråk av trafik mellan regioner och långa sträckor.

Den gamla roll tågledaren hade i arbetet på en trafikledningscentral är avgörande för kvalitet, effektivitet och utveckling av säkerhetsarbetet. Det är nödvändigt för att ha direkt tillgång till en person med lång erfarenhet av många ovanliga situationer och som dessutom har stor kunskap om hur regelverket skall tolkas och användas.

Trafikledare hamnar ibland i situationer som är svåra att hantera. Det kan handla om säkerhetsfrågor i en situation som är komplex, ovan och svår att överblicka. Det kan gälla hur regelverket ska tolkas och användas – tolkningen är inte alltid självklar i en konkret situation. Det kan gälla avvägningen mellan att ta en risk för att förvärra en störning mot att vinna stora fördelar i effektivitet. Det kan gälla bedömningen av hur länge det är lämpligt att behålla en hög ambitionsnivå på bekostnad av en hög arbetsbelastning. Det kan gälla järnvägsföretagets behov av att snabbt diskutera konkreta åtgärder med någon som har kännedom om detaljerna i gällande förutsättningar för tågtrafik. Den kunskapen finns inom TC och kan inte i tillräcklig detalj upprätthållas på avstånd.



Det är svårt att överskatta den negativa effekten av tidsfördröjningar i beslutsprocessen för planering och styrning av tågtrafik. Det är effektivt att ha den samordnande rollen – ”tågledaren” – på plats i lokalen TC, där alla berörda trafikledare och trafikinformatörer är på plats. Det är effektivt att det är den trafikledare som exekverar planen – och konkret hanterar detaljerna vid en störning – och att hon även planerar trafiken i det korta tidsperspektivet. Det är ineffektivt att tvinga de olika rollerna att kommunicera via telefon och andra stödfunktioner, genom att fysiskt och arbetsorganisatoriskt särskilja dem.

Processen är tidsdiskret. För beslutsprocess och åtgärder innebär det att inom en viss tidsram gäller vissa komplexa förutsättningar och då denna specifika tidpunkt passerat gäller oftast helt nya förutsättningar. Effekter av denna förändring propagerar genom hela trafikprocessen. En följd blir att tidsfördröjningar riskerar att skapa en hög arbetsbelastning och få stora negativa konsekvenser för effektivitet och utnyttjande av tillgänglig kapacitet. En annan egenskap hos trafikprocessen är att åtgärder ofta är irreversibla, dvs de är inte möjliga att ångra (utan stora effektivitets- och kapacitetsförluster). En följd av detta är att beslut och åtgärder måste bedömas som mycket säkra innan de vidtas. Vald lösning måste med stor säkerhet fungera. Det måste gå snabbt och det får inte bli fel. Sammantaget leder detta till en stark stress vid hantering av komplexa störningar. Till detta kommer att trafikledaren i vissa situationer, då de tekniska barriärerna inte är i funktion, är den som ansvarar för säkerheten.

Den samordnande rollen har som uppgift att samordna planeringen inom en TC, ett driftledningsområde, DLO, samt att samordna planeringen i samarbete med samordnare (tågledare) inom angränsande DLO. Samordningen har som mål att skapa stabila planer för ”stråk” som går genom flera DLO innan destinationen nås.

#### *Användargränssnitt för den samordnande rollen*

Man kan tänka sig en hel vägg med bildskärmsytor där en förenklad, koncentrerad tidsträckagraf visar planen för samtliga tåg från start till destination. Inom varje TC har samordnaren, tågledaren, tillgång till denna vägg av grafer. Vid samtal med andra samordnare är det då möjligt att samtidigt se förutsättningarna för planering för ett tågs hela färd. Gränssnittet kan vara till stor hjälp då man vill planera tågs färd för längre ”stråk” som godsstråk, snabbtågsstråk, etc. Grafer kan kombineras ihop i form av ”lakan” på ett sätt som liknar dagens sammansättning av trafikbilder och trafiköversiktsbilder för olika behörighetsområden. Färdiga lakan av grafer kan göras för specifika stråk, eller andra behov. En grundläggande tanke är att den detaljkunskap om det aktuella tillståndet i anläggning och trafikprocess som varje trafikledare har, är nödvändig för att det ska vara möjligt att förstå förutsättningarna för den plan man vill skapa. För längre stråk blir det extra viktigt att förlägga marginaler där de skapar bäst stabilitet och störst möjlighet till återhämtning vid avvikelser. En plans robusthet och resiliens (förmåga till återhämtning) ska visas i grafen, planeringsgränssnittet.

En sådan ”vägg” av bildskärmsytor är nödvändig även för att samordna planeringen inom en TC. Där kan samtliga relevanta trafikledargrafer visas samtidigt i ett sammanhang. Bildskärmsytan kan anpassas för att flera personer kan se och röra sig framför den och vid behov samråda. För en sådan presentationsyta skulle följande lösning kunna fungera. Givet en

bildpunktsstorlek om ca 0,5 mm, t ex 84 tum (3840x2160) ger det ett lämpligt betraktningsavstånd på ett par meter. Två till fyra skärmar i bredd och en till två på höjden borde räcka för detta syfte.

## 21.4 De framtida kompetenserna

De framtida kompetenserna för olika roller i det operativa arbetet framgår till viss del av det som sagts tidigare. Kärnan i trafikledarnas arbete kommer att finnas kvar. Dagens kompetenser kommer även framledes att vara viktiga då de behövs i undantagslägen. De nya kompetenserna är de som är kopplade till arbetet enligt de nya principerna, att styra genom operativ omplanering. Vad detta innebär beskrivs på annan plats i denna rapport. Självklart innebär det ett helt annat arbete att vara fokuserad på omplanering med god framförhållning mot dagens arbete som innebär realtidsnära exekvering. I avsnittet om lärande beskriver vi processer för hur kompetenser och färdigheter bör utvecklas. I samband med införandet av nya system är det viktigt att fokusera mycket på hur man ska utföra det nya arbetet, inte bara på hur man hanterar det nya tekniska systemet.

## 21.5 Den framtida arbetsplatsen

Det finns en rad aspekter på vad som karakteriserar den framtida goda arbetsplatsen. Vi har inte i vårt projekt tagit fram några specifika rekommendationer för detta. Inför förändringar vid alla Sveriges ledningscentraler finns det anledning att studera detta noggrant. I samband med omorganisationer och ombyggnationer i Boden och Stockholm har en del erfarenheter kommit fram.

Planering och styrning av tågtrafik är ett komplext arbete med stränga realtidskrav (se ovan). Ett effektivt arbete kräver presentation av stora mängder information samtidigt, dvs parallellt. Det måste vara möjligt att se så mycket som möjligt av det mest relevanta, utan att behöva manipulera gränssnittet. Den övriga informationen, som inte kan vara synlig kontinuerligt, måste vara lätt åtkomligt utan större kognitiv ansträngning och med få hierarkiska nivåer.

Den stora mängden parallell information kräver en stor presentationsyta (många och stora bildskärmar). En bra arbetsplats måste utgå ifrån människans begränsningar när det gäller förmåga att vid kontinuerligt arbete överblicka en presentationsyta utan att drabbas av belastningsskador. Erfarenheter från ombyggnaden i TC-Stockholm, runda huset, ger en föräning om vilka synvinklar en trafikledare och en trafikinformatör kan överblicka i sin arbetssituation utan negativa effekter.

Man bör sträva efter att konstruera standardiserade grundarbetsplatser där presentationsytans innehåll kan skraddarsys till arbetsuppgifter och behörighetsområden.

Arbetsplatsens fysiska utformning och betraktningvinklar för presentationsytan kan ha följande omfattning, utan att det blir alltför belastande. Horisontellt ca 90 grader, plus/minus ca 45 grader från horisontalplanet. Vertikalt ca plus 30 grader till minus ca 55 grader. Det är ansträngande att titta uppåt under längre tidsperioder. Det gäller alltså att utforma en bordsyta

som inte är för djup, så att man kan utnyttja den presentationsyta en människa kan överblicka riktat neråt.

Placeringen av information på betraktningssytan är viktig. Den oftast använda informationen ska helst centreras i blickfältet. Mer sällan använd, men alltid synlig, information kan placeras högre upp och mer perifert, utan att skapa problem.

Bildskärmars (presentationsytans) karakteristiska egenskaper måste uppfylla en rad krav. Bildpunktens storlek avgör det minsta möjliga betraktningsavståndet, utan att visuella störningar uppstår. Antalet bildpunkter avgör hur stor mängd information det är möjligt att presentera, utan visuella störningar eller problem med avläsningen. Detta under förutsättning att kortast möjliga betraktningsavstånd utnyttjas. T ex, en storlek på bildpunkter på ca 0,5 mm och en teckenhöjd på ca 10 bågminuter ger ett betraktningsavstånd på ca två meter.

Man bör välja en lämplig bakgrundsfärg för bildvisningen (egentligen handlar det om ljushetsinnehållet, dvs kontrasten mot objekten i förgrunden). Ljus bakgrund ger en bättre anpassning till en ljus arbetsmiljö och mindre problem med reflexer. Mörk bakgrund ger enklare användning av ljushetskontraster och färgtoner men kräver avskärmning från en ljus omgivning. Kontrastrika bildskärmsramar stör avläsningen.

## 21.6 De framtida spårplanerna

Under projektets gång har det förts en diskussion om utformningen av grafer och spårplaner i de nya system som ska utvecklas inom NTL-projektet. Vi bifogar här de rekommendationer vi givit till projektet, när det gäller att ta ställning till alternativa sätt att visualisera information i spårplaner. När det gäller graferna beskrivs det utförligt på andra ställen i denna rapport.

### *Orientering av spårplan*

Detta är i princip ett okritiskt val, sett ur vana trafikledares perspektiv. Operatörer som arbetar kontinuerligt med stödsystem, varje arbetsdag, lär sig och automatiserar varje godtycklig variant av lösning när det gäller orientering och navigering. Detta fordrar förstås att designen är gjord enligt relevanta riktlinjer. Jämför trafikledares hantering av begreppen ”uppspår” respektive ”nedspår” vid trafik Kors och tvärs i riktningar som avviker från söder/norr. Man lär sig lätt att hantera detta, även om det inte strikt följer någon speciell logik.

### *Enhetlig visning*

Är definitivt att föredra. Enhetlig orientering vid visualisering är en klar fördel vid kommunikation inom och mellan regioner, trafikcentraler och gentemot externa aktörer etc. Detta är nödvändigt för att minimera risken för missuppfattningar vid kommunikation och samordning mellan aktörer och enheter. Det gör också allt utbyte av personal, utbildningar, övertagande av styrområden etc. enklare. Vid införandet av NTL är det definitivt läge att införa ett genomtänkt, enhetligt och konsekvent sätt att orientera grafer och spårplaner.

### *Koppling till geografisk riktning.*

Vi är vana att se layouter, kartor, flygfoton etc. av de strukturer som ska visualiseras. Det är därför en fördel om man kan anpassa visningen till det som människor uppfattar som

naturligt, t ex öster till höger, väster till vänster, norr uppåt och söder neråt. Då spårplanerna av praktiska skäl alltid ska visas horisontellt, måste syd-nord avbildas i det horisontella planet. Det kan då vara en logisk lösning att se syd till vänster och nord till höger. Det finns inget helt avgörande skäl för detta, men de flesta människor ser detta som mest naturligt. Det kan i detta fall kopplas till att Sverige ”lutar” lite åt öster, så att riktningen syd-nord oftast (men inte alltid) har en lutning mot höger. Allt detta underlättar förståelse och inläring och även kommunikation mellan olika aktörer. Men det uppstår alltid situationer då man inte strikt kan eller vill följa dessa regler. Då måste man kunna göra avsteg från grundprincipen. En förutsättning är dock att dessa avvikelser visas explicit i gränssnittet.

### *Signalriktningen är given*

I infrastrukturen är signalriktningen given dvs. uppspår och nedspår är definierade. Detta kommer inte att ändras när NTL införs. Det innebär här att om vi följer 1) ”kartprincipen” med norr uppåt och 2) principen ”norr åt höger”, samt 3) undviker att visa jämn signalriktning åt olika håll, så är allt specificerat för hur spårplaner och grafer ska orienteras. Det blir en tydlig och enkel grundprincip.

### *Orientering höger-vänster*

För spegelvänd information är vi extremt känsliga. Man får inte vända på vår uppfattning om höger-vänster i den ”verklighet” vi är vana att hantera. Ett exempel är att vid en visning av spårplanen av Stockholms central måste detta med höger och vänster vara tydligt, oberoende av orienteringen i övrigt. Har man norr till vänster måste ”sacken” ligga till höger i spårplanen, sett ur ett norrgående tågs färdriktning, dvs uppåt i spårplanen. Har man norr till höger måste ”sacken” ändå ligga till höger i ett norrgående tågs färdriktning, men nu blir detta neråt i spårplanen.

### *Uppspår-nedspår*

Det är begreppsmässigt mer logiskt att konsekvent använda uppspår överst (”uppe”) samt nedspår underst (”nere”). Jämn signalriktning åt höger tillsammans med vänstertrafik medför att ”Uppspår” hamnar ovanför ”Nedspår”, vilket är bra. Som konsekvens stämmer detta överens med att norrut visas åt höger i spårplanen.

### *Inläring*

Inläring underlättas av logiska kopplingar eller likhet till det man är van vid i sitt nuvarande arbetssammanhang. Det vi uppfattar som vanligt eller logiskt är snabbare att lära in. I ett professionellt sammanhang är effektiviteten i användningen för vana användare väldigt mycket viktigare än att det är lätt att lära för nybörjare.

### *Omlärning*

Omlärning tar tid för vana användare. Omlärning av sådant vi automatiserat fordrar ofta först ”avlärning”, vilket i sin tur tar tid. Vid omlärning är större skillnader mot vad man är van vid ofta en fördel. Är den nya visualiseringen alltför lik den gamla ökar risken för misstag under omlärningsperioden och detta kan ses som en temporär säkerhetsrisk. Jämför övergången från vänster- till högertrafik. Genom goda processer kan dock omlärningen göras effektiv och

snabb och fördelarna, på sikt, med enhetlig visualisering överväger. Det finns i allmänhet ett initialt motstånd eller ovilja till omläring som man måste överbrygga med goda argument.

*Sammanfattning av några viktiga punkter om orientering i spårplaner*

- Jämn signalriktning åt höger på bildskärmsytan.
- Jämna signal-id ovanför signalsymbolen.
- Undvik att bryta mot dessa grundläggande regler, men då man ändå beslutar om undantag ska det tydligt visas i gränssnittet.
- Att i samma gränssnitt för trafikledare använda olika signalriktning ökar den mentala belastningen och inlärningstiden. Det medför även ökad risk för misstag.
- Jämn signalriktning åt höger tillsammans med vänstertrafik medför att "Uppspår" hamnar ovanför "Nedspår", vilket är logiskt.
- Minimera avbrott i trafikflödena. En linjär sammanhängande spårplan kräver mindre kognitiv kapacitet att koda av och ger en snabbare överblick.
- Förbered gärna de nya spårplanerna genom att göra skisser över "lakan" för de olika arbetsplatserna/behörighetsområdena på varje ledningscentral.
- Det är viktigt att vara tydlig med att undantag måste tillåtas. Det kommer att behövas undantag oavsett vilken riktning vi väljer. Dessa måste göras så att det uppfattas som logiskt och tydligt ur ett lokalt perspektiv.

## 22 Studier av lokförarnas arbete och samverkan med trafikledningen

En del av forskningsarbetet har handlat om lokförarnas arbete, hur de kan stödjas bättre genom att utnyttja de möjligheter som de nya principerna och systemen för trafikstyrning ger samt hur kommunikation och samverkan mellan förare och trafikledning kan förbättras.

### 22.1 Syfte

Samspelet och kommunikationen mellan trafikledarna och lokförarna är en viktig del av den operativa trafikledningen och för att skapa möjligheter för tågen att kunna köra enligt aktuell realtidsplan. I dagens system finns stora brister när det gäller effektiv kommunikation och information om ändringar i trafikplanen. Detta påverkar lokförarnas möjligheter att kunna planera sin körning mer långsiktigt och att följa realtidsplanen. Följderna blir bl a merarbete för trafikledarna, mindre optimal körning, störningar och förseningar, högre energiförbrukning, högre slitage på lok och vagnar och sammantaget ett suboptimalt kapacitetsutnyttjande.

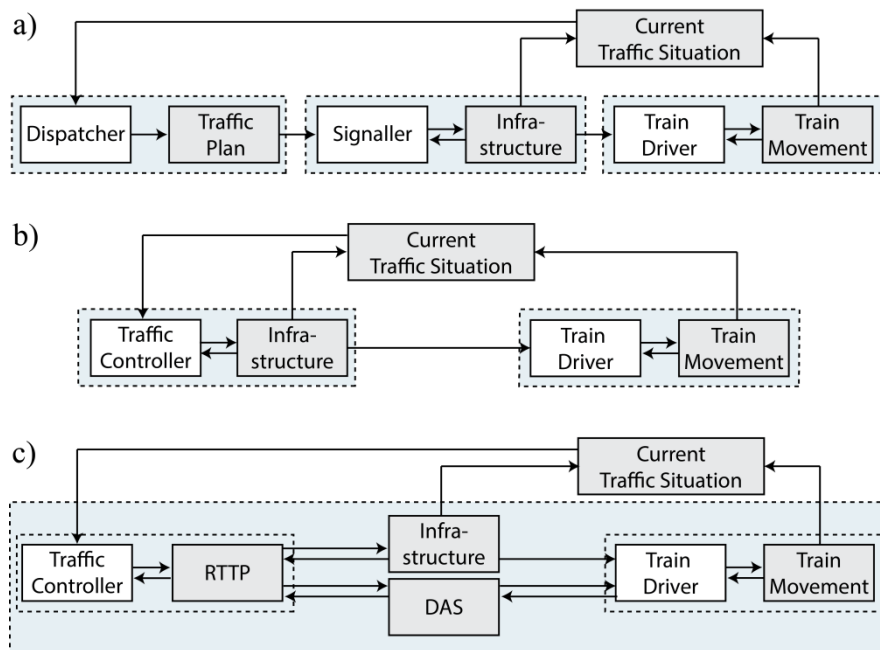
Målet är att bättre kunna utnyttja den potentiella nytta som finns när nya systemen för operativ trafikstyrning införs. Detta förutsätter att alla aktörer kommer med i de slutna styrlooparna. I framtidens operativa trafikprocess är det därför nödvändigt att inkludera lokförarna på ett bättre sätt, stödja dem i deras körning, utveckla deras samverkan med trafikledningen samt införa sådana stödsystem som underlättar kommunikationen dem emellan.

I studierna av hur detta mål kan uppnås har vi samverkan med bl a Trafikverket, SJ, LKAB, Transrail AB och Green Cargo. Arbetet har bestått av att utreda aktörernas kommunikations- och informationsbehov samt formulera krav på framtida kommunikations- och stödsystem.

### 22.2 Bakgrund

En förutsättning för effektiv styrning av en process är, som diskuterats tidigare, slutna styrloopar. Det betyder att den som styr har en plan baserat på tydliga mål, kan påverka processen på ett adekvat sätt så att planen genomförs samt en god återkoppling om systemets aktuella tillstånd och förändringar. En bristande återkoppling gör det omöjligt att styra och att bygga upp de detaljerade mentala modeller som behövs för att förstå och kunna förutse systemets beteende som funktion av olika styråtgärder.

Idag ser det i ett internationellt perspektiv olika ut i olika länder. Som en jämförelse emellan de olika strukturerna kan detta illustreras som i figur 20, a, b och c.



Figur 20. Jämförelse av olika organisationer för tågtrafikstyrning. a) I många länder är trafikstyrningen uppdelad i två roller, "dispatcher" och "signaller". Trafikprocessen blir delad i tre styrloopar, där det finns begränsade möjligheter för återkoppling. b) I Sverige finns det idag två styrloopar, men inte heller här finns en direkt återkoppling mellan trafikledare och lokförare. c) Enligt den nya principen, med realtidsplanen (RTTP) och förarstöd via ett DAS (driver advisory system) sluts styrlooparna för förare, trafikledare och för samspelet dem emellan.

### 22.3 Obsoleta planer

Det är vanligt förekommande att tågtrafiken avviker från den ursprungliga trafikplanen, tidtabellen. Detta kan ha många orsaker. Små förseningar kan t ex uppstå vid uppehåll på stationer eller beroende på väder och halka. Större avvikelser från plan kan t ex vara att godståg släpps iväg i förtid. Mest problematiskt är större oförutsedda störningar som kan bero på infrastrukturfel, växelfel, signalfel, nedrivna kontaktledningar, lok- eller vagnfel etc. Alla sådana händelser gör att den dagliga trafikplanen oftast är överspelad, obsolet, "så fort ett tåg börjar rulla". I våra analyser har vi även sett att de ursprungliga dagliga planerna ibland innehåller konflikter eller körplaner som inte är möjliga att följa i praktiken. Detta kan bero på att tåg har lagts till i ett sent skede i planeringsprocessen, på brister i planeringsprocesser, beräkningsmodeller och gångtider eller på felaktiga uppgifter från järnvägsföretagen.

Effekten av obsoleta planer är att lokförare inte har någon aktuell plan att förhålla sig till. Trafikledarna har inte heller möjligheter att styra trafiken på ett effektivt sätt då det inte existerar någon gemensam realtidsplan och ingen direkt kommunikation med förarna. Lokförare inser för sent att de har kört efter en obsolet plan och trafikledarna kan bara lösa problem i efterhand, istället för att proaktivt kunna hantera problemen och minimera störningarna. Lokförarna kan bara köra efter den information de har samt efter signaler och ATC.

## 22.4 Kommunikation

Idag kan trafikledarna bara ge lokförarna uppdateringar om den aktuella trafiksituationen och planen genom att ringa upp dem. Muntlig kommunikation innebär högre arbetsbelastning och är omöjligt i en situation med större trafikstörningar. Muntliga samtal bör reserveras för säkerhetssamtal. Det behövs system som automatiskt kommunicerar ändringar i trafikplanen till lokförarna. När de nya styrprinciperna och systemen införs kan den aktuella informationen hämtas direkt från realtidsplanen, RTTP.

## 22.5 Befintliga stödsystem, DAS och CGTO

Det finns internationellt ett antal olika stödsystem utvecklade för lokförare. Vi avser här stödsystem som ger lokföraren information som stödjer planeringen av körningen, inte system som främst är säkerhetsrelaterade, som t ex ERTMS/ETCS. Sådana system, kallade DAS (driver advisory system), har oftast ett tydligt syfte. Ett av de främsta syftena är "ecodriving", dvs ett stödsystem som hjälper lokföraren att köra energisnålt. Andra syften kan vara minskning av slitage (på fordon eller anläggningen), förbättring av rättidighet, ge information om omgivande trafiksituation, ersättning av linjebok på papper, förbättrat underlag för att informera passagerare osv. Vissa syften är mer intressanta eller viktiga för järnvägsföretagen medan andra är mer intressanta för infrastrukturhållaren.

De befintliga DAS skiljer sig också åt när det gäller den tekniska lösningen. Den mest grundläggande skillnad är om systemet är direkt uppkopplat mot trafikledningen (*connected*) eller inte. Ett system som inte är uppkopplat kan bara ge grundläggande information relaterad till ursprungliga tidtabellen samt tågets och banans egenskaper. Sådana system har en begränsad nytta för trafikledningen eftersom det inte relaterar till den plan som gäller. Ett uppkopplat system kan däremot ta emot och skicka information i realtid. Även här finns det stora skillnader beroende på ambitionsnivå och tillgänglighet av information. Funktionaliteten kan variera mycket.

Ett exempel på ett DAS är CATO-systemet, utvecklat av Transrail AB och installerat på malmtågen i Sverige. Systemet kan kommunicera med trafikledningscentralen och tar emot planeringsinformation i form av målpunkter i realtid. Systemet kan bekräfta nåbarheten av målpunkter och beräkna en optimal körprofil som visas för lokföraren i ett separat gränssnitt. Det beräknar även kortaste möjliga gångtid, vilket levereras till trafikledaren som beslutsunderlag. Systemet realiserar konceptet Centrally Guided Train Operation, CGTO, dvs att tågen inte längre kör efter en obsolet tidtabell, utan utgående från den realtidsplan, RTTP, som fastställts av trafikledningen. Att skicka en realtidsplan till lokförarna är en grundförutsättning för att lokförarna ska kunna köra enligt aktuell plan istället för att (omedvetet) motverka den. CGTO ger helt nya möjligheter för att styra trafikprocessen, möjliggör en mer exakt planering och ett bättre utnyttjande av befintlig bankapacitet. Det minskar också behovet av omplanering som idag till stor del förorsakas av att tåg inte kör enligt plan. Trafikprocessen som helhet blir mer stabil och förutsägbar.



## 22.6 Några exempel på DAS

### ***FARE***

FARE utvecklades i Schweiz. Fokus ligger på rättidighet. Föraren ser tågets aktuella läge i förhållande till den ursprungliga tidtabellen. Systemet visar möjligheterna att köra in tid under den närmaste bansträckan samt ger en rekommendation för hur möjligheterna kan utnyttjas. Systemet visar också en enkel ikon som rekommenderar ändring eller konstanthållande av hastigheten.

### ***LEADER***

Ett DAS med längre historik i USA. Systemets ursprungliga syfte var att visualisera krafter som påverkar tåget. Målet är att hjälpa lokföraren att minska slitaget på tåget, främst långa godståg.

### ***Trainguard MT***

Ett enkelt DAS med syfte att spara energi som utvecklades i samarbete med TU Dresden i Tyskland. Systemet beräknar optimala punkter för att t ex koppla ur dragkraft. Systemet visar föraren ett optimalt förhållningssätt.

### ***RouteLint***

RouteLint utvecklades av ProRail i Nederländerna. Systemet har varit i provdrift men projektet har sedan inte drivits vidare. RouteLint är en smartphoneapp som är kopplad till trafikledningen. Appen visar trafikstatus på de omgivande spåravsnitten. Huvudsyftet är att ge lokförarna en bättre medvetenhet om den omgivande trafiken för att förbättra samspelet mellan lokförarna och trafikledningen. Lokförarna kan se i appen om de kan förvänta sig en kör- eller stoppsignal längre fram och vad det kan bero på (t ex korsande tåg eller sena tåg). RouteLint är speciellt i att det är ett C-DAS (connected DAS). Systemet avsåg att förbättra trafikflödet genom att ge förarna bättre information och helhetssyn istället för att bara ge information om ett enskilt tåg.

### ***EBuLa***

Det är vanligt att lokförarna behöver hantera mycket papper, t ex att de har med sig en linjebok. Deutsche Bahn i Tyskland har utvecklat EBUla, en elektronisk version av linjeboken som ska ersätta pappersversionen. Dessutom kan EBUla ge information om energiförbrukningen samt ge rekommendationer om tidpunkter för att koppla ifrån dragkraften. Dessutom satsar man mycket på utbildningar och feedback när det gäller eco-driving.

### ***TrAppen***

SJ har utvecklat en egen app för sina förare. TrAppen innehåller arbetsplaner, ursprungliga tidtabellen och trafikinformation från SJs trafikledning. Dessutom kan TrAppen hämta den trafikinformation som är tillgänglig från Trafikverket och visar läget för tåg i närheten. Informationen uppdateras dock med en viss fördröjning. Huvudtanken bakom TrAppen är eco-driving. Ett sätt att minska energiförbrukning är att visa lokföraren den genomsnittliga hastighet som behövs för att komma fram till nästa station i rätt tid. Målet är att undvika att

tågen körs med för hög hastighet och kommer fram före tidtabellen. Det finns ingen uppkoppling till någon realtidsplan, dvs TrAppen är inte ett C-DAS.

### ***CATO***

CATO är ett C-DAS utvecklad av Transrail AB i Sverige. CATO används idag på LKABs malmtåg samt på Arlanda Express (men där utan koppling till Trafikverkets trafikledningscentral). Malmtågen som rör sig inom trafikledningsområde Boden är kopplade till STEG i Boden för att ta emot planeringsinformation i realtid. Malmtågen trafikerar huvudsakligen enkelspår. En god planering av tågmöten vid stationer är därför viktig för energiförbrukning, slitage och kapacitetsutnyttjande. Synkroniseringen mot planeringen på bangården (t ex för lastning) är viktig då varje omlopp hanterar stora värden. Huvudsyftet med CATO är att möjliggöra energibesparing, främst genom att undvika onödiga stopp, och att skapa kapacitetshöjning genom optimala möten. Trafikledaren ska kunna planera möten så att lastade malmtåg inte behöver stanna i onödan. För förarna visas målpunkter och en hastighetskurva som gör att de kan minska energiförbrukningen genom att utnyttja topologin.

Kombinationen av STEG och CATO är ett sätt att realisera CGTO. I praktiken har införandet av systemen inte varit problemfritt. Detta har diskuterats tidigare i denna rapport. Problemen har varit att STEG-systemets automatiska exekvering inte fungerat överallt, vilket resulterat i att trafikledarna inte gjort tillräckligt noggrann omplanering, vilket resulterat i dåliga målpunkter i CATO för förarna. Detta tillsammans med andra problem har resulterat i att den potentiella nyttan ännu inte kunnat uppnås.

### ***Summering***

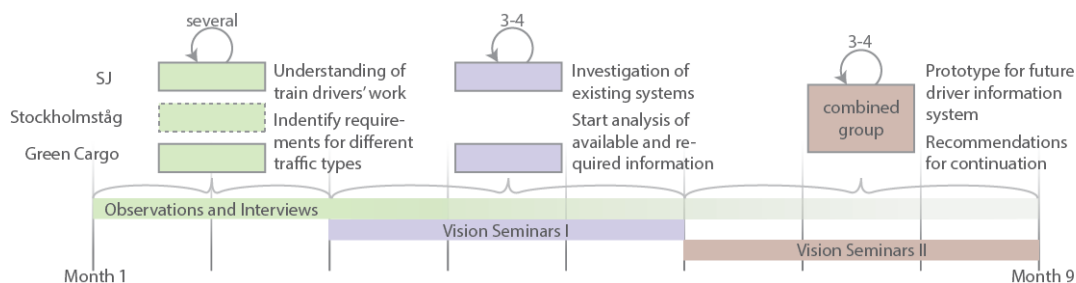
Oftast är ett DAS byggt för ett huvudsyfte. T ex är många DAS byggda för energibesparing. Samtidigt leder en mer försiktig körstil till mindre slitage och högre komfort för passagerarna. Syftet har inte alltid varit att ge lokföraren en större medvetenhet om trafiksituationen eller att stödja förarnas planering av körningen i relation till en realtidsplan. En anledning till detta är att det oftast är energiförbrukningen som ger en direkt mätbar nytta för järnvägsföretagen. Dessutom har tekniken för att överföra planeringsinformation i realtid inte funnits. Vi anser dock att ett DAS som ska ha fullt effekt, höja kapacitetsutnyttjandet och förbättra arbetsmiljö för alla inblandade behöver vara en C-DAS. Ett sådant system stödjer föraren i att köra så att den fastställda planen följs. För detta behöver föraren inte bara enkla hastighetsråd utan information om den rådande trafiksituationen och en förståelse för hur den aktuella realtidsplanen ser ut. En fruktbar inriktning är att presentera sådan information som gör att erfarna förare ytterligare kan utveckla sin redan goda kompetens att köra tåg.

## **22.7 Studier av framtida DAS**

Baserad på vårt arbete med tågtrafikledning och utvecklingen av STEG, har vi genomfört ett antal olika studier och målbildsseminarier med lokförare. Målet har varit att utveckla koncept och prototyper för nya DAS som stödjer både lokförarnas och trafikledarnas arbete samt deras samverkan i den operativa processen. Figur 21 visar planen för dessa studier. Vi har kunnat engagera och studera lokförare inom tre olika trafikslag, persontrafik (SJ), lokaltrafik (Stockholmståg) samt godstrafik (Green Cargo). Vi har genomfört intervjuer och observa-

tioner av lokförare för att få en förståelse av deras arbete och för att identifiera skillnader mellan de olika trafikslagen. Genom att få tillgång till en grupp förare har vi genomfört en serie målbildsseminarier för att analysera dagens lokförararbete och förarnas behov av stöd i den framtida trafiken, då NTL har införts.

Vi har åkt i lok tillsammans med fyra lokförare från SJ regionaltåg samt med fyra lokförare från Green Cargo på malmtågen. Vi följde med på enstaka körningar samt på fullständiga arbetspass från och till kontoret. Vi gjorde observationer under körningen och kunde genomföra intervjuer efteråt. Under körning och intervjuer spelade vi in samtalen på bandspelare. Intervjuerna var semistrukturerade och inleddes med breda frågor där lokförarna fick beskriva sitt arbete allmänt innan vi gick i på några mer specifika frågor som var relaterade till körningen. Vi har även pratat med en grupp lokförare från Green Cargo. Inspelningarna och intervjuerna analyserade vi med hjälp av MMSO-modellen.



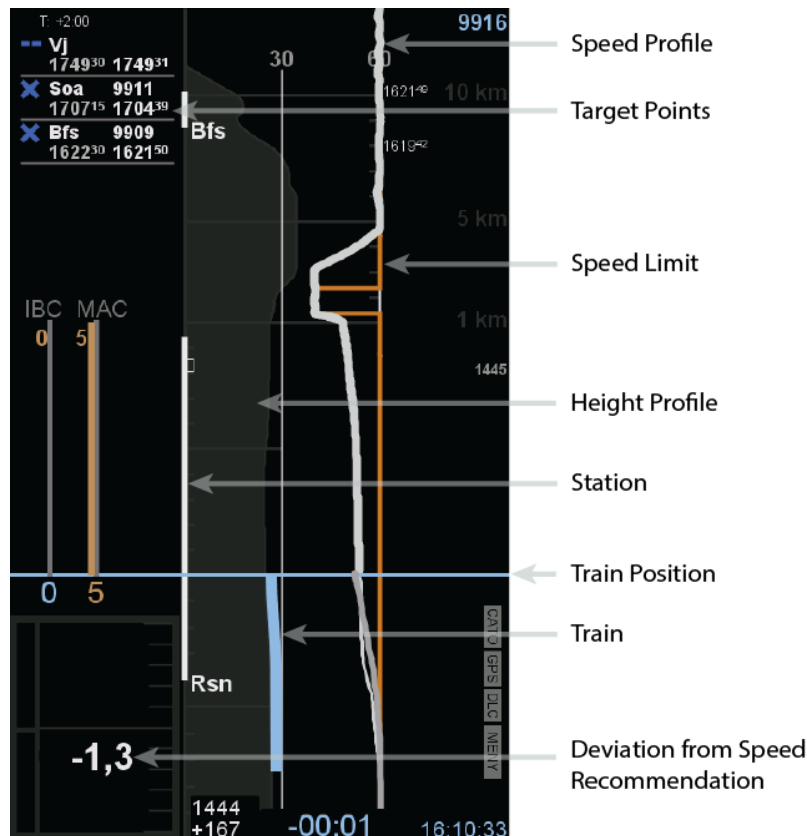
Figur 21. Planeringen av innehållet i studierna med lokförare. Syftet var att analysera dagens arbete samt ta fram grunderna för koncept och prototyper av sådana DAS som stödjer det framtida arbetet.

Målbildsseminarier genomfördes i Stockholm under några halvdagar. Vi utgick från den information som vi samlade under de genomförda observationerna och intervjuerna. I varje workshop diskuterade vi arbetssituationer och identifierade problem i deras dagliga arbete. Mellan tillfällena fick lokförarna ”hemläxa” för att analysera vissa frågeställningar. Under den sista workshopen diskuterade vi ett konkret designförslag.

## 22.8 Resultat

LKAB, SJ och Green Cargo är samtliga intresserade av att utveckla eco-driving som idag är deras huvudsyfte för utveckling av ett DAS.

CATO (se figur 22) som används idag på LKABs malmtåg har en hastighetskurva (CMP, CATO motion profile) som huvudelement på bildskärmen. Våra studier visar att lokförarna önskar sig ett DAS som innehåller mer än en enkel hastighetsrekommendation. Det speciella med CATO är att hastighetsprofilen baseras inte bara på banans höjdprofil och tidtabellen, utan även på planeringsinformationen, realtidsplanen RTTP, som hämtas från trafikledningen. I följande avsnitt beskrivs de viktigaste koncepten bakom ett DAS enligt våra analyser.



Figur 22. Förarränssnittet i CATO, som det används i malmtågen.

### 22.8.1 Målpunkter

Målpunkt är det centrala begrepp som behövs för att förmedla planen från trafikledarna till lokförarna. En målpunkt utgörs av en tidpunkt, en position och en hastighet. Det vill säga var ska tåget vara, vid vilken tidpunkt och med vilken hastighet. Är hastigheten på målpunkten 0 innebär detta ett stopp. Målpunkterna ska vara de relevanta punkterna i planen som måste hållas av tåget för att planen ska uppfyllas. Lokförarna kan fritt planera sin körning så länge de träffar alla målpunkter. På detta sätt delas ansvaret för att målet ska uppnås. Lokförarna kan planera och optimera genomförandet av sin del av styrningen, dvs tågkörningen, medan trafikledarna kan optimera planen ut ett helhetsperspektiv.

För att lokförarna ska känna sig "in-the-loop" och vara motiverade att träffa målpunkterna, är det viktigt att de kan förstå varför målpunkterna ser ut som de gör. Detta gäller speciellt när de avviker från deras ursprungliga körplan. Därför bör målpunkterna kompletteras med information som förklarar sammanhanget och beskriver relevanta delar av den omgivande trafiksituationen. I exemplet CATO ovan, se figur 22, visas att det egna tåget ska möta tåg nummer 9909 vid en målpunkt. Den informationen ger lokförare en bättre medvetenhet om trafiksituationen, de kan förstå att de ska passera Bfs i ett visst tidsfönster för att tåg 9909 (här ett tomt malmtåg) väntar där för mötet. Kommer tåget dit för tidigt måste i sämsta fall båda tågen stanna. Kommer tåget sent blir det andra tåget försenat i onödan.

En nödvändig egenskap hos målpunkter är att de är nåbara, dvs att det är i praktiken möjligt för föraren att köra enligt plan och därmed nå målpunkten i tid. I annat fall måste systemet visa att, och varför, målpunkten inte är nåbar. Icke nåbara målpunkter bör endast förekomma under en kort tid, t ex under den tid trafikledaren planerar om. Det kan också hända att en målpunkt blir icke nåbar om ett tåg inte kör enligt plan. Beror detta på ett problem med tåget, bör lokföraren meddela detta så att trafikledaren kan anpassa sin planering. Det är alltså viktigt att systemen kan reda ut om målpunkter är nåbara och stödja med ”felsökning” ifall en målpunkt visar sig icke nåbar. Trafikledningssystem och DAS måste av denna anledning vara integrerade.

Utvärderingar av försöken på malmbanan har visat att det har varit svårt att åstadkomma en fungerande samverkan där. I både STEG och CATO var det ibland svårt att se anledningen till att en målpunkt var icke nåbar. Effekten blev att det fanns kvar en del icke nåbara målpunkter under lång tid. Såväl trafikledare som lokförare tappade då intresset för att uppdatera och anpassa sig till målpunkterna. Om målpunkter är nåbara, tydliga och förståeliga förväntar vi oss en högre acceptans och motivation att följa dem. Det visade sig att lokförarna har en stor förståelse för att målpunkter ändras ibland under en omplanering. Detta får dock inte ske för nära nutid. Anledningarna till att det har varit svårt att få hela konceptet att fungera bra på malmbanan har främst varit att det funnits såväl tekniska brister som brister i den inblandade personalens utbildning och träning.

### 22.8.2 Hastighetskurva

En hastighetskurva eller *motion profile* är ett vanligt verktyg för att stödja eco-driving. Vi anser att den bör ses som en rekommendation för förarnas planering och inte något som lokförarna måste följa blint. Kurvan ska stödja förarna i att utveckla skickligheten att pricka målpunkter genom att utveckla sin körstil. Anledning är att den inte kan vara optimal i alla situationer, t ex när lövhalka försämrar köregenskaperna. Lokförarna ska stödjas i att utveckla sin kunskap och expertis. Vi kunde observera att nyutbildade lokförare kunde utnyttja hastighetskurvan som ett hjälpmedel för att utveckla sin körstil. Tillsammans med höjdprofilen som visas i CATO kunde de lättare förstå hur tågen betedde sig. Erfarna lokförare tyckte däremot att hastighetskurvan var onödig men vi kunde observera att en erfaren lokförare hade en körstil som liknade rekommendationen för hastigheten, varför de inte hade samma nytta av den. Detsamma gällde när systemet utöver hastighetskurvan också visade rekommendationer för reglering av dragkraft och broms. Sådant tillhör en van förares grundkompetens.

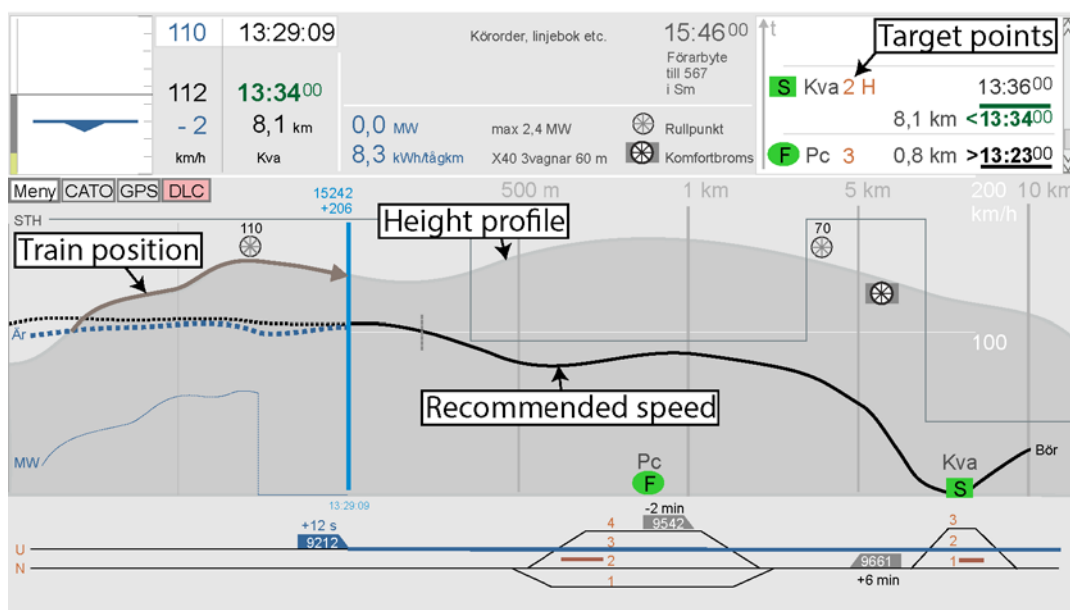
Det verkar vara en bra lösning att bygga hastighetskurvan som ett system med flera nivåer. Grunden skulle vara en enkel visare som visar aktuell hastighet i jämförelse med hastighetskurvan. Då kan lokförarna snabbt kontrollera om de behöver, och vill, anpassa sin körning. Har de mer tid kan de titta på målpunkter och hastighetskurvan, för att planera körningen med mer framförhållning. Nästa nivå är höjdprofilen som förklarar hastighetskurvan och stödjer skapandet av linjekännedom och geografien. Detta bör vara relevant i situationer där lokförarna har mer tid att ägna sig åt systemet, t ex vid ett stopp.

### 22.8.3 Visning av omgivande trafik

Under våra studier av lokförare observerade vi situationer när de konstruerade egna hypoteser om den omgivande trafiken. De funderade över om ett annat tåg var försenat, varför de inte mötte tåget där de brukar och borde mötas eller varför de nu behövde stanna vid en signal i stopp. De funderade över hur de behövde anpassa sin körning till den rådande situationen för att undvika stopp eller hur de skulle undvika att störa andra tåg om de själva inte körde enligt den ursprungliga tidtabellen. Vissa förare kontrollerade den information från Trafikverket som de hade tillgång till, för att dra slutsatser om rådande förseningar och ungefärlig position för andra tåg. De ansåg denna information vara bättre än ingenting, även om den var alltför grov och hade för låg precision och inte var helt aktuell. Den mer exakta information om planen som trafikledarna har är idag inte åtkomlig för lokförare, förutom på CATO-tågen.

Förarnas behov av att ha bättre kunskap om den omgivande trafiken är uppenbar. De har ett behov av en högre SA, *situation awareness*, för att kunna observera, tolka och förutsäga vad som sker, och kommer att ske, i deras omgivning. Detta är nödvändigt om de ska kunna köra bättre, givet den rådande situationen. I annat fall är de hänvisade till att köra enligt en plan som de inser är obsolet och bara reagera på signaler och ATC. Det är oftast inte möjligt i praktiken att föra samtal med trafikledningen för att få direkt information från dem.

För att ta fram en skiss av ett DAS som skulle uppfylla de krav vi fått fram ur samverkan med förare och våra analyser utvecklades följande gränssnitt, se figur 23. Det bygger på erfarenheterna av tidigare DAS, men är här kompletterat med en förenklad spårplan som visar andra fordon i närområdet. I denna spårplan kan föraren se andra tågs position och deras läge i förhållande till tidtabellen.



Figur 23. Skiss för prototyp för ett DAS, baserat på de analyser vi gjort med SJs förare. I spårplanen längst ner i bilden kan man se positioner för andra tåg i närheten.



Det behövs fortsatt forskning och utförliga experiment med förare för att vidareutveckla detaljerade förslag till framtida DAS som uppfyller de krav vi angivit.

#### **22.8.4 Förbättrad kommunikation och samverkan**

Från tidigare forskning, och från försök i olika länder, finns vissa erfarenheter av hur användning av DAS kan påverka kommunikationen mellan förare och trafikledning. Det holländska systemet RouteLint, som är ett exempel på ett ”connected DAS” (C-DAS), har visat att kommunikationen förbättrades, att föraren blev mer medveten om situationen runt tåget och att möjligheterna till planering av körningen förbättrades.

I våra studier har förargrupperna beskrivit att de önskar sig bättre kommunikation, vilket för dem betyder att trafikledningen svarar snabbare på deras uppringningar och att de kan få mer detaljerad information om den rådande trafiksituationen. För trafikledarna innebär förbättrad kommunikation, enligt deras utsaga, att de slipper onödiga samtal som t ex frågor om signal i stopp och om planer för andra tåg. Detta innebär att förarna behöver mer information, men att trafikledarna idag saknar möjligheterna att förmedla detta.

Ett DAS ska förbättra kommunikationen mellan trafikledare och förare samt stödja förarens körning. Det finns flera olika mål för hur körningen kan stödjas. Vi fokuserar här på deras möjligheter att köra enligt RTTP, och diskuterar inte andra syften som eco-driving etc. Med hjälp av ett DAS, som t ex CATO, kan de se sin exakta position och de målpunkter de ska uppnå. Får de även information om den omgivande trafiken så minskar behovet av talad kommunikation med trafikledningen.

Ska kommunikationen fungera effektivt så måste informationsöverföringen i bägge riktningarna ske med automatik. Idag skickar CATO GPS-information, möjligheterna att nå målpunkter och information om minimigångtider till STEG. Det skulle även vara möjligt att skicka information om maximal acceleration och retardation. Ett C-DAS skulle också möjliggöra överföringen av standardiserade meddelanden mellan lok och trafikledning. Då skulle t ex sådan information som lokföraren har, om möjligheterna att köra enligt plan, förväntade förseningar, reducerad hastighet, hinder på banan etc, kunna förmedlas på ett snabbt och enkelt sätt.

En preliminär lista av sådant som skulle kunna ingå i kommunikationen mellan lokförare och trafikledare har tagits fram baserat på våra analyser. Denna förteckning måste ses som en första ansats och mer arbete behövs för att specificera vilket innehåll som är viktigt, hur det skulle presenteras i ett DAS och hos trafikledaren samt hur sändandet skulle utformas.

#### **Trafikledaren behöver (kan få) från lokföraren:**

- ”Förare saknas”, i god tid före avgång.
- Beräknad sen avgång (1, 2, 5, ... min).
- Hastighetsförändring p.g.a. felaktig bromsverkan, korglutning, motorproblem, fordonstekniska fel etc.
- Väderrelaterad information (halka, dimma...).

- Infrastrukturfel, spårfel, växelfel, solkurvor, etc.
- ATC-fel.
- ”Kan inte nå målpunkt”, inklusive orsak.
- Tåget står still.
- Förändring av tågs egenskaper.
- Samtal önskas (ej akut).
- Eventuella andra felkoder.
- ”På väg mot signal i stopp ” (då föraren bedömer att det inte överensstämmer med plan).

Den mesta informationen behöver inte vara talad utan kan lämnas i form av färdiga standardiserade meddelanden. Talad kommunikation behövs enbart när inte de förplanerade meddelandena räcker till eller då man agerar utöver de normala säkerhetsnivåerna. Exempel på sådant är hinder, olycka, oförklarliga stopp, signalfel etc.

#### Lokföraren behöver (kan få) från trafikledningen:

- Den del av realtidsplanen, RTTP, som är relevant för föraren. Dvs ett utsnitt av realtidsgrafiken i kompakt form. Detta bör i loket utformas som ett beslutsstöd, DAS, anpassat till förarens behov. Utformningen av sådan information, i avsikt att stödja CGTO (*centrally guided train operation*) finns beskrivet i andra rapporter. Syftet är att tydligt informera föraren om de målpunkter för körningen som kan härledas ur realtidsplanen. Innehållet är främst:
  - Spår användning, sammanhängande i detalj.
  - Avgångstid och ankomsttid per målpunkt, alltså planerade gångtider och uppehållstider.
  - Information om rundgång med lok.
  - Information om fourneringsplats.
  - Marginaler och slack, dvs. skillnad mellan planerad gångtid och ett tågs kortast möjliga gångtid respektive uppehållstid, så kallad minimigångtid.
  - Deadlines som kan påverka tåget vid ändringar i planen. T ex anslutning, omlastning, färja, etc.
- Akut hastighetsnedsättning.
- Omplanering pågår, dvs informera föraren om att planen håller på att ändras.
- Samtal önskas (ej akut)

Gränssnittet i ett DAS ska inte visa information bara för det egna loket, utan också ge kunskap om omgivande trafik. Detta för att föraren ska förstå anledningen till att planen ser ut som den gör. Därigenom stöds föraren bättre i planeringen av körningen. Det kan handla om planer för andra aktörer i omgivningen, vilka kan komma att påverka det egna tåget vid avvikelser och ändringar i planen. Främst gäller det andra tåg, planerade banarbeten och planer för komplexa spårområden som bangårdar och fourneringsplatser.

Även här kan det mesta ske genom automatisk överföring av strukturerad information. Talad information behövs i undantagsfall, t ex vid olyckor och då man kör tåg under extraordinära omständigheter, med säkerhetssystemen, dvs de tekniska barriärerna, ur funktion.



### 22.8.5 *Rekommendationer*

Det är nödvändigt att integrera lokförarna i en mer planstyrd trafikprocess. Den realtidsplan, RTTP, som trafikledningen ska hålla kontinuerligt uppdaterad, måste följas av andra aktörer. För att uppnå detta måste lokförarna ha enkel tillgång till RTTP. Informationen måste överföras och visualiseras i loket på ett sådant sätt att varken lokförarnas eller trafikledarnas arbetsbelastning blir negativt påverkad. Samtidigt bör lokförarna ha möjligheten att på ett enkelt sätt överföra information till trafikledningen som är viktig för deras omplanering.

De olika rollernas kompetenser ska stärkas. Trafikledarna ansvarar för den operativa planeringen. Lokförarna ska bidra till planeringen med information som trafikledarna inte har tillgång till i dagsläget och de ska ges stöd i att framföra tåget så att planen genomförs. Det DAS som utvecklas ska stödja detta.

Den kartläggning och analys vi genomfört är en grund för fortsatt utvecklingsarbete. Det behövs mer undersökningar om vilken information som ska överföras och hur den ska presenteras hos trafikledare och i loket. De försök som gjorts i Boden och på malmtågen är en god grund för detta arbete. Det är viktigt att visualiseringen i loket inte stör förarens uppmärksamhet på allt annat och på det som är säkerhetsrelaterat som spåret, signaler och ATC.

Andra aspekter, som kräver mer forskningsarbete tillsammans med järnvägsföretagen är att även integrera järnvägsföretagens egen interna information. Deras information angående t ex personal-, lok- och vagnomlopp har stor inverkan på planeringen hos trafikledningen och för förarna.

Det behövs också mer utredningar av skillnader mellan olika trafikslag som godstrafik, snabbtågstrafik, pendeltågstrafik etc. Varje trafikslag har många gemensamma, men säkert även vissa särskilda, behov.

## 23 Lärande i arbetet

Med lärande menar vi i detta kapitel de processer som avser att kontinuerligt utveckla trafikledarnas kunskaper, kompetenser, erfarenheter m.m. som en del av ett ständigt lärande. Vi berör inte frågor om grundläggande utbildning och handledning, utan diskuterar det lärande som bör finnas för de trafikledare som redan passerat nybörjarstadiet. Det mesta av det som sägs här är även relevant för annan personal som är inblandad i det operativa arbetet.

Som grund för lärandet är de koncept och system som utvecklats inom projektet en bra förutsättning. Det viktiga är för det första möjligheten att kunna fokusera på problemlösning och god omplanering, och att inte behöva använda kognitiv kapacitet för att minnas kommande åtgärder eller att utföra själva exekveringen. För det andra är gränssnitten och interaktionen med detta under den operativa omplaneringen utformade så att den observerbarhet och styrbarhet som behövs finns där. Tidigare måste trafikledarna skapa den information de behövde genom kognitivt krävande processer. Detta bör enligt våra hypoteser medföra att de mentala modellerna kan utvecklas snabbare och att man därmed både lär sig och utvecklar skicklighet snabbare. Detta är inte strikt bevisat, men mycket tyder på att antagandet stämmer.

Syftet med de lärandeprocesser vi ska ange riktlinjer för är att på olika sätt skapa möjligheter för ständigt lärande som en del av arbetet. En ständig utveckling av färdigheter är viktig för att kvalitet i trafikledningen ständigt ska förbättras. Det är också viktigt för att trafikledarna och organisationen som sådan ska kunna utvecklas.

Under vårt forskningsarbete har vi observerat flera problem, eller fått svårigheter påtalade av andra, som handlar om brister i lärandeprocesser. Några exempel är följande:

- Kollegor emellan har man en tydlig uppfattning om hur skickliga andra är att hantera olika situationer. Det är emellertid inget man öppet talar om eller följer upp.
- Arbetsledaren bemannar olika platser i olika situationer med personer efter de kompetenser och färdigheter de har, men man har inget systematiskt sätt att fånga upp brister och se till att alla får en relevant fortbildning.
- De flesta anser att de är hänvisade till "trial and error" för att lära sig. Det är den dominerande metoden att bli skickligare. Det finns dock ingen genomtänkt metod för att få återkoppling på vare sig positivt eller negativt utfall av planering och styrning.
- De lär sig strategier för att jobba runt tekniska problem, lokala svårigheter etc, men den kunskapen dokumenteras inte och förmedlas inte till nya medarbetare.
- Ett undantag är Malmö, som till viss del använder sin trafikledningssimulator för att träna in nya och upprätthålla gamla kompetenser. Simulator används även men i mycket liten omfattning för detta syfte i Stockholm. Planer finns på flera håll att utveckla denna metod för lärande.
- Det saknas ofta resurser i termer av personal för att hinna med ett systematiskt lärande. Alla trafikledningscentraler säger att de knappt hinner med det ordinarie arbetet och den nödvändiga säkerhetsutbildningen. Det finns ingen luft i organisationen för att ha högre ambition.

## 23.1 Olika typer av lärandeprocesser

Ett sätt att dela upp lärandet är i individuellt lärande och organisatoriskt lärande.

### 23.1.1 Individuellt lärande

Det individuella lärandet handlar om hur de enskilda individerna, trafikledarna, kan stödjas i att utveckla färdigheter för att prestera bättre i det operativa arbetet.

### 23.1.2 Organisatoriskt lärande

Det organisatoriska lärandet handlar om att organisationen utvecklar gemensamma kunskaper och erfarenheter som kan komma alla enskilda aktörer till godo och som bidrar till att organisationen som helhet presterar bättre. Här kan målet dels vara att stödja individerna bättre eller att skapa effektivare arbetsprocesser, gemensamma strategier eller förbättrad kommunikation och samverkan.

Ett annat sätt att kategorisera lärandet är i realtidslärande och retrospektivt lärande.

### 23.1.3 Realtidslärande

Realtidslärandet innebär att man på olika sätt stödjer ett lärande i arbetet samtidigt som det utförs. Det handlar då främst om individuellt lärande och att genom ständig återkoppling om utfallet av arbetet lära sig hur det kan utföras bättre.

### 23.1.4 Retrospektivt lärande

Med retrospektivt lärande menar vi att man genom att utvärdera genomfört arbete, genom analys av hur det genomfördes, hur man agerade, varför man agerade som man gjorde, vad utfallet blev samt reflektera över och analysera hur saker skulle kunna ha gjorts på ett annat och effektivare sätt. De strategier och riktlinjer för agerande som tas fram i en sådan process kan sedan testas och utvärderas i praktiken. På så sätt kan successivt nya och förbättrade kunskaper utvecklas. Här kan det handla om såväl individuellt lärande som organisatoriskt.

## 23.2 Utformning av lärandeprocesser

De olika typerna av lärande fordrar olika slags processer, teknikstöd och ledning.

### 23.2.1 Individuellt

För det individuella lärandet i realtid handlar det huvudsakligen om att ge individen tydlig återkoppling, som en integrerad del av arbetet, via de informationssystem och gränssnitt de arbetar med. De möjligheterna har hittills varit mycket begränsade, men när STEG finns, och än mer när NTL införts, kommer nya möjligheter att finnas.

Det man vill stödja är egentligen en utveckling av trafikledarnas mentala modell. Den mentala modellen är den kunskap och de färdigheter man har för att förstå processen. Genom att ge tydlig återkoppling och skapa en observerbarhet som stödjer förståelse för det dynamiska förloppet ger man förutsättningar för att utveckla modellerna och därmed lärandet. I och med att det system man styr är så dynamiskt, och har olika tidskonstanter (en del saker sker snabbt, andra saker kan ta väldigt lång tid) så måste man kunna ge återkoppling om allt som behövs för att förstå vad som händer, varför det händer och vilka beslut, styråtgärder och andra

händelser som resulterade i det förlopp man kan observera. Dessutom fordras en återkoppling av något slags begripligt mått på kvaliteten i utfallet, dvs kvaliteten i sitt agerande.

Allt detta ställer stora krav på tillgång till nödvändig information, definitioner av vad som ska menas med kvalitet i omplanering samt ett tydligt sätt att visualisera detta i gränssnittet.

I dagen STEG-gränssnitt finns viss återkoppling, men den är inte nog utförlig och inte heller designad för detta syfte. Trafikledaren kan idag t ex se förseningar per tåg enligt den omplanering som just nu gäller. När alternativa planer provas ser man utfallet direkt i grafen. De konflikter som försvinner eller uppstår vid omplanering är direkt synliga i gränssnittet.

Aspekter på kvalitet i omplanering finns med i de utredningar som görs inom projektet BAOT (Beslutstöd och automation i operativ tågtrafikstyrning). Några preliminära aspekter är:

- Tidsaspekter, avvikelser från körplan, förseningsminuter etc.
- Robusthet och marginaler, kritiska marginaler, marginal till deadline, marginal till spårbrist.
- Kritiska noder, marginal till anslutningar, marginal till minimigångtid, marginal till minimiuppehållstid, dvs. marginal till ”nåbar målpunkt” för tåg.
- Marginal till påverkan på andra tåg (mötande respektive förbigående, anslutande etc).

Vilka kvalitetsmått man ska använda, och hur, för att ge nödvändig återkoppling i realtid till en trafikledare måste utredas ytterligare.

En annan metod att ge stöd som en integrerad del av lärandet i arbetet är att vid behov få handledning av mer kunniga kollegor. Vid besvärliga situationer, vid komplexa störningar eller när man känner att man inte fullt ut hanterar situationen och kan hitta de bästa lösningarna, skulle man kunna be att få hjälp direkt. En kollega eller handledare skulle då kunna komma in och i samverkan med den ansvarige trafikledaren gemensamt gå igenom och lösa problemet. Detta förutsätter att det finns någon sådan resurs tillgänglig i organisationen.

Meningen med dessa former av kontinuerligt lärande i vardagen är att ge omedelbar återkoppling och stöd, stödja utvecklingen av mentala modeller och därmed kunskap och kompetens.

En annan form av individuellt lärande är att retrospektivt, i efterhand, gå igenom ett historiskt skeende för att utvärdera vad som hände, vad man gjorde och hur resultatet blev. Man kan då också testa alternativa lösningar som man skulle kunnat ha använt sig av, givet att man har tekniska möjligheter att göra sådana jämförelser. Detta liknar den metod med retrospektivt organisatoriskt lärande som diskuteras mer nedan.

En metod som vi tidigare använde oss av för utvärdering av STEG i Norrköping, kollegial verbalisering [Erlandsson och Janson 2007], skulle potentiellt kunna användas även för syftet här, att stöda individuellt lärande. Denna metod går ut på att man låter kollegor granska och analysera inspelningar av tidigare inträffade händelser för att beskriva sin bild av hur man agerade och hur man skulle kunna ha gjort. Därefter kan man ha gemensamma diskussioner och dra slutsatser tillsammans med den som var inblandad i den ursprungliga händelsen.

### 23.2.2 *Organisatoriskt*

Syfte med det organisatoriska lärandet, som måste göras retrospektivt, är att gemensamt inom organisationen stärka kompetensen för alla inblandade i den operativa processen, utveckla nya förbättrade strategier för problemlösning, beslutsfattande och samverkan i olika problematiska situationer och sprida dessa kompetenser till alla inblandade. Dessutom kan man kartlägga sådana faktorer som försvårar trafikledarnas arbete så att man kan eliminera dessa. De fördelar man kan uppnå på detta sätt har diskuterats ovan.

Möjligheterna för att skapa bra processer för organisatoriskt lärande förbättras avsevärt då det nya nationella trafikledningssystemet NTL införs. Den gemensamma realtidsplanen, RTTP, möjligheterna att logga och spara alla genomförda arbetspass och i efterhand analysera vad man gjorde och vad utfallet blev ger en grund för detta.

En annan viktig förutsättning för lärandet är verktyg att spela upp historiska skeenden, testa alternativa lösningar, utvärdera effekterna samt låta trafikledare träna på framtagna strategier enskilt eller i grupp. För detta behövs ändamålsenliga simulatorer.

Den finns en stor potentiell nytta med att skapa enhetliga, gemensamma, väl förankrade och förståeliga strategier för agerande i olika situationer. För att uppnå nyttan fordras genomtänkta lärandeprocesser, god ledning av dessa samt att man verkligen ger den inblandade personalen realistiska förutsättningar att delta i utvärdering, utformning och träning.

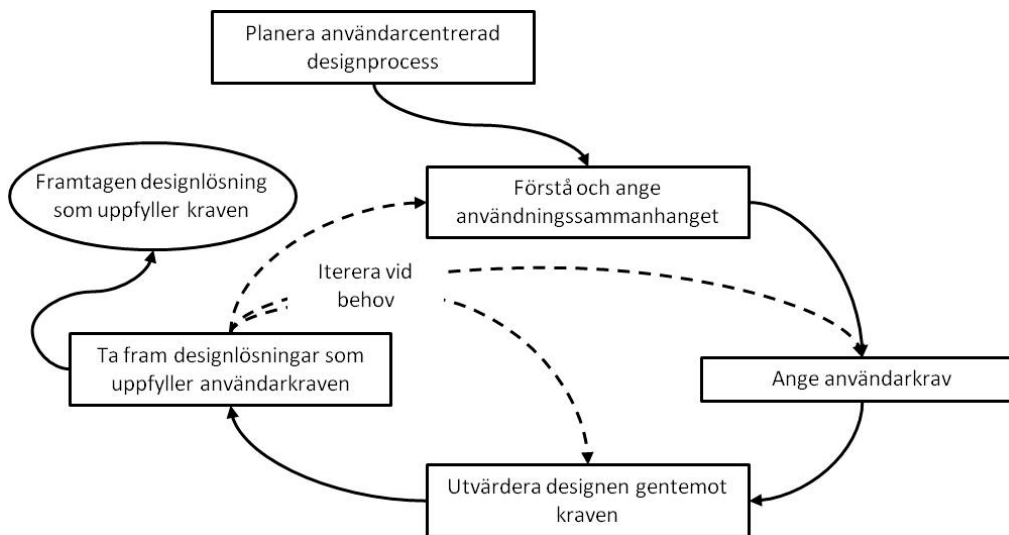
Vi kan här inte gå djupare in på utformningen av lärandet eller krav på simulatorer. Detta fordrar fortsatt forskning, utveckling och tester. Mycket kunskap om träning med hjälp av simulatorer finns dels redan inom Trafikverket dels kan man lära av andra branscher.

Det är viktigt att säkerställa att de simulatoranläggningar man skaffar och de lärandemiljöer man bygger upp har relevant funktionalitet och noggrannhet. För olika syften kan olika slags simulatorer bli aktuella. För att utveckla hög kompetens i det operativa arbetet fordras mycket realistiska, detaljerade och noggranna modeller och simuleringar. För andra syften, träning av kommunikation och samverkan, t ex i form av spel, kan ibland mycket enklare simulatorer fungera.

## 24 Utvecklingsprocesserna

### 24.1.1 Ett användarcentrerat perspektiv

Användarcentrerad systemdesign är en process för att integrera användbarhetsaspekter i hela systemutvecklingsprocessen. Metodiken för användarcentrerad design finns definierad i ISO-standard 9241-210 [ISO 2010]. Det centrala i denna modell för systemutveckling är att den utgår från användarsammanhanget, användarna och deras krav och behov. Dessutom betonas *iterativiteten*, dvs att man i ett antal cykler tar fram preliminära behov, utvecklar prototyper, testar och utvärderar dessa mot användarkraven, modifierar prototyperna osv tills man finner att kraven är uppfyllda. Se figur 24.



Figur 24. Utvecklingsprocess enligt ISO 9241-210, *Human centred design for interactive systems*.

All utveckling och införande av tekniska stödsystem i en verksamhet påverkar arbetet på en rad olika vis, ofta mycket genomgripande. Arbetsorganisation, arbetsprocesser, kompetenser, kommunikation och samverkan förändras och arbetet ska utföras under nya förutsättningar. Det går helt enkelt inte att undvika. Därför kan man egentligen aldrig prata om renodlad teknik- eller systemutveckling eller införande. Det handlar alltid snarare om verksamhetsutveckling och införande av ett nytt arbete. Slutsatsen blir att de processer enligt vilka de nya digitala stödsystemen utvecklas måste hantera även andra aspekter på arbetet, dess organisation och arbetsmiljön, annars kan inte den potentiella nytta uppnås, utan man riskerar att införa nya problem och att cementera ineffektiva arbetssätt.

Detta har visat sig vara svårare i praktiken än man kan föreställa sig. De traditionella modellerna för systemutveckling innehåller oftast inte alls något stöd för att behandla annat än de mer tekniska aspekterna på systemutvecklingen. Kompetenser om annat än det tekniska, t ex arbetsmiljökunskap, saknas i projekten och man har ofta inget mandat att hantera frågor om arbetsorganisation och förändrade arbetsprocesser i förändringsprojekten.

### 24.1.2 Användardeltagande

En central del av det användarcentrerade arbetet är att involvera de som ska använda sig av det framtida systemet i sitt arbete. Vi brukar kalla dessa för slutanvändare eller verksamhetsexperter. Det finns många belägg för att ett aktivt deltagande av användarrepresentanter i utvecklingsprocessen är en framgångsfaktor. Det innebär att kunskap om verksamhet och arbetsprocesser kommer med i kartläggningarna, att användbarheten av det nya systemet successivt kan utvärderas samt skapar en delaktighet som är viktig för projektets legitimitet och för acceptansen av det system som ska införas. Fungerande former för användardeltagande beskrivs i läroböcker, t ex i [Gulliksen och Göransson 2002]. Några viktiga aspekter är:

- Användarna, verksamhetsföreträdarna, måste ges fungerande villkor för deltagande, utbildning m.m. De ska inte behöva känna sig som gisslan, utan ska ha reella chanser att påverka utvecklingen.
- Det är viktigt med deltagande från tidigt skede och under hela projektiden.
- Användarna måste kunna delta på sina villkor och representera sina yrkeskunskaper och roller. De ska inte behöva lära sig något ”dataspråk” utan ska kunna formulera sig i sina egna termer.
- Den användarcentrerade processen måste modereras av någon med kompetens för sådant arbete. Någon, användbarhetsexpert eller liknande, måste fungera som en länk mellan användarna och teknikutvecklarna. En sådan expert kan hjälpa till att tolka användarnas formuleringar, uttrycka deras krav, leda utvärderingsarbete etc.
- Användarrepresentanter som deltar i ett utvecklingsprojekt kan komma att bli så involverade i utvecklingen att de inte längre är lämpliga att utföra tester när prototyper ska utvärderas. För testerna bör andra representanter kallas in, som inte är ”förstörda”.
- Att man arbetar användarcentrerat får inte innebära att man frågar användarna vad de vill ha och hur de vill att systemen och gränssnitten ska se ut och sedan bygger efter det. Användarna är experter på sitt arbete och på hur man vill kunna arbeta i den framtida miljön och de är inte alls experter på system- eller gränssnittsdesign. Design ska göras av de som kan det och användarna ska svara för verksamhetskunskap och utvärderingar.

### 24.1.3 Målbildsarbete

Det finns metoder som stödjer verksamhetsutveckling i samband med tekniska förändringar. Då de nya tekniska systemen ska stödja ett nytt, förbättrat, framtida arbete så måste detta framtida arbete specificeras noga. Ett exempel på en metod för att ta fram en plan för utveckling av verksamhet, organisation, arbetssätt och teknikkrav är att arbeta med målbilder (Sandblad och Hardenborg 2008).

Målbilder är detaljerade beskrivningar av det framtida arbetet i ett helhetsperspektiv, inklusive krav på de tekniska system som ska stödja detta arbete. Processen att ta fram målbilderna går ut på att genomföra en serie av möten med arbetsgrupper bestående av erfarna professionella företrädare för den aktuella verksamheten. En kunnig processledare styr processen och ser till att man stegvis tar fram målbilden. Det är viktigt att gruppen kan ges tid nog att vara kreativ och att se alla möjligheter att förändra och förbättra. Man får inte ”asfaltera gamla



kostigar”, utan måste utreda alla möjligheter att hitta lösningar som innebär bättre måluppfyllelse, utvecklade arbetsprocesser, högre kvalitet och en god arbetsmiljö.

När de grundläggande koncepten i vårt forskningsarbete togs fram gjordes detta genom en omfattande målbildsprocess. En arbetsgrupp med mycket erfarna trafikledare, samt några personer med strategiska roller inom trafikledningen, arbetade i månatliga möten under en tvåårsperiod med att analysera dagens verksamhet, dess problem och brister samt att successivt utforma mer och mer detaljerade bilder av en ny verksamhet, som bättre uppfyller både dagens och framtidens krav. Man kunde på så sätt bli mycket innovativ och hittade helt nya tekniska lösningar för att stödja det framtida arbetet.

Resultatet av detta omfattande målbildsarbete är hela grunden för konceptet ”styra genom operativ omplanering och automatisk exekvering”, till det nya arbetssättet och till utformningen av det nya användargränssnittet. Forskarna som fungerade som processledare kunde på ett systematiskt sätt stödja målbildsprocessen, se till att man gjorde analysen noggrant och att man stegvis dokumenterade och utvärderade de framtagna idéerna. Till slut kunde de nya principerna och skisserna till tekniklösningar dokumenteras på ett komplett sätt.

Trafikledarna skulle aldrig kunna skapa dessa framtidsbilder utan processen och forskarna. Forskarna skulle heller aldrig kunna ta fram resultatet utan den djupa yrkeskunskap och de långa erfarenheter av trafikledningsarbete som deltagarna i arbetsgruppen hade.

Den gemensamt framtagna målbilden av den framtida operativa trafikledningen utgjorde ett nödvändigt underlag för det därpå följande arbetet med att detaljutforma de tekniska system som ska stödja det framtida arbetet.

#### *24.1.4 Samverkan i utvecklingsprocessen*

Den användarcentrerade utvecklingsprocessen, med dess iterativa arbete, bygger på en kontinuerlig samverka mellan parter med olika roller och kompetenser.

Är det en extern leverantör som ska utveckla och leverera ett nytt system så måste samarbetet mellan beställaren, leverantören och de kompetenser som behövs klara av att hantera alla viktiga aspekter på det nya systemet, den nya verksamheten och den nya tekniken. En traditionell upphandling, med kravspecifikation och en leverantör som utgående från specifikationen självständigt utvecklar det nya systemet, fungerar mycket dåligt i sådana sammanhang som är aktuella här. Även här fordras en god samverkan, samsyn om vad man ska åstadkomma samt en iterativ process.

Förutom en nära samverkan mellan beställare och leverantör fordras att andra deltagare i den användarcentrerade processen kan delta på ett fungerande sätt. De kompetenser det främst handlar om är verksamhetsföreträdare (användare), utvecklare i olika roller samt användbarhets- och designexperter.

#### *24.1.5 Införandeprövat*

Det har erfarenhetsmässigt visat sig vara av stor vikt att genomföra införandet av det nya systemet och de nya arbetsprocesserna på ett bra sätt. Detta beskrivs mer i följande kapitel.



#### 24.1.6 Ett livscykelperspektiv

En kontinuerlig förändringsprocess är nödvändig, och man måste se alla förändringar i ett livscykelperspektiv.

Arbetet med målbilder och att fastställa alla krav på det framtida arbetet, organisationen, arbetsprocesser, kommunikation och samverkan, kompetenser, stödsystem m.m. måste ske på ett tidigt stadium och sedan följas upp. Användbarhet är inget man kan lägga till i efterhand. De framtida arbetsprocesserna måste få styra utformningen av de framtida tekniska systemen.

Förberedelserna för införande måste initieras mycket tidigt, då delaktighet i hela processen är en viktig framgångsfaktor. Före, under och efter det direkta införandet, ”big bang”, måste omfattande stödinsatser sättas in. Man ska framförallt inte underskatta det stöd och fortsatt utvecklingsarbete som behövs *efter* införandet. Detta beskrivs mer i kapitlet om införande.

Ett komplext tekniskt system, eller verksamheten som sådan, kan aldrig betraktas som stationärt. Man måste inse att en kontinuerlig förändringsprocess är nödvändig om förändrade krav, behov och förutsättningar ska kunna mötas. En sådan kontinuerlig förändringsprocess måste innehålla ansvar, metoder och resurser för att ständigt följa upp och utvärdera de existerande förhållandena och initiera nya förändringsprocesser.

#### 24.1.7 Lärdomar från utvecklingen av STEG

När det tekniska systemet STEG först utvecklades gjordes detta enligt en modell som resulterade i en mycket god samverkan mellan de olika kompetenserna, med hänsyn till alla de aspekter som man ansåg viktiga och genom ständiga iterationer av framtagna lösningsförslag.

Utvecklingen gjordes i kontinuerlig dialog med verksamhetsföreträdare. Forskarna var inblandade för att kunna ta ställning till nya designförslag och att förändringar skedde enligt de fastställda principerna. Utvecklarna hade goda kunskaper om att arbeta i en iterativ användarcentrerad process med ständiga förändringar av prototyper.

Då man i efterhand granskar den omfattande dokumentationen av processen, ser man att alla de beslut som togs under utvecklingstiden aldrig hade kunnat göras på ett bra sätt utan denna arbetsmodell. Den modell man arbetade efter kan utgöra en bra mall för kommande utvecklingsprocesser.

## 25 Införandeproblematiken

Det finns många erfarenheter av att införandet av ett nytt system som är verksamhetsstödande och verksamhetskritiskt är en mycket viktig och känslig process. Det är alltid så att det man inför inte enbart är ett nytt tekniskt system, utan mer en ny verksamhet och ett nytt arbetssätt.

Det finns många kopplingar mellan utvecklingsprocessen och införandeprocessen. Det är under införandet som många av de brister och svårigheter som man inte förstod eller kunde förutse under utvecklingen blir tydliga. Dessa måste då tas om hand och åtgärdas, och resurser och ansvar för detta måste ingå i planeringen. Effekterna av brister i införandeprocesserna, och i underlåtenhet att åtgärda problem som då blir tydliga, kan erfarenhetsmässigt bli allvarliga och långvariga. Om inte införandet går bra, de nya systemen fungerar tillfredsställande och de nya arbetsprocesserna kommer igång, så leder det till att den potentiella nyttan inte nås. De problem som uppstår i samband med införandet tenderar också att finnas kvar under väldigt lång tid om man inte tar tag i dem direkt.

Det finns forskning [Brynjolfsson och Hitt 1998] som pekar på att de resurser som det totala organisatoriska införandet kräver handlar om upp till nio gånger den kostnad som de kostnader man har för den rena tekniska utvecklingen. För varje krona man investerar för upphandlingen av programvara och system satsar man upp till nio kronor på egna kostnader för utredningar, konsulter, deltagande i utvecklingsarbete, anpassningar av andra system, utbildningar m.m. Om man försöker dra ner för mycket på ambition och resurser vid införandet kommer de långsiktiga kostnaderna för störningar och försämrad kvalitet att på lång sikt bli ännu större.

### 25.1 Viktiga krav på ett bra införande

För att lyckas med införandet av nya tekniska system och arbetsprocesser i en komplex verksamhet är några faktorer extra viktiga:

- Införandet handlar inte bara om det akuta skeendet, utan måste också bestå av aktiviteter långt före, under och långt efter. Det är till och med så att det är först då man kommer igång med det nya arbetet och de nya systemen som man verkligen inser vad det handlar om, förstår de problem som dyker upp, kan ställa de rätta frågorna osv. Det är därför av stor vikt att en projektorganisation med tillräckligt mandat, resurser och kompetens, finns kvar en längre tid *efter* införandet. Att för snabbt övergå till förvaltning kan göra att nödvändiga åtgärder inte genomförs.
- Det man inför är inte (bara) det nya tekniska systemet, utan ett nytt arbete med allt det innebär. Det betyder att det nya arbetet måste utformas i detalj, utvärderas och förankras i organisationen. De utvecklingsprocesser man använder sig av måste kunna hantera alla relevanta aspekter på det nya arbetet. Delaktighet för de som berörs av förändringarna är en framgångsfaktor, liksom stöd, engagemang och tydlighet från ledning på olika nivåer inom organisationen.
- De utbildningar man ger till användarna måste fokusera på hur de ska utföra det nya arbetet med hjälp av det nya tekniska stödet. Om man bara utbildar i "knapptryckandet" lär man

sig inte det nya arbetet. Det har visat sig vara en stor skillnad mellan att kunna hantera det tekniska och att förstå hur man med hjälp av tekniken ska utföra det nya arbetet på ett bra sätt.

- Användarna måste få mycket stöd och konkret handledning i samband med införandet. Under det akuta skedet måste det finnas stöd kontinuerligt, för problemlösning, för handledning och för att fånga upp sådant som man måste ta hand om och åtgärda.
- Man måste inse att det fordras mycket resurser och tid för användarna i samband med införandet. Man ska inte tro att all verksamhet kan bedrivas med full effektivitet under hela införandet. Det finns oftast behov av extra resurser samt beredskap för att reducera kapacitet och service under en övergångsperiod. Beredskapen för att ta hand om allt som kan ske i samband med införandet måste vara hög.
- Man måste följa upp, utvärdera och vidta åtgärder för att eliminera de problem man finner. Detta måste vara en del av det planerade införandearbetet, med tillräckliga resurser under tillräckligt lång tid.

Det är också sällan så att man inför ett system en gång och sedan är det klart. Oftast sker många kontinuerliga införanden av mindre eller större ändringar, uppdateringar, nya versioner osv. I samband med sådana införanden missar man ofta att förbereda användarna, förklara vad förändringarna innebär och hur de ska arbeta på ett bra sätt med det förändrade systemet. Ständiga förändringar brukar också kunna irritera och trötta ut.

### *25.1.1 Arbetsmiljö och trygghet för personalen*

Trygghet, tillit och en viss förutsägbarhet i tillvaron är grundläggande psykologiska behov hos alla människor. Brister inom dessa områden kan vara en viktig bidragande orsak till ökande problem med arbetsrelaterad stress. Brister i organisationsförändringar kan orsaka eller öka kända stressfaktorer som ökade krav, sämre kontroll och sämre socialt stöd. Då man i samband med utveckling och införande av nya it-system också genomför personalminskningar kan stressen öka. Med färre anställda i organisationen minskar den samlade kompetensen, utrymmet för kompetensutveckling reduceras och sårbarheten ökar. I en ”slimmad” organisation finns inte alltid kompetens och resurser för att klara av oväntade händelser, och ännu mindre för att anpassa och vidareutveckla it-systemet i en föränderlig situation. Att känna sig otillräcklig i förhållande till arbetsuppgifter och arbetsredskap är mycket stressande för de flesta, och om dessutom hjälp och stöd från omgivningen brister ökar stressen betydligt.

Det går inte att säga att införande eller utveckling av nya tekniska system alltid leder till arbetsrelaterad stress. Longitudinella studier har inte påvisat några sådana generella samband, utan effekterna av införande av ny teknik kan bli både positiva och negativa ur stress- och hälsosynpunkt. Det står och faller med hur väl man lyckas och med hur ledningen agerar.

Det är oundvikligt att organisation, roller, kompetenser, arbetsprocesser, och därmed arbetsmiljön, påverkas vid ett införande. Det som införs blir alltid ett nytt arbete, inte bara nya teknikstöd. Införandeprocessen måste därför hantera verksamheten som helhet, inte bara fokusera på att lära ut den nya tekniken [Sandblad 2005]. När det gäller införandeprocessen och dess effekt på användarnas arbetsmiljö och hälsa finns det starkt stöd för slutsatsen att ett

aktivt och kontinuerligt deltagande från användarnas sida i alla faser av processen minskar risken för negativa effekter.

Att ett it-stöd redan från dag ett är så välkonstruerat och anpassat till verksamheten att inga fler ändringar behövs är tämligen sällsynt, vilket förlänger den tid det tar innan verksamheten blivit stabil igen. I värsta fall kvarstår problem som menligt påverkar verksamheten och arbetsmiljön. Om hänsyn inte tas till detta utan en organisation räknar med bibehållen eller till och med omedelbart ökad effektivitet kan det få långvariga negativa effekter som direkt eller indirekt belastar personalen.

## 26 Lärdomar från ONTIME-projektet

Ett av uppdragen i FOT-projektet har varit att genom deltagande i projektet ONTIME utvärdera detta och dra slutsatser och ge rekommendationer om den framtida svenska utvecklingen av trafikledningssystem och vissa andra system som utvecklades inom projektet.

Nedanstående är en sammanfattande redovisning av sådant som vi funnit värdefullt att ta tillvara från ONTIME och vilka konsekvenserna kan vara för svensk forskning och utveckling.

För mer omfattande redovisning av ONTIME, målen, arbetet och resultaten hänvisar vi till rapporter från projektet. Sådana finns tillgängliga bl a via länken: <http://www.ontime-project.eu/>

### 26.1 Vad var ONTIME

ONTIME var ett EU-projekt inom FP7. Namnet står för “Optimal Networks for Train Integration Management across Europe”. Projektet pågick under perioden november 2011 och avslutades november 2014.

I projektet deltog ett antal infrastrukturhållare, från Sverige, England, Tyskland, Frankrike och Italien, järnvägsforskare från olika europeiska universitet samt några företag inom järnvägsbranschen, främst Ansaldo. Från svensk sida deltog Trafikverket (koordinator Magnus Wahlborg) samt Uppsala universitet och Transrail AB.

### 26.2 Vår roll i projektet

Vår uppgift inom ON-TIME var främst:

- Kartlägga “state-of-the-art in traffic control”
- Ansvara för området: “human factors and user interfaces in systems for perturbation and disturbance handling”
- Ansvara för: “Integration of train traffic planning and operational control”

Arbetet vi var inblandade i bedrevs huvudsakligen inom följande arbetspaket, work-package (WP):

- WP2, krav och utvärderingar
- WP3, sambanden mellan trafikplanering och trafikstyrning
- WP4, hantering av mindre störningar (perturbations)
- WP5, beslutsstöd för hantering av större störningar (disruptions)
- WP8, utveckling av demonstratorer, i vårt fall främst simuleringar av Malmbanan.

I arbetet inom ONTIME förde vi in ett antal olika delar av vår tidigare forskning. Några av våra grundläggande resultat har nu fastställts som styrande för den kommande europeiska

utvecklingen. De viktigaste delarna är principen styra genom omplanering, realtidstidtabellen (RTTP), den automatiska exekveringen av realtidsplanen samt, i viss mån, människans aktiva roll i trafikledningsprocessen.

Det finns några punkter där vi ur svensk synvinkel ser en annan utvecklingsväg än den som ONTIME tog fram. Mer om detta i slutsatserna nedan. Det finns flera rapporter, *deliverables*, från ONTIME som utförligt beskriver resultaten. De kan nås via länken ovan eller efter kontakt med Trafikverkets kontaktperson.

### 26.3 Slutsatser av betydelse för framtida utveckling i Sverige

En generell slutsats är att Sverige ligger långt framme i flera olika avseenden, och det finns goda möjligheter att ytterligare stärka den utvecklingen.

Några viktigare slutsatser från projektet, som delvis presenterats i utvärderingsrapporten "ON-TIME - Utvärdering av demonstrationssimulering Malmbanan Kiruna-Narvik, Slutrapport 2014-11-16, TRV 2013/55986", är:

- Resultaten från projektet är intressanta i och med att det ger oss nya kunskaper och erfarenheter om utveckling och användning av optimerande beslutsstöd för operativ tågtrafikstyrning. De nya kunskaperna är viktiga för det fortsatta arbetet och för att samordna svensk strategi i detta avseende.
- Det återstår en hel del av kartläggning av problem och utformning av krav för att metoder av denna art, automatiserade optimerande system för operativ omplanering, ska vara tillämpbara i praktiken för svensk järnväg. De resultat som ONTIME tog fram stämmer inte i alla avseenden överens med de svenska principerna som de har utformats inom vår och andras tidigare forskning. När det gäller hantering av mindre störningar har ONTIME koncentrerat sig på en automatisering som kan medföra att trafikledarna kommer "out-of-the-loop". Vi har tidigare i denna rapport diskuterat vad vi tror är en lämplig svensk ansats.
- De i ONTIME utvecklade algoritmerna har förmodligen en viss potential att uppfylla viktiga svenska krav, men ytterligare forskning fordras för att hitta bra fungerande lösningar. Detta bör framöver ske i samverkan med svenska projekt inom ramen för KAJT, främst FLOAT-projektet.
- Den i ONTIME använda simulatoren, Hermes, uppfyller inte viktiga krav på en kommande svensk simulatormiljö. Nya krav på framtida simulatorsystem kan dock nu formuleras bättre.
- För framtida svenska system är interaktiva lösningar viktiga. ONTIME-projektet har inte klarat av att fram sådana system. Det berodde delvis på tidsbrist men också till viss del på att sådana lösningar inte gavs prioritet. Vi bör i Sverige bygga vidare på de egna erfarenheter vi har, bl a från arbetet med STEG och CATO. Inom ONTIME var ambitionen att bygga interaktiva system där trafikledare kunde interagera med de automatiserade beslutsstöden i simulerad realtid, men resurserna och kompetensen räckte inte till. De system som testades innebar batchvis simulering utan interaktion. Vi specificerade krav på

den interaktion vi såg skulle behövas, men detta blev aldrig implementerat av de som ansvarade för detta.

- Forskningen har gett oss kunskap om att det är två olika processer att hantera mindre och större störningar. Vid större störningar är även järnvägsföretagens trafikledning m fl involverade. Beslutsstöden behöver anpassas per process. De två processerna (stora respektive mindre störningar) samverkar dessutom, så system för olika slags störningar måste samordnas. Den kategorisering av störningar samt de krav som de olika typerna ställer på omplanering och på samverkan i att lösa problemen är tillämpbara även i Sverige.
- Forskningen har också visat på behovet att gå vidare med gemensamma datastrukturer, kommunikationsprotokoll och öppna data samt gett oss kunskap om de facto standarden för dataöverföring, RailML. Forskningen har också lärt oss att det är komplext att koppla samman simulatorer och beslutsstöd. Det tog en väldigt stor del av resurserna inom ONTIME.
- En generell kunskap är att personer som arbetar med planering och personer som arbetar med den operativa processen behöver lära av varandra. Processerna håller på att kopplas allt intimare samman och ökad automatisering är en viktig del. Det verkar vara ett generellt problem i alla länder att tidtabellerna, körplanerna, har för låg precision och inte är fullt ut genomförbara i praktiken.
- En särskild studie genomfördes som en del av WP3, sambanden mellan strategisk planering och operativ styrning. I en rapport från vår del av projektet, till stor del utförd av Peter Hellström, redovisades en analys av problem och möjligheter när det gäller sambanden mellan trafikplanering och det operativa arbetet. Rapporten, *Problems in the Integration of Timetabling and Train Traffic Control*, finns tillgänglig via länken: <http://www.it.uu.se/research/publications/reports/2014-002/>. Rapporten beskriver problem av två olika slag.
  - För det första att trafikplaneringen har svårigheter att leverera en tidtabell (trafikplan, körplan) med nog hög kvalitet och precision till den operativa processen. Det ser lite olika ut i olika länder, men en genomgående slutsats är att man oftast inte har som mål att leverera en optimerad, robust, konfliktfri och komplett (inklusive spår användning) tidtabell. Skälet till detta är att man saknar metoder för detta samt att planeringsunderlaget ofta har stora brister. Man har ibland argument för detta som att: ”det händer ändå så mycket i det operativa skedet att det inte lönar sig att lägga ner så mycket arbete på en bättre tidtabell”. Vår analys visar att om man verkligen vill skapa en operativ trafikstyrning som minimerar operativa problem så måste utgångspunkten, den ursprungliga tidtabellen, ha högsta möjliga kvalitet. Analysen visade också att den operativa personalen ofta saknar förståelse för intentionerna i tidtabellen, vilket kan resultera i att de tar beslut i störda situationer som inte följer intentionerna i den ursprungliga planeringen. Därför vore det av värde att tidtabellen kompletterades med information som stödjer trafikledarna att ta korrekta beslut vid omplanering. Exempel kan vara viktiga anslutningar, deadline för leveranser etc.
  - För det andra saknas ofta mer ambitiösa metoder för utvärdering av utfallet av trafikeringen jämfört med den ursprungliga strategiska planeringen. De erfaren-

heter man kan få från sådana uppföljningar skulle kunna bidra till att man lär av historien och kan korrigera i tidtabellerna för sådant som annars leder till problem i det operativa skedet. En sådan utvärdering och återkoppling kan bestå av flera delar. En del är en statistisk analys av hur väl trafikeringen genomförs enligt den ursprungliga tidtabellen. En annan del är att använda sig av de erfarenheter som främst trafikledare och lokförare har av att genomföra trafik enligt planen. Trafikledare har mycket att tillföra när det gäller deras möjligheter att styra enligt planen, dvs hur ”styrbar” tidtabellen är. Lokförarna har mycket att tillföra när det gäller deras möjligheter att köra enligt tidtabellen, dvs hur ”körbar” tidtabellen är. Idag saknas till stor del arbete med uppföljningar och återkopplingar av sådana erfarenheter.

- De simuleringar som vi genomförde av trafiken på malmbanan, där störningar löstes med hjälp av de utvecklade simulatorerna och de olika beslutsstöden, gav inga nyttiga resultat. Det var lärorikt att formulera de olika scenarierna för störningar, ta fram data etc, men modellerna var inte alls tillräckliga för att resultaten skulle vara meningsfulla eller stödja en utvärdering av beslutsstödens kvaliteter. Skall simulatorer användas för likande studier i Sverige är det viktigt att kvalitetskraven specificeras noga.



## 27 Diskussion

Denna rapport har vi sammanfattat den grundläggande kunskap som under åren kommit fram i forskningen kring tågtrafikstyrning och om utformningen av framtida processer och system samt redovisat resultatet av de senaste forskningsaktiviteterna. Genom detta dubbla syfte har rapporten till viss del formen av en "lärobok" om de viktigaste resultatet det långvariga forskningssamarbetet resulterat i. Förhoppningsvis ska detta stödja spridningen av och förståelsen för det arbete som genomförts. Innehållet växlar ibland mellan mer övergripande resonemang och teoretiska begrepp å ena sidan och mer konkreta resultat å andra sidan. Syftet är att dokumentera viktiga kunskaper samt att motivera och öka förståelsen för resultaten.

Det forskningsarbete som genomförts karakteriseras, som vi ser det, av några viktiga saker.

Vi har bedrivit *aktionsforskning*, dvs vi har forskat om ett komplext system, tågtrafiksystemet, som vi själva har haft för avsikt att bidra till utvecklingen av. Sådan forskning är alltid komplicerad jämfört med mer klassisk traditionell forskning, som enbart har som mål att betrakta och beskriva i syfte att utveckla kunskaper om hur saker ser ut och fungerar. Vi ser dock att i detta fall, och med det uppdrag vi haft, har aktionsforskningen varit det enda alternativet. Vi har försökt att ha ett vetenskapligt perspektiv på allt vi gjort och sett till att ordentligt grunda och motivera metodik och resultat i vetenskapliga termer. Förhoppningsvis har detta gett en stabilare grund för resultaten och gjort att de kan ses som mer valida.

Det senare, att resultaten kan valideras och tas som grund för den fortsatta utvecklingen, förutsätter något som inte får underskattas men som har gjort arbetet krävande, nämligen en gedigen *domänkunskap*. Med domänkunskap menar vi kunskap om den process som studierna handlar om, dvs tågtrafikprocessen, med all dess komplexitet och dynamik. Det är vår övertygelse, grundad i många olika tillämpade forskningsprojekt inom olika domäner, att om man inte förstår det system man studerar, inser villkoren och har respekt för det arbete som de professionella, i detta fall trafikledarna, lokförarna m fl utför, så kommer resultaten att bli felaktiga och våra argument och motiv för dem att bli dåligt accepterade. Vi har därför lagt ner stor möda på att sätta oss in i detaljer av de professionellas arbete för att förstå vad de gör, hur och varför. Denna domänkunskap har vi försökt att kombinera med vår vetenskapliga grund och ett vetenskapligt angreppssätt.

Förutsättningen för att bygga upp nödvändig domänkunskap är en omfattande *samverkan* mellan oss forskare och de professionella i olika roller inom Trafikverket. Utan denna samverkan, där vi med förtroende för varandras kunskaper och roller, gemenamt beskriver, analyserar, utformar och utvärderar, hade resultaten aldrig kunnat uppnås.

Ytterligare en förutsättning för att lyckas med detta är den *långsiktighet* varmed vi kunnat bedriva arbetet. Skulle vårt uppdrag varit att på kort sikt ta fram lösningar hade resultatet blivit radikalt annorlunda. Domänkunskap, ett multidisciplinärt angreppssätt, grundlighet och att bygga upp förutsättningarna för en god samverkan tar tid. Vi är därför tacksamma för att

ha fått den chansen av personer inom Trafikverket som haft tydliga visioner och ett långsiktigt tänkande.

Vad har vi uppnått under dessa år av forskningsaktiviteter? Ett mer omfattande svar på detta kan nog inte ges nu, utan det får bedömas då resultaten omsatts i fungerande system. Vi känner oss dock övertygande om att det mesta av de grundläggande resonemangen, principerna och förslag till utformning av framtida system står på stabil grund och är valida. Väldigt mycket har redan testats, utvärderats och validerats i skarp drift. Genom alla våra kontakter vet vi också att såväl forskningsansatsen som de resultat vi uppnått står sig mycket bra i en internationell jämförelse.

Det återstår trots allt en hel del fortsatt forskning och utveckling innan alla de frågor vi brottats med fått sina svar och resultaten omsatts i fungerande system. För att stödja detta har vi formulerat rekommendationer för den fortsatta utvecklingen och beskrivit behovet av framtida forskning.

Man kan fundera över vad som är viktiga framgångsfaktorer för att utvecklingen framöver ska kunna resultera i alla de potentiellt stora förbättringar vi tycker oss se. Det är många saker som måste fungera, men två saker vill vi speciellt nämna. För det första att arbetsmodellen med långsiktig samverkan mellan uppdragsgivare, skickliga professionella inom Trafikverket och forskare med vetenskaplig kompetens och goda domänkunskaper fortsätter. För det andra att alla beslutsfattare i olika roller och på olika nivåer verkligen tar sig tid att sätta sig in i frågorna på ett tillräckligt djupt sätt, så att strategiskt viktiga beslut tas på sakliga grunder och utifrån gedigna kunskaper.

Slutligen skulle vi vilja tacka alla de personer i olika roller inom Trafikverket och inom andra organisationer, liksom våra forskarkollegor, som vi haft förmånen att samarbeta med. Utan de personer som hade visionerna från början, och utan alla de skickliga professionella i olika roller som vi samarbetat med, hade inte detta arbete blivit genomfört.

Många engagerade och kompetenta personer i olika roller har deltagit under åren. Listan med namn skulle kunna bli lång. Tack till alla som bidragit!

## 28 Rekommendationer inför fortsatt utveckling

I denna rapport finns redan en rad slutsatser och rekommendationer diskuterade. Här ska vi sammanfatta några, som vi ser det, viktiga rekommendationer inför utvecklingen av principer, system, organisation och arbetsprocesser för den framtida tågtrafikstyrningen och för hur man kan stödja hela tågtrafikprocessen. Den potentiella nyttan av de föreslagna förändringarna är mycket stor, men för att den ska realiseras måste ett antal pusselbitar falla på plats. Ingen kedja är starkare än den svagaste länken...

### 28.1.1 *Generella rekommendationer*

Utgå från att alltid stödja skickliga professionella människor i deras olika roller. De behöver effektiva stöd för att kunna prestera bra och kunna leva upp till de höga kraven. Vid utformningen av nya system bör man ha fokus på att bidra till utvecklade kompetenser och en god arbetsmiljö.

Det är viktigt att utforma enskilda system, samt helheten, så att man skapar ”slutna loopar”. Det är bara om man lyckas med detta som förutsättningarna finns för att verkligen styra den komplexa trafikprocessen mot uppsatta mål. Speciellt måste förarna vara med ”i loopen”, dvs ges stöd för att köra enligt aktuell realtidsplan.

Utformningen av automatiserade system och beslutsstöd bör utformas så att människor i olika roller få bästa möjliga stöd. Man måste undvika sådan automatisering som gör att människans förmåga att prestera och utveckla kunskaper påverkas negativt. När mer avancerade beslutsstöd utformas måste detta grunda sig på analyser om när och hur trafikledarnas har störst behov av hjälp.

Alla aktörer i den operativa processen måste ges stöd för att kunna agera mot det gemensamma målet. De har då dels behov av att kunna kommunicera på ett bra sätt, dels av att kunna se den aktuella planen i en form som är anpassad till deras roll och arbetssituation.

Som utgångspunkt för en god trafikstyrning fordras noggranna, styr- och körbara ursprungliga trafikplaner, grundade på kvalitetssäkrade data om infrastruktur, gångtider och information om tåg från järnvägsföretagen. Metoder och processer för att åstadkomma detta bör prioriteras.

Man bör utveckla former för kontinuerligt individuellt och organisatoriskt lärande.

### 28.1.2 *På kort sikt*

Se till att den ursprungliga (dagliga) planen alltid är optimerad och konfliktfri när den överlämnas till det operativa arbetet.

Den automatiska exekveringen måste alltid fungera när man arbetar med STEG-systemet, annars faller stor delar av konceptet som STEG och NTL bygger på. Detta bör prioriteras i Boden, för att man ska ha tid att utvärdera erfarenheterna från användningen av STEG där.

Erfarenheterna från användningen av STEG i Boden som helhet bör kompletteras och utvärderas. Detta är viktigt för att de detaljerade kraven på NTL-systemets utformning ska bygga på så goda grunder som möjligt. Detsamma gäller erfarenheterna av CATO och av samverkan mellan dessa system.

Man bör genomföra förenklingar av hanteringen av omplanering i STEG. Detta måste basera sig på erfarenheterna i Boden. Det är därför extra viktigt att komplettera systemen där samt att utvärdera erfarenheterna.

### *28.1.3 Inför utvecklingen och införandet av NTL*

Själva införandeprocessen kommer att vara mycket viktig. Det finns många erfarenheter från forskning om större projekt, som inneburit förändringar i både teknik och arbetsprocesser, som man kan dra lärdomar från. Införandet är komplext och kräver omfattande resurser. Misstag under införandet sitter ofta kvar länge och leder till att de förväntade effekterna inte uppnås.

Införandet pågår länge och kräver välplanerade aktiviteter långt före, under och efter själva tekniska införandet. Speciellt ska man beakta den viktiga delen som sker efter driftsättning.

Det kommer att finnas ett stort behov av träning och utbildning, före, under och efter införande. Det som införs är inte bara ett tekniskt system utan nya organisatoriska strukturer, arbetsprocesser, kommunikationsmönster etc.

Den nya organisationen och det nya arbetet måste utformas på ett grundligt sätt. Alla roller ska stödjas, t ex trafikledare, informatörer, samordnare/tågledare, ROL, NOL etc.

Det är viktigt att få med alla aktörer i förändringsarbetet. Speciellt gäller detta järnvägsföretagen och lokförarna. Om inte anpassade system utvecklas hos dessa, och för kommunikationen med trafikledningen, kommer den förväntade nyttan inte att uppnås.

Utvecklingsprocessen måste ske i samverkan mellan olika aktörer och enligt en användarcentrerad och iterativ modell. Samverkan måste ske mellan utvecklare, leverantörer, beställare, olika kompetenser inom trafikledningen och gärna med stöd av forskare.

## 29 Behov av fortsatt forskning

Det återstår många viktiga forskningsfrågor och utmaningar framöver. Vi ser följande frågeställningar med koppling till den operativa styrningen som viktiga för den fortsatta forskningen inom området.

- Utformning av beslutsstöd för förare samt av system för kommunikation mellan trafikledning och förare i den operativa processen. Ska den potentiella nyttan av den planerade utvecklingen, främst kopplat till införandet av NTL, kunna uppnås måste förarna komma med ”i loopen”. För detta behövs former för kommunikation mellan lok och trafikledning, utformning av förarstöd och gränssnitt till förarna samt återkoppling från förare till trafikledning. En grund för utformning av sådana stöd finns redan genom vår forskning samt från försöken med STEG och CATO på malmbanan, men arbetet är inte färdigt. Mer kunskap behövs och prototypsystem behöver utvecklas, testas och utvärderas.
- Former och system för samverkan och kommunikation mellan olika aktörer i den operativa processen. När de nya principerna och systemen för trafikstyrning införs så måste även andra aktörer kunna samverka effektivt i det operativa arbetet. Helt nya förutsättningar för detta kommer att finnas, men det behövs fortsatt arbete för att utforma principer och system för detta. Här behövs också mer samverkan med järnvägsföretagen.
- Utformning och integration av avancerade beslutsstöd. Detta innebär en fortsättning av projekten FLOAT och BAOT, med inriktning mot hur sådana system kan integreras i det operativa arbetet. Testsystem behöver utformas och utvärderas. Detta kan lämpligen göras genom att experimentella resurser utnyttjas i form av de nya simulatorer Trafikverket nu införskaffar.
- Kvalitet i omplanering. Kvalitetsmått och system för att stödja trafikledare i mer optimal omplanering. Behovet av detta har diskuterats inom vår tidigare forskning och inom FLOAT- och BAOT-projekten. Ytterligare kunskapsuppbyggnad och praktiska tester bör genomföras.
- Tågtrafikstyrning och kapacitet i komplexa spårområden, begränsningar, möjligheter och optimerande stödsystem. Det finns ett behov av att, med speciellt fokus på större och komplexa noder och bangårdar, öka kunskapsnivån inom kapacitets- och trafikstyrningsområdet genom att analysera och kartlägga hur interaktionen mellan tågen och signalsystemet påverkar den tillgängliga kapaciteten. Metoder och tekniker, vilka kan tillämpas i framtida analysverktyg och stödsystem för planering och styrning av komplexa spårområden, behöver utvecklas. Detta behövs för att befintlig infrastruktur ska kunna utnyttjas bättre än vad som är fallet idag. Den förbättrade kvaliteten som detta skulle medföra behövs för den framtida trafikstyrningen.
- Utvärdering av införandet av NTL och det nya arbetssättet inom operativ trafikstyrning. Den kommande utvecklingen av NTL och införandet av nya organisationsstrukturer, styrprinciper, arbetssätt och stödsystem innebär många utmaningar. Det finns ett vetenskapligt intresse av att följa och utvärdera ett sådant projekt. Ett sådant stöd kan lämpligtvis ske genom aktionsforskning, så att forskarna kan bidra till och stödja arbetet med utveckling och införande.

- Former för lärande inom trafikledningen. Det finns ett behov av detta idag, och behovet kommer inte att minska i framtiden. Genom att de nya styrsystemen införs, och genom att simulatorsystem kommer att bli mer tillgängliga, kan detta ske på ett mycket bättre sätt i framtiden. En utveckling av processer och system för lärande är viktig för att arbetet ska bli effektivt och för att den potentiella nyttan av NTL ska kunna uppnås. En grund för arbetet finns diskuterat i denna rapport, men forskningen behöver fortsätta i samverkan med de ansvariga inom Trafikverket.

## 30 Publikationer från forskningen

Här nedan listas de viktigare rapporterna från forskningsarbetet, inklusive tidigare publikationer. För andra relaterade projekt hänvisas till andra rapporter. En sammanställning och länkar till full text för vissa rapporter hänvisas till länken:

<http://www.it.uu.se/research/project/fts>.

### 30.1 Akademiska avhandlingar

Tschirner, Simon. (2015). The GMOC Model: Supporting Development of Systems for Human Control. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, ISSN 1651-6214 ; 1237. Doktorsavhandling 2015.

Gunnika Isaksson-Lutteman (2012). Future Train Traffic Control - Development and deployment of new principles and systems in train traffic control. Licentiate thesis 2012-001. Uppsala University. <http://www.it.uu.se/research/publications/lic/2012-001/>

Arvid Kauppi (2006). A Human-Computer Interaction Approach to Train Traffic Control. Licentiate thesis 2006-005. <http://www.it.uu.se/research/publications/lic/2006-005/>

Hellström, Peter (1998). Analysis and Evaluation of Systems and Algorithms for Computer-Aided Train Dispatching. Licentiate thesis UPTEC 98 008R, november 1998, Uppsala University, Sweden.

### 30.2 Artiklar i tidskrifter och på internationella konferenser

Sandblad B, Andersson AW, Tschirner S. (2015). Information systems for cooperation in operational train traffic control. *Procedia Manufacturing* 3 ( 2015 ) 2882 – 2888. Elsevier.

Sandblad B., Andersson A.W., Tschirner S. (2015). RTTP – The concept of a real-time traffic plan supporting cooperation in train traffic control and operation. *Rail Human Factors 2015*, London.

Jansson, A. Erlandsson, M. & Axelsson, A. (2015). Collegial verbalisation - the value of an independent observer: an ecological approach. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 16, (5), 474-494

B. Sandblad, S. Tschirner and A. Andersson (2014). Automation in train traffic control. *Applied Human Factors and Ergonomics, AHFE 2015*, Krakow, Polen, July 2014

Tschirner S, Sandblad B, Andersson A.W. (2014). Solutions to the problem of inconsistent plans in railway traffic operation. *Journal of Rail Transport Planning & Management*. Volume 4, Issue 4, December 2014, Pages 87-97

S. Tschirner, A.W. Andersson, B. Sandblad (2013). Improved Railway Service by Shared Traffic Information. *Concepts for the Design of Systems for Traffic Control and Driver*

Advice. IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (IEEE ICIRT 2013), Beijing, China.

Erlandsson, M. & Jansson, A. (2013). Verbal reports and domain-specific knowledge: a comparison between collegial and retrospective verbalisation. *Cognition, Technology & Work*, 15, (3), 239-254.

Simon Tschirner, Bengt Sandblad, Arne W. Andersson, Peter Hellström, Gunnika Isaksson-Lutteman (2013). Analysis of collaboration applied to train drivers and train traffic controllers in Sweden. In: Dadashi et al, ed.: *Rail Human Factors: Supporting reliability, safety and cost reduction*. Taylor & Francis, 2013.

Simon Tschirner, Arne W Andersson, Bengt Sandblad (2013). Designing train driver advisory systems for situation awareness. In: Dadashi et al, ed.: *Rail Human Factors: Supporting reliability, safety and cost reduction*. Taylor & Francis, 2013.

David Golightly, Arne Andersson, Nastaran Dadashi, Bengt Sandblad, Sarah Sharples, Simon Tschirner (2013). A sociotechnical comparison of automated traffic control between GB and Sweden. In: Dadashi et al, ed.: *Rail Human Factors: Supporting reliability, safety and cost reduction*. Taylor & Francis, 2013.

G Isaksson-Lutteman, A Kauppi, A W Andersson, B Sandblad, and M Erlandsson (2012). Operative tests of a new system for train traffic control. In John R Wilson et al ed., *Rail Human Factors Around the World*, Taylor & Francis Ltd, 2012

A W Andersson, G Isaksson-Lutteman, A Kauppi and B Sandblad (2009). Automated functions in train traffic control. Problems and solutions. *Rail Human Factors 2009*, Lille, France.

B Sandblad, A W Andersson, A Kauppi, G Isaksson-Lutteman (2010). Development and implementation of new principles and systems for train traffic control in Sweden. *Computers in Railways XII*, WIT-press, 2010, pp 441-450.

Sandblad, B., Andersson, A.W., Kauppi, A. and Wikström, J. (2007) Implementation of a Test System for Evaluation of New Concepts in Rail Traffic Planning and Control. In: Wilson, J., Norris, B., Clarke, T. and Mills, A. eds.: *People and Rail Systems. Human Factors at the Heart of the Railways*. Ashgate Publ. Comp., 2007

Arvid Kauppi, Johan Wikström, Bengt Sandblad and Arne W. Andersson (2006). Future train traffic control: control by re-planning. *Cognition, Technology & Work*, Vol 8, No 1, 2006, 50 - 56. Springer Verlag London Ltd.

Arvid Kauppi, Johan Wikström, Bengt Sandblad, and Arne W. Andersson. Control Strategies for Managing Train Traffic, Difficulties Today and Solutions for the Future. Technical report, Dept of information technology, Uppsala University 2006-024. May 2006.



Johan Wikström, Arvid Kauppi, Peter Hellström, Arne Andersson, Bengt Sandblad (2004). Train traffic control by re-planning in real-time. COMPRAIL 2004, Dresden, Germany, may 2002. Proceedings of Comprail 2004, Wessex Institute of Technology, 2004

Peter Hellström, Arvid Kauppi, Johan Wikström, Arne W Andersson, Bengt Sandblad, Thomas Kvist, Anders Gideon (2003). Experimental evaluation of decision support tools for train traffic control. Proceedings of WCRR 2003, Edinburgh, Scotland

Arvid Kauppi, Johan Wikström, Peter Hellström, Bengt Sandblad, Arne W. Andersson. (2003). Future train traffic control, control by re-planning European Conference on Rail Human Factors, York, Storbritannien, oktober 2003

Bengt Sandblad, Arne W Andersson, Jan Byström, Arvid Kauppi (2002). New control strategies and user interfaces for train traffic control. Comprail 2002, Limnos, Grekland, juni 2002

Thomas Kvist, Peter Hellström, Bengt Sandblad, Jan Byström (2002). Decision support in the train dispatching process. COMPRAIL 2002, Limnos, Grekland, juni 2002.

Bengt Sandblad, Arne W. Andersson (2001). New control strategies and user interfaces for train traffic control. WCRR 2001, Köln, Tyskland.

Peter Hellström, Thomas Kvist et al. (2001). Evaluation of Decision support modules and Human Interfaces using the TopSim simulator. WCRR, Köln, november 2001.

Bengt Sandblad, Arne Andersson, Karl-Einar Jonsson, Peter Hellström, Per Lindström, Johnny Rudolf, Joakim Storck, Magnus Wahlborg (2000). A train traffic operation and planning simulator. COMPRAIL 2000, Bologna, Italy. Proceedings of Comprail 2000, Wessex Institute of Technology, 2000.

Arne W Andersson, Bengt Sandblad & Alexander Nilsson. (1998). Improving interface usability for train dispatchers in future traffic control systems. COMPRAIL 98, September 1998, Lisbon, Portugal. In Mellit, B., Hill, R. J., Allan, J., Scuttio, G., & Brebbia, C. A. (Eds.). Proceedings of Comprail 1998, pp. 929-938, Wessex Institute of Technology, 1998.

P. Hellström, B. Sandblad, I. Frej, Anders Gideon (1998). An evaluation of algorithms and systems for Computer-Aided Train Dispatching. COMPRAIL 98, September 1998, Lisbon, Portugal. In Mellit, B., Hill, R. J., Allan, J., Scuttio, G., & Brebbia, C. A. (Eds.). Proceedings of Comprail 1998, pp. 929-938, Wessex Institute of Technology, 1998.

Bengt Sandblad, Arne W. Andersson. (1997). The role of Human-Computer Interaction in design of new Train Traffic Control Systems. World Congress on Railway Research, 16-19 November 1997, Florence, Italy. In proceedings volume A, pp. 777-783.

Arne W. Andersson, Ingemar Frej, Anders Gideon, Peter Hellström and Bengt Sandblad. (1997). A systems analysis approach to modelling train traffic control. World Congress on Railway Research, 16-19 November 1997, Florence, Italy. Proceedings volume C, pp. 673-679.

Peter Hellström, Ingemar Frej, Anders Gideon, Bengt Sandblad (1997). Algorithms and control systems for computer-aided train dispatching. World Congress on Railway Research, 16-19 November 1997, Florence, Italy. Proceedings volume C, pp. 613-619.

### 30.3 Andra rapporter och publikationer

#### *Rapporter från ONTIME-projektet*

D2.1: Development and Prioritisation of Capability Requirements to Guide Work Packages WP3, WP4, WP5, WP6 and WP7

D2.3. A strategy for putting methods into practice and a formal evaluation of the demonstrators. ON-TIME document: ONT-WP02-I-TRV-038-03 D2.3

D8.4. Simulations of the iron ore line. ON-TIME document ONT-WP08-D-UOU-007-02 D8.4.

Dokumentation från ONTIME slutseminarium för Sverige, Borlänge 16 oktober 2014. Se länken: <http://www.trafikverket.se/Om-Trafikverket/Forskning-och-innovation/Pagaende-projekt/On-Time--Forbattrar-trafikflodet-och-minskar-forseningar-i-samverkan/>

ON-TIME - Utvärdering av demonstrationssimulering Malmbanan Kiruna-Narvik. Slutrapport 2014-11-16, TRV 2013/55986

Peter Hellström (2014). Problems in the Integration of Timetabling and Train Traffic Control. Technical report 2014-002. Uppsala University, Department of Information Technology. <http://www.it.uu.se/research/publications/reports/2014-002/>

#### *Tekniska rapporter*

Johan Wikström, Arvid Kauppi, Arne W. Andersson, and Bengt Sandblad. Designing a Graphical User Interface for Train Traffic Control. Technical report, Dept of information technology, Uppsala University 2006-025. May 2006.

Bengt Sandblad. Nya styrsystem för framtida operativ trafikplanering. Transportforum 2003, Linköping, januari 2003.

Bengt Sandblad, Peter Hellström (2002). Framtida tågtrafikstyrning. Styrprinciper, användargränssnitt, beslutsstöd och simulatorhjälpmedel. Transportforum 2002, Linköping, januari 2002.

Bengt Sandblad, Arne W Andersson, K-E Jonsson. Styrprinciper och användargränssnitt för morgondagens tågtrafikstyrning. Transportforum, Linköping, januari 2001

#### *Projektrapporter 2003*

- Report 1. Kortversion av sammanfattande slutrapport på svenska

- Report 2. Sammanfattande slutrapport
- Report 3. Framtida tågtrafikstyrning. Grundläggande teorier och utgångspunkter
- Report 4. Framtida tågtrafikstyrning. Styrprinciper och gränssnitt
- Report 5. Riktlinjer och designregler för gränssnittsutförning
- Report 6. Kommunikation mellan TLC och omgivningen
- Report 7. FTTS-projektets arbetsformer
- 2003 Report FTTS final report 2003

#### *Rapporter från CATD-projektet*

- Slutrapport CATD-DSS, steg2
- Appendix 1. Förstudie - Beslutsstöd för operativ tågtrafikstyrning
- Appendix 2. Beslutsstödssystem inom operativ tågtrafikstyrning
- Appendix 3. Evaluation of decision support modules and human interfaces using the TOPSim simulator
- Appendix 4. Decision support in the train dispatching process.
- Sammanfattande slutrapport från CATD-projektet.

#### *Rapporter från TOPSim-projektet*

- Systemspecifikation av simulatorprototyp, steg 2
- Simulatorsystem inom tågtrafikstyrning, en kunskapsdokumentation
- Sammanfattande slutrapport från TOPSim-projektet, december 2002

## 31 Referenser

Arbetsmiljöverket (2015). Digital arbetsmiljö. En sammanställning av kunskaper om digital arbetsmiljö i arbetslivet. Arbetsmiljöverkets rapporter.

[https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/rapporter/digital\\_arbetsmiljo-rap-2015-17.pdf](https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/rapporter/digital_arbetsmiljo-rap-2015-17.pdf)

Andersson A.W., Jansson A., Sandblad B., Tschirner S. (2014). Recognizing Complexity: Visualization for Skilled Professionals in Complex Work Situations. In: Building Bridges: HCI, Visualization, and Non-formal Modeling. Lecture Notes in Computer Science, Volume 8345, pp 47–66.

Anderson, J.R. (1990). Cognitive psychology and its implications. New York: W.H. Freeman and Company.

Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19, 775-779

Balfe, N., Wilson, J.R., Sharples, S. & Clarke, T. (2012). Development of design principles for automated systems in transport control. In *Ergonomics*, Vol. 55, No. 1, January 2012, 37–54. Taylor & Francis.

Brynjolfsson, E., Hitt, L.M. (1998). Beyond the Productivity Paradox: Computers are the Catalyst for Bigger Changes, *Communications of the ACM*, Volume 41 Issue 8, Aug. 1998, Pages 49–55.

Erlandsson, M. & Jansson, A. (2007). Collegial verbalisation – a case study on a new method on information acquisition, *Behaviour & Information Technology*, 26, 6, pp.535-543

Endsley M.R. (1996). Automation and situation awareness. In R. Parasuraman & M. Mouloua (Eds), *Automation and Human performance: Theory and applications* (pp. 163-181). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum

Gulliksen, J., Göransson, B. (2002). *Användarcentrerad systemdesign*. Studentlitteratur.

Hollnagel E., Woods D. (2006). *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. 2006. Ashgate.

Hudson, K., Buell, V. (2011). Empowering a safer practice: PDAs are integral tools for nursing and health care. In *Journal of nursing management*. Vol. 19, Issue: 3, 400–406. Wiley-Blackwell.

International Organization for Standardization (2010). ISO/IS 9241. Ergonomics of human system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems (formerly known as 13407) International Organization for Standardization (ISO). Switzerland.

Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. Macmillan. ISBN 978-1-4299-6935-2.

Karasek, R. & Theorell, T. (1990). *Healthy work: Stress, productivity and the reconstruction of working life*. Basic Books, New York, USA

ONTIME (2013). *Functional and technical requirements specification for perturbation management*. Rapport från EU-projektet ONTIME. Deliverable D4.1.

Rasmussen, J. (1983). *Skills, Rules, Knowledge. Signals, Signs and Symbols, and other Distinctions in Human Performance Models*. IEEE Transaction on Man, Systems and Cybernetics, SMC-13, No3

Reason, J. (1990) *Human Error*. Cambridge University Press

Sandblad, B., Lind, M., Nygren, E. (1992). *Kognitiva arbetsmiljöproblem och gränssnittsdesign*. CMD, Uppsala universitet.

Sandblad, B., Gulliksen, J., Åborg, C., Boivie, I., Persson, J., Göransson, B., Kavathatzopoulos, I., Blomkvist, S., Cajander, Å. (2003). *Work environment and computer systems development*. In BIT, Behaviour and Information Technology, 22(6), 375–387.

Sandblad, B. (2005). "IT-stöd i arbetet – utveckling, införande och arbetsmiljö" i *Synopsis. Aktuell forskning för statsförvaltningen*. Nr 8.

Sandblad, B., Hardenborg, N. (2008). *Målbilder: en metod för att utveckla det framtida IT-stödda arbetet*. Utvecklingsrådet för den statliga sektorn. <http://www.utvecklingsradet.se/2617>

Sheridan, T.B. *Humans and automation: System design and research issues*. John Wiley & Sons, Inc., 2002.

Tschirner, S. (2015). *The GMOC Model: Supporting Development of Systems for Human Control*. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, ISSN 1651-6214 ; 1237. Doktorsavhandling 2015.