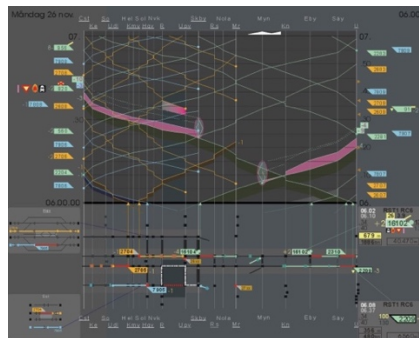
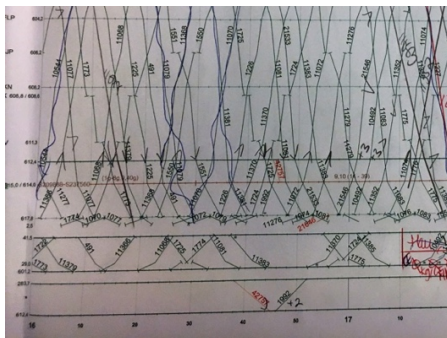
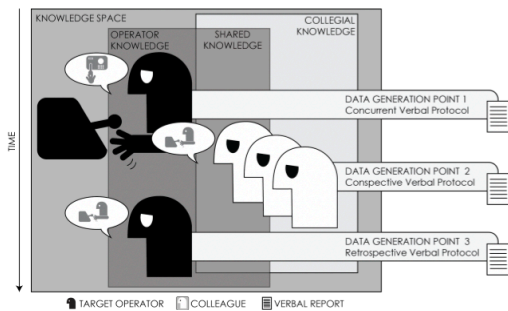
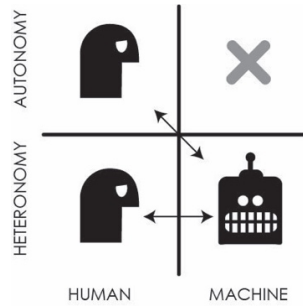
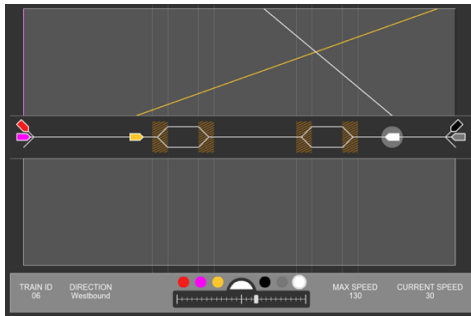


# Vad är det trafikledarna gör som automationen inte klarar? Tågtrafikstyrning med människan i centrum

## Slutrapport från UFTB-projektet



Anders Arweström Jansson

Uppsala universitet

Institutionen för informationsteknologi

KAJT-rapport

# Innehåll

1	Förord.....	3
2	Sammanfattning.....	5
3	Rapportens disposition.....	7
4	Bakgrund.....	8
4.1	Bakgrunden till UFTB-projektet.....	8
4.2	Behovet av kompletterande analyser.....	11
4.3	Frågeställningar.....	11
5	Tågtrafikstyrning i Sverige: Ett sociotekniskt perspektiv.....	12
5.1	De senaste tjugo årens forskning om operativ tågtrafikstyrning.....	12
5.2	Den svenska ansatsen ur ett internationellt vetenskapligt perspektiv.....	18
5.2.1	Den normativa ansatsen.....	18
5.2.2	Den deskriptiva ansatsen.....	20
5.2.3	Den formativa ansatsen.....	21
5.2.4	Distribuerad kognition – ett alternativ till slutna styrloopar.....	26
5.3	Sammanfattning.....	28
6	Beslutsfattande.....	29
6.1	Beslutsfattande i vardagen – allmänmänskliga egenskaper.....	29
6.1.1	Människans beslutsprocesser – tumregler och systematiska avvikelser.....	29
6.1.2	Inomvetenskapliga invändningar mot systematiska avvikelser.....	31
6.1.3	Kritik från forskning med helt andra metodologiska utgångspunkter.....	32
6.2	De yrkesprofessionellas bedömningar – experternas beslut.....	32
6.2.1	Mänskliga bedömningar – igenkänning och mönstermatchning.....	32
6.3	Tidens betydelse för att förstå individers beslutsfattande.....	34
6.3.1	Dynamiskt beslutsfattande.....	34
6.4	Bounded rationality. Lokal rationalitet är tillräckligt bra.....	36
6.5	Sammanfattning.....	37
7	Verbalisering: Tekniker för att undersöka beslut och bedömningar.....	38
7.1	Verbala rapporter som data – metodologiska utmaningar.....	38
7.1.1	Kollegial verbalisering genom användning av konspektiva protokoll.....	39
8	Fältstudier.....	42
8.1	Utvärdering av STEG och Omplaneringskonceptet.....	42

8.1.1	Fältstudiernas genomförande i Boden och Norrköping .....	42
8.1.2	Boden .....	43
8.1.3	Norrköping.....	44
8.2	Fördjupad analys av arbetet vid övriga trafikledningscentraler .....	46
8.2.1	Fältstudiernas genomförande .....	46
8.2.2	Metod .....	49
8.2.3	Resultat .....	52
8.2.4	Slutsatser .....	54
9	Lab-studier med mikrovärlden GridRail.....	55
9.1	Syftet med lab-studierna.....	55
9.1.1	Mikrovärldar som metod för att studera beslutsfattande .....	55
9.1.2	Studie 1 .....	56
9.1.3	Studie 2 .....	60
9.1.4	Studie 3 .....	62
9.1.5	Studie 4 .....	63
9.2	Slutsatser från studierna med GridRail .....	66
10	En modell över tågtrafikledningens beslutsfattande .....	67
10.1	Vilka modeller från litteraturen är relevanta för tågtrafikledningen?.....	67
10.2	Erfarenheter från fältstudierna.....	69
10.3	En första modell över tågtrafikledningens beslutsfattande.....	69
10.3.1	Beslutsfattande under ansvar.....	69
10.3.2	Beslutsfattande med kognitiv resursoptimering i åtanke .....	71
10.3.3	Beslutsfattande med hjälp av igenkänningsbaserad mönstermatchning .....	73
11	Fortsatt forskning.....	74
12	Slutsatser .....	76
13	Referenser .....	77

## 1 Förord

Forskning om nya användargränssnitt och principer för utformning av beslutsstöd för tågtrafikledning har sedan flera år bedrivits i samverkan mellan institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet och Trafikverket, tidigare Banverket. Det första och mest konkreta resultatet från forskningen var kartläggningen av de kognitiva arbetsmiljöproblem som än idag hindrar ett effektivare arbetssätt på trafikledningscentralerna. Som en konsekvens av detta tog forskarna fram principer för framtidens trafikledningsarbete, vilka syftade till att skapa ett kognitivt enklare och för verksamheten effektivare beslutsstöd. Det andra konkreta resultatet var STEG (Styrning av Tågtrafik genom Elektronisk Graf) som innebar ett sätt att visualisera pappersgrafens Daglig Graf, än idag ett viktigt verktyg för alla trafikledare. Tanken med STEG var att visa på ett arbetssätt som möjliggör planering och framförhållning på ett sätt som tidigare inte var möjligt. Ett tredje resultat av forskningen var RTTP (eng. Real Time Traffic Plan), som bygger på ett nytt sätt att organisera den operativa tågtrafikstyrningen. Grundtanken med RTTP är att det bara ska finnas en enda plan som alltid ska vara uppdaterad och som alla ska förhålla sig till, oavsett om man är tågtrafikledare, lokförare eller informatör. STEG och RTTP är två delar av det nya arbetssätt som här kallas *Operativ omplanering*, som i praktiken betyder styrning och kontroll genom kontinuerlig omplanering i realtid och automatisk exekvering under manuell övervakning. Detta skapar ett nytt sätt att arbeta med betoning på framförhållning. På organisatorisk nivå blev förändringarna centrala delar i NTL-projektets kravspecifikation av hur det nya tågtrafikledningssystemet ska fungera. Operativ omplanering blev en central del i EU-projektet OnTime. Svensk forskning satte därmed sin prägel på europeisk tågtrafikforskning med en inriktning som inte är självklar, sett ur ett internationellt perspektiv. Det är därför en angelägen uppgift för forskningen att utifrån ett verksamhetsperspektiv motivera de grunder den valda inriktningen vilar på.

UFTB-projektet initierades med syftet att under mer kontrollerade och systematiska former utvärdera STEG och operativ omplanering. Preliminära resultat hade tidigt visat att STEG upplevdes som ett rimligt sätt att utveckla arbetssättet i den operativa tågtrafikledningen, men orsakerna till de upplevda förbättringarna var inte tydligt undersökta eller beskrivna. Forskningen bakom det nya arbetssättet byggde på en vetenskaplig ansats som hör hemma inom det som kallas aktionsforskning, här med betoning på användarcentrerad systemdesign, vilket innebär deltagande från verksamhetsföreträdare från den operativa trafikledningen i både analys-, design- och utvärderingsfaser. Den grundläggande tanken i detta arbetssätt är att det inte nödvändigtvis finns bara ett enda bästa sätt att arbeta, eller ett enda bästa sätt att utforma gränssnitt och nya koncept som ska tillåtas forma verksamheten. Istället är den bärande idén att det är genom ömsesidig förståelse mellan systemutvecklarens idéer om hur ny teknik kan användas och verksamhetsbaserade expertanvändares kunskap och domänspecifika expertis som tillräckligt bra arbetsverktyg kan formas.

Forskningen har nu lämnat över till andra strukturer att tillämpa och organisera verksamheten efter de idéer som nämns ovan. Operativ omplanering har övergått i en omstöpningsfas, från forskning till tillämpning, och arbetssättet ska realiseras, utvecklas vidare och implementeras.

Samtidigt ser vi hur många frågeställningar som ännu inte fått sina svar bearbetas i nya forskningsprojekt med mer avgränsade och specialiserade frågeställningar. Ett exempel är DIALOG som handlar om hur dialogen mellan tågtrafikledare, lokförare och informatörer ska kunna förstås på ett bättre sätt för att därefter förbättras genom lämpliga åtgärder. Andra projekt, som exempelvis FLOAT och BAOT har fokuserat på möjligheten att med hjälp av automation och algoritmer hitta relevanta beräkningsstöd som sedan kan visualiseras och fungera som stöd när tågtrafikledarna gör sina bedömningar och fattar nödvändiga beslut. I BAOT-projektet blev det uppenbart att det idag ofta saknas grund för att kunna specificera hur gränssnittet mellan människan och algoritmer ska utformas. Skillnaderna är alltså stora. Samtidigt finns det ett hårt tryck och höga förväntningar på att automation och olika former av artificiell intelligens ska ersätta mänskliga bedömningar och beslut, så även inom tågtrafikledning. Detta har blivit en viktig förutsättning för UFTB-projektets genomförande. Här ställer vi en fråga: Vad behövs i form av ny forskning som kan överbrygga skillnaderna? För att belysa den frågan inleder vi med att tidigt i rapporten beskriva olika ansatser för användning av ny teknik, och vi placerar in den svenska ansatsen till operativ tågtrafikledning i ett internationellt perspektiv. Med utgångspunkt i den formativa ansatsen har vi identifierat behovet att på ett mer grundläggande sätt beskriva och förklara de bedömningar och beslut som tas i tågtrafikledningen. Vi behöver helt enkelt en bättre modell över hur mänskliga bedömningar och beslut ser ut och fungerar, och därför ger vi i rapporten en lägesbild av vad forskningen vet om detta.

Vetenskapens roll är inte att söka verifiera och försvara existerande metoder och verktyg. Istället är det vetenskapens roll att ställa nya frågor, och hitta lösningar på nya problem och utmaningar. Inom ramen för UFTB-projektet har vi använt en kombination av fält- och labstudier för att närma oss den modell över tågtrafikledningens beslut som vi eftersträvar. Relativt omgående fick projektet en slagsida åt lab-studierna. Orsaken till detta var att STEG inte användes som det var tänkt i någon större omfattning, vilket under projektets två första år bara möjliggjorde begränsade fältstudier och utvärderingar. Inte förrän under projektets sista år har den delen av projektet kunna genomföras. Under några intensiva månader hösten 2016 och våren 2017 har fältstudier vid fem centraler för tågtrafikledning genomförts. Under dessa fältstudier blev det uppenbart att projektet behövde kompletteras med frågor som rörde den befintliga verksamheten och system som fortfarande används. Det blev därför naturligt att bredda projektets syfte till att omfatta generella frågeställningar om hur tågtrafikledningens beslutsfattande ser ut och bör förstås. Med detta som grund har STEG och omplaneringens centrala roll utvärderats utifrån ett annat perspektiv än det ursprungliga och mer avgränsade syftet. Den del av projektet som syftade till mer kontrollerade studier har kunnat genomföras som det var tänkt. Härmed överlämnas slutrapporten för UFTB-projektet.

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

*Uppsala, augusti 2017*

Anders Arweström Jansson, Professor i människa-datorinteraktion

Uppsala universitet, Projektledare för UFTB

## 2 Sammanfattning

Området operativ tågtrafikledning står inför stora förändringar. På samma sätt som det i mitten av 1990-talet fanns behov av ny kunskap inom området finns det idag återigen behov av en ny kunskapsgrund inför kommande förändringar. Om inte annat så är detta motiverat av den tekniska utvecklingen. Om behovet 1995 stavades människa-datorinteraktion med fokus på gränssnittsdesign och kognitiv arbetsmiljö så stavas den idag människa-maskininteraktion med fokus på kommunikation mellan människa och automation.

Resultaten från fältstudierna visar att STEG och operativ omplanering fungerar mycket väl för de situationer som STEG och det nya arbetssättet är utformat. Den slutsatsen är möjlig att dra, inte bara för att de som vi intervjuat och som använder STEG bekräftar detta, utan också därför att vi från de utvidgade fältstudierna ser att begrepp som framförhållning, planering, möjligheter till tidig konfliktidentifiering och problemlösning är mycket centrala delar i arbetet. Likaså är viljan att vara en aktiv aktör snarare än en passiv reglerare samt önskan om att få behålla vissa frihetsgrader i beslutsrymden stor, även när möjligheten ges att lägga en tågväg en längre sträcka. STEG möjliggör många av dessa delmål. Trafikledarna vet med sig att de har ett ansvarsfullt arbete och de vill arbeta effektivt och gärna underlätta för den kollega som ska ta över i nästa arbetspass. Säkerhet och effektivitet är ändamål som för sin verkställighet behöver mänsklig övervakning och intelligens. Här bidrar STEG med sin instrumentella effektivitet till att ändamålen går lätt att nå.

Men vi ser också att det finns behov av tillägg till det nya arbetssättet. Huruvida man kallar detta omplanering i realtid eller inte är en smaksak – det viktiga är att konstatera att det rent operativt finns behov av justeringar som ligger så nära realtid att man lika gärna kan tala om ett behov av en *kontinuerlig justering* av trafikplanen, och den justeringen är ibland av karaktären *finjustering* och ibland mer av omfattande *omplanering*. Den springande punkten är att det är den enskilde trafikledaren som sitter inne med insikten om vilken justering som är lämplig. Hit hör också att en viss typ av justeringar inte bara görs med avseende på trafik-situationen utan också med den egna kognitiva belastningen i åtanke. Detta är också helt i linje med annan forskning som finns inom området.

Vi ser också i resultaten från fältstudierna att tågtrafikledare arbetar på tre olika nivåer. De olika nivåerna visar sig i form av: 1) en ständig ström av kontinuerliga bedömningar där trafiksituationen diagnosticeras och jämförs med en ”mental erfarenhetsbank” av färdiga lösningar för situationer som regelbundet uppstår; 2) ett beslutsfattande med kognitiv resursoptimering i åtanke där framförhållning är nyckeln till att undvika svåra situationer. Trafikledaren måste utifrån sin erfarenhet och känsla av kontroll skapa lösningar som hen känner är rimliga utifrån både vad situationen kräver och sin egen förmåga att hantera förloppet; och 3) ett beslutsfattande där medvetenhet om det egna ansvaret är stort. Hur vet man i efterhand att en viss komplex problemlösning var bättre än en annan? Vilka kriterier ska gälla för en sådan utvärdering? Här kan man konstatera att en mänsklig beslutsfattare fattar beslut av en annan anledning än en algoritm. Hen gör det ytterst för att behålla kontrollen över både situationen och sin egen belastning. Utan sådan intern, subjektiv

egenkontroll kan inte hen göra prioriteringar. Man kan uttrycka detta som att tågtrafikledaren utgör ”smörjoljan” som får automation och beräkningslösningar att fungera utan friktion.

Experimenten med GridRail visade inledningsvis inte några tydliga resultat. Vi kunde inte påvisa några positiva effekter av trendlinjer, i alla fall inte när man mäter effekten i hur lång tid det tog för försökspersonerna att genomföra positionsbyten för tågen på en enkelspårig bana med två mötesstationer. GridRail behöver fortsätta utvecklas för att det ska bli en lyckad operationalisering av uppgiften att styra tåg.

Från rapporten framgår också att vi förordar att en formativ ansats för teknikanvändning används, dels för att analysera förutsättningarna i form av de villkor som måste uppfyllas för att effektiva besluts- och verksamhetsstöd ska kunna bli verklighet, och dels för att det behövs ett triadiskt designperspektiv för att sådana värdeskapande beslutsstöd ska bli de stöd som verksamheten behöver. STEG är utvecklad i den traditionen, och vi ser behov av att framtida verksamhetsstöd utvecklas med samma grundfilosofi.

Vi har redovisat de mest centrala modellerna över mänskligt beslutsfattande och kan konstatera att det på många sätt och i många avseenden finns god kunskap om hur mänskliga beslut fattas och bedömningar formas. Många av modellerna kan tillföra väsentlig kunskap vid utformning av beslutsstödsystem, men kunskapen är inte spridd till de som i praktiken bygger och bestämmer om införande av sådana besluts- och verksamhetsstöd. Vi har därför föreslagit en treskiktsmodell över tågtrafikledningens beslutsfattande som bygger på: 1) omedelbara igenkänningsbaserade mönstermatchningar; 2) beslut med kognitiv resurs-optimering i åtanke, där tiden reglerar vilka kognitiva strategier som används; samt 3) beslutsfattande under ansvar, där autonoma beslut tas med hjälp av kalkyler och suveränitet. Modellen kan användas för att lyfta fram det mänskliga bidraget, och för att svara på frågan vad det är trafikledarna gör som automationen inte klarar. Vi har också redovisat de huvudsakliga metodologiska överväganden som man behöver göra om man vill djupanalysera mänskliga bedömningar och beslutsfattande. Vi har visat på en metod för att systematiskt skaffa sig data om sådana beslut och också visat på vilken typ av resultat som en sådan metod genererar. Från fältstudierna finns också uppslag om nya metoder som kan användas.

I ett avseende bryter resultaten med tidigare forskning. Vi ser inget värde i att betrakta tågtrafikstyrning som ett system med slutna styrloopar, referensvärden och återkoppling. I allt väsentligt är det människor (tågtrafikledare, lokförare och informatörer) som justerar och håller koll på hur övergripande mål ska omsättas i praktiken. Någon gemensam plan existerar egentligen aldrig. Istället föreslår vi att tågtrafikstyrning, inkluderande tågföringen, ska betraktas som ett distribuerat kognitivt system.

Utifrån resultaten i projektet, och utifrån den genomgång av litteraturen som gjorts, där bland annat begrepp som kontext, situationsmedvetenhet, autonomi har genomlysts, föreslår vi fortsatt forskning inom fyra områden, varav ett (UFTB II) nyligen har påbörjats, ett annat (DIALOG) pågår och två mindre projekt planeras starta 2018 (GridRail och Automatiserad tågtrafikledning). Ett femte projekt planeras starta 2019 (MTR). Den forskningen bygger vidare på en tradition av att utveckla nya metoder som tar sin utgångspunkt i det vi här kallar användningsinspirerad grundforskning.

### 3 Rapportens disposition

Rapporten är upplagd så att vi inledningsvis ger en kort bakgrund till UFTB-projektet och dess historiska kontext. Kapitlet avslutas med de frågeställningar som projektet på olika sätt och i olika utsträckning har arbetat med. De olika frågeställningarna grundas mer i detalj i senare delar av rapporten. I kapitel 5 beskrivs sedan det vi här kallar den svenska modellen för tågtrafikstyrning utifrån de olika ansatser för utveckling och användning av ny teknik som diskuteras i litteraturen. Syftet med detta kapitel är att lägga grunden till en djupare förståelse av hur ny teknik kan användas för verksamheter och organisationer genom att skilja mellan *ändamålsenlig teknik och teknik för instrumentell effektivitet*, men även för att visa på behovet av kognitiva arbetsanalyser som tillvägagångssätt för att nå målet med ändamålsenlig teknik. Det här kapitlet har tidigare avrapporterats som en del av UFTB-projektet (Jansson, 2014) och här sammanfattas det i en kortare och omskriven version. I kapitlet diskuteras också, på ett kritiskt sätt, det faktum att tågtrafiksystemet betraktas som ett system med slutna styrloopar.

Kapitel 5 utgör en slags grund resten av rapporten. Genom att sträva efter kunskap om hur beslutsstöd kan och bör utformas för att möta kraven på ändamålsenlighet blir det viktigt att kartlägga vilka krav sådana beslutsstöd måste klara, och under vilka betingelser de måste fungera. Beslutsfattande har som ämne något av en särställning inom kognitiv psykologi eftersom det kan greppa över flera olika underdiscipliner som problemlösning, bedömningar, uppmärksamhet, arbetsminne, perception med flera, som alla är delar av en tågtrafikledares kognitiva arbete. Detta är dock inget okontroversiellt påstående, och för att göra litteraturen rättvisa redovisar vi i kapitel 6 de mest etablerade modellerna över beslutsfattande som vi idag känner till. I kapitel 10 knyter vi ihop avsnittet om bedömningar och beslutsfattande med en genomgång av vad värdet av dessa modeller är för forskning om tågtrafikledning i Sverige.

I kapitel 7 behandlas ett ämne som har betydelse för hur man kan studera beslutsfattande, och då särskilt hur man vet om de data man samlar in är tillförlitliga eller inte. Kapitlet handlar om verbalisering, och vi redovisar hur vi har arbetat med detta ämne under projekttiden och tidigare. Under projekttiden har vi publicerat tre studier inom detta ämnesområde. De utgör resultat från UFTB-projektet men har redovisats separat (Jansson, Erlandsson & Axelsson, 2015; Jansson & Axelsson, 2017a; 2017b). I kapitel 8 redovisas resultaten från fältstudierna, och i kapitel 9 resultaten från lab-studierna. Kopplat till resultaten i kapitel 8 finns en diskussion om begreppen *kontext* och *situationsmedvetenhet* som båda har avhandlats i separata arbeten (Axelsson, 2016; 2017). I kapitel 9 bygger resultaten till stor del på två examensarbeten som är resultat från UFTB-projektet men har publicerats separat (Caclarca, 2015; Mach, 2017). I kapitel 10 skisserar vi en modell över tågtrafikledningens beslutsfattande som tar sin utgångspunkt i de mest relevanta teorierna och modellerna över mänskligt beslutsfattande, men också utifrån de resultat vi har fått fram i lab- och fältstudier. I de sista kapitlen redovisar vi slutsatser samt det vi ser som behovet av ny forskning inom området.



## 4 Bakgrund

### 4.1 Bakgrunden till UFTB-projektet

UFTB-projektets historiska bakgrund består av tidigare projekt med bäring på operativ tågtrafikledning. Det är därför att rekommendera att man som läsare av den här rapporten inleder med att snabbläsa de två längre rapporter som beskriver den tidigare forskningens utgångspunkter, syfte, mål, resultat och slutsatser. I den första större sammanfattningen av forskningens första år (Gideon, Andersson, Sandblad, Olsson & Jansson, 1999) redovisas de problem och begränsningar som identifierades i de inledande analyserna av trafikledningens arbetsmiljö. Här kan det vara värt att påminna om att dessa begränsningar fortfarande i högsta grad är tågtrafikledarens vardag – rent konkret är det inte mycket som har förändrats sedan forskningen startade. I den första rapporten drogs också riktlinjerna för den nya ansatsen upp. Beslutsfattandet i tågtrafikledningen skulle ske genom styrning och operativ omplanering och principerna för utformning av gränssnitt mellan människa och maskin tog avstamp i de behov av mer information som analyserna hade visat fanns. I den andra större sammanfattningen av forskningen (Andersson, Sandblad, Tschirner & Jansson, 2015) ges en grundlig beskrivning av hur forskningen sedan bedrevs via analys och designfaser till prototyper och till sist till implementering av arbetsstationer där det nya konceptet kunde prövas och där den nya elektroniska grafen (STEG) var ett centralt verktyg. I det här avseendet har forskningen och utvecklingen tagit stora steg framåt – idag finns en tydlig idé och vision om hur framtidens tågtrafikledning ska se ut och fungera. Operativ omplanering har blivit en viktig del i det framtida arbetssättet, och en viktig hörnsten i NTL-projektets genomförande. En annan viktig bakgrund att utgå från vid läsningen av den här rapporten är Simon Tschirners avhandling (Tschirner, 2015), där tankarna om tågtrafikledning i form av omplanering utvecklades med hjälp av GMOC-modellen (engelsk förkortning för Goals, Models, Controllability & Observability, på svenska MMSO = Mål, Mental Modell, Styrbarhet & Observerbarhet).

Den vision av det framtida trafikledningsarbetet som presenterades i Gideon et al. (1999), och utvecklades och sammanfattades i Andersson et al. (2015, p.9), byggde på följande principer:

- Trafiken ska styras genom operativ omplanering i realtid. 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 ska följa.
- Den kontinuerligt uppdaterade realtidsplanen exekveras av automatiska system som inte tillåts ändra i planen. Exekveringen sker genom att planen läses nära realtid och överförs till tåglednings- och signalsystem. Detta fungerar så länge signalsäkerhetssystemet är intakt. Är det inte det så måste planen exekveras manuellt.
- 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 tidigt i forskningen initierade Trafikverket ett projekt som utvecklade STEG och införde en första enskild arbetsplats i Norrköping där STEG kunde prövas. En första preliminär utvärdering visade att systemet fungerade mycket väl. Därefter omvandlades STEG till ett system för flera användare och infördes i Bodens trafikledningsområde. STEG-systemet innehåller inte några mer avancerade beslutsstöd som kan ge automatiska stöd. Andersson et al. (2015) preciserade därför de delar som behövde utvecklas. Många av de delar som där presenterades var inte i första hand kopplade till STEG som beslutsstöd, utan till omkringliggande viktiga funktioner. De delar som hade bäring på förbättring av STEG var:

- En rad funktioner och detaljer i dagens STEG-gränssnitt behöver förbättras och förenklas.
- Stödfunktioner för rapportering av orsaker till avvikelser bör integreras och effektiviseras.

En rad förbättringsområden identifierades i omlandet kring STEG. Exempel på sådana förbättringar var att de ursprungliga trafikplanerna måste ha hög kvalitet, vara konfliktfria, sammanhängande och optimerade, att 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 och att förarna måste kunna förmedla information om sådant som kan påverka planeringen tillbaka till trafikledningen, att gränssnitt och stödfunktioner är integrerade och skräddarsydda för trafikinformatorerna.

I Andersson et al. (2015, p.11) konstaterades att följande rekommendationer vid införandet av STEG var viktiga för att NTL-projektet skulle 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.
- 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 bör man beakta den viktiga perioden 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 en helhet. Alla roller ska stödjas, t ex trafikledare, informatörer, samordnare/tågledare, ROL, NOL etc. Dessa roller behöver 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.

Som framgår av punkterna ovan har forskningen successivt ändrat karaktär. Från att ha fokuserat på brister i den operativa tågtrafikstyrningen, brister som bland annat handlade om kognitiv ergonomi och hur väl informationssystemen stödjer det operativa arbetet, har den kommit att alltmer handla om organisatoriska och verksamhetsmässiga aspekter. Inom ramen för UFTB-projektet har vi därför valt att utgå enbart från den första punkten ovan. Resterande punkter faller utanför projektets fokus, men är därför inte på något sätt oviktiga.

En identifierad brist i tidigare forskning är frånvaron av detaljerade beskrivningar av vad det tågtrafikledarna egentligen gör i sitt arbete. Det finns en mängd olika uppfattningar om vad arbetet går ut på, hur det utförs, och vad människans unika roll består av. Men det saknas mer detaljerade beskrivningar som kan utgöra förutsättningar för att ställa krav på utformningen av automationen, och för att hitta automationslösningar som stödjer människan där hon annars har brister. De beskrivningar som föreligger i ovan nämnda rapporter har i första hand fokuserat på verksamheten, särskilt den senare delen av forskningen. Men för att nå målet om ändamålsenliga beslutsstöd måste grundligare analyser av det kognitiva arbetet göras. I Andersson et al. (2015) presenterades tre ansatser som viktiga i arbetet:

- 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. (Andersson et al., 2015, p. 11).
- Modellen för beskrivning och analys av mänsklig styrning av komplexa dynamiska system, GMOC-modellen. Denna modell, som beskriver de nödvändiga villkoren för styrning (Mål, Mental Modell, Styrbarhet och Observerbarhet) hade utvecklats inom tidigare forskning. Den har senare kommit att vidareutvecklas inom detta och andra senare projekt. Med hjälp av GMOC-modellen kunde trafikledningens arbete med trafikstyrning beskrivas och analyseras i dessa termer. Brister i arbetssätt och i den teknik som skulle stödja arbetet kunde identifieras (Andersson et al., 2015, p. 11).
- 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 återförs sedan till planeringen av de fortsatta aktiviteterna (Andersson et al., 2015, p. 11).

## 4.2 Behovet av kompletterande analyser

Som konstateras i föregående avsnitt är det viktigt med ett etnografiskt perspektiv, särskilt när man har med människor att göra som arbetar i miljöer där det tar lång tid att uppbeta den erfarenhet som krävs för att man ska kunna fatta effektiva och rimliga beslut. Ett problem här är att den kunskap som de deltagande forskarna skaffade sig i de tidigaste studierna varken är väldokumenterad eller publicerad i någon större omfattning. Ett annat problem är att antalet medverkande personer inte var särskilt stort och inte heller är geografiskt representativt för Sveriges åtta trafikledningscentraler. I rapporten (Andersson et al., 2015, p 39-41) valde man att dessutom betrakta tågtrafikstyrning som ett system med slutna styrloopar eftersom motsatsen, öppen styrning, är omöjlig i ett system där det hela tiden uppstår störningar. Man är beroende av återkoppling. GMOC-modellen fungerar därför som en slags metafor för hur styrning och kontroll ska betraktas. Men problemet här är att GMOC-modellen endast ger ytliga förutsättningar eftersom de fyra elementen är mycket allmänna. Det behövs mer detaljerade beskrivningar av särskilt mål och modell för att de mänskliga förutsättningarna ska bli tydliga, och det gäller alldeles särskilt om lokförarnas arbete också ska ses som en del av samma system. Aktionsforskningsansatsen som nämns ovan användes dessutom aldrig till fullo – kvar blev uppgiften att dra slutsatser som andra kan lära av, samt att man inte hittade ett naturligt slut på forskningens ansvar. Här har vi identifierat behovet av alternativa metoder och en metodologisk pluralism för att belysa det mänskliga bidraget i tågtrafikstyrningen.

Vad behövs i form av ny forskning för att överbrygga skillnaderna mellan människor och maskiner, automation och algoritmer? Vilken ny kunskap måste tas fram? För att komma närmare svaren på de frågorna är det vår bedömning att ovan identifierade brister måste åtgärdas med mer forskning om hur tågtrafikledarna bär sig åt, vad de konkret gör, när de fattar beslut och gör bedömningar. Den övergripande frågan är: Vad är det trafikledarna gör som automationen inte klarar? Frågeställningarna nedan syftar till att besvara den frågan från olika perspektiv. De olika frågorna besvaras successivt i kommande kapitel.

## 4.3 Frågeställningar

- 1) Vilka olika ansatser för interaktion och samspel mellan människa och teknik finns redovisade i litteraturen, och vilken ansats är att föredra vid utformning av en verksamhet av den karaktär som den operativa tågtrafikledningen utgör?
- 2) Vilka olika modeller av mänskligt beslutsfattande finns redovisade i litteraturen och på vilket sätt är de relevanta för den operativa tågtrafikledningen?
- 3) Vilka metodologiska problem finns vid studier av beslutsfattande? Hur kan olika metoder för datainsamling komplettera varandra på ett bra sätt?
- 4) Vilka slutsatser kan dras från användningen av STEG utifrån fält- och lab-studier?
- 5) Hur ser en första sammanfattande modell över tågtrafikledares beslutsfattande ut?
- 6) Vilka nya forskningsansatser behövs för att ytterligare kartlägga tågtrafikledningens beslutsprocesser, och hur kan dessa stödjas med ändamålsenliga verksamhetsstöd?

## 5 Tågtrafikstyrning i Sverige: Ett sociotekniskt perspektiv

Här beskriver vi den ansats Sverige har valt när det gäller framtida kontrollstrategier för den operativa tågtrafikplaneringen. Med kontrollstrategier avses här de arbetsprocesser som utförs av den operativa personalen i tågtrafikledningen, samt hur dessa arbetsprocesser stöds med hjälp av tekniska system. Den operativa tågtrafikledningen betraktas här som ett sociotekniskt system. De kontrollstrategier som är under uppbyggnad konstateras utgå från en övergripande strategi: *omplanering i realtid, genom framförhållning och på trafiknivå* med en gemensam plan. Den nya övergripande kontrollstrategin ska förstås mot bakgrund av den situation som råder idag: omdirigering i realtid, genom exekvering, och på teknisknivå, utan en gemensam plan. Den ansats som är under uppbyggnad i Sverige är i vissa avseenden unik och det anses därför nödvändigt att särskilt motivera den mot bakgrund av att andra länder möjligen väljer andra lösningar. Nedan ges därför först en kort bakgrundsbeskrivning av tågtrafikplaneringen som den har kommit att utvecklas i Sverige de senaste femton åren, där Uppsala universitet har varit en aktiv part i utvecklingen av moderna trafikplaneringsverktyg som STEG, RTTP och AEF/PEF. Syftet med bakgrunden är att via en återblick påminna om de problem som arbetet med den nya kontrollstrategin tog sin avstamp i. Därefter ges en forskningsöversikt med syfte att placera in den svenska ansatsen i ett internationellt och vetenskapligt perspektiv. Fördelar och nackdelar med olika systemutvecklingsansatser diskuteras. Slutsatsen som dras är att den ansats Sverige har valt i väsentliga avseenden innebär att Sverige är ledande när det gäller utvecklingen av kontrollstrategier för operativ tågtrafikplanering. Det innebär dock inte att andra länder automatiskt väljer samma väg som Sverige. Syftet med kapitlet är att besvara frågan: Vilka olika ansatser för interaktion och samspel mellan människa och teknik finns redovisade i litteraturen, och vilken ansats är att föredra vid utformning av en verksamhet av den karaktär som den operativa tågtrafikledningen utgör?

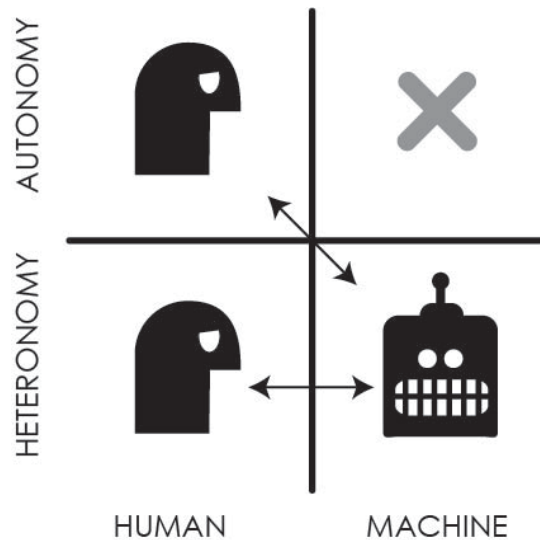
### 5.1 De senaste tjugo årens forskning om operativ tågtrafikstyrning

Förändringarna i trafikplanerarnas arbetsmiljö påbörjades i liten skala i slutet av 1990-talet. Några av de tidigaste insikterna var dels att fjärrtågklarare egentligen inte planerade tågtrafiken utan styrde tekniken i järnvägssystemet, samt dels att många av de arbetsuppgifter de arbetade med utfördes utan adekvat informationsstöd. Det senare ansågs som en brist då en kognitivt god arbetsmiljö anses vara en förutsättning för att kunna utföra ett effektivt arbete med hög kvalitet och stor precision. Brister i den kognitiva arbetsmiljön påverkade således planeringen av tågtrafik på ett negativt sätt. Mot bakgrund av den kunskap som redan då fanns om sambanden mellan god kognitiv arbetsmiljö och ökad effektivitet lades grunden till ett helt nytt sätt att styra tågtrafik i Sverige i form av den övergripande principen om omplanering i realtid, genom framförhållning, och på trafiknivå med en gemensam plan, och visualiseringar i form av prototyper som visade hur ett nytt arbetssätt skulle kunna se ut och fungera. Resultaten från de tidigaste analyserna visade följande (Andersson, Frej, Gideon & Hellström, 1997; Sandblad, Andersson, Frej & Gideon, 1997; Andersson, Sandblad & Nilsson, 1998; Sandblad, Andersson, Jonsson, Hellström, Lindström, Rudolf, Storck & Wahlborg, 2000):

- **Brist på översikt och separata informationssystem.** Trots tillgång till stora väggpaneler som visade tågrörelser i diskreta steg så arbetade fjärrtågklareraren den största delen av tiden i flera andra separata system som skilda från varandra inte tillgodosåg behovet av översikt. Trafikplanerarnas tänkta förändringar och korrigeringar kunde inte lätt utvärderas på förhand. Inlärningströskeln i sådana informationssystem är både hög och lång, det vill säga arbetet var svårt att lära sig och det tog lång tid att bli tillräckligt skicklig och säker för att få ansvar för ett eget trafikområde, vilket på sikt skulle innebära sårbarhet vid personalbyten.
- **Fokus på att hantera tekniken, inte trafiken.** Arbetet handlade mestadels om att styra trafiken genom att lägga tågvägar, ställa växlar och signaler, inte att planera trafiken. Den operativa omplaneringen och styrningen kom i skymundan när man var tvungen att koncentrera sig på egenskaper hos de tekniska delsystemen. En annan konsekvens av fokuset på tekniken istället för trafiken var att systemet för trafikstyrning och planering blev icke-transparent och svårt att förstå för utomstående.
- **Klara brister i observerbarhet.** Även för de som arbetade med systemen dagligen var det svårt att se och avgöra olika förlopp. Det exakta tillståndet för ett visst tåg var ibland svårt att avgöra. För att kunna beräkna förändringar och deras konsekvenser använde trafikplanerarna mycket tankekraft åt att integrera och lägga ihop information från olika delar av informationssystemen med information från andra delsystem. Detta gjordes kognitivt, alltså genom föreställningar, mentala simuleringar, genom att pröva olika lösningar osv. Det fanns endast mycket elementära strukturer i informationspresentationen som stöd för dessa svåra men nödvändiga övningar. Informationsmönstren var inte tillräckligt användbara för att man skulle kunna arbeta kognitivt enkelt och därmed mycket effektivare.
- **Brist på precision i data.** För noggranna diagnoser och exakta beräkningar krävs precision i de indata man arbetar med. Analyserna visade att det fanns brister även här. Tågens exakta positioner var inte möjliga att visualisera i realtid, vilket leder till tidsfördröjningar i form av överföring av information. Det är sedan tidigare känt att människor har svårt att hantera fördröjningar av olika slag eftersom de kräver kognitivt komplexa operationer.
- **Automatik som agerar självständigt bidrar till ökad komplexitet.** Redan för femton år sedan fanns beräkningsstöd i form av algoritmer som på automatisk nivå styrde vissa växlar och ställverk. Detta är inget konstigt, tvärtom en naturlig del av en allt högre nivå av automation inom järnvägen. Problemet bestod istället av att det ofta var omöjligt för en mänsklig operatör, en trafikplanerare, att förstå beteendet hos dessa beräkningsstöd. Automatiken inte bara valde spår, utan genomförde även åtgärden, exempelvis genom att ändra tågordning, utan att trafikplanerarna var medvetna om eller förstod konsekvensen av den implementation som gjordes. Konsekvenser av icke-transparent automation är ett av de problem som är svårast att lösa, och det leder ofta till ”turn-it-off”-syndromet (Balfe, Wilson, Sharples & Clarke, 2012).
- **Svårighet att identifiera störningar.** Informationssystemen visade klara brister när det gällde stöd till trafikplanerarna att i god tid upptäcka störningar. Detta får konsekvenser som i vissa fall skulle gå att undvika eller reducera effekterna av.

- **Tidsödande kommunikationsstrukturer.** Redan de första analyserna pekade på något som kommit att bli ett avsevärt viktigare problem med tiden, nämligen behovet av att se tågtrafikplaneringen och lokförarens genomförande av körorder enligt plan som delar av ett och samma sociotekniska system. Då, för femton år sedan var det fortfarande naturligt att analysera och förstå lokförarnas arbete som en separat uppgift, men idag ser vi behovet av en synkronisering inom ramarna för ett och samma sociotekniska system.
- **Brist på effektivt arbetsstöd när det som bäst behövs.** En av automationens svagheter är att det är svårt att skapa automationsstöd för just de situationer där den som bäst skulle behövas. Detta brukar kallas automationens ironi (Bainbridge, 1983), det vill säga det är relativt enkelt att beräkna och ge förslag till lösningar för de situationer där det även manuellt är möjligt att snabbt räkna fram olika lösningar. I de inledande analyserna var detta en av de mer uppmärksammade effekterna. När situationen i trafikplaneringen blev alltför svårhanterlig, exempelvis vid större driftsstörningar, gick man över till manuell styrning och sekventiella beslut.

Ovan beskrivna problem hör i ett vetenskapligt perspektiv hemma inom kognitiv ergonomi. Med denna kartläggning av bristerna som grund formulerades en ny kontrollstrategi för den operativa tågtrafikplaneringen (Kauppi 2006; Kauppi, Wikström, Sandblad & Andersson, 2006; Sandblad, Andersson, Kauppi & Wikström, 2007). I den nya kontrollstrategin gjorde man en tydlig skillnad mellan å ena sidan planering/omplanering via framförhållning, och å andra sidan exekvering genom styrkommandon. En viktig del av den nya kontrollstrategin var att principen ledning och styrning genom insikt och ”koll på läget” (eng. Management by Awareness) som kontrast till kontrollstrategier som bygger på en ofta outtalad princip om ledning och styrning genom hantering av undantag och avvikelser (eng. Management by Exception). Sammanfattningsvis kan sägas att principen om ledning och styrning genom insikt och ”koll på läget” bygger på ett filosofiskt ställningstagande att det är ett värde i sig att utforma och bygga sociotekniska system på ett sådant sätt att det alltid ska finnas en mänsklig agent som har det slutliga ansvaret. Men ansvar utan möjligheter till full insikt om händelseutvecklingen kan inte vara en rimlig utgångspunkt, och därför måste de tekniska stödsystemen utformas så att de i varje enskilt arbetsmoment ger möjlighet att enkelt hitta och använda den information som är nödvändig för att nå full insikt om händelseutvecklingen och möjligheten att återta kontrollen över situationen. Ett sätt att uttrycka detta är att beskriva människans och teknikens ömsesidiga förhållande via begreppen autonomi och heteronomi. Med en autonom beslutsprocess avses friheten att fatta vilket beslut som helst, exempelvis om situationen kräver extraordinära åtgärder, men också att man har det fulla ansvaret för de beslut man fattar. Med en heteronom beslutsprocess avses beslut som följer vissa regler, rutiner eller heuristiker, exempelvis vid rutinarbetsuppgifter och liknande. Sådana beslutsregler kan vara förprogrammerade och utföras av ett system, men kan också utföras av en mänsklig aktör. Figur 1 nedan beskriver ansvarsfördelningen bakom principen om ledning och styrning genom insikt och ”koll på läget”, där autonoma beslut reserveras för människan.



Figur 1. Illustration av autonoma och heteronoma beslutsprocesser hos människan som kontrast till enbart heteronoma beslutsprocesser hos maskiner och tekniska system. Dubbelriktad interaktion och kommunikation mellan människor och teknik sker i två former (Jansson, Stensson, Bodin, Axelsson & Tschirner, 2014).

Med dessa principer som utgångspunkt utformades den nya kontrollstrategin enligt följande:

- **Gå från styrning i form av kontrolluppgifter till planering i form av omplanering i realtid.** Genom att flytta fokus från absolut närtid till omplanering i ett tidigare skede blir det möjligt att planera trafik istället för att styra teknik.
- **Automatisk exekvering av en kontinuerligt uppdaterad trafikplan.** Genom att använda tillgänglig teknik för exekvering av planer kan fokus flyttas från styrning på låg nivå till planering på högre nivå.
- **Manuell exekvering när så behövs.** Ibland måste exekveringen ske manuellt, särskilt vid större driftsstörningar. I de lägena ska det vara enkelt för trafikplanerarna att ta över kontrollen från automatiken, så att inte läget förvärras.
- **Automatiska funktioner ska vara förutsägbara.** Automation ska inte förändra spår användning och tågorder automatiskt, utan någon form av kvittens och godkännande av en trafikplanerare.
- **Skapa kontinuerligt informationsutbyte mellan tågtrafikplanerare och lokförare.** För att trimma det sociotekniska systemets effektivitet måste det finnas en gemensam plan som är tydligt kommunicerad mellan de olika delarna av det sociotekniska systemet samt med järnvägsföretagens operativa ledning.

Med utgångspunkt i dessa övergripande principer skapades ett gränssnitt i form av en prototyp som syftade till att illustrera hur ett nytt sätt att arbeta skulle kunna se ut. Det nya gränssnittet blev tidigt synonymt med det nya arbetssättet. Gränssnittet (STEG) byggde på följande interaktionsprinciper:

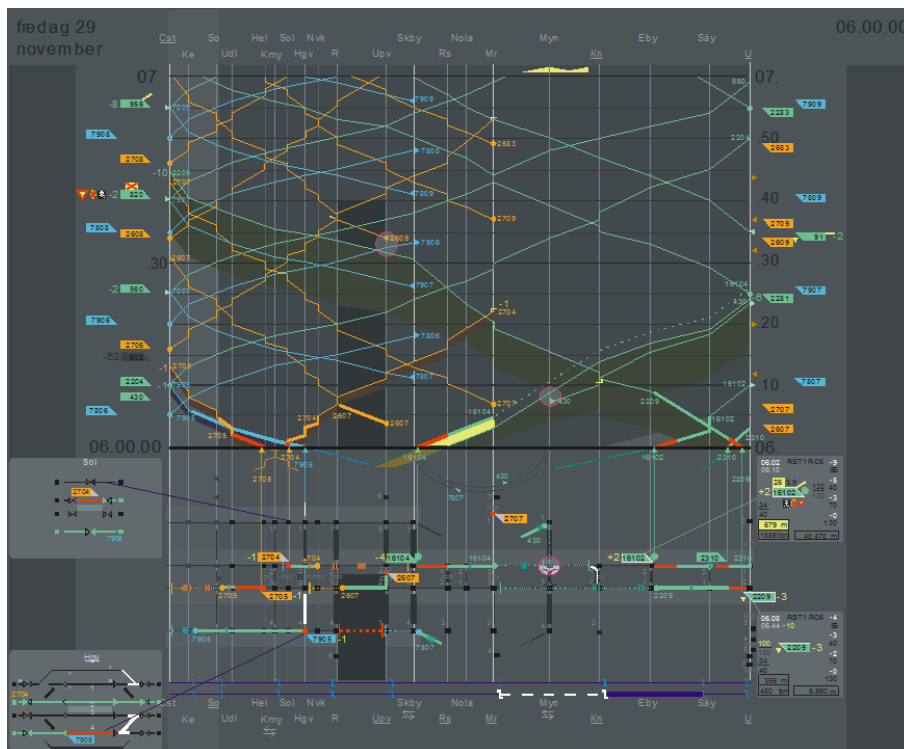
- **Stöd för planering/omplanering.** Genom att frigöra kognitiva resurser från behovet att hålla information från olika system i arbetsminnet samtidigt kan tågtrafikledare



ägna sig åt omplanering i realtid, det vill säga att alltid ligga ett steg före och separera beslut från åtgärd.

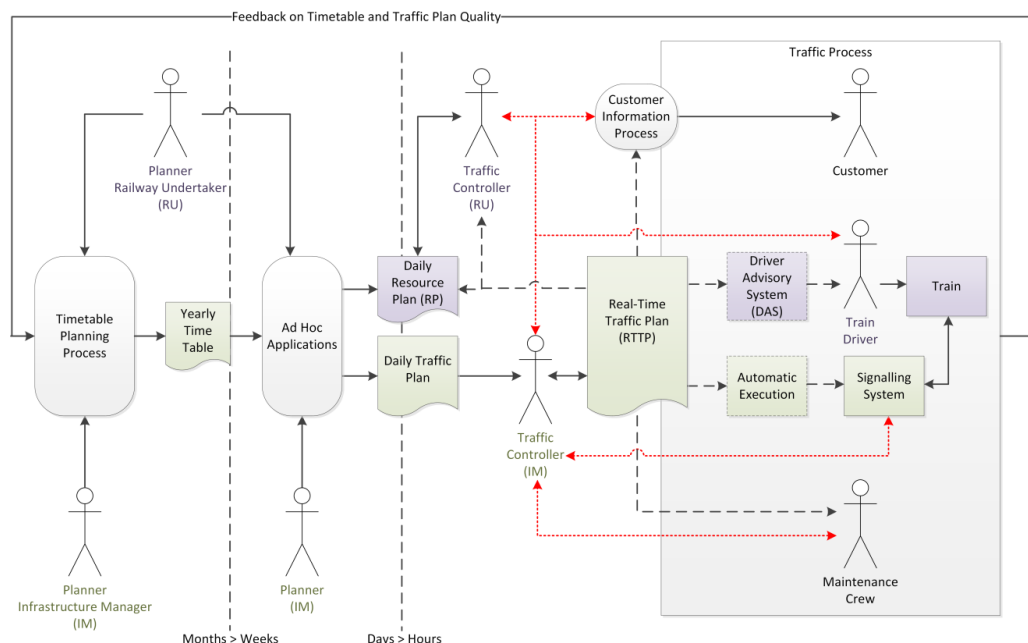
- **Presentation av dynamiska trafikdata.** Detta leder till att tågtrafikplaneraren alltid har möjlighet till full kontroll då den aktuella trafiksituationen finns tillgänglig momentant. Man kan enkelt ”se” situationen istället för att behöva avläsa den genom flera olika system. Det leder också till en förmodad högre situationsmedvetenhet, ett begrepp som är svårsmätbart, men fenomenologiskt i linje med vad som är önskvärt.
- **Tidig upptäckt av konflikter.** Genom visualiseringen av dynamiska trafikdata skapas möjlighet för att mycket tidigare än annars identifiera möjliga konflikter. En skicklig användare ges här möjligheten att träna ögat för sådana konflikter, samt även visualisera konflikterna och deras orsaker.
- **Visa på möjliga lösningar.** Möjligheten att kunna jobba interaktivt med gränssnittet genom direktmanipulering av grafen gör att man i omplaneringssituationen kan pröva olika lösningar och se hur de gestaltar sig. Det blir en omedelbar utvärdering av lösningsförslag.
- **Integrerad informationspresentation.** Genom att all information finns tillgänglig momentant och i samma vy reduceras översikts- och integreringsproblemen till mycket ringa eftersom det inte behövs någon navigation mellan olika system och delsystem
- **Mindre onödig kognitiv belastning.** Allt sammantaget ovan leder till en arbetsmiljö som möjliggör att den mänskliga delen av trafikstyrningssystemet kan arbeta effektivare med större precision och högre kvalitet.

Figur 2 nedan illustrerar en tidig version av det nya gränssnittet, den så kallade STEG-grafen.



Figur 2. STEG-grafen bygger på interaktionsprinciper från den formativa designansatsen.

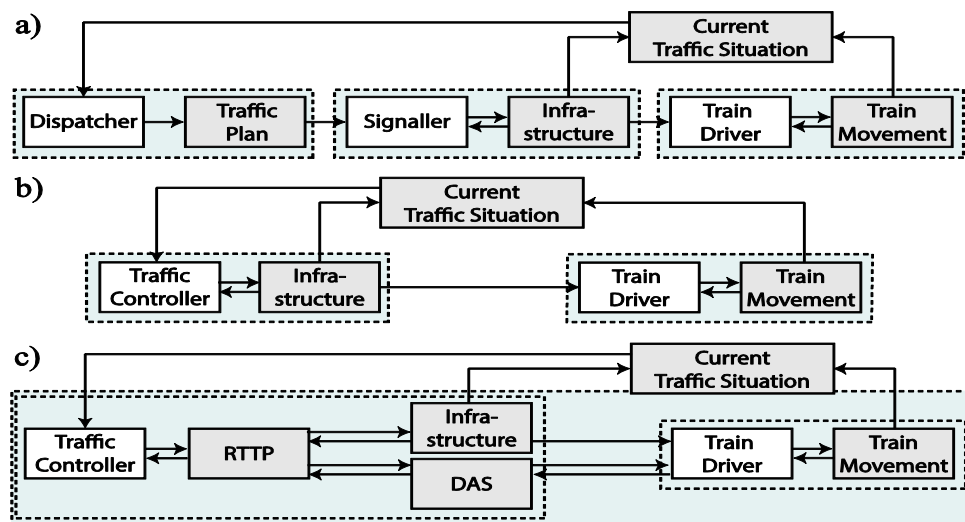
Tidigt nåddes en insikt om att tågtrafikplaneringen inte kunde betraktas isolerat från tågtrafiken. Lokförarna är de som till slut sätter planen i verket genom framförandet av lok och tåg på spåret. Det blev tydligt att det behövdes en gemensam plan för hela tågtrafiksystemet för att den fulla potentialen av det nya arbetssättet skulle kunna uppnås. Därför skapades parallellt med utvecklingen av STEG-grafen en idé om en trafikplan i realtid (RTTP). STEG-grafen är identisk med RTTP såtillvida att den förutsätter RTTP. Med RTTP som grund kunde man inte bara avgränsa det sociotekniska systemet utan också skapa mer realistiska planer för hur tidtabellplaneringsprocessen skulle kunna övergå i den dagliga trafikplanen som är tågtrafikledarens huvudsakliga underlag. Med denna som bas skapas en trafikplan i realtid som senare kan omvandlas till både Automatiska Exekverings Funktioner (AEF) inom tågledningssystemet och för lokförarens stödsystem. Figur 3 nedan illustrerar RTTP och dess centrala roll i det sociotekniska systemet. Framtida beslut i trafikledningen sker i ett mer integrerat sociotekniskt system än vad som idag är fallet (se Tschirner, Sandblad & Andersson, 2014, för en utförlig beskrivning av sambanden i det sociotekniska systemet).



Figur 3. En översiktlig bild över vilka delar som påverkas av framtidens beslut i tågtrafikplaneringen (Tschirner, Sandblad & Andersson, 2014; Tschirner, 2015).

Med STEG och RTTP som grund började konturerna för ett mer sammanhållet sociotekniskt system växa fram. Det blev alltmer tydligt att det fanns behov av att integrera lokförarna och deras arbete i det nya gemensamma synsättet och därmed i det sociotekniska systemet. Parallellt med forskningen om kontrollstrategier för tågtrafikplanering och ledning hade annan forskning om lokförarnas arbetsmiljö visat på motsvarande behov hos lokförarna (Jansson, Olsson & Lindberg, 1999; Jansson, Olsson & Kecklund, 2000; Kecklund, Olsson, Jansson, Kecklund, Ingre, 2003; Olsson, Kecklund, Ingre & Jansson, 2001; Jansson, Olsson & Kecklund (2005); Olsson & Jansson (2005)). Den forskningen hade tydligt visat att lokförarna körde i ett informationsvakuum, vilket fick som konsekvens bland annat att man kunde konstatera två olika körstilar hos lokförarna. En grupp av förare ville köra proaktivt och

planera körningen efter ändamål som rättidighet, energieffektivitet och komfort men bristen på information gjorde sådana ansträngningar överflödiga eftersom nödvändigt informationsstöd saknades. En annan grupp av förare körde mer reaktivt och utförde sin arbetsuppgift inom ramen för vad som var möjligt med nuvarande informationssystem. Vid den tidpunkten när resultaten från forskningen om lokförarnas arbetsmiljö var klar stod det också klart att man inte skulle nå längre vad gäller tillämpning av forskningsresultaten. Synen på hur tågtrafikstyrning och lokföring ska sättas samman till ett gemensamt sociotekniskt system varierar mellan länder. Figur 4 nedan illustrerar några av de olika varianter av sociotekniska system som finns i andra länder (a), i Sverige idag (b), och i Sverige i en tänkt framtid (c).



Figur 4. Kontrollstrategier i olika typer av tågtrafikkontrollsystem: a) beskriver situationen där det finns en uppdelning mellan tågtrafikplanerare och signalerare; b) beskriver den nuvarande situationen i Sverige med en tågtrafikledare som arbetar med all tågtrafikkontroll; och c) beskriver den framtida situationen i Sverige med en gemensam plan som delas av alla inblandade parter, och där en del av realiseringen av planen sköts automatiskt. Det är också den enda variant där lokföraren är integrerad som en del av det kompletta sociotekniska systemet (Tschirner et al., 2014; Andersson et al., 2015).

När man utvecklar beslutsstödsystem eller andra former av IT-system som ska fungera som verktyg för att utföra arbetsuppgifter i olika sociotekniska system så finns det olika vetenskapliga ansatser. Nedan kommer några olika sådana att presenteras och diskuteras, i tur och ordning den normativa, den deskriptiva och den formativa ansatsen. Nedanstående uppdelning är hämtad från Vicente (1999), men bygger i grunden på observationer och ansatser föreslagna av Rasmussen (1983, 1986; Rasmussen, Pejtersen & Goodstein, 1994). Inom ramen för den formativa ansatsen beskrivs också den ansats som utvecklats av Uppsala universitet, vars vetenskapliga hemvist hämtat inspiration från Brehmer (1992).

## 5.2 Den svenska ansatsen ur ett internationellt vetenskapligt perspektiv

### 5.2.1 Den normativa ansatsen

Vid en normativ ansats låter man tekniken vara själva utgångspunkten för vad som ska utvecklas och införas som arbetsstöd. Ett bra exempel på ett system som utvecklats med en normativ ansats är det stödsystem som utvecklats för överföring av information från ATC-systemet till lokföraren i hytten. ATC-systemet är i grunden tänkt som säkerhetssystem. Det

var inte förrän efter järnvägen och loken utrustats med ATC som man insåg att man också behövde ha ett gränssnitt som informerade föraren om kommande hastighetsnedsättningar. Gränssnittet för överföring av ATC-information är därför det enklast möjliga och förser föraren med information om kommande hastighetsprofiler.

Grundtanken i den normativa ansatsen är att man låter tekniska funktioner ta hand om uppgifter som av olika skäl och med olika argument kan centraliseras, automatiseras och digitaliseras. Skälet är ofta kostnadseffektivitet eller säkerhet i form av pålitlighet – till skillnad från maskiner vill människor ha variation i utförande av olika uppgifter. Större variation kan betyda att effektivitet och precision påverkas negativt. Ett exempel på ett system där man vill undvika att mänskliga operatörer griper in är vid snabbstopp av en kärnkraftsreaktor. Vid ett sådant snabbstopp får inte personalen ingripa förrän efter en viss tid. Eftersom den här uppgiften kan skötas som ett slutet system så är säkerheten högre utan mänskliga ingrepp och åtgärder. Den *instrumentella effektiviteten* hos ett tekniskt system, ofta precision, pålitlighet, snabbhet och liknande egenskaper, är ofta högre och större än hos en mänsklig operatör. Men det är inte alla arbetsuppgifter och system som passar för en normativ ansats. Om exempelvis människor av nödvändighet måste ingripa i ett visst system så kan man inte längre tala om ett slutet tekniskt system över vilket man kan ha full kontroll. Om en mänsklig operatör måste ingripa talar man därför istället om ett öppet tekniskt system, eller socio-tekniska system, där mänskliga aktörer matar in informationen in i systemet, men även tar emot och förväntas förstå den information som systemet lämnar ifrån sig. Sådan manuell interaktion är ibland nödvändig för att upprätthålla systemets *ändamålsenlighet*.

Om man ändå även för ett öppet sociotekniskt system väljer en normativ ansats vid systemutveckling, måste man på något sätt systematisera den del som innehåller kommunikation mellan människor och det tekniska systemet. Detta görs med oftast hjälp av instruktioner. Instruktionerna skapas i syfte att få människorna i systemet att agera så maskinlikt som möjligt för att reducera problemen som handlar om kommunikation kring indata och utdata. Instruktioner som bas för mänsklig interaktion med olika typer av system är idag den absolut vanligaste formen av dialoger. Det kan dock ske på väldigt många olika sätt. Vanligtvis delar man in instruktionerna i exakta respektive fria instruktioner. Ett exempel på exakta instruktioner är när en lokförare råkat passera röd signal. Hen ska då tillsammans med tågtrafikledningen följa en på förhand noga planerad procedur för vad som ska göras och i vilken ordning. Överlämning av kontroll mellan styrman och kapten på en brygga på en höghastighetsfärja är ett annat exempel på instruktioner av den exakta typen. Instruktioner av den fria typen anger istället vilket tillstånd eller mål som måste uppnås och även inom vilken tidsrymd. I den här formen av instruktioner är det upp till den enskilda operatören att avgöra hur hen bäst når målet eller tillståndet. Inom tågtrafikplaneringen finns exempel på båda dessa former av instruktioner, men den idag vanligare formen är den fria formen. Något annat skulle förmodligen vara omöjligt i ett så pass komplicerat sociotekniskt system, men det är också orsaken till att man kan observera stor variation i lösningar hos tågtrafikledarna.

Det är sedan länge känt inom människa-datorinteraktion och liknande ämnen att det inte räcker med att basera utvecklingen av sociotekniska system på en så kallad normativ ansats om man vill skapa tekniska system som kännetecknas av användbarhet och som därmed utgör

effektiva arbetsverktyg. Oavsett vilken form av instruktioner som används uppstår situationer som ingen på förhand har kunnat förutse eller än mindre kan planera för. I de situationerna måste operatörerna inse det befintliga systemets gränser, och istället arbeta med att finna ad hoc-lösningar, det vill säga lösningar som det inte finns förberedda planer för. Från tågtrafikledningen finns otaliga exempel på detta, men det är lika vanligt i många andra typer av system. Många av de systemfel som brukar omnämnas som ”orsakade av den mänskliga faktorn” är av den här typen – när systemen inte fungerar, eller fungerar undermåligt, så kan det lätt bli felgrepp eller andra mer eller mindre allvarliga incidenter eller olyckor. Orsaken är oftast inte den ytligt sett utlösande faktorn (den mänskliga operatören) utan står istället att finna i latent systemfel som det varit svårt eller omöjligt att på förhand förebygga. Det franska passagerarplanet som störtade i Atlanten 2009 är ett exempel på en olycka av det här slaget. Inom järnvägen har man skapat en teknisk barriär i form ett ATC-system som fångar upp många av de brister som skulle kunna finnas i människa-systeminteraktionen.

Ett annat problem med den normativa ansatsen är att den tenderar att marginalisera de mänskliga operatörerna genom att enkla rutinarbetsuppgifter automatiseras och digitaliseras. Det medför bland annat att det blir allt svårare för den mänskliga aktören att upprätthålla kompetens om olika systemsamband och systemtillstånd. Detta är inget problem så länge allt flyter som det ska, men när det krävs manuella insatser för att återta kontrollen eller införa åtgärder som är av mer ovanlig natur, så kan nödvändig kunskap gå förlorad om man inte i vardagliga handlingar får träna på eller interagera med systemet på olika sätt.

### *5.2.2 Den deskriptiva ansatsen*

Den deskriptiva ansatsen kan ses som en reaktion på de problem som är associerade med den normativa ansatsen och som beskrivits ovan. Här börjar man inte med vad som är möjligt att rationalisera eller automatisera rent tekniskt, utan med vilka delar av verksamheten som skulle behöva tekniskt stöd och på vilket sätt. Exempel på arbetsuppgifter som på detta sätt identifieras som möjliga att rationalisera är rutinarbetsmoment som är så monotona att de riskerar skapa överansträngning om de utförs manuellt, eller att det redan finns information tillgänglig som borde kunna överföras från ett system till ett annat utan att man blandar in mänsklig hantering. Ett exempel på det senare är den inmatning av data om tåget som föraren själv ska komma ihåg att mata in i ATC-systemet för att få korrekt bromsverkan. Här skulle man kunna tänka sig att verifiering eller kvittering av förberedda data görs av lokföraren, men att själva inställningen eller konfigureringen av tågets indata gör automatiskt. En annan utgångspunkt för den deskriptiva ansatsen är att man i många sammanhang kan konstatera att tekniska system som bygger på en normativ ansats med vidhängande instruktioner inte alls används på det sätt som det är tänkt. Paradexemplet här är olika former av larmsystem som ursprungligen är tänkta att användas för att varna eller ta över från den mänskliga aktören. Många sådana larmsystem används på helt andra sätt än vad de är avsedda för. Ett exempel är ATC-systemets larmsystem för att föraren kör för fort. Att ”köra på pipet” har blivit ett sätt för lokförarna att hålla sig så nära gränsen som möjligt för att på så sätt tjäna tid. De har lärt sig att använda ATC-systemet som ett stödsystem istället för ett system de tar instruktioner av. Den här typen av ”work-arounds” är mycket vanligare än vad man föreställer sig, och i sig ett tecken på att systemdesignen inte är tillräckligt bra. En idé inom den deskriptiva ansatsen

är därför att låta verklighetens användning påverka systemutvecklingen genom att man via noggranna analyser av hur tekniken används arbetar in existerande arbetssätt eftersom dessa är utprovade av domänexperterna under lång tid.

Den deskriptiva ansatsen kan sägas vara en något av en skandinavisk tradition, med rötter i den skandinaviska funktionalismen och brukarkulturen. Här finns tro på att det är experterna på själva arbetet som bäst vet hur ett arbetsverktyg ska vara utformat för att det ska bli det mest effektiva arbetssättet. Man riskerar att missa en mängd väsentlig information om man inte tar hänsyn till det faktiska arbetssättet. Ofta kombineras den här ansatsen om användar- eller deltagarstyrd design med metoder för prototyp tillverkning och scenariobeskrivningar. Resultatet blir ett verktyg som utarbetats efter befintligt arbetssätt, vilket både har för- och nackdelar. Utveckling av sociotekniska system för professionella användare är något helt annorlunda än utveckling av produkter för sällananvändare, och den deskriptiva ansatsen ger stöd för att fånga många av de krav som experter med all rätt ska ställa på nya system.

Inom människa-datorinteraktion är det väl känt att den deskriptiva ansatsen är både nödvändig och viktig. Sett över en längre tidsperiod har utvecklingen inom många tillämpningsområden gått mot allt mer av användartester, deltagande design, fokusgrupper, användarcentrerad design mm. Det betyder dock inte att den deskriptiva ansatsen ger svaret på alla frågor. Ett problem är fenomenet med så kallade ”asfalterade kostigar”. Ny teknik kan innebära nya sätt att arbeta som leder till ett effektivare resultat, om den nya tekniken tas i bruk på ett sådant sätt att potentialen med den nya tekniken utnyttjas väl. Den potentialen riskerar man missa om man med ett deskriptivt angreppssätt håller sig alltför hårt till nuvarande arbetssätt. Det här är också skälet till varför förändring av arbetsverktyg i form av systemförändringar inte bara är en fråga om kommunikation och interaktion mellan en eller få individer och ett system. Det är i högsta grad en fråga om potentiella och kanske nödvändiga organisationsförändringar som konsekvens av att arbetet organiseras annorlunda med hjälp av tekniska innovationer. Ett annat problem med den deskriptiva ansatsen är att det kan finnas motstånd mot att organisera arbetet annorlunda som har andra bevekelsegrunder, exempelvis att den nya tekniken riskerar resultera i färre anställda. Här finns en klassisk konflikt som det deskriptiva angreppssättet inte är lösningen på.

Ett tredje problem med den deskriptiva ansatsen är det så kallade ”gisslan-fenomenet”, det vill säga de brukare och användare som varit med som bollplank och kravställare på den nya tekniken utifrån befintligt arbetssätt kan hamna i en position och roll där de börjar försvara det hittills framitererade systemet. Nya grupper av användare som testpersoner kan mycket väl tänkas vilja ha andra lösningar. Ett fjärde begränsning med ansatsen är att grundligare och teoretiskt grundade kognitiva arbetsanalyser kan få stå tillbaka för subjektiva och ytliga omdömen om vad som verkar fungera eller ser bra ut rent estetiskt.

### *5.2.3 Den formativa ansatsen*

Såväl den normativa som den deskriptiva ansatsen kan sägas bygga på ett ”bottom-up”-perspektiv. I det normativa fallet utgår man från teknikens funktioner och man ställer sig då frågan: Hur kan vi dra nytta av dessa nya tekniska funktioner i det dagliga arbetet? I det deskriptiva fallet utgår man från det befintliga arbetssättet och ställer sig frågan: Hur kan vi få

hjälp med att automatisera eller datorisera de här arbetsmomenten? I båda fallen saknas den centrala frågan om hur tekniken ska utnyttjas relativt centrala och övergripande värdefunktioner för den verksamhet som ska stödjas. Här är det viktigt att skilja mellan ändamålsenlig teknik och teknik för instrumentell effektivitet. Ändamålsenligheten syftar till att nå övergripande värdefunktioner som produktivitet, säkerhet, pålitlighet, god hälsa eller varför inte rent nöje. Sådana värdefunktioner kan sammanfattas som övergripande *mål* med verksamheten. Den instrumentella effektiviteten är däremot inriktad mot *medel* som leder till att verksamheten kan nå sina mål. Den instrumentella effektiviteten utvärderas inte i relation till verksamhetens övergripande mål, utan fokuserar på medlens verkningsgrad, exempelvis snabbhet, precision, spridning, men också på hanteringen av medlen, exempelvis enkelhet. Den normativa ansatsen är hårt knuten till den instrumentella effektiviteten och det är därför inte alltid lätt att räkna hem investering i ny teknik med målet att den också ska leverera värde på nivån för ändamålsenlighet. I vissa fall är kopplingen självklar och enkel, men i många fall saknas den helt. Inom den deskriptiva ansatsen finns en stor spridning mellan de aktörer som har den mest visionära uppfattningen om hur verksamheten bäst kan utvecklas med hjälp av ny teknik och de aktörer som föredrar en långsam anpassning av verksamheten och där ofta det befintliga arbetssättet ses som det mest naturliga.

Den formativa ansatsen utgör istället ett ”top-down”-perspektiv. Två aspekter är centrala i den formativa ansatsen: de verksamhetsövergripande målen och hur dessa internaliseras hos de enskilda medarbetarna och sedan operationaliseras och successivt konkretiseras ner till varje enskilt arbetsmoment där målen övergår i handling, oftast via interaktion eller kommunikation med ett tekniskt system; samt den informationsmiljö som utgör en naturlig avgränsning i form av ett sociotekniskt system, och som innehåller ett antal begränsande restriktioner och villkor (på engelska constraints) som på ett avgörande sätt påverkar vilka handlingar och beteenden som är möjliga i varje given situation. Varje individ som arbetar i det sociotekniska systemet organiserar sin förståelse av hela eller delar av systemet med dess villkorade handlingsalternativ i form av mentala modeller. Denna förståelse utgör grunden för den insikt om olika tillstånd som kan uppkomma och vad som då är bästa handlingsalternativet. Nedan beskrivs två olika formativa ansatser: dels CWA (Cognitive Work Analysis, Vicente 1999) som är den internationellt mest kända formativa ansatsen; och dels GMOC (Goals, Models, Observability & Controllability) som är den modell över arbetets särart som utgjort grund för Uppsala-forskningens bidrag.

### **5.2.3.1 Cognitive Work Analysis (CWA)**

CWA bygger på idén att om man analyserar arbetet inom ramen för ett sociotekniskt system tillräckligt väl så kommer utformningen av de systemstöd som behövs för att uppnå de verksamhetsövergripande målen framstå som mer eller mindre självklar. Detta beror på att man identifierat de olika begränsningar och villkor under vilket arbetet kan och måste utföras, resten kan överlämnas åt de enskilda aktörer som arbetar med systemet att på egen hand variera och utforska arbetsdomänen med tillhörande tekniska system. Detta är förstås en idealiserad bild av hur systemutveckling och systemanvändning går till i praktiken, men poängen är att analyser av ett visst sociotekniskt system ska göras i en viss hierarkisk ordning, och att frihetsgraderna för systemutformning successivt minskar i takt med att resultatet av

analyserna blir klara. En CWA görs i fem analysnivåer: arbetsdomänanalys, uppgiftsanalys, strategianalys, analys av roller och ansvar inom ramen för verksamhet/organisation, samt en analys av de enskilda medarbetarnas sätt att arbeta och förstå sin arbetsuppgift.

Till skillnad från de flesta systemutvecklingsmodeller som utgår från arbetsuppgiften som det centrala objektet för analyser påbörjas en CWA-analys istället med en arbetsdomänanalys – såväl normativa som deskriptiva ansatser startar med arbetsuppgiften, medan den formativa ansatsen syftar till analys av arbetsdomänens totala informationsmiljö. Ett första problem man ställs inför i en denna första fas är att avgränsa arbetsdomänen på lämpligt sätt. Detta är ofta en betydligt svårare uppgift än man föreställer sig. Samtidigt är detta den viktigaste delen av CWA – det är här grunden läggs genom att man bygger en miljö som ska utgöra förutsättning för översikt över det sociotekniska systemets informationsmiljö. STEG-grafen i Figur 2 är ett bra exempel på ett systemstöd som utvecklats med den totala arbetsdomänen som grund för utformningen. STEG är dock inte explicit utvecklad med hjälp av CWA. Nedan beskrivs likheten mellan CWA och GMOC och varför den slutliga utformningen av gränssnittet av STEG bygger på en formativ ansats. Den information som identifieras i första fasen av CWA svarar på frågan *varför* viss information måste finnas tillgänglig. Implikationerna av denna första fas är att man identifierar sådan information som gör det möjligt att avgöra vilka sensorer, givare, databaser och modeller man ska använda för att få fram den information som är nödvändig.

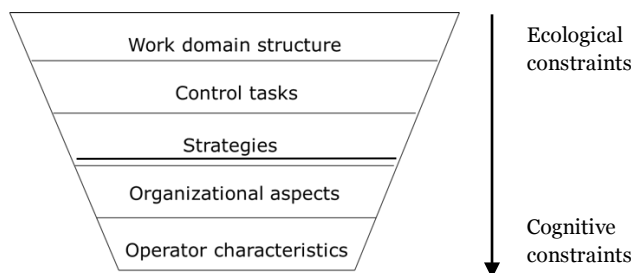
Nästa steg i CWA är uppgiftsanalys, och här arbetar man med att identifiera befintliga arbetssätt för att besvara frågan *vad* som utförs i form av olika arbetsmoment inom ramen för det sociotekniska systemet. Vad som utförs avgör vilken information som måste finnas i specifika arbetsmoment. Eftersom ett och samma arbetsmoment kan utföras på olika sätt beroende på hur erfaren en viss person är samt om uppgiften är av rutinarbetskaraktär eller inte så används analysverktyg som medger att olika former av ”work-arounds” och andra hos operatörer mer eller mindre automatiserade arbetssätt kan identifieras. Den information som framkommer i de här analyserna ger underlag för vilka procedurer, vilken automation och vilka kontextspecifika gränssnitt som bör utformas och utvecklas.

Tredje steget i CWA består av strategianalys, och här arbetar man med att identifiera befintliga arbetssätt för att besvara frågan *hur* olika arbetsuppgifter kan utföras inom ramen för det sociotekniska systemet. Det är väl känt att operatörers strategier varierar beroende på arbetsbelastning, tidspress och andra faktorer. En idé inom CWA är dock att strategier *inte* är kopplade till individers sätt att hantera uppgifter, utan de ses som svar på de begränsningar miljön utövar på de enskilda arbetsuppgifternas genomförande. Ett exempel här är lokförarens inbromsning inför en kommande plattform: inbromsningsstrategierna varierar beroende på omständigheter som lövhalka, bromssystem och tågtyp. Även om uppgiften är densamma från dag till dag med olika tåg så är genomförandet av uppgiften olika beroende på situations-specifika villkor kopplade till den fysiska miljön och tågtyper. Den information som identifieras i detta steg i CWA används för att bestämma dialoger, interaktionssätt (på engelska ”mode”) samt process eller informationsflöden.



De tre första nivåerna i CWA är alltså oberoende av individerna i det sociotekniska systemet. Enligt CWA-sättet att bedriva systemutveckling spelar det alltså ingen roll om tågtrafikledaren eller lokföraren heter Andersson, Pettersson eller Lundström – det sociotekniska systemet i form av en arbetsdomän, arbetsuppgifter i form av olika arbetsmoment, men även strategierna som krävs för att utföra enskilda arbetsmoment från gång till annan är oberoende av individerna. Det är istället miljön som formar de beteenden som är nödvändiga för att utföra arbetet. I fas fyra analyseras konsekvenserna av analyserna från fas ett till tre med avseende på hur roller, ansvar och organisatoriska strukturer ska se ut. Här kan man se en koppling till det pågående arbetet med NTL och organisationen av övervakning av den nationella och regionala tågtrafiken. I femte fasen skapar man, om möjligt, förutsättningar för anpassningar till den enskilda aktörens speciella behov och expertis. Detta kan ske genom att man identifierar information som gör viss gränssnitts Anpassning eller anpassning av arbetsstationer till individuella förutsättningar möjlig. I den här fasen bestämmer man också vilka kompetensprofiler, vilka urvalskriterier och vilken utbildning och återkommande träning i form av kompetenshöjande åtgärder som är nödvändiga givet resultatet i tidigare analysfaser.

Den formativa ansatsen som den kommer till uttryck i CWA är delvis motstridig de ansatser som bygger på användarcentrerad utveckling med hjälp av exempelvis scenarioutveckling och prototyp användning. Det som då avses är att man inte ska bygga system baserat på subjektiva ansatser som den användarcentrerade utvecklingen är ett uttryck för, utan istället identifiera de mer objektiva begränsningar som finns i den fysiska respektive den digitala systemmiljön. Vicente (1999) är dock tydlig med att det finns ett bestående och viktigt värde i den deskriptiva ansatsen, och då särskilt i de inledande faserna. Dessutom är det så att alla analyser i fas ett till tre bygger på indata i form av data från metoder som alltid involverar användare på ett eller annat sätt. De olika verktyg som används i de olika faserna utnyttjas till att strukturera indata enligt de syften som varje fas har i CWA. Figur 5 nedan visar de fem olika faserna i CWA.

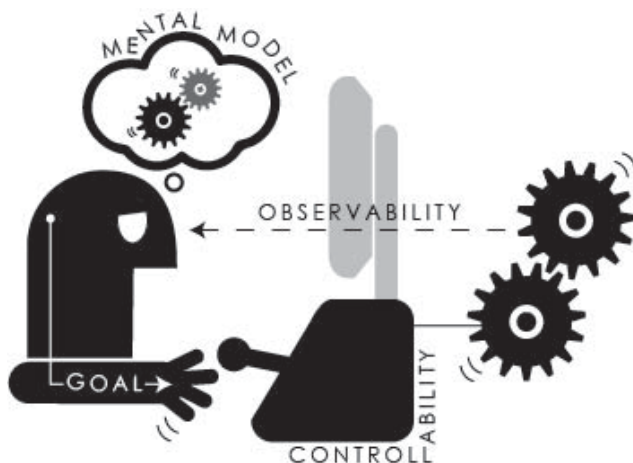


Figur 5. CWA består av fem nivåer av analyser. Man börjar alltid med den översta, arbetsdomänen. Frihetsgraderna i vad som går att påverka minskar för varje nivå. De fysiska begränsningarna påverkar mest, de individuella skillnaderna minst. De tre översta nivåerna är oberoende av individer.

### 5.2.3.2 GMOC

GMOC är den speciella systemutvecklingsfilosofi och modell som har använts av Uppsala universitet vid utformning av kontrollstrategierna för den framtida tågtrafikplaneringen. Figur 6 nedan illustrerar de olika komponenterna i GMOC. Mål och mental modell är egenskaper hos den mänskliga aktören, teamet eller organisationen. Observerbarhet och kontrollerbarhet är egenskaper hos det tekniska systemet. Sammantaget utgör GMOC en modell över

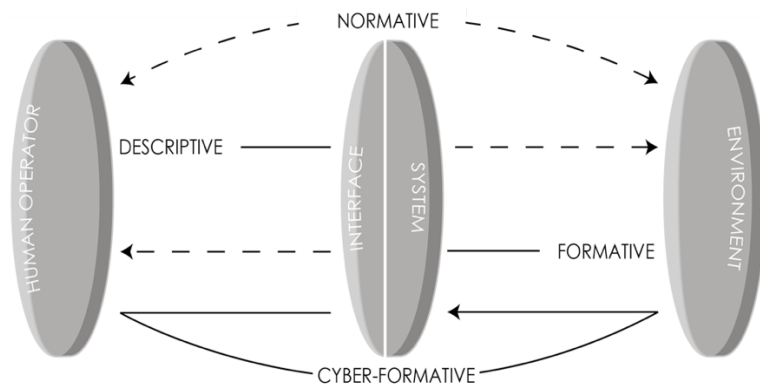
människa-systeminteraktionen i en arbetssituation. Genom att förändra observerbarheten och kontrollmöjligheterna studeras effekterna av detta på aktörens eller aktörernas förståelse (mentala modeller) eller måluppfyllelse. I verkligheten råder en ständig interaktion mellan mål och förståelse (Jansson, 1999), vilket medför att förändringar i ett gränssnitt också får sido- och bieffekter på både förståelse och möjlig måluppfyllelse. Men som huvudsaklig arbetshypotes gäller att man studerar konsekvenserna av existerande observerbarhet och kontrollmöjligheter i form av påverkan på mentala modeller och måluppfyllelse. Vid förändring av gränssnitt och systeminteraktion studeras konsekvenserna av den förändrade observerbarheten och kontrollmöjligheterna på aktörernas mentala modeller och måluppfyllelse.



Figur 6. GMOC består av fyra delar: Mål och mental modell är egenskaper hos den mänskliga operatören, teamet eller organisationen. Observerbarhet och kontrollerbarhet är egenskaper hos det tekniska systemet. Sammantaget utgör GMOC en modell över människa-systeminteraktionen i en arbetssituation. Notera att Mål även omfattar verksamhetsmål, inte bara aktörens egna mål.

GMOC bygger på insikter inom psykologisk forskning om människors möjligheter att fatta beslut i komplexa och dynamiska system (Brehmer 1992). Dynamiskt beslutsfattande bygger på ett cybernetiskt förhållningssätt till beslutsuppgiften – människor som fattar beslut i systemmiljöer av den typ som tågtrafikplaneringen utgör genererar sina egna stimuli, vilket betyder att man måste studera beslutsfattande i form av feedback-loopar, vilket i sig leder till insikten att beslutsproblem av den typen är mer att betrakta som handlingsregleringsproblem som lämpligast utvärderas i form av grad av kontroll. Mål och modell är centrala egenskaper.

Till skillnad från CWA, där det är den implicita förståelsen av begränsningarna i miljön anses forma beteendet, så betonas i GMOC istället måluppfyllelsen som det som formar beteendet. Eftersom mål och mental modell, eller mål och förståelse, är intimt sammanflätade i GMOC så är skillnaderna mellan CWA och GMOC mer en fråga om nyansskillnader än motstridiga ansatser. Figur 7 visar en schematisk beskrivning av de olika ansatser som diskuterats ovan.



Figur 7. En figur som beskriver de olika systemutvecklingsfilosofier som utgör utgångspunkten för olika sätt att se på vad tekniken har för roll. GMOC är en cyber-formative modell eftersom den söker finna vad de olika villkoren är för styrning, samtidigt som den betonar användarnas och experternas kunskap som grund för hur man kan ta reda på vilka dessa villkor för styrning är.

#### 5.2.4 Distribuerad kognition – ett alternativ till slutna styrloopar

I ett viktigt avseende har dock GMOC en klar begränsning: ansatsen vilar på reglerteknisk grund. Det är viktigt att förstå att beslutsfattande när det betraktas som ett sätt för individer att uppnå och upprätthålla kontroll endast ska förstås som en övergripande metafor, att metaforen inte ska överdrivas med referenser till hur reglertekniska system fungerar i detalj. I Andersson et al., (2015) föreslås att tågtrafiksystemet som helhet ska betraktas som ett enda system med slutna styrloopar, referensvärden och återkoppling i form av information om avvikelser. I det systemet ingår även alla de individer som behövs för att nödvändiga beslut ska tas. Den gemensamma planen betraktas som styrande för hur olika individer i systemet ska agera. Men det enda som är gemensamt för alla aktörer är mål på väldigt övergripande nivå, exempelvis säkerhet för olika kategorier av människor, rättidighet, eller energieffektivitet. Även om tågtrafiksystemet bryts ned i delsystem så är det mindre lämpligt att beskriva och förstå de enskilda aktörernas beslut och bedömningar som del av ett enda system med slutna styrloopar. När en tågtrafikledare baserat på sin erfarenhet lägger en tågväg för ett visst tåg innan lokföraren hinner ringa, eller när en lokförare kör in tid där han vet att det är möjligt, så gör de det utan referens till en gemensam plan – de vet vilket mål som gäller och agerar på grundval av detta. Besluten och bedömningarna finns hos individerna, referensen till något gemensamt system med en viss styrloop är mest ett sätt för utomstående att förstå vad som pågår. För att bättre förstå vad det är som styr händelserna som äger rum i tågtrafiksystemet behöver man alltså veta mer om vad det är som formar besluten och bedömningarna i praktiken. Mänskliga beslut och bedömningar formas på detaljnivå på annat sätt än av gemensamma planer. Därför behövs kunskap och studier av beslut och bedömningar hos individer, vilket vi återkommer till i nästa kapitel. Men det behövs även kunskap om beslut i distribuerade kognitiva system (Hollan, Hutchins & Kirsh, 2000). För det senare syftet hänvisar vi till DIALOG-projektet som arbetar efter en kognitivt etnografisk metodik (Hutchins, 1995, se även nästa avsnitt). Andreasson, Lindblom och Thorvald (2017) har exempelvis använt sig av avbrott (störningar) som studieobjekt för att förstå hur hantering av avvikelser kan se ut i ett distribuerat kognitivt system. Detta kan utgöra en lämplig grund för att beskriva aktiviteterna i tågtrafiksystemet som helhet.

#### *5.2.4.1 Slutsats – den svenska ansatsen i ett internationellt perspektiv*

Sammantaget kan man konstatera att den formativa ansatsen som den kommer till uttryck i CWA idag är den dominerande systemutvecklingsfilosofin i ett internationellt perspektiv, åtminstone om man ser till forskningsfronten. Sedan publiceringen av boken (Vicente, 1999) har en rad olika fördjupningar och vidareutvecklingar skett (Naikar, Moylan & Pearce, 2006; Lintern 2009; Birell, Young, Jenkins & Stanton, 2011; Hassall & Sanderson, 2014). Många har insett värdet av den formativa ansatsen då den förenar ett verksamhetsperspektiv som borgar för att effektivitet relativt ett eller fler ändamål styr utvecklingen snarare än den instrumentella effektivitet som ofta är resultatet av den normativa ansatsen, med en strävan efter objektivitet och systematik i synen på hur man använder sig av information från analyser av hur användare arbetar och fattar beslut till skillnad från rent användarcentrerade ansatser där resultaten blir en inneboende del av designlösningarna utan att underlaget i form av åsikter underkastas vidare granskning. Det finns dock ett antal problem med CWA som här kort ska beskrivas. Det första problemet som många har påtalat är att CWA är omständligt att tillämpa i praktiken, särskilt vid förändring eller vidareutveckling av befintliga system. De många analyserna tenderar att bli en alltför övermäktig uppgift för utvecklingsprojekt där snar tillämpning står för dörren. Ett andra problem är att det är fem olika analyser och det är komplicerat att genomföra alla faser i ett och samma projekt.

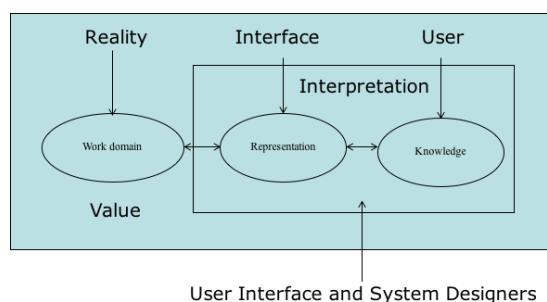
I motsats till CWA har utvecklingen av kontrollstrategier inom det sociotekniska systemet för tågtrafikplanering i Sverige, genom användning av GMOC som grundmodell och bakomliggande filosofi, inte fastnat i de enskilda faserna och nivåerna av analyser. De fyra elementen i GMOC är lätta att hålla i minnet och fungerar mer som ledstjärnor genom alla faser i systemutvecklingen, från analys, via design och implementation till införande. Via samma grundmodell kan GMOC användas för alla systemanalyser, på alla nivåer och i alla led. Det gör GMOC till en mycket användbar ansats även utanför forskningen. En annan fördel med GMOC är att den inte kommer med färdiga recept för hur man metodmässigt ska utveckla system inom ett visst tillämpningsområde. Metoderna måste istället utvecklas i nära samarbete med varje avnämningorganisation. Många upplever detta som en brist, att det inte finns en färdig uppsättning metoder som följer med användningen av GMOC. Men om det vore så skulle inte GMOC som systemutvecklingsansats vara tillräcklig känslig för de specifika villkor och krav som varje tillämpningsdomän har. Naturligtvis finns det alltid möjlighet att använda mycket generella metoder som intervjuer, olika typer av observationer, verbaliseringstekniker, prototyper mm, men de specifika metoder som behövs för att man ska samla data till analyserna av sambanden mellan de olika elementen i GMOC behöver alltid verksamhetsanpassas eftersom de övergripande ändamålen är unika för varje verksamhet. GMOC som holistisk systemutvecklingsfilosofi bygger på strävan efter att nå effektivitet relativt ett eller flera verksamhetsspecifika mål. Som sådan är GMOC också ett uttryck för en generativ ansats, vilken antas vara nödvändigt för att hantera situationer som man inte på förhand kan planera för. STEG är ett exempel på en generativ ansats, den finns för att kunna tillgodose informationsbehov som även är okända. Kontinuerlig visualisering av information är det bästa sättet att nå den yttersta nyttan med tekniken (Andersson, Jansson, Sandblad & Tschirner, 2014). STEG är också ett sätt att erkänna komplexa informationsmönster som nödvändiga och därmed inte i onödan reducera skickligheten hos de människor som ska

använda informationsmiljön som underlag vid interaktion med sociotekniska system. Instrumentell effektivitet och säkerhet går ofta att beräkna och mäta kvantitativt, den går att kalkylera. För ändamålsenlighet krävs dock en mer generativ ansats för att nå fulla potential och full säkerhet även i helt oväntade situationer.

Vi har dock funnit det mindre lämpligt att betrakta tågtrafiksystemet som ett enda system med slutna styrloopar som förordas i Andersson et al., (2015). Vi menar att tågtrafiksystemet istället bör betraktas som ett *distribuerat kognitivt system* (Hollan, Hutchins & Kirsh, 2000), vilket på ett helt annat sätt än reglerteknik och styrloopar ger de fundament som behövs för att skapa effektiv samverkan mellan de olika roller som ingår i tågtrafiksystemet. Ett distribuerat kognitivt system vilar på tre pelare (Hollans, Hutchins & Kirsh, 2000): (1) det är socialt distribuerat – i fallet med tågtrafiksystemet sker överföring av information mellan de socialt sett helt olika rollerna av att vara tågtrafikledare, lokförare och informatör; (2) det tar sig rent fysiska uttryck, det är förenat med ett förkroppsligande – den fysiska miljön är av största vikt för både lokförare och tågtrafikledare, men på helt olika sätt; och (3) det finns ett ömsesidigt förhållandet mellan kognition och kultur – kulturen i en trafikledningscentral, men även i en lokförarhytt, är ett resultat av vilka individer som arbetar där, men individernas beslut och bedömningar är lika mycket ett resultat av den kultur som präglar en viss specifik arbetsplats. Att som i Andersson et al., (2015) betrakta de avvikelser från den gemensamma planen som ständigt uppträder, exempelvis i form av situationsspecifika bedömningar som trafikledaren eller lokföraren gör, som avvikelser från ett gemensamt referensvärde i ett enda gemensamt system är inte en tillräcklig god grund för att bättre förstå olika individers beslutsprocesser.

### 5.3 Sammanfattning

Vilken ansats är då att föredra vid utformning av en verksamhet av den karaktär som den operativa tågtrafikledningen utgör? Ovan har vi argumenterat för att den formativa ansatsen är att föredra för de analyser som behöver göras när man förändrar tågtrafikledningens med hjälp av nya beslutsstöd. Figur 8 sammanfattar de formativa analysernas motsvarighet när det gäller design. Den triadiska designansatsen (Bennett & Flach, 2011) betonar vikten av att utforma beslutsstöd med verksamhetens bästa i åtanke. Utvecklingen av STEG är ett bra exempel på ett beslutsstöd där ett triadiskt designperspektiv har använts. Det är det som skapar värde för verksamheten som måste vara vägledande. I den processen är det företrädarna för operativ verksamhet som med hjälp av sin erfarenhet utgör källan till vad som fungerar som bra beslutsstöd genom att de är informanter även i designfasen i utvecklingen av sådana stöd.



Figur 8. Den triadiska designansatsen, med betoning på att värdet skapas i arbetsdomänen.

## 6 Beslutsfattande

### 6.1 Beslutsfattande i vardagen – allmänmänskliga egenskaper

#### 6.1.1 Människans beslutsprocesser – tumregler och systematiska avvikelser

Om man ska beskriva mänskligt beslutsfattande som det tar sig uttryck i vardagen och utifrån ett allmänmänskligt perspektiv, och de bedömningar som är en del av beslutsprocesserna, vore det fel att inte börja med den mest kända och accepterade teoribildningen inom området. Daniel Kahneman fick 2002 Nobelpriset i ekonomi för de studier han under många år genomförde tillsammans med sin kollega Amos Tversky (Kahneman & Tversky, 1973; Kahneman, Slovic & Tversky, 1982; Tversky & Kahneman, 1974), och andra forskare inom den skolbildning som på engelska kallas ”Heuristics and Biases”. Den svenska översättning som ligger närmast till hands är tumregler och systematiska avvikelser, även om de ”svengelska” termerna heuristiker och biaser allt oftare används även i det svenska språket, bland annat i den bok av Kahneman som utkom på svenska i översättning av Pär Svensson 2012 med titeln ”Tänka, fort och långsamt” (Kahneman, 2011) där han placerar resultaten från sina och andras studier från samma skolbildning i ett större sammanhang. Om man inte har läst boken, och vill ha en snabbkurs i mänsklig bedömningspsykologi, så är den både rolig och givande läsning. När undertecknad recenserade Kahnemans bok i Upsala Nya Tidning 2013 så inledde jag med följande beskrivning som jag tycker fungerar även här:

”Lös följande uppgift utan att tänka efter. Ett paket med skidor och stavar kostar elva hundra kronor. Skidorna kostar tusen kronor mer än stavarna. Hur mycket kostar stavarna? Om hundra kronor dök upp i ditt huvud så är det lika fel som det känns intuitivt riktigt. Rätt svar är 50 kronor. Din intuition höll på att leda dig fel. Men du kan vara lugn, över 50 procent av studenterna vid prestigefyllda Harvard svarade fel på en liknande fråga. Ett annat exempel: tycker du att bokstavsserien P,F,P,F,F,P verkar vara mer slumpmässig än serien F,F,F,F,F,F? Rent intuitivt känns det som att det finns ett skäl till att det bara finns F och inga P i den sista serien, eller hur? Men byt då ut varje P och F mot Pojke och Flicka och tänk dig att serierna beskriver könet på sex barn som råkar födas en och samma morgon på en förlossningsklinik. Skulle de sex flickorna i andra raden vara något annat än en ren slump? Om du blir fundersam eller rent av provocerad av dessa exempel – då ska du läsa Daniel Kahnemans bok *Tänka, snabbt och långsamt*. Då får du också veta varför vissa idrottsprestationer är kognitiva illusioner, varför enkla algoritmer kan vara bättre än mänskliga bedömningar och varför fondbörsvärdens val av aktier påminner mer om att kasta tärning än att spela poker” (Jansson 2013).

Det kan tyckas ovidkommande att använda ovanstående exempel i en forskningsrapport om hur tågtrafikledare fattar beslut i sitt dagliga arbete, men så är inte alls fallet. Den kognitiva psykologin förser oss med modeller för att beskriva och förklara vad det innebär att vara en tänkande människa. Det mänskliga tänkandet kännetecknas av en rad olika regelbundenheter som alla går att beskriva tämligen väl, och dessa regelbundenheter gör sig gällande hos en tågtrafikledare, även när hen producerar beslut som professionell tågtrafikledare.

Det pedagogiska grepp Kahneman tar till för att utforma sitt huvudbudskap och illustrera dessa regelbundenheter består i ett drama mellan två aktörer, System 1 och System 2. Ettan är en ettrig och supersnabb associationsmaskin som ständigt levererar förslag till förståelse och

handling. Tvåan däremot är både lat och långsam, men kan i princip tvingas till vilka uppgifter som helst, men bara under kortare tid, och framför allt inte med flera saker samtidigt. Association och igenkänning är enkla processer att utföra; reflektion och värdering av intryck är däremot krävande. Ettan är utformad för att dra snabba slutsatser utifrån knappa bevis, data eller information, men den märker inte om den hoppar i galen tunna. Det är Ettan som styr och ställer, det är den som är dramats hjälte. Den utvecklar automatiska och komplexa tankestrukturer som ger upphov till både känslor och beteenden. Tvåan är birollsinnehavaren som tror att den har huvudrollen, som Kahneman så träffande beskriver. Alltså: följer vi Kahneman och Tversky så omfattas alla människor i alla sammanhang, även tågtrafikledare vid trafikledningscentralerna i Sverige av dessa tumregler och systematiska avvikelser. Senare i rapporten beskrivs om och hur väl detta överensstämmer med verkligheten; det finns resultat och exempel som ger stöd för att även professionella tågtrafikledares beslutsfattande kännetecknas av tumregler och systematiska avvikelser, men det finns också resultat, exempel och argument som ger utrymme för väsentligt annorlunda tolkningar. Men för stunden räcker det med att förstå att den här skolbildningen menar att människans beslut och bedömningar kännetecknas av att System 1 ständigt och mycket effektivt förser oss med snabba bedömningar som direkt omsätts i beslut utan att vi egentligen ifrågasätter innebörden och konsekvenserna. När det finns osäkerhet i bedömningsuppgiften faller vi tillbaka på tidigare erfarenheter, antingen i form av tumregler som är lätt åtkomliga i långtidsminnet, så kallade tillgänglighetsheuristiker, eller tumregler som bygger på principer för hur typiskt något kan te sig, så kallade representativitets- eller likhetsheuristiker. I båda fallen arbetar det kognitiva systemet med bedömningar under osäkerhet, det vill säga beslut måste tas även om information saknas eller är ofullständig. Detta kallas på fackspråk underspecificerade beslutsunderlag, och beslutsfattaren reagerar lite olika beroende på hur stor osäkerheten är. Effekten av användningen av dessa kognitiva tumregler är att det oftast blir rätt bedömningar, och dessutom väldigt snabbt och effektivt med relativt låg kognitiv belastning. Men då och då blir det felaktiga bedömningar beroende på att det i det specifika fallet råder undantag från det som utgör underlag för den kognitiva tumregeln. Det är dessa systematiska avvikelser som ger upphov till felbedömningar och felaktiga beslut. I de här sammanhangen är det relevant att prata om ”den mänskliga faktorn” – om det finns en möjlighet att göra en felbedömning så kommer det förmodligen att ske när omständigheterna är sådana. En poäng här är att sådana avvikelser inte är slumpmässiga, de är konsekvenser av regelbundenheter som styr tänkandet, och det är den unika och specifika situationen som i kombination med det kognitiva systemet utlöser en eventuell felhandling. Det betyder inte att mänskliga felhandlingar är lätta att förutse och förutsäga. Tvärtom, eftersom de är relativt sällsynta utgör de en riskfaktor eftersom de är lätta att förbise. Men som vi ska se senare i rapporten har professionella beslutsfattare med lång erfarenhet en väl utvecklad känsla för att hantera situationer som är lagom sällsynta, medan däremot mycket ovanliga händelser i princip är omöjliga att förutse på förhand eftersom de anses osannolika, det vill säga, händelserna befinner sig mycket långt ut på svansen i en sannolikhetsfördelning (Taleb, 2010). Vad vi här och nu kan konstatera är att människans tänkande alltid måste förstås i ljuset av de specifika omständigheter som råder i en viss beslutssituation. Från tågtrafikområdet finns historiskt sett en rad händelser och incidenter som vittnar om att detta är viktigt.

Men har då inte System 2 någon roll i beslutsfattandet? Som Kahneman konstaterar kopplas System 2 in när vi behöver reflektera och problemlösa på en nivå som är ganska, för att inte säga mycket, annorlunda än den kognitiva nivå där System 1 opererar. Denna högre nivå är intimt förknippad med medvetna och långsamma tankeprocesser som kräver koncentration och uppmärksamhet. Exempel på sådana uppgifter och situationer är när vi söker lösa en matematisk uppgift genom att räkna manuellt, särskilt i huvudräkning, eller när vi söker en valid lösning i en logisk problemösningsuppgift, eller när en mer komplicerad logistisk lösning behövs för att reda ut en komplex situation. Ett exempel från tågtrafiken hämtar vi från när det inträffar en större störning och många tåg blir stillastående. När tågtrafiken rullar igång igen behövs en prioriteringsordning som kräver alldeles särskild kunskap om vad som fungerar i en sådan situation och vad som behöver prioriteras före annat. System 2 används i dessa situationer, men så fort allting övergår till mer normala omständigheter och rutiner är det System 1 som tar över igen. Som Kahneman och många andra med honom påpekar blir System 2 också inkopplat om det uppdragas att något är fel eller udda. System 2 kan också, om rutinbedömningar slutar i felbedömningar, förklara vad System 1 har ställt till med, om man uttrycker det lite vårdslöst. Problemet är att System 2 oftast inte har någon som helst eller endast sparsam tillgång till hur System 1 har hanterat situationen en stund tidigare. Men System 2 kan ändå på ett begripligt sätt ge en meningsfull förklaring till beteendet, men att avgöra om sådana utsagor är korrekta eller inte är ofta mycket svårt för att inte säga omöjligt. Det är också av den här anledningen som olika verbaliseringstekniker för att tömma experter på information om hur de har fattat ett visst beslut är synnerligen svåra att använda och kräver metodologisk medvetenhet från den som undersöker sådana kognitiva processer. De metodologiska problemen gör att den mängd tillförlitliga data man kan få från verbaliseringsövningar är begränsad. Alla försök att djupanalysera trafikledares beslutsfattande måste hantera de metodologiska begränsningarna. I kapitel 7 beskriver vi detta mera utförligt.

### *6.1.2 Inomvetenskapliga invändningar mot systematiska avvikelser*

Kritiken mot H&B-forskningen kommer huvudsakligen från två olika håll, dels den inomvetenskapliga kritiken som menar att, visst är det så att människor använder tumregler och förenklade resonemang, men utvärderingen av dessa beteenden ger olika resultat beroende på vilken ansats man använder för att utvärdera de mänskliga bedömningarna, och dels helt andra vetenskapliga paradigmen som bryter med H&B-forskningen på ett metodologiskt plan, helt andra metoder ger helt andra resultat. Nedan diskuterar vi inledningsvis båda dessa.

Eftersom H&B-forskningen i mycket stor utsträckning handlar om hur människor bedömer situationer där osäkerheten utvärderas med olika sannolikhetskalkyler, och människor har visat sig vara dåliga ”intuitiva statistiker”, så ligger det också nära till hands att dra slutsatsen att människan är irrationell och ologisk eftersom hon avviker från sannolikhetskalkylerna. Många har dock påpekat att det inte är människan som är felkällan, utan att de uppgifter som man har använt för att undersöka de mänskliga bedömningarna inte är representativa för en naturlig miljö (ekologi). Använder man andra normer visar sig de mänskliga bedömningarna vara både rimliga och ”lokalt rationella”. Ett exempel på det senare är Herbert Simons forskning, främst inom problemlösning och kognitiv modellering, som är mer deskriptiv till skillnad från H&B-forskningens normativa ansats. Problemlösningslitteraturen ger en



betydligt mer positiv bild av människans resonemang. Senare i kapitlet beskriver vi Simons forskning i detalj, den har betydelse för de modeller för verbalisering som vi berör i kapitel 7.

Annan inomvetenskaplig kritik kommer från främst Gerd Gigerenzers forskargrupp (Gigerenzer, 1996; Gigerenzer & Goldstein, 1996; Gigerenzer, Hoffrage & Kleinbölting, 1991; Gigerenzer, Todd & ABC Research Group, 1999) samt Peter Juslins forskargrupp (Juslin, Nilsson & Winman, 2009; Nilsson, Winman, Juslin & Hansson, 2009). Juslin menar att människan använder enkla lineära bedömningar för att hantera sina vardagsbeslut och ofta är sådana bedömningar vad som krävs för att hantera de bedömningar och beslut vi ställs inför på ett bra sätt. Juslin har visat att enklare modeller som utgår från att lineära och additiva principer ofta bättre beskriver och predicerar mänskligt beslutsfattande än mer komplicerade sannolikhetsmodeller. Gigerenzer anser att de heuristiker vi trots allt använder gör oss både smarta och effektiva. Båda grupperna ägnar sig åt att utvärdera samma typ av beslut som H&B-forskningens företrädare använder, men de använder andra normer för att tolka dem.

### **6.1.3 Kritik från forskning med helt andra metodologiska utgångspunkter**

Från andra forskare har kritik riktats mot H&B-forskningen av mer metodologisk karaktär. Kenneth Hammonds (Hammond, 1993) och Jens Rasmussens (Rasmussen, 1983, 1986; Rasmussen, Pejtersen & Goodstein, 1994) forskning betonar på olika sätt att olika nivåer av kognitiv kontroll är en utmärkande egenskap för mänskligt beslutsfattande. Kahnemans diskussion om System 1 och 2 ligger i linje med detta, och möjligen kan man se Kahnemans senare skrifter som en anpassning till detta sätt att betrakta människans beslutsprocesser – det verkar finnas en acceptans för att människor byter nivå när situationen så kräver. Både Hammond och Rasmussen föredrar också antingen mer ekologiskt representativa eller mer typiska eller faktiska uppgifter som grund för sina analyser. Vi ska inte här fördjupa oss i varken Hammonds eller Rasmussens forskning, utan vi nöjer oss med att konstatera att frågan om olika kognitiva nivåer har stöd från många läger. Istället ska vi avsluta genomgången med att presentera de tre alternativa modeller som bygger på helt andra principer än H&B-forskningens metodik. På samma sätt som Rasmussen och Hammond, har Gary Klein och hans forskargrupp ägnat sig åt att förstå beslutsfattandet hos människor som är professionella i sin yrkesutövning. Kleins forskning visar att professionella beslut i det han kallar naturliga miljöer, och som alltid fattas av personer som är experter inom sitt område, ofta är både snabbare och mer träffsäkra – intuitiva och naturliga beslut är av en helt annan karaktär än de som H&B-forskningen studerar. Därefter presenteras Bernd Brehmers forskning som tar sitt avstamp i dynamiska beslutsmiljöer där beslut tas under tidspress. Brehmer ser beslut som en process där olika kognitiva strategier används för att kontrollera både den egna kognitiva belastningen och den uppgift man är satt att sköta. Till sist presenteras Herbert Simons teori om ”bounded rationality”, som hör hemma inom problemlösningssliteraturen.

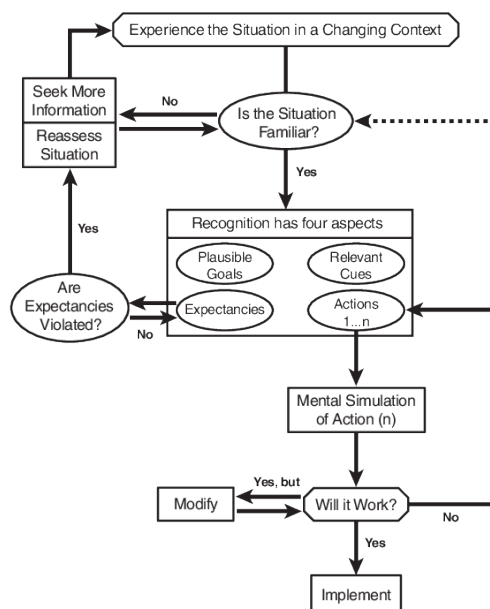
## **6.2 De yrkesprofessionellas bedömningar – experternas beslut**

### **6.2.1 Mänskliga bedömningar – igenkänning och mönstermatchning**

Den huvudsakliga alternativa förklaringen och beskrivningen av människans beslut- och bedömningsprocesser till H&B-forskningens bild av densamma utgörs av Kleins RPD-modell (Klein, 1993; Klein, Calderwood & Clinton-Cirocco, 2010). RPD står för Recognition-Primed

Decisions (se Figur 9 för bild). På svenska betyder att det beslut och bedömningar görs med hjälp av igenkänningsbaserade mönstermatchningar. Klein tänker sig att beslutsfattaren omedelbart och omedvetet skaffar sig en mental modell av situationen som råder, och att denna mentala modell sedan snabbt stäms av med de indata som sinnena förser oss med i form av ny information. Så länge det inte kommer in information som strider mot den rådande uppfattningen behåller beslutsfattaren sin modell av situationen. Om det däremot uppstår tveksamheter eller motstridigheter som gör att modellen inte längre håller samman skapas direkt en ny modell, ibland efter att ny information hämtats in. En sådan ny modell kan vara endast något annorlunda än den förra, men den kan också i väsentliga delar vara nästan en helt annan bedömning. Klein menar att beslutsfattare som har lång erfarenhet av ett och samma område utvecklar en förståelse som är långt mycket mer komplex än den serie av enkla val som man skulle behöva göra i en beslutsmodell av den typ som Kahneman och kollegor föreskriver. En annan egenskap i Kleins modell om beslutsfattande är att människor, särskilt om de är experter på sitt arbete, genomför snabba och enkla simuleringar med hjälp av den mentala modell de har tillgång till. Ett sätt att sammanfatta RPD-modellen är genom att beskriva de tre typiska situationer som en beslutsfattare ställs inför enligt Klein:

- Situation 1 – När beslutsfattaren känner igen situationen som typisk, då finns ofta en färdig lösning eller förberedd handling klar att implementera;
- Situation 2 – När beslutsfattaren inte är helt klar över hur situationen ser ut, den innehåller fortfarande en viss osäkerhet, men det finns en eller flera möjliga färdiga handlingsalternativ förberedda;
- Situation 3 – När beslutsfattaren har situationen helt klar för sig, men det råder viss tveksamhet kring vad som är ett lämpligt beslut att ta.



Figur 9. Illustration av Klein's RPD-modell. Bedömningar tar sin utgångspunkt i den igenkänning som ofta omedelbart äger rum hos den erfarna experten. Efter snabb mental simulering och kontroll av effekten tas ofta beslut intuitivt och effektivt. Omvärdering sker bara om man inte känner igen situationen eller om förväntningarna är annorlunda än normalt. Ibland sker mindre korrigeringar.

De tre exemplen ovan visar att beslutsfattare, enligt Klein, håller sig väldigt nära hur en situation utvecklar sig, och genom sin erfarenhet har de en arsenal av typiska och liknande situationer kognitivt tillgängliga när de gör sina bedömningar. Kahneman och Klein skrev, trots att de företräder två helt olika traditioner, en gemensam artikel (Kahneman & Klein, 2009) där de konstaterar att de misslyckades med att bli oense! Istället visar det sig att de är ense om det kanske allra viktigaste när man kommer till beslut av den typ som kännetecknar bedömningar och beslut i tågtrafikstyrning: mänskliga besluts- och bedömningsprocesser fungerar som allra bäst när det finns gott om tid att successivt sätta sig in i och lära sig en uppgift, och när besluten tas i en miljö som är hyfsat stabil, det vill säga när det finns goda möjligheter att systematiskt lära sig så mycket som möjligt. Det här sättet att betrakta beslutsfattande stödjer den uppfattning om hur system bör utformas som presenterades av Andersson et al. (2014). Visualisering av information för professionella experter måste göras på ett sådant sätt att man respekterar och bevarar komplexiteten i miljön. Den behövs för att man ska kunna hitta den information man behöver när situation så kräver.

Hutton och kollegor (Hutton, Ward, Gore, Turner, Hoffman, Leggatt & Conway, 2017) har, inspirerade av Kleins metoder för studier av naturalistiskt beslutsfattande, utformat en modell för vad de kallar adaptiv expertis. Deras definition av adaptiv expertis är:

”Lägliga förändringar i förståelse, planer, mål och metoder, som svar på antingen en förändrad situation eller en uppdaterad lägesbild vad gäller möjligheten att hantera den nya situationen, och som tillåter att man framgångsrikt når de mål man har för avsikt att uppnå” (Hutton et al., 2017, p. 83, egen översättning till svenska).

Hutton et al. (2017) angav tre saker som särskilt viktiga för att lyckas med sådana lägliga förändringar: 1) Förståelsen av situationen; 2) Handlingar som krävs för att man ska nå målen; och 3) Självkänedom hos individen om sin egen förmåga att kunna balansera kraven i uppgifter och situationer med förmågan att nå de mål man vill uppnå. Figur 10 nedan illustrerar relationen mellan dessa tre delar.



Figur 10. Illustration av Hutton et al. (2017) modell över adaptiv expertis. Förståelse av situationen, handlingar som krävs för att avgränsade mål, samt självkänedom anses vara de tre nyckelfaktorerna.

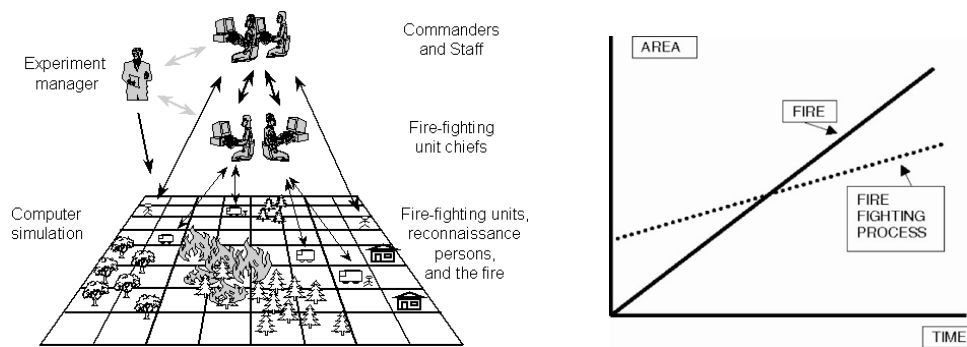
## 6.3 Tidens betydelse för att förstå individers beslutsfattande

### 6.3.1 Dynamiskt beslutsfattande

Brehmers forskning har sin grund i den ekologiska skolan inom psykologi och betonar vikten av representativa uppgifter. Från att tidigt att studerat och visat att människan föredrar enkla lineära försök till förståelse (Brehmer, 1994) gick Brehmer vidare för att studera tidens betydelse för hur beslut fattas och därmed bäst bör beskrivas, samt hur beslut bäst ska

utvärderas (Brehmer, 1996, 2005). Brehmer menar att beslut och bedömningar ofta har ett givet ändamål hos organismen, nämligen kontroll. Med kontroll menas här både egenkontroll, vilket handlar om den känsla av kontroll som en person har inför och under den uppgift som står i fokus, och kontroll av själva uppgiften. För att uppnå kontroll behöver människan veta vad som händer i den omgivande miljön, och här använde Brehmer fyra begrepp för att på ett övergripande sätt beskriva relationen mellan organismen och miljön. Människan använder sig av mål för att veta vad hen ska sträva efter, och hon vill för detta syfte förstå sin omgivning i tillräckligt hög grad för att kunna orientera sig mot målet. Förståelsen tar plats i form av en mental modell. Målet och den mentala modellen är alltså egenskaper hos organismen. För att kunna veta något om den omgivande miljön behöver hen få kunskap om den, och detta sker genom observation. I en naturlig miljö är observerbarheten ofta hög i och med att våra sinnen är naturligt anpassade till sådana miljöer, även om det även här förekommer icke-representativa uppgifter, om än sällsynta sådana. I tekniska miljöer är dock observerbarheten ofta sämre eftersom sådana miljöer måste skapas artificiellt. Rätt utformade kan sådana uppgifter eller system vara enkla, men ju mer komplex en verksamhet blir desto svårare blir det att skapa hög observerbarhet. Brehmer pekade ut tre egenskaper som människan har särskilt svårt att hantera – komplexitet, dynamik, och ogenomskinlighet. Förutom observerbarheten behöver människan även möjligheter att påverka. Påverkan kan beskrivas på olika sätt, exempelvis möjligheter till styrning eller kontroll. Brehmer skapade ett helt nytt forskningsparadigm inom beslutsforskningen (Brehmer, 1992). Men han insåg också att det skulle krävas en helt ny metodik för att genomföra studier inom detta paradigm. Tillsammans med Dietrich Dörner lade han grunden till studier med hjälp av datorsimulerade uppgifter, eller så kallade mikrovärldar (Brehmer & Dörner, 1993). Det är lätt att se värdet av den forskningsansatsen när man kommer till uppgifter av den typ som tågtrafikledning står inför. Brehmer (1996) såg människan som reglerare och stabilisator i de dynamiska beslutsprocesser som pågår i exempelvis tågtrafikledning. Men forskningen med hjälp av mikrovärldar har ännu inte fått någon större genomslagskraft, och ett av skälen är att det är svårt att jämföra resultaten från forskningen med mikrovärldar med tidigare forskning inom samma område.

Brehmers sätt att beskriva mänskligt beslutsfattande utgör grunden för den GMOC-modell för utformning av system som finns beskriven i Andersson et al. (2015) och i Tschirner (2015), men också för de studier som undertecknad bedrev tidigare (Jansson, 1999). Här kan vi konstatera att det finns en skillnad mellan den grundfilosofi som presenterades i Andersson et al. (2015) och den modell för beslutsfattande som Bremer beskrev (1992). I Andersson et al. (2015) presenterades en modell av styrning av tågtrafik som bygger på idén om omplanering. Men den rapporten går ett steg längre – den förutsätter styrning av tågtrafik som ett slutet system, där människan är delaktig i den så kallade styrloopen. Men som vi ser från litteraturen inom besluts- och bedömningsforskning använder sig människan av olika nivåer av kontroll. Att i det läget tala om ett slutet sociotekniskt system blir bara sant på en mycket generell nivå, och den nivån räcker inte till för att beskriva mänskligt beslutsfattande på en mer detaljerad nivå. Se figur 11 för illustration av metodik och modell inom DDM.



Figur 11. Illustration av den uppgift som undersöks i mikrovärldsexperiment där försökspersonen agerar brandchef (till vänster), och en figur över hur försökspersonen med sin beslutsprocess försöker ta kontroll över branden (till höger). Skogsbrandens spridning utgör en process, den beslutsprocess som brandchefen använder syftar till att få kontroll över den första processen. Den högra figuren visar tidens betydelse för att förstå och beskriva dynamiskt beslutsfattande.

#### 6.4 Bounded rationality. Lokal rationalitet är tillräckligt bra

Om man jämför vad som sagts ovan om hur människor gör bedömningar och fattar beslut med hur digitala beräkningsstöd räknar sig fram till en lösning, och därmed ofta skapar en förväntan om att det är just den lösningen som också blir själva beslutet, så inser man genast att det finns stora kvalitativa skillnader mellan å ena sidan människan och å andra sidan alla former av automation. Människans situationspecifika och ändamålsstyrda bedömningar och beslut i form av mönstermatchningar uppvisar en kombination av regelbundenhet och flexibilitet som är mycket svåra att överföra som meningsfulla indata till en algoritm. Och på samma sätt är algoritmens framräknade lösning svår att begripa för en mänsklig bedömare om den inte har tagit hänsyn till alla de faktorer som är relevanta vid en specifik bedömning. Vad som behövs är anpassning från båda sidor. Och i det här sammanhanget finns en omständighet som är viktig att förstå: människor ”satisfierar” sina beslut, det vill säga, bedömningar och beslut kännetecknas av att de oftast, om inte alltid, är ”tillräckligt bra”, men inte mer än så. Skälet till detta handlar om resursoptimering. Människans psyke är opportunistiskt – det tar genvägar när detta är möjligt om konsekvenserna inte blir orimliga eller försvarande. Konsekvenserna av detta är att människan alltid försöker fatta så rimliga beslut som möjligt, men besluten är inte nödvändigtvis varken rationella (i ett globalt avseende) eller optimala (så bra som det någonsin går). Vad som är ett optimalt beslut visar sig nämligen ofta bara vara optimalt i en mycket specifik eller given situation. Så fort situationen förändras måste ett nytt optimalt beslut räknas fram. För att slippa sådana omständliga manövrar nöjer sig kognitionen med att fatta tillräckligt bra och rimliga beslut, och lämnar därmed öppet för successiva anpassningar senare. Med erfarenheten kommer också insikt om vad som lönar sig i form av framförhållning. Ibland kan det vara bättre att behålla beslutsutrymmet fritt för alternativa lösningar jämfört med vad som verkar bäst för stunden. Att människan i sitt naturtillstånd hellre ”satisfierar” än optimerar leder till olika problem i kommunikationen mellan människa och maskin. Men det är ingen lösning att låtsas som att människan inte satisfierar, tvärtom, en förutsättning för att komma fram till bra och robusta beslutsstöd är att man inser att det är så människor fungerar. Även här finns tunga vetenskapliga belägg – Herbert Simon, även han Nobelpristagare i ekonomi 1977, presenterade sin teori (Simon, 1972, 1990) om ”satisficing”

redan på 1950-talet. Det är ganska märkligt hur lite allmänheten vet om detta grundläggande drag hos människan. ”Satisficing”, som Simon beskrev det, är en slags lokal, begränsad eller villkorad rationalitet, därav namnet ”bounded rationality”. Heuristiker och mönstermatchning gör det möjligt att fatta rimliga beslut som är tillräckligt bra. Samtidigt skapar detta utrymme för anpassning och förändring av nästa omgång beslut om det skulle visa sig att den initiala bedömningen leder i fel riktning. Vi kan här prata om en slags öppenhet, eller plasticitet, i de mänskliga bedömningarna som algoritmer saknar.

## 6.5 Sammanfattning

I det här kapitlet har vi beskrivit några av de mest kända och etablerade modellerna av beslutsfattande. Syftet har inte varit att ge någon heltäckande genomgång av alla relevanta modeller. Istället har syftet varit att beskriva några av de viktigaste och mest intressanta modeller som kan säga något om hur människor, individer, fattar beslut i vardagen och som professionella yrkesutövare. I kapitel 10 knyter vi ihop genomgången av dessa modeller med våra egna fältstudier för att se vilka modeller som är av intresse för tågtrafikledning.

## 7 Verbalisering: Tekniker för att undersöka beslut och bedömningar

### 7.1 Verbala rapporter som data – metodologiska utmaningar

Inom kognitionsvetenskapen finns en lång tradition av att använda verbala rapporter som data vid olika undersökningar, bland annat hur beslut fattas och hur bedömningar görs. För att man ska förstå hur besluts- och bedömningsprocesser kan undersökas är det viktigt att man har klart för sig hur man kan gå till väga.

Fram till början av 1980-talet fanns stora tveksamheter till verbala rapporter som data. I en berömd artikel visade Nisbett och Wilson (1977) att folk ofta berättar mycket mer än de rimligtvis kan veta när de ska redogöra för hur de tänkt eller fattat ett beslut eller gjort en bedömning. Man kan alltså inte lita på en verbal rapport, menade de. Även Bainbridge (1979/1999) konstaterade att den tankeprocess med vilken man utför en handling är åtskild från den tankeprocess som har till uppgift att verbalt förklara samma handling. Här kan man referera till System 1 och 2 ovan. Det är System 1 som oftast står för handlingen medan det är System 2 som ska förklara densamma. Ju längre tid det går mellan händelsen desto större är risken att det egentligen inte finns någon koppling mellan tanken bakom beteendet och tanken bakom förklaringen. Så kallade *retrospektiva verbala rapporter* lider alltså av en rad metodologiska problem där rationaliseringstendenser och minneskomponenter är de största hindren för att man ska kunna använda data från sådana rapporter. Detta är också ett svårt problem att komma åt eftersom tankar är privata, det finns inget sätt att objektivt komma åt ”sanningen”, vilket bland annat Bainbridge konstaterat.

Men i början av 1980-talet kunde Herbert Simon och Anders Ericsson (Ericsson & Simon 1980; 1984) visa att det finns ett sätt att tömma människor på den verbala information som används när ett beslut fattas eller när en viss handling utförs. De byggde en modell över människans verbala rapporteringsförmåga fungerar, och kunde visa att, när verbala rapporter används samtidigt som en uppgift utförs så finns informationen för en kort stund i arbetsminnet. Arbetsminnet är av naturen sådant att det inte gärna hanterar olika processer samtidigt. Det innebär att det man tänker på när man utför en handling också är att lita på som verbala rapport om man tömmer beslutsfattaren på information om hur hen går till väga när handlingen pågår. Det är nämligen väldigt svårt att ge en felaktig beskrivning av det man gör under tiden man gör det. Sådana här samtidiga verbala rapporter ger alltså betydligt mer valida resultat, främst av teoretiska skäl, men det finns även empiriska data som stödjer detta. Ericsson och Simon var dock tydliga med att begränsa användningen av begreppet *data* när man refererar till verbala rapporter. De menade att det bara är i själva stunden man kan på ett tillförlitligt sätt komma åt den information som en viss handling eller en viss bedömning baseras på. Fram till idag är Ericsson och Simons modell över verbal rapportering vägledande inom all kognitionsforskning där man vill använda sig av verbala rapporter som data eller komplement till andra data. Ericsson och Simon var också tydliga med hur man kan be om verbala utsagor från sina informanter. Man ska i princip bara be dem tala eller tänka högt, man ska aldrig be om förklaringar eller förtydliganden eftersom alla sådana försök oavkortat leder till att den potentiellt riktiga processen blir störd. Ericsson har senare förfinat och

förtydligt under vilka villkor samtidig verbalisering som metod fungerar väl för att samla in data i form av verbala rapporter (Ericsson & Crutcher, 1991; Ericsson, 2006).

Ganska snart stod det klart att även Ericsson och Simons modell är behäftad med en rad problem. Ett sådant problem rör människor som uppövat stor skicklighet i sina handlingar och beslut. Sådana bedömningar blir med tiden hårt automatiserade, det vill säga de utförs av System 1 utan att man egentligen gör särskilt mycket explicit av det man tänker. Det mesta verkar sköta sig av sig självt. Under sådana förhållanden är det svårt att få folk att prata, de blir ofta tysta långa stunder. Ett annat problem är att alla försök att få dessa experter att prata leder till att de gör saker långsammare och på ett annorlunda sätt än de skulle ha gjort om de fått vara tysta. Ett tredje problem är att man ibland av praktiska skäl inte kan eller får störa beslutsfattaren med uppmaningar att prata högt. I kritiska situationer måste expertbedömaren få ägna sig åt sin huvuduppgift. Konsekvensen av detta är att samtidiga verbala rapporter är behäftade med problem när man har att göra med professionella expertbedömare i naturliga och riktiga beslutssituationer. Däremot används Ericsson och Simons modell framgångsrikt i lab. studier.

### *7.1.1 Kollegial verbalisering genom användning av konspektiva protokoll*

Under de senaste tio åren har undertecknad lagt grunden till en ny verbaliseringsteknik med namnet kollegial verbalisering där man använder så kallade konspektiva protokoll. Denna idé bryter med Ericsson och Simons modell på en avgörande punkt. Istället för att fokusera på arbetsminnet och den information som finns där under själva händelsen eller beslutet så använder vi i vår modell långtidsminnet som den naturliga utgångspunkten. Om man studerar experter så ser man tydligt att deras stora kunskap inom ett visst område utgörs av en bank av erfarenheter, eller en bank av exempel, eller kanske ännu hellre en bank av prototypiska exempel som utgör grund för deras bedömningar. Dessa lagras i långtidsminnet och stimuleras och aktiveras när speciella omständigheter i den omgivande miljön attraherar beslutsfattarens uppmärksamhet, ungefär som Kleins forskning som nämns ovan har visat. Ett teoretisk antagande bakom vår modell är att, i givna miljöer och situationer formas beslut och bedömningar av de begränsningar som finns i miljön. Det är exempelvis naturligt att prioritera ett godståg framför ett passagerartåg om det handlar om att spara in förseningsminuter för båda tågen när det uppstår en möteskonflikt. Den situationen har en så kallad formativ lösning, det vill säga lösningen finns i de lokala begränsande betingelser som råder där och just då. Poängen är att två olika tågtrafikledare kommer att uppleva situationen och dess begränsningar på samma sätt, inom vissa rimliga gränser och givet att erfarenheten är likartad. De två oberoende individernas beslut formas på samma sätt. Detta utgör en möjlighet vid verbalisering i miljöer där man har professionella beslutsfattare och där man har en miljö som kännetecknas av regelbundenheter. Genom att erfara dessa regelbundenheter kan man anta att de också skulle känna igen den situationen lika bra när de ser en kollega hamna i den situationen som om de själva skulle befinna sig i den situationen. Detta gör det möjligt att använda sig av den ena som observatör av den andra, vilket löser problem med rationalisering av det egna beteendet. Däremot kvarstår möjlig rationalisering i form av behov av att skydda varandra i enlighet med någon kåranda, men den rationaliseringseffekten är betydligt mildare och dessutom lätt att kontrollera genom att använda flera observatörer. En annan begränsning



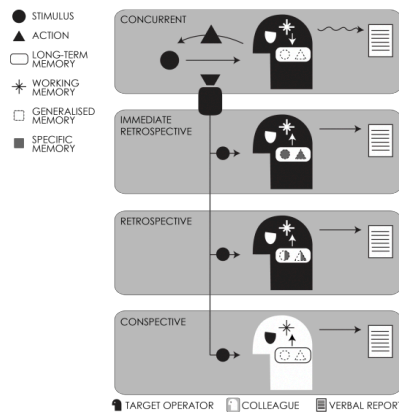
är att den information som finns i arbetsminnet på den aktör som sitter i skarpt läge inte är tillgänglig för kollegan. Men den bristen kompenseras åtminstone delvis av att vi inte betraktar informationen i arbetsminnet som särskilt viktig. Vi betraktar arbetsminnet hos en professionell beslutsfattare som fattar rutinartade beslut som en tom transportkanal. Det som matchas är exemplen och förståelsen som lagrats i långtidsminnet. Och här är ännu en fördel med metoden – om det finns kvalitativa skillnader mellan olika beslutsfattares prestationer och verbala utsagor, så kan man kontrollera vilken av dem som är mer korrekt när man har tillgång till flera observatörer.

*Kollegial verbalisering* är en metod för att utvinna kunskap om hur experter tänker, löser problem och fattar beslut i vardagliga arbetssituationer där det finns ett stort inslag av rutinarbetsuppgifter (Jansson, Olsson & Erlandsson, 2006; Erlandsson & Jansson, 2007; 2013; Erlandsson, 2014). Metoden är utvecklad för arbetsmiljöer där tekniska system används som en naturlig del av arbetet, när man gör kognitiva arbetsanalyser som underlag för att bättre förstå arbetets särart, samt som underlag för att utforma förbättrade stödsystem. Men metoden kan användas även för arbetsuppgifter som helt saknar tekniska stödsystem.

Metoden bygger på idén att långvarig erfarenhet av en och samma arbetsuppgift ger upphov till likartade, men inte identiska, beteenden hos användarna. Med hjälp av videoinspelningar av hur arbetet utförs i skarpt läge skapas underlag för systematiska jämförelser. Metodens unika inslag är de *konspektiva protokollen* (Jansson, Erlandsson & Axelsson, 2015; Jansson & Axelsson, 2017a), en användare verbaliserar (tänker högt) under tiden hen betraktar en nära kollega utföra ett visst arbetsmoment. Därefter byter man roller, eller så använder man någon annan systematik för att samla in så många olika utsagor för samma moment som man anser sig behöva. Graden av likartade utsagor ger sig till känna som svarsmönster, och dessa kan sedan jämföras med varandra. De konspektiva protokollen kan också användas i kombination med mer traditionella metoder för analys av kognitivt arbete. Sådana verbala protokoll (samtidig eller retrospektiv verbalisering) är dock behäftade med problemet att någon reliabilitet inte kan fastställas eftersom det endast finns en utsaga per situation. Med kollegial verbalisering kan man göra reliabilitetsberäkningar på insamlat datamaterial eftersom det finns fler utsagor per moment. Metodens styrka är alltså det teoretiska antagandet om det självklara samspelet mellan organism och miljö, samt möjligheten till oberoende utsagor om ett och samma moment.

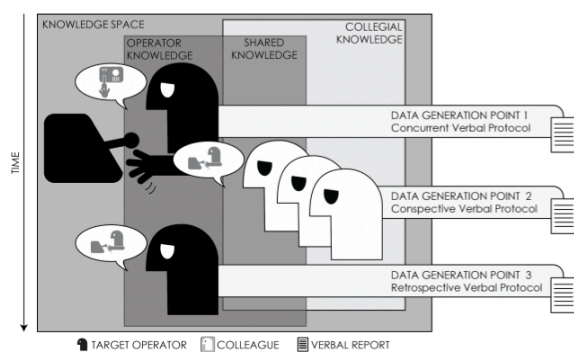
Metodens begränsning består i att konspektiva protokoll inte kan användas för att belysa eller beräkna utsagornas validitet – en användare kan inte veta exakt vad kollegan tänkte i ett visst moment. Men det kan å andra sidan inte traditionella verbaliseringstekniker heller, såvida man inte gör det teoretiska antagandet att det som finns i arbetsminnet automatiskt låter sig verbaliseras under den specifika betingelsen samtidig verbalisering. Samtidig verbalisering är dock av praktiska såväl som metodologiska skäl svårt att använda för analys av naturliga arbetsmoment i skarpt läge. Och eftersom kollegial verbalisering fokuserar på långtidsminnet och den bank av exempel på effektiv problemlösning som användaren har utvecklat med erfarenhetens hjälp, så är arbetsminnet av underordnad betydelse för att förstå de kognitiva strukturer som styr professionella bedömningar av den typ som expertanvändare presterar.

Figur 12 nedan visar hur relationen mellan olika former av verbaliseringstekniker och minneskomponenter ser ut.



Figur 12. Kollegial verbalisering och kopplingen till minneskomponenter.

Metodens praktiska värde är dels att den ger flera likartade utsagor om kognitiva arbetsuppgifter som det annars är svårt att samla in data om, och dels att den går att använda för att analysera nyansskillnader mellan utsagorna eftersom de aldrig är identiska. Det sistnämnda är en form av datakälla som kan användas för att analysera brister i de mentala modeller som utgör basen för expertanvändarnas problemlösningar och beslutsfattande, någonting som kan vara nog så viktigt i säkerhetskritiska arbetsmoment. Metoden bygger på det teoretiska antagandet att miljön med alla dess regelbundenheter och tvingande villkor för olika handlingsalternativ påverkar alla personer på ett likartat sätt. Den delade kunskapen om villkor för handling och vilka regelbundenheter som finns att ta hänsyn till är centrala delar i metoden. Se Figur 13 för antagande om delad kunskap.



Figur 13. Kollegial verbalisering och delad kunskap.

Syftet med kapitlet har varit att belysa de specifika metodologiska utmaningar som finns när man vill använda verbala rapporter som data vid analys av kognitiva arbetsuppgifter. Vi har föreslagit en modell för användning av sådana rapporter som bygger på det vi kallar kollegial verbalisering med hjälp av ”konspektiva protokoll”. Tillsammans med den metod vi beskriver i avsnittet om fältstudierna utgör den, de huvudsakliga metoderna för att samla in data om beslutsfattande i naturalistiska beslutssituationer. I sista kapitlet belyser vi också behovet av ytterligare metoder för att skapa fler perspektiv på mänskligt beslutsfattande när det utövas av professionella yrkesutövare.

## 8 Fältstudier

### 8.1 Utvärdering av STEG och Omplaneringskonceptet

#### 8.1.1 Fältstudiernas genomförande i Boden och Norrköping

Fältstudier för att utvärdera STEG och Omplaneringskonceptet har genomförts vid två trafikledningscentraler – i Boden och Norrköping. Ursprungligen var tanken att vi inom ramen för UFTB bara skulle besöka Boden som var den enda ort där STEG användes när projektet startade. Tanken var ju att utvärderingen av trafikledarnas beslutsfattande i första hand skulle handla om just användningen av STEG eftersom det var just det förändrade arbetssättet som skulle utvärderas. Användningen av STEG i Boden har dock haft sina särskilda, tekniska och organisatoriska problem (Andersson et al. 2015). Redan tidigt i projektet stod det därför klart att vi behövde hitta alternativa sätt att belysa och utvärdera användningen av STEG. Det ska dock påpekas att fältstudierna i Boden inte alls var resultatlösa. Sent i projektet började STEG att användas i Norrköping igen, efter en tids uppehåll. Skälet till detta var att man i Norrköping ville börja träna trafikledarna i det nya arbetssättet eftersom det är en del av det nya NTL. Vi nåddes av beskedet att STEG åter användes i Norrköping i mitten av 2016, och med start hösten 2016 planerade vi därför in extra fältstudier i Norrköping. Fältstudierna i Norrköping kom att bli de viktigaste i projektet, inte minst därför att man där har lång erfarenhet av STEG och att STEG där används på det sätt som det var tänkt.

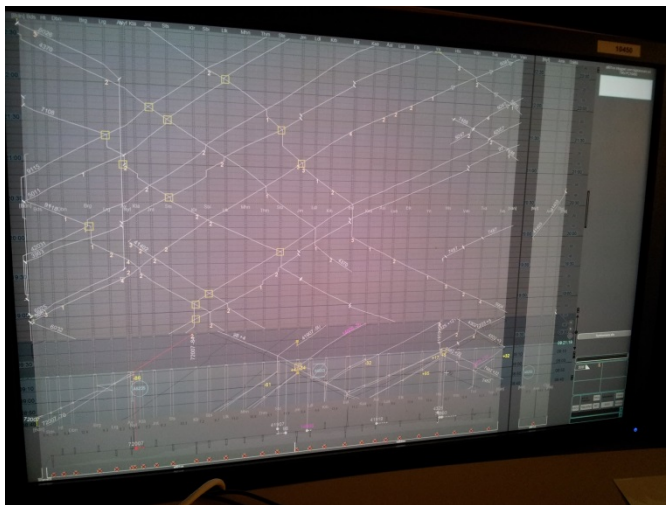
Efter fältstudierna i Boden och de inledande fältstudierna i Norrköping stod det klart att, för att kunna utvärdera och förstå det nya arbetssättet behövde vi veta mer om arbetet som trafikledare i sin helhet. Trots allt dominerar det existerande arbetssättet av den äldre generation system som idag finns vid trafikledningscentralerna och som successivt ska ersättas genom NTL. För att förstå och utvärdera arbetssättet i STEG, när det fungerar som det ska, behövde vi jämföra detta nya arbetssätt med det äldre arbetssättet. Utan en sådan jämförelse blir det svårt att veta om STEG möter de behov som finns. Vi bestämde oss därför sent i projektet att våren 2017 även skulle ägnas åt kompletterande analyser som kunde utgöra en grund för jämförelser vid utvärderingen av det nya arbetssättet. Vi begärde därför att projektet skulle förlängas ett halvår, och att UFTB-projektets slutrapport skulle skjutas till halvårsskiftet 2017, vilket också projektets styrgrupp genom MTO-gruppen på Trafikverket samtyckte till. För våren 2017 planerades därför fältstudier in i Norrköping, Malmö, Gävle, Hallsberg och Göteborg. Valet av orter föll i huvudsak på platser som tidigare projekt, exempelvis FTTS och FOT, inte besökt. Vi ville skaffa oss en mer representativ bild av trafikledararbetet. I tidigare projekt hade Stockholm, Norrköping och Boden varit i fokus, men eftersom vi ville komplettera analyserna och arbetet med utvärdering av arbetssättet och beslutsfattandet med intryck från flera andra trafikledningscentraler valde vi nya orter. Av de planerade fem orterna kunde vi under våren 2017 besöka fyra, den enda ort vi inte hann med var Göteborg. Nedan presenteras först fältstudierna med fokus på STEG. I nästa avsnitt presenterar vi de kompletterande analyserna från andra omgången fältstudier i Norrköping samt från fältstudierna i Gävle, Hallsberg och Malmö.

### 8.1.2 Boden

I Boden finns STEG tillgängligt på flera arbetsstationer, men det är bara ett fåtal trafikledare som använder STEG rutinmässigt. Skälet till detta finns i detalj beskrivet i Andersson et al. (2015). Sammanfattningsvis kan här konstateras att STEG i Boden dras med tekniska och organisatoriska problem som till stora delar gör STEG obrukbar som dagligt verktyg. Ett av problemen är att tröskeln för att komma igång och vanemässigt använda STEG är onödigt hög, det är enbart några få av de trafikledare med lång erfarenhet som använder STEG och som ser potentialen i det nya arbetssätt som STEG möjliggör. Figur 14 visar STEG implementerad i Boden.

#### 8.1.2.1 Metod

Vid fältstudien i Boden användes direktobservationer och öppna intervjuer för att samla intryck, främst för att bättre förstå villkoren för användning av STEG i Boden, men också för att skapa underlag för frågor om omplaneringskonceptet som är en central del i användningen av STEG. Kleins CIT (Critical Incident Technique) användes för att följa några särskilda händelser. Observationer och intervjuer dokumenterades med hjälp av anteckningar och det var två personer från forskargruppen som deltog i observationerna. Under bearbetning av anteckningarna genomfördes en telefonintervju med samma trafikledare som intervjuades på plats i Boden. I den intervjun koncentrerades frågorna till omplanering som idé, och vad som idag saknas för att göra det möjligt.



Figur 14. STEG i Boden

#### 8.1.2.2 Resultat och slutsatser

Resultatet av intervjuerna och analyserna koncentrerades till de delar av STEG som var möjliga att utvärdera, trots de tekniska och organisatoriska problemen. Huvudresultatet är att STEG fungerar mycket väl för planering och omplanering. STEG skapar möjlighet till en större och bättre framförhållning för trafikledaren. Vi tror oss kunna konstatera att trafikledarens situationsmedvetenhet (SA) blir både bättre och mer omfattande med hjälp av STEG. Det ska dock påpekas att SA är ett begrepp som beskriver ett psykologiskt fenomen som hittills inte låter sig definieras eller mätas på ett övertygande sätt, annat än indirekt (se Axelsson 2017 för en diskussion om begreppets vetenskapliga status). Det betyder dock inte

att begreppet är ointressant – tvärtom vittnar det om den upplevelse av i det här fallet trafiksituationen som trafikledaren genom sin erfarenhet har av situationen. Exakt vad i STEG det är som skapar denna bättre förståelse är dock inte klarlagt. Från fältstudierna kan vi se olika hypoteser till varför det upplevs som bättre och möjligen ger bättre situationsförståelse. En förklaring kan vara att de så kallade trendlinjerna, som visar varje tågs prognosticerade färdväg, avlastar trafikledaren från behovet av att manuellt jämföra och beräkna tågens framtida position. Trendlinjerna gör så att säga situationen mer lättillgänglig rent kognitivt för trafikledaren. Pappersgrafens Daglig graf är ju i sig en artefakt som skapats för att ge stöd i beräkningar och bedömningar, så hypotesen om trendlinjers prognostiska betydelse är väl förankrad i verksamheten rent historiskt. En annan hypotes är att den geografiska strukturen återges med en spatial representation som gör det möjligt att enklare för trafikledaren att skapa sig en bättre mental modell över all tågtrafik inom det trafikområde som en trafikledare ansvarar för. Från resultaten kan vi också se att ytterligare en fördel med arbetssättet i STEG är att trafikledaren kan använda verktyget som ett interaktivt planeringsverktyg där olika lösningar kan prövas och jämföras på ett mer dynamiskt sätt än vad som är möjligt i tidigare arbetssätt. En tredje hypotes till varför STEG upplevs vara bättre är därför att det interaktiva arbetssättet möjliggör omedelbar återkoppling. Samtliga tre hypoteser ligger i linje med vad ett formativt arbetssätt föreskriver, se kapitel 5 för den diskussionen. För att i detalj utreda vilken av hypoteserna som ger en rimlig förklaring till upplevelsen av STEG som ett bra verktyg krävs kontrollerade studier, se kapitel 9. Det är svårt att genom kvalitativa analyser få klarhet i detta, mycket beroende på de metodproblem som finns i sådana analyser och som diskuteras i detalj i kapitel 7.

Men resultaten visar också på några begränsningar i arbetssättet. Oerfarna trafikledare visar sig inte ha något större förtroende för att låsa sig vid trafiklösningar som innebär att man skapar en långtgående plan för ett eller flera tåg. Man känner sig osäker på vad man ska göra om utfallet inte blir som det är tänkt att bli. Därför undviker man att låta automatiken lägga tågvägar i för många steg. En trolig förklaring till detta är att man känner att man bara har kontroll till en viss gräns, därför vill man inte låsa sig för en viss lösning, även om det skapar bättre framförhållning för stunden. Huruvida detta är en vanesak som växer bort med hjälp av erfarenheten eller en utbildningsfråga lämnar vi obesvarad, men det viktiga är att konstatera att det är ett beteende som man måste ta på allvar. Det är dessutom inte ett beteende som kan förklaras med tekniska eller organisatoriska problem kopplat till implementationen i Boden. Istället ser vi här kopplingar till de idéer som Hutton et al. (2017) beskrev om vikten av att se den upplevda självkontrollen som en del av naturligt beslutsfattande.

### **8.1.3 Norrköping**

I Norrköping används en variant av STEG (se Figur 15) som skiljer sig från Boden på sätt som framgår i Andersson et al., (2015). I Norrköping är STEG bara implementerat på en arbetsstation, och det är därför endast ett fåtal som använder STEG. Här finns inga tekniska problem men däremot saknas en del funktioner, också det beskrivet i Andersson et al. (2015).



Figur 15. Tågtrafikledning och STEG i Norrköping

### 8.1.3.1 Metod

Vid fältstudierna i Norrköping användes direktobservationer med möjlighet att fråga under tiden observationerna pågick. Detta sätt att blanda observationer med fördjupande frågor om specifika beteenden är ytterst värdefullt när man ska förstå varför och hur beslut fattas. Det är då också möjligt att fråga om sådant som man som observatör lägger märke till men som trafikledaren inte automatiskt nämner, exempelvis var, när och varför hen fokuserar på en viss del av skärmen och den information som visas just där. I Norrköping kunde vi genomföra observationer på tre arbetsstationer samtidigt, varav en alltid var arbetsstationen för STEG. Vid besöken i Norrköping har vi kunnat ta del av överlämning mellan arbetslag, och den information som då kommuniceras från avgående till tillträdande trafikledare vid en viss station.

I Norrköping fick vi också tillfälle att sitta ned tillsammans med två trafikledare i ett separat rum för att fråga om deras erfarenhet av trafikledning i stort och om omplaneringskonceptet som det förbereds för. Dessa två tillhörde de yngre och mindre erfarna trafikledarna, och den information vi där fick fram kunde vi sedan jämföra med de mer erfarna trafikledare vi observerade i så att säga skarpt läge.

### 8.1.3.2 Resultat och slutsatser

Resultaten från intervjuerna och analyserna i Norrköping visar på samma positiva effekter av STEG som i Boden. Även här betonas potentialen och fördelarna med STEG med avseende på möjlighet till mer dynamisk omplanering och att interaktivt kunna pröva olika lösningar. Särskilt de erfarna trafikledarna tycker att STEG ger god framförhållning. De använder ofta grafen för att visa och förklara för oss som sitter med hur de ser olika scenarier för olika tåg. Från dessa intervjuer och observationer kan vi också konstatera att trafikledarna även har detaljkunskaper om de olika tågen och tågtyperna. Den informationen är grundläggande i deras möjligheter att använda grafen på ett effektivt sätt.

Av stort intresse är också att, såväl de som arbetar med STEG som de som arbetar med äldre arbetsstationer verkar ha ett eget individuellt tidsfönster inom vilket de mer eller mindre har full kontroll på händelseutvecklingen. Detta fönster varierar från en trafikledare till en annan, alltifrån 10 minuter till 30 minuter, men det varierar också med trafikintensiteten. Är det mer intensiv trafik minskar tidsfönstret. Är det mycket intensiv trafik, eller om det uppstår förändringar i ett tågs planerade ankomst så att det uppstår förseningar som ligger nära

tidsfönstrets gräns, så övergår trafikledarna helt spontant till vad som kan kallas styrning ad-hoc, och i de fall de då använder STEG omplanerar de inte längre med någon direkt tidshorisont, utan övergår till att skyndsamt arbeta fram en lösning för det enskilda tåget. I det här läget behöver de ta ställning till andra saker än det de gör i omplaneringen i ett tidsfönster som ger möjlighet till framförhållning. Det här sättet att arbeta med öppen styrning är vad man helst vill undvika, men då och då under en arbetsdag uppstår den här typen av öppen styrning. I det här läget ser vi inga fördelar med STEG, istället övergår man då till att använda andra delar av tågtrafiksystemet.

Samma beteende som fanns i Boden kunde vi också se i Norrköping, det vill säga att man inte vill låsa upp sina beslut för långt fram i tiden. Man vill istället ha en viss frihetsgrad för att när det är lämpligt enligt det egna tidsfönstret gå in och planera om eller bara verifiera att allting fungerar som det var tänkt. Ett exempel på detta är när ett visst tåg är visst antal minuter försenat och trafikledaren initialt ser att om den förseningen hänger kvar behöver hen ändra spårplanen för det aktuella tåget eftersom ett annat tåg inkommer före till en viss punkt. Men eftersom det försenade tåget successivt tar igen minut för minut av förseningen, och trafikledaren har erfarenhet av hur en sådan situation brukar lösa upp sig, så väntar hen med att förändra planen, omplaneringen uteblir. Ibland är det en fråga om små skillnader som avgör om det försenade tåget verkligen behöver omplaneras eller inte, och i de situationerna väntar man in situationen och gör bedömningen så sent som möjligt. Den här typen av manuell handpåläggning är mycket svår att ersätta med hjälp av automation eftersom det extraarbete som skapas i och med en omplanering kan undvikas om man väntar in rätt beslutstillfälle. Det här exemplet visar också vad det är för typ av bedömningar och beslut som trafikledaren gör i de tysta. Man kan tala om den mänskliga faktorn som smörjoljan som får systemen att fungera effektivt. Det krävs dock erfarenhet att kunna vänta in rätt beslut.

## **8.2 Fördjupad analys av arbetet vid övriga trafikledningscentraler**

### **8.2.1 Fältstudiernas genomförande**

Mot bakgrund av det resultat vi fick i utvärderingen av STEG i Boden och Norrköping insåg vi att vi behövde förstå mer i detalj hur trafikledarna planerar sina beslut och hur de gör sina bedömningar med hjälp av de äldre befintliga systemen. Den sammanlagda kunskap som en erfaren tågtrafikledare har kan grovt sett delas in i två delar, dels kunskapen om tågföringen som sådan, samt dels hur tågföringen fungerar när den genomförs med hjälp av de olika system som utgör de självklara arbetsverktygen. För enkelhetens skull kallar vi dessa här för den domänspecifika kunskapen respektive den systemspecifika kunskapen. Vid förändring av arbetsverktyg i en komplex verksamhet som tågtrafikstyrning är exempel på kan man dela in förändringens natur i mer av antingen revolutionär eller evolutionär utveckling (Löscher, Axelsson, Vännström & Jansson, 2017). Det förra syftar på system- och teknikkraften av språngkaraktär, medan det senare syftar på förändringar i form av successiva förbättringar och anpassningar över tid.

Det är dock fel att påstå att den domänspecifika kunskapen är oförändrad över tid och att den inte påverkas av teknikutvecklingen i sin helhet. Förändringar i såväl infrastrukturen, signalsystemet som fordonsflottan gör att domänkunskapen till viss del förändras, men de

förändringarna är inte en del av de beslutsstöd och arbetsverktyg tågtrafikledaren använder – de utgör istället mer grundläggande och långsamma förändringar av tågtrafiksystemet i sin helhet. När vi nedan pratar om revolutionär och evolutionär systemdesign så inbegrips alltså inte de grundläggande förändringar som görs i tågtrafiksystemet i sin helhet, utan begreppen syftar på beslutsstöden i det dagliga arbetet.

En första viktig uppgift är att förstå och kategorisera förändringens natur. Innebär NTL och mer specifikt det nya upphandlade systemet mer av revolutionär eller mer av evolutionär systemdesign? I revolutionär systemdesign tar man inte hänsyn till den systemspecifika kunskapen som är kopplad till hur arbetsmoment utförs i ett äldre system (Löscher, et al., 2017). Men i evolutionär systemdesign ställs höga krav på att den systemspecifika kunskapen beaktas och värderas. Det är dock viktigt att betona att när det gäller den domänspecifika kunskapen så behöver man ta hänsyn till den oavsett om man använder sig evolutionär eller revolutionär systemdesign.

För att förstå beslutsprocesserna hos en tågtrafikledare i de nya system som nu byggs upp behöver man reda ut vad som blir kvar av beslut, bedömningar och problemlösningsaktiviteter i det nya systemet som nu byggs. Hur stora är skillnaderna – egentligen? STEG var tänkt att fungera som en slags mjuk kravspecifikation av hur beslutsstödet ska se ut och fungera för en viss del av tågföringen, den del som har med planering och framförhållning att göra, eller uttryckt som kontroll genom omplanering och automatisk exekvering. Tre ord är viktiga här: 1) kontroll, som syftar på det finns en uppdaterad plan som all känner väl till; 2) omplanering, som syftar på att alla nödvändiga och närvarande förändringar ska utföras med sådan framförhållning att en ny plan alltid kan utverkas när den tidigare har blivit obsolet; samt 3) automatisk exekvering, som syftar på att planens genomförande, oavsett den är intakt eller en omplanering, kan genomföras genom att tågvägar läggs automatiskt i flera steg (man färdigställer en tänkt exakt resväg genom alla aktuella växlar genom att ställa dessa i bestämda positioner hela vägen). Det är dock viktigt att påpeka automatisk exekvering inte är detsamma som automatisk omplanering. Automatisk exekvering innebär att automatiken ska ställa tågvägar automatiskt efter medvetna beslut i form av åtgärder från trafikledaren. Här finns nu två fördjupningsområden: dels sådana trafiksituationer som är så komplexa att en mänsklig operatör har svårt att se vilka lösningar som är lämpliga och tillräckligt effektiva; och dels de trafiksituationer som hamnar så nära realtid att det inte längre är lämpligt att prata om omplanering, utan situationsbaserad manuell exekvering i form justeringar. För att ta höjd för alla de här situationerna, som alla utgör realistiska moment i en representativ beskrivning av trafikledarens arbetsuppgifter så behövs en bredare utvärdering än den som är specifikt kopplad till STEG och hur STEG fungerar i Norrköping och Boden. En tredje variabel som tillkommit i analysen under vägen är de olikheter som idag finns på de åtta olika trafikledningscentralerna. Med detta som bakgrund har vi börjat utveckla en specifik metodik för att grundligt utvärdera och förstå beslut och bedömningar och problemlösning hos tågtrafikledarna på de centraler vi besökte. Detta har inte gjorts tidigare, då fokus inte har legat på att grundligt beskriva tågtrafikledningens arbete. Tidigare ansatser har fångat en del av det som har varit väsentligt, men det har också i hög grad färgats av vad ett fåtal forskare som inte har beteendevetenskaplig bakgrund har tyckt varit intressant. På så sätt har man



missat möjligheten att beskriva arbetets innehåll med hjälp av modeller som mer grundligt beskriver hur, vad och varför tågtrafikledare beter sig i olika situationer. Syftet med de fördjupade fältstudierna är att ändra på detta och beskriva tågtrafikledarens arbete. Det är dock ett arbete som inte kan slutföras inom ramen för UFTB. Därför lägger vi här grunden till den nya metoden med en pilotstudie för att utveckla en ny sådan metod.

Den metod vi har utvecklat ska ses mot två olika bakgrunder, dels det mera tillämpningsnära behovet att beskriva tågtrafikledningens arbete, dels behovet att tillföra ny kunskap till det vetenskapligt ämnesdisciplinära området som är bedömningar och beslutsfattande. Att enbart tillämpa existerande kunskap är inte tillräckligt. Vi har därför börjat utveckla RTD-metoden (engelskt förkortning för Recurrent Typical Decisions, på svenska regelbundet återkommande och typiska beslut) som grund för att beskriva de bedömningar och beslut i sociotekniska system, som tågtrafikledningsarbetet är ett ypperligt exempel på. Vi ser RTD-metoden som ett komplement till den metodik som används i de lab-studier som presenteras i nästa kapitel.

Vår uppfattning är att expertis utvecklas via en naturlig diskrimineringsprocess, där graden av både domän- och systemspecifik kunskap successivt ökar genom att allt fler instanser av objekt och händelser skapas och görs åtkomliga i områdesexpertens minne i form av en repertoar av lösningar på vidhängande problem och utmaningar. Den här kognitiva processen är exemplar- och/eller prototypbaserad, det vill säga den utgörs av så kallade lokala top-down-lösningar. Sådana lösningar utgörs av lokala teorier i form av mentala modeller av en begränsad del av arbetsdomänen, och hur en viss uppgift bäst kan lösas. Med erfarenheten ökar antalet tillgängliga lösningar, och de blir med tiden automatiserade i bemärkelsen att de visar sig naturligt och utan att det krävs någon högre nivå av kognitiv aktivitet när man har blivit uppmärksam på vilken typ av konflikt eller problem det rör sig om, se diskussionen om System 1 i kapitel 6.

Att frilägga kunskap från experter kräver att man hittar den nivå där diskrimineringsprocessen befinner sig. Det är ingen idé att uppehålla sig vid alltför generella nivåer, de är redan passerade som relevanta för experten. Många av svårigheterna med att frilägga relevant kunskap handlar om att forskaren/intervjuaren inte lagt ned tillräckligt med tid och energi på att hitta och närma sig relevant kunskapsnivå. Vi tror dock att det är mer möjligt att frilägga relevant domän- och systemspecifik kunskap hos experter än vad man kanske normalt föreställer sig, och det gäller även rutinarbetsuppgifter, alltså inte bara kritiska incidenter. När sådana rutinarbetsuppgifter utgörs av typiska och regelbundet återkommande arbetsmoment tror vi att detta sätter spår i ett system två på samma sätt som andra, mer framträdande och för minnet tillgängliga incidenter/händelser av mer kritisk karaktär, se kapitel 7 för diskussion om metodproblem vid verbaliseringsövningar.

Vår metod kollegial verbalisering visar att regelbundenheter i miljön formar beteendet på ett sätt som gör kognitionen tillgänglig även för en utomstående betraktare, även så kallade representativa och typiska bedömningar, beslut och lösningar på problem. En stor del av tidigare problem med att vara säker på om frilagda kunskaper från rutinarbetsuppgifter är valida har att göra med att det inte har gått att kontrollera reliabiliteten i de utsagor som utgör data. Det beror på att sådana utsagor är privata och därför omöjliga att kontrollera. Men om

man istället utgår från att miljön formar individers tänkande på liknande sätt, och att data från olika individer kan jämföras, då uppstår möjligheten att kontrollera dem, åtminstone på en nivå som är tillräcklig för att man ska kunna uttala sig om innehållet i de verbala rapporterna.

Vi utvecklar därför en metod för att frilägga responser som svarar mot återkommande och typiska arbetsmoment. Inom tågtrafikledning är mindre avvikelser ett sådant arbetsmoment. Sådana avvikelser inträffar kontinuerligt under varje arbetspass, och att sådana responser inte ger upphov till någon som helst uppfattning som går att verbalisera håller vi för uteslutet. Tvärtom, det finns till och med konsensus kring just dessa moment, och därför utgör de ofta en förbisedd resurs för friläggande av kunskap med avseende på expertis och domänspecifik kunskap. Mot bakgrund av ovanstående är syftet här att utveckla en metod som ska användas för att studera, analysera och slutligen beskriva tågtrafikledarens beslutsfattande.

Vi definierar här beslutsfattande som en process (se kapitel 7 för diskussion om detta). Och det är hur tågtrafikledaren resonerar under den processen som är intressant för den slutliga beskrivningen av tågtrafikledarens beslutsfattande. Som ett alternativ till termen beslutsfattande (som process) kan man också välja att använda begreppet resonerande (eng. reasoning). Begrepp som problemlösning, bedömning och åtgärd (handling) kommer automatiskt att användas som del av beskrivningen av tågtrafikledarens beslutsprocess.

Tanken är att göra två saker samtidigt, dels att utveckla en metod för att studera det ovan beskrivna beslutsfattandet, dvs. att dokumentera hur metoden växer fram och hur den senare ska användas, men också samtidigt beskriva resultatet av användningen av metoden. Detta resultat blir en slags modell över tågtrafikledarens beslutsfattande. Modellen har successivt växt fram parallellt med metodens utveckling.

Metoden kan översiktligt beskrivas som en successiv identifiering av nyckelbegrepp som är centrala i modellen. Problemet är att dessa begrepp på förhand är okända – vilka begrepp som ska användas för att beskriva beslutsfattandet är till en början okänt. Metoden går alltså ut på att identifiera dessa. I takt med att allt fler begrepp identifieras klarnar också modellen över beslutsfattandet.

### **8.2.2 Metod**

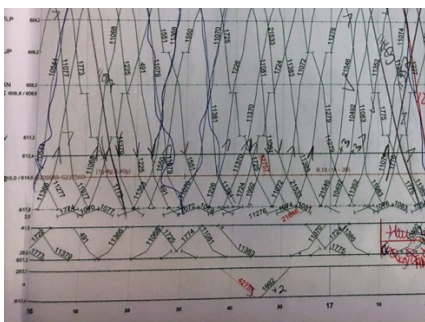
RTD-metoden är en procedur i tre faser om sammanlagt sju steg. I första fasen används en intervjuteknik där information om olika rutinarbetsuppgifter samlas in via frågor om hur olika kognitiva arbetsuppgifter utförs. Det är bara domänexperter som kan svara på hur sådana arbetsuppgifter utförs och den här första fasen består av tre steg (se nedan). I andra fasen identifierar den forskare eller utredare som deltagit i intervjuerna ett antal begrepp och nyckelord som återkommer regelbundet i intervjuerna. Begreppen kategoriseras som tillhörande antingen människan eller miljön. Baserat på de två första faserna skapas en modell i form av en beskrivning som därefter presenteras för en ny omgång av domänexperter genom att de ombeds att i ett frågeformulär ta ställning till påståenden som tar sin utgångspunkt i den beskrivning som framkommit. Här utgår man från samma arbetsuppgifter som initierades i första fasen. När tredje fasen är avslutad bestäms om och i så fall i vilka delar som ovanstående tre faser behöver upprepas. Det kan hända att man kan behöva fortsätta analyserna med hjälp av flera nya arbetsmoment, eller fler frågor om samma arbetsmoment

(upprepa första fasen), eller så behöver identifiera flera och nya begrepp och på så sätt fördjupa analyserna (upprepa andra fasen), eller så vill man bara fortsätta samla in data från nya trafikledare som tar ställning till de beskrivningar som finns i frågeformulären (upprepa tredje fasen). Genom sin iterativa karaktär ger metoden möjlighet att successivt samla in information i de delar där ny information fortfarande kan behövas. Kriterier för när de olika faserna kan anses vara avslutade är när det efter fas tre inte finns några uppslag om nya arbetsmoment, när det inte längre tillkommer nya begrepp, eller när nya deltagare inte längre verkar tillföra varians i enkätundersökningarna. Inom ramen för UFTB har vi hittills hunnit genomföra preliminära undersökningar i fas ett och två. En första enkel modell i form av en beskrivning av trafikledarnas beslutsfattande ges i slutkapitlet i den här rapporten. Första fasen genomfördes i Malmö, se Figur 16 nedan.



*Figur 16. Trafikledningscentralen i Malmö.*

Slutligen planeras för en procedur för att analysera data som kommer från tredje fasen. Den delen har inte kunnat slutföras inom ramen för UFTB. Analysmetoden kommer att utformas i nära anslutning till Flanagans CIT-metod (Flanagan, 1954), och Kleins CDM-metod (Klein et al., 2010; Klein, 1996) för att möjliggöra jämförelser, men metoden kommer också att ha sin unika karaktär i att den utgår från representativa och typiska arbetsuppgifter, inte alls de ovanliga och avvikande händelser som är utgångspunkten för Kleins och Flanagans metoder. Figur 17 nedan visar ett exempel på en Daglig Graf i Malmö.



*Figur 17. En typisk daglig graf från Malmö.*

Nedan beskriver vi hur metoden hittills har utvecklats och använts.

### **8.2.2.1 RTD Metoden – Fas 1**

Steg 1. Välj en typisk arbetsuppgift. Intervjun i den första fasen tar sin utgångspunkt i en specifik arbetsuppgift åt gången. Respondenten ombeds välja en typisk arbetsuppgift som illustration av en normal arbetsdag eller arbetspass. Intervjuare betonar att det inte ska vara en unik eller ovanlig händelse, utan en händelse av representativ natur. Den får ofta hända minst en gång eller flera gånger per arbetspass. En typisk fråga här är: vad är det mest typiska du gör i ditt arbete? När en sådan konkret arbetsuppgift är identifierad och vald ber intervjuaren om en allmän beskrivning av uppgiften.

Steg 2. En första enkel beskrivning av arbetsmomentet. Trafikledaren ombads beskriva hur hen upptäcker eller blir medveten om momentet. Vad är det som gör hen uppmärksam på att något behöver göras. Alla intervjuade kunde genomföra detta moment utan större ansträngning. De pekade ofta på skärmen för att visa var och när de registrerat vad som hände.

Steg 3. Ge en mer fullödlig beskrivning av arbetsmomentet. Detta gjordes när det fanns tid, vilket ibland kunde ta en eller flera minuter. Här användes en semi-strukturerad intervju för att pumpa domänexperten på olika aspekter av beslutet, bedömningen, lösningen eller tankegången som helhet. Den här fasen är alltså en blandning av ostrukturerad intervju, semi-strukturerad intervju där vissa frågor återkommer, deltagande analys där respondenten reagerar på olika frågor av typen: är det så eller så? Det frågades också efter vilken information de använde och vilken information de eventuellt saknade.

I de olika intervjuer som genomfördes på de olika trafikledningscentralerna gavs olika förutsättningar för hur intervjuerna kunde genomföras. Detta är en del av arbetssättet att skapa möjligheter för att upptäcka skillnader och att inte hålla sig för hårt till ett visst protokoll. I samtliga fall kunde intervjuaren genomföra sin intervju under pågående arbete. Detta är möjligt genom att man innan intervjun genomförs klargör att trafikledaren när som helst och utan anledning kan avbryta, tillfälligt eller helt, beroende på hur arbetspasset utvecklas. Detta arbetssätt gjorde det möjligt att fråga om sådant som sker underhand och att få mer information om det som faktiskt händer under intervjun, inte bara det man föreställer sig vanligtvis händer. Deltagarna kunde vanligtvis genomföra och fullfölja intervjun som planerat. De vanligaste arbetsuppgifterna både visar upp sig under intervjuens gång i det som händer och är av sådan art att trafikledaren kan dra sig dem till minnes utan att de händer just då. Vanliga frågor som ställdes då var: hur vanligt är detta, eller hur ofta händer detta? Se Figur 18 nedan för bild över ledningscentralen i Gävle.

### **8.2.2.2 RTD-metoden – Fas 2.**

Steg 4 – Identifiera centrala begrepp. Baserat på vad som framkommit i den första fasens tre steg, sätter den forskare som deltagit i intervjuerna samman en beskrivning av arbetets särart i form av nyckelbegrepp, centrala och återkommande begrepp som verkar vara själva kärnan i arbetets utförande.

Steg 5. Kategorisera begreppen som tillhörande antingen människan (trafikledaren) eller miljön (domänen eller systemen).



Figur 18. En miljöbild från Gävle. I Gävle används ett devis annorlunda system.

### 8.2.2.3 RTD-metoden – Fas 3.

Steg 6. Skapa en beskrivning i form av en modell som sedan ska användas för att ställa påståenden utifrån. En första enkel sådan modell finns redovisad i kapitel 10.

Steg 7. Ombesörj datainsamling baserat på modellen och frågeformuläret. Den här delen är inte genomförd inom ramen för UFTB.

### 8.2.3 Resultat

Resultaten från fältstudierna redovisas nedan gemensamt för alla trafikledningscentraler. Skillnaderna mellan de olika trafikledningscentralerna var oväntat stora för oss. Men om man bortser från de stora skillnader som trots allt finns i form av fysiska utrymmen, organisation, arbetsstationernas placering, antal operatörsplatser, trafikintensitet och graden av blandad trafik och fokuserar på själva kärnan i arbetet så framgår ganska tydligt att likheterna också är mycket stora. Läsaren behöver dock hålla i minnet att vi bara har genomfört ett besök vid respektive trafikledningscentral, förutom Norrköping som vi besökt vid fler tillfällen. Trafiksituationen den specifika besöksdagen avviker därför mer eller mindre från den typiska arbetsdagen på varje ställe. Besöken har dessutom skett vid olika tidpunkter, vilket medförde att vi inte nödvändigtvis var närvarande när det brukar vara som mest trafik även om det var en typiskt normal arbetsdag. Vi sammanfattar resultaten nedan under ett antal centrala begrepp som alla är hämtade från första fasens andra steg, det vill säga centrala begrepp och nyckelord som beskriver tågtrafikledarens arbete på ett representativt sätt.

#### 8.2.3.1 Framförhållning och planering

Tågtrafikledning handlar om att ha framförhållning och en planering som gör att man inte blir överraskad! Detta konstaterande är både ordagrant hämtat från några av de vi intervjuat och en slags sammanfattning av själva kärnan i arbetet. Utan tillräcklig framförhållning kan arbetet fort bli en belastning som i längden inte är sund. Det är dock stor skillnad mellan olika trafikledare vad man menar med framförhållning. Några säger tveklöst att de för det mesta har minst 30 minuters framförhållning för vad som kommer att hända, såvida inte helt okända och oväntade saker inträffar. Andra anger cirka 10 – 15 minuter som lagom framförhållning. Vi tycker oss också kunna se utan att kunna belägga det rent kvantitativt att framförhållningens längd samvarierar med erfarenhet – ju längre erfarenhet av yrket, ju längre framförhållning.

### **8.2.3.2 Ansvar**

Mitt arbete är ansvarsfullt! Det framkommer då och då i intervjuerna att man tycker att man har ett ansvarsfullt arbete, och att det därför också är viktigt. Man upplever därför också en viss irritation när det görs prioriteringar som gör att man inte får lika lätt att ta sitt ansvar på ett sådant sätt som man själv anser är nödvändigt.

### **8.2.3.3 Problemlösning, inklusive probleminventering och problemstrukturering**

Arbetet innehåller både roliga och utmanande problem som behöver lösas! Det finns en beredskap för att identifiera eventuella problem så tidigt som möjligt. Lösningarna är också ofta i form av väl beprövade lösningar, sådana man vet i normalfallet fungerar. Flera av de vi intervjuat anser att den här delen av arbetet är stimulerande, under förutsättning att möjligheterna att skapa bra lösningar är goda. Problemlösning verkar också vara något man nämner när det fortfarande är gott om tid att bestämma sig.

### **8.2.3.4 Bedömningar och beslutsfattande**

Jag vet inte om jag direkt fattar beslut! Att man aktivt fattar beslut är inget man nämner ofta, utom när det gäller vissa typer av beslut som kräver blanketthantering. Förutom dessa situationer är det vanligast att prata om beslut när det gäller konflikter av olika slag. Några av de intervjuade har sagt att ”jag måste snart bestämma mig för en lösning här”, vilket indikerar att de överväger beslut i flera led. Däremot är bedömningar mer vanligt förekommande som beskrivning av en pågående arbetsuppgift, exempelvis när det är oklart om ett tåg med en viss försening kommer att ha kört in förseningen vid en viss tidpunkt.

### **8.2.3.5 Konfliktdokumentering och konfliktlösning**

Konflikter uppstår regelbundet! Om själva kärnan i att vara tågtrafikledare handlar om att ha framförhållning och en planering som gör att man inte blir överraskad, så är den näst vanligaste arbetsmomentet att reglera bort konflikter. Konflikter är alltså inte bara en beskrivning av vad som händer, utan också en central del av att ha en tillräckligt god framförhållning. Konflikterna utmanar egenkontrollen av uppgiften, därför måste de hanteras på ett bra sätt.

### **8.2.3.6 Ordning, ordningsföljd, och logistik**

Bedömningar handlar ofta om i vilken ordning saker och ting ska ske! Resandeutbyte tar viss tid och på detaljnivå handlar bedömningar och beslut om i vilken ordning tåg ska tas in och få lämna plattformen. Några trafikledare anger att de tycker att arbetet innebär olika varianter av logistiska pussel.

### **8.2.3.7 Reglera och justera**

Det är viktigt att reglera sin egen arbetsbelastning! Reglera används oftast när man ska beskriva sin egen arbetsinsats, medan justera oftast används för att beskriva att man gör förändringar i ett tågs planerade färdväg.

### **8.2.3.8 Aktiv kontra passiv**

Jag försöker ligga ett steg före! Vi har sett stora skillnader i hur olika trafikledare väljer att vara mer eller mindre aktiva eller mer eller mindre passiva, och också medvetet nämner detta i beskrivningen av arbetet. Några säger bestämt att de genom att vara aktiva undanröjer

många onödiga arbetsmoment, exempelvis genom att på förhand lägga tågvägar genom växlar som de tror sig veta att en lokförare vill ha. Andra anger att det inte är någon idé att överarbeta genom att göra för mycket i förväg, och vissa väntar med att ingripa till dess det finns en konkret uppgift att lösa. Möjligen ser vi också skillnader i kulturer mellan olika trafikledningscentraler här.

#### ***8.2.3.9 Frihetsgrader, skapa utrymme och känsla av kontroll***

Ibland är det klart bättre att avvakta, det är inte säkert jag vill ha just den lösningen! När det finns tillräckligt mycket osäkerhet i en viss lösning, exempelvis vad den i praktiken innebär eller om det är för tidigt att bestämma sig därför att man inte vet tillräckligt mycket om omgivande trafik, då nämner flera trafikledare att det är viktigt att ha vissa frihetsgrader. Här finns en tveksamhet inför vad automatiken kan ställa till med.

#### ***8.2.3.10 Scenarier***

Möjligen kan det här hända! Vissa uttrycker sig i termer av scenarier – vad som möjligen kan hända. Det tar höjd för olika möjligheter, kanske baserat på erfarenhet av vad som kan hända i just det här fallet.

#### ***8.2.3.11 Övervakning och aktiv handpåläggning***

Arbetet är en kontinuerlig blandning av övervakning och aktiv handpåläggning! Fördelningen mellan dessa skiftar mycket, från en dag till en annan, från ett distrikt/område till ett annat. Övervakningen gränsar ibland, för vissa, till tråkighet, medan andra finner den skonsam. Det finns också en ära i att inte lämna för mycket av faktisk handpåläggning till den som kommer passet efter.

#### ***8.2.4 Slutsatser***

Slutsatserna man kan dra efter genomförda fältstudier är att tiden är en mycket viktig faktor för att förstå hur och varför beslut fattas som de gör i tågtrafikledningen. Beslut formas som en reaktion på, och med tanke på, den tiden man har tillgänglig för att bedöma, bestämma sig, besluta om åtgärder, handla och därefter uppdatera sig om läget efter implementerad åtgärd. En annan sak som tydligt framgår är behovet av resursoptimering, men det som då avses är i första hand kognitiv resursoptimering på det sätt som Simon beskriver, inte resursoptimering utifrån ekonomi eller andra aspekter. Även här är tiden naturligtvis en viktig faktor – det är tid tillgänglig som avgör vilka kognitiva strategier som beslutsfattaren använder för att balansera kraven. En tredje sak som framkommer är att arbetet är både intressant, ofta stimulerande och – inte minst – ansvarsfullt. Många av de trafikledare vi suttit vid sidan av sätter en ära i att vid nästa skiftbyte lämna över ”sitt” trafikområde med omsorg och att se till att den som går på nästa pass får en bra start på sitt arbetspass. Ytterligare en sak som framgår är att trafikledarna arbetar med en repertoar av lösningar tillgängliga i minnet, som en slags verktygslåda att använda när situationen är tydlig nog att kunna fatta beslut på.

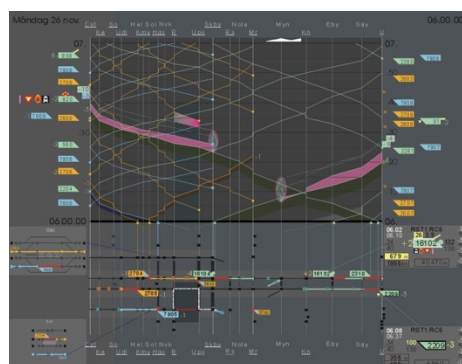
## 9 Lab-studier med mikrovärlden GridRail

### 9.1 Syftet med lab-studierna

#### 9.1.1 Mikrovärldar som metod för att studera beslutsfattande

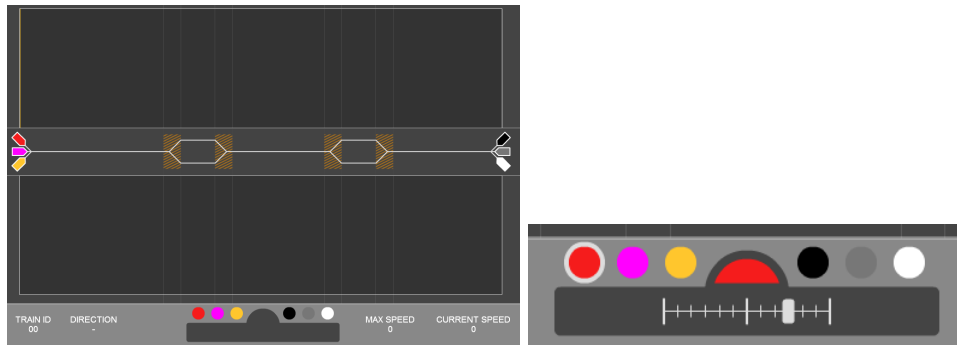
Mikrovärldar används som ett sätt att minska gapet mellan fältstudier och traditionella lab-studier (Brehmer & Dörner 1993). Med hjälp av en mikrovärld skapas en datorsimulerad uppgift som på ett eller annat sätt anses vara en realistisk återgivning av beslutsuppgifter eller problem som en viss grupp av människor erfar i sin vardag. Det kan handla om all dagliga problem, men också vara yrkesrelaterat. Mikrovärldsforskningen svarar mot ett behov som finns att studera i huvudsak komplexa fenomen och effekter på ett kontrollerat sätt utan att uppgiften blir alltför enkel och avgränsad som den skulle bli i en traditionell lab-studie, men också utan att man förlorar möjligheten till systematisk variation och kontroll av effekter vilket man gör i traditionella fältstudier. Mikrovärldsforskningen som metod är utvecklad inom det forskningsparadigm som kallas dynamiskt beslutsfattande (Brehmer 1992) och som lägger stor vikt vid att tiden påverkar hur beslut modelleras, undersöks och förstås.

Det finns i världen inte särskilt många mikrovärldar som är modellerade efter en specifik arbetsuppgift, och särskilt inte med målet att försöka efterlikna de system används i den arbetsuppgiften. Det är vanligare att försöker skapa generella komplexa och dynamiska datorsimulerade uppgifter som ska vara representativa på en mer abstrakt nivå. Men med GridRail som presenteras nedan håller vi oss på en tillräckligt konkret nivå för att det ska vara möjligt att avgöra om uppgiften är representativ för uppgiften att styra tågtrafik. Vi ser därför de första experimenten med GridRail som försök att modellera en uppgift än att beskriva och undersöka beslutsfattande hos trafikledarna. Av den anledningen har vi fokuserat på en del i taget i STEG:s layout och funktion. En central del är de trendlinjer som vi vet är naturliga delar av tågtrafikledarens Dagliga Graf men också i STEG. Att undersöka effekten av dessa trendlinjer är med andra ord både relevant för den specifika uppgiften men det har också ett allmänt värde att veta när och om sådana trendlinjer används samt vilken effekt de har. Av den anledningen börjar vi med att använda studenter som försökspersoner för att senare använda tågtrafikledare som försökspersoner. Figur 19 nedan visar STEG, och figur 20 visar GridRail i en startposition.



Figur 19. GridRail är modellerat efter STEG.





Figur 20. GridRail i startläge, med manöverpanelen till höger.

### 9.1.2 Studie 1

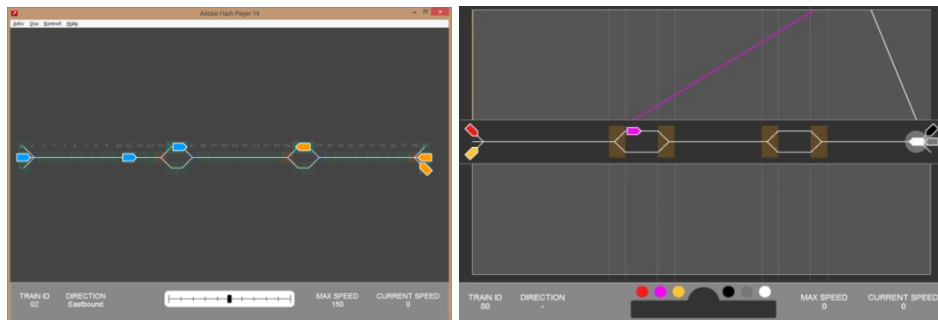
Någon systematisk och utförlig utvärdering av STEG har inte genomförts tidigare – det ligger i aktionsforskningens och den användarcentrerade systemdesignens natur att det inte görs någon experimentell eller systematisk undersökning av framtagna designkoncept. Ur ett mer långsiktigt verksamhetsperspektiv för Trafikverket, och ur ett mer strikt vetenskapligt perspektiv finns det däremot ett behov av att klargöra vad det är i STEG-konceptet som gör det till ett attraktivt verktyg. För att undersöka detta mer systematiskt identifierades till att börja med tre möjliga orsaker, vilka omformulerades som hypoteser utifrån de preliminära analyserna som fanns tillgängliga när projektet startade: 1) STEG ger genom sin grafiska representation en högst relevant spatial beskrivning av trafikledarens arbetsdomän, vilket gör att hen på ett kognitivt enklare sätt än tidigare kan associera pågående aktiviteter i domänen med det som visas i den semi-dynamiska representationen i STEG. STEG underlättar förståelsen av vad som pågår, eller annorlunda uttryckt, STEG underlättar utvecklingen av en bra mental modell av domänen och de pågående aktiviteterna; 2) STEG möjliggör genom manipulering av objekt direkt i gränssnittet en form av direktinteraktion med omedelbar återkoppling som medger ett feedback-baserat arbetssätt vilket ur ett belastningsperspektiv är ett kognitivt enklare sätt att arbeta än ständig framförhållning (feed-forward). STEG uppmuntrar till direktinteraktion, eller annorlunda uttryckt, STEG medför ett smidigare, enklare och effektivare arbetssätt; eller 3) informationen som visas semi-dynamiskt i form av grafiska trendlinjer gör det enklare att avgöra vad som pågår för varje enskilt tåg, istället för att trafikledaren ska behöva samla på sig den informationen genom att interagera och studera flera olika informationssystem och sedan hålla den informationen i arbetsminnet. STEG befriar trafikledaren från onödig kognitiv belastning vid bedömning av om ett enskilt tågs planerade färdväg följer prognosen eller inte, eller annorlunda uttryckt, STEG leder till lägre kognitiv belastning vid återkommande bedömningsuppgifter. I den första studien valdes att fokusera på den sist nämnda hypotesen. Den forskningsfråga som ställdes var: leder perceptuella beslutsstöd, i form av visuella trendlinjer, till snabbare inläring och bättre beslut än om sådana visuella prognoser saknas? Även effekten av ett specifikt målkriterium undersöktes som en sekundär uppgift.

#### 9.1.2.1 Metod

För den första studien gjordes bedömningen att den aktuella hypotesen kunde undersökas med studenter som försökspersoner. Om det finns en effekt av trendlinjer som perceptuella beslutsstöd bör en sådan vara oberoende av den domänspecifika kunskapen som en

trafikledare har. En sådan effekt bör alltså ge sig till känna även när försökspersonerna är studenter. 32 deltagare interagerade med GridRail i en beslutsuppgift som har likheter med både klassiska problemlösningssuppgifter, dynamiska beslutsproblem och representativa arbetsminnesuppgifter. De fick 40 försök på sig för att förbättra sin prestation så mycket som möjligt, försöken delades in i två omgångar med 20 försök i varje omgång. Hälften av deltagarna genomförde uppgiften med hjälp av trendlinjer, en andra hälften utan trendlinjer. Hälften av deltagarna hade också en mer specifik målsättning – de skulle försöka klara uppgiften under 32 sekunder, medan den andra hälften av deltagarna bara fick veta att de skulle försöka klara uppgiften så fort de kunde, utan någon anvisning om tid.

Huvudsakliga beroendemått i undersökningen var prestation i form av hur snabbt de lyckades lösa de uppkomna konflikterna i varje försök samt skattningar av hur svår respektive uppgift var. Dessa skattningar gjordes vid tre tillfällen per omgång – i början av första omgången och i slutet av första och andra omgången. Dessutom genomfördes en intervju efter avslutat experiment där allmänna frågor ställdes till alla deltagarna. Figur 21 visar de olika betingelserna. För mer detaljerade analyser gällande hela studie 1, se Caglarca, 2015.

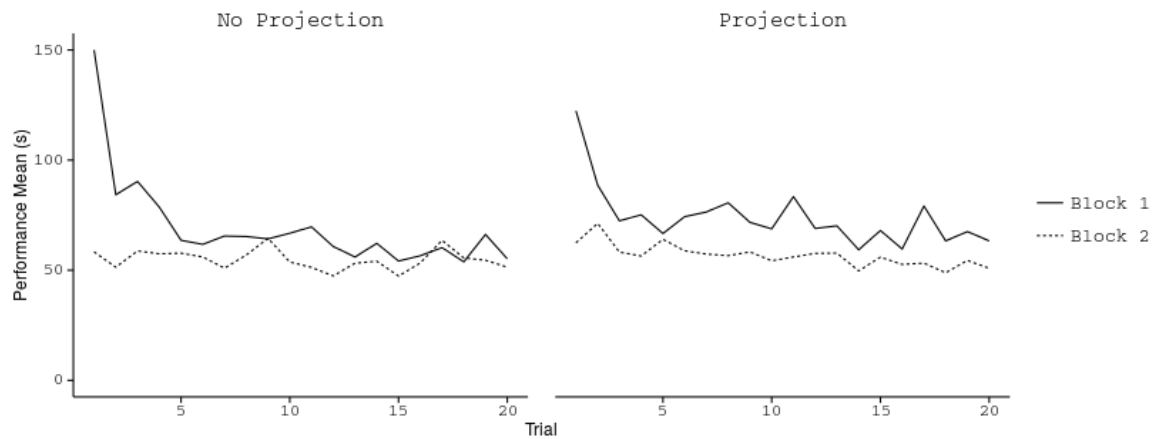


Figur 21. GridRail under olika betingelser, utan trendlinjer och med.

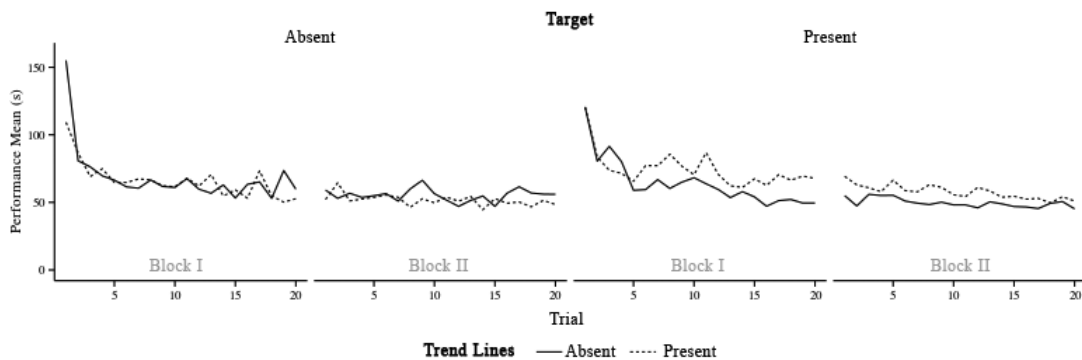
### 9.1.2.2 Resultat

Figur 22 nedan visar resultaten från första studien. De heldragna linjerna visar första omgången, de streckade linjerna andra omgången med 20 försök i varje. Vänstra delen av figuren visar kontrollgruppen utan trendlinjer, och högra delen av figuren visar gruppen som fick trendlinjer som stöd för sina bedömningar. Som man kan se är inlärningskurvorna likartade för båda grupperna när det gäller effekter av trendlinjer, men det går något fortare för gruppen utan trendlinjer att klara uppgiften i första omgången. I andra omgången är skillnaderna mycket små. En möjlig tolkning av resultaten är att gruppen med trendlinjer fortfarande verkar förbättra sig när andra omgången går mot sitt slut, vilket skulle kunna tyda på att den gruppen fortfarande har potential att förbättra sig. Figur 23 nedan visar sedan resultaten uppdelade på alla fyra betingelser. Här visas kontrollgruppens resultat med heldragna linjer, uppdelat på de fyra omgångarna och de två målbetingelserna. På samma sätt visas gruppen som fick trendlinjer som beslutsstöd med streckade linjer. Gruppen utan specifikt målkriterium visas i vänstra delen av figuren, och gruppen med ett specifikt målkriterium visas till höger. För den halva av deltagarna som saknade ett specifikt målkriterium verkar det inte spela någon roll om de har trendlinjer som stöd eller inte. Skillnaderna är mycket små i båda omgångarna. För den halva av deltagarna som hade ett specifikt målkriterium är resultaten både mer komplicerade, oklara och spännande. Här verkar

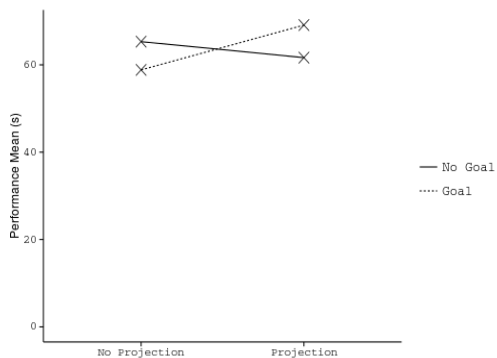
det som om gruppen med trendlinjer som beslutsstöd tar längre tid på sig för att lära sig hantera uppgiften. En analys av de fyra betingelserna visar att det finns en interaktionseffekt (se Figur 24) där de deltagare som hade både ett specifikt målkriterium och trendlinjer som beslutsstöd presterar allra sämst. Det är också tydligt att det är det specifika målkriteriet i kombination med trendlinjerna som är mest utslagsgivande, men i helt fel riktning i förhållande till hypotesen. De som har både mål och trendlinjer presterar allra sämst!



Figur 22. Prestation mätt i tid för huvudvariabeln trendlinjer och de två omgångarna.

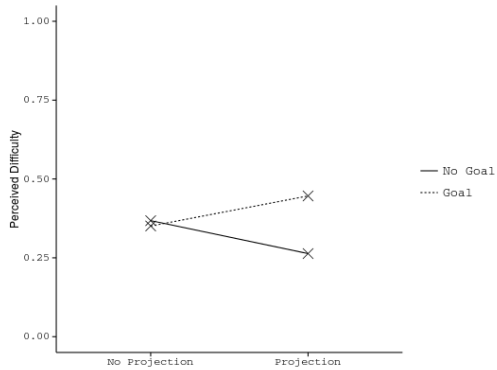


Figur 23. Prestation mätt i tid för både mål och trendlinjer samt de två omgångarna.

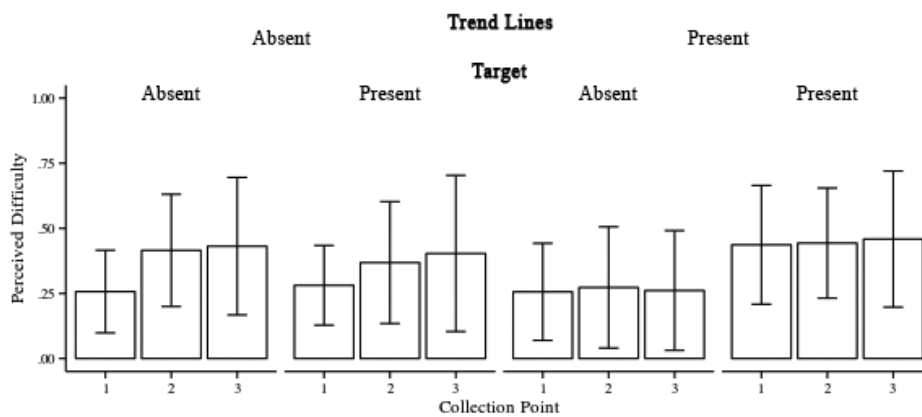


Figur 24. Interaktionseffekten mellan mål och trendlinjer.

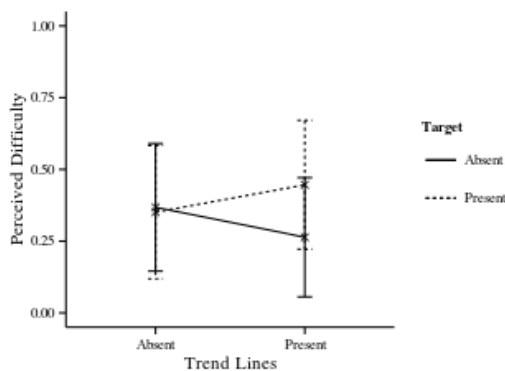
En förklaring till de något oväntade resultaten som visade på sämst prestation för kombinationen trendlinjer och specifikt målkriterium får vi om vi analyserar resultaten från mätningen av den upplevda svårigheten. Figur 25, 26 och 27 nedan visar resultaten från den mätningen. Här visar resultaten att det signifikanta skillnader i upplevd svårighet. Kombinationen specifika mål och trendlinjer är den klart svåraste betingelsen.



Figur 25. Upplevd svårighet och de fyra betingelserna i de två huvudvariablerna



Figur 26. Upplevd svårighet uppdelad i de tre mätningarna och samtliga fyra betingelser.



Figur 27. Medelvärden för den upplevda svårigheten är 0.368 för AA, 0.351 för AP, 0.263 för PA, samt 0.446 för PP.

I en kort intervju direkt efter experimentet frågade vi deltagarna som hade haft trendlinjer som beslutsstöd om de hade använt linjerna och på vilket sätt. Nästan alla angav att de hade använt

sig av trendlinjerna och en stor majoritet av dem ansåg att trendlinjerna var bra och till och med direkt nödvändiga. Några angav dock att det bara var i början av varje scenario som de använde linjerna för att avgöra var tågen skulle mötas.

### **9.1.2.3 Diskussion och slutsats**

Resultaten från den första omgången experiment är inte tydliga. Hypotesen att trendlinjerna skulle underlätta bedömningen och att detta skulle kunna avläsas i form av enklare och snabbare beslut har inget stöd i data. Tvärtom verkar det som om kombinationen specifika mål och trendlinjer leder till sämre prestation. En möjlig förklaring till detta är att deltagarna hade svårt att prestera bra när de skulle hålla ordning på både mål och trendlinjer. Den slutsatsen har också stöd i mätningen av upplevd svårighet, betingelsen med både trendlinjer och specifika mål upplevs som den svåraste. En förklaring till att just den betingelsen upplevs som svårast kan vara att uppgiften att hålla reda på det specifika målet samtidigt som man ska fokusera på trendlinjerna blir för mycket i en uppgift som är dynamisk, där det händer saker hela tiden. Detta gäller kanske särskilt personer som inte har någon erfarenhet av uppgiften de fick i lab-studien. Detta aktualiserar frågan om vilken typ av uppgift GridRail egentligen är. Här kan vi konstatera att den hastighet med vilken tågen förflyttar sig är ganska annorlunda än hur det ser ut i verkligheten och i STEG. Uppgiften blir mer av perceptuell bedömning under tidspress än problemlösning. Samtidigt ser vi i data att åtminstone den grupp som hade den svåraste uppgiften (kombinationen linjer och specifika mål) möjligen inte nått sitt maximum vad beträffar att bli så effektiva som möjligt. Det kan vara så att de fortfarande skulle kunna prestera bättre med trendlinjer, men att det tar längre tid att få fram den effekten, och att tiden inte var tillräckligt lång för att detta skulle upptäckas i första experimentet. För att råda bot på dessa tveksamheter bestämdes att två olika uppföljningar av första experimentet skulle göras. Dels lät vi en ny grupp studenter köra samma experimentella design som i studie 1 men med ytterligare 20 försök så att de skulle få längre tid på sig. Dessutom kombinerade vi detta med att de som deltog i detta andra experimentet fick komma tillbaka några veckor senare för att vi skulle kunna avläsa om gruppen med trendlinjer hade lärt sig mer och därför kom ihåg bättre än de utan trendlinjer vid ett senare tillfälle. Detta gjordes i andra experimentet. Dels startade vi ett tredje experiment där hastigheten i tågens rörelser blev långsammare för att på så sätt se om uppgiften fick en annan karaktär. Ytterligare en aspekt vi ville följa upp var det faktum att så många angav att de faktiskt använde linjerna, men att detta inte verkar ha satt något avtryck i prestationen men däremot delvis i den upplevda svårigheten. Här kan man fundera på i vilken utsträckning personernas uppgifter i efterhand om användningen av trendlinjerna stämmer med vad de egentligen gjorde. Detta ämnar vi återkomma till i den fjärde studien.

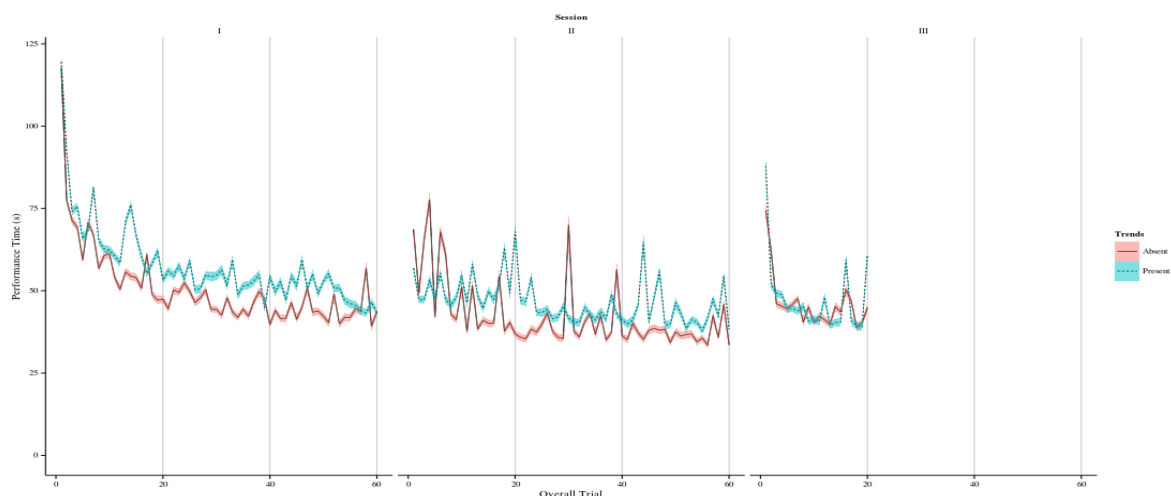
## **9.1.3 Studie 2**

### **9.1.3.1 Metod**

Studie två delades in i två delar. Dels lät vi en ny grupp studenter köra nästan samma experimentella design som i studie 1 men med ytterligare 20 försök så att de skulle få längre tid på sig. En annan skillnad vara att deltagarna fick samma, allmänna målinstruktion – mål utgick alltså som oberoende variabel i Studie 2. Dessutom kombinerade vi de extra 20 försöken med att de som deltog i detta andra experimentet fick komma tillbaka några veckor senare för att vi skulle kunna avläsa om gruppen med trendlinjer hade lärt sig mer och därför

kom ihåg bättre än de utan trendlinjer vid ett senare tillfälle. Figur 28 nedan visar resultaten från de två omgångarna i experiment två.

### 9.1.3.2 Resultat



Figur 28. Resultatet av experiment två, mätt i prestation i form av inlärningskurvor. Även andra delen av experiment två framgår.

Figur 28 ovan visar att även i det här experimentet är det deltagarna som saknar trendlinjer som presterar bäst, det vill säga de klarar uppgiften snabbare än deltagarna med trendlinjer, men inte heller här är skillnaderna signifikanta. Eftersom målbetingelserna är lika för alla deltagare så ligger det nära till hands att konstatera att det inte finns någon positiv effekt av trendlinjerna när man mäter prestation i tid, tvärtom verkar det till och med vara så att trendlinjerna försämrar prestationen i den här versionen av GridRail. Analyser av data när deltagarna kommer tillbaka visar heller ingen bestående inlärnings effekt av trendlinjer – den gruppen av deltagare presterar på samma nivå som de utan trendlinjer.

### 9.1.3.3 Diskussion och slutsatser

Studie 2 genomfördes för att tillåta längre inläringstid samt för att följa upp inläringens effekt på längre sikt. Resultaten visar ingen skillnad eller möjligen skillnad i strid med hypotesen att trendlinjer utgör ett bra beslutsstöd. Vi kan därmed konstatera att den specifika målbetingelsen inte ensam är orsaken till att trendlinjerna inte leder till bättre prestation. Istället verkar trendlinjerna i sig själva skapa ett svårare problem för deltagarna än när de bara kan koncentrera sig på de enskilda tågen. En möjlig förklaring till utebliven effekt är att tempot i simuleringen inte medger den framförhållning med hjälp av trendlinjer som tågtrafikledare som använt STEG påstår vara en av fördelarna med STEG. Det handlar alltså om bristfällig operationalisering av uppgiften, att GridRail hittills inte är en representativ uppgift av uppgiften av styra med hjälp av STEG. Om simuleringen genomförs med reducerad hastighet blir uppgiften mer av övervakning och därför genomfördes en tredje studie för att undersöka detta.

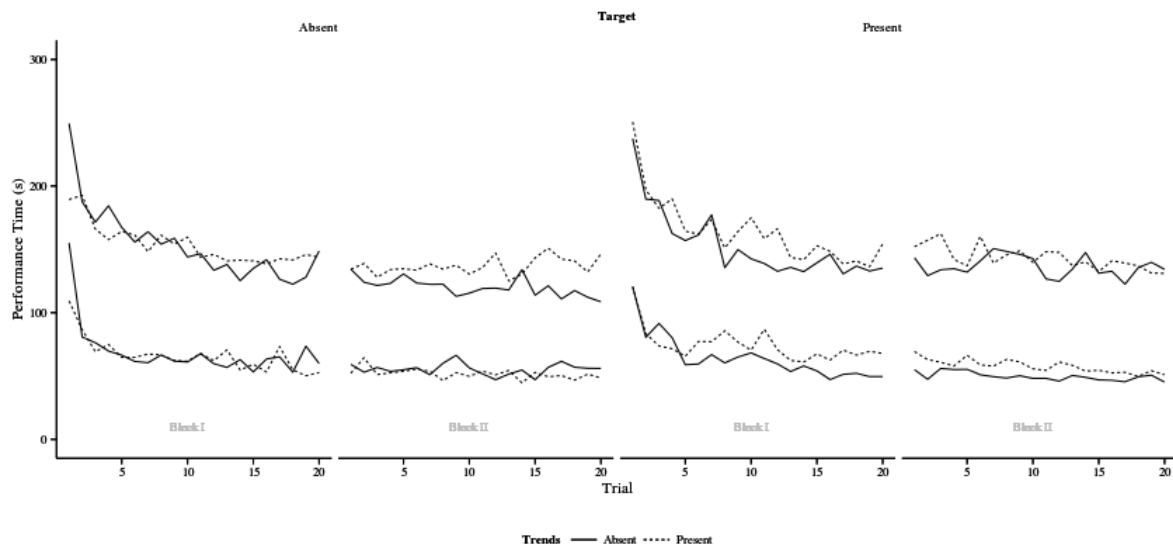
### 9.1.4 Studie 3

#### 9.1.4.1 Metod

Exakt samma design som i experiment 1 användes för att få full jämförelse mellan studie 1 och 3. Målbetingelser och trendlinjer utgjorde samma förutsättningar, och försöken genomfördes i två omgångar med 20 försök i varje. Den enda skillnaden är hastigheten.

#### 9.1.4.2 Resultat

Figur 29 nedan visar resultatet från studie 3. De fyra översta graferna visar deltagarnas prestation i de fyra betingelserna (mål och trendlinjer) i studie 3. Som jämförelse visas resultatet från experiment 1 i de nedre graferna. Resultaten pekar återigen på att det inte finns några större skillnader mellan närvaro eller frånvaro av trendlinjer. Jämför man studie 1 med studie 3 kan man se att kombinationen specifika mål och trendlinjer var den svåraste i studie 1, att samma skillnad finns i studie 3 men att där är även kombinationen allmänna mål och trendlinjer en svårare uppgift än när trendlinjer saknas, åtminstone för omgång två.



Figur 29. En jämförelse mellan första och tredje experimentet i form av inlärningskurvor.

#### 9.1.4.3 Diskussion och slutsatser

Resultaten från studie 3 följer samma mönster som i studie 1, och det trots att hastigheten i simuleringen har sänkts. Det bör därmed inte råda något tvivel om att GridRail i den utformning den nu har inte lämpar sig för att mäta effekter av trendlinjer när mätningen görs i termer av hur snabbt man klarar uppgiften. Frågan är vad deltagarna egentligen gör när de interagerar med GridRail? Dels vet vi bara genom hörsägen från deltagarna i studie 1 att de faktiskt använder trendlinjerna och att de tycker att de är relevanta. Men deras prestation talar emot detta. Dels vet vi inte hur deltagarna tar sig an uppgiften att tågen inte ska kollidera i planeringen. Det kan ju faktiskt vara så att det är den uppgiften de primärt fokuserar på, och om trendlinjerna som de operationaliseras i GridRail snarare leder till hur man undviker kollisioner än hur snabbt man kan klara uppgiften så återstår att ta reda på hur väl de lyckas

med uppgiften att undvika kollisioner. För att undersöka detta och för att ta reda på mer om effekter av verbalisering under tiden man styr GridRail genomfördes studie 4.

### 9.1.5 Studie 4

#### 9.1.5.1 Metod

Samma variant av GridRail som i studie 3 användes i studie 4, det vill säga den lägre hastigheten tillämpades. Eftersom effekter av mål i kombination med trendlinjer nu var ordentligt utredd bestämdes att mål som oberoende variabel togs bort. Istället infördes verbalisering som oberoende variabel. GridRail körs i två omgångar för att ge möjlighet till inläring i första omgången och sedan studera inläringens bärighet i andra omgången. Eftersom verbaliseringen behöver spridas över båda omgångarna samtidigt som den ska fördelas över den oberoende variabeln trendlinjer (med eller utan) så använde sen mellanpersonsdesign i båda variablerna, vilket gav följande design som beskriver de två oberoende variablerna trendlinjer och verbalisering. Hälften av försökspersonerna fick alltså trendlinjer, hälften inga trendlinjer. Av den hälft som hade trendlinjer fick hälften av dem verbalisera i första omgången, den andra hälften i andra omgången. Samma sak gäller den hälft som inte hade några trendlinjer. På detta sätt får man kontroll över hur effekten av verbalisering ser ut, inte bara jämfört med trendlinjer, utan också över omgång ett och två som speglar var i inlärningskurvan de befinner sig, vilket antas kunna påverka eller påverkas av verbaliseringen.

	TA in Block 1	TA in Block 2
Lines	8 participants	8 participants
No lines	8 participants	8 participants

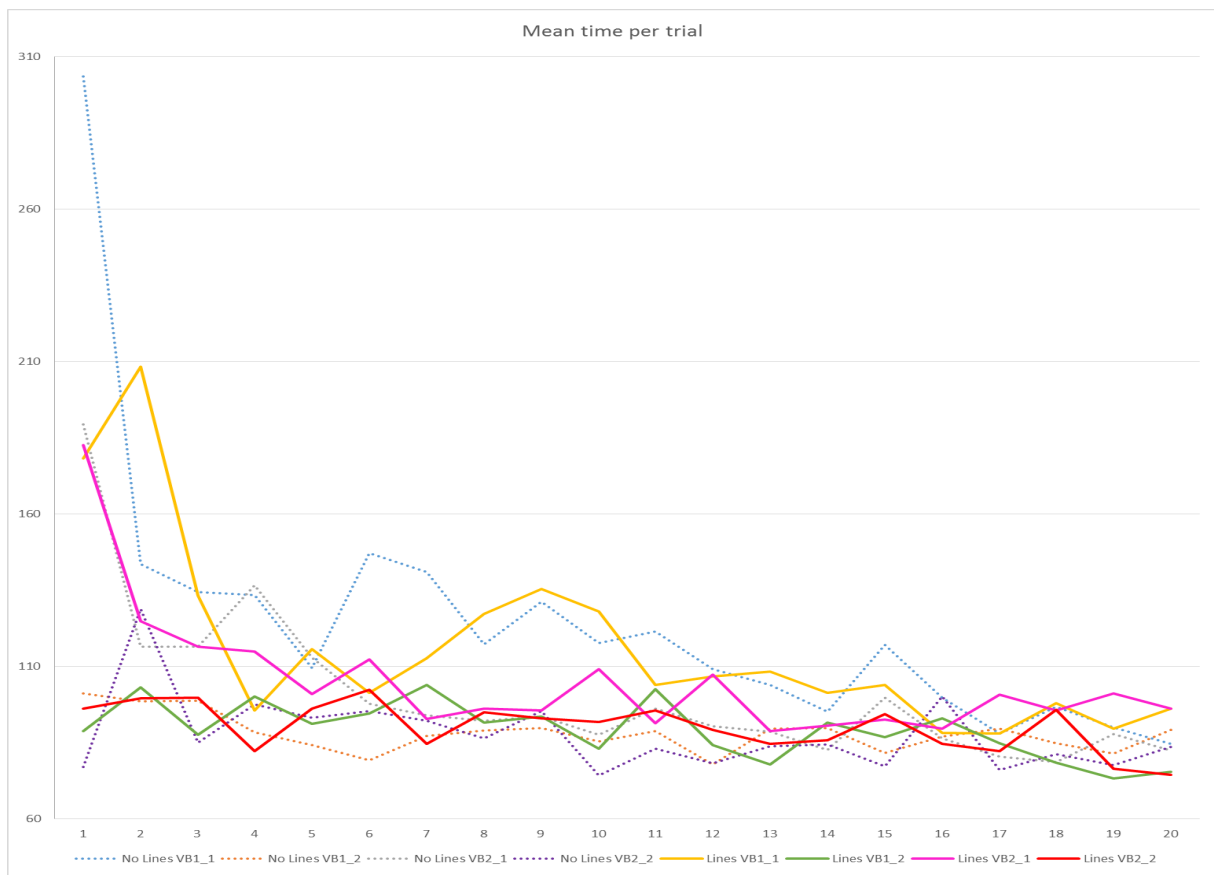
Tabell 1. Design i experiment 4.

Som tillägg till de första tre experimenten som fokuserade enbart på tiden hur fort man klarade sin scenarier använde en andra beroendevariabel i studie 4, nämligen antalet kollisioner som mått på hur man använder trendlinjerna.

#### 9.1.5.2 Resultat

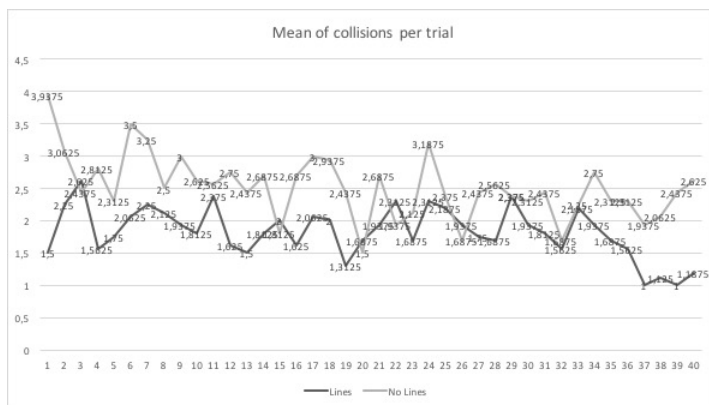
Figur 30 nedan visar att det inte finns någon signifikant effekt av varken trendlinjer eller verbalisering eller omgång om man mäter effekten i termer av tid det tar att bli klar med uppgiften att ta tågen från en sida till den andra och samtidigt undvika kollisioner. Om man däremot studerar figurerna 31, 32 och 33 nedan kan man konstatera att det finns signifikanta interaktionseffekter när det gäller sambanden mellan verbalisering, trendlinjer och omgångar när man mäter skillnader i termer av antal kollisioner per trial. De som har tillgång till trendlinjer har färre kollisioner än de som saknar trendlinjer, men det finns ingen renodlad signifikant huvudeffekt av trendlinjer. För detaljerade analyser av studie 4, se Mach, 2017.



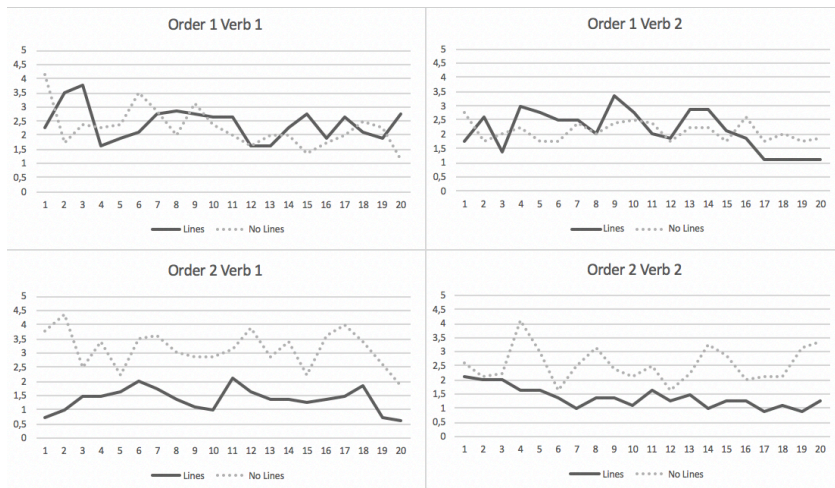


Figur 30. Alla grupper av deltagares inlärningskurvor.

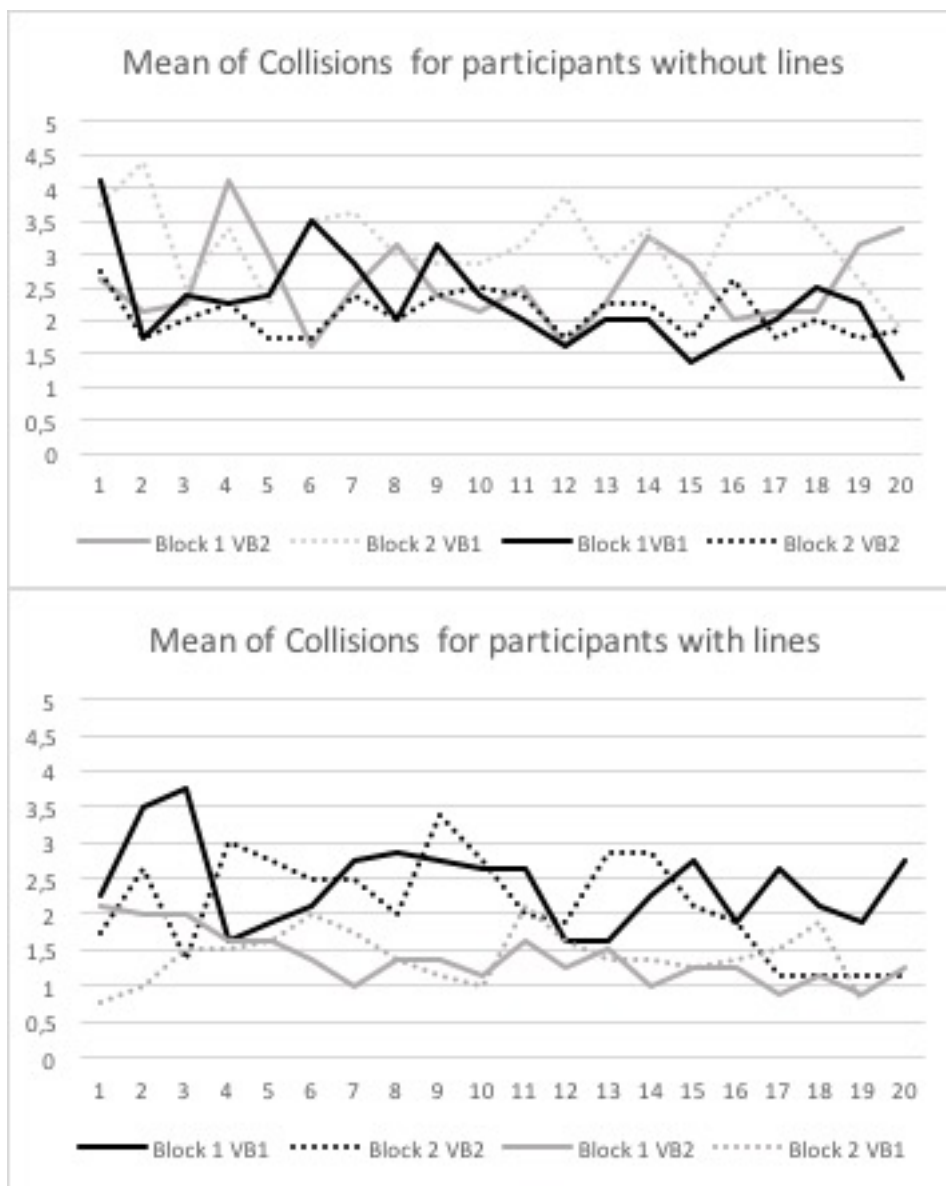
Vid sidan av prestation mätt i tid och antal kollisioner analyserades också försökspersonernas verbala utsagor som beskriver hur de faktiskt använder sig av trendlinjerna. Tillsammans med analyser av hur många tåg var och en av personerna använder samtidigt ger utskrifterna från de verbala protokollen en bild av hur deltagarna använde sig av trendlinjerna. Sammantaget framgår av kommentarerna och av val antal tåg att trendlinjer påverkar deltagarna så att de väljer att fokusera på att undvika kollisioner.



Figur 31. Antal kollisioner för huvudvariabeln trendlinjer.

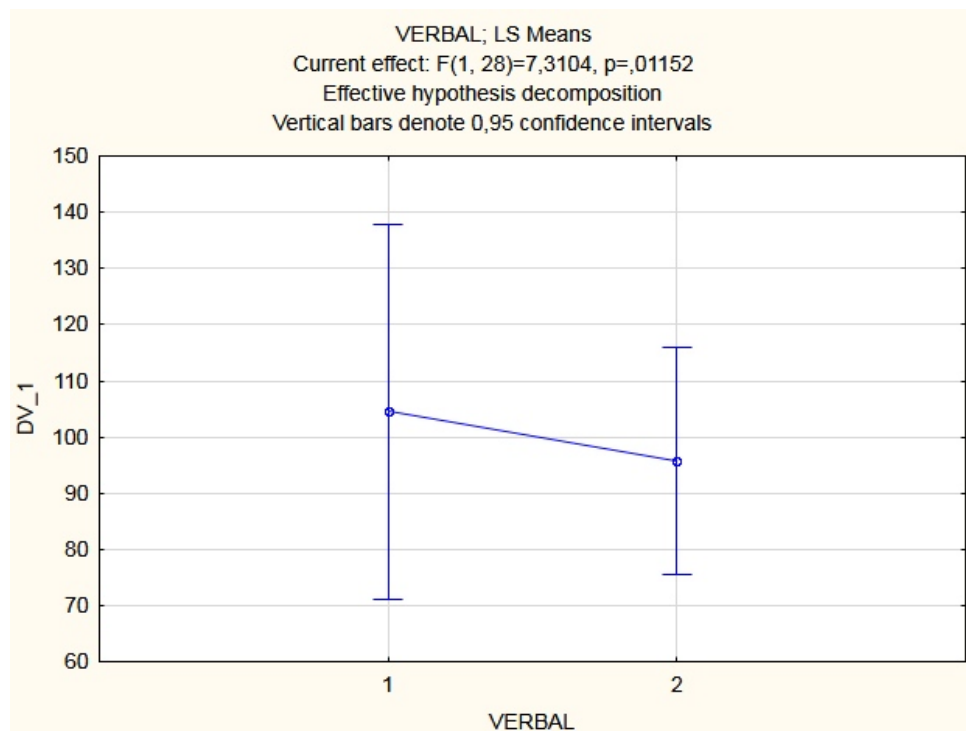


Figur 32. Antal kollisioner förelade över de olika verbaliseringsbetingelserna.



Figur 33. Antal kollisioner fördelade över både trendlinjer och verbalisering.

Figur 34 nedan visar att det finns signifikanta skillnader i form av effekt av verbalisering om man mäter hur lång tid det tar att klara uppgiften samtidigt som man verbaliserar.



Figur 34. Signifikanta skillnader av verbaliseringen, mätt i form av prestationstid.

### 9.1.5.3 Diskussion och slutsatser

GridRail verkar bli mer av en problemlösningsuppgift än en dynamisk styruppgift i detta fjärde experiment. Resultaten är dock inte tydliga, även om effekter av trendlinjer på antal kollisioner och effekten av verbalisering på tiden det tar att bli klar tillsammans med de verbala utsagorna talar för att trendlinjer påverkar hur deltagarna tar sig an uppgiften. Detta är intressant eftersom det talar för att trendlinjernas huvudsakliga effekt snarare ska mätas i hur personerna löser en viss uppgift än hur snabbt de kan hantera den uppgift som presenterades för dem i de första experimenten.

## 9.2 Slutsatser från studierna med GridRail

GridRail utformades som ett sätt att mäta effekter av trendlinjer, men också som ett första försök skapa en datorsimulerad uppgift för att simulera centrala delar av uppgiften att styra tåg. I det första avseendet – att utvärdera trendlinjernas effekt – har vi inte nått ända fram. Vi kan inte på ett enkelt sätt se hur trendlinjer påverkar uppgiften jämfört med om man saknar samma trendlinjer. Däremot verkar trendlinjerna påverka beteendet på ett något oväntat sätt – uppgiften att inte skapa konflikter överskuggar möjligen uppgiften att ta tågen från en position till en annan på så kort tid som möjligt. Det är fullt möjligt att GridRail i själva verket blir mer av en problemlösningsuppgift än en styruppgift, och i så fall kanske GridRail kan förändras och användas för att se hur man använder trendlinjer för att planera möten under kontrollerade former. Vi planerar för nya experiment för att successivt närma oss den datorsimulerade miljö vi behöver för att studera mer isolerade effekter.

## 10 En modell över tågtrafikledningens beslutsfattande

### 10.1 Vilka modeller från litteraturen är relevanta för tågtrafikledningen?

Som vi kan se i kapitel 6 skiljer sig de olika ansatserna från varandra, både vad gäller synen på människans förmåga att fatta rimliga beslut och på möjligheterna att använda beslutsstöd i olika former. Det är främst skillnader i metoder och metodologiska angreppssätt som leder till olika slutsatser, men även olikheter vad gäller normativa perspektiv för att utvärdera de mänskliga bedömningarna leder till olika slutsatser. Dessutom beskrivs mänskliga beslut och bedömningar på olika beskrivningsnivåer, vilket försvårar jämförelserna. De modeller av beslutsfattande som presenterades i kapitel 6 är inte på något sätt uttömmande. Det finns många fler teorier och modeller att redovisa, men det har inte ingått i UFTB-projektet att göra någon större litteraturgenomgång. De modeller som ändå har presenterats finns med därför att vår erfarenhet visar att de har något att tillföra.

Att människan använder sig av olika tumregler och heuristiker torde det inte råda något tvivel om. Förmodligen är de flesta sådana heuristiker väl anpassade till en för människan naturlig miljö. När vi hamnar i tekniskt avancerade miljöer där vi är beroende av information och data från sensorer och givare, och av indirekta styr- och reglermetoder kan dessa heuristiker ibland vara till nackdel. Det är så effekter uppstår som vi i dagligt tal på ett lite slarvigt språk kallar ”den mänskliga faktorn”. Då och då hörs i samhällsdebatten rop på mer avancerad teknik, gärna automation, som botemedel mot denna benägenhet hos människan att begå misstag. Men sambanden mellan människan och maskinen är betydligt mer komplex än att den ena kan bytas ut mot den andra. I vissa sammanhang är tekniska hjälpmedel en effektiv barriär mot att mänskliga bedömningar får oacceptabla konsekvenser. Ett sådant exempel är det svenska ATC-systemet på järnväg som förhindrar de mest oacceptabla konsekvenserna när en lokförare av misstag kör mot röd signal. Vi har i tidigare forskning intervjuat lokförare som medlidsamt bekräftar hur kognitivt ansträngande det var att köra tåg innan ATC II infördes. I andra sammanhang införs ny teknik som snarare ökar risken för misstag av den mänskliga faktorn. I Jansson et al., (2014) beskriver vi hur misstag av olika typer uppträder på två olika interaktionsnivåer, dels sådana situationer där interaktionen inte är utformad på ett kognitivt ergonomiskt rimligt sätt, och dels situationer där systeminteraktionen tar ifrån beslutsfattaren möjligheten att ta kontroll över situationen på ett rimligt sätt. I båda dessa fall leder ny teknik till högre risk för att den mänskliga faktorn blir den utlösande faktorn, med i värsta fall katastrofala följder. Vilken modell av mänskligt beslutsfattande man föredrar kommer att få konsekvenser för hur man väljer att se på möjligheten att använda automation som ersättning för en mänsklig bedömare. Här kan vi konstatera att Kahneman och Tverskys H&B-forskning har lett till en misstro mot mänskliga bedömningar, och till en tilltro på att lösningar i form av algoritmer och automation bör utgöra basen för olika typer av beslutsstöd.

Men människan har också en mycket stor förmåga att skapa en stor repertoar av lösningar i form av beslut som på ett effektivt sätt är anpassade till uppgifter där vi kan praktisera och lära oss vilka bedömningar och beslut som fungerar bäst. Kahneman och Klein är också, något överraskande, överens om under vilka betingelser som människans förmåga att fatta

rimliga intuitiva beslut är goda (Kahneman & Klein, 2009). Mänskliga besluts- och bedömningsprocesser fungerar som allra bäst när det finns gott om tid att successivt sätta sig in i och lära sig en uppgift, och när besluten tas i en miljö som är hyfsat stabil, det vill säga när det finns goda möjligheter att systematiskt lära sig så mycket som möjligt. Kleins och Kahnemans forskningsresultat är därför komplementära snarare än konkurrerande, framförallt vad gäller metodik. STEG är ett exempel på en informationsmiljön som tillåter lärande, och som möjliggör för trafikledaren att vara aktiv i sin planering snarare än att vara passiv mottagare av information. Här är det intressant att konstatera att Brehmer (1996) beskriver människan som stabilisator i och av olika system. Tanken att människan använder sig av information, inte i första hand för att lära sig genom återkoppling, utan snarare för att applicera egna idéer om hur styrningen ska se ut och hur situationen helst bör utveckla sig, är tankeväckande. Kanske är det så att människan alltid aktivt prövar olika vägar att, inom givna ramar, manipulera omgivningen för att skapa den kontroll hon behöver för att känna att hon har kontroll över situationen. I det perspektivet är det synnerligen viktigt att utvecklingen av algoritmer och automation för beslutsstöd underkastas empirisk prövning eftersom vi egentligen aldrig på förhand kan veta hur sådana beslutsstöd kommer att användas i praktiken.

Rasmussens verklighetsbaserade analyser av hur felsökning går till i verkligheten öppnade för möjligheten att vi använder bedömningar och beslut på olika kognitiva nivåer beroende på hur situationen ser ut och vilken typ av kognitiv kontroll som krävs. Rasmussen visade att människans psyke är opportunistiskt och att det är nödvändigt att förstå det i termer av olika nivåer. Rasmussens tre nivåer (Skill-Rule-Knowledge) har däremot hittills inte haft stöd i kognitionsvetenskaplig litteratur. Men hans analyser banade väg för analyser av nivåer av kontroll som har likheter med Kahnemans System 1 och 2. Om något har Rasmussens olika nivåer haft betydelse för att förstå mänskliga felhandlingar (Skilled-based Slips and Lapses, Rule-based Mistakes, and Knowledge-based Errors). I kombination med de fel som uppkommer som konsekvens av kognitivt underspecificerade uppgifter, och som leder till olika typer av bias, utgör Rasmussens upptäckter viktiga bidrag.

Brehmers sätt att peka på tidens betydelse har ännu inte fått något större genomslag internationellt. Till stor del beror detta på att paradigmet är metodologiskt radikalt annorlunda och det är svårt att värdera resultaten från mikrovärldsforskningen. Samtidigt är tiden en så viktig faktor i allt beslutsfattande i tågtrafikledningen att den inte går att bortse från. Styrkan i Brehmers forskning ligger därför i det cybernetiska förhållande som finns mellan organismen och miljön när det gäller att samtidigt både utveckla en tillräckligt bra modell av situationen och att arbeta mot ett visst tydligt mål. Tillgången på information och möjligheter att agera är avgörande för både måluppfyllelse och förståelse, och tiden avgör vilka kognitiva strategier beslutsfattaren kan använda. Här är Hutton et al. (2017) idéer intressanta att använda.

Olika modeller och teorier ger alltså ganska olika besked om vad det unikt mänskliga består i. En sak verkar man dock numera vara överens om – mänskliga handlingar behöver förstås på olika nivåer beroende på om besluten är av å ena sidan problemlösande och reflekterande karaktär, eller å andra sidan av mer intuitiv och omedelbar karaktär. Lägg därtill behovet att förstå hur alla beslut är sammanflätade med ansvarstagande. Men innan vi avslutar med vår modell över tågtrafikledningens beslut ska vi kort summera intrycken från fältstudierna.

## 10.2 Erfarenheter från fältstudierna

Resultaten från fältstudierna visar en sak mycket tydligt: tiden är en mycket viktig faktor för att förstå hur och varför beslut fattas som de gör i tågtrafikledningen. Flera av punkterna från resultaten pekar på att beslut formas som en reaktion på, och med tanke på, den tiden man har tillgänglig för att bedöma, bestämma sig, besluta om åtgärder, handla och därefter uppdatera sig om läget efter implementerad åtgärd. En annan sak som tydligt framgår är behovet av resursoptimering, men det som då avses är i första hand kognitiv resursoptimering på det sätt som Simon beskriver, och inte resursoptimering utifrån ekonomi eller andra aspekter. Även här är tiden naturligtvis en viktig faktor – det är tid tillgänglig som avgör vilka kognitiva strategier som beslutsfattaren använder för att balansera kraven. En tredje sak som framkommer är att arbetet är både intressant, ofta stimulerande och – inte minst – ansvarsfullt. Många av dessa aspekter – lås oss kalla dem praktikens och praktikernas beslutsfattande – är sällan avspeglade i besluts litteraturen, så även i Kleins RPD-modell. Därför är det intressant att notera att Hutton et al. (2017) modell över adaptiv expertis ligger nära en del av de resultat och erfarenheter vi har sett i våra fältstudier.

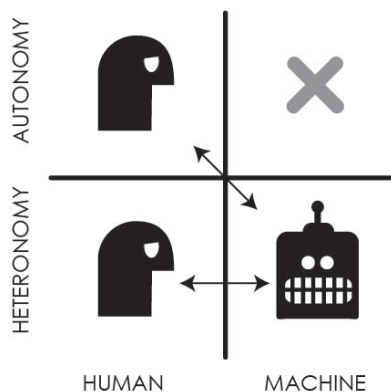
## 10.3 En första modell över tågtrafikledningens beslutsfattande

Nedan beskriver vi tågtrafikledningens beslutsfattande utifrån tre olika perspektiv, eller om man så vill, tre nivåer. Dessa nivåer ska dock inte sammanblandas med Rasmussens kognitiva nivåer (se ovan). Den första nivån handlar om att lyfta fram och tydliggöra det ansvar som vilar på tågtrafikledarens axlar. Beslutsfattande under ansvar, där den enskilda individen behöver ha rådrunder för att göra kvalificerade bedömningar och fatta suveräna beslut, ofta med en hög grad av autonomi, är en viktig del av tågtrafikledarens vardag. Det här är en nivå av beslutsfattande man bara når genom träning och erfarenhet. Den andra nivån handlar om att fatta beslut trots att tiden ibland inte räcker till. Då är det nödvändigt att reglera både sin egen arbetsbörda och uppgiften att styra tåg. Även detta är något man genom träning och erfarenhet lär sig. På den tredje nivån finns bedömningar av ögonblickskaraktär. På den här nivån görs bedömningar på delar av sekunder och med tiden på sin sida skapas förståelse av situationer med hög precision.

### 10.3.1 Beslutsfattande under ansvar

En modell över de bedömningar och beslut som en tågtrafikledare presterar måste, enligt vårt sätt att se det, ta sin utgångspunkt i de ändamål som styr verksamheten och som därmed även påverkar den enskilda trafikledarens handlingar. Det framgår tydligt av våra fältstudier att man tycker att ansvaret för säkerheten är den centrala del av arbetet. En annan nästan lika viktig del av arbetet är att prestera effektiva eller åtminstone rimliga trafiklösningar. På engelska används ofta begreppet ”achievement” för att beskriva beslutsfattande av den typ som en tågtrafikledare presterar. De viktiga och övergripande ändamålen är i trafikledarens fall säkerhet och effektivitet – hen tillgodoser genom övervakning och styrning att tågtrafiken flyter så säkert och effektivt som möjligt. ”Achievement” handlar alltså i det här fallet om hur trafikledaren arbetar för att nå sina och verksamhetens mål.

Modellen nedan, (se figur 35) skiljer mellan autonoma och heteronoma beslut och bedömningar hos människor och maskiner. Modellen beskriver att maskiner inte bör ta autonoma beslut av den enkla anledningen att de inte kan, varken juridiskt eller psykologiskt, fatta beslut under ansvar (maskiner kan varken moralisera eller hamna i fängelse). Ansvar är nämligen en inneboende och central egenskap i autonomt beslutsfattande.

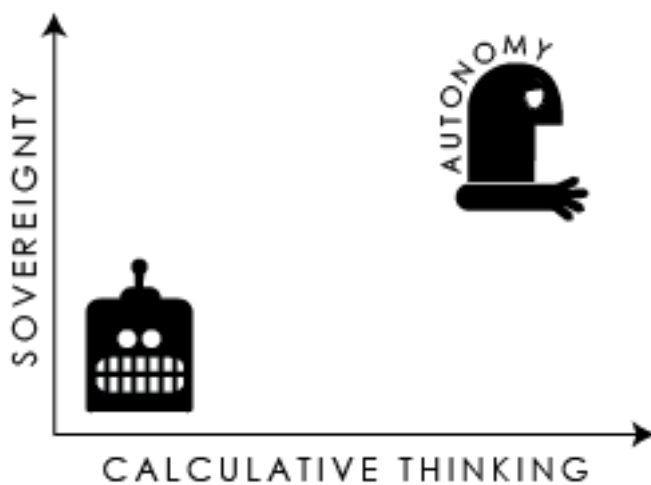


Figur 35. Illustration av autonoma och heteronoma beslutsprocesser hos människan som kontrast till enbart heteronoma beslutsprocesser hos maskiner och tekniska system. Dubbelriktad interaktion och kommunikation mellan människor och teknik sker i två former.

För att avgöra om ett beslut är ändamålsenligt eller inte behövs en autonom beslutsprocess – en process som gör det möjligt att ifrågasätta om de lösningar, med existerande regler, är adekvat för ändamålet eller inte. Vilken är då relationen mellan autonoma beslut och det kalkylerande som System 2 ägnar sig åt och som beskrevs i kapitel 6? Det är lätt att tro att System 2 automatiskt leder till autonoma beslut eftersom System 2 anses hänga samman med det reflekterande tänkandet som ska ge tid över till exempelvis omvärdering av en situation. Men det stämmer inte att det räcker med System 2. Det är nödvändigt System 2-tänkande men det är inte tillräckligt. För att autonoma beslut ska kunna bli verklighet krävs också en förmåga till oberoende från existerande regelstrukturer – trafikledaren måste ha förmågan och självkänslan att gå utanför etablerade rutiner och regelverk för att kunna uppnå säkra och effektiva beslut i situationer som är högst oväntade eller mycket ovanliga. Laaksoharju (2014) beskrev den ytterligare dimension som behövs för att möjligheterna till ansvarsfulla och autonoma beslut ska bli tydliga som ”Purpose-seeking independence”. Figur 36 nedan beskriver relationen mellan System 2 och denna dimension av tänkande. Vi har här kallat den dimensionen för suveränitet, vilket är helt i linje med hur Laaksoharju (2014) resonerade. För att förtydliga System 2-tänkandets karaktär benämner vi det tänkandet här som kalkylerande. Att tänka suveränt och kalkylerande är två typer av tänkande som är varandra fristående. Kalkylerandet är en form av kognitivt arbete som omfattar reflektion och eftertanke, medan suveränitet som begrepp betonar obundenhet och oberoende utifrån ett mer moraliskt-filosofiskt perspektiv och handlar om förmågan att i alla situationer på ett oberoende och suveränt sätt ifrågasätta om existerande regelverk är tillämpligt i varje specifik situation.

Det kan tyckas ovidkommande att ägna en del av en modell över tågtrafikledningens beslut och bedömningar åt dessa övergripande och till filosofin gränsande inspel om mänskligt tänkande, men vi anser det viktigt att skillnaden mellan människor och maskiner framgår

tydligt vad avser förmågan att fatta autonoma beslut som syftar till att utvärdera huruvida planerade åtgärder är ändamålsenliga eller inte. I modern automationslitteratur är förvirringen stor kring begrepp som autonomi (se Stensson & Jansson, 2014, för en mer utförlig diskussion om begreppet autonomi). Rent allmänt pågår en utveckling av förtingligande (eng. ”reification”) av mänskliga egenskaper som situationsmedvetenhet, autonomi, att vara social, ha kompetens, ta ansvar, med mera, som består i att begrepp definieras med syftet att egenskaperna ska bli mätbara. Vad man glömmer är att många av dessa begrepp endast kan behålla sin ursprungliga mening i sammanhang som är psykologiskt eller socialt meningsfulla, de är begrepp som beskriver psykologiska/sociala konstruktioner, och det är enbart i mötet mellan människor som sådana begrepp låter sig definieras.



Figur 36. Illustration av de två dimensioner som enligt Laaksoharju (2014) utgör förutsättningarna för autonoma beslut.

### 10.3.2 Beslutsfattande med kognitiv resursoptimering i åtanke

Inspirerade av Hutton et al. (2017) modell över adaptiv expertis föreslår vi att följande definition används för att beskriva beslutsfattande på nivå 2.

”Lägliga förändringar i förståelse, planer, mål och metoder, som svar på antingen en förändrad situation eller en uppdaterad lägesbild vad gäller möjligheten att hantera den nya situationen, och som tillåter att man framgångsrikt når de mål man har för avsikt att uppnå” (Hutton et al., 2017, p. 83, egen översättning till svenska).

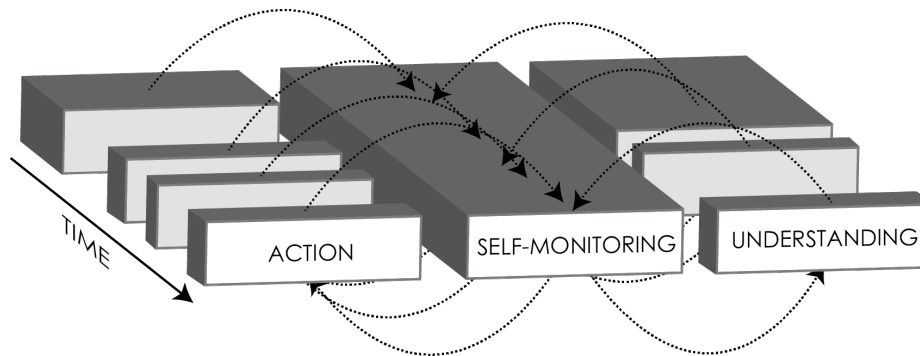
Jansson och Axelsson (2017b) föreslår fyra nyckelelement för att precisera definitionen ovan:

1. Förståelse av situationen och handlingar som krävs för att nå konkreta delmål är två alternerande kognitiva aktiviteter som ständigt pågår hos den beslutsfattande individen tills dess någon form av naturligt slut på beslutsprocessen inträffar.
2. Självkännedom i form av egenkontroll är en tredje ständigt pågående kognitiv aktivitet hos den beslutsfattande individen, och dess syfte är att balansera kraven i den omedelbara beslutssituationen mot de kognitiva resurser som finns tillgängliga för att individen ska kunna nå sina mål och delmål.



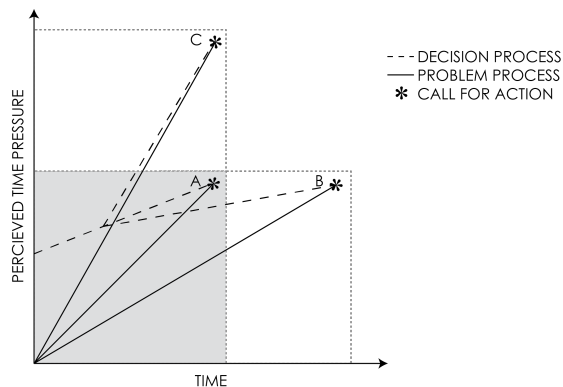
3. Tiden som finns tillgänglig reglerar (a) möjligheten att inhämta data om situationen, (b) uppsättningen kognitiva strategier som kan användas, och (c) möjligheten att utöva egenkontroll och måste därför tas med i beräkningen av individen.
4. Individuella skillnader i förmågan att anpassa de kognitiva strategierna påverkar förståelsens kvalitet, och som konsekvens även förmågan att nå både övergripande och mer detaljerade delmål.

Figur 37 nedan sammanfattar de tre första av dessa fyra nyckelelement.000



Figur 37. Illustration av den uppgift som möter en beslutsfattare i en dynamiska beslutsuppgift

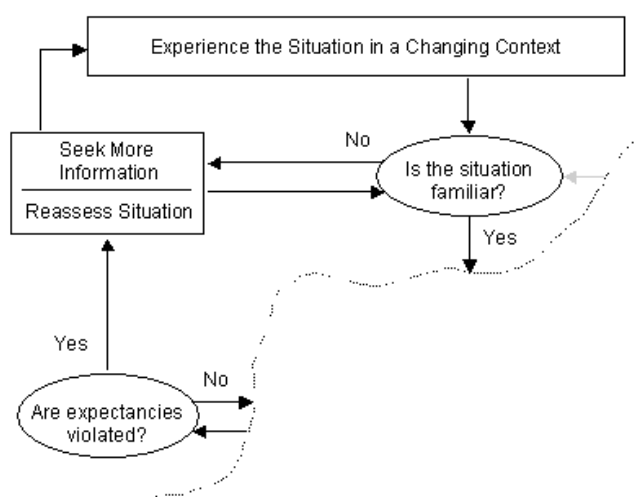
Hur väl lyckas då den enskilda individen i sitt beslutsfattande? Här är det viktigt att peka på att erfarenheten spelar en viktig roll. Med tiden tillägnar sig tågtrafikledaren en stor erfarenhetsbank av lösningar som svar på de situationer hen känner igen. Samtidigt är tiden en alltid närvarande faktor. Figur 38 nedan sammanfattar beslutsfattarens ansträngningar att nå sina mål och delmål inom den tidsrymd som finns tillgänglig. Situation A kan beskrivas som normalfallet. Här finns ett beslut med viss osäkerhet där beslutsprocessen utvecklas som förväntat. Beslutsfattaren har en färdig förberedd lösning och kan enbart vänta in rätt tillfälle för att exekvera beslutet. Beslutsrymden i form av tid och upplevd tidspress är den förväntade, här illustrerar med grått. Situation B innebär ingen större tidspress, men beslutsprocessen drar ut på tiden eftersom beslutet inte kan exekveras förrän vid en senare tidpunkt än tänkt. Beslutsrymden blir därför större, främst i form av att mer tid och uppmärksamhet måste ägnas åt beslutet. En sidoeffekt är att den utökade beslutsrymden påverkar andra beslut, i sekvens eller parallellt. Situation C innebär en stor tidspress då ett beslut måste tas snabbt. Beslutsrymden upplevs som mycket större, och eftersom beslut måste tas inom kort tid ökar den kognitiva belastningen. Orsaken till situation C kan vara sen information om lägesbilden, eller ny information som tvingar fram nya lösningar. Förmågan att etablera en tillräckligt bra förståelse och att fatta ett bra beslut är fundamentalt olika i de tre situationerna. En jämförelse med Kleins Situation 1 – 3 i avsnitt 6.2.1 ger vid handen att Situation A i figur 38 nedan är i stort sett densamma som Kleins Situation 1, men Kleins Situation 2 kan leda till både Situation B och C i figuren nedan. På samma sätt kan Kleins Situation 3 leda till både Situation B och C nedan. Skillnaderna mellan Kleins Situationer 1 – 3 och figuren nedan är tidens inverkan, och den grad av egenkontroll som beslutsfattaren har för att avgöra vad som är rimliga lösningar och beslut.



Figur 38. Illustration av den uppgift som möter en beslutsfattare i en dynamiska beslutsuppgift.

### 10.3.3 Beslutsfattande med hjälp av igenkänningsbaserad mönstermatchning

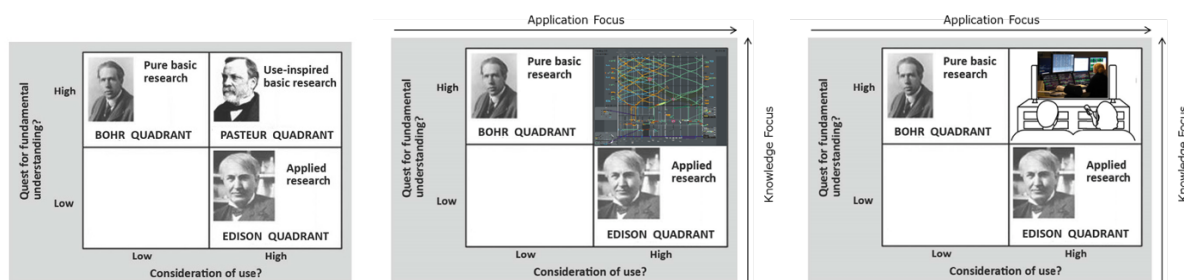
Även om avsnitten ovan, om autonoma beslut och beslut med kognitiv resursoptimering i åtanke, är särskilt viktiga, så utgörs lejonparten av en tågtrafikledares vardag av en helt annan kategori av bedömningar och beslut. Vi ska här kalla dessa beslut intuitiva, för att betona Kleins och hans kollegors modell som vi anser är den bästa beskrivningen av de ögonblicksbedömningar och beslut som tågtrafikledare presterar på den här nivån. Kleins sätt att beskriva professionella beslutsfattares bedömningar lägger stor vikt vid den mentala modell av situationen som skapas hos personen bakom bedömningen. Vi ska inte här fördjupa oss i litteraturen om mentala modeller, den är både omfattande och teoretisk, men vi kan ändå konstatera att förmågan att avgöra om en situation liknar tidigare erfarenheter eller inte bygger på förmågan att mentalt simulera och föreställa sig olika utfall. Detta resulterar hos beslutsfattaren i en bedömning om huruvida hen ska behålla den initiala och intuitiva uppfattningen, eller om hen ska byta till en annan prototyp-situation. Förmågan att via mentala modeller föreställa sig förlopp är en viktig ingrediens i beslutsfattande.



Figur 39. Illustration av Kleins RPD-modell. Erfarenheter av liknande situationer och upplevelsen av situationen som den nyss gestaltade sig jämförs den aktuella situationen. Med tid och erfarenhet skapas hos trafikledaren en "mental bank" av situationer som varje situation som uppstår matchas mot.

## 11 Fortsatt forskning

Mot bakgrund av vad som beskrivits i den här rapporten föreslås ett antal olika forskningsansatser. Som utgångspunkt för dessa kan följande modell användas. Figur 40 beskriver det som kallas användningsinspirerad grundforskning (Stokes, 1997; Bennet & Flach, 2011).



Figur 40. Användningsinspirerad grundforskning skiljer sig från vanlig grundforskning (här företrädd av Nils Bohr) och tillämpning/innovation (här företrädd av Thomas Edison) på så sätt att det är praktiken som avgör vad forskningen bör fokusera (här företrädd av Louis Pasteur i vänstra bilden).

Vetenskapshistoriskt kan den användningsinspirerade grundforskningen sägas höra hemma i Egon Brunswiks funktionalistiska psykologi (Brunswik, 1952). Brunswiks forskning byggde på två grundläggande principer (Brehmer, 1984): (1) Representativ Design – psykologiska processer ska studeras under representativa betingelser. Med sådana betingelser avses inte bara en representativ grupp människor som deltagare i en studie, utan också att uppgifterna som studeras är representativa för de situationer man vill kunna generalisera resultaten till; och (2) BRI-principen (BRI = Behavior Research Isomorphy) – forskningen ska genom sina studier av människors psykologiska processer fokusera där människor fokuserar sitt intresse i normala fall. Forskaren ska alltså försöka förstå vad det är människor försöker göra i sina vardagliga strävanden, vad det är de försöker uppnå med sina bedömningar och beslut. Detta leder oavkortat till att människors vardagliga mål, på en mycket konkret nivå, blir viktiga för forskningen att försöka begripa.

Utvecklingen av STEG (bilden i mitten) har haft fokus på väsentliga uppgifter som ska stödjas i tågtrafikledningen. GridRail är en naturlig fortsättning på den forskningen. Utvecklingen av metoden för kollegial verbalisering genom användning av konspektiva protokoll (bilden till höger) är ett annat exempel på metoder som fokuserar där människor fokuserar sitt intresse i arbetslivet. MTR-metoden är en naturlig fortsättning på den forskningen. Det är av centralt intresse att forskningen om människa-maskinfrågor kan fortsätta att kombinera fältstudier med mera kontrollerade studier. Vi ser också behovet av att knyta samman dessa på ett bättre sätt genom att genomföra undersökningar i form av fältstudier där kvantitativa data i form av ögonrörelsedata kan bli länken mellan kvalitativa fältstudier och kontrollerade lab-studier. Därför föreslår vi studier enligt följande för de närmaste åren:

1. **UFTB II** – Ett projekt som syftar till att samla in ögonrörelsedata när trafikledare använder befintliga system. Detta kan fungera som grund för framtida jämförelser när NTL-systemen är på plats. (KAJT-projekt som startade 2017 och beräknas avslutas i slutet av 2018. Bedrivs som doktorandprojekt).
2. **GridRail** – Ett projekt där de inledande GridRail-studierna får sin naturliga fortsättning. Syftet med GridRail är att så småningom få fram en mikrovärld som fungerar som en tillräckligt representativ datorsimulering av arbetsuppgiften att vara tågtrafikledare. (KAJT-projekt i mindre skala som planeras starta 2018 och som huvudsakligen bedrivs som studentprojekt).
3. **Automatiserad trafikledning** - Ett projekt som syftar till att sprida kunskapen om erfarenheter av olika automationslösningar från tågtrafikledning och liknande system inom närliggande verksamhetsområden. (KAJT-projekt som inledningsvis bedrivs som en förstudie och som planeras starta 2018).
4. **RTD** – Ett projekt som syftar till att fortsätta utvecklingen av en metod för datainsamling av kvalitativa data som kan användas för att förbättra den modell över tågtrafikledningens beslutsfattande som har presenterats i en första version i den här rapporten. Metoden planeras även att användas för att studera lokförare i fältstudier. (Planeras som kommande KAJT-projekt med start 2019, och som fortsättning på pågående doktorandstudier inom DIALOG-projektet).
5. **DIALOG** – Ett projekt som pågår och som syftar till att studera tågtrafikledare och lokförare som två roller i ett gemensamt sociokulturellt system. I projektet används distribuerad kognition som teoretiskt ramverk (Hutchins, 1995). (KAJT-projekt som startade 2016 och beräknas avslutas i slutet av 2018. Bedrivs som doktorandprojekt).

## 12 Slutsatser

Inledningsvis ställde vi följande nedanstående frågor. Här presenteras svaren på frågorna.

- 1) Vilka olika ansatser för interaktion och samspel mellan människa och teknik finns redovisade i litteraturen, och vilken ansats är att föredra vid utformning av en verksamhet av den karaktär som den operativa tågtrafikledningen utgör?  
Svar: Vi förordar att en formativ ansats för teknikanvändning används, dels för att analysera förutsättningarna i form av de villkor som måste uppfyllas för att effektiva besluts- och verksamhetsstöd ska kunna bli verklighet, och dels för att det behövs ett triadiskt designperspektiv för att sådana värdeskapande beslutsstöd ska bli verklighet.
- 2) Vilka olika modeller av mänskligt beslutsfattande finns redovisade i litteraturen och på vilket sätt är de relevanta för den operativa tågtrafikledningen?  
Svar: Vi har redovisat de mest centrala modellerna över mänskligt beslutsfattande och kan konstatera att det på många sätt och i många avseenden finns god kunskap om hur mänskliga beslut fattas och bedömningar formas. Många av modellerna kan tillföra väsentlig kunskap vid utformning av beslutsstödsystem, men kunskapen är inte spridd till de som i praktiken bygger och bestämmer om införande av sådana besluts- och verksamhetsstöd. Vi rekommenderar därför att ledningsnivåer och de som designar och bygger beslutsstöd, får utbildning i vad det innebär att vara en tänkande människa.
- 3) Vilka metodologiska problem finns vid studier av beslutsfattande? Hur kan olika metoder för datainsamling komplettera varandra på ett bra sätt?  
Svar: Vi har redovisat de huvudsakliga metodologiska överväganden som man behöver göra om man vill djupanalysera mänskliga bedömningar och beslutsfattande. Vi har också visat på en metod för att systematiskt skaffa sig data om sådana beslut och också visat på vilken typ av resultat som en sådan metod genererar.
- 4) Vilka slutsatser kan dras från användningen av STEG utifrån fält- och lab-studier?  
Svar: Vi har via fältstudier visat att STEG och omplaneringskonceptet i allt väsentligt fungerar bra, men att det för beslutsuppgifter som ligger nära realtid behöver finnas alternativ till omplanering eftersom sådana beslut mer har karaktären av finjusteringar.
- 5) Hur ser en första sammanfattande modell över tågtrafikledningens beslutsfattande ut?  
Svar: Vi har föreslagit en treskiktsmodell över tågtrafikledningens beslutsfattande som bygger på: 1) omedelbara igenkänningsbaserade mönstermatchningar; 2) beslut med kognitiv resursoptimering i åtanke, där tiden reglerar vilka kognitiva strategier som används; samt 3) beslutsfattande under ansvar, där autonoma beslut tas med hjälp av kalkyler och suveränitet.
- 6) Vilka nya forskningsansatser behövs för att ytterligare kartlägga tågtrafikledningens beslutsprocesser, och hur kan dessa stödjas med ändamålsenliga verksamhetsstöd?  
Svar: Vid sidan av två pågående forskningsprojekt föreslår vi tre nya projekt som kan svara upp mot de forskningsbehov vi ser de närmaste åren.

## 13 Referenser

- Andersson, A.W., Frej, I., Gideon, A., Hellström, P. & Sandblad, B. (1997). A systems analysis approach to modelling train traffic control. Proceedings of WCRR '97, Florence.
- Andersson, A.W., Jansson, A., Sandblad, B. & Tschirner, S. (2014). Recognizing complexity: Visualization for skilled professionals in complex work situations. In A. Ebert, G. C. van der Veer, G. Domik, N. D. Gershon, & I. Scheler (Eds.), *Building Bridges – HCI, Visualization, and Non-formal Modeling* (p. 47 - 66). Springer
- Andersson, A.W., Sandblad, B. & Nilsson, A. (1998). Improving interface usability for train dispatchers in future traffic control systems. Proceedings of COMPRAIL '98, Lisbon.
- Andersson, A. W., Sandblad, B., Tschirner, S. & Jansson, A. (2015). *Framtida tågtrafikstyrning. Sammanfattande forskningsrapport. Slutrapport från FOT-projektet. Institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet. KAJT-rapport tillgänglig via <http://kajt.org/forskning/rapporter.html>*
- Andreasson, R., Lindblom, J., Thorvald, P. (2017). Interruptions in the wild: portraying the handling of interruptions in manufacturing from a distributed cognition lens. *Cognition, Technology & Work*, 19, (1), 85-108.
- Axelsson, A. (2016). *Context: The Abstract Term for the Concrete. Licentiate Thesis 2016-006. Department of Information Technology, Uppsala university.*
- Axelsson, A. (2017). *Situation Awareness: The Indefinable and Immeasurable Dyad. Unpublished manuscript. Department of Information Technology, Uppsala university.*
- Bainbridge, L. (1979/1999). Verbal reports as evidence of the process operators' knowledge. *International Journal of Human-Computer Studies*, 51, 213-238.
- 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. *Ergonomics*, 55, 37-54.
- Bennett, K. B., & Flach, J. M. (2011). *Display and Interface Design: Subtle Science, Exact Art*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Birrell, S. A., Young, M. S., Jenkins, D. P., & Stanton, N. A. (2011). Cognitive Work Analysis for safe and efficient driving. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 13, (4), 430-449.
- Brehmer, B. (1984). Brunswikian psychology for the 1990's. In K. M. J. Lagerspetz & P. Niemi (Eds.), *Advances in Psychology 18: Psychology in the 1990's* (pp. 383-398). Amsterdam: North-Holland.
- Brehmer, B. (1992). Dynamic decision making: Human control complex systems. *Acta psychologica*, 81, 211-241.
- Brehmer, B. (1994). The psychology of linear judgment models. *Acta Psychologica*, 87, 137-154.
- Brehmer, B. (1996). Man as a stabiliser of systems: From static snapshots of judgment processes to dynamic decision making. *Thinking and Reasoning*, 2, 225-238.
- Brehmer, B. (2005). Micro-worlds and the circular relation between people and their environment. *Theoretical Issues in Ergonomic Science*, 6, (1), 73-93.

- Brehmer, B., & Dörner, D. (1993). Experiments with computer-simulated micro-worlds: Escaping both the narrow straits of the laboratory and the deep blue sea of the field study. *Computers in Human Behavior*, 9, 171-184.
- Brunswik, E. (1952). *Conceptual Framework of Psychology*. Chicago: University of Chicago Press.
- Caglarca, S. (2015). Investigating the effects of trends in an interface to a dynamic system. Master thesis report IT 15:043. Department of Information Technology, Uppsala University.
- Ericsson, K. A. (2006). Protocol analysis and expert thought: Concurrent verbalizations of thinking during experts' performance on representative tasks. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* (pp.223-242). New York: Cambridge University Press.
- Ericsson, K. A., & Crutcher, R. J. (1991). Introspection and verbal reports on cognitive processes – two approaches to the study of thinking: A response to Howe. *New Ideas in Psychology*, 9, (1), 57-71.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1980). Verbal reports as data. *Psychological Review*, 87, 215-251.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1984). *Protocol Analysis: Verbal Report as Data*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Erlandsson, M., & Jansson, A. (2007). Collegial verbalization – a case study on a new method on information acquisition. *Behavior & Information Technology*, 26, 535-543.
- Erlandsson, M., & Jansson, A. (2013). Verbal reports and domain-specific knowledge: a comparison between collegial and retrospective verbalization. *Cognition, Technology and Work*, 15, 239-254.
- Flanagan, J. C. (1954). The critical incident technique. *Psychological Bulletin*, 51, 327-358.
- Gideon, A., Andersson, A. W., Sandblad, B., Olsson, E. & Jansson, A. (1999). Människa-maskininteraktion och gränssnittsutförning i samband med tågtrafikstyrning. Rapport från ett forskningsprojekt. Borlänge: Banverket, Sektionen för trafikstyrning. Tillgänglig via <https://www.it.uu.se/research/hci/publications/banverket/banverket.pdf>
- Gigerenzer, G. (1996). On narrow norms and vague heuristics: A rebuttal to Kahneman and Tversky (1996). *Psychological Review*, 103, 592-596.
- Gigerenzer, G., & Goldstein, D. G. (1996). Reasoning the fast and frugal way: Models of bounded rationality. *Psychological Review*, 103, 650-669.
- Gigerenzer, G., Hoffrage, U., Kleinbölting, H. (1991). Probabilistic mental models: A Brunswikian theory of confidence. *Psychological Review*, 98, 506-528.
- Gigerenzer, G., Todd, P. M., & the ABC Research Group. (1999). *Simple Heuristics that make us Smart*. New York, NY: Oxford University Press.
- Hammond, K. R. (1993). Naturalistic decision making from a Brunswikian viewpoint: Its past, present, future. In G. A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C. E. Zsombok (Eds.), *Decision Making in Action: Models, Methods*, pp. 205-227. Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Hassall, M. & Sanderson, P. (2014). A formative approach to the Strategies Analysis phase of Cognitive Work Analysis. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 15, (3), 215-261.

- Hollan, J., Hutchins, E., Kirsh, D. (2000). Distributed cognition: Toward a new foundation for human-computer interaction research. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 7, (2), 174-196.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hutton, R., Ward, P., Gore, J., Turner, P., Hoffman, R., Leggatt, A., & Conway, G. (2017). Developing adaptive expertise: A synthesis of literature and implications for training. In *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Conference on Naturalistic Decision Making*, Bath, UK, pp. 81-86.
- Jansson, A. (1999). Goal achievement and mental models in everyday decision making. In P. Juslin, & H. Montgomery (Eds.), *Judgment and Decision Making: Neo-Brunswikian and Process Tracing Approaches* (pp. 23 – 43). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jansson, A. (2013). En resa genom tänkandets labyrinter. Review of Nobel laureate Daniel Kahneman's book *Thinking, fast and slow*. *Uppsala Nya Tidning*, 2013-02-24.
- Jansson, A. (2014). Utvärdering av förändringar i trafikledarnas beslutsfattande. Delrapport I – Den svenska ansatsen till kontrollstrategier i ett nutidshistoriskt och vetenskapligt internationellt perspektiv. KAJT-rapport tillgänglig via <http://kajt.org/forskning/rapporter.html>
- Jansson, A., & Axelsson, A. (2017a). Knowledge elicitation in naturalistic decision making: Collegial verbalization with “conspective protocols”. In *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Conference on Naturalistic Decision Making*, Bath, UK, pp. 87-93.
- Jansson, A. A., & Axelsson, A. (2017b). On the importance of mental time frames: A case for the need of empirical methods to investigate adaptive expertise. Manuscript submitted for publication to *Journal of Applied Research on Memory and Cognition*.
- Jansson, A., Erlandsson, M. & Axelsson, A. (2015). Collegial verbalization – the value of an independent observer: an ecological approach. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 16, (5), 474-494.
- Jansson, A., Olsson, E., & Erlandsson, M. (2006). Bridging the gap between analysis and design: Improving existing driver interfaces with tools from the framework of cognitive work analysis. *Cognition, Technology and Work*, 8, 41-49.
- Jansson, A., Olsson, E., & Kecklund, L. (2000). Att köra tåg: Lokförarens arbete ur ett systemperspektiv. Rapport 2000-031, Institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet.
- Jansson, A., Olsson, E. & Kecklund, L. (2005). Acting or reacting? A cognitive work analysis approach to the train driver task. In Wilson, J. R., Norris, B., Clarke, T. & Mills, A. (Eds.), *Rail Human Factors: Supporting the Integrated Railway*. Aldershot, UK: Ashgate Publishing Limited.
- Jansson, A., Olsson, E., & Lindberg, E. (1999). Trafiksäkerhet och informationsmiljö i tågförarsystemet: Litteraturoversikt och olycksfallsanalyser. Rapport 1999-005, Institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet.
- Jansson, A., Stensson, P., Bodin, I., Axelsson, A., & Tschirner, S. (2014). Authority and level of automation: Lessons to be learned in design of in-vehicle assistance systems. In M. Koruso (Ed.): *Human-Computer Interaction, Part III, HCII, 2014, LNCS 8512*, pp. 413-424.
- Juslin, P., Nilsson, H., & Winman, A. (2009). Probability theory, Not the very guide of life. *Psychological Review*, 116, (4), 856-874.



- Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. Macmillan. ISBN 978-1-4299-6935-2.
- Kahneman, D., & Klein, G. A. (2009). Conditions for intuitive expertise: A failure to disagree. *American Psychologist*, 64, (6), 515-526.
- Kahneman, D., Slovic, P., & Tversky, A. (1982). *Judgments under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1973). On the psychology of prediction. *Psychological Review*, 80, 237-251.
- Kauppi, A. (2006). *A Human-Computer Interaction Approach to Train Traffic Control*. Licentiate Thesis, 2006-005, Uppsala University, Department of Information Technology.
- Kauppi, A., Wikström, J., Sandblad, B. & Andersson, A.W. (2006). Future train traffic control, control by re-planning. *Cognition, Technology & Work*, 8, 50-56.
- Kecklund, L., Olsson, E., Jansson, A., Kecklund, G., & Ingre, M. (2003). The TRAIN-project: Effects of organizational factors, automatic train control, work hours and environment – suggestions for safety enhancing measures. Annual Meeting of the Human Factors & Ergonomics Society, 2003, Colorado, USA.
- Klein, G. A. (1993). A recognition-primed decision (RPD) model of rapid decision making. In G. A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C. E. Zsombok (Eds.), *Decision Making in Action: Models, Methods*, pp. 138-147. Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Klein, G. A. (1996). The development of knowledge elicitation methods for capturing the military expertise. ARI Research Note 96-14. US Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.
- Klein, G. A., Calderwood, R., & Clinton-Cirocco, A. (2010). Rapid decision making on the fire-ground. The original study and a postscript. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 4, (3), 186-209.
- Laaksoharju, M. (2014). *Designing for Autonomy*. Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 105. 190 pp. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis. ISBN 978-91-554-8932-8.
- Lintern, G. (2009). *The Foundations and Pragmatics of Cognitive Work Analysis: A Systematic Approach to Design of Large-Scale Systems*. Melbourne, Australia: Cognitive Systems Design.
- Löscher, I., Axelsson, A., Vännström, J., & Jansson, A. (2017). Eliciting strategies in revolutionary design: Exploring the hypothesis of predefined strategy categories. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, <http://dx.doi.org/10.1080/1463922X.2017.1278805>
- Mach, K. (2017). Investigating the effects of trend lines in the microworld GridRail. Master thesis report, TVE 17:006. Department of Engineering Sciences, Uppsala University.
- Naikar, N., Moylan, A., & Pearce, B. (2006). Analysing Activity in Complex Systems with Cognitive Work Analysis: Concepts, Guidelines and Case Study for Control Task Analysis. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7, (4), 371-394.
- Nilsson, H., Winman, A., Juslin, P., & Hansson, G. (2009). Linda is not a bearded lady: Configural weighting and adding as the cause of extension errors. *Journal of Experimental Psychology: General*, 138, (4), 517-534.

- Nisbett, R. E., & Wilson, T. D. (1977). Telling more than we can know: Verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 84, 231-259.
- Olsson, E., & Jansson, A. (2005). Participatory design with train drivers – a process analysis. *Interacting with Computers*, 17, 147-166.
- Olsson, E., Kecklund, L., Ingre, M., & Jansson, A. (2001). Lokförarens informationsmiljö och ATC: Ett användarperspektiv. Rapport 2001-013, Institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet.
- Rasmussen J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 13, 257-267.
- Rasmussen, J. (1986). *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*. New York: North-Holland.
- Rasmussen, J., Pejtersen, A. M. & Goodstein, L. P. (1994). *Cognitive Systems Engineering*. New York: Wiley.
- Sandblad, B. Andersson, A.W., Frej, I. & Gideon, A. (1997). The role of human-computer interaction in design of new train traffic control systems. *Proceedings of WCRR '97*, Florence.
- Sandblad, B., Andersson, A.W., Jonsson, K.E., Hellström, P., Lindström, P., Rudolf, J., Storck, J. & Wahlborg, M. (2000). A train traffic operation and planning simulator. *Proceedings of COMPRAIL '00*, Bologna.
- Sandblad, B., Andersson, A.W., Kauppi, A. & Wikström, J. (2007). Implementation of a test system for evaluation of new concepts in rail traffic planning and control. In J. Wilson, B. Norris, T. Clarke & A. Mills (Eds.), *People and Rail Systems. Human Factors at the Heart of the Railways*. Ashgate Publishing Company.
- Simon, H. A. (1972). Theories of bounded rationality. In C. B. Radner & R. Radner (Eds.), *Decision and Organization*, pp. 161-176. Amsterdam: North-Holland.
- Simon, H. A. (1990). Invariants of human behavior. *Annual Review of Psychology*, 41, 1-19.
- Stensson, P., & Jansson, A. (2014). Autonomous technology – sources of confusion: a model for explanation and prediction of conceptual shifts. *Ergonomics*, 57, 455-470.
- Stokes, D. E. (1997). *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*. Washington, D.C: Brookings Institution Press.
- Taleb, N. N. (2010). *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. New York: Random House.
- 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 1237*. 158 pp. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis. ISBN 978-91-554-9192-5.
- 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*, 4, (4), 87-97.
- Tversky, A., & Kahneman, A. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185, 1124-1131.
- Vicente, K. J. (1999). *Cognitive Work Analysis: Toward Safe, Productive, and Healthy Computer-Based Work*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.