

## Godspilot C-DAS Kaunis Iron - Trafikverket



*Figur 1 Foto: Kaunis Iron*

**Författad av:** Johan Lindmark, Kaunis Iron, Per Leander, Transrail, Rickard Skogastierna, Trafikverket, Therese Angel, Trafikverket Peter Olsson, Trafikverket Jörgen Hwargård, Trafikverket Henric Karlsson, Trafikverket

**Datum:** 2022-12-14

**Version:** 1.0

## Sammanfattning

Grunden i C-DAS är att skapa en sluten kommunikationsloop mellan trafikledning och förare, att dela en gemensam lägesbild och plan är det som skapar effekterna genom ökad precision i trafikstyrningen. Vid införande av en mer digital kommunikation mellan trafikledare och förare gör projektet en bedömning att det kommer att påverka all tågtrafik positivt. Genom att möjliggöra funktionen C-DAS distribuera uppdaterad aktuell plan skapas en gemensam lägesbild som ger utrymme för snabbare beslut.

Avsikten med piloten var att skapa en utvärdering som ger svar på; tekniska förbättringar, hur teknik och arbetssätt kan förbättra punktlighet i relation mot andra tåg. Målet har varit att utifrån det sammanställa slutsatser och rekommendationer till fortsatt utveckling samt lyfta fram nyttor utöver punktlighet. Önskemålet har varit att samla kunskap om effekter på energiförbrukning och slitage kopplat mot gods till kompetenscentret för vidare spridning för att öka intresset och möjligheten att flera godsföretag ser fördelar med ett C-DAS. Dessutom ska dessa erfarenheter förbereda för kommande tågledningssystem genom att tekniskt utveckla C-DAS och tillföra nyttor så tidigt som möjligt i befintligt tågledningssystem.

Kommunikationen mellan trafikledning och förare förbättras speciellt vid störningar, dock påverkar så kallade gråa tågen, d.v.s. de som inte använder C-DAS, den totala effekthemtagningen negativt. Ett utökat användande av C-DAS skulle vara positivt.

Piloten har även lyft fram tekniska utmaningar som projektet behöver förhålla sig till, exempelvis hur planerna ska följas vid bristande kommunikationslänk och tågen inte kan garanteras ha den senaste versionen av tågplanen.

Vidare har effekter på slitage och underhåll kunnat skönjas, dock behöver följsamheten med körrekommendationer öka för att tydligare vinster ska kunna påvisas mer tydligt.

Piloten har visat på de tekniska och mellanmännsliga faktorerna som påverkar vid förändring av arbetssätt tillsammans med, i detta fall, C-DAS teknik och därmed ökat möjligheterna för en god implementation för de som ämnat titta på en implementering av C-DAS funktionalitet i sin verksamhet.

En av de viktigaste erfarenheter som rapporten lyfter fram är att för att kunna visa på statistiskt säkerställd data som kan styrka påståenden krävs lång och detaljerad datainsamling. Komplexiteten i påverkansfaktorerna gör att stor störning över kortare tidsrymder gör att datan inte blir konsekvent då man behöver en längre tidsrymd för att datan ska få rätt vikt.

C-DAS är en del av digitaliseringen av branschen som i sig skapar förutsättningar för en följsam tågföring, men för att se större nyttor behöver större andel av de aktiva tågen köra med C-DAS.

| <b>Begrepp</b>     | <b>Beskrivning</b>  |
|--------------------|---|
| AoE                | ATO over ETCS. Signalindustrins (Unisig) standard för ATO.  |
| ATO                | Automatic Train Operation   |
| BIS                | Trafikverkets baninformationssystem med bandata   |
| CATO               | Computer Aided Train Operation, ett DAS-system utvecklat av Transrail Sweden  |
| C-DAS              | Connected DAS, ett system med integration till TMS, vilket möjliggör uppdatering av planen i nära realtid.  |
| DAS                | Driver advisory system, finns flera funktionsnivåer   |
| Digital graf       | Förmågan att göra operativ planering digitalt - systemunderstöds av STEG  |
| Grått tåg          | Ett tåg utan C-DAS. Ett sådant tåg kan via spårledningarna följas i STEG/Digital Graf, men föraren har inte koppling med trafikledningen och kan inte ta emot digital information om RTTP.              |
| Gångtid            | Den delen av körtiden som ett tåg är i rörelse.   |
| Körtid             | Gångtid + ståtid  |
| lf                 | Lokförare   |
| RTTP               | Real Time Traffic Plan, den operativa realtidsplanen från STEG. Även benämningen "STEGAktuellPlan" används.   |
| S-DAS              | Standalone DAS, fristående system som inte är integrerat mot trafikstyrningssystemet (TMS), beräknar kör rekommendationer baserat på statisk tidtabell.   |
| SFERA              | UIC, IRS 90940 (SFERA - Smart communications For Efficient Rail Activities) gemensam europeisk standard för kommunikationen mellan trafikledning och tåg vid C-DAS. IRS 90940 motsvarar SS 126 för AoE. |
| STEG               | STEG (STyrning med Elektronisk Graf . Namnet på applikationen/systemet som möjliggör digital operativ planering   |
| Tidsslack, slack   | Skillnaden mellan planerad gångtid på en sträcka och gångtiden om tåget körs så fort som möjligt. / Gångtidsmarginalen i en tidtabell.  |
| TMS                | Traffic Management System, trafikstyrningssystem, har normalt förmågor för att hantera operativ planering, styrning av signalsystem och ställverk.  |
| Tkl (TTL regional) | Tågtrafikledare (Tågklarare)  |
| TPE                | TrainPathEnvelope, Målpunkter i manöverutrymmet för respektive tåg beskriver en "korridor" (Train Path Envelope) som varje tåg måste hålla sig inom för att anses uppfylla planen, se Figur 6.          |

| <b>Begrepp</b>                                 | <b>Beskrivning</b>  |
|--|---|
| Trafikverkets plattform för externt datautbyte | Trafikverket har beslutat införa en gemensam integrationsplattform för informationsutbyte med extern part, som ett led i pågående informationssäkerhetsarbete. Plattformen fungerar som ett skalskydd mot Trafikverkets interna system. |

## Innehållsförteckning

### Sammanfattning 2

- 1 Bakgrund 7
  - 1.1. Utgångspunkter för Trafikverkets C-DAS projekt 7
  - 1.2. Mål och syfte med piloter 8
  - 1.3. Om Godspiloten tillsammans med Kaunis Iron och dess genomförande 9
  - 1.4. Kaunis Iron's projekt med system för eco-driving 10
- 2 Grunder avseende C-DAS 11
  - 2.1. Trafikledningssystemet/ Trafikledning 11
  - 2.2. Förarstödssystemet (DAS) / Förarnas körning 13
  - 2.3. Digital kommunikation mellan trafikledning och tåg 14
- 3 Om eko-effektiv trafikledning och körning 15
  - 3.1. Eco-driving 15
  - 3.2. Effektiva tågplaner/ möten 16
  - 3.3. Effekter för Trafikverket 19
- 4 Beskrivning av sträcka och trafik för Godspiloten 19
- 5 Erfarenheter från genomförd pilot 22
  - 5.1. Analys punktlighet 22
  - 5.2. Trafikpåverkan / trafikkapacitet 23
  - 5.3. Analys energiförbrukning 24
  - 5.4. Analys slitage 27
- 6 Erfarenheter från lokförare och trafikledare 29
  - 6.1. Introduktion 29
  - 6.2. Erfarenheter från lokförarna 29
  - 6.3. Erfarenheter från trafikledarna 32
- 7 Slutsatser och rekommendation om fortsatt arbete 33

- 7.1. Introduktion 33
- 7.2. Systemutveckling 34

## 1 Bakgrund

### 1.1. Utgångspunkter för Trafikverkets C-DAS projekt

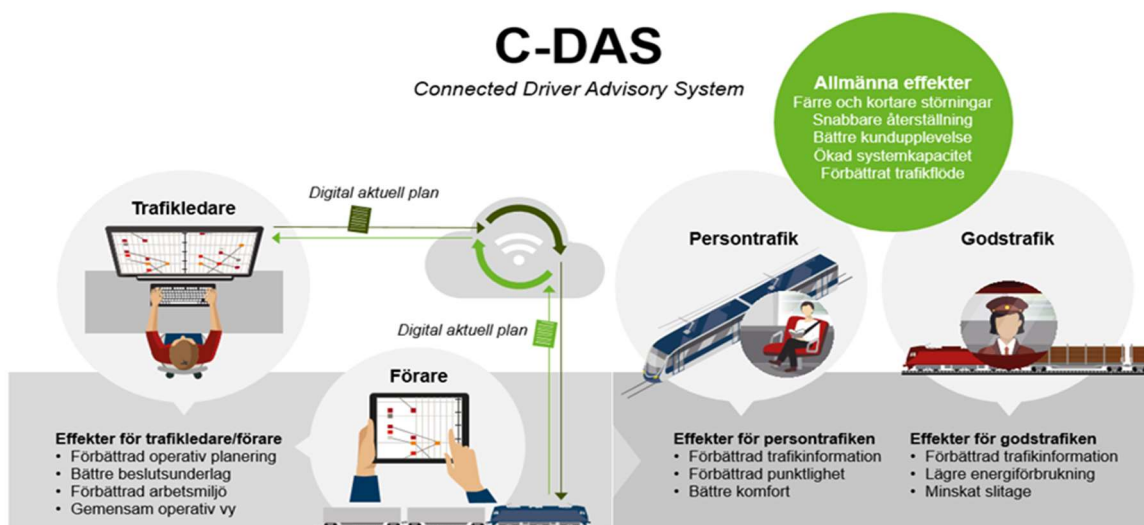
En av utmaningarna inom järnväg är att hantera en störning. Det finns många faktorer som påverkar, flera aktörer som är inblandade och således samband att ta hänsyn till.

Bristerna i störningshantering påverkar idag både tågens punktlighet och trafikinformation till resenär och godstransportör. De många aktörerna och det analoga arbetssättet gör att det är svårt att snabbt få en gemensam lägesbild, risken för fel beslut i störning ökar och trafikinformation till kunden blir inte agerbar.

Det finns ett tryck från branschen att konkret agera kraftfullt på de kända bristerna i leveransen av trafikledning och trafikinformation på järnväg, och inte vänta på de större systemlösningarna som kommer på plats först om något år. Genom Trafikverkets projekt **Operativt beslutsstöd i realtid** ger vi lokförare möjligheten att få optimerade planer löpande och vi förbereder organisationen inför kommande kravställning och införandet av nationell tågledning, med tillhörande systemstöd och arbetssätt. Den erfarenhet som detta kommer att generera kommer att kunna förbättra kommande större systemlösningars utveckling i berörda områden, således bidrar projektet både till ökade möjligheter i dagsläget och för kommande systemlösningar. Syftet med projektet är att bidra till utvecklingen mot en moderniserad och digitaliserad trafikledning genom att:

- Förbättra beslutsunderlag för trafikstyrning och störningshantering så att så rätt beslut som möjligt kan fattas av tågtrafikledare (tkl) och förare.
- Förbereda organisationen och lära inför kommande genomgripande förändringar i arbetssätt och systemstöd bl. a. införande av ett helt nytt tågledningssystem tillförlitligt, säkert och effektivt informationsutbyte mellan Trafikverkets trafikledning och förare i syfte att förbättra leveransen och bidra till ökad säkerhet, punktlighet och förbättrad miljö.

Övergripande förväntas C-DAS frigöra tillgänglig kapacitet utan att bygga nya spår samt ge förbättrad trafikinformation, förbättrad punktlighet och minskad miljöpåverkan. För järnvägsföretagen förväntas förbättrad punktlighet och trafikinformation, lägre energiförbrukning, minskat slitage och förbättrad komfort. Effekterna för järnvägsföretagen beror dock på vilka DAS-system de implementerar.



Figur 2; Översikt C-DAS miljö

Grunden, men inte enda funktionen, i C-DAS är att skapa en sluten kommunikationsloop mellan trafikledning och förare. Att skapa en god lägesbild för trafikledningen och en realtidsplan som kontinuerligt delges förarna är basen för en ökad precision i trafikföringen. Detta har tidigare saknats.

Genom att genomföra piloter vill Trafikverket skapa förståelse från verklig drift om hur C-DAS funktionalitet bör byggas upp, hur integrationerna mellan Digital graf och C-DAS ska utföras, vilken information som ska utbytas och i vilken form.

Trafikverket har under 2019-2020 genomfört en C-DAS pilot omfattande SJ persontåg på sträckorna Järna –Norrköping och Borlänge-Frövi. Test i operativ trafik gjordes hösten 2020 och används från januari 2021 i daglig drift. Under 2022 har även sträckan Nässjö-Lund tillkommit.

Trafikverket har sedan önskat genomföra en C-DAS pilot även inom godstrafik.

Kaunis Iron hade då nyligen anskaffat DAS-systemet CATO (Computer Aided Train Operation) för sin tågdrift på Malmbanan. Efter tidigare önskan av Trafikverket hade detta dessutom utvecklats till C-DAS med anslutning till trafikledningen i Boden. Kaunis Iron malmtrafik valdes för att samla erfarenheter om C-DAS inom godstrafik.

I maj 2021 kom Trafikverket och Kaunis Iron överens om att samverka med en Godspilot under perioden juni-december 2021.

## 1.2. Mål och syfte med piloter

Målet med att genomföra piloter inom Trafikverkets projekt Operativt beslutsstöd i realtid är att skapa förståelse för hur C-DAS funktionalitet bör byggas upp, hur integrationerna mellan Digital graf och C-DAS ska se ut, vilken information som ska utbytas och i vilken form.

Syftet med piloter är att få en förståelse för hur C-DAS funktionalitet bör fungera, hur integrationen ska se ut, vilken information som ska utbytas och i vilken form.

**Övergripande:** Öka tillgänglig kapacitet utan att bygga nya spår, förbättrad trafikinformation, förbättrad punktlighet och minskad miljöpåverkan.

**Trafikverket:** Förstå vilken teknisk standard som ska användas för informationsutbytet. Förstå samspelet mellan trafikledning och förare (tåg), för att kunna arbeta i en gemensam digital plan.

- Vilken information ska utbytas
- Hur ska vi få det att fungera i verkligheten

**Järnvägsföretag:** Förbättrad punktlighet och trafikinformation, lägre energiförbrukning, minskat slitage och förbättrad komfort.



## Förväntade effekter av C-DAS för godstrafik

### Allmänna effekter

- Färre och kortare störningar
- Snabbare återställning
- Ökad systemkapacitet
- Förbättrat trafikflöde

### Trafikledare/förare

- Förbättrad arbetsmiljö
- Bättre beslutsunderlag
- Gemensam operativ vy
- Förbättrad operativ planering



### Godstransportör

- Förbättrad trafikinformation
- Lägre energiförbrukning
- Minskat slitage



Figur 3, C-DAS förväntade effekter

### 1.3. Om Godspiloten tillsammans med Kaunis Iron och dess genomförande

C-DAS piloten i samarbete mellan TC Boden och Kaunis Iron omfattar godstrafik på sträckan Pitkäjärvi/Svappavaara – Riksgränsen (Narvik) med mer flexibel tågföring. Se mer information om linje och trafik i kap 4.

Avsikten är att skapa en utvärdering som ger svar på; tekniska förbättringar, hur teknik och arbetssätt kan förbättra punktlighet i relation mot andra tåg. Målet har varit att utifrån det sammanställa slutsatser och rekommendationer till fortsatt utveckling.

Utöver detta är önskemålet att samla kunskap om effekter på energiförbrukning och slitage kopplat mot gods till kompetenscentret för vidare spridning för att öka intresset och möjligheten att flera gods företag ser fördelar med ett C-DAS.

Överenskomna åtaganden och erfarenhetsinhämtning inför uppstart.

#### Kaunis Iron

- Lokförare kör enligt den aktuella planen
- Följer upp lokförarens upplevelser i form av enkäter, logg och intervjuer till slutrapport
- Information i form av data, analysunderlag/erfarenheter samt analys om energieffektivitet och slitage till slutrapport
- Deltar på avstämningsmöten

#### Trafikverket

- Tågtrafikledare levererar uppdaterade planer
- Följer upp tågtrafikledarens upplevelser i form av enkäter och intervjuer till slutrapport.
- Kallar till och deltar på avstämningsmöten
- Samordnar slutrapport

Piloten genomfördes under tidsperioden juni – november 2021 med avstämningsmöten varannan vecka där vi stämt av erfarenheter, aktuella frågeställningar och delat kunskap. Deltagare på mötena har varit Trafikverkets projektmedlemmar, Produktionsledare från TC Boden, representanter från Kaunis Iron och Transrail. Railcare, som kör tågen för Kaunis Iron, och Green Cargo har varit inbjudna att delta.

Under avstämningsmötena har erfarenheter från föregående period diskuterats. Vid mötena har även ett kunskapsutbyte skett beträffande C-DAS i stort och dess utveckling i Europa.

Till skillnad från piloten i persontrafik har effekterna på framför allt energiförbrukning tagits upp och tekniska aspekter fördjupats.

Projektet avbröts i förtid i början på november i anslutning till att Kaunis Iron skulle byta till ny lokflotta från annat leasingbolag.

#### 1.4. Kaunis Iron's projekt med system för eco-driving

Kaunis Iron kör normalt två omlopp Pitkjärvi-Narvik-Pitkjärvi per dygn. 2020 togs beslut om att satsa på förarstödsystem för att minska energiförbrukning. Kaunis Iron valde systemet CATO som var utprovat i godstrafik och medgav optimalt utnyttjande av banprofilen för att åstadkomma eco-driving.

CATO anskaffades som S-DAS, d.v.s. saknade koppling till trafikledningen. Efter önskan från Trafikverket utökades det till C-DAS. Detta var bl.a. en åtgärd för att få bättre acceptans för att kunna snabbvända tågen i Narvik och köra framförallt returtagen delvis med stor avvikelse från ordinarie tidtabell.

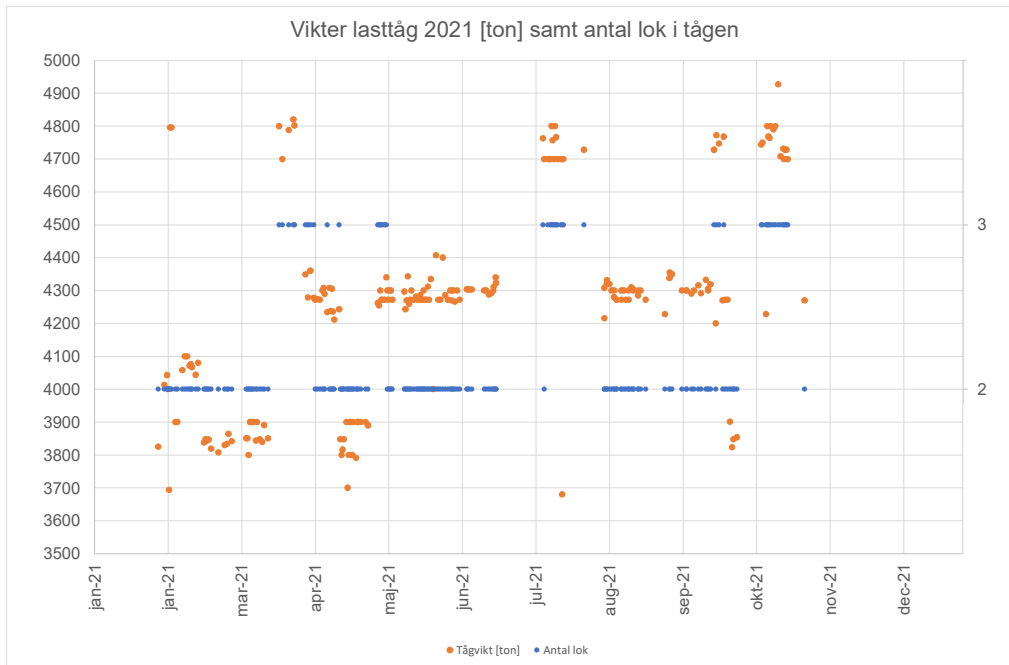
Installation av ett DAS-system i Kaunis Iron's trafik har inte varit utan problem. Täckningen av både GPS och publik GSM är dålig generellt sett längs Malmbanan och inte minst i Pitkjärvi. Se mer i kapitel 2.3.

Införandet av CATO medförde ändrade rutiner/instruktioner avseende körning av tåg. Där systemet ger förslag på hur elbroms och mekanisk broms ska användas. Samtidigt avrådde CATO från användandet av återmatande elbroms där så var möjligt, detta till förmån för att tillämpa rullning

I anslutning till Godspiloten bör nämnas att fokus i Kaunis Iron's trafik har varit att minska elförbrukning. C-DAS med syfte på punktlighet med väl timade möten var inte i fokus även om det var uppenbart att punktlighet vid mötena hade stor effekt på energiförbrukningen.

Det bör även nämnas att Kaunis Iron, Trafikverket (tc Bdn), Transrail och en förare vid Railcare innan och parallellt med Godspiloten haft avstämningar veckovis inom det egna projektet. Detta har inneburit en nära och bra dialog både om projektets framdrift, dess utnyttjande som C-DAS och flera frågeställningar om trafikföringen som sådan.

I november-december 2021 gjordes ett utbyte av den leasade lokparken, vilket inneburit ett avbrott i användandet av CATO. Entreprenör till Kaunis Iron har, som en följd av global kris med halvledare efter pandemin, haft problem att bestycka de nya loken med energimätare. Önskemålet har varit att få dessa i drift innan CATO åter tas i bruk.



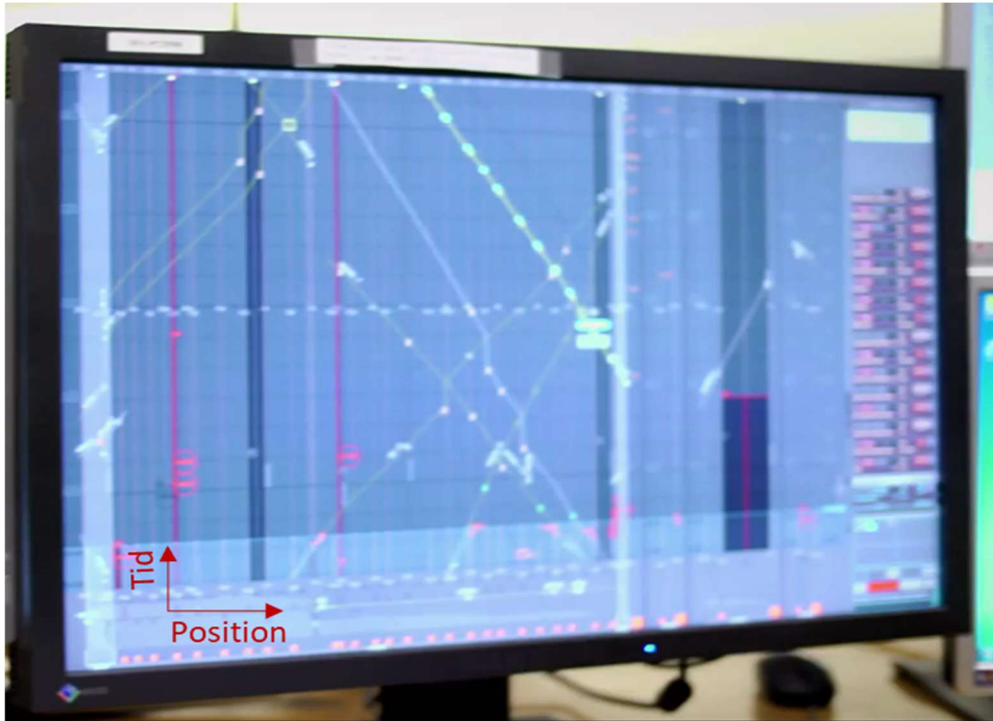
Figur 4; Diagrammet, vilket inte är helt komplett, visar tågvikterna vid Kaunis Iron under den aktuella perioden. Tågvikterna varierar relativt kraftigt i olika perioder. I mars 2021 övergick Kaunis Iron till att köra med 36 i.st.f. 32 vagnar, prov med 3 i.st.f. 2 lok startades liksom prov med tåg om 40 vagnar. Att köra högt utlastade tåg med bara två lok kräver tuffare körning. Effekten blir likartad med vad som visas i, dvs marginalerna för eco-drive minskar. Diagrammet visar även att tågstorlekar och dragkraft varierat kraftigt under perioden för Godspiloten.

## 2 Grunder avseende C-DAS

För att beskriva förutsättningarna för denna Godspilot är det nödvändigt att ge en kort beskrivning av C-DAS systemet som sådant. Det består i grunden av två delsystem, dels trafikledningssystemet STEG/Digital Graf vid trafikledningscentralen i Boden, dels DAS-systemet CATO som används av Kaunis Iron. Samspelet mellan dessa båda delsystem och deras användare (trafikledare och förare) är viktigt. Nyttan av C-DAS beror på dem båda och handlar både om trafikmässiga vinster i form av punktlighet, hantering av störningar och trafikkapacitet, men också om eco-driving. Nyttan av systemet beror även av hur det fungerar i samband med att tåg utan C-DAS ("grå tåg") trafikerar sträckan. Det bör särskilt nämnas att en god kommunikationslänk är en viktig förutsättning för att C-DAS ska fungera väl. Ska C-DAS systemet vara effektivt behöver ändringar i tågplanen snabbt kommuniceras till tågen.

### 2.1. Trafikledningssystemet/ Trafikledning

Digital Graf är ett system för tågledning som nu införs vid Trafikverket. Det introducerades vid trafikledningscentralen i Boden med namnet STEG (STyrning med Elektronisk Graf) 2010.



Figur 5; Digital Graf, Tågtrafikledare gränssnitt för trafikstyrningen  
-STEG (STyrning med Elektronisk Graf) – planen för tågns rörelser i en graf med position/tid

På en intilliggande skärm visas järnvägssträckan och dess driftsplatser i form av en spårplan (ej visad i bilden ovan). Här kan tågtrafikledare på konventionellt sätt styra trafiken genom att lägga tågvägar och ställa signaler.

STEG/Digital graf visas på bilden ovan och visar den aktuella tågplanen i grafisk form. Här kan tågtrafikledare ändra RTTP (realtidsplanen) genom att markera ett tågs tidsläge vid en driftsplats och ändra tiden för en avgång. Linjernas lutningar beskriver tågns planerade hastigheter. Tågns möten kan förändras både vad avser plats och tid.

C-DAS är integrerat i STEG/Digital graf och denna kontaktyta förklaras mycket kort nedan.

Operativ Planering med STEG/Digital graf innebär fokus på att styra trafikflödet. Detta till skillnad från det konventionella manöversystemet där trafiken styrs genom att lägga tågvägar och med pappersgraf som stöd.

Konceptet Operativ Planering bygger på några viktiga grundpelare. En sådan är att alla har en gemensam plan som alla följer. För att alla ska kunna följa Planen måste den uppfylla vissa kriterier. Planen måste vara tillgänglig för alla och vara helt transparent. Den ska visa all beslutsrelevant information så att alla användare får tillräcklig information och så att egna beslut kan tas och att beslutens bakomliggande orsak är tydlig.

Det är också viktigt att det, i varje stund, bara finns en gällande Plan. Detta för att garantera att alla agerar enligt samma förutsättningar.

Det är där C-DAS kommer in som en viktig pusselbit då den kommunicerade Planen (STEGAktuellPlan) skapar förutsättning för att tågen ska följa vad trafikledningen i realtid planerar. Det är viktigt att den givna planen kan följas och att den faktiskt följs.

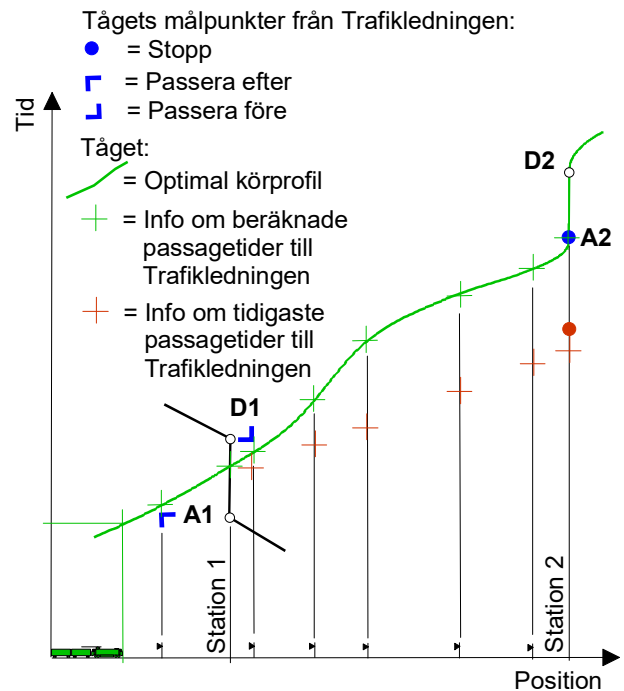
Omvänt kan också Planen förse med värdefull information från tågen, gällande status om Trafikledarens föreslagna plan verkligen är körbar. Här finns det utvecklingspotential för framtiden.

Så snart fjärrtågtrafikledaren gör en justering av tiderna eller spårvalet i den aktuella planen för ett enskilt tåg kommer en uppdaterad STEGAktuellPlan att skickas ut.

Ändringar av tider och spårval enligt ovan ändras alltså oberoende av varandra och det sker per tåg. Vid en störd situation när många omplaneringar behöver göras både vad gäller tider och spårval samt för flera inblandade tåg kommer många STEGAktuellPlan-meddelanden att skickas ut innan en ny hållbar plan är klar. Detta kan ställa till problem för mottagaren som behöver avgöra när en plan är stabil nog.

Grundprincipen för styrningen med ett C-DAS är att trafikledningen anger en s.k. TPE (Train Path Envelope) för tågen. Det innebär att enbart låsa upp de positioner/tider som tågen måste respektera m.a.p. annan trafik eller andra yttre omständigheter, t.ex. banarbeten. Figur 6 är en klassisk bild i detta sammanhang.

Figur 6; C-DAS styrning baserad på målpunkter, vilka beskriver begränsningarna TPE (Train Path Envelope) för en tågrörelse. I figuren är A1 och D1 TPE-punkterna vid station 1 där det gröna tåget har ett möte. Sedan finns det inga begränsningar förrän ankomsten A2, som är en stoppunkt vid station 2.



Marginalen (tidsslacket) mellan planerad ankomsttid och gångtiden vid snabbast möjliga körning är viktig information som behöver återkopplas till trafikledningen. Det ska inte gå att lägga planer som inte är körbara, dvs att gångtiden är kortare än den snabbast möjliga. I normalfallet ska gångtiden vara längre än så och i princip med största möjliga tidsslack. Se Figur 6. Sådan funktion har inte funnits vid Godspiloten.

## 2.2. Förarstödssystemet (DAS) / Förarnas körning

Vyn "Körning" i CATO-systemets förargränssnitt visas på den högra skärmen i 4 nedan.



Figur 7; Skärm med förarstöd till höger i förarbordet. Skärmfliken "Körning" har tre fält:  
 - till vänster: Körplanvisningen för punktlig körning och bästa möjliga eco-driving,  
 - i mitten: visning av tider enligt körplanen, RTTP resp den beräknade tiden enligt körplanvisningen,  
 - till höger: karta (25 eller 50 km framåt) med visning av andra tåg på linjen och deras respektive rörelser.

Körplanvisningen visar som grundinformation den optimala hastighetsprofilen 10 km framåt. Den visar vad som i förarutbildningen brukar betraktas som "en god körstil". Systemet beräknar den ekonomiskt optimala körprofilen fram till nästa stopp inklusive alla eventuella restriktioner under vägs.

RTTP ankomsttider visas liksom ankomsttiden enligt den optimala körplanen och ifall föraren följer denna. Dessa tider överensstämmer på nära sekundnivå såvida inte planen råkar kräva att tåget ska köra fortare än vad som är möjligt. Då visas ankomsttid i sådant fall och en körprofil för snabbast möjliga körning.

På en karta visas tågets rörelse liksom rörelsen hos andra tåg på linjen. Visningen baserar sig på den prediktionsmetodik som illustreras i Figur 11. Likartad information ges t.ex. i appen [jvgfoto.se/trafikinfo](http://jvgfoto.se/trafikinfo). Denna visar tid då trafikplats passeras enligt TRAFIKVERKETS Api. Uppgiften i CATO är baserad på tågens spårledningspassager och prediktioner av rörelserna utifrån dessa tider.

### 2.3. Digital kommunikation mellan trafikledning och tåg

Den digitala kommunikationslänken mellan trafikledning och tåg en mycket viktig förutsättning för att C-DAS ska fungera optimalt. Ska C-DAS fungera bra behöver ändringar i tågplanen (RTTP) kommuniceras till tågen utan dröjsmål d.v.s. datalänken behöver vara god. Detsamma gäller operativ information från tåg till trafikledning.

Längs Malmbanan är täckningen av både GPS och publik GSM bristfällig generellt sett. På norsk sträcka i fjällen längs Rombaksfjorden är det mycket bristfällig. Dessutom är lokhytterna oftast kraftigt avskärmande för dessa signaler, men inte ens takantennar är ibland tillräckliga. I fallet med Kaunis Iron's DAS-installation hade det inte varit möjligt att placera antenner annat än direkt bakom lokens fronthyttor. Detta har haft konsekvens på arbetet med själva mjukvaruinstallationen och även förarupplevelsen. Mer om detaljer och lösningsförslag i kap 7.

### 3 Om eko-effektiv trafikledning och körning

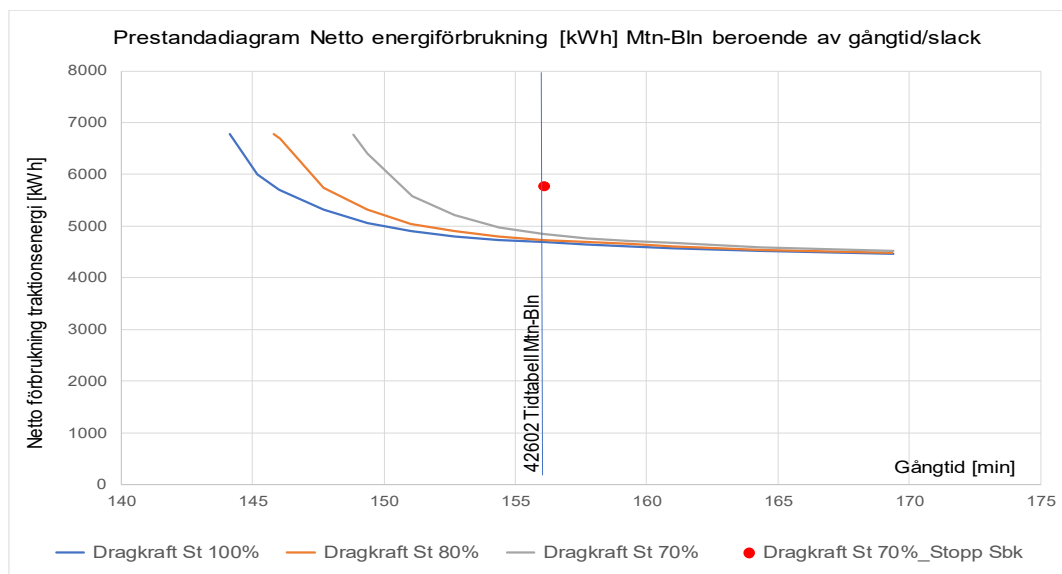
C-DAS avser punktlig tågdrift enligt aktuell RTTP. Det innebär i sig inte eco-driving, men ska stödja sådan på två punkter, nämligen utnyttjande av tillgänglig gångtid och effektiv möteshantering så att tåg inte behöver bromsa in i onödan.

#### 3.1. Eco-driving

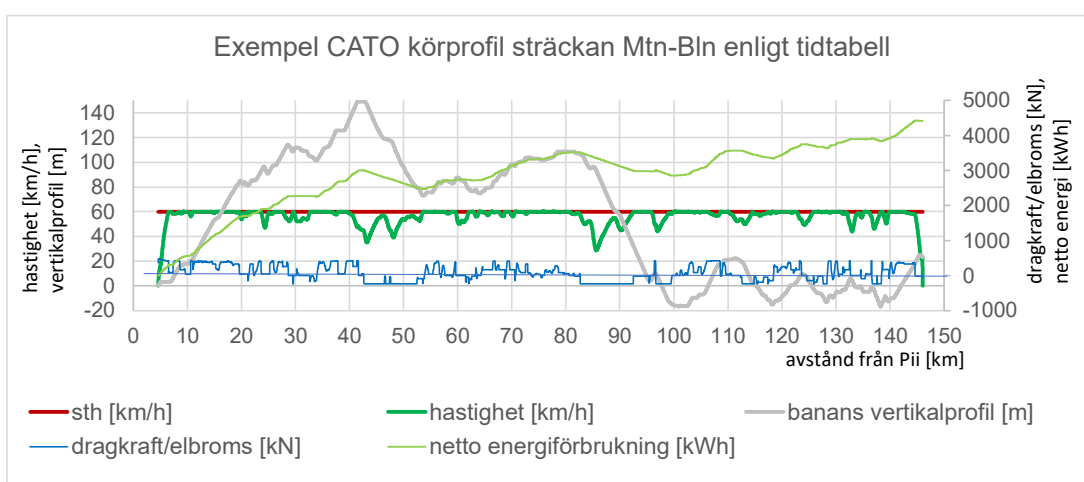
Bra eco-driving innebär att DAS-systemet kan disponera körningen fram till nästa stopp så optimalt som möjligt med avseende på energiförbrukning och slitage. Med rätt disposition av tillgänglig gångtid med hänsyn till banprofilen kan tåget rulla maximalt men ändå klara tiderna enligt RTTP (realtidsplanen, tiderna enligt STEG) utan att överskrida största tillåtna hastighet. Det gäller även att klara ev. tidsrestriktioner undervägs, t.ex. att komma rätt i tid för passage vid en mötesplats eller att undvika stopp i infartssignal. Besparingarna som kan uppnås med ett visst tåg på en viss linje beror av tillgänglig gångtid och hur väl DAS-systemet disponerar körningen. Figur 8 visar prestandadiagram för CATO i denna trafik. Figur 9 visar exempel på körprofilen vid körning enligt tidtabell.

Det finns DAS-system av olika typ. Det finns de som visar en konstant hastighet mellan olika punkter och de som tar hjälp av topografi och andra påverkande miljöfaktorer och därmed kan gå längre i en optimerad körning. I de fall där man inte optimerar blir besparingarna mindre vilket visas i prestandadiagrammen nedan. Anvisningen att hålla konstant hastighet exempelvis innebär ju bromsning i nedförsbackar och drivning i uppförsbackar, vilket leder till större energiförbrukning istället för att låta tåget rulla så mycket som möjligt och planera för jämnare acceleration.

Diagrammen visar bl.a. betydelsen av att tågtrafikledare inte ger onödigt korta gångtider och att tåget som ska passera vid ett möte inte ska behöva bromsa in/stanna t.ex. vid infartssignal. Genom att använda målpunkterna som ligger i Trafikverkets data kan ett slack i tidsavseende utnyttjas för eventuell eco-optimering. Mer om framtida möjligheter för detta i Kap7.2.



Figur 8; Energiförbrukning för lasttåg på sträckan Mertainen-Björkliden, som i tidtabell körs utan stopp, men där verkligt stoppmönster kan variera förutom att tiderna för passager vid möten påverkar. I figuren visas prestandakurvor vid tre olika maximala dragkrafter på loken. Ju lägre dragkraftsnivå, t.ex. till följd av dåligt väder, desto känsligare för kort gångtid. För alla dessa dragkraftsnivåer gäller en besparing på ca 30% vid körning enligt tidtabell jämfört med att köra så fort som möjligt. Motsvarande diagram som detta gäller även för tomtåg. I diagrammet visas också hur ett mycket kort stopp i Stenbacken påverkar energiförbrukningen. Känslighet för kort gångtid uppstår också om tågen körs med högre lastvikt. Tidsslacket minskar och därmed minskar tidsutrymmet för att utnyttja banprofilen för rullning. Det ger naturligtvis högre energiförbrukning totalt sett, men ger ändå en förbättring räknat i energi per ton.



Figur 9; Den optimala körprofilen med Dragkraft St100% med gångtid enligt tidtabell.

### 3.2. Effektiva tågplaner/ möten

På enkelspåriga linjer och godstrafik med tunga tåg är det framför allt väsentligt att mötena blir smidiga. Detta är en målsättning med C-DAS avseende punktlighet och trafikkapacitet men också avseende eco-effektiv körning (eco-driving). För att dessa tåg inte ska behöva stanna och starta igen med betydande energiförluster bör de tungt lastade tågen prioriteras före och kunna passera utan stopp eller restriktiv infartssignal snarare än de tåg som i nuläget prioriteras enl. JNB se mer om detta i kap 7.

Det är en sak om alla tåg har C-DAS, en annan om flertalet tåg saknar C-DAS (det vi här kallar "grått tåg").

Att ett möte blir bra beror av tre aktörer, nämligen:

- Tågtrafikledaren, med uppgift att i STEG ge rätt tider för de mötande tågen.
- Föraren av det "gröna tåget" (med C-DAS), med uppgift att ankomma till mötesplatsen vid den tid som gäller enligt RTTP (STEG).
- Föraren i det mötande "grå" tåget (utan C-DAS), som ska ankomma mötesplatsen vid rätt tid men som inte vet något om RTTP och kan därför ha problem med tidhållningen och samtidigt kanske även bristfällig möjlighet att anpassa sin körning utan ett lämpligt förarstöd.

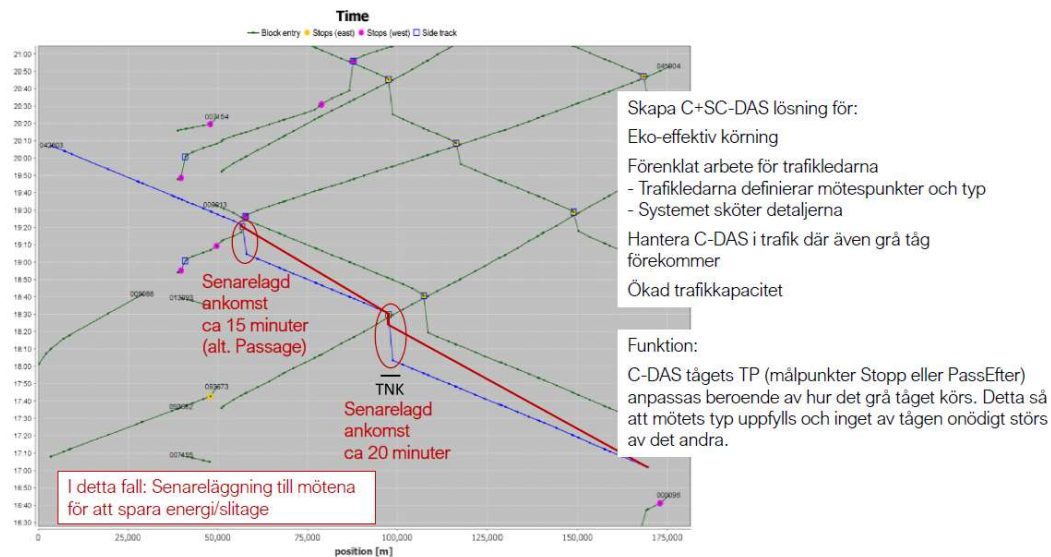
Ska detta fungera någorlunda måste tågtrafikledaren uppskatta det grå tågets ankomsttid och basera mötestiden på denna uppskattning. Samtidigt behöver det grå tåget köra på sådant sätt att tågtrafikledarens uppskattning blir rätt. Därutöver behöver det gröna tåget få RTTP i god tid före mötet, d.v.s. mer än 10 minuter före mötet, för att kunna reagera rätt på en ändrad RTTP. Av det sagda framgår att det ligger en stor arbetsuppgift på tågtrafikledaren, vilken är svår att hantera manuellt.



Förutom att påverka eco-driving handlar bra möten, baserade på RTTP och tidhållning, om att tillgodogöra sig infrastrukturens trafikkapacitet. Dåliga möten innebär att trafikkapaciteten påverkas negativt liksom möten som beror av hur de grå tågen körs. Även andra faktorer påverkar trafikkapaciteten t.ex. att lasttåg får stanna, och dessutom på olämpliga platser. Om mötesplatsernas spår är korta relativt taglängden, vilket gäller andra tunga godståg på sträckan, så tar det tid att få stoppande tåg hinderfritt.

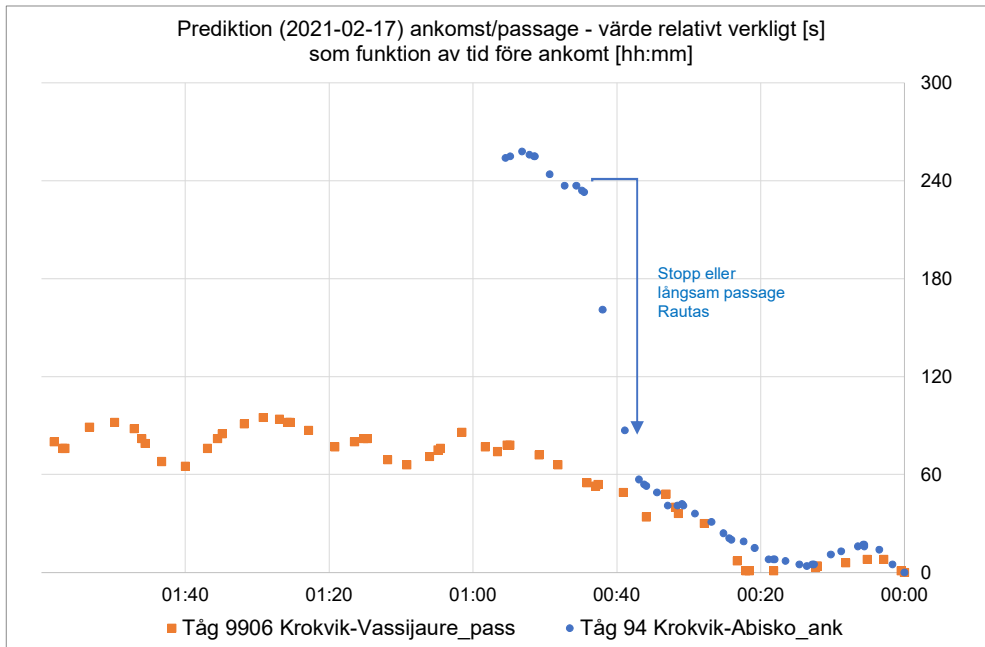
## Målpunktshanterare

I anslutning till projektet för Kaunis Iron har Transrail bedrivit ett eget utvecklingsarbete med att stödja trafikledarnas arbete genom automatisering av tiderna för målpunkter, dvs för möten och bra kolonnkörning. Liknande har Transrail gjort i andra projekt under namnet SC-DAS (Signal-Connected DAS). Syftet här är att göra mötena smidigare och med minsta möjliga påverkan mellan tåg med C-DAS och grå tåg utan C-DAS. I ett perspektiv där alla tåg har C-DAS går detta att utveckla till en tidsläggning så att RTTP ger bästa möjliga eco-effektivitet för hela trafiken inklusive att vissa tider är fastställda t.ex. för persontåg eller godståg vid vissa stationer.



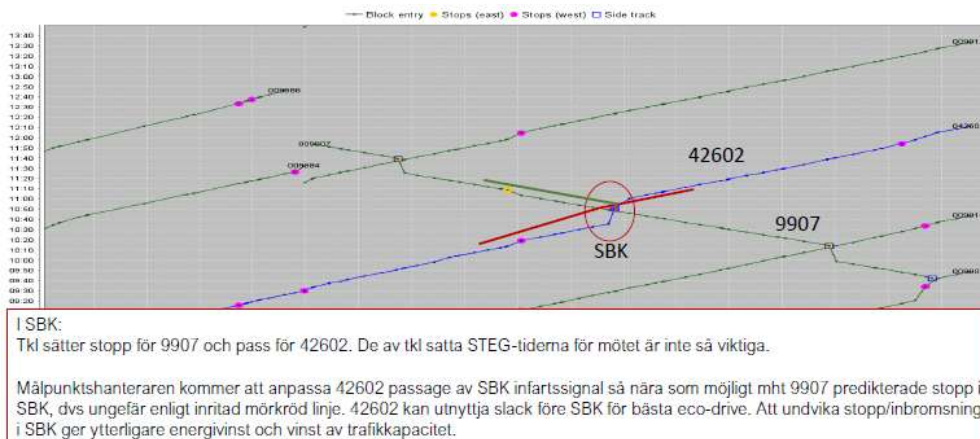
Figur 10; Syftet med och principerna för målpunktshanteraren, här i möteshantering

Målpunktshanteraren justerar C-DAS tågens RTTP ankomsttider till mötesstationerna. Tidsmarginalerna vid mötena minskas. Samtidigt säkerställs att det passerande tåget (C-DAS tåg eller grått tåg) inte ska behöva möta restriktiv infartssignal. Syftet är att få mötena smidiga samtidigt som tågen med C-DAS får så mycket gångtid som möjligt till mötet och därmed möjlighet att minska energiförbrukning och slitage. Grunden för denna funktion är mätning av tiderna då tågen på banan kör in på nya spårledning (signalsträckor). Detta användas för att skapa prognoser för tågens rörelser. Figur 11 visar två exempel.

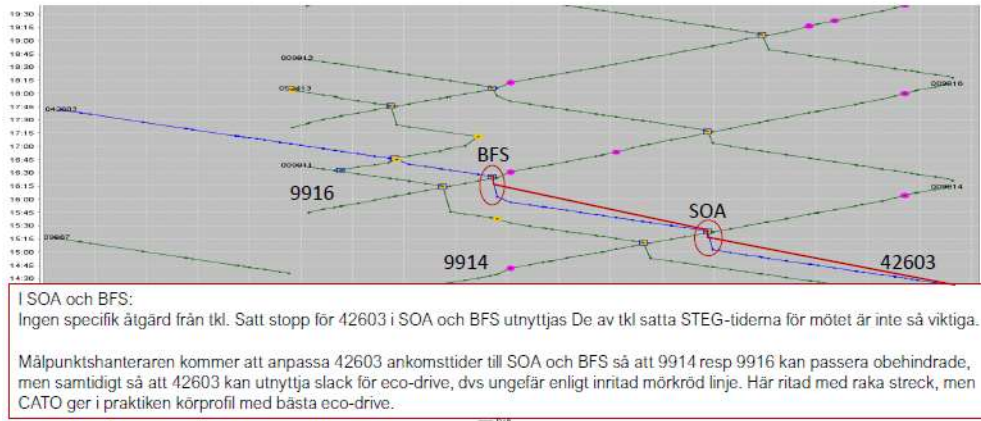


Figur 11; Slumpvis valda exempel på prediktion av ankomsttider. Figuren visar ett malmtåg (9906) och ett persontåg (94).

Följande två figurer visar hur målpunktshanteraren sätter mötestiderna beroende av hur tågtrafikledare väljer mötesplats och prioriteringar mellan tågen. Endast grov tidssättning behövs. I samtliga fall uppnås senare ankomst till mötesplatsen och därmed en mer eko-effektivt körning utan att påverka trafiken i övrigt.



Figur 12; Målpunktshantering vid val av passage i.st.f. stopp



Figur 13; Målpunktshantering vid stopp för Kaunis Iron tåget 42603 i Stordalen resp Bergfors.

Funktionen av målpunktshanteraren var klar och utprovad samtidigt som användningen av förarstödet avbröts då Kaunis Iron bytte ut sin lokpark i november 2021. Det hann inte implementeras. I en fortsättning av användandet av C-DAS bör målpunktsstyrning finnas med, se kap7.

### 3.3. Effekter för Trafikverket

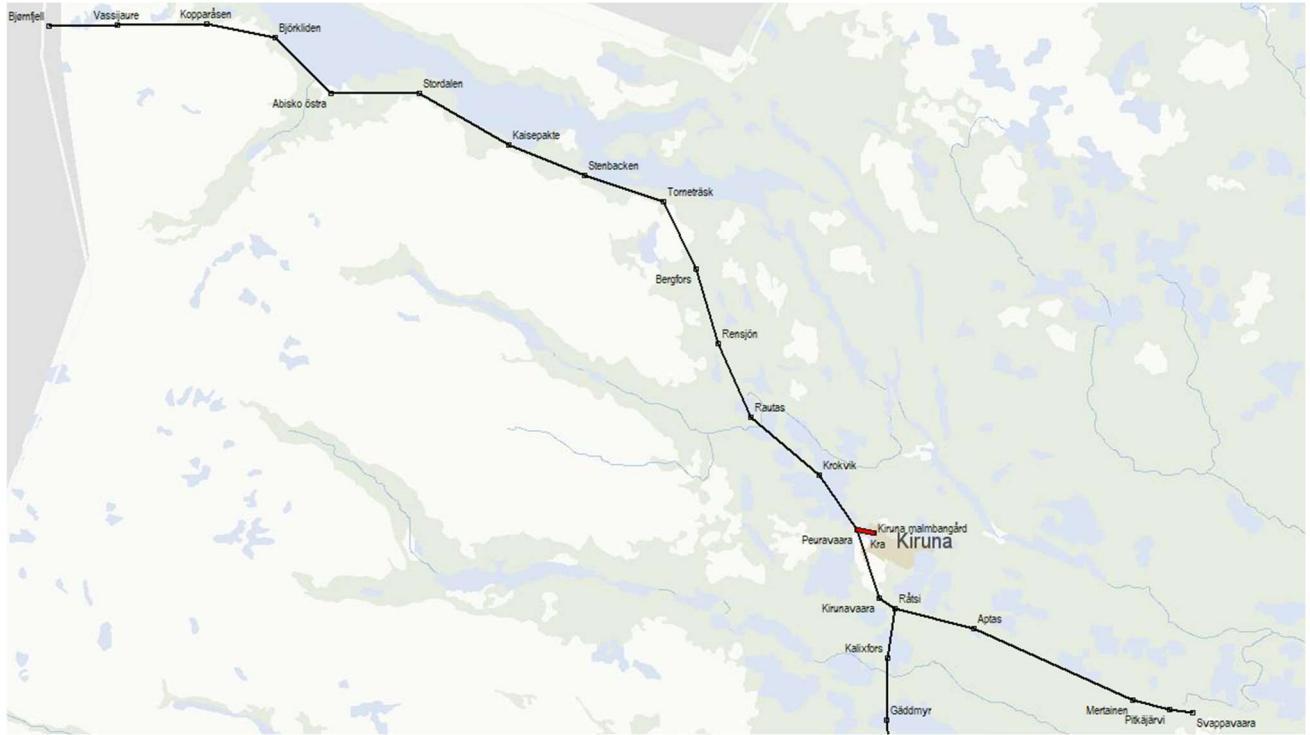
Eco-driving har värde för Trafikverket ifall energi-/effektförbrukning kan minskas och belastning och förluster i banmatningen minskar. För Tågoperatörerna är nettoförbrukningen intressant, men för Trafikverket är storleken på brutto- och återmatad energi mer intressant. Det är energiflödet i banmatningssystemet som ska minskas, dvs både brutto- och återmatad energi ska hållas låga för att minska förlusterna. Det finns med bra C-DAS eco-drive tekniska förutsättningar för att kunna hantera krav från trafikledningen om begränsat effektuttag från ett tåg. Dock bör dessa tekniska förutsättningar följas upp med en regeluppsättning och arbetssätt som stödjer C-DAS eco-driving. Mer om detta i kap 7.1 och kap 7.2.

## 4 Beskrivning av sträcka och trafik för Godspiloten

Figur 14 visar sträckan Pitkjäarvi-Vassijaure vilken har ingått i denna godspilot. Banan från Pitkjäarvi (Pii) till Riksgränsen Björnfjell (Bjf) går via anslutningen från Gällivare (Gv) vid Råtsi (Rsi) vidare mot Kiruna och vidare norrut mot Torne träsk och längs dess södra strand mot riksgränsen. Sveriges spårnät slutar administrativt i Björnfjell på norska sidan. Sträckan har många branta lutningar som påverkar tågens energiförbrukning. Den anslutande banan från Söder vid Råtsi liksom Kiruna trafikplats kan påverka malmtågens framfart då tågtrafik från söder inkommer på spåret.

Sträcka från Kiruna västerut är relativt hårt belastad med tunga malmtåg. För nordgående tåg är Råtsi och Peurevaara vid Kiruna känsliga punkter avseende störningar från andra tåg. Stenbacken och Kopparåsen är känsliga för stopp på lastade tåg p.g.a. efterföljande motlut (se Figur 15 för banans höjdprofil). För sydgående tåg är det inga speciellt kritiska punkter mer än att det är många möten som ska klaras smidigt.

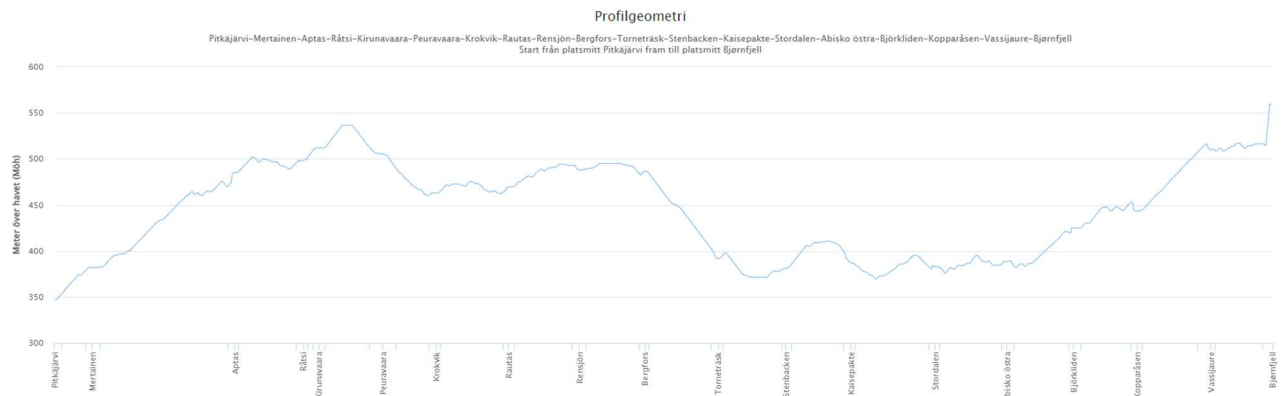
Hur gångtid och höjdprofil påverkar energiförbrukningen beskrivs av Figur 8 respektive Figur 9.



Figur 14; Bansträckningen Pitkajärvi-Vassijaure

Nedan beskrivs sträckans höjdprofil vilket kan ge en bild av den påverkan sträckans höjdskillnader kan komma påverka den energi som går åt att framföra tåget. Likaså kan andra tågs positioner och rörelser påverka framförandet av de C-DAS tågen som körs på sträckan, här kan särskilt nämnas de gråa tågen där deras påverkan är beskriven tidigare i denna text. Persontrafik ansluter i punkt Råtsi från söder och kommer oftast att samexistera på sträckan Råtsi-Riksgränsen (och vidare in i Norge).

Höjdprofilen börjar från vänster i Pitkajärvi och slutar i Björnfjell till höger.

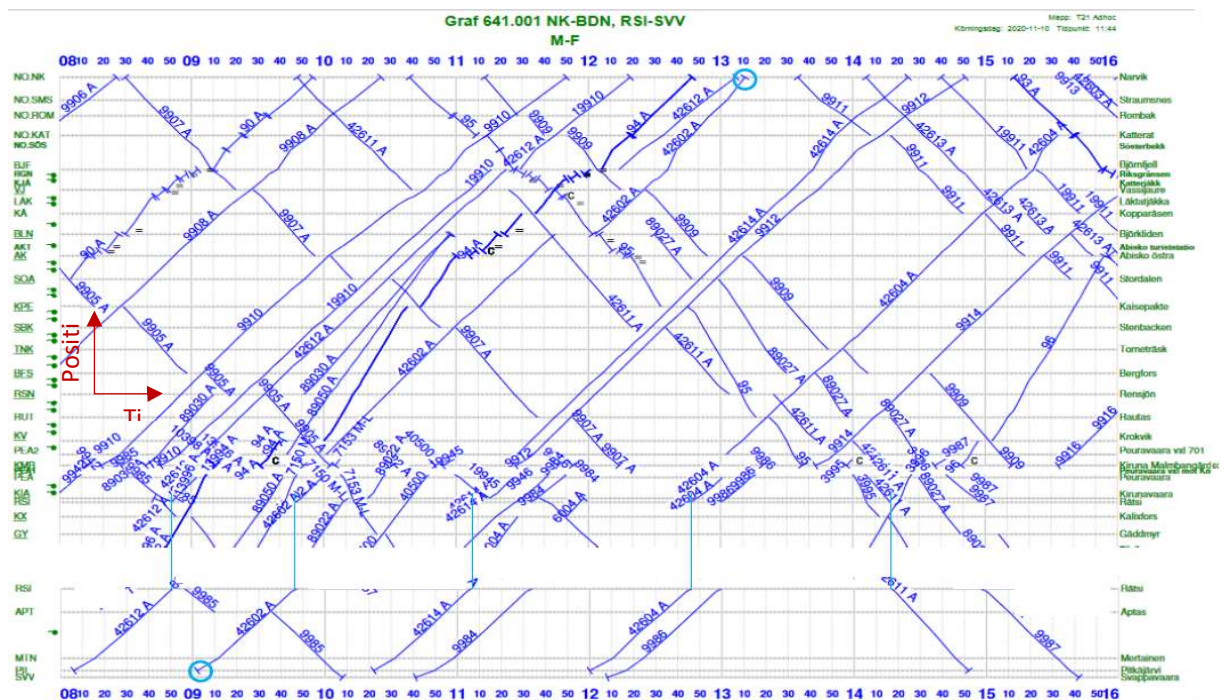


Figur 15; Banans höjdprofil med Pitkajärvi till vänster och Björnfjell till höger.

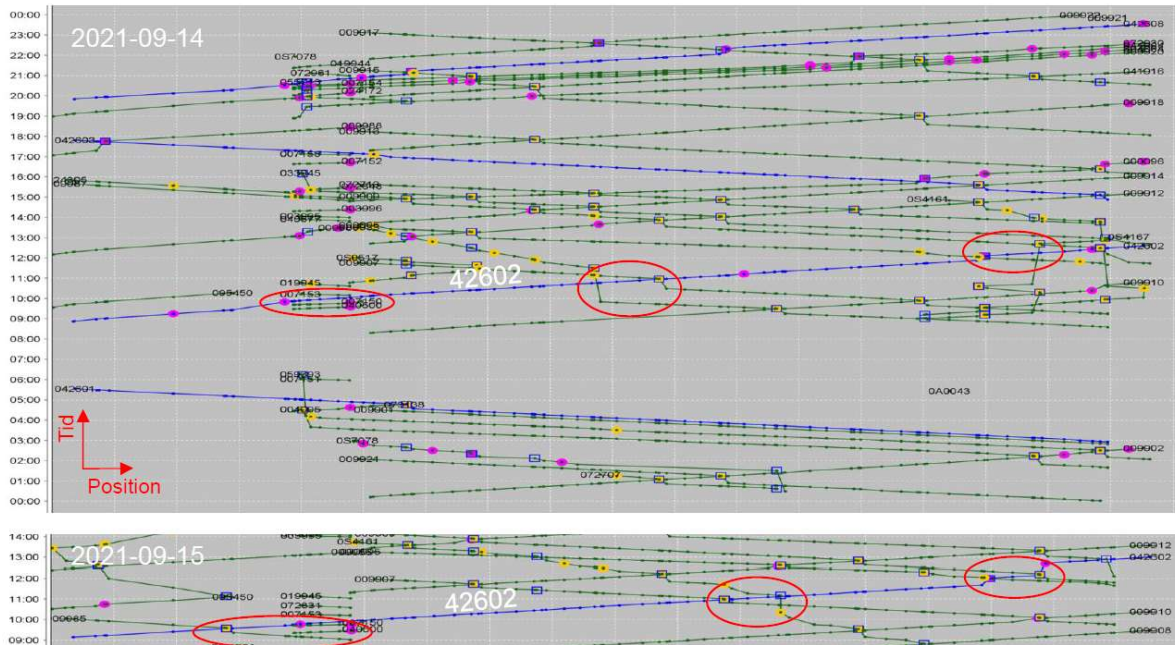
Från detta kan läsaren dra slutsatsen att det är mindre lämpligt att dessa mycket tunga tågset stannar på vissa platser som inbegriper ett stort motlut, eller strax innan utan kan utnyttja sin rörelsemängd genom firullning på vissa sträckor och anpassad hastighet under uppförslut exempelvis.

Det är även viktigt att dessa tunga tåg kan samplaneras på ett sätt så de kan samexistera med de lättare tågerna med persontrafik så att de sistnämnda inte påverkar malmtågen så att de blir tvungna att stanna på ett olämpligt ställe utan istället kan styras med en för sträckan lämplig hastighet för att dessa olika tåg ska kunna passeras på lämpliga ställen utan stopp så långt det är möjligt.

Trafiken illustreras av graferna i nedanstående Figur 16 och Figur 17.



Figur 16; Daglig graf, den taktiska tidtabellen kl 8-16 för sträckan. Längst ner syns utgångarna för de olika tåglägena för Kaunis Iron's malmtåg. Den normala avgången 42602 har markerats både beträffande avgång Pitkäljärvi och ankomst Narvik. Det mest känsliga området Råtsi-Peurevaara framgår.



Figur 17; Utfallet av trafiken på sträckan Svappavaara-Riksgränsen 2021-09-14 illustrerat med Transrails verktyg. Graferna är en uppritning baserad på när tågen kör in på spårledningarna längs sträckan. Kaunis Iron's tåg är blåmarkerade. Den undre bilden visar 42602 dagen efter med ett annorlunda trafikmönster. Figuren avser att illustrera hur tågföringen på sträckan varierar från dag till dag.

## 5 Erfarenheter från genomförd pilot

Resultat baserar sig på följande underlag:

- Mätningar av energiförbrukning med energimätare och utnyttjande av Transrails verktyg
- Statistik från CATO-körningar med Transrails verktyg
- Uppföljning från TPOS med Transrails verktyg
- Mätning av punktlighet mot RTTP med utnyttjande av Transrails verktyg
- Enkäter från trafikledare och förare
- Slitagestatistik från lok- och vagnunderhåll

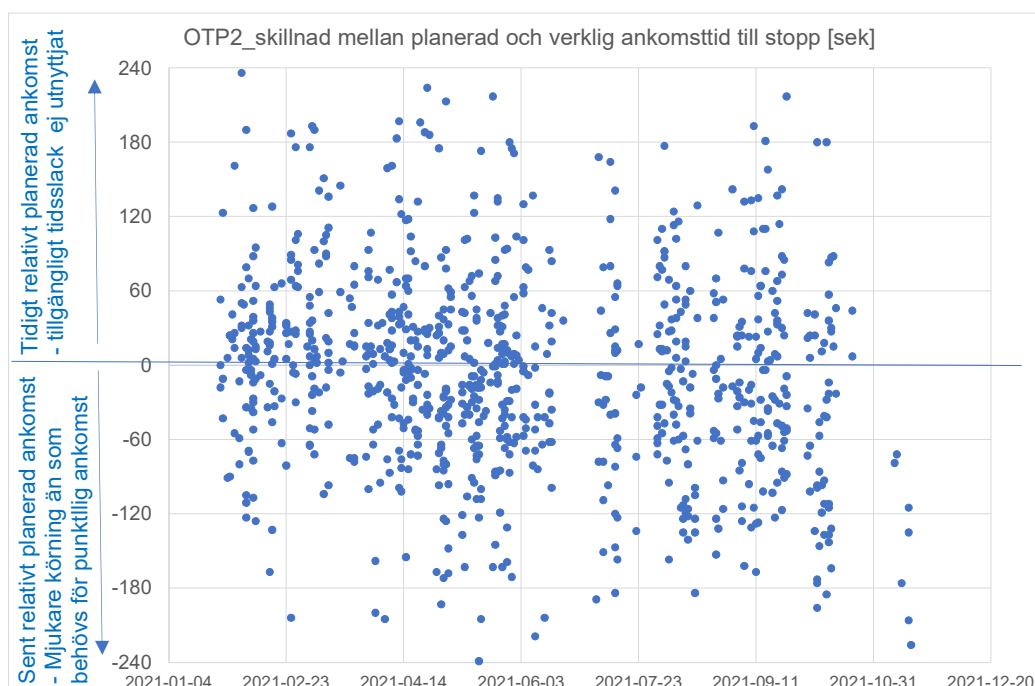
### 5.1. Analys punktlighet

I samband med C-DAS kan begreppet punktlighet definieras tydligare. Rimligen är det en fråga om hur väl tågen följer realtidsplanen (RTTP). Det mått Trafikverket använder för att följa upp tågans punktlighet benämns Rätt Tid + 5 minuter (RT+5) och innebär att ett framfört tåg måste nå sin slutstation senast 5.59 minuter efter tidtabellen för att räknas som punktligt. RT+5 är det mått som järnvägsbranschen kommit överens om ska användas för att följa upp och redovisa såväl person- som godstågens punktlighet på systemnivå – det vill säga för all trafik på den svenska järnvägen.

Transrail har brukat använda två begrepp för punktlighet, nämligen OTP1 och OTP2. OTP står för On-Time Performance, d.v.s. tidhållningen undervägs och inte enbart vid slutstation. OTP1 är tidhållningen relativt den strategiska/taktiska tidplanen (körplanen). OTP2 är tidhållningen relativt ankomsttid enligt förarstödet, d.v.s. RTTP förutsatt att dess gångtid är körbar och annars tidigast möjliga ankomsttid.

Figur 18 visar OTP2-värdena för Kaunis Iron's tåg under 2021. Som synes är variationen stor, dvs förarna har inte prioriterat tidhållningen enligt rekommendation. Förväntat värde är ankomst inom +/- 30 sek eller bättre. Diagrammet visar en viss tendens från tidiga till sena ankomster, dvs från mindre utnyttjning av tidsslack till att utnyttja mer tidsslack än RTTP har. I termer av eco-drive är det en möjlig trend mot mer ekonomisk körning, men det är inte säkert att ökat slack i verkligheten utnyttjats av förarna.

Figuren ger även en översiktlig beskrivning av RTTP-planens körbarhet. Så mycket som 55% av körsträckorna har gångtider som inte är körbara med tågen. Planernas gångtider är m.a.o. för korta med hänsyn till tågvikter/dragkraft. Avseende körbarhet syns det ingen tydlig trend över tid.



Figur 18; Tidhållning relativt anvisad ankomsttid, dvs RTTP förutsatt att dess gångtid är körbar och annars tidigast möjliga ankomsttid. Förväntat värde är inom +/- 30 sek eller bättre. Diagrammet visar en viss tendens från tidiga ankomster mot sena, dvs från mindre utnyttjning av tidsslack till att utnyttja mer tidsslack än RTTP ger. Lasttågen är i större utsträckning sena än tomtågen.

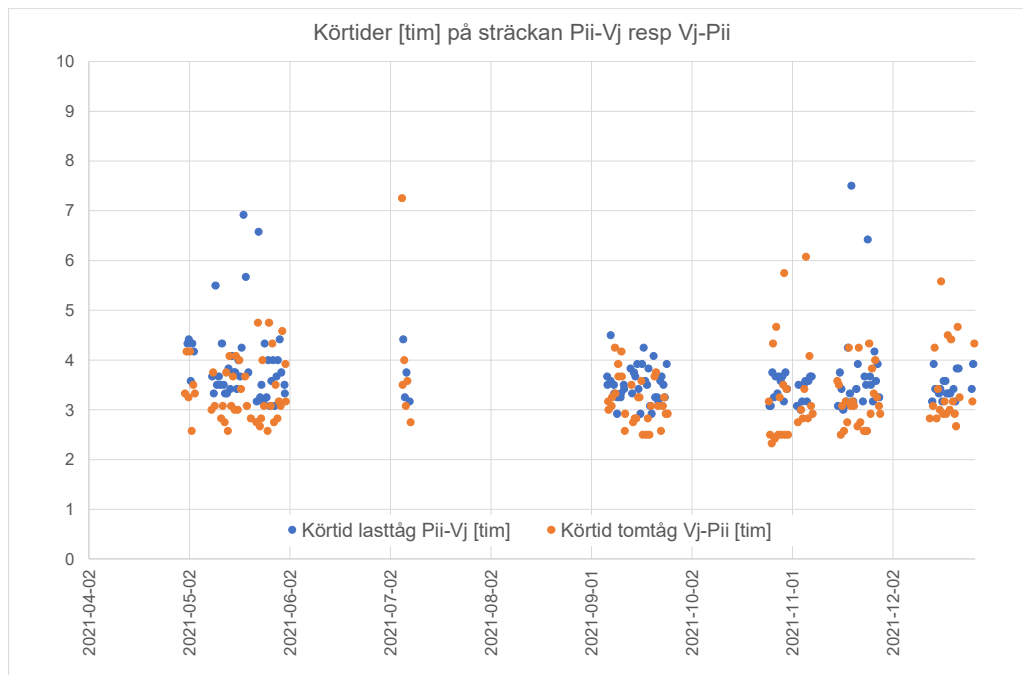
## 5.2. Trafikpåverkan / trafikkapacitet

En av förväntningarna med C-DAS är att tågföringen och utnyttjandet av infrastrukturens trafikkapacitet ska förbättras. Man skulle kunna uttrycka det som att C-DAS i förlängningen med en mer omfattande användning förväntas ge ökad kapacitet genom flexibilitet i tågföringen. Emellertid, i en situation med mycket varierande tåglägen, men i och för sig likartat antal tåg per trafikdygn, kan det vara svårt att avgöra vilken effekt ett C-DAS system har avseende trafikpåverkan.

Det är klart att Digital Graf (STEG) ger fjärrtågtrafikledarna en god bild av trafiken och möjligheterna att hantera den. Det är dock alltid en frågeställning när enskilda tåg kommer in i trafikledningsområdet. På Malmbanans norra omlopp (Kiruna-Riksgränsen) är det framför allt en fråga om när tågen från Norge kommer in på svensk trafikledningssträcka.

Ett mått på trafikpåverkan skulle kunna vara vilka körtider C-DAS tågen har. Detta påverkas dock av hur fjärrtågtrafikledarna hanterar trafiken. I fallet med Kaunis Iron trafik är det viktigt att om möjligt köra tomtågen i retur från Narvik så tidigt som möjligt. Det finns ingen formell instruktion hur tågen prioriteras. Beroende på trafiksituation kan det innebära att både tidiga och sena tåg nedprioriteras.

Vi saknar större underlag för Kaunis Iron tågens körtider utan resp med C-DAS. Körtiderna, baserat på tiderna från lokens energimätare, beskrivs i Figur 19. I slutet av november och december 2021 användes inte C-DAS. En sänkning kan kanske skönjas under C-DAS perioden och en ökning därefter. Körtiderna varierar dock kraftigt beroende av trafikförhållandena och sannolikt även med årstid.



Figur 19; Körtiderna på sträckan Pii-Vj och Vj-Pii. Data baseras på tider från lokens energimätare men utvärderingen av dessa data är inte komplett under tidsperioden. En viss sänkning kan skönjas under C-DAS perioden till mitten av november och en ökning därefter då C-DAS inte användes.

### 5.3. Analys energiförbrukning

#### Metod

Lokens energimätare har använts för att mäta energiförbrukningen. Dessa mäter energi under perioder om 5 minuter. Uppgifterna samlas i en databas hos organisationen Eress och används primärt för t.ex. Trafikverkets och Bane NORs energidebiteringar. Datat kan även användas för att studera energiförbrukningen mer i detalj som funktion av tid eller position (GPS-koordinat), men bara med 5 minuters upplösning.

I godstågstrafik beskriver energidatat i stort sett den energi som loken förbrukar för tågens framförande (drivning resp återmatning) men omfattar även energi för hjälpkraft, vilket är en i sammanhanget mindre post. För persontåg är det svårare att tolka energidatat eftersom det även innehåller energiförbrukning för uppvärmning och ventilation av passagerarutrymmena, vilket innebär att energivärdena varierar kraftigt med årstid.

Det finns teknik på marknaden i form av verktyg för att analysera energimätardata, både för framdrivningen av gods- och persontåg. I det senare fallet med en metodik för att exkludera värme/ventilation. Pga variationer i trafik, transportvolym, säsongsbaserade etc sker mätning genom att analysera de enskilda turernas energiförbrukning.

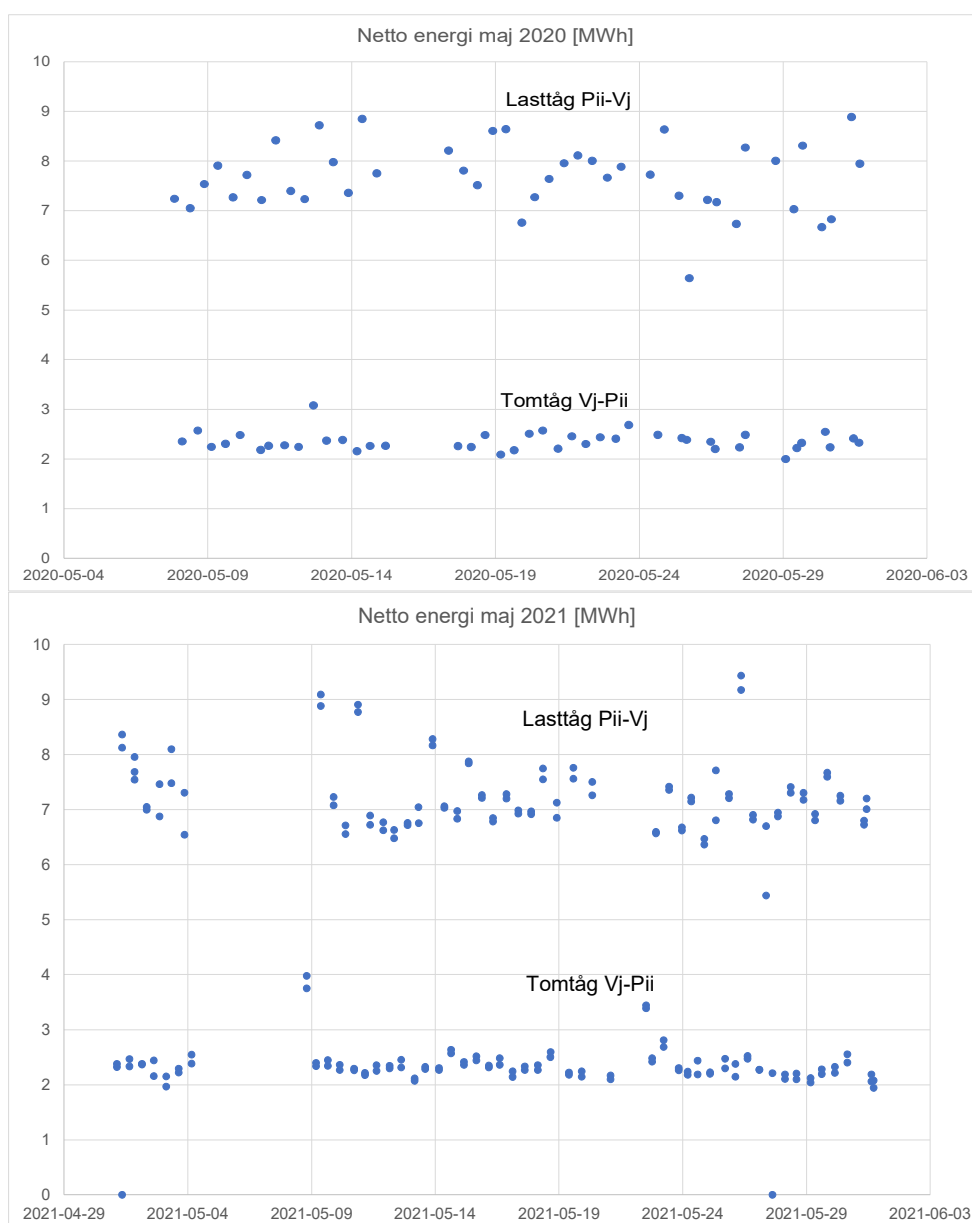
Det går att välja positioner på banan mellan vilka energiförbrukningen mäts. I fallet med Kaunis Iron's trafik har det varit Pitkäjärvi och Vassijaure (nära Riksgränsen). I och med att energin mäts i intervall om



5 minuter uppstår viss spridning i värdena beroende av tågens tidslägen på dessa platser. Den största spridningen beror dock av hur tågen framförts av förarna och beroende av tåglägena vid resp tur.

## Resultat

Resultat från energimätningarna (maj 2020 resp maj 2021) visas i Figur 20. Diagrammen visar en kraftig spridning främst för de lastade tågen. Detta beror av trafikföringen vid de olika turerna och naturligtvis av hur förarna kört tågen. Trafikföringen kan bero av eventuella banarbeten även om samma period på åren valts för diagrammen. Maj 2020 är innan CATO-systemet införts. Maj 2021 är det i drift som C-DAS. Samtidigt har tågvikterna ökat med i genomsnitt 12,5%.



Figur 20; Energiförbrukning mätt med energimätarna på loken. Under perioden som visas i diagrammet kördes tågen med två lok, vilket syns i diagrammen i de fall loken inte delar lasten jämnt. De enskilda mätvärdena har multiplicerats med antal lok, så att värdena avspeglar hela tågets energiförbrukning. Antalet mätvärden maj 2020 är färre än 2021 p.g.a. att alla energimätare inte fungerade.

Energivärdena för tomtåg varierar inte mycket. Det kan bero på att man kört med farthållare. Farthållare på tåg, liksom på bil, ger konstant hastighet oberoende av banans vertikalprofil och som ofta ställs på största tillåtna hastighet av förarna d.v.s. utan beaktande av C-DAS och eco-drive. Användande av farthållare är i princip inte bra. Det ger broms i nedförsbackar och drivning i uppförsbackar i stället för att utnyttja banprofilen för att accelerera och retardera tåget och att låta tåget rulla så mycket som möjligt. Nedan tabell beskriver data före, under och efter Cato infördes. C-DAS funktionalitet tillkom i januari 2021 och användes till 2021-10-22. Innan dess användes CATO som S-DAS system.

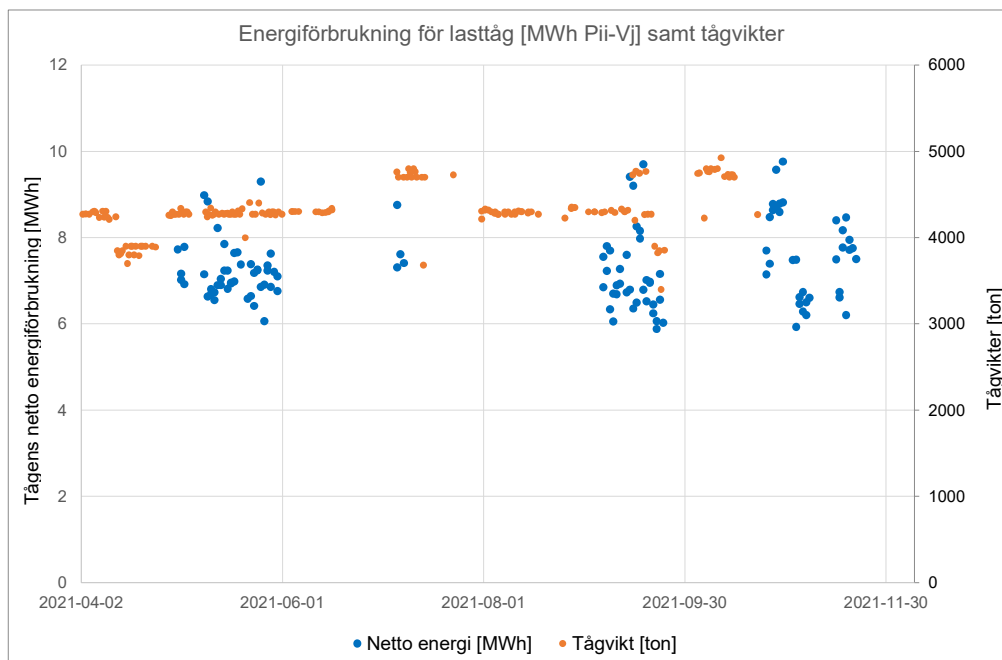
|  | Innan CATO införts |          | Med CATO + utbildning |           |      |      | Utan CATO |          |
|--|--------------------|----------|-----------------------|-----------|------|------|-----------|----------|
|  | Maj 2019           | Maj 2020 | Maj 2021              | Sept 2021 |      |      | Okt 2021  | Nov 2021 |
|  |                    |          |                       | v136      | v137 | v138 |           |          |
| Tågstorlek   | 2 lok + 32 vagnar  |          | 2 lok + 36 vagnar     |           |      |      |           |          |
| Medel netto energiförbrukning lasttåg Pii-Vj [MWh] | 8,3                | 7,7      | 7,0                   | 7,0       | 6,9  | 6,6  | 7,3       | 7,6      |
| Medel netto energiförbrukning tomtåg Vj-Pii [MWh]  | 2,4                | 2,4      | 2,3                   | 2,1       | 2,4  | 2,4  | 2,7       | 2,4      |
| Summa [MWh]  | 10,7               | 10,0     | 9,3                   | 9,1       | 9,2  | 9,0  | 10,0      | 10,0     |

Förändring relativt maj 2020

|  |        |        |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Lastriktning (obeaktat lastvikt)               | -8,5%  | -8,8%  | -10,1% | -14,0% | -4,9%  | -1,0%  |
| Tomriktning (obeaktat lastvikt)                | -2,7%  | -10,9% | 1,0%   | 2,0%   | 14,7%  | 2,0%   |
| Summa båda riktningar (obeaktat lastvikt)      | -7,1%  | -9,3%  | -9,9%  | -10,3% | -0,3%  | -0,3%  |
| Summa båda riktningar (grovt beaktat lastvikt) | -17,4% | -19,4% | -18,5% | -20,2% | -11,4% | -11,4% |

Tabell 1; Energiförbrukning för last- och tomtåg i medeltal. Maj månad 2019, 2020 och 2021 samt några veckor senare under 2021, dels då CATO varit i användning och därefter 2 veckor efter det att användandet avbrutits. Tabellen visar bl.a. att fokus varit på sänkt energiförbrukning för lasttågen medan förarna i huvudsak kört tomtågen till stor del med farthållare såsom tidigare.

Det har gjorts flera justeringar i logistiken under mäteperioden som gör att det svårt att dra tydliga slutsatser från användandet av C-DAS. Data från piloten visar är det svårt att dra slutsatser under en kort tidsrymd med begränsad kontroll över samtliga påverkande parametrar. För att kunna dra mer långtgående slutsatser grundat i robust datamängd behövs en kontrollerad studie läggas upp från början.



Figur 21; Energiförbrukning samt lastvikter. Energivärden från lokens energimätare totalt per tåg. Lastvikter enligt förarnas indata till förarstödsystemet. Inget av underlagen är riktigt kompletta över tid.

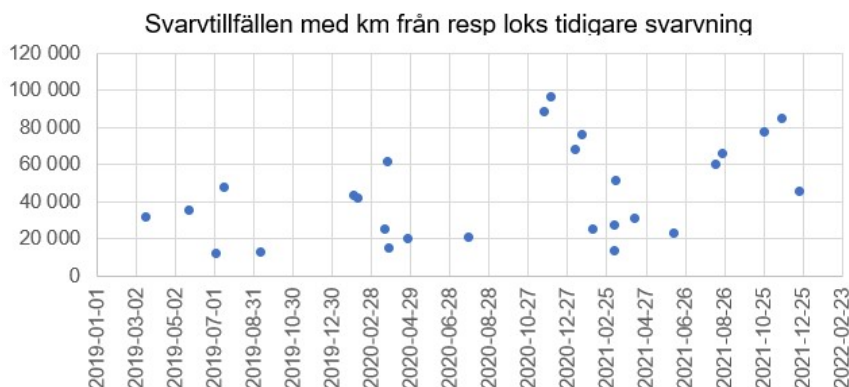
Energibesparingarna har till dels uppnåtts utan användande av förarstödet där entreprenör även har utbildat förarna hur man kör så effektivt som möjligt längs malmbanan. Dock har CATO hjälpt till i denna förbättring för att förarna snabbare ska få en förståelse hur man kör energieffektivt. Projektet med införande av förarstöd och fokus på minskad energiförbrukning har givit resultat. Eftersom tågen är mycket lika dag för dag lär sig förarna efterhand hur de ska köras energieffektivt, speciellt om de inte samtidigt ska ta hänsyn till tillgänglig gångtid. Andra saker som kan ha påverkat är att lokförare få direkt feedback hur varje körning har gått samt att verksamheten från ledningshall har satt fokus på energiförbrukning spelar in i den totala förbättringen av energieffektiviseringen. Vidare har CATO fyllt en roll med att göra varje specifik körning energieffektiv, detta eftersom de aktuella omständigheterna ändras vid varje specifik körning. Det gäller t.ex. de aktuella mötestiderna, hastighetsbegränsningar etc. Dessa variationer innebär att varje körning blir unik, där CATO är ett komplement till körningen.

Analys av statistik visar att ytterligare besparingar finns att skörda, med fortsatt utbildning och ett komplement som t ex CATO. Trafikledarnas realtidsplaner lämnar även de en del övrigt att önska där ytterligare förbättringar kan skönjas. Som nämnts tidigare i avsnitt 5.1 har RTTP tiderna för mötena stor påverkan på besparingarna.

#### 5.4. Analys slitage

Rent allmänt förväntas att slitage på hjul och bromsar minskar med införandet av ett DAS-system med ett bra eco-drive och mindre användande av den pneumatiska tågbrömsen. Det kan dock vara svårt att visa eftersom slitaget är en effekt av drift en lång tid. För lokhjulen är det också en fråga om slitage p.g.a. slirning, vilket förutom väderlek beror av tågvikterna i relation till antalet lok. Det är således svårt att under en kort period dra ovedersägliga slutsatser. För att få ett tydligare dataunderlag behöver man samla detaljerad data under längre tid. Mer om detta i kap 7.

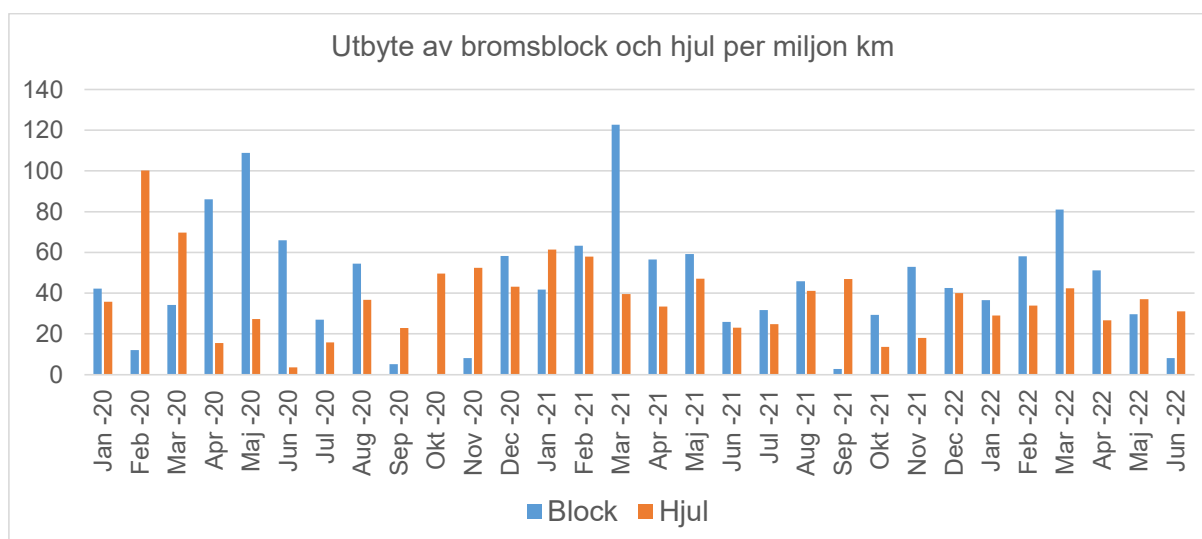
## Lokhjul



Figur 22; Svarvning av lokhjul. CATO-systemet började användas som S-DAS senhösten 2020 och som C-DAS i maj 2021.

## Vagnarna

Grovt så klarar vagnarnas bromsblock ungefär 2 års drift i Kaunis Iron's trafik. Det innebär att all statistik om blockbyten har lång bakgrund från hur tågen körts. Det tar lång tid att se några förändringar, vilket framgår av Figur 23. Just detta är en lärdom av piloten som vidare beskrivs i kap7.2.



Figur 23; DAS-relaterat slitage på vagnarna (bromsblock och hjul). CATO-systemet började användas som S-DAS senhösten 2020 och som C-DAS i maj 2021. Det tar lång tid att se några förändringar eftersom statistiken har lång bakgrund från hur tågen körts.

Vad beträffar hjulbyten så finns det många orsaker till att detta görs; kross, sprickor, felaktiga hjulprofiler, termiska skador etc. I slutet av 2019 införde man rutin att förebyggande byta hjul för att de ska hålla till nästa årsöversyn. Det har minskat antal hjulskador och störningar, men det blir årsvisa hjulbyten.

## 6 Erfarenheter från lokförare och trafikledare

### 6.1. Introduktion

I projektets gemensamma arbetsgrupp har ämnet förändringsledning diskuterats. C-DAS är en stor förändring av arbetet både för förare och tågtrafikledare. Förändringsledning är en viktig del i förändringen med att införa ett nytt verktyg eller arbetssätt. Typiskt är att användarnas motivation varierar över tid. Detta ger stor påverkan då t.ex. enkäter används för utvärderingar. Mer om erfarenheter avseende förändringsledning ges i kap 7.2.

I detta fall har Corona pandemin varit en försvårande faktor som påverkat projektet på olika nivåer, bl.a. då det gäller just förändringsledningen.

### 6.2. Erfarenheter från lokförarna

Erfarenheterna från lokförarna har inhämtats på olika sätt under projektets gång och har främst gällt verktyget för förarstöd samt trafikföringen. Förarnas synpunkter har inhämtats på tre sätt, nämligen:

- Det i CATO inbyggda verktyget för OTP (On-Time Performance) inkl förarnas rapportering av fel eller andra händelser.  
OTP i CATO är ursprungligen ett system för att följa upp punktlighet under vägs. Det övervakar var och när försening eller merförsening uppstår och ger förarna underlag för att kunna rapportera orsak till förseningen. Förarna själva kan även trigga registrering av händelse som de vill rapportera.  
I fallet med C-DAS och flexibel tågkörning är förseningsrapportering mindre intressant och har inte varit aktiverad. Däremot har funktionen med förarnas rapportering om avvikelser använts.
- Förarenkät i Railcare-förarnas läsplattor  
Denna enkät användes främst i juni 2021, men avbröts eftersom den upplevdes alltför repetitiv och egentligen inte var lämplig att använda under färd.
- En skriftlig enkät sen höst 2021, vilken främst avsåg förarnas syn på CATO-verktyget  
Ett fåtal svar har lämnats. Dessa förare har kört Kaunis Iron's malmtåg i 1-2 år före införandet av förarstödsystemet, d.v.s. de har god erfarenhet av denna trafik.  
Av svaren att döma kan spåras brister i förändringsledningen vid systemets införande. Det kan ifrågasättas om syftet med eco-driving och C-DAS varit tillräckligt väl kommunicerat.

Nedan ges en sammanfattning av informationen från ovan nämnda källor.

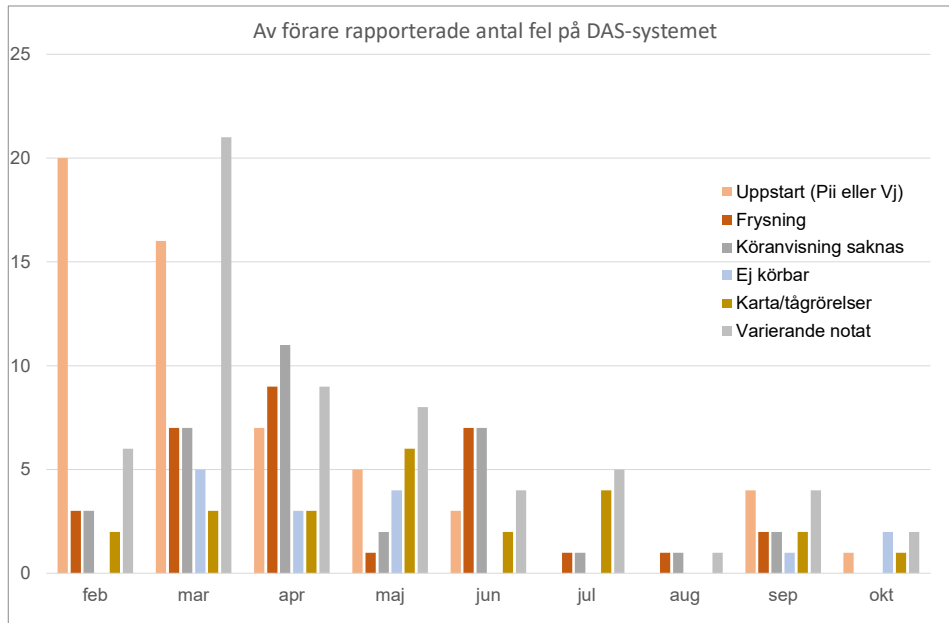
#### Erfarenheter av och synpunkter på CATO-verktyget

##### Enkät juni 2021 (23 rapporter):

- "Fungerade ej" i 52% av rapporterna, "Helt" i 17%.

##### Förrapporter (i OTP) under 2021:

Figur 24 redovisar de huvudsakliga felrapporterna avseende DAS-systemet under 2021. De visar bl.a. på svårigheterna att åtgärda fel till följd av problem med internetuppkoppling vid depå (Pii) och under körning. Flertalet fel är temporära. Rapporterna "Varierande notat" torde hänga samman med bristande kunskap om systemets funktion, men har givetvis påverkat förarnas intryck av systemet. Notatet "Ej körbar" är av denna typ.



Figur 24; Huvudsakliga felrapporter avseende DAS-systemet under 2021

### Skriftlig enkät sen höst 2021:

Här beskrivs förarnas synpunkter, men ges även vissa kommentarer:

- Förarna försöker ha Cato igång, men har haft svårighet med att starta systemet. Bakgrund till detta har beskrivits tidigare. Problemet har uppenbart orsakat stor irritation och skapat bad-will hos förarna. Det är oklart hur omdömena nedan skulle ha varit om detta inte varit ett problem.

Uppstartproblemet p.g.a bristfällig kommunikationslänk löstes i slutet av 2021 inför en återstart av systemet.

- Synpunkter på de tre informationsfälten i förargränssnittets körflik:

Det är självklart att av de tre informationsfälten i körfliken skapar köranvisningen de kraftigaste synpunkterna. Det är köranvisningen som ställer de nya kraven på förarna medan de övriga fälten enbart ger bakgrundsinformation.

- Köranvisning:

Förarna säger att köranvisningen fungerar dåligt och att de inte använder den utom möjligtvis för informationen om banans vertikalprofil. Åsikten är att köranvisningen inte är användbar i Kaunis Iron's trafik och att de själva behärskar detta bättre. De anser sig inte kunna använda verktyget på bra sätt.

Det är ofrånkomligt att förarna kan uppleva införandet av förarstöd av detta slag kan tas som ett intrång i deras profession. Mottagandet är normalt mycket varierande. Erfarenheter från andra håll ger delvis omvänd reaktion, bl.a. då systemet bidrar till förarnas förståelse för tågodynamiken, ger linjekunskap och trafikinformation inte minst med visningen av de andra tågen på linjen. Här understryks betydelsen av god förändringsledning, mer om detta i kap 7.2.

Förarna säger sig använda farthållare i stort sett alltid då det är möjligt. Det innebär att införande av köranvisning med variabel hastighet för bästa möjliga eco-driving inte är så populärt. Det ställer ju större krav på förarna. Mer om detta i kap 7.

- Körorder och RTTP:

Körorderinformationen används i relativt stor utsträckning. En av förarna säger att det är bra att kunna se den aktuella STEG-planen (RTTP).

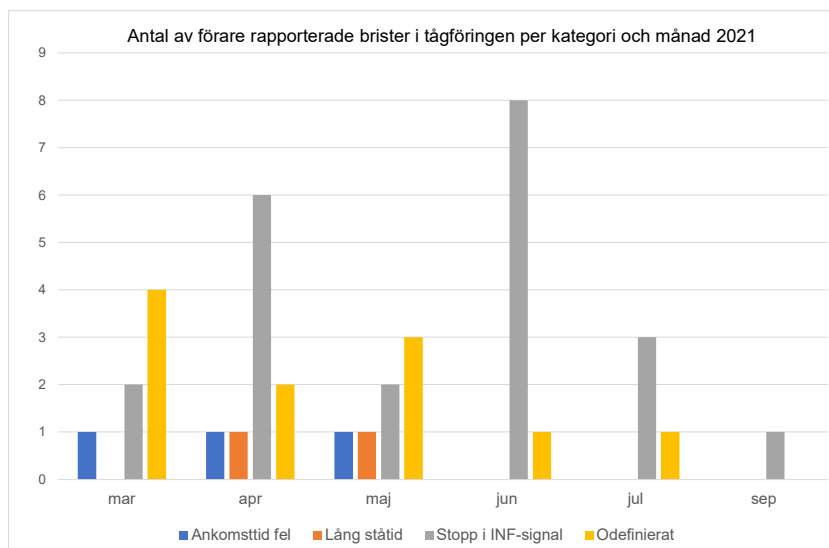
- Visning av andra tåg på linjen:  
Används av de flesta. Synpunkt reses om att visa ytterligare information om förhållanden längs sträckan, t.ex. banarbeten.
- Övrigt:  
Förarna anser sig ha bra kunskap för att använda Cato och att gränssnittet är lätt att förstå.

### Erfarenheter av och synpunkter på trafikledningen/tågföringen

#### Enkät i juni 2021 (23 rapporter):

- Inga oplanerade möten/stopp i 65% av rapporterna, ganska många i 22%, många i 4%.
- ”Inga uteblivna möten” i 74% av rapporterna, ”Många” i 13%.
- Bra tidsmässig överensstämmelse med möten med andra tåg i 39% av rapporterna, inte alls i 35%.
- Ingen störning på linjen i 48% av rapporterna, infrastörningar i 13%.
- Inget stopp för lasttåg i Stenbacken eller Kopparåsen i 78% av rapporterna, på någon av platserna i 4%.

#### Förarrapporter (i OTP) under 2021:



Figur 25; Vanligast förekommande rapporter och avseende lasttåg. Stopp i infartssignal beror av tågnummer och gäller i huvudsak platserna Rsi, Pea, Bfs och Kpe. Tåget 42614 är mest drabbat i detta avseende.

#### Skriftlig enkät sen höst 2021:

- C-DAS tekniken anses ha haft måttlig påverkan på samspelet med trafikledningen.

## Övrigt

### Skriftlig enkät sen höst 2021:

- Förarna har fått dålig feedback på användandet. De uttrycker t.o.m. okunskap om att sådan finns.

## 6.3. Erfarenheter från trafikledarna

Frågor som ställts till tågtrafikledare

- Vet du hur C-DAS fungerar och hur C-DAS används? Känner du att du har fått tillräcklig information innan du började jobba med C-DAS?
- Vad hade du för förväntan på C-DAS innan du började jobba med C-DAS? Motsvarade C-DAS funktionaliteten din förväntan? Om inte, varför?
- Om du hade fått mer eller annorlunda information skulle du kunnat använda C-DAS i större utsträckning, i så fall vilken information?
- Vad är din upplevelse av C-DAS, inte bara hur det tekniskt fungerar utan själva känslan att jobba i en öppen miljö där lokföraren kan ta del av ditt arbete i realtid.
- Skulle du behöva mer information för att förstå interaktionen bättre?
- Upplever du att C-DAS har minskat ditt behov i att kommunicera med lokföraren via telefonsamtal?
- Känner du att du får tillräcklig återkoppling i det jobb du gör m.a.p tågstyrning, dvs upplever du att det omplanerade tåget uppför sig som du planerat?
- Hur tror du att C-DAS kan hjälpa dig i vardagen med exempelvis bättre framförhållning i planeringen?
- Hur tror du att C-DAS kan stötta Sveriges tågplanering?
- Är det något som du skulle behöva från C-DAS utvecklingsteam? Vi som jobbar med att ta fram C-DAS är väldigt mån om att få in feedback för att kunna göra funktionaliteten bättre för användaren.

Återkoppling från tågtrafikledare har på i stort sett samtliga frågor ett stort spann där merparten av svaren är positiva men känslan i svaren är att förväntningarna på C-DAS är något för stora initialt.

- Kommunikation, information och utbildning om C-DAS har varit tillräcklig dock skadas aldrig ännu mer information, utbildning och dialog.
- För att C-DAS ska ge stöd i arbetet och få önskad effekt behöver lokförare följa den uppdaterade planen och inte ifrågasätta ny information genom samtal.
- Önskemål finns om gemensamma möten tågtrafikledare/lokförare för dialog om tågföring.
- Önskan och förväntan om mer stöd från systemet såsom förbättrad information-, planerings- och optimeringsfunktionalitet.



## 7 Slutsatser och rekommendation om fortsatt arbete

### 7.1. Introduktion

Syftet med Godspiloten har varit att från operativ drift skaffa insikter om C-DAS med syfte att stödja Trafikverkets utveckling av operativt beslutsstöd i realtid och C-DAS. Godspiloten har handlat om godstrafik, men motsvarande aspekter gäller även vid persontrafik även om vissa skillnader återfinns i exempelvis prioriteringar med avseende på tågföringens flexibilitet samt att bra eco-drive har stor betydelse för godstrafik med långa och tunga tåg.

#### Allmänna insikter

- Piloten har verifierat att den omfattning som projektet har överensstämmer med behov, men även att andra delar behöver förstärkas (i kap 6.3 nämns exempelvis följsamhet från lokförarna). Vid införandet av system med C-DAS funktionalitet är utbildning och information hur och varför systemet införs mycket viktigt. Det kan finnas behov av utbildning för att användaren ska förstå att man är en del av en större helhet och att det då är viktigt att man följer planen för att andra inte ska få problem då systemet kan bidra till förarnas förståelse för tågdynamiken, ge linjekunskap och trafikinformation inte minst med visningen av de andra tågen på linjen. För att komma till rätta med detta kan någon form av uppföljning av körbarhet och hur väl man håller planen kan vara lämpligt vilket stärks ytterligare av kommande punkt
- En avvikelse som har kunnat ses under piloten är att lokförarna inte har följt planen av olika anledningar. Här behöver man göra något för att öka efterföljandet av planerna, kanske genom att se nyttan i det stora perspektivet (och inte bara för det enskilda tåget/lokföraren). I kapitel 0 nämns det att; ”Förarna säger sig använda farthållare i stort sett alltid då det är möjligt”. Det innebär att införande av köranvisning med variabel hastighet sannolikt inte är så populärt då det sannolikt ställer större krav på förarna. Det blir då viktigt att lyfta frågan om att säkerställa användarnas motivation till att använda ett nytt verktyg. I kap 7.2 och rubrik ”Operativa tester/Piloter” tar vi upp ämnet förändringsledning som en viktig del i införandet av C-DAS eco-drive. Vad motiverar förarna att använda köranvisningen?
- Piloten har visat att C-DAS kan utgöra ett bra tekniskt hjälpmedel för alla inblandade, men piloten har även lyft upp frågor och problem som behöver hanteras för att öka de nyttor som kan erhållas vid ett användande av C-DAS funktionalitet. Denna nytta kan ses i ett större och mindre perspektiv, men är beroende av att användningen av systemet sker på ett bra sätt (följsamhet).
- Piloten har visat på problem med att inte alla tåg är försedda med C-DAS, d.v.s. att det finns så kallade gråa tåg där förarna kanske inte känner till den senaste RTTP. Detta kommer förmodligen att gälla under lång tid framöver. Detta gör den beskrivna möteshanteringen speciellt viktig så att tåget med C-DAS anpassar sig efter hur det gråa tågen körs.
- Piloten har visat på problemen med att skapa tydlig statistik under kortare tidsperiod. Det syns tydligt i många av diagrammen i rapporten. De dagliga variationerna i tågföringen och även variationerna i de enskilda godstågens vikter skapar stora variationer tillsammans med flera andra påverkande faktorer såsom exempelvis ojämn anpassning efter systemets köranvisningar. För statistik från fältprov krävs många körningar under lång tid, vilket inte varit möjligt under Godspiloten. Svårigheterna är än större om man vill studera parametrar såsom slitage, vilka data aggregeras från stort antal körningar där variationer med större mängd data bör hanteras på ett bättre sätt. För att kunna mäta korrekt behöver en analysuppsättning vara på plats vid piloten/arbetets start och en tydlig datainsamling görs kontinuerligt efter en grundlig provplanering. Om det inte är praktiskt möjligt att mäta, så kan en beräkningsmodell underlätta för kommande beslut. Ett alternativ är således att matematiskt beräkna energivärden (drivning, återmatning, mekanisk broms etc.) utgående från hastighetsprofilerna från hur de enskilda tågen verkligen körts. Det finns system på marknaden som använder sådan metod i sina nyttoanalyser,

där effekt av verklig körning kan jämföras med vad resultatet skulle ha blivit ifall köranvisningen följts.

- Piloten har visat att man bör vara uppmärksam på hur kommunikationslänkens integritet (bristande täckning) påverkar förväntningarna av hur och när man får uppdaterade planer från tågledningen, detta gäller åt bägge håll. Under piloten har inte C-DAS indikering (solen) funnits i denna implementation och då syns inte att C-DAS är aktivt vid körning för bägge parter. Detta är ett bra hjälpmedel.

## 7.2. Systemutveckling

### Trafikledning

- För att få både C-DAS och eco-driving att fungera behöver det finnas slack, och det "skapar" tkl med sin plan för tågtrafiken. Marginalerna i planen kan utnyttjas för att skapa slack. TKL plan bör inte binda upp mer än det som är nödvändigt d.v.s. prioritet mellan tåg vid möten, att undvika onödigt långa ståtider etc. En energieffektiv plan är t.ex. en plan där onödig ståtid omvandlas till gångtid med extra slack.

Som bakgrund kan nämnas att grundregeln i JNB är att det tåget som är i tid skall prioriteras före tåg som inte gör det.

*JNB 6.3.2: "Tåg som avgår och framförs enligt sin körplan har företräde till sitt planerade läge. Skälet är att rättidiga tåg inte ska störas av tåg som är försenade eller för tidiga i förhållande till sina körplaner. Undantag från regeln om företräde för rättidiga tåg kan göras om det finns särskilda skäl, såsom svårare trafikstörningar eller avtalade avvikelser från körplanen, eller om trafiksituationen uppenbarligen föranleder något annat. I de fall regeln skulle leda till orimliga konsekvenser för trafiken som helhet, ska den inte tillämpas. Trafikverket har alltid som mål att på smidigaste möjliga sätt undanröja trafikstörningar och återställa trafiken enligt produktionsplanen."*

Det finns idag inga riktlinjer för att skapa slack för t.ex. eco-driving. Genom ett förändrat arbetssätt skulle man kunna jobba med att systemet och JNB skulle kunna stötta TKL för att planera för att kunna optimerat lägga planen så att slack uppstår där det finns möjlighet genom att lägga "bra" slack för respektive tåg relativt typen av tåg (goods=energi, Person=tid) och därmed skapa förutsättningar för eco-körning.

- Det är viktigt att säkerställa tågens gångtider så att de matchar dragkraft/tågvikter.
- Vidareutveckling och test av målpunktshanteringen, både möteshantering och kolonnkörning, som beskrivits ovan är viktig för eco-driving och för förarnas tilltro till C-DAS och något som projektet kan dra nytta av att jobba med i fortsättningen.
- Utökad optimeringsfunktionalitet i trafikplaneringen och minimera antalet onödiga stopp för en förbättrad flödeshantering, energioptimering utifrån godsförutsättningar. Prioriteringar i planen utifrån ett C-DAS perspektiv.
- Som ett led i att säkerställa trovärdigheten i systemet bör finnas en funktion som visar för lokföraren att någon verkligen bemannar Digital Graf och omvänt visar Trafikledaren att en förare kör ett tåg med C-DAS aktiverat, "C-DAS lampan". Denna är lämplig att använda i kommande piloter.
- Internationellt pågår ett arbete med att definiera vilka data som skall kommuniceras mellan trafikledningssystemet och förarstödsystemet. Arbetet sker i ett samarbete inom UIC med benämningen SFERA och tar formen av en "International Railway Solution" IRS 90940. Motsvarande standard tas fram av signalindustrin (UNISIG) inom ramen för AoE (ATO over ETCS). Meddelandet från trafikledningssystemet förutsätts i båda standarderna bestå av en

Journey Profile (JP) motsvarande RTTP och en Segment Profile (SP) med banddata för den aktuella tågvägen. I alla sina applikationer hittills har Transrail tagit fram banddata med utgångspunkt från BIS enligt tågväg från Körplan eller RTTP. Generering av JP/SP enligt IRS 90940 planeras i framtiden ingå i Trafikverkets C-DAS utveckling och utvecklas parallellt med nuvarande uppsättning.

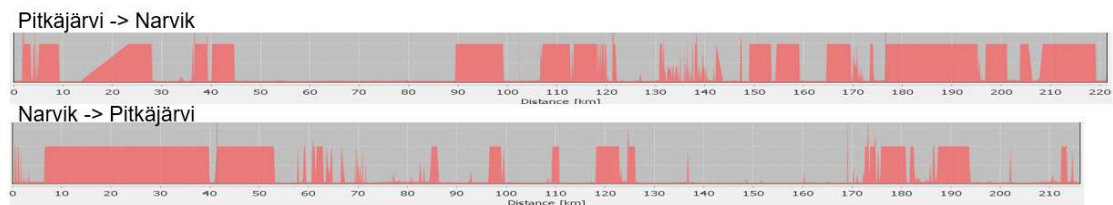
- I Godspiloten har frågan om temporära hastighetsbegränsningar och banddispositioner berörts. Information på båda dessa punkter behöver ingå i den JP som genereras i C-DAS systemet. Vad beträffar temporära hastighetsnedsättningar har Transrail i Godspiloten använt information från Trafikverkets Köroder-system, vilket är avsett för manuell läsning och är inte optimerad för automatisk hantering.

### Förarstöd

- Ovan har nämnts behov av återkoppling från tåg till trafikledning vad beträffar gångtider som tågen klarar. För att kunna optimera C-DAS funktionaliteten bör denna funktion vara ett krav på framtida C-DAS eco-drive.
- Återkoppling från tågen till trafikledningssystemet beträffande planernas körbarhet behöver utvecklas hos förarstödssystemet/järnvägsföretag.
- Fokus på punktlig körning enligt RTTP inklusive möteshantering är lämpligt att hålla i fokus för kommande eventuella piloter.
- Incitament för föraren att följa planen är en god ide att jobba vidare med. Både för att systemet ska fungera optimalt, men även att föraren förstår nyttan bättre i ett större perspektiv. Det kan vara svårt att se hur andra blir påverkade av ens egen tågföring och då behövs en insikt för att de planerna som är optimerade har ett större syfte än egna tågets framfart och detta bör förmedlas på något sätt till respektive förare, mer än genom en introduktionsutbildning.

### Övriga aspekter

- Av olika anledningar har uppsättningen av antenner tvingats till placering på en mindre optimal plats. För att öka möjligheten för bättre kommunikationslänk bör antennerna vara placerade på lämpligt ställe på tågens tak. Man bör vid ny installation särskilt undersöka radiokommunikationen, hur den är beskaffad map täckningsgrad över sträckan tillsammans med behoven för C-DAS för att allra minst vara medveten om att bristande kvalitet i radiolänken över sträckningen kan komma få konsekvenser för användarupplevelsen av C-DAS.
- Radioförbindelsen mellan trafikledningen och tåg är en viktig del i ett C-DAS system. Det gäller både placeringen av antenn på tåget, men även att radiotäckningen längs järnvägslinjerna är god. Figur 26 visar situationen med publik GSM för Kaunis Iron projektet.



Figur 26; Resultat från pingtest Pii-Xnk-Pii vid publik GSM och antenn placerad bakom frontruta på Traxx-lok. Höga värden representerar dålig täckning. Andra delar av järnvägsnätet i Norrland och även andra ställen bedöms ha ungefär samma täckning som här visas för svensk sträcka. På norsk sträcka i fjällen längs Rombaksfjorden är det mycket dåligt.

Ett alternativ avseende kommunikationslänken jämte Publik GSM är att använda Trafikverkets GSM-R nät. GSM-R har betydligt bättre täckning längs våra järnvägar än publik GSM. Dess bandbredd (överföringskapacitet) är relativt låg men är mer än tillräcklig för C-DAS.

För att förbättra radioanslutningen har Transrail bedrivit ett speciellt projekt för att om möjligt använda GSM-R i stället för publik GSM. Det finns två tekniker för dataöverföringen; GPRS resp uppringt med s.k. kretskoppling. GPRS var i detta fall svårt att använda eftersom det skulle kräva en större installation på loken. Kretskoppling klaras i princip av tåg radiosystemen, som har krav på sådan lösning för viss datatrafik.

I samband med tåg (passagerartåg) som har IOB (Internet on-board) finns en möjlighet att utnyttja sådant system. IOB-systemen har normalt en lösning som använder GSM från flera operatörer och väljer bästa anslutning. I piloten deltagande företag har erfarenhet från denna tekniken, men även för sådant system är täckningen bitvis dålig. Enligt Transrails uppfattning är GSM-R i särklass bäst.

Som en konklusion kan nämnas att då bandbreddskravet för C-DAS är tämligen låg skulle GSM-R kunna användas för att höja kvaliteten i datalänken. Således är detta en rekommendation för kommande C-DAS utveckling.

- Genom att styra rörelsen på ett antal tåg på en linje, dvs styra deras effektuttag, är det möjligt att hålla effektuttaget på matningsstationerna under viss nivå. Det torde ge liten konsekvens på tågrörelserna men ge stor förbättring på banmatningen. CATO-systemet, som vi utnyttjat det i Godspiloten utan ovannämnda funktion, ger redan det en stor reduktion av effektuttaget från banmatningen. Inom tillgänglig RTTP reducerar det både behovet av effektuttag och återmatning, dvs belastningen på kontaktledningsnätet/banmatningen minskar.
- Införa C-DAS på fler sträckor
- Genomföra gemensamma diskussioner och utbildningar för tågtrafikledare/lokförare för att skapa förståelse för varandras situation.
- Implementering av gångtider som matchar dragkraft/tågvikter.
- Fler piloter vore bra att genomföra med beaktande av de erfarenheter som dragits och tagits upp i denna rapport.

### Operativa tester / Piloter

- Godspiloten har visat på en del problem att få entydiga resultat utifrån fälttester av C-DAS och eco-drive, särskilt då det sker under kort tid. Detta gäller generellt, för att kunna använda data för analyser behöver datainsamling göras från kontrollerade källor och data ska samlas in under en längre tidsperiod för att minimera störningar. Det är dock ändå viktigt att ta tillvara de erfarenheter som dragits och tagits upp i denna rapport inför en fortsättning av projektet och eventuella framtida piloter.
- En lärdom från piloten är att inledningsvis noga definiera vad som ska mätas och skapa förutsättningar för dessa mätningar. Då ny funktionalitet utprovas, genomföra tester och mätningar i fokuserade miljöer där man har kontroll över påverkande parametrar för att kunna använda insamlad data för numerisk analys samtidigt som man säkerställer att både trafikledare och förare är engagerade i att genomföra de aktuella funktionstesterna.
- Fokus för en eventuell kommande pilot eller test bör naturligtvis ligga på just det man vill testa för alla inblandade. Det kan vara att förarna skall köra punktligt enligt RTTP, men det kan även vara andra saker.
- Följa planerna för att tågen inte i onödan ska störa varandra (följsamhet mot planer).
- Test av målpunktshanteringen, både möteshantering och kolonnkörning

- För mer storskaliga prov såsom under Godspiloten måste hela kedjan finnas på plats för att tågtrafikledare och lokförare ska kunna arbeta på planerat sätt som ger relevanta resultat att analysera. Handskakning, användning enligt överenskommelse osv. i införande av C-DAS behövs en gemensam förändringsledning där tågtrafikledare och lokförare har förståelse för varandras situation och verktygens (trafikledningssystemet resp förarstödsystemets) ev brister o/e pågående utveckling.
- Samspelet, hur informerar lokförare tågtrafikledare när man upptäcker att en plan är korrupt, förfarandet bör utvecklas för att kunna garantera en kontinuerlig förbättring av datat som utgör förutsättning för en korrekt plan.
- Skapa en storskaligare pilot på Malmbanan. Inom europeisk järnvägsutveckling har branschen önskat en storskaligare C-DAS pilot med flertalet tåg med effektiv C-DAS. Det skulle sannolikt vara möjligt att göra på Malmbanan. Det vore relativt lätt att ta C-DAS i drift hos större godstransportörer och sannolikt även på regionaltågen på Malmbanan. Tyngre tåg innebär även större betydelse av att tågföringen blir eko-effektiv. Inga onödiga stopp, gärna att dessa tågs RTTP blir energieffektiv.
- Målpunktsstyrning bör finnas med i en kommande Pilot/arbete för att dra mer omfattande slutsatser om nuvarande C-DAS. Godstrafik är i sin natur inte nödvändigtvis lika hårt knuten till hålltider längs sträckan i sig såsom persontrafik med resandeutbyte är. Givetvis har en godstågen också sina tidsramar typ ankomst till terminal och plats för personalbyte men det innebär andra förutsättningar och möjligheter jämfört med persontrafik. Även ju tyngre tågen är desto viktigare är en hastighetsprofil anpassad till banans vertikalprofil, inga onödiga stopp eller hastighetsförändringar för att minimera effektbehovet, beaktat särskilt lastade och tomma godståg. Detta gör att dessa två typer av tåg har olika förutsättningar för eco-körnings optimering.
- Pilotens resultat med avseende på slitage visar på att mer data behövs samlas in under en längre tid för att skapa ett bättre underbyggt dataunderlag som i sin tur kan användas för djupare orsaksanalyser av slitage. Det är svårt att mäta slitage då det är många parametrar som påverkar. För att kunna mäta korrekt behövs en analysuppsättning vara på plats vid piloten/arbetets start och en tydlig datainsamling görs kontinuerligt efter en provplanering. Om det ej är praktiskt möjligt att mäta, så kan en beräkningsmodell underlätta för kommande beslut. Från en logg av en körning går det t.ex. att beräkna hur mycket vagnarnas broms använts och bromsenergin motsvarar viss del av hjulslitaget som har andra orsaker också och extrapolera fram resultat under en större tidshorisont.
- Både Trafikverket och Transrail tillsammans med andra DAS-leverantörer betonar behovet av god förändringsledning vid införande av förarstödsystem och C-DAS. Användarnas mottagande beror till stor del av hur företagens ledning och inte minst hur ledningen närmast användarna agerar, men även hur kulturen och förväntningarna ser ut hos de inblandade. Det kan med fördel ses som klassisk förändringsledning. Det är lätt att man får en glidning i förväntningar och därmed omfattning under dylika förändringsprojekt vilket inte bara slår på det direkta resultatet utan även på den uppfattning de inblandade skaffar sig. Hur förändringsledningen hanteras blir olika för olika organisationer och företagskulturer. Detta ger stor påverkan då exv. enkätsvar ska beaktas. Figur 27 ger några enkla råd i detta avseende:

- Vara tydlig avseende vad man vill uppnå
- Visa intresse för användandet av det nya verktyget och av resultatet
- Var positiv till förändringen, motivera, uppmuntra och stödja användarna
- Ge återkoppling på uppnådda resultat
- Se till att verktygen som ställs till förfogande fungerar
- Se till att de problem som användarna upplever löses
- Var noga med god återkoppling

*Figur 27; Några generella råd avseende förändringsledning*

- Rapportens målgrupp har förändrats från att påvisa nytta för gods företag till att lyfta fram förbättrings och utvecklingsarbeten som behövs göras. Detta gäller både ur ett tekniskt, lednings och användarperspektiv.
- Pilotens resultat visar även tydligt att det är väldigt viktigt att en stöttning av piloten under dess livslängd ges prioritet från alla ingående parter och att dess ledning står upp bakom piloten.