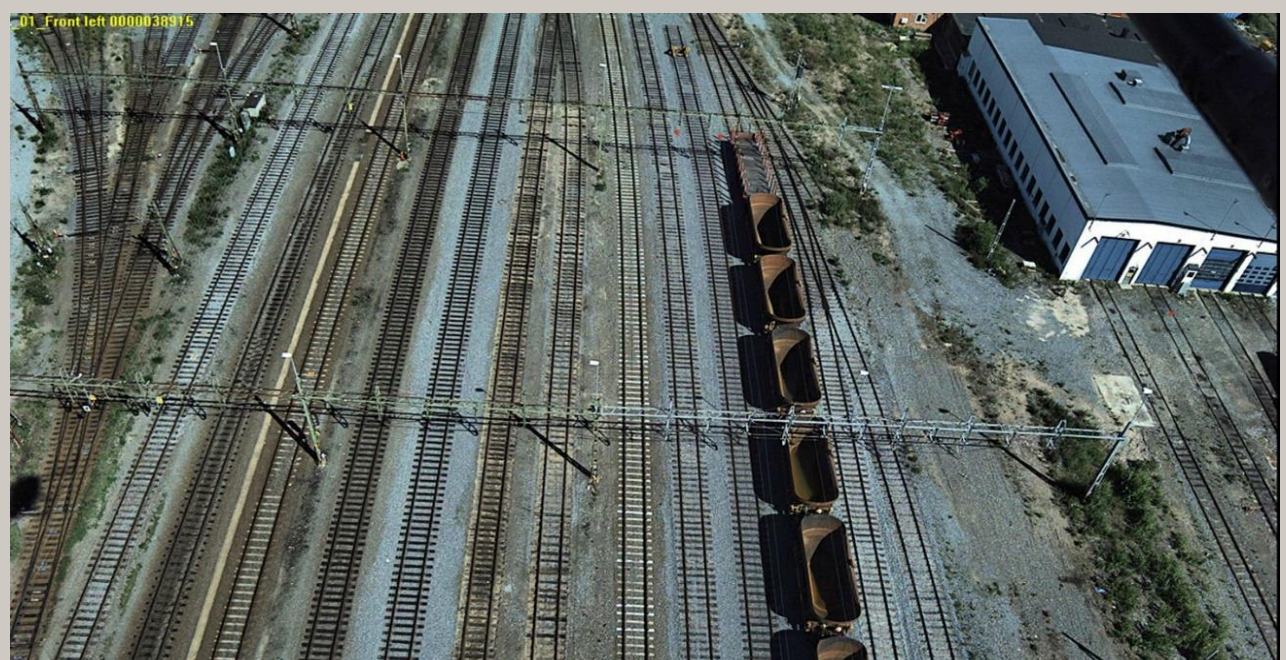
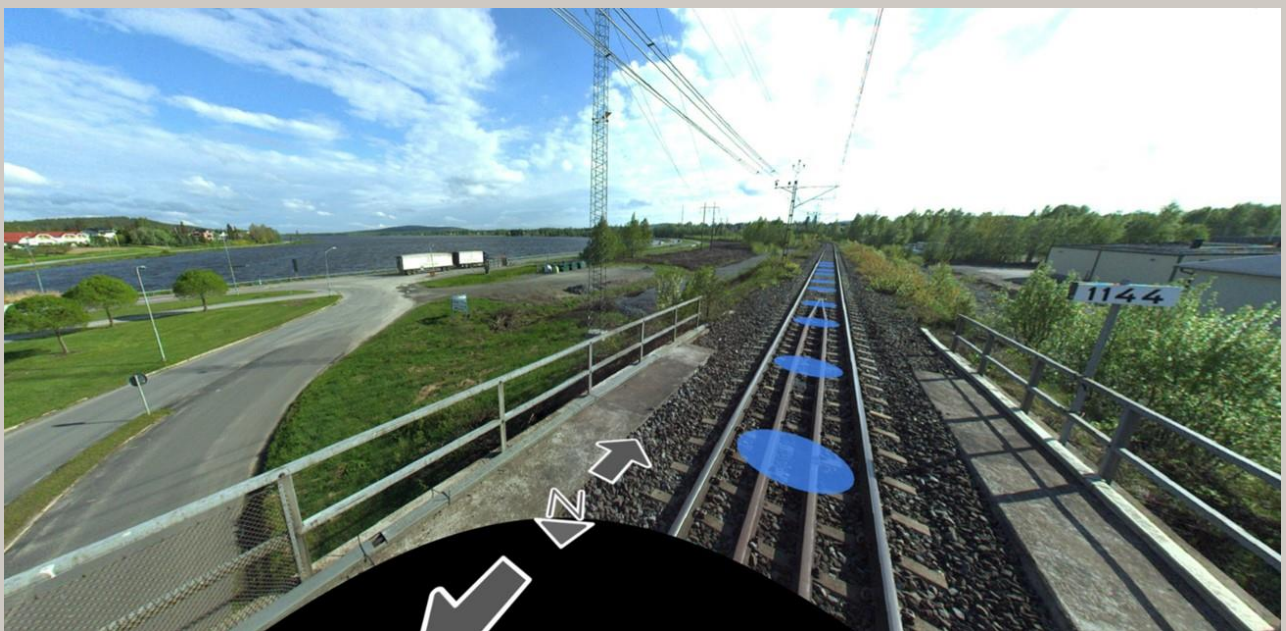


## RAPPORT

# Rail View, Sky View och Maintenance Go

Tillämpningar inom Trafikverket

Ett projekt inom Verklighetslabb Digital Järnväg



**Trafikverket**

Postadress: Trafikverket, Box 809 971 25 Luleå

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Rail View, Sky View och Maintenance Go Tillämpningar inom Trafikverket

Författare: Rikard Granström, UHdnj

Dokumentdatum: 2020-02-25

Version: 1.0

Kontaktperson: Rikard Granström

# Innehåll

<b>1. SAMMANFATTNING</b> .....	<b>4</b>
<b>2. INTRODUKTION</b> .....	<b>5</b>
<b>3. SYFTE OCH MÅL</b> .....	<b>6</b>
<b>4. BAKGRUND</b> .....	<b>6</b>
<b>4.1. Rail View</b> .....	<b>7</b>
<b>4.2. Sky View</b> .....	<b>8</b>
<b>4.3. Maintenance Go</b> .....	<b>8</b>
<b>5. METOD</b> .....	<b>10</b>
<b>6. RAMVERK FÖR TILLÄMPNING</b> .....	<b>11</b>
<b>6.1. Driftsäkerhet</b> .....	<b>12</b>
<b>6.2. Systemets livscyklfaser och intressenters planering av åtgärder</b> .....	<b>13</b>
<b>6.3. Drift Underhåll och modifiering</b> .....	<b>16</b>
<b>6.4. Underhållsprocessen</b> .....	<b>17</b>
6.4.1. Underhållsledning.....	18
6.4.2. Planering av underhållssäkerhet .....	19
6.4.3. Underhållsförberedelse .....	21
6.4.4. Underhållsutförande .....	21
6.4.5. Underhållsbedömning .....	22
6.4.6. Underhållsförbättring .....	23
<b>7. TILLÄMPNINGAR AV RAIL VIEW, SKY VIEW OCH MAINTENANCE GO</b> ....	<b>24</b>
<b>7.1. Drift underhåll och modifiering tillämpningar</b> .....	<b>24</b>
7.1.1. Rail View .....	24
7.1.2. Sky View .....	27
7.1.3. Sky View och projektering.....	30
<b>7.2. Underhållsprocessen</b> .....	<b>35</b>
7.2.1. Underhållsledning.....	35
7.2.2. Planering av underhållssäkerhet .....	36
7.2.3. Underhållsförberedelse .....	42
7.2.4. Underhållsutförande .....	48
7.2.5. Underhållsbedömning .....	52
7.2.6. Underhållsförbättring .....	55
<b>8. RESULTAT OCH DISKUSSION</b> .....	<b>57</b>
<b>9. REFERENSER</b> .....	<b>60</b>

# 1. Sammanfattning

Liksom för samhället i så stort står Trafikverket inför möjligheten att börja skörda av digitaliseringens frukter. De senaste åren har det skett en explosion av olika tekniker som kan börja tillämpas för att stödja tillgångsförvaltningen av våra anläggningar. Inom Verklighetslabb digital järnväg (VDJ) har vi studerat hur olika typer av sensorer, datainsamlings- och databearbetningsutrustning kan tillämpas för att skapa beslutsstöd för effektiv förvaltning av våra tillgångar.

Av alla tillämpningar som vi studerat så är sannolikt kombinationen av fotografering, laserinmätning samt GPS-positionering den tillämpning som kan få störst påverkan på våra beslutsprocesser. Det handlar om beslutsstöd för de intressenter (Trafikverket, entreprenörer, konsulter etc.) som arbetar inom samtliga av systemets olika livscykelkedor: koncept (tidiga skeden, utredningar, val av åtgärd), utveckling (projektering), byggnation, drift och underhåll samt nedläggning av våra anläggningar.

Rapporten innehåller en beskrivning av direkta tillämpningar, för hur data kan användas för att, året runt, 24 timmar per dygn, ge intressenter en direkt åtkomst till en digital representation, av den fysiska anläggningen, ett embryo till den digitala tvillingen. Rapporten utgör också en framtidsexposé av hur integrationer mot andra datakällor såsom anläggningsregister och underhållssystem (GUS), Artificiell Intelligens (AI) och Augmented reality (AR) kan hjälpa oss nära den digitala tvillingen så att den kan vara representativ för tekniskt tillstånd, tillståndsutveckling etc., allt för att kunna effektivisera och i förlängningen automatisera Trafikverket beslutsprocesser.

Exempel på identifierade tillämpningsområden är: fältbesök från skrivbordet, samråd med intressenter i och kring järnvägen, utredningar av modifieringar av anläggningen, olycksutredningar, projektering (där 3D modeller är särskilt användbara), planering av arbeten (omfattning, skyddsåtgärder, material, maskiner, materiallogistik, upplag, transportvägar etc.), leveransuppföljning, tillståndsutveckling av anläggning, analyser av underhållsbehov, förändring av underhållskoncept, besiktning (objekt som går att okulärbesikta), inventeringar av anläggningstillgångar, identifiering och inmätning av fysiska objekt, uppdatering av anläggningsregister, stöd till upphandling av entreprenader.

Tillämpningar av AI och dataintegrationer med anläggningsregister och underhållssystem kommer kunna hjälpa oss att i betydligt större utsträckning än idag automatisera våra beslutsprocesser och våra processer för att samordna underhåll, reinvesteringar och modifieringar av anläggningarna. Innan rapporten ens var färdigställd har arbetet väckt stor uppmärksamhet inom Trafikverket och hos underhållsentreprenörsleden. Många förfrågningar har kommit in till projektet angående åtkomst till motsvarande data för att stödja medarbetare i deras vardagliga arbete. Detta är en verklig "game changer" för modern tillgångsförvaltning av våra anläggningar. Mycket nöje!

## 2. Introduktion

Detta arbete är utfört inom ramen för projektet Verklighetslabb digital järnväg (VDJ). Inom VDJ bedrivs forskning och utveckling för att främja digitaliseringen av järnvägsunderhåll. Ett av projektets mål är att finna nya tillämpningsområden för befintliga teknologier.

Denna rapport redogör för:

1. Rail View. Tillämpningar av 360 graders fotografering, av järnvägsanläggningar, motsvarande teknologi som används av exempelvis Google i deras Street View tjänst. Bilder är positionerade med hjälp av GPS. Infrastrukturanläggningen har också laserskannats, vilket innebär att underlag exempelvis kan användas för 3D-modellering, inmätning av infrastrukturobjektens och omkringliggande objekts position, storlek och avstånd i förhållande till varandra.
2. Sky View. Tillämpningar av Helikopterfotografering, GPS-positionering och laserskanning av infrastrukturanläggningen, motsvarande teknologi som idag används för besiktning av anläggningar inom icke linjebunden kraft. Teknologi med motsvarande möjligheter för 3D-modellering, inmätning av objekt såsom i Rail View.
3. Maintenance Go. Tankar kring tillämpningar av förstärkt verklighet (Augmented Reality, förkortas AR) inom förvaltningen av våra tillgångar.
4. Applikationsområden där Rail View och Sky View idag kan tillämpas för att stödja Trafikverkets och i viss utsträckning externa parter tillgångsförvaltning. Detta kopplat till olika roller och ansvarsområden inom förvaltningen av tillgångar. Till detta följer också resonemang om hur motsvarande teknologier kan integreras mot anläggningsregister och underhållssystem såsom exempelvis GUS.
5. Diskussion om utveckling av Rail View, Sky View och Maintenance Go kopplat till hur utveckling av applikationer för Artificiell Intelligens (AI) kan bidra till att automatisera delar av beslutsstödsprocessen för tillgångsförvaltningen av statens järnvägsanläggningar



### 3. Syfte och mål

Syftet med denna rapport är utgöra en samlad redogörelse för identifierade tillämpningar av 360 fotografering, helikopterfotografering inklusive laserskanning samt förstärkt verklighet, Augmented Reality (AR) inom tillgångsförvaltningen av Trafikverkets järnvägstillgångar.

Målet är att denna rapport ska kunna användas som beslutsstöd för Trafikverket för fortsatt upphandling och utveckling av motsvarande teknologier och tillämpningar inom Trafikverkets tillgångsförvaltning.

### 4. Bakgrund

Inom Trafikverkets styrning av vägentreprenader så använder sig exempelvis projektledare flitigt av Googles tjänster för Maps och Street View. Detta är värdefulla verktyg för vägprojektledare som kan ansvara för anläggningar som kan vara upp emot 200 mil långa. Anläggningar som man omöjligen kan ha total lokalkännedom om. Verktuget används för att snabbt kunna få områdeskontroll (geografisk positionering, få en överblick av hur det ser ut i närområdet), vilket kan bespara Trafikverket och skattebetalarna ansevärliga pengar för exempelvis; arbetstid, fordon och bränsle då fältbesök kan utföras vid skrivbordet. Med hjälp av verktuget så kan man snabbt skapa sig en uppfattning om hur anläggningen är beskaffad, finns det stängsel, finns det räcken, vattendrag, markförhållanden, lutningsförhållanden etc. I olika typer av samråd är verktuget värdefullt, exempel i kontakter med allmänheten kan man snabbt få en uppfattning om hur det ser ut i och omkring vägområdet som angränsar till den berörde fastighetsägaren, skolan, idrottsplatsen mm.

På samma sätt använder sig projektledare underhåll (järnväg) och underhållsingenjörer emellanåt av Google Earth inklusive Street View (i de fall man kan se järnvägen). Vanliga tillämpningar är kontroll av plan-/planfria korsningar mellan väg och järnväg, planering av fältbesök, var anslutningsvägar finns mm. Figur 4.1 visar ett exempel på hur man enkelt med hjälp av flygfoto och km+m lagrat på bilderna kan orientera sig i anläggningen.



Figur 4.1. Flygfoto inkl överlagrad km+m information samt position för plankorsningar (rosa kryss).

#### 4.1. Rail View

Med vetskap om GIS-verktygens och 360 fotograferingens många tillämpningar, inkom underhållsdistrikt nord (under 2018), med ett önskemål till VDJ, att ta fram en Street View för järnväg. Förfrågan från verksamheten låg helt i linje med VDJ:s syfte och målsättning, ett arbete initierades för att ta fram en demonstrator. Demonstratorn fick arbetsnamn Rail View. Under 2019 genomfördes en laserinmätning och 360 fotografering av järnvägsinfrastrukturen på Södra malmbanan, underlaget var beställt i syfte att stödja ERTMS projekteringen. Inmätningen gjordes av WSP. Med detta så fick VDJ tillgång till en demonstrator av Rail View med hjälp av vilken vi kunde börja undersöka och kartlägga dess tillämpningar för förvaltning av våra anläggnings-tillgångar. I Figur 4.1.1 ses lok inklusive den utrustning som användes för att fota och mäta in anläggningen.



*Figur 4.1.1. Bild på lok med mätutrustning som användes för att 360 fotografer samt mäta in Södra malmbanan.*

Med den konfiguration som användes i denna demonstrator, under normala ljusförhållanden (mulen sommardag) så kan man genomföra fotografering och inmätning i ca 70 km/h. Insamlandet av material för Södra malmbanan tog ca 3 dagar. Insamlat data har analyseras och bearbetats via applikationen Orbit 3DM Publisher

## 4.2. Sky View

Under 2018 så identifierade medlemmar i VDJ en artikel på Trafikverkets Intranät, som handlade om ”3D inspektion av 200 mil järnväg” (Trafikverket, 2018). I artikeln redovisar Trafikverkets medarbetare Stefan Eriksson (Underhåll Järnvägssystem Elkraft) tillämpningen av helikopterfotografering och laserskanning för att besikta anläggningar för icke linjebunden kraft, Se Figur 4.2.1. Inom VDJ fördes diskussioner om tillämpbarheten av denna teknik för att stödja underhållet på övrig järnvägsanläggning. Således fattade VDJ beslutet att undersöka teknikens tillämpbarhet som underhållsstöd. En demonstrator för ändamålet inrättades på Malmbanan. Denna demonstrator fick arbetsnamn Sky View. I Figur 4.2.1 ses till vänster bilder tagna i samband med tillståndsbedömning av anläggningar för icke linjebunden kraft, till höger ses helikopter med monterad utrustning som användes för insamling av data.



Figur 4.2.1. Icke linjebunden kraft, fotografering, tillståndsbedömning av isolatorer.

Bearbetning och analys av Sky View data genomfördes via applikationen DPM 3D Inspection, en applikation som idag finns tillgänglig för medarbetare inom Trafikverket samt via avtal och behörighet för externa användare.

## 4.3. Maintenance Go

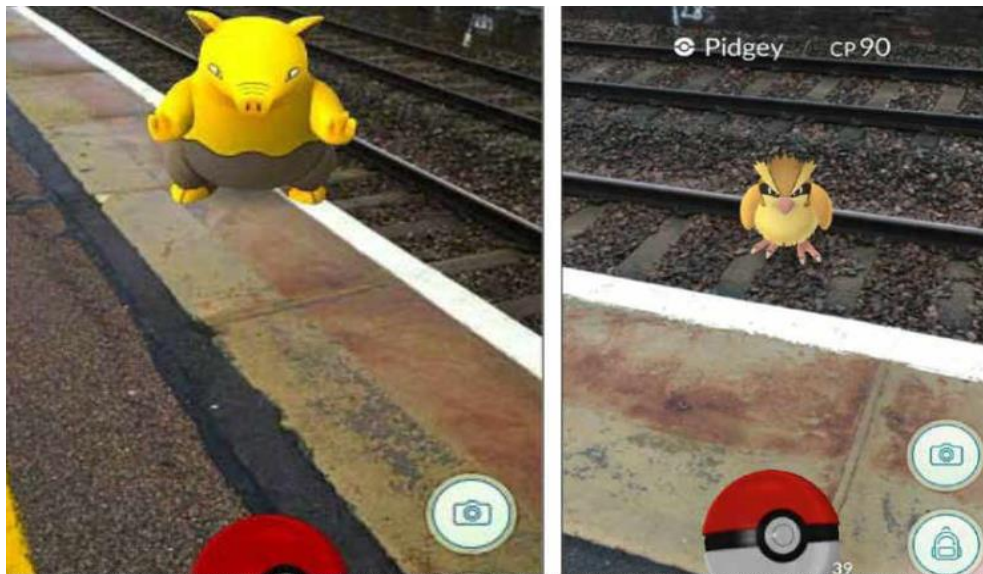
I samband med Diskussioner angående resultat och tillämpningar av Sky View och Rail View så fördes en diskussion om vidare integrationer av teknik för att exploatera materialet från Rail View och Sky View. En sådan integrering är Virtual Reality (VR), som vi inom VDJ anser kan vara en integration för att manövrera sig och arbeta i det digitala rummet från 360 fotograferingen. En annan integrering som också identifierades är tillämpningen av Augmented Reality (AR). AR innebär kortfattat att verkligheten förstärks genom att digital information överlagras på exempelvis de glasögon som du betraktar världen genom. Se exempel i Figur 4.3.1.





Figur 4.3.1, glasögon för augmented reality.

Den mest kända AR tillämpningen är nog spelet Pokémon Go, där användaren kan interagera med olika Pokémons genom sin smartphone. I Figur 4.3.2 ses en Pokémon olämpligt placerad i en järnvägsanläggning.



Figur 4.3.2. Exempel på Pokémon i spåret.

Motsvarande tillämpningar för underhåll kan exempelvis vara att man kan överlagra underhållsinstruktioner på verkligheten. Exempelvis överlagra besiktningens anmärkningars identitet och position i verkligheten. Information som skulle kunna hjälpa oss att snabbare lokalisera, identifiera, åtgärda avvikelser. Tillämpningen av AR inom underhåll fick arbetsnamnet Maintenance Go. Tankarna kring tillämpning av Maintenance Go kom ganska sent i projektet, därför har vi i dagsläget inte någon framtagen demonstrator för ändamålet. De resultat som presenteras i denna rapport, kopplat till Maintenance Go är således i konceptuell form, och baseras på tankar, erfarenheter och underlag från Sky View och Rail View.

## 5. Metod

För att identifiera Rail View, Sky View och Maintenance Go:s olika tillämpningar inom förvaltningen av våra järnvägs-infrastrukturanläggningar så har studien genomförts enligt följande:

1. Enskilda demonstrationer av Rail View och Sky View för olika intressenter inom Trafikverket och hos underhållsentreprenörer. I samband med demonstrationerna så har intressenternas reflektioner noterats för att tjäna som underlag till denna rapport. Exempel på interna intressenter är: projektledare underhåll, underhållsingenjörer, projektingenjörer, representanter från järnvägssystem, investering, planering, anläggningsdata, skadehandläggare. Intressenter från underhållsentreprenörer har varit platschef, arbetsledare och tekniker.
2. Workshop för med fokus på tillämpningar av Rail View och Sky View. Skypekonferens där representanter från Trafikverket, WSP samt Visimind föredrog respektive system och deras funktionalitet. Intressenternas synpunkter samlades in för att utgöra underlag till denna rapport. Exempel på medverkande vid workshop var deltagare från underhållsdistrikt, mätenhet, anläggningsdata, järnvägssystem, verksamhetsstyrning, teknik och miljö, besiktningsansvarig, underhållsentreprenörer.
3. Fallstudier. Under senare del av 2019, och början av 2020 har ett antal mindre fallstudier kunnat genomföras. Detta i samband med att medarbetare haft behov av att undersöka anläggningen med hjälp av Sky View eller Rail View.
  - a. Undersökning och utredning av åtgärder inom lavinområden, samråd via Sky View, för att undersöka lokala förutsättningar i närområdet där laviner dragit fram.
  - b. Samråd avseende timmerterminal i Murjek. Samråd med trafikoperatör, SCA, järnvägssystem, planering, underhållsdistrikt.
  - c. Olycksutredning. Utredning av sikt-förhållanden i samband med plankorsningsolycka.
  - d. Möte med SL. Studiebesök hos SL som har en egen variant av Rail View.
  - e. Jämförelse i tillämpbarhet mellan 2D-ritningar och 3D-materiel från Sky View. Studien bestod i undersökning av arbetsområde där tidigare modifiering av anläggningen utförts. Detta för att fastställa Sky View:s potential som möjliggörare av projekteringsbart underlag samt som möjliggörare av underlag för planering av arbetes genomförande.
4. Tillämpningar av Maintenance Go, och framtida utvecklingsmöjligheter har identifierats genom arbete inom VDJ-projektet. Tillämpningar har baserats på övriga identifierade tillämpningar och utvecklingsområden av Rail View och Sky View.

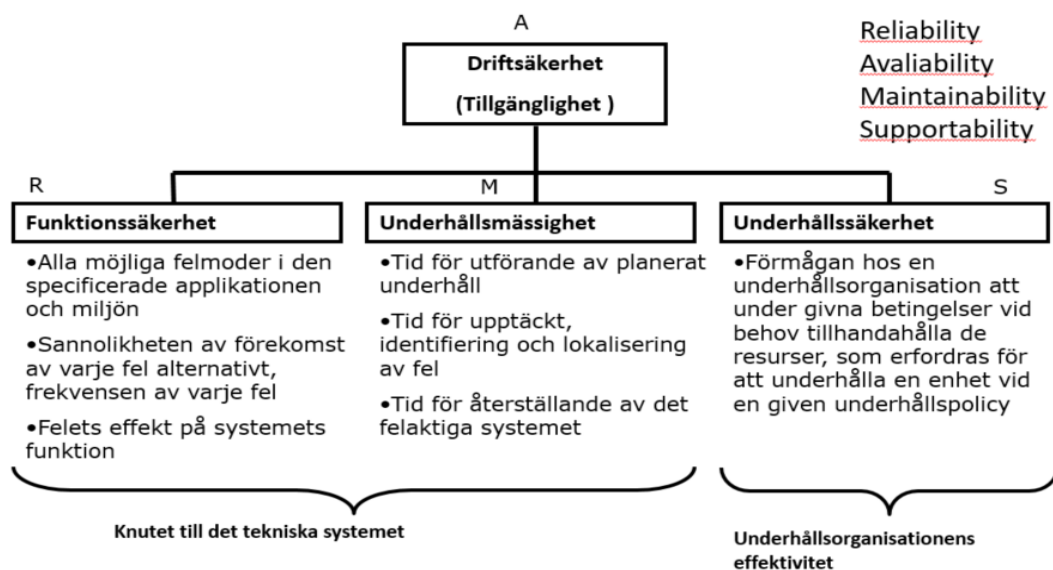
## 6. Ramverk för tillämpning

För att skapa en struktur för vart och hur teknologierna för Rail View, Sky View och maintenance Go kan tillämpas så inordnas deras tillämpningar i denna rapport i enlighet med huvudstrukturer som är hämtade från industristandarder. Syftet med detta är att ge läsaren ett statiskt (ej föränderlig) ramverk som baseras på bästa internationellt överenskomna tillämpning i vilket teknologiernas tillämpning kan inrättas. Detta är värdefullt för att förstå funktion av tillämpning inom förvaltningen av våra tillgångar, men även värdefullt för att förtydliga intressenternas ansvar och behov. Vidare så är detta relevant för att belysa vikten av gemensam (mellan Trafikverkets olika enheter) planering, paketering och samordning av fysiska åtgärder som ska utföras i anläggningen. Slutligen så är detta viktigt inför eventuellt utvecklingsarbete, på så sätt kan förhoppningsvis framtida systemlösningar tjäna flera intressenters behov, snare än att enskilda enheter inom Trafikverket utvecklar egna likartade systemlösningar för att tjäna sina egna specifika behov.

Arbetet utgör viktig input till framtida arbete med kravställning av system. Där förhoppningsvis flera intressenter kommer vara kravställare på funktionalitet och användargränssnitt, hos de systemlösningar som ska tjäna deras behov. Följande huvudstrukturer används, hämtade från respektive industristandard:

1. Driftsäkerhet, "Tillförlitlighet Ordlista - SS 441 05 05".
2. Systemets livscykel faser, "Livscykelprocesser för system SS-ISO/IEC 15288".
3. Drift underhåll och modifiering, "Tillförlitlighet Ordlista - SS 441 05 05".
4. Underhållsprocessen, "Tillförlitlighetsverksamhet 3-14 Riktlinjer Underhåll och Underhållsstöd - SS-EN 60300-3-14".

## 6.1. Driftsäkerhet



Figur 6.1.1. Driftsäkerhet som funktion av funktionssäkerhet, underhållsmässighet och underhållssäkerhet., inkl. motsvarande engelska begrepp.

Transportpolitikens övergripande mål är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet (Regeringskansliet, 2008). Trafikverket tillgodoser detta mål genom att göra rätt saker och göra sakerna på rätt sätt för att tillse de krävda funktionerna. Krävd funktion avser funktion eller en kombination av funktioner hos en enhet som anses nödvändiga för att erbjuda en given service (IEV 191-01-05).

Övergripande innebär detta att Trafikverket tillgodoser systemets driftsäkerhet. Driftsäkerhet, är förmågan hos en enhet att kunna utföra krävd funktion under givna förhållanden vid en given tidpunkt eller under ett givet tidsintervall under antagandet att erforderliga externa underhållsresurser tillhandahålls. Driftsäkerheten mäts via tillgänglighet (vanligtvis %), t.ex. att spåret är tillgängligt för trafik vid avsedda tidpunkter och intervall samt att perronger är tillgängliga och att trafikinformation är tillgänglig. Konkreta exempel på funktioner är: punktlighet på en viss nivå (t.ex. 95%), att banan kan trafikeras med krävd hastighet (största tillåta hastighet, STH), att spår läget är inom föreskrivna toleranser, att kontaktledningsläget är inom avsedda toleranser, att trafikinformationen är aktuell och korrekt. Driftsäkerheten bygger på det tekniska systemets funktionssäkerhet, underhållsmässighet samt underhållsorganisationens underhållssäkerhet.

Funktionssäkerheten är förmågan hos en enhet att utföra en krävd funktion under givna förhållanden under ett givet tidsintervall (IEV 191-02-06). En användbar analogi kan vara Mercedes jämfört med en Fiat, en Mercedes har (bör ha) en högre funktionssäkerhet än en Fiat.

Underhållsmässigheten är sannolikheten att en given aktiv underhållsåtgärd kan utföras inom angivet tidsintervall, för en enhet under givna förhållanden, när underhållet utförs under angivna förhållanden och med hjälp av angivna procedurer och resurser (IEV-191-02-06). Exempel ett tekniskt system kan utformas så att underhåll kan utföras inom 30 minuter eller 5 timmar. Underhållsmässigheten påverkas av konstruktionslösningar som t.ex.

modularisering (snabbt och enkelt att byta ut delar av systemet på plats) och inbyggd test för feldiagnostik (feldetektering och fellokalisering och orsaksidentifiering).

Det är viktigt att förstå att Funktionssäkerheten och underhållsmässigheten är knutet till det tekniska systemets utformning, alltså hur systemet har konstruerats och byggts. I och med detta så är förutsättningarna för systemets funktionssäkerhet och underhållsmässighet och dess bidrag till systemets driftsäkerhet givna i den stund som systemet driftsätts.

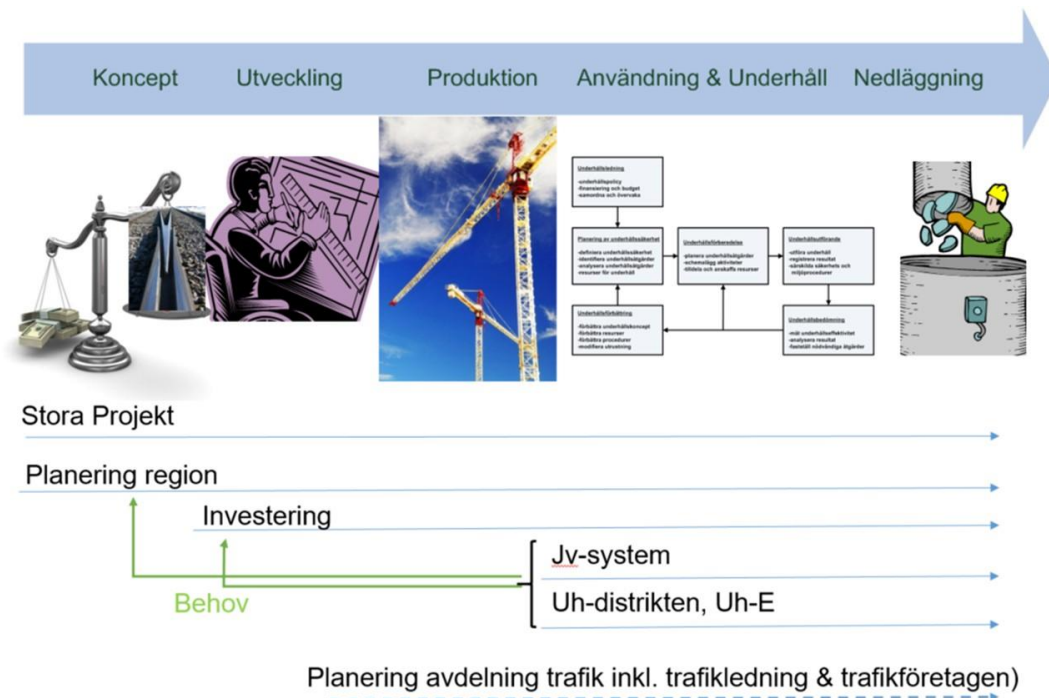
I och med design och byggnation är också förutsättningarna satta för den sista delen, underhållsäkerheten. Underhållsäkerheten är förmågan hos en underhållsorganisation att under givna betingelser vid behov tillhandahålla de resurser, som erfordras för att underhålla en enhet vid en given underhållspolicy (IEV 191-02-08). Förenklat kan man beskriva detta såsom att; en Fiat kommer att prestera om en Fiat oavsett om man underhåller den som en Mercedes eller Porsche. Det man kan göra när man konstruerat och byggt anläggningen är att se till att optimera underhållet av sin Fiat så att underhållssäkerheten bidrar på bästa sätt till Fiatens driftsäkerhet.

Underhållsäkerheten, eller på engelska ”maintenance support performance”, avgörs av hur bra organisationen kan stödja systemets driftsäkerhet. Mängden underhållsstöd som krävs beror av hur systemet konstruerats och byggts med avseende på funktionssäkerhet och underhållsmässighet. Exempel på viktiga delar av underhållsäkerheten är; adekvata underhållsinstruktioner och regelverk, tillgänglig personal, tillgängliga verktyg, tillgängliga reservdelar, planering och schemaläggning av arbeten, utbildning av personal, systemstöd (exempelvis, BESSY, ofelia, GUS), maskinkapacitet.

## 6.2. Systemets livscyklifaser och intressenters planering av åtgärder

De enheter inom Trafikverket som primärt styr förutsättningarna för systemets driftsäkerhet och dess ingående delar: funktionssäkerhet, underhållsmässighet samt underhållsäkerhet är Stora Projekt, Planering region, Investering, Järnvägssystem samt Underhållsdistrikten se Figur 6.2.1. Dessa är de enheter som i olika utsträckning arbetar i systemets livscyklifaser från koncept till nedläggning, med att integrera krävda funktioner, vidmakthålla eller återställa krävd funktion och slutligen avveckla funktionalitet i slutet av systemens livscykel. I dagsläget arbetar dessa organisatoriska enheter förhållandevis autonomt i förhållande till varandra. När respektive enhet ska verkställa sina planer så planeras trafikavstängningar i samråd med planering avdelning trafik för att koordinera de fysiska åtgärderna med tågoperatörerna som trafikerar anläggningarna.





Figur 6.2.1. Illustration av enheter inom Trafikverket som genom planläggning inom den egna enheten påverkar vilka åtgärder som ska genomföras inom anläggningen. Enheter som således påverkar vilket tekniskt materiel som kommer in i våra anläggningar, vilket underhåll som ska utföras samt vilket materiel som ska lämna anläggningen (skrotas). Sammantaget illustrerar bilden de intressenter inom Trafikverket som fysiskt påverkar tillgångsförvaltningen inom systemets livscykelkedan.

Det som skiljer de organisatoriska enheterna åt är omfattningen av åtgärder, tidsperspektivet för genomförande, samt med vilken säkerhet åtgärder kommer att utföras. Här följer några exempel:

**Operativ planering:** Tidsperspektiv ca 0-dagar till ett år. Främst kopplat till underhållsdistrikten. Mindre åtgärder som med säkerhet ska utföras, exempel, felavhjälpling, tillståndsbaserat underhåll med avseende på åtgärdande av säkerhetsbesiktningens anmärkningar, förutbestäm underhåll, besiktning, snöröjning.

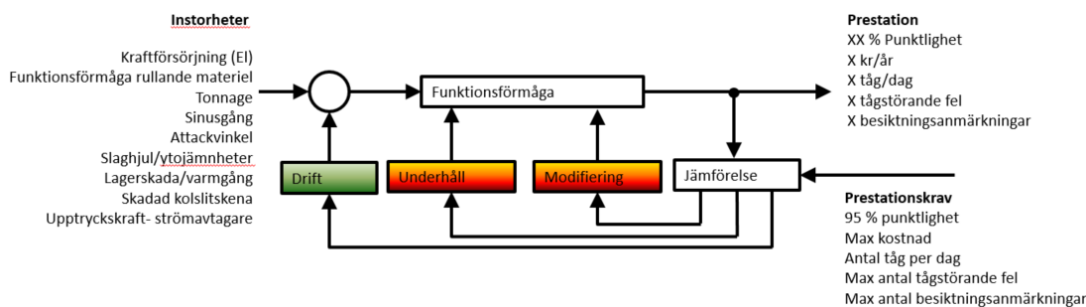
**Taktisk planering:** Tidsperspektiv ca 1-5 år. Åtgärder som medger längre planeringshorisont, åtgärder som sannolikt ska utföras. Åtgärder som är mer omfattande än vid operativ planering. I denna planeringshorisont så kan samtliga enheter vara representerade Stora Projekt, Planering region, Investering, Järnvägssystem och underhållsdistrikten. Här finns tid för att utföra effektivare (utföra rätt saker på rätt sätt) planering och genomförande av åtgärder. Här finns utrymme för samordnad planering mellan intressenterna i huvudsak i tre dimensioner, i de fall parternas behov sammanfaller geografiskt (inom samma geografiska område), tekniskt (systemmässigt, exempel ban, el, signal) eller tidsmässigt (åtgärderna kan utföras vid samma tillfälle). Givet vetskapen om parternas gemensamma behov så kan samverkan kring analys och paketering av arbeten leda till effektivare upphandling och effektivare arbeten (mer arbete blir utförd vid samma tillfälle, vilket bör verka positivt på anläggningens kapacitet, då det bör leda till att det krävs färre trafikstängningar för att utföra arbetet). Exempel på arbeten som kan samordnas i gemensam planering och kanske även i viss utsträckning i gemensam upphandling:

- Underhållsdistrikten:
  - Underhållsbesiktningsanmärkningar och utökade åtgärder (e.g. tunghalvsbyte, inklusive slipers, makadam, dränering mm)
  - Bristlista-åtgärder
  - Röjningsarbeten
  - Stängselarbeten
- Järnvägssystem:
  - Smärre åtgärder
  - Planerade reinvesteringar, delsystem-utbyten, exempel spårväxlar, kontaktledningsbyten
  - Nationella projekt, till exempel slipning
- Planering region, arbeten som verkställs av investering
  - Investeringsarbeten (exempel bangårdsombyggnad), reinvesteringar och modifieringar av anläggningen
- Stora Projekt
  - ERTMS projekt

**Strategisk planering:** 5-20 år. Avser primärt stora åtgärder som kanske ska göras. Avser främst planering hos region men även stora projekt. Bra om planering sker i samråd med Järnvägssystem och underhållsdistrikt för att skapa bästa förutsättningar för samordning av åtgärder.

### 6.3. Drift Underhåll och modifiering

I dagsläget byts och tillkommer ca 1-2% av den totala anläggningsmassan ut varje år i form av investeringar och reinvesteringar. Således så befinner sig 98-99% av anläggningsmassan i användning och underhållsfasen (Figur 6.2.1). Inom användning och underhållsfasen så mäts systemets funktionsförmåga regelbundet. Dessa mätetal stäms av mot givna prestationskrav se exempel i Figur 6.3.1.



Figur 6.3.1. Samband mellan Drift, Underhåll och Modifiering. Det överordnade syftet med Drift underhåll och modifiering är att åstadkomma avsedd prestation från enheten. SVENSK STANDARD SS 441 05 05.

Om systemet inte presterar i förhållande till prestationskraven så finns det i livscykelns användnings och underhållsfas (Figur 6.2.1) fyra sätt att komma till rätta med problemet. Det första och enklaste är att sänka prestationskraven och således nöja sig med en lägre prestation från systemet. De tre övriga sätten genom vilka man kan att påverka systemets funktionsförmåga är: förändra driften, förändra underhållet eller modifiera anläggningen.

En annan förändring kan vara att Trafikverket instiftar förändrade kravställningar gentemot externa parter, exempelvis de operatörer som trafikerar anläggningen. Detta för att påverka instorheter (se Figur 6.3.1), instorheter som påverkar järnvägens funktionsförmåga. Exempelvis, dåligt underhållna hjul, boggies eller strömvtagare kan orsaka stora skador och således accelererande underhållsbehov hos infrastrukturen. Genom att införa differentierade banavgifter som regleras efter det skick som operatörerna har på sitt rullande materiel så kan Trafikverket skapa incitament som gör det lönsamt för operatörerna att göra ett bättre underhåll på sitt rullande materiel. Med rullande materiel som inte skadar infrastrukturen så betalar operatörerna mindre i banavgifter (operatörerna tjänar pengar), vilket leder till bättre förutsättningar för prediktiv degradering av infrastrukturen och således bättre funktionsförmåga hos infrastrukturen. Kvalitetsavgifterna är också ett sätt att försöka styra förbättringar.

**Drift:** Kombinationen av alla tekniska och administrativa åtgärder i avsikt att åstadkomma en krävd prestation från en enhet med hänsyn till nödvändig anpassning till ändringar i externa förhållanden (IEV 191-01-12). Här ingår bl.a. drift- och tågledning. Kan innebära en förändring av planeringen av tåg-tider, tåglägen, samt tider för underhåll.

**Underhåll:** Kombinationen av tekniska och administrativa åtgärder, inklusive övervakning, avsedda att bibehålla eller återställa en enhet till ett sådant tillstånd att den kan utföra en krävd funktion (IEV 191-07-01). Detta omfattar underhållsverksamheten och dess förbättring. Detta innefattar förändringar av underhållet för att åstadkomma krävd funktion. Förändringar av underhållet kan innebära förändring av underhållsinstruktioner

och regelverk, verktyg, planering och schemaläggning av arbeten, utbildning av personal, systemstöd (exempelvis, BESSY, ofelia, GUS). Inom systemets livscykel (Figur 6.2.1) så är det primärt Järnvägssystem och underhållsdistrikten som ansvarar för utförandet av det fysiska underhållet.

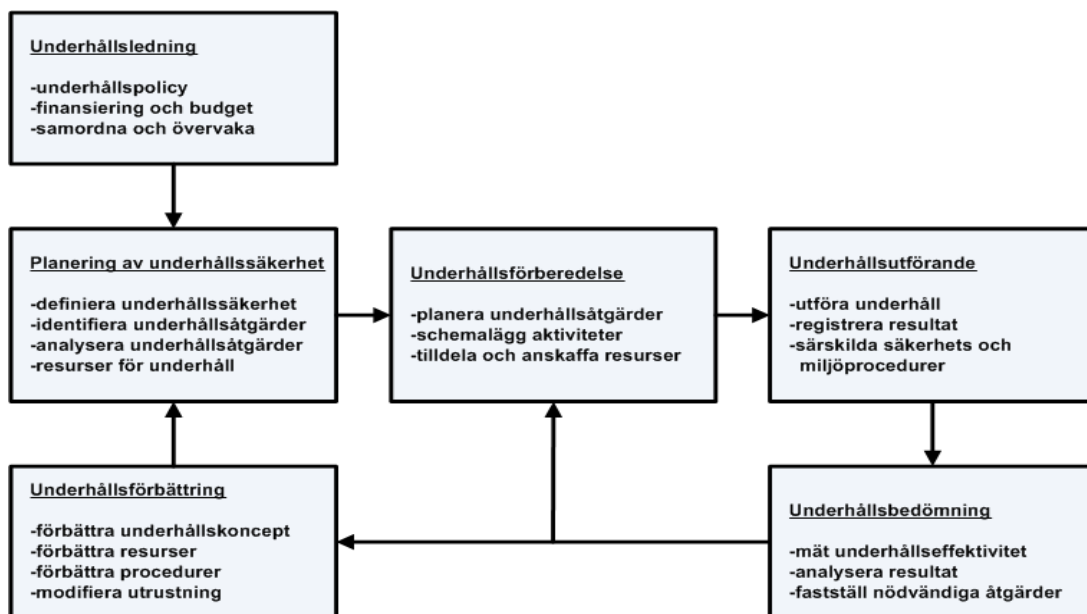
**Modifiering:** Kombinationen av alla tekniska och administrativa åtgärder som avser att ändra en enhet (IEV 191-01-13). Om krävd funktion inte går att uppnå genom att förändra driften av anläggningen eller genom att förändra underhållet så kan man modifiera anläggningen. Exempelvis så går det inte att få en Fiat att prestera som en Porsche även om man underhåller den som en Porsche. Det man behöver göra är att modifiera anläggningen för att uppnå krävd funktion. Ett konkret exempel kan vara dålig sikt i en plankorsning, pga. en bergsskärning som skymmer sikten. Det går inte att uppnå krävd funktion genom underhåll, således måste anläggningen (eller kraven, tex. sänkt hastighet) modifieras för att uppnå krävd funktion. Inom systemets livscykelfaser åligger ansvaret för att modifiera anläggningen på planering och investering (se Figur 6.2.1).

#### 6.4. Underhållsprocessen

Användaren ska etablera processer för att säkerställa en konsistent applikation av underhåll och underhållsstöd både för planering och utförande. En generell beskrivning av underhållsprocessen ses i Figur 6.4.1. Varje organisation ska skraddarsy sina processer baserat på kundkrav och det kontext inom vilket underhåll och underhållsstöd ska appliceras.

Alla processfaser existerar inom Trafikverkets underhållsverksamhet, men ingår i andra processer. Detta gör att underhållsverksamheten bedrivs inom flera processer och att växlingen mellan olika processer kan vara utmanande. Dock finns tre av dessa processdelar till viss del utarbetade inom Trafikverket idag (Trafikverket, 2020). Underhållsförberedelse motsvaras av processen "Planera åtgärder på vägar och järnvägar". Underhållsutförande motsvaras av processen "Genomföra åtgärder på vägar och järnvägar". Underhållsbedömning motsvaras av processen "Samla in och bearbeta information om vägar och järnvägar".

Följande redogörelse syftar till att sätta dessa processdelar i ett holistiskt sammanhang inom vilket centrala begrepp, processdelarnas innehåll och inbördes förhållanden förklaras.



Figur 6.4.1. Underhållsprocessen enligt IEC 60300-3-14.

### 6.4.1. Underhållsledning

Ledningen av underhåll och underhållsstödaktiviteter består av:

- Utveckling och uppdatering av underhållspolicyn
- Sörja för finansiering av underhåll
- Koordinering och övervakning av underhåll

Underhållspolicy definierar det generella tillvägagångssättet för underhåll och underhållsstöd baserat på ägarnas, användarnas och kundernas mål. Det påverkar beslut på underhållaktiviteter och resurser under hela systemets livscykel. Organisationen ansvarig för underhåll och underhållsstöd ska etablera en underhållspolicy för att vägleda planering, utförande, utvärdering, analys och förbättring av underhåll och underhållsstöd. En konceptuell underhållspolicy ska definieras under konceptskedet och sen göras mer specifik under utvecklings och produktionsskedena (Figur 6.2.1). Ytterligare förändringar och förbättringar kan förekomma under drift och underhållsskedena så underhållspolicyn måste uppdateras kontinuerligt

Underhållspolicyn är utvecklad av ledningen ansvarig för underhåll och underhållsstöd, i förening med alla grupper involverade i underhåll. Den ska dokumenteras formellt och granskas och förnyas regelbundet. Adekvat finansiellt stöd ska upprättas, stött av budgetmetodik och finansiell rapportering. Ledningen ska designa organisationsstrukturer som möjliggör underhåll och underhållsstödsaktiviteter och som effektivt kan hantera grupper som förser underhållsresurser både internt och externt (exempel, Trafikverkets ledning skapar en organisationsstruktur som på ett effektivt sätt möjliggör underhållsarbetet både för den egna personalen och som effektivt kan samspela med externa entreprenörer).



#### 6.4.2. Planering av underhållssäkerhet

Syftet med underhåll och underhållsstödsplanering (underhållssäkerhet) är att etablera underhållskonceptet för enheter som behöver underhållas, att försörja nödvändiga underhållsresurser och att försäkra att krävd information insamlas vid underhåll. Denna del av underhållsprocessen är instrumentell för övriga delar av underhållsprocessen.

Underhållskonceptet är den specifika underhållstillvägagångssättet utvecklat för enheter användande underhållsnivåer (exempel position i underhållsorganisationen där planering och underhållsutförande sker; Jv-system, Uh-Distrikt, Entreprenör, Tekniker) detta i harmoni med systemnivåerna (nivå i det tekniska systemet eller anläggningshierarkin där underhåll utförs). Exempel Spårväxelbyten administreras av Jv-System, Större komponentbyten i växlar (taktiska åtgärder) kan administreras via underhållsdistrikt, operativa åtgärder byten av mindre enheter i spårväxeln sköts autonomt av underhållsentreprenören. Underhållskonceptet nyttjar underhållsresurser (e.g. människor, information, stödutrustning, reservdelar, faciliteter, finanser) inom underhållspolicyns ramverk och utförs av en underhållsnivå.

Definiera underhållssäkerhet. Planering av underhåll och underhållsstöd kan förekomma under utveckling, drift- och underhållsfaserna i livscykeln. För vissa enheter är denna planering uteslutande utförd före drift och underhållsfasen vartefter enbart förbättringsaktiviteter förekommer. I andra fall är slutanvändaren ansvarig för planering och utveckling av underhåll och underhållsstödet, vilket då utförs under de första skedena av drift & underhållsfasen. Detta förekommer ofta när hyllvara-produkter (COTS, commercial-off-the-shelf) enheter sätts ihop, konstrueras och installeras i ett större system såsom en järnväg, eller ett pappersbruk. Tillverkaren av hyllvara-produkterna specificerar normalt rekommenderade underhållsåtgärder och resurser. Dessa måste normalt granskas och anpassas för specifika situationer och förhållanden.

Användare kan kontakta en tredje part för ett långsiktigt serviceavtal för att tillhandahålla underhåll och underhållsstöd. Dessa avtal kan innefatta aspekter av underhåll och underhållsstöd såsom reservdelar eller försörjning av underhållstjänster, eller de kan innebära totalansvar för alla aspekter av underhåll och underhållsstöd med en prestanda och tillgänglighetsgaranti (exempel på detta kan vara funktionsentreprenad). Det är mycket viktigt med en tydlig definition av underhåll och underhållstöds mål och ansvar.

Identifiera underhållsåtgärder. Underhållsåtgärder är identifierade av en eller av en kombination av följande tillvägagångssätt.

- Anta tillverkarens rekommendationer
- Analyser av enheter genom ett strukturerat angreppssätt såsom tillförlitlighetsbaserat underhåll (RCM, Reliability Centred Maintenance) baserat på en felmodseffekts och kritikalitetsanalys (FMECA, Failure Mode Effect and Criticality Analysis)
- Förlita sig på faktisk erfarenhet beträffande enheten

Det är möjligt att enbart förlita sig på tillverkarens rekommendationer för underhåll men användare måste fastställa att det är lämpligt för deras operativa bruk. Tillverkaren har vanligtvis inte möjlighet att förutse faktorer såsom affärsrelaterade konsekvenser av fel, säkerhetsbeaktanden, lagar och förordningar, användningen av tillståndsövervakningstekniker, tillgången av resurser och unika miljömässiga förhållanden.

För tillfällen när tillverkarebaserade underhållsåtgärder inte är specificerade eller lämpliga och när enheter anses kritiska, bör en strukturerad RCM-analys utföras. RCM baseras på FMECA, vilken systematiskt identifierar de möjliga felmoderna (möjliga sätt som en enhet förlorar sin funktion), frekvensen av förekomst, de möjliga effekterna av varje fel, och kritikaliteten av varje effekt på, tillgängligheten, funktionssäkerheten, säkerheten eller andra signifikanta utfall.

Där olika typer av underhållsåtgärder är möjliga (till exempel, tillståndsövervakning, periodiska utbyten), måste avvägningar mellan faktorer såsom tillgänglighet, tider tillgängliga för underhåll och kostnader beaktas och utvärderas.

Analysera underhållsåtgärder. Analys av underhållsåtgärder fastställer specifik information och resurser för varje enhet som kräver underhåll, detta inkluderar följande:

- Beskrivning av underhållsuppgiften på en nödvändig detaljnivå för en skicklig underhållsperson
- Frekvensen hos uppgiften baserat på relevanta mått såsom tid, operativ tid, antal cykler eller avstånd
- Antal personal, skicklighetsnivå och tid krävd för att utföra åtgärden
- Underhållsprocedurer för demontering och återmontering
- Säkerhetsrutiner att följa
- Procedurer för hantering, transport och avyttring av farliga materiel
- Speciella verktyg, testutrustningar och stödutrustning som krävs
- Reservdelar, materiel och förbrukningsvaror som ska användas eller bytas
- Observationer och mått som ska göras
- Slutkontrollprocedurer för att verifiera vederbörlig funktion och lyckad avslutning av underhållsåtgärden

Resurser för underhåll. När man definierar det detaljerade underhållskonceptet, är det nödvändigt att avgöra vid vilken underhållsnivå enheter ska repareras eller bytas. Enheter kan underhållas på plats, vid en lokal verkstad eller hos en extern reparationsinrättning. Målet är att definiera lämpliga underhållsnivåer och systemnivåer för att minimera kostnader, och inskränkningar på tillgänglighet.

En LORA (Level Of Repair Analysis) kan utföras för att fastställa den optimala underhållsnivån. Följande information förser analysen med input:

Enhetens operativa data, mängd och plats  
Möjliga reparationsalternativ  
Kostnadsfaktorer  
Reparationspersonal och resurser  
Enhetens funktionssäkerhets- och underhållsmässighetsdata  
Omloppstid och transporttid till och från verkstad

Baserat på LORA analysen är det möjligt att fastställa underhållskonceptet för varje enhet. Följande beslut kan då också fattas:

- Om underhållspersonal ska förses via organisationen eller om de ska införskaffas via externa källor
- Vem som förser reservdelar, materiel och förbrukningsvaror (tillexempel egen reservdelshantering eller extern försörjning)
- Vart speciella verktyg, transportmedel, lyftar, test och stödutrustning ska förvaras
- Tillståndsövervakningsutrustning och mjukvara som ska införskaffas
- Infrastruktur som behöver förses för att implementera underhållspolicy

#### 6.4.3. Underhållsförberedelse

Planering för specifika underhållsåtgärder behöver göras med tillräcklig ledtid för att planera och förse de nödvändiga resurserna. Detta inkluderar:

- Identifiera och utse personal
- Införskaffa materiel och reservdelar från externa källor eller lager
- Tillse att verktyg, transportmedel, lyftutrustning och stödutrustning är tillgänglig
- Förbereda krävda drift, underhålls, säkerhets och miljö procedurer och arbetsplaner
- Identifiera och boka externa resurser
- Identifiera kommunikationsresurser
- Förse nödvändig utbildning

Planerade aktiviteter är schemalagda, baserat på ett prioriteringssystem, för att försäkra att de mest brådskande och viktiga åtgärderna utförs först och att resurser är effektivt nyttjade.

#### 6.4.4. Underhållsutförande

Underhållsåtgärder ska utföras med vederbörlig omsorg och uppmärksamhet på de tekniska aspekterna av isolering, demontering, rengöring, reparation, renovering, utbyten, återmontering och testning av utrustning och komponenter. Speciella säkerhets- och miljöprocedurer såsom avyttrande av farliga materiel och förbrukningsprodukter måste följas i enlighet med specifikation. Information ska registreras med avseende på gjorda observationer, avläsningar och krävda mätningar, utförda åtgärder och använda resurser.

Förebyggande underhåll kan bestå av följande:

- Insamling av teknisk data och åtgärdsbeskrivning
- Införskaffning av reservdelar, verktyg och stödutrustning
- Resa till arbetsplatsen
- Förberedande av arbetsplatsen såsom nedstängning av utrustning, isolering och låsningsprocedurer
- Aktiv underhållstid
- Observationer och mätningar

- Testning och slutkontroll
- Rensa arbetsplatsen
- Registrera nödvändig information

Underhållsutförande innefattar även besiktningens verksamhet såsom säkerhetsbesiktning och underhållsbesiktning etc.

Avhjälpan underhåll innebär samma steg som de för förebyggande underhåll, men inkluderar även den ytterligare uppgiften att identifiera felet för att kunna lokalisera och fastställa typen av fel och de nödvändiga renoveringsåtgärder eller utbyten av komponenter som behöver göras. I händelse av ett stort fel, måste orsaken utredas och bevis måste insamlas före reparation.

Certifiering av underhållsåtgärder kan måste utföras om specificerat av förordningar, kontrakt eller företagskrav.

#### 6.4.5. Underhållsbedömning

Bedömning av förebyggande och avhjälpan underhållsåtgärder kan utföras antingen varje gång som underhåll utförs (såsom efter ett stort fel) eller på periodisk basis för att skatta övergripande prestanda, till exempel för en typ av utrustning för en viss tidsperiod.

Organisationen ska etablera och använda en standardiserad och repeterbar metod för att samla in och analysera data och tolka resultat, vilket kan vara baserat på bolags eller industrifaktorer. Resultatet ska användas för att stödja och rättfärdiga förbättringar. Ett datoriserat CMMS (Computerised Maintenance Management System) kan måste tillämpas för att möjliggöra denna process genom hantering av data och analys av resultat. Exempel på detta inom Trafikverket är; 'ofelia' felrapporteringssystem, 'Bessy' besiktningssystem.

För förebyggande underhåll ska granskningen täcka in effektiviteten hos underhållet, tekniska aspekter av underhållsåtgärder, tillräcklighet av resurser och operativa, säkerhets och miljömässiga procedurer.

För avhjälpan underhåll bör stora fel utredas till fullo för att identifiera förebyggande och avhjälpan åtgärder, för stora och kostsamma fel bör dessa utredningar inkludera RCA (Root Cause Analysis) analys.

Bedömning av underhållsprestanda kan relateras till kundresultat (eg. punktlighet, komfort) eller så kan det associeras direkt med underhållseffektiviteten (arbetet utfördes inom föreskriven tid samt till adekvat kvalitet). Båda typer av mått är viktiga för att bedöma effektiviteten av underhållet och underhållsstödsaktiviteterna.

Effektiviteten hos underhållet och underhållstödet sett från kundens synvinkel mäts genom tillgänglighetsprestanda, vilket också inkluderar funktionssäkerhets och underhållsmässighets aspekter. Kund-relaterade prestanda faktorer kan beskrivas i följande termer.

Produktionskapacitet;

Tillgänglighet hos utrustning eller produktion (exempel, punktlighet);

nertid eller driftstörningar (exempel, förseningar, tågstörande fel);  
Operativa kostnader;

Syftet med underhållsrelaterade mätningar är att mäta effektiviteten av underhåll och underhållstöd. Mått relaterade till specifik utrustning eller grupper av likvärdig utrustning kan inkludera.

- Tillgänglighet, funktionssäkerhet och underhållsmässighet
- Nertid eller driftstörningstid,
- Medeltid mellan fel (MTBF),
- Medelreparationstid (MRT),
- Tid till fel

#### 6.4.6. Underhållsförbättring

Förbättringar av underhåll och underhållsstödsaktiviteter är åstadkommet med hjälp av ledningens stöd, effektiva processer och kommunikation. Förbättringar av underhåll och underhållstöd kan åstadkommas genom förändringar av:

- Underhållskoncept
- Systemnivå
- Underhållsprocedurer
- Förmåga och utbildning av underhåll och driftspersonal
- Reservdelar och stödutrustning
- Användningen av externa resurser
- Operativa procedurer och villkor
- Säkerhets och miljöprocedurer
- Utrustning och systemdesign
- Underhållsmässigheten hos enheter

En valideringsprocess kan behövas för att försäkra att lämpliga avhjälpande och förebyggande åtgärder har vidtagits och att förbättringar har åstadkommit.

Modifiering av utrustning, ska oavsett om det är för att förbättra funktionssäkerheten eller underhållsmässigheten resultera i en om-validering av underhåll och underhållstöd. Detta kan resultera i förändringar i underhållskoncept, resurser, utbildning och associerad dokumentation. En modifiering kan komma att kräva försörjning av nya materiel och reservdelar.



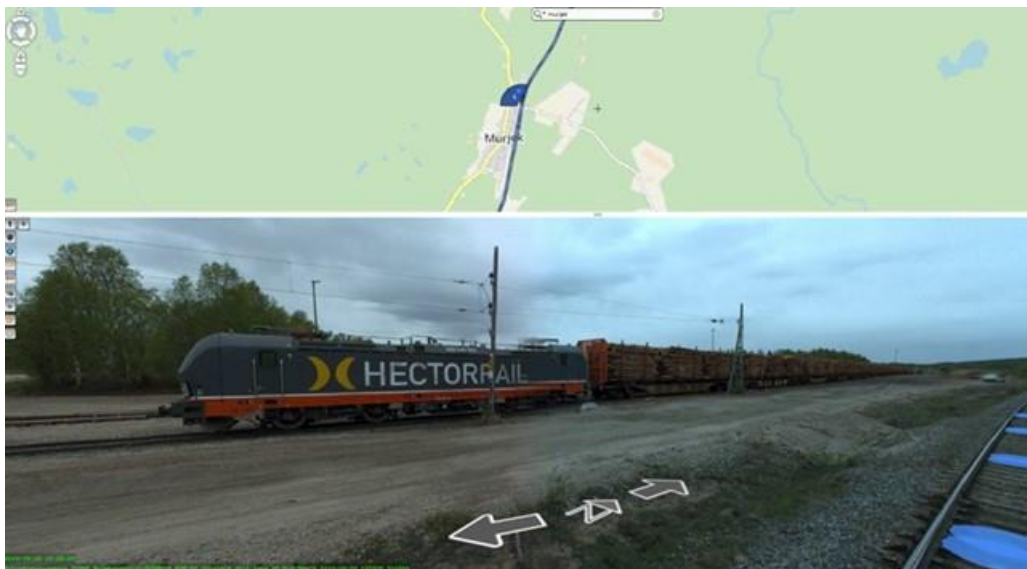
## 7. Tillämpningar Av Rail View, Sky View och Maintenance Go

Nedan följer en redogörelse för identifierade tillämpningar. I huvudsak så är tillämpningar inordnade i underhållsprocessen, och i viss utsträckning i strukturen för Drift underhåll och modifiering.

### 7.1. Drift underhåll och modifiering tillämpningar

#### 7.1.1. Rail View

För att illustrera tillämpbarheten i Rail View verktyget för drift, underhåll och modifiering, så utgår första exemplet på tillämpning från fallstudie avseende förändring av timmerterminal i Murjek. I Murjek finns en timmerterminal som SCA äger och som trafikeras av Hector Rail. Figur 7.1.1 visar ett lastat timmertåg i Murjek.



Figur 7.1.1. Lastat tåg i Murjek, bild från Rail View

SCA ser en möjlighet i att kunna tjäna pengar genom att bygga längre tåg. I detta fall ser man potentialen att ersätta 3 stycken tåg per dag med 2 stycken längre tåg per dag. För att åstadkomma detta så behöver SCA:s lastyta utökas.

SCA har till Trafikverket inkommit med ett önskemål om samråd för att finna en lösning på detta. I och med att behovet av åtgärd inkommit från en externa part (utanför Trafikverket) så är Planering första samrådsinstans på Trafikverket. Planering undersökte förutsättningarna för detta med hjälp av Underhållsdistrikt Nord. Detta ledde till att berörda intressenter kallades till samråd via Skype där Google Earth och Rail View användes som underlag för samråd. Kallade till mötet var representanter för CSA, Hector-Rail, Underhållsdistrikt Nord, Planering och Järnvägssystem.

En översiktlig studie av området, ger vid handen att en förlängning av terminalspåret blir både komplicerad och dyr. Detta då bakänden av spåret angränsar till ett vattendrag. Åtgärden skulle därmed medföra omfattande vattenverksamhet i och med att vattendrag måste korsas av både spår och hårdgjord yta som behövs för att kunna lasta timmer på vagnar. I Figur 7.1.2 ses terminalområdet i Murjek inklusive vattendrag markerat i blått.



Figur 7.1.2. Terminalområde i Murjek, bild från Google Earth, blå linje markerar vattendrag, gul linje indikerar nytt område som SCA önskar disponera för lastning av vagnar.

I Figur 7.1.3 ses det vattendrag som idag angränsar till terminalområdet, bilden är hämtad från Rail View.



Figur 7.1.3. Bild från Rail View, vattendrag som angränsar till terminalområde i Murjek.

Givet dessa förutsättningar undersöktes möjligheten att förlänga lastytan åt andra hållet in mot Murjeks driftplats, se gulmarkering i Figur 7.1.2. Detta skulle motsvara en förlängning av lastområdet från 324 meter till ca 480 meter, vilket skulle ge en total tåglängd på 500 meter. Rail View användes vid samrådet för att ge mötesdeltagarna motsvarande perspektiv som intressenterna kan få vid ett fysiskt fältbesök. I och med att mötet hölls i början av vintern, (snötäcke anläggningen och närområdet) så erbjöd Rail View i detta fall deltagarna en bättre bild av hur anläggningen ser ut än vad som skulle kunnat åstadkommas vid ett fysiskt fältbesök. Tyvärr så var inte SCA:s anläggning fotograferad och inmätt på samma sätt som Trafikverkets, därmed så kan man inte komma lika nära objekten, men underlaget var trots

detta fullt tillräckligt för att genomföra samråd. Figur 7.1.4 (vänstra bilden) visar spårspärrarna in mot SCA:s terminalspår, högra bilden visar en mätning av tillgänglig lastyta i närhet av spåret (ca 13 meter).



Figur 7.1.4. Spårspärrar vid infart till timmerterminal i Murjek, mätning av tillgänglig lastyta i anslutning till spår (ca 13 meter).

Med hjälp av Rail View så kunde vi förhållandevis enkelt mäta in objekt och inbördes avstånd mellan objekt i anläggningen. Figur 7.1.5 visar avståndet mellan vägövergång och kontaktledningsstolpe, mätningen säger 40 meter och det överensstämmer väl med motsvarande mätning som gjorts i fält.



Figur 7.1.5 Vägövergång i Murjek, avstånd mellan väg och kontaktledningsstolpe.

Det slutgiltiga förslaget som lades fram var att vagnar lastas på båda sidor om vägen i Figur 7.1.2. När lastningen är klar, stängs vägen av och hela tågsättet kopplas ihop. För att åstadkomma motsvarande lösning så krävs det en el och signalmässig modifiering av anläggningen.

Exemplet i denna fallstudie är relevant för att illustrera hur motsvarande underlag kan användas stödja beslutsfattande ang. förändring av drift, underhåll och modifiering av anläggningen. I detta fall kräver en förändrad drift från 3 till 2 tåg per dag en modifiering av anläggningen. Deltagarna från Hector Rail och SCA tyckte att Rail View var ett mycket bra verktyg för dem för att få en bild över hur anläggningen ser ut, är beskaffad. De ansåg också att det vore värdefullt för dem om de kunde få sin anläggning in-scannad och fotograferad på samma sätt som Trafikverket. De vill kunna se sin egen anläggning men även angränsande anläggningar exempelvis Trafikverkets. En annan tillämpning som dessa externa parter också såg är möjligheten att få en uppfattning om skicket på anläggningen,



samt i det fall mätningar upprepas regelbundet kunna följa degraderingen av anläggningen samt få en kvittens på utfört arbete som entreprenörerna utför i anläggningarna. Detta är en relevant återkoppling och bör vara någonting som Trafikverket bör ha i beaktande ifall man avser köpa in motsvarande tjänster i framtiden. Att externa parter kan få möjlighet att få sin anläggning inmätt i samband med inmätning av Trafikverkets.

Det samråd som skedde via Skype med hjälp av Google –Earth och Rail View genomfördes på ca en timma. Motsvarande fältbesök skulle ta ca 8 timmar att genomföra. Bilresa Luleå – Murjek - Luleå är ca 30 mil. Parternas sammantagna arbetskostnad (5 personer, 650kr/person) för ett motsvarande fältbesök är ca 24.000 kr (exklusive resekostnad). I detta fall så uppgår parternas sammantagna kostnad för mötet till ca 3000 kr. Till detta bör tilläggas att övriga 7 timmar kan ägnas åt annat ”produktivt” arbete, vilket sammantaget motsvarar 35 timmar för mötesdeltagarna.

### 7.1.2. Sky View

Under november 2019 så fick vi en möjlighet att testa den praktiska tillämpbarheten hos Sky View. I detta fall användes verktyget för att stödja pågående projekt avseende snöskydd- och lavinvarningsanläggning mellan Abisko och Björkliden. Arbetet som leds av Investering, innefattar också markförhandling. I Figur 7.1.2.1 ses undersökningsområdet

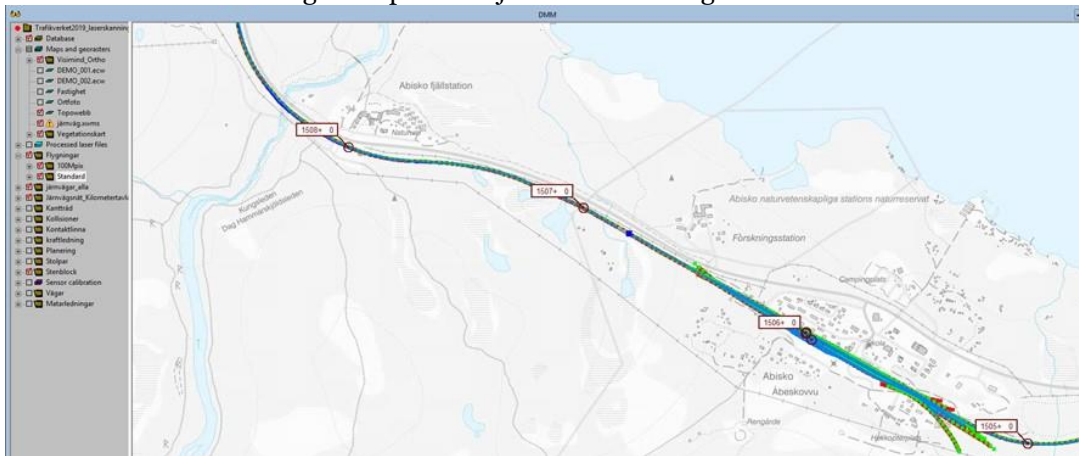


Figur 7.1.2.1. Undersökningsområde för snöskydd och lavinvarningsanläggningar

Syftet med arbetet var att bygga skydd för laviner samt utreda placering av lavinvarnare. Det är ur arbetsmiljösynpunkt bra om lavinvarnare inte behöver byggas långt ut i terrängen då terrängen i många avseenden är mycket kuperad och brant.

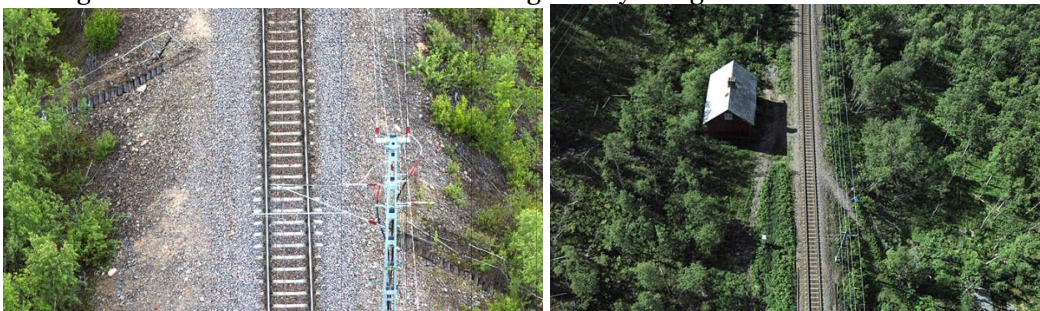
I detta fall var man intresserad av att få en överblick över hur terrängen ser ut längs med järnvägen, ex. om det finns stugor och byggnader intill eller om terrängen är så kuperad att det behövs ny mark för ändamålet. Vandringsleder i området var också viktiga att kartlägga då skydd och barriärer kan påverka det rörliga friluftslivet i området.

I och med att Sky View i dagens utförande erbjuder en km referens för positionering i terrängen så är det förhållandevis enkelt att kontinuerligt fastställa var identifierade objekt är. Ett önskemål är att förfinas ytterligare så att man genom att klicka på objekt i bilder kan få en exakt km+m angivelse på var objekten befinner sig.



Figur 7.1.2.2. Exempel på kartvy från Sky View. I bilden ses tydligt kilometerpositioner.

I Figur 7.1.2.3 ses ett exempel på övergångar, samt bebyggelse i anslutning till järnvägen. Viktigt att notera är att alla övergångar och leder över järnvägen inte behöver vara sanktionerade av Trafikverket. Ibland kan kreativa aktörer kring järnvägen bygga egna lösningar för att underlätta olika former av egenförflyttning.



Figur 7.1.2.3. Exempel på övergång mellan Abisko och Björkliden.

I de fall det finns sanktionerade övergångar så kan dessa tydligt identifieras, se Figur 7.1.2.4 (vänstra bilden). Även områden där skredvarning idag är installerad identifierades, se Figur 7.1.2.4 (högra bilden).



Figur 7.1.2.4. Markeringar för rörligt friluftsliv (vänstra bilden). Högra bilden översikt av signalering för skredvarning.

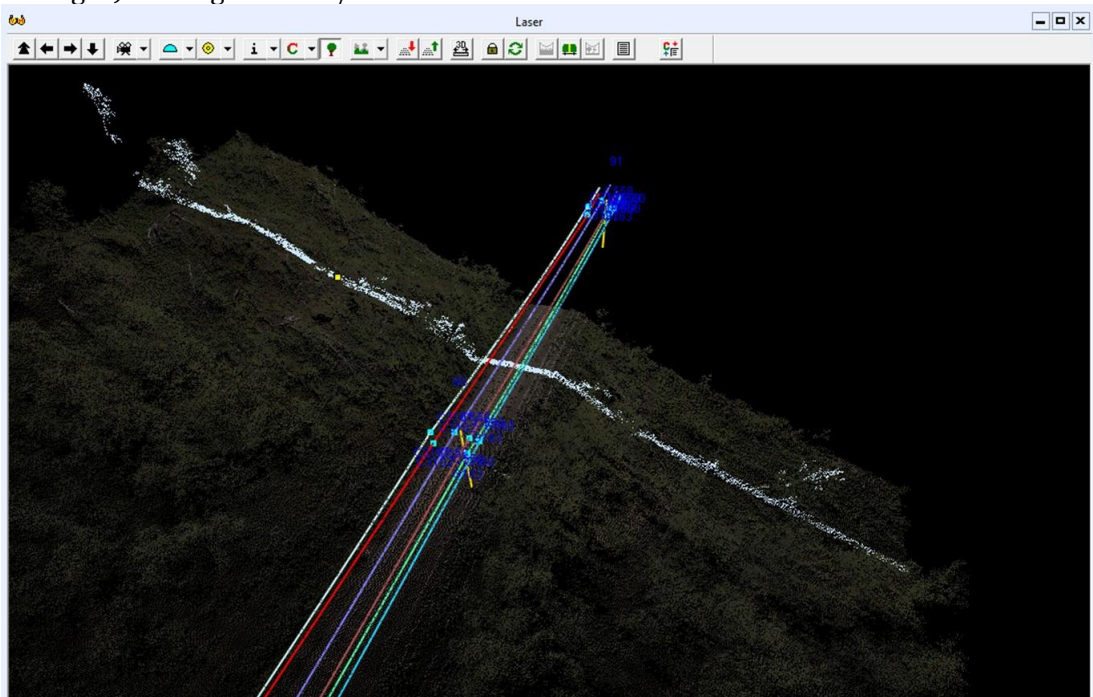
Figur 7.1.2.5 är en översiktsbild över ett område där lavin/skred dragit fram, högra bilden visar en översikt av angränsande anläggningar till järnvägen.





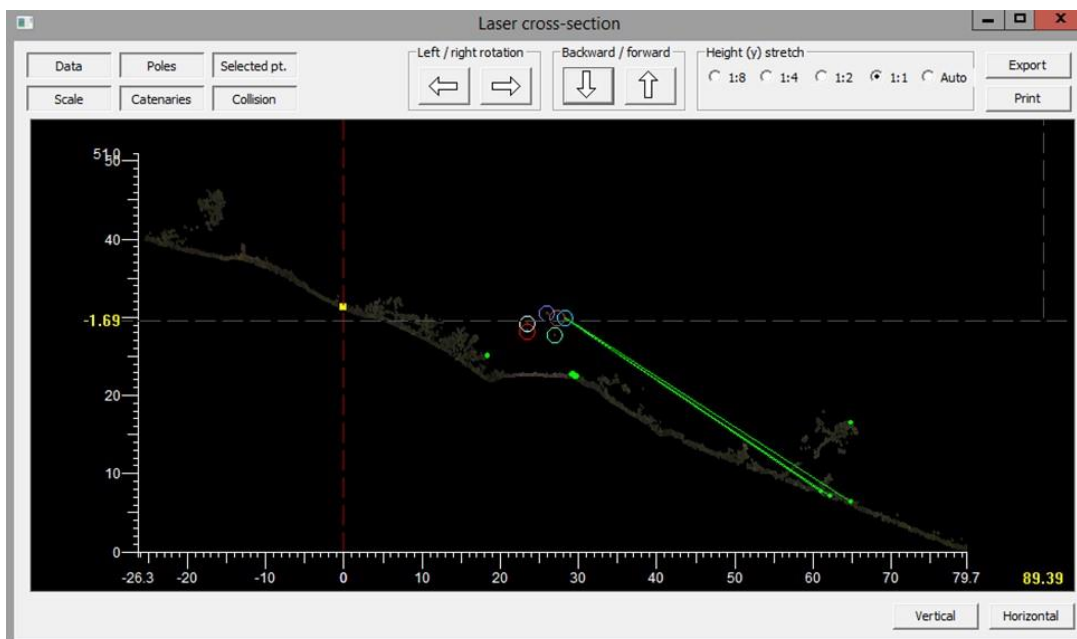
Figur 7.1.2.5. Exempel på lavinområde, i bilden ses tydligt hur träden har lagt sig. Högra bilden översikt över angränsande anläggningar.

Laserdata från Sky View är i detta läge mycket användbart för att få en uppfattning om lutningsförhållanden kring järnvägen. Figur 7.1.2.6 illustrerar ett laserpunktsmoln över aktuellt lavinområde. Vita linjen i figuren är en markering av var användaren valt att förlägga en tvärsektion. Notera också i bilden att ID-märkning för kontaktledningsstolpar ses markerat i blått. Detta är ett exempel på anläggningsregistrets representation (digitala tvillingen) i det digitala bild-/laser-materialet.



Figur 7.1.2.6. Lasermoln över aktuellt lavinområde, vit markering visar av användaren vald position på tvärsektion.

Figur 7.1.2.7 visar tvärsektionen för aktuellt område, i bilden kan man på ett tydligt sätt skapa sig en uppfattning om aktuella lutningsförhållanden i området.



Figur 7.1.2.7. Lutningsförhållande i lavinområde, tvärsektion.

Återkoppling från undersökningen av området med hjälp av Sky View visade att det gick bra att undersöka området och terrängens egenskaper. Det gick att finna stigar över spår, bebyggelse och stängsel. Det går också utmärkt att se var laviner gått fram. Citat; "Materialet från Sky View är mycket bättre än det material som går att uppbringa från Googles-, Eniros-, Favys tjänster, eller från mätvagnens filmning av infrastrukturen". I och med att Sky View erbjuder användaren en möjlighet att "flyga" över området (som SVT:s "På spåret", fast 80 m ovanför...), så kan ett stort område på kort tid inventeras. För ändamålet så erbjuder Sky View en betydligt bättre översikt än vad som kan åstadkommas via fältbesök då en betydligt större areal kan undersökas. I och med Sky Views bestyckning med kameror för alltifrån vidvinkel till 100 Megapixelkamera så kan i stort sett alla objekt undersökas med tillfredställande upplösning. Genomflygningen tog ca en timma. Med begränsat resultat avseende terrängens beskaffenhet skulle motsvarande inventering, i fält sannolikt ta ca en vecka att genomföra.

### 7.1.3. Sky View och projektering

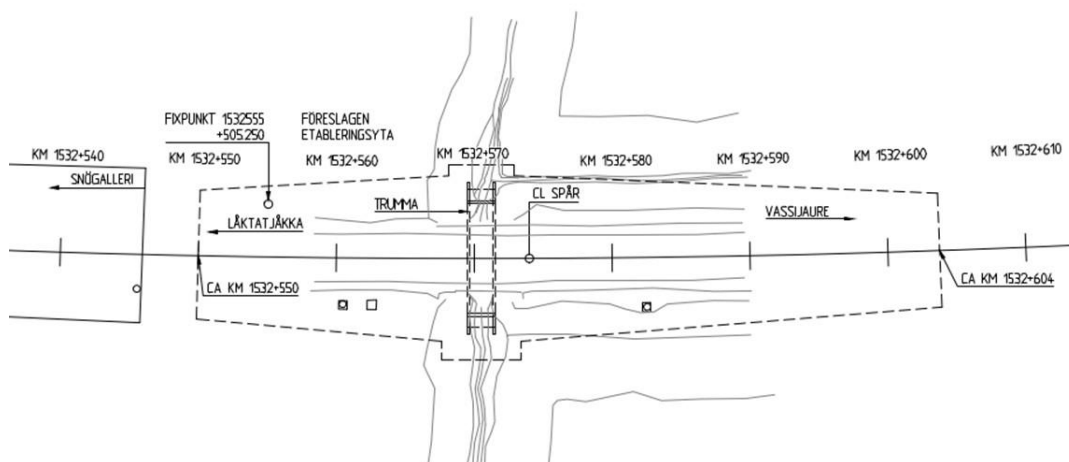
Investering, byte brobanepatta bäck. Detta case bygger på erfarenheter från ett investeringsprojekt på Malmbanan. Underlaget är inhämtade vid en intervju med en programansvarig hos Trafikverket. Syftet med caset är att beskriva hur vi traditionellt arbetat, samt illustrera hur vi med hjälp av den digitala tekniken, i framtiden, kan jobba effektivare, göra rätt saker, göra saker på rätt sätt.

Konsult anlätades för projekteringsuppdraget. I samband med platsbesök togs en del foton, inmätning genomfördes. Det finns en fixpunkt, men inget stomnät, så inmätning skedde genom att anlägga ett så kallat "lokálnät" då kostnaden för att anlägga stomnät blir alldeles för kostsam. Utbredningen av inmätningen var ganska begränsad av kostnadsskäl. Utöver inmätningen har projekterande konsult haft tillgång till fotografier samt Google Maps.

Omfattningen av inmätningen inrättades i 2D ritningar, inklusive höjdkurvor. Figur 7.1.3.1 är ett urklipp från aktuellt ritningsunderlag. Notera text som säger "föreslagen



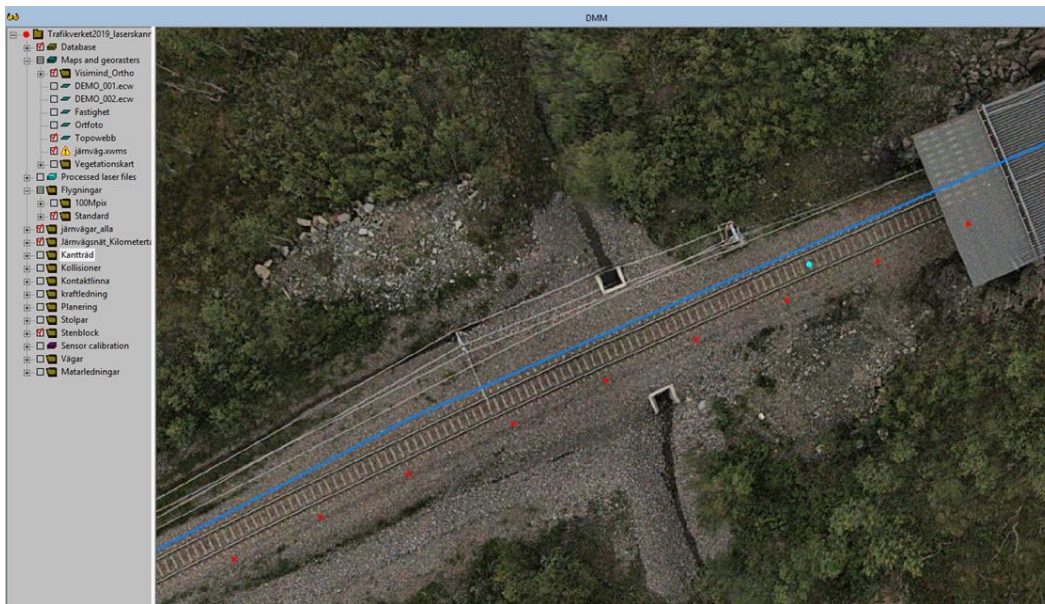
etableringsyta”. Exakt vilket område som avses för den föreslagna ytan framgår inte, men om det skulle vara där texten står så kan det konstateras att den är utanför det område som är inmätt.



Figur 7.1.3.1. 2D ritning av arbetsområde.

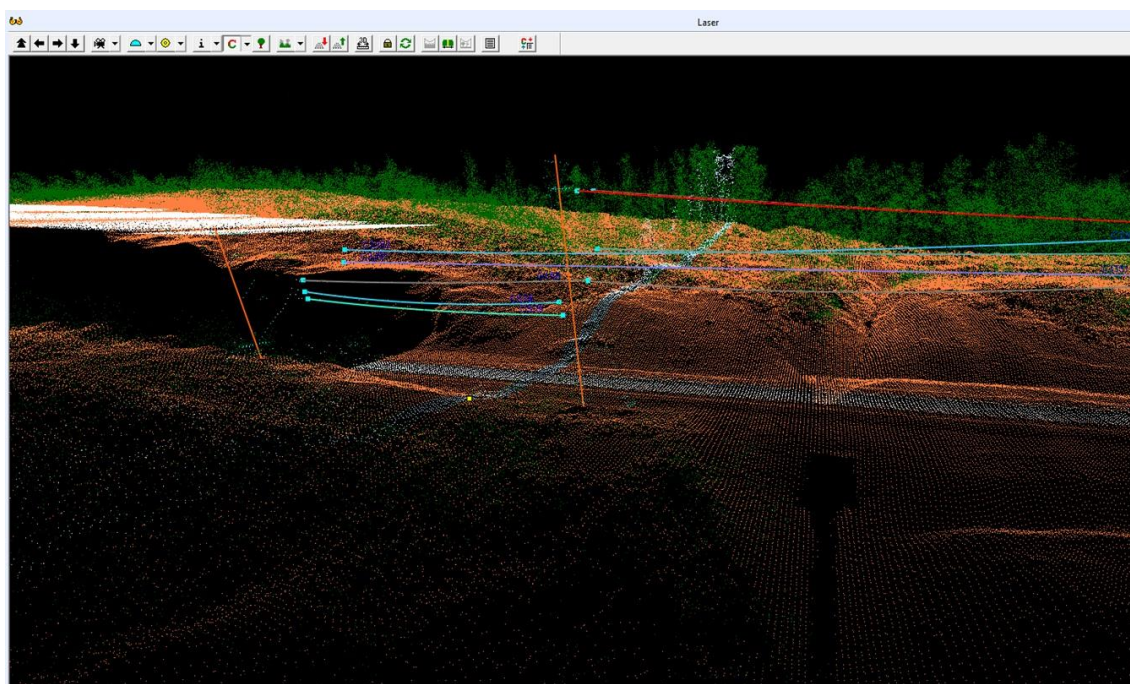
Entreprenören utgick från att arbetsområdet skulle kunna användas för etablering av maskiner, material etc. Tyvärr så gick inte detta på grund av att terrängens lutning. Entreprenören som lämnade anbud ansåg att Trafikverket inkommit med felaktiga uppgifter avseende etableringsytan som man dessutom ansåg Trafikverket ersättningskyldiga till. Totalt yrkade Entreprenören på ett ersättningsbelopp om 4,2 mkr som så småningom hamnade i Tingsrätten. (Resultatet blev 500 tkr efter förlikning) Av ersättningskraven från entreprenören handlar samtliga om tolkning av förfrågningsunderlagets utformning och skrivningar.

Motsvarande arbetsområde går att undersöka i Sky View. I Figur 7.1.3.2 ses en bild tagen direkt ovanför arbetsområdet, bilden illustrerar hur anläggningen ser ut idag, efter utförd åtgärd. I bilden är det inte lätt att få en uppfattning om terrängens beskaffenhet.



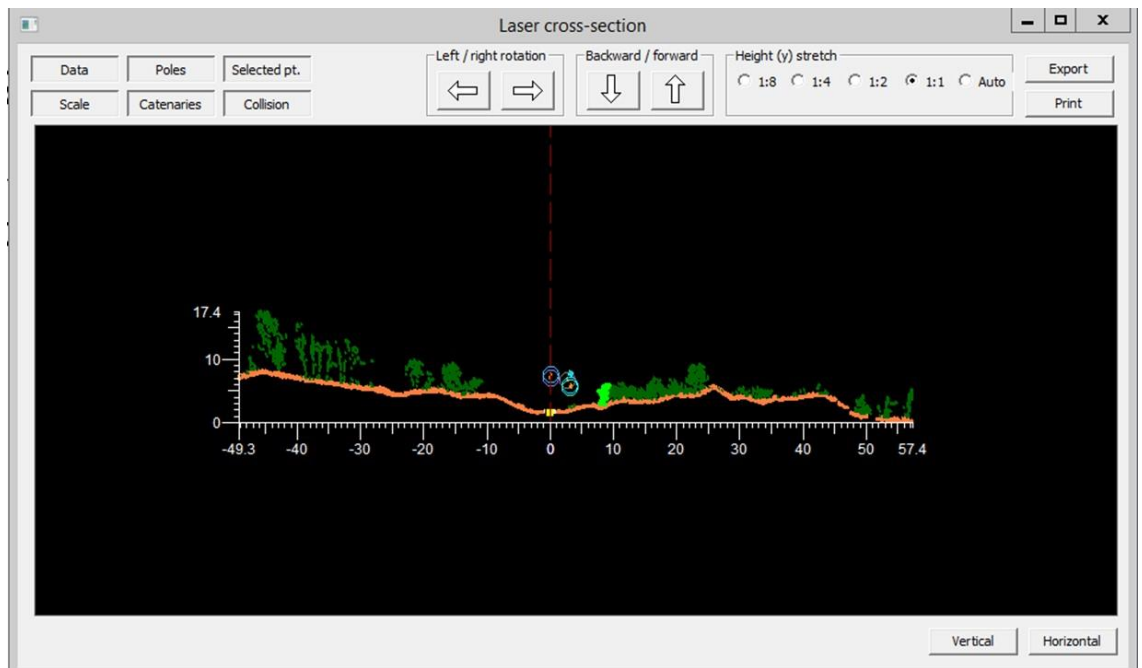
Figur 7.1.3.2. Överblick av arbetsområde.

Figur 7.1.3.3 visar 3D modell över samma arbetsområde, i denna bild är det mycket lättare att få en uppfattning om terrängens beskaffenhet och lutningsförhållanden i området. Notera vit linje som illustrerar vart användaren valt att förlägga en tvärsektion.



Figur 7.1.3.3. 3D vy över arbetsområde, vit linje indikerar markerad tvärsektion.

I Figur 7.1.3.4 ses aktuell tvärsektion för området. Med hjälp av motsvarande underlag kan man med lätthet kunnat se att tänkt etableringsyta inte är lämpad för ändamålet.



Figur 7.1.3.4. Tvärsektion av område markerat i Figur 7.1.3.3.

Det man sammanfattningsvis kan konstatera är att om projektören haft tillgång till det skannade och flygfotograferade området hade leveransprodukten, förfrågningsunderlag kostat mindre samt hållit en betydligt högre kvalitet, helt enkelt därför att den hade haft ett betydligt bättre underlag att utgå ifrån.

Entreprenören hade getts en bättre förutsättning att lämna anbud. I det redovisade exemplet fanns skrivningar som entreprenören på grund av bristande kompetens tolkade felaktigt. Alla dessa feltolkningar hade kunnat undvikas om ovan redovisat material, högupplösta bilder och 3D-modell (skannade lasermaterialet) hade bifogats förfrågningsunderlaget.

Skillnaden är alltså att i en 2D ritning måste informationen tolkas, medan det skannade 3D underlaget visar de faktiska förhållandena. 1800-tals teknik vs. 2020-tals teknik.

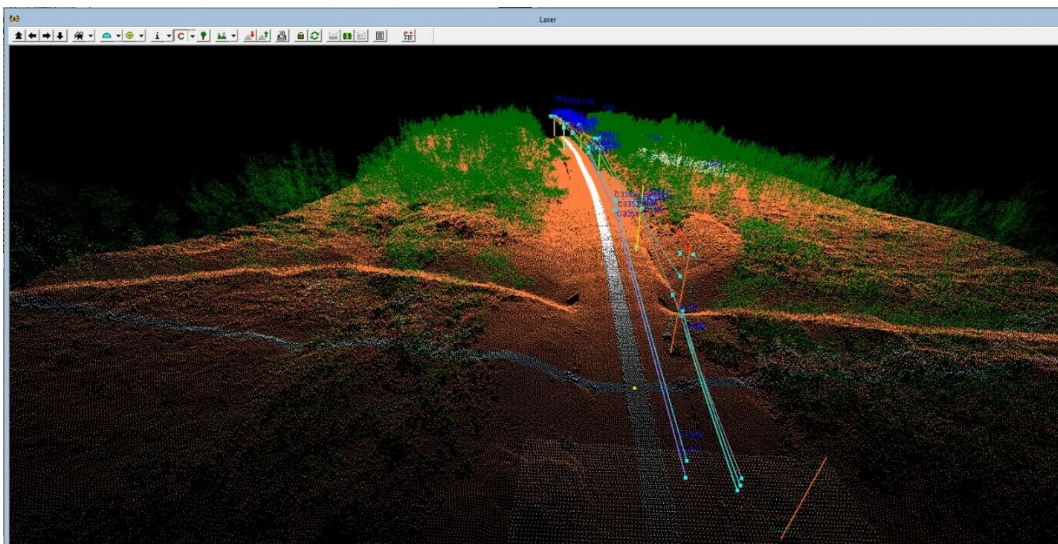
För detta relativt lilla projekt har inmätning samt kostnad för hantering av konsekvenser kopplat till produkten av det inmätta resultatet landat på ca: 1mkr.(uppskattat) En kostnad som skulle uteblivit om projektet istället haft tillgång till skanning och högupplöst digitalfoto. Den mesta inmätning som görs sparas inte som förvaltningsdata, inmätningarna är färskvara som måste göras om för varje enskilt projekt. Som räkneexempel innebär det att Investeringsprojekt lägger ner mer eller lika mycket pengar per år i inmätningar i projekten som vad hela skanningsuppdraget för Malmbanan kostar. Men med den stora skillnaden att helikopter-skanningen ger ett otroligt mycket bättre underlag.

Vidare så kan materialet stödja modifierings-projekt på många olika sätt, exempel: Initiala kostnadsberäkningar, volymberäkning för masshantering (schakt/fyll), beräkning av vegetationsavtäckning, identifiering av objekt som måste skyddas, tjäna som underlag för



dialog (markägare, samebyar...), miljöaspekter (skydda vattendrag, miljövärden, bygga vallar...). Framför allt så kan underlaget i många avseenden användas som underlag för projektering. Inmätning med helikopter och den upplösning som medges kan vara fördelaktig jämfört med nu tillämpad inmätning. I och med att inmätningen täcker ca 50 meter åt vardera håll så får man en utomordentlig 3D inmätning av anläggningen och dess närområde. Motsvarande inmätningar bör kunna ersätta många av de projektspecifika inmätningar som görs idag. För att i projekterings syfte kunna exploatera denna teknik fullt ut så kommer det krävas en validering av mätningarnas precision, och eventuell reformering av nuvarande TDOK som endast godkänner inmätning med totalstation.

I Figur 7.1.3.5 ses en annan vy över samma arbetsområde, notera att kontaktledningsstolparna har ett unikt ID, nummer. I samma bild ses också att olika ledningar är markerade med färg givet sin placering och funktion. Med motsvarande information kan man integrera data från anläggningsregistret in i det projekteringsbara underlaget. På detta sätt kan projektören förutom att få reda på vad det är för objekt som befinner sig i närområdet också få reda på vilka unika objekt det är, vilka funktioner de har, samt vart de är placerade. Motsvarande underlag bör kunna användas för att förbättra och effektivisera bygghandlingsprocessen och således även genomförandet av fysiska åtgärder.



Figur 7.1.3.5. Vy över arbetsområde med integrerat anläggningsdata. I detta fall ID-nummer på stolpar samt identifiering av ledningar givet placering och funktion.

## 7.2. Underhållsprocessen

I detta avsnitt följer redogörelser för tillämpningar inom standardiserad underhållsprocess.

### 7.2.1. Underhållsledning

Denna rapport visar att det finns tillämpningar för Rail View och Sky View inom flera olika enheter inom Trafikverket; Exempelvis, Planering, Investering, Järnvägssystem, Underhållsdistrikt och underhållsentreprenörer. Tillämpningar kan stödja arbetet med att modifiera anläggningarna, förändra driften i anläggningarna samt stödja underhåll och förbättring av underhållssäkerheten. En annan tillämpning är att materialet kan användas av samma enheter för att tjäna som underlag för gemensam planering av åtgärder. Där det samlade behovet av åtgärder i anläggningen (underhåll, modifieringar, drift) kan samordnas och paketeras på ett effektivare och mer kostnadseffektivt sätt än sätt än vad som görs idag.

Lösamheten hos satsningar på motsvarande tekniker kommer bland annat att bero på i vilken utsträckning olika intressenter kan få sina behov tillgodosedda, och i vilken utsträckning dessa intressenters behov går att tillfredsställa på samma plattform. Med en förståelse om organisationens gemensamma behov kan vi sannolikt minimera risken för sub-optimering där enskilda enheter utvecklar egna tillämpningar/systemlösningar för att stödja deras individuella behov. Snarare än att man tillsammans utvecklar lösningar som på bästa sätt är utformade för att stödja tillgångsförvaltningen, och således organisationens behov.

För underhållsledning är det således vetskapen om potentialen i tillämpningar för organisationen som bör vara vägledande för beslut angående samverkan mellan enheter och beslut om fortsatt forskning/utvecklings-arbete för motsvarande teknik.

På en övergripande nivå kan underhållsledningen också konkret använda sig av materialet för att kontrollera att beslutade åtgärder blivit genomförda, samt i viss utsträckning bedöma kvalitet på utfört arbete.

## 7.2.2. Planering av underhållssäkerhet

### Underhållskoncept

Enheter ansvariga för underhållskonceptet är exempelvis Teknik och miljö som äger regelverken vilka vi utför underhåll i enlighet med, och järnvägssystem som ansvarar för att underhållsprogram och innehåll i regelverk är tillämpliga för att säkerställa krävd funktion och övergripande ekonomisk effektivitet i de åtgärder som vidtas för att vidmakthålla krävd funktion.

Applikationer av Sky View eller Rail View kan stödja trafikverket i arbetet med att samla in krävd information för att säkerställa att underhåll utförs i enlighet med underhållskoncept (mer om det under underhållsbedömning). Eller i förlängningen stödja beslutsfattande angående förbättringar av underhållsprogram eller underhållskoncept (mer om det under underhållsförbättring).

### Anläggningsdata

Underhåll är starkt beroende av att anläggningsdata är korrekt och uppdaterat. Anläggningsdata ligger till grund för Trafikverkets säkerhetsstyrning, och är en förutsättning för en effektiv tillgångsförvaltning. Exempel på viktiga tillämpningar:

1. Indata till systemet besiktningssplan. I besiktningssplan så kan Trafikverket projektledare och underhållingenjörer följa att entreprenören, i enlighet med regelverk, besiktat anläggningar och objekt, exempelvis enskilda spårväxlar. Detta med avseende på typ av besiktning (säkerhetsbesiktning eller underhållsbesiktning), att besiktningen blivit utförd rätt antal gånger, att besiktningen är utförd vid rätt tidpunkt samt att alla enheter som ska besiktas har blivit besiktade. Om objekt saknas i anläggningsdata så föreligger det risk för att objekt som ska besiktas aldrig blir besiktade, risk att Trafikverket inte upptäcker att de inte blivit besiktade.
2. Anläggningsdata ligger till grund för vilka besiktningssprotokoll som besiktningssmannen ska använda för att genomföra besiktningen. I dagsläget hämtar Bessy (dagens besiktningssystem) anläggningsdata från BIS (dagens anläggningsregister). Med denna koppling säkerställer Trafikverket att besiktningssmannen får en korrekt instruktion för att utföra kontroller vid exempelvis säkerhetsbesiktning. Exempelvis att en spårväxel besiktas på rätt sätt givet modell, fabrikat och konfiguration.
3. Korrekta anläggningsdata är en grundförutsättning för förbättringsarbete, exempelvis att kunna skapa beslutsstöd för underhållsförbättringar, krav-ställa inköp av material, modifieringar av anläggningen etc. Med hjälp av anläggningsdata så kan underhållsdata från exempelvis besiktningssanmärkningar, felrapporter, revisionsarbeten kopplas mot de enheter som utför krävd funktion och som underhållet är utfört på. På detta sätt går det att bygga statistik för att se vart i geografien besiktningssanmärkningar, fel och kostnader uppstår. Och på samma sätt se vart i det tekniska systemet som anmärkningar, fel och kostnader uppstår.

Anläggningsdata som är enheten som ansvarar för att vårt anläggningsdata är uppdaterat låter meddela att Rail View, och Sky View kan erbjuda dem helt nya möjligheter att hålla anläggningsdata uppdaterat. I dagsläget så kan exempelvis besiktningsmän eller tekniker anmäla att anläggningsdata ej är överensstämmande med verkligheten. I detta skapas en avvikelserapport vilken ligger till grund för uppdatering av anläggningsregistret. Det är vanligt förekommande att den information som man får via dessa rapporter är otillräcklig för att göra en adekvat uppdatering av anläggningsregistret. För att komma till rätta med motsvarande uppgifter kan det krävas att man måste skicka ut någon i fält för att samla in de data som saknas, mäta in objektets geografiska position. Tillgången till resurser för att göra motsvarande inmätningar är mycket begränsad i förhållande till behovet.

I viss mån går det idag att använda sig av filmer som tas i samband med periodisk mätning för att, ur materialet få den information man behöver för att uppdatera anläggningsregistret. Filmningen av anläggningen i samband med periodisk mätning är en sekundär produkt i förhållande till spår-mätningen som är den primära leveransen. Filmerna från periodisk mätning har således flera begränsningar. Exempel, man kan bara se objekt ur ett perspektiv (givet riktning på tåget), begränsad upplösning på bilderna (beroende på ljus, väder), osäkerhet i positioneringen km+m. Filmningen sker ofta nattetid (oanvändbara bilder). Detta följer också logiskt av att det inte är ekonomiskt försvarbart att bara köra de dyra mätvagnarna på dagtid, när det är bra väder (inte regn).

Figur 7.2.2.1 illustrerar den låsta vy som mätvagnsfilmningen idag medger, notera skylten på höger sida som man bara kan se baksidan av. Jämför detta med Figur 7.2.2.2 där bilderna (från samma plats) är hämtade från Rail View, i detta material kan vi se objekt från båda håll, bilderna har en betydligt bättre upplösning och det går att zooma i bilderna.



Bandel 122 km: 1179 + 529, E Luleå [Le gr-01 Le 64]

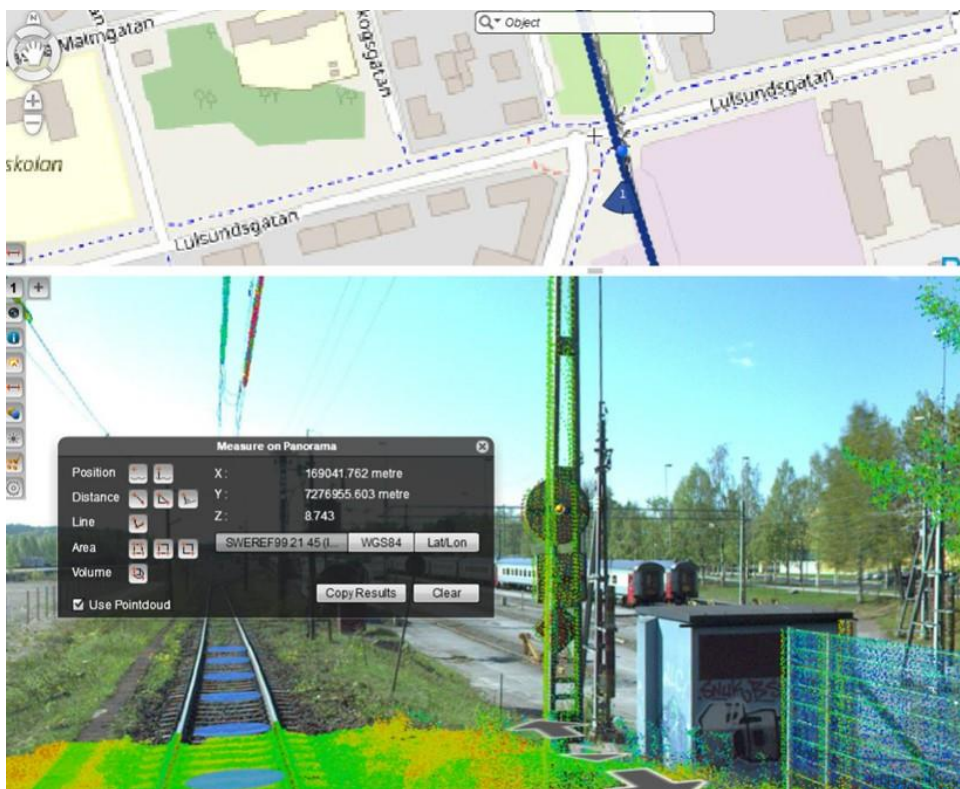
Figur 7.2.2.1. Exempel på vy från filmning från mätvagn.





Figur 7.2.2.2, illustration av hur Rail View kan användas för att stödja arbetet med att upprätthålla anläggningsdata.

Figur 7.2.2.3 visar bild från Rail View med överlagrat laserdata, med hjälp av motsvarande data så kan man i denna miljö mäta in position på objekt, i detta fall skylten, notera position X, Y, Z. Den geografiska upplösningen i detta material motsvarar ca 5 cm felmarginal, vilket är betydligt bättre än vad som kan åstadkommas i dagens filmningar från mätvagnen där mätosäkerheten idag är inom ca 20 meter.



Figur 7.2.2.3. Exempel på inmätning av objekt med Rail View

På motsvarande sätt som beskrivits ovan så kan ajourhållning av anläggningen underlättas avsevärt och mycket arbete kan sparas in då identifiering och inmätningar kan ske från skrivbordet, fältbesök kan undvikas, stora inventeringar kan företas med mycket liten arbetsinsats. Ett exempel på inventering kan vara, inventering av bullerskydd, stängsel, fågelpinnar etc. Se exempel i Figur 7.2.3.4 där vänstra bilden visar fågelpinnar sedda från Sky View och högra bilden fågelpinnar sedda från Rail View.



Figur 7.2.3.4. Exempel på fågelpinnar identifierade med Sky View resp. Rail View.

Att hela tiden ha en koppling till övergripande geografisk positionering samt järnvägens km+m positionering är en förutsättning för att effektivt kunna förflytta sig i den digitala anläggningen, ha en referens till vart bilder från respektive system är tagna. Exempel på detta är Figur 7.2.3.5 där vänstra bilden är hämtad från Google Earth (inkl km lager), högra bilden från Sky View (inkl km lager).



Figur 7.2.3.5. Exempel på geografisk och km+m positionering.

För att kortsiktigt göra verktygen mer användarvänliga så önskar de som arbetar med anläggningsdata följande funktionalitet.

1. Att det i övergripande kart/satellit-bilder finns en km referens för att snabbt kunna hitta rätt i anläggningen. Beroende på zoomnivå skulle denna referens kunna förfinas ner på 100m eller till och med ner på 10 meter.
2. Att man när man mäter in objekt i X,Y,Z även får en km+m referens så att objekten med enkelhet kan få den km+m referens som ska registreras i anläggningsregistret



3. Att det tillkommer en funktion där man enkelt kan stega igenom bilder med för-lagrade positioner (på objekt som man är intresserad av att undersöka). Med en motsvarande funktion skulle man snabbt kunna stega sig fram mellan de bilder där objekten finns. Exempelvis positioner på kontaktledningsbryggor. Genom att stega sig mellan bryggorna så kan man snabbt inventera vilka bryggor som har resp. saknar fågelskydd.

SL har ett eget Rail View system som i första läget används för att inventera anläggningen och som således används för att skapa ett anläggningsregister som man tidigare saknat. Med underlaget så utvecklar man succesivt en enhetlig anläggningsstruktur som ligger till grund för förbättringar av SL's underhållssystem (Maximo). -Det är tidskrävande och kostnadsdrivande att göra inventeringar manuellt. Hos SL så eftersträvar man mindre manuell hantering och mer tillgänglig och bättre information till alla intressenter. I detta arbete är Rail View en central del för SL

I och med att mycket av SL's anläggningar ligger under jord så har man utrustat fordon med vilka man mäter in anläggningen med mycket starka lampor, se Figur 7.2.3.6. Motsvarande skulle inom Trafikverket kunna användas för att mäta in våra järnvägstunnlar.



Figur 7.2.3.6. Exempel på bild tagen i SL:s underjordsanläggningar.

## Upphandling

Anläggningsmassa (data från anläggningsregister), statistik avseende besiktningens anmärkningar och felstatistik är exempel på grundläggande information som bifogas upphandlingar av underhålls-entreprenader. Motsvarande information och fakta är underlag som Trafikverket använder för att beskriva anläggningen och som Entreprenörerna använder sig av för att bedöma omfattningen av entreprenaden. Entreprenören gör också fältbesök för att ytterligare komplettera sin bedömning ang. entreprenadens omfattning. Inom underhållskontrakt förekommer det att det uppstår tvister avseende skicket på anläggningen, exempelvis att det är ett annat skick på anläggningen när entreprenören tillträder jämfört med det skick som beskrivits i

förfrågningsunderlag. I motsvarande fall är det alltid svårt med bevisföring från båda parter. Ett annat tvisteområde är frågetecknen angående hur anläggningen är konfigurerad, tyvärr så överensstämmer inte alltid anläggningsdata, med verkligheten.

Material från exempelvis Rail View och Sky View kan användas för att ge entreprenören och Trafikverket en betydligt bättre bild konfiguration och skicket på anläggningen i samband med upphandling, och även skicket vid tillträddande av entreprenad (i det fall mätningarna är återkommande). Motsvarande material kan användas till att bedöma omfattning av förändring samt användas till att fastställa skicket på anläggningen vid ingång av entreprenaden. Ett ingångsvärde som idag saknas. Det är många gånger svårt att avgöra om exempelvis skador är orsakade i aktuell eller föregående entreprenad. Materialet kan utgöra ett värdefullt komplement till mängdförteckningen.

Materialet kan också användas som ett kraftfullt komplement till fältbesök, som kostar mycket pengar och som inte alltid medger en tillfredställande undersökning av anläggningen. Exempelvis så kan det se ut som i Figur 7.2.3.7 vid fältbesök.

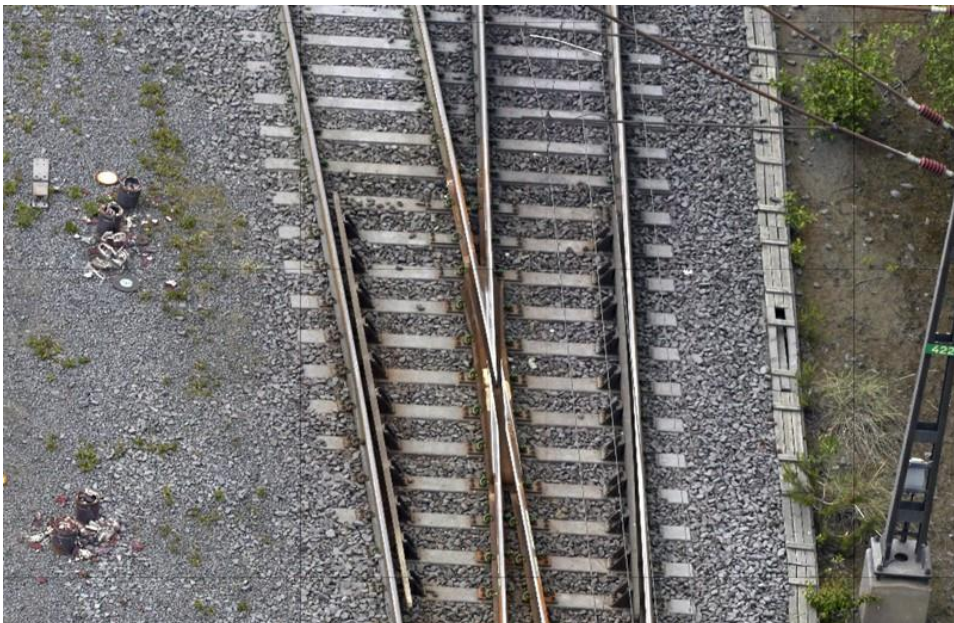


*Figur 7.2.3.7. Bild av järnvägsanläggningen taget vid fältbesök.*

### 7.2.3. Underhållsförberedelse

#### Trafikverket

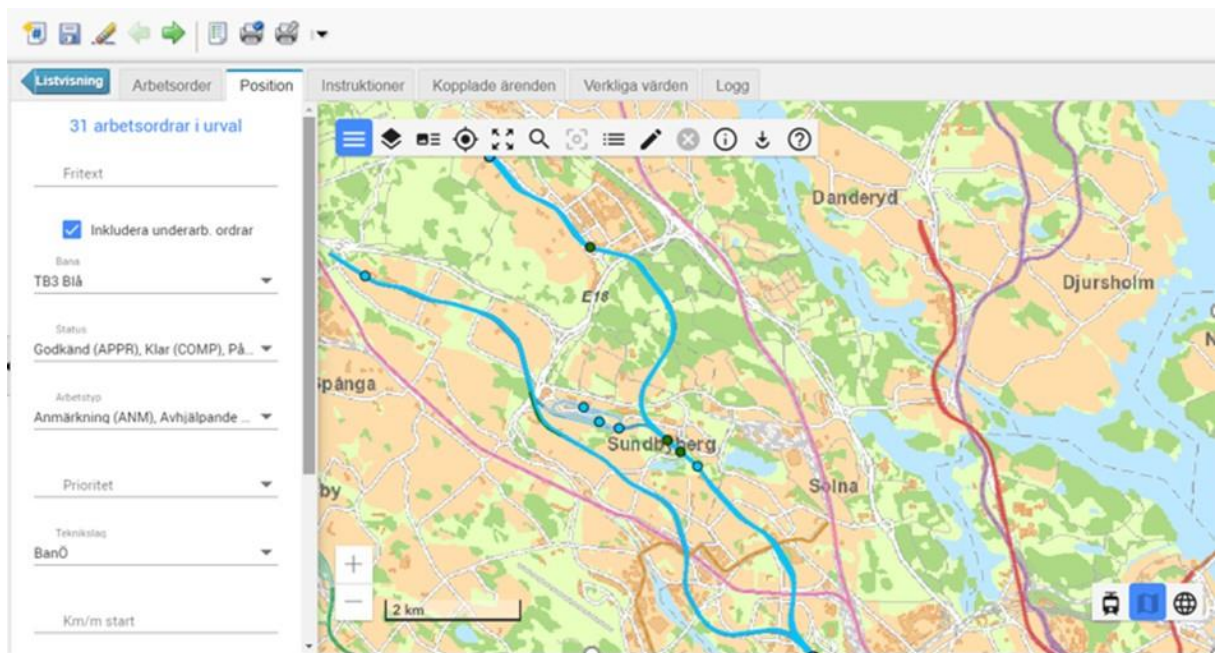
Sky View och Rail View kan på många sätt stödja underhållsdistrikten och Järnvägssystem avseende planering av åtgärder i anläggningen. Exempelvis för planering av enskilda större arbeten såsom borttagning av riskträd, röjning, avvattnings och stängselarbeten. Men även för planering av merarbeten i oråden kring andra arbeten. Exempelvis i samband med planering av komponentbyten i växlar så kan man undersöka närområdet, se Figur 7.2.3.1. I detta fall kan man tydligt se att området är i behov av uppstädning samt att kanalisationslock är i behov av åtgärdande. I och med att mängder går att fastställa, i detta fall mängd skrot och mängd kanalisationslock, så kan entreprenören som ska utföra den operativa planeringen få ett mycket bra underlag för att resurs-sätta arbetet. På motsvarande sätt så kan vi via effektivare planering (stött av systemen) få ner kostnaderna för utförande av arbete, där mer arbete kan utföras vid samma etablering.



Figur 7.2.3.1. Exempel på hur man kan använda Sky View för att bedöma tillkommande arbetsmängder.

Med Rail View och Sky View så kan vi få bra stöd för planering av enskilda åtgärder. Vad som dock saknas idag är ett användbart gränssnitt för att effektivt samplanera arbeten geografiskt, tidsmässigt och systemmässigt. Och samplanering mellan Trafikverkets enheter, underhållsdistrikten, järnvägssystem, investering, planering och trafikplanering. SL har ett lovande geografiskt gränssnitt till sitt underhållssystem (Maximo), se Figur 7.2.3.2.





Figur 7.2.3.2. Exempel från SL, arbetsordrar representerade i geografiskt gränssnitt.

I Figuren ses arbetsordrars placering (geografiskt, prickar) i detta fall tillhörande Bana (teknik). Med hjälp av motsvarande underlag så kan man lättare få grepp om vilka arbeten som ligger för utförande, hur nära varandra de är (en av förutsättningarna för samordning), Sky View eller Rail View kan användas för att bedöma lokala förutsättningarna för att genomföra arbetet, och kanske i viss utsträckning bedöma mängder av arbete. Det vore också önskvärt att dimensionen tid också kunde inkorporeras i gränssnittet. Praktiskt skulle detta kunna innebära att användaren kan välja att bara se de arbeten som behöver utföras i ett givet geografisk område under en given tidsperiod.

Med hjälp av motsvarande underlag så kan man göra bedömningar av om arbeten kan samordnas i samma etablering, samma avstängning av spår, samma upphandling etc. För att åstadkomma en effektiv samordning av arbeten och tider i spår så vore det önskvärt att alla arbeten som planeras in på järnvägen kunde representeras i samma underlag. Alltså att man i samma underlag kan exponera (om man vill), planeringsarbeten, investeringsarbeten, järnvägssystemarbeten, underhållsdistriktsarbeten.

Sammanfattningsvis så kan man säga att för att Rail View och Sky View ska kunna nå sin fulla potential som stöd för planering, samordning och paketering (och e.v. upphandling) av åtgärder så krävs det ett motsvarande geografiskt stöd där behov av åtgärder kan exponeras geografiskt, tidsmässigt och systemmässigt.

En ytterligare funktion som efterfrågas för planering av åtgärder är att utvalda fysiska objekt ska kunna exponeras i samma underlag. Konkret: import från Trafikverkets anläggningsregister. Exempel på detta ses i Figur 7.2.3.3, de rosa kryssen indikerar positioner på plankorsningar (hämtat från anläggningsregister). Markerat i Figuren är två

områden där arbeten (maskinell vegetationsröjning och slipersbyte) behöver utföras under 2022.



Figur 7.2.3.3. Arbeten som ligger i plan för utförande 2022, inkl markerade vägövergångar.

Det finns en vägövergång i plankorsning mellan km 1166 och km 1167 som ligger mitt i arbetsområdet för slipersbytet. Med denna information kan vi:

1. Planera för merkostnader för slipersbytet, i och med att vägövergången måste demonteras och lyftas ut för att bereda plats för slipersbytet. Övriga kostnader tillkommer också för återställande av väg, inkl. asfaltering. Detta kan påverka R-mängdspriser eller resultera i en ÄTA för arbetet med vägövergången
2. Planering, åtgärden kommer kräva avstängning av väg, samt om-ledning av vägtrafik. Vilket också innebär att lokaltrafik mm måste informeras.
3. Planering av övriga åtgärder, fatta beslut om delar av vägövergången behöver rustas eller bytas ut när den likväl ska demonteras. Från Rail View kan man få en bra uppfattning av skicket på vägövergången, i Figur 7.2.3.4 ses att skicket är förhållandevis gott, bortsett från skador som uppstått i samband med plogning av vägövergången.



Figur 7.2.3.4. Bild över vägövergång där slipersbyte ska utföras.



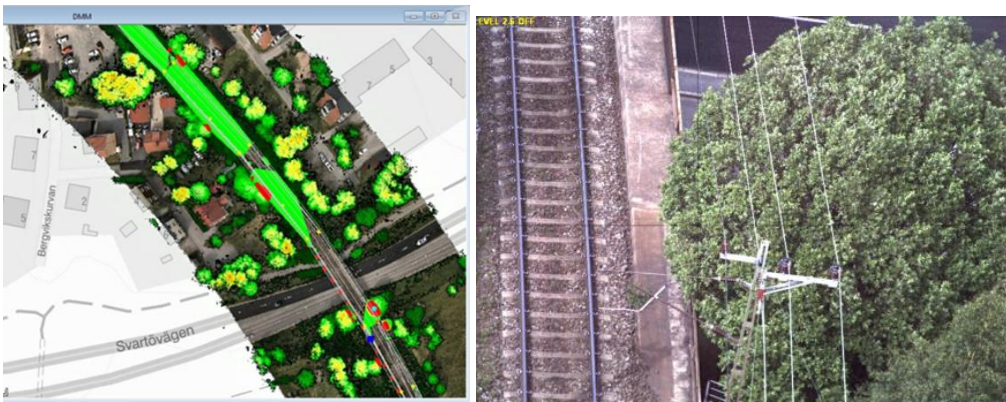
4. Planering av vart material (vägövergången) ska placeras i samband med arbetenas genomförande. Exemplet i Figur 7.2.3.4 kan användas för att illustrera hur man i Rail View kan göra bedömning av vart material ska placeras för att inte vara i vägen för vägtrafikanter eller för de maskiner och tekniker som ska utföra slipersbytet.
5. Maskinell vegetationsröjning är spårbunden likväl som slipersbytet är spårbundet. På detta sätt kan arbetena samordnas och samma tider i spår kan användas för att utföra arbetena. Viktigt är dock att arbetena samordnas så pass att de inte stör varandra i området där slipersbytet ska utföras.

Vidare så kan Rail View och Sky View utgöra ett värdefullt underlag för exempelvis Projektledare som många gånger får vara första linjens representant gentemot exempelvis fastighetsägare, allmänhet och näringsliv som har intressen i närheten av järnvägen. Att snabbt kunna orientera sig i närområdet gör att man snabbt kan svara intressenter, eller snabbt vidarebefordra ärenden till rätt instans inom Trafikverket eller externt. I ett fall vittnar en projektledare om hur underhållsentreprenören hört av sig angående en markägare som byggt en egen övergång över järnvägen, fyllt upp med grus i och utanför spåret. Vilket får konsekvensen, förutom den uppenbara risken för olyckor, att sliprar inte går att besikta, skador kan uppstå på spårrensare och snöplogar. I Figur 7.2.3.5 ses denna övergång efter återställande till i stort sett ursprungligt skick. Rail View är ett utomordentligt bra verktyg för Projektledare underhåll att snabbt kunna bemöta markägare i frågor som rör angränsande fastigheter, och som i detta fall löpande kunna säkerställa att markägare inte återfaller till gamla vanor.



Figur 7.2.3.5. Rester av en ej sanktionerad övergång.

Graden med vilken systemen kan användas som stöd för underhållsplanering. Beror av mängd intelligens som man bygger in för att bearbeta de data som samlas in. Ett smakprov på utökade tillämpningar av data är tillämpningen av Sky View för Planering av röjning av riskträd. Sky View har idag en utvecklad funktionalitet för att automatiskt känna igen (pattern recognition) träd som om de skulle fall mot järnvägen kan komma att ta i elektrisk förande ledningar. Sky View har också en funktionalitet som medger att två efter varandra följande mätningar kan användas för att räkna ut vilken bonitet som växtlighet kring järnvägen har. Således kan man på detta sätt räkna ut när specifika träd kommer att ha vuxit så pass att de kommer utgöra riskträd. Det är i Sky View även möjligt att beräkna virkesvolymen. Detta är ett bra verktyg för planering av röjning och trädsäkring. I Figur 7.2.3.6 ses ett klipp från Sky View, där vänstra bilden visar den automatiska igenkänningen av riskträd, den högra bilden visar ett av dessa träd som identifierats via den automatiska igenkänningen. Motsvarande teknik kan också används för att identifiera stolpar som lutar och hur mycket de lutar.



Figur 7.2.3.6. Automatisk igenkänning av riskträd i Sky View

## Underhållsentreprenören

Återkopplingen från arbetsledare som arbetar hos entreprenörerna anser att materialet från Sky View och Rail View var mycket värdefullt för dem för planering av arbeten. Bör tilläggas att detta avser både planering av investerings och underhållsarbeten. Arbetsledare från entreprenör som inte arbetar efter Södra malmbanan frågade om inte motsvarande material går att få tag i för dennes arbetsområde. Vederbörande var en erfaren arbetsledare som börjat arbeta på ett nytt arbetsområde. Han hade inte någon lokalkännedom, vilket gjorde det svårt för honom att planera då vetskap saknades om vart platser ligger, hur långt det är till arbetsställen, tillgång till anslutningsvägar, hur det ser ut i arbetsområdet samt hur anläggningen är beskaffad (exempel träslipers/betong, typ av befästning, typ av ballast mm). Den lokala kännedomen är värdefull när det kommer till inköp av material, planering av arbetsområde, planering av mängd arbete (arbetsordrar) som kan utföras per skift, planering av vilket manskap som ska utföra åtgärden givet deras geografiska placering samt vart maskiner, verktyg och reservdelslager är lokaliserade. Den lokala kännedomen är också värdefull för planering av skyddsåtgärder samt för planering av tider i spår. Exempelvis planering av tid för som krävs för: att nå arbetsstället med spårgående fordon + tid för etablering av arbetet + tid för utförande av arbete + tid för avetablering + tid för transport bort från arbetsstället. Citat från arbetsledare: -Erfarenhetsmässigt så kan det ta flera år innan man har en så pass god lokal kännedom så att man kan utföra arbetet lika effektivt som på det gamla arbetsområdet. I detta fall så kan tillämpningar av en kombination av

exempelvis Rail View och inklusive satellit/flygfoto/karta underlätta för arbetsledare att få den lokalkännedom som behövs för att utföra en effektiv planering.

Exempel på tillämpningar:

1. Planering av skyddsåtgärder, begränsningspunkter
2. Planering av maskiner, vilka maskiner som kan användas, vilka vägar de kan ta för att etablera arbetet (exempelvis vilka spår som ska korsas, vart). Vart maskiner ska arbeta. Vart provisoriska övergångar ska placeras mm.
3. Planering av materiallogistik. Vilket material som ska införskaffas. Exempelvis vart material ska lastas, lossas, lagras under arbetets gång, vart skrot ska placeras, lastas mm.
4. Planering av tider för utförande av arbete. Planering av avstängt spår. Planering av resurser för olika moment av arbetet mm.
5. Om bildmaterialet är förhållandevis aktuellt (taget i närtid) så är det också fullt möjligt att via underlaget bedöma hur stor arbetsinsats som krävs för att åtgärda en arbetsorder (i det fall det går att bedöma okulärt). Se exempel i Figur 7.2.3.7, i detta fall så går det inte att åtgärda besiktningsanmärkningen i samband med maskinell röjning (e.g. grävmaskin med slagverktyg), i detta fall behövs det kanske en röjsåg och en sekator. På detta sätt kan det vara möjligt att slippa många fältbesök, besök som idag måste utföras för att bedöma arbetes omfattning.



Figur 7.2.3.7 Exempel på besiktningsanmärkning, behov av röjning



6. Bedömning av förutsättningar att utföra flera arbetsordrar i samma arbetsområde vid samma etablering (då exempelvis rätt typ av resurser, rätt maskiner mm. finns tillgängliga). För att underlätta denna typ av planering så skulle det vara värdefullt om det fanns ett verktyg för att exponera andra arbetsordrar som ligger för utförande i samma geografiska område (samma behov som Trafikverket har). Med en motsvarande planering skulle man kunna utföra effektivare planering, ett effektivare arbete, mer blir utfört vid samma etablering, vilket totalt sett skulle kunna innebära färre inskränkningar i anläggningens kapacitet och lägre totalkostnader för utförande av arbete.

#### 7.2.4. Underhållsutförande

Besiktningen är en central del i det tillståndsbaserade underhållet. Redan idag så är det i vissa avseenden att möjligt att använda material från Rail View och Sky View för att göra manuella okulära besiktningar och tillståndsbedömningar från skrivbordet. Exempel går att hämta från i princip alla system som går att se via bilder. Inom projekt ePilot 119 så har det tagits fram en rapport avseende utvärdering av mobil datainsamling för besiktning av järnvägsanläggningar (Östrand, 2020). Rapporten redogör för hur tillämpningar av fotografering och laserscanning i kombination med bildigenkänning i olika utsträckningar kan stödja besiktning av exempelvis taylor, spår, växlar, broar etc.

Nedan följer några korta exempel på objekt som kan besiktas, se Figur 7.2.4.1, skyltar, behov av röjning, ballastmängder, bullerskydd, tak etc.



Figur 7.2.4.1. Exempel på objekt som kan besiktas och tillståndsbedömmas från skrivbordet.

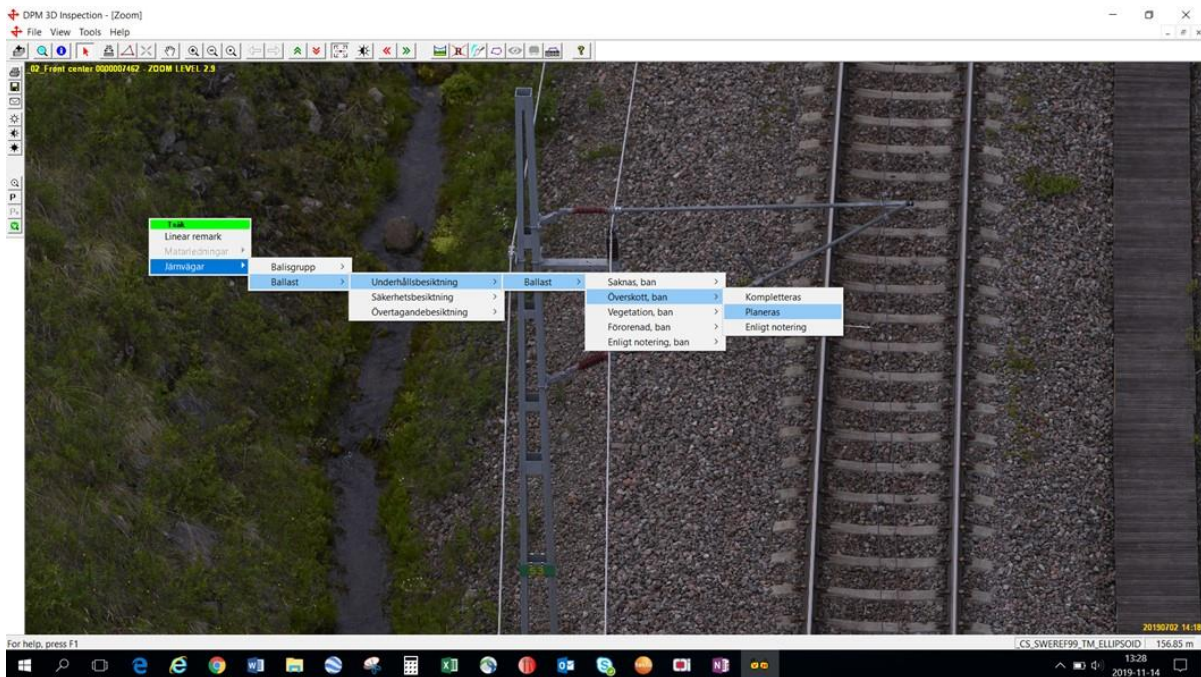
Att kunna besikta anläggningen via skrivbordet har många fördelar:

- Besiktningen kan utföras snabbare, besiktningsmannen kan genom att stega sig fram i den digitala miljön, mellan de objekt som ska besiktas omvandla tid för egenförflyttning från timmar och minuter till sekunder. Liksom vid inventering av objekt så är vore det värdefullt för besiktaren om där fanns ett systemstöd för att enkelt kunna stega igenom bilder med för-lagrade positioner (på objekt som ska besiktas). Med en motsvarande funktion skulle man snabbt kunna stega sig fram mellan de bilder där objekten finns. Exempelvis kilometerskyltar, kontaktledningsstolpar eller signaler.
- Trafikverket kan med enkelhet göra leveransuppföljning på utförd besiktning.
- Arbetsmiljömässigt så är det sannolikt bättre (om man bortser från motion) för besiktningsmannen att kunna utföra arbetet från kontorsstolen.
- Det behövs mindre tider i spår för att genomföra besiktningen, kan bidra till förbättrad kapacitet
- Betydande besparingar bör kunna göras i och med att besiktningar kan utföras på kortare tid. Besiktningsmännen skulle kunna besikta större sträckor, vilket skulle kunna innebära att det totalt sett behövs färre besiktningsmän.
- I och med att den som planerar åtgärdande av besiktningsanmärkningarna kan tillgå det material som besiktningsmannen använt sig av så kan planeringen av arbetet underlättas, man slipper skicka ut tekniker för att rekognoscera arbetet. Detta bör kunna leda till betydande besparingar för entreprenören och i förlängningen besparingar för Trafikverket.

Potentialen för förbättringar är stor beträffande tillämpning av motsvarande data för besiktning. Observera att om Trafikverket avser använda motsvarande material för besiktning så måste de enheter som är ansvariga för Trafikverkets underhållskoncept (Järnvägssystem/Teknik och miljö) fastställa att materialets kvalitet är adekvat för ändamålet. Till detta hör också att fastställa vilka enhet som ska besiktas via digital okulärbesiktning, rimligen enheter med relativt långa besiktningintervall 1 eller max 2 ggr per år. Det är i dagsläget orealistiskt att mäta in anläggningen oftare än 1-2 ggr/år.

I dagsläget så skulle man kunna verkställa en okulär besiktning via Sky View eller Rail View genom att titta på bilder i respektive system, registrera besiktningsanmärkingar i BESSY, eller i framtiden GUS. Det är önskvärt att hitta en integrering av dessa system för att effektivisera besiktningen, kunna skapa arbetsorder direkt från bildmaterialet.

Sky View används idag inom icke linjebunden kraft för att besikta elanläggningen och för att skapa arbetsordrar direkt i den digitala miljön. Ett exempel på hur detta skulle kunna exploateras för järnväg kan ses i Figur 7.2.4.2. På motsvarande sätt skulle besiktningsmannen på järnväg kunna generera arbetsordrar (i detta fall besiktningsanmärkingar) genom att klicka på objekt i bilden, därefter registrera aktuell avvikelser kopplat till objektet.



Figur 7.2.4.2. Exempel på hur det skulle kunna se ut när arbetsordrar genereras direkt från i detta fall Sky View

För att kunna utföra besiktningar direkt i verktyget så måste det finnas en integration mellan anläggningsregister, digitalt foto (exempelvis, Rail View och Sky View) samt underhållssystem (exempelvis GUS). Detta för att systemet ska kunna dedicera besiktninganmärkningarna, och arbetsordrar till rätt objekt.

## Maintenance GO

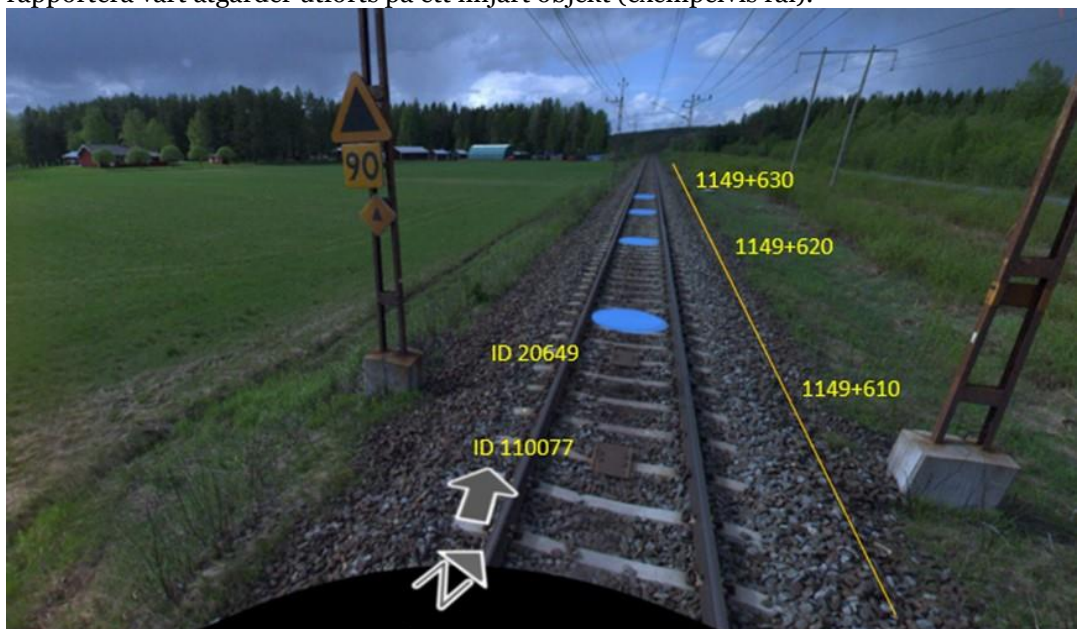
Tillämpningar av Maintenance Go är här främst illustrerade inom själva utförandet av de fysiska underhållsåtgärderna. Tillämpningarna kan dock användas till att stödja i princip alla former av aktiviteter i den fysiska anläggningen (fältbesök, leveransuppföljning mm). Den förstärkta verkligheten kan exempelvis användas för att överlagra digital information på de glasögon, eller läsplatta/telefon, genom vilka du betraktar världen genom. Information som är relevant för det underhåll som du avser utföra eller registrera. Figur 7.2.4.3 illustrerat hur en användare skulle kunna betrakta verkligheten med överlagrad underhållsinformation, i detta fall arbetsordrar i form av en besiktninganmärkning och en felrapport. Med hjälp av motsvarande stöd kan tekniker snabbare lokalisera och identifiera objektet som är i behov av underhåll. I detta fall så avser kanske teknikern att åtgärda det fel som hen blivit utkallad på. Efter avslutat arbete så kan teknikern ifall det finns tid, också åtgärda den besiktninganmärkning som ligger i närområdet.





Figur 7.2.4.3. Exempel på hur en användare kan betrakta verkligheten med överlagrad digital information.

En annan värdefull tillämpning av AR skulle kunna vara att utvalda objekt ID skulle kunna exponeras för användare. I Figur 7.2.4.4 ses 2 stycken baliser, i det fall teknikern utför en underhållsåtgärd på något av objekten så kan hen rapportera åtgärden mot rätt anläggningsindivid. På detta sätt skulle Trafikverket kunna få en betydligt säkrare statistik med avseende på att åtgärder rapporteras på rätt anläggnings-individ. Figur 7.2.4.4 illustrerar också hur AR skulle kunna användas för att överlagra km+m position i anläggningen. Detta skulle kunna ge användaren förutsättningar för att på ett korrekt sätt rapportera vart åtgärder utförts på ett linjärt objekt (exempelvis räl).



Figur 7.2.4.4. Exempel på hur AR kan användas för att koppla anläggnings ID mot fysiskt objekt, samt exempel på hur km+m positionering skulle kunna exponeras för användaren för att kunna rapportera korrekt position av åtgärder på linjära objekt (exempelvis räl).



En annan tillämpning av augmented reality kan vara att teknikern kan få relevant tekniskt stöd för genomförande av exempelvis revisioner. Figur 7.2.4.5 visar en bild av en smörjapparat och en del av dess tillhörande underhållsmanual. I sin enklaste form så kan teknikern få upp rätt underhållsinstruktion i sin läsplatta när hen är i närheten av den fysiska smörjapparaten. En mer sofistikerad applikation kan vara en interaktiv instruktion som registrerar de steg teknikern tar när hen gör underhållet och således succesivt levererar nya instruktioner för varje moment som ska genomföras.



Figur 7.2.4.5. Exempel på förstärkt verklighet, teknikern kan få upp rätt underhållsinstruktion när teknikern är i närheten av smörjapparat.

För att få detta att fungera så måste det finnas en koppling mellan anläggningsregister och underhållsdocumentation. Med motsvarande koppling så kan man alltid tillse att teknikerna har tillgång till de senaste underhållsinstruktionerna.

## 7.2.5. Underhållsbedömning

### Leveransuppföljning

Rail View och Sky View är utomordentliga verktyg för att okulärt följa upp det arbeten som entreprenören utfört. Det är särskilt värdefullt med en inmätning av anläggningen på hösten, tidsmässigt när de flesta tyngre banarbetena är avslutade, höst i norra Sverige. Underlag från hösten är också ett utomordentligt planeringsunderlag för kommande års arbeten. Nedan följer några exempel på leveransuppföljningar.



Figur 7.2.5.1 byte av Strail i plankorsning

I FFigur 7.2.5.1 Till vänster ses STRAIL-övergång före arbete, till höger status efter utfört arbete. Arbetet är väl utfört, notera att det saknas asfalt på båda sidor av övergången (bara fyllt med sten-mjöl) efter utfört arbete, detta är en typisk anmärkning i samband med leveransuppföljning.

På samma sätt som besiktningar går att utföra vid skrivbordet så går också leveransuppföljningar att utföra från skrivbordet. För leveransuppföljaren är det bra om utförda arbetsordrar går att exponera i en kart-miljö för att leveransuppföljaren på ett enkelt sätt ska kunna använda sig av exempelvis Rail View och Sky View för genomförande av leveransuppföljning. På samma sätt som för planering av andra åtgärder är det också viktigt att data går att filtrera i tid och teknik så att leveransuppföljaren bara behöver se de arbetsordrar som är relevanta för uppföljning.

I Figur 7.2.5.2, vänstra bilden, ses kvarlämnade sliprar från DEF-slipersbyten, högra bilden illustrerar kvarlämnat material efter avslutat svetsarbete. Rail View och Sky View är formidabla verktyg för leveransuppföljaren för att snabbt kunna scanna av arbetsområden som ligger otillgängligt till. Ställen som är svåra att ta sig till utan spårgående fordon.



Figur 7.2.5.2. Exempel på leveransuppföljning



Det är förekommande att tvister uppstår angående vem som lämnat kvar material ute i terrängen. Entreprenören kan hävda att det var föregående entreprenör som lämnat materialet, vill således ha extra betalt för att frakta bort det. Med återkommande inskanningar med Rail View och Sky View så kan detta bevisas eller motbevisas.

En annan vanligt förekommande källa till tvister är skador som uppkommer i samband med vinterarbeten. Exempelvis växelklot som kröks eller körs av eller kanalisationslock som körs sönder, se Figur 7.2.5.3. Med en inskanning av anläggningen på både höst och vår så kan leveransuppföljningen av vinterskador underlättas avsevärt.



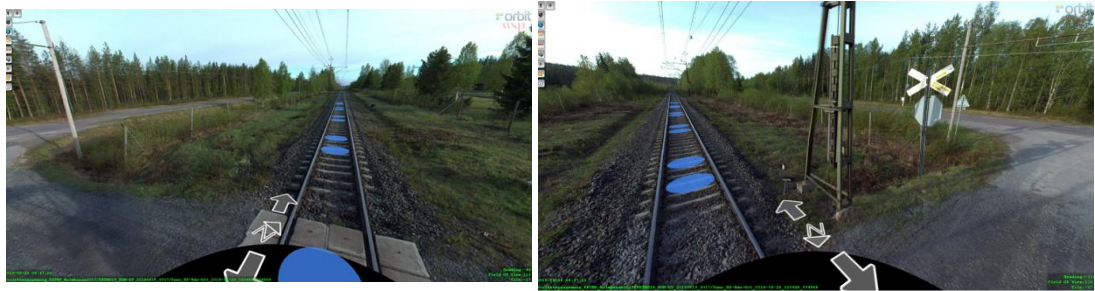
Figur 7.2.5.3. Exempel på vanliga skador i samband med vintertjänster, krökt växelklot (vänstra bilden), trasiga kanalisationslock (högra bilden).

## Olycksutredning

Inom projektet fick vi tillfälle att använda Rail View i skarpt läge i samband med utredning av en dödsolycka i en vägövergång. Vägövergången är obevakad, inga bommar eller ljussignaler, enbart en stoppskylt och kryssmärken finns uppsatta för att varna trafikanterna. Boende i området hade meddelat att det var dåligt sikt i och omkring övergången. Vid tillståndskontroll av anläggningen bedömdes det att det krävdes vegetationsröjning inom området. Projektledare meddelade att arbetet skulle avropas för att komma till rätta med problemet. Arbetet blev utfört, utan att ett formellt avrop skrevs.

Efter detta så inträffar olyckan, bil blir påkörd av tåg, med dödlig utgång. Olycksutredningen sattes igång. Inom utredningen så stod det klart att det tidigare varit dåligt röjt inom området. Det fanns en instruktion om att området skulle röjas men det fanns inget formellt avrop eller verifierat på att åtgärden var utförd.

Som tur var fanns bildmaterial i Rail View, som var taget före olyckan inträffade, på så sätt kunde det bevisas att siktförhållandena var tillfredställande en kort tid innan olyckan inträffade. I Figur 7.2.5.4 ses bilder från aktuell plankorsning tagna innan olyckan inträffade. Olycksutredningen som var engagerad vid denna utredning lovordade materialet och hoppades att hen snarast kunde få tillgång till motsvarande material för övrig järnvägsanläggning



Figur 7.2.5.4. Plankorsning där olycka inträffat, i bilderna kan det ses att siktförhållandena var tillfredställande innan olyckan inträffade.

### 7.2.6. Underhållsförbättring

Återkommande inmätningar av anläggningen med motsvarande teknologier såsom Rail View eller Sky View i kombination med AI-applikationer kommer sannolikt kunna bidra till att vi i framtiden kommer kunna automatisera analyser av anläggningens degradering på helt andra sätt än vi kan idag. Exempel kan vara spricktillväxt på slippers, lutningsförändring på stolpar, degradering av ytskikt etc. Detta bör kunna ge oss nya och förhoppningsvis effektivare beslutsstöd för planering och utförande av åtgärder i anläggningen.

En annan användbar tillämpning av AI kopplat mot Rail View eller Sky View skulle kunna vara applikationer som kan hjälpa oss att hålla anläggningsregistret uppdaterat. En applikation som kan avgöra befintlighet eller obefintlighet. Detta innebär i praktiken att en Applikation tränad för att exempelvis hitta igen kilometerskyltar självständigt kan leta igenom aktuella data, korsreferera detta mot anläggningsregistret. I de fall applikationen inte hittar igen en kilometerskylt (i bild-data), där det borde vara en, så rapporteras en obefintlighet, som i så fall måste undersökas och eventuellt åtgärdas. På motsvarande sätt skulle applikationer också kunna identifiera objekt som finns i verkligheten, men som inte finns i anläggningsregistret. Sådana rapporterade befintligheter kan således användas för att uppdatera anläggningsregistret.

Det vore intressant att utveckla VR-applikationer för att kunna röra sig i det digitala rummet. I detta fall VR applikationer för att titta på bilder från Rail View, samt förflytta sig i anläggningen. Eventuellt så är VR miljön en bra miljö att arbeta i för en besiktningsman som ska göra en besiktning från kontoret.

Om tester visar att det är tillräckligt tillämpligt att genomföra okulära besiktningar av järnvägsanläggningen via Sky View eller Rail View, så bör satsningar genomföras för att utveckla applikationer för att kunna registrera besiktningsanmärkningarna direkt i den digitala miljön. Detta kommer kräva integrationer mellan anläggningsregister och det underhållssystem där arbetsordrar ska administreras.

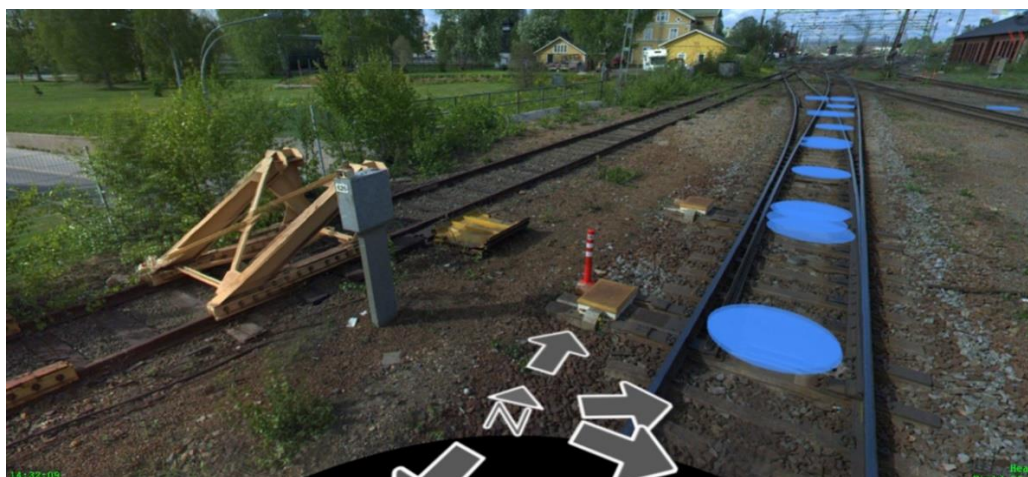
Med en integration mellan anläggningsregister, underhållssystem, GIS-verktyg och Sky View eller Rail View, så skulle det vara möjligt att skapa heat-maps, se Figur 7.2.6.1. På motsvarande sätt skulle man exempelvis kunna se inom vilka områden som det är flest fel på



spårväxlar under en given tidsperiod. Genom att zooma in i det gula området skulle användaren kunna växla över till Rail View eller Sky View för att direkt kunna få en bild av de lokala förutsättningarna, hur det ser ut i och runt i-kring aktuellt objekt. I Figur 7.2.6.2 ses aktuellt (gult) objekt, användaren kan notera att objektet ligger på en bro över väg, kanske felen kan relateras till problem med övergång från reguljär banunderbyggnad till bro?



Figur 7.2.6.1. Exempel på heat-map.



Figur 7.2.6.2. Växel indikerad i heat-map i Figur 7.2.6.1

Vidare utveckling av AI-applikationer kommer eventuellt kunna bidra till att delar av okulära besiktningen kommer kunna automatiseras. Exempelvis att applikationen förutom att den känner igen individuella objekt, också kan göra en bedömning av tillståndet hos enheten och i förlängningen kvarvarande tid till nödvändig åtgärd på objektet. Således skulle framtida applikationer automatiskt kunna generera arbetsordrar med olika tider för åtgärdande i Trafikverkets underhållssystem. I förlängningen skulle motsvarande applikationer också kunna generera maskininstruktioner. Instruktioner för robotar som åker ut och gör de jobb som idag utförs av människor.

Enklare förbättringar kan exempelvis bestå i att laserinmätningar (Rail View) kan förfinas för att inkludera inmätning av FOMUL objekt. Eller att en funktion kan tas fram så att man enkelt kan växla mellan bilder i tidsserie för att se händelseutveckling på en specifik plats.

## 8. Resultat och diskussion

Detta arbete startade som ett litet projekt för att samla ihop, i praktiken göra en lista, över olika tillämpningar av redovisade tekniker. Under projektets gång så har insikten om tillämpningarnas mångfald och värde lett till att materialet blivit mycket omfattande. För att kunna bedriva utveckling av relevanta applikationer som bygger på data från exempelvis Rail View och Sky View blev det viktigt att kunna beskriva även varför och på vilket sätt tillämpningar är värdefulla för olika intressenter. Med rapportens förhållandevis uttömmande och beskrivande texter hoppas vi materialet ska kunna användas av beslutsfattare, kravställare och systemutvecklare för att tjäna som stöd för utformning av adekvata systemlösningar som tillgodoser intressenternas behov.

I detta arbete är det visat att tillämpningar av Rail View och Sky View kan exploateras för att stödja de ständigt pågående processerna med att drifva, underhålla och modifiera järnvägsanläggningen. Materialet är synnerligen tillämpbart för planering, paketering och samordning av åtgärder. Det kan användas för att stödja samarbetet mellan Planering, Investering, Järnvägssystem och Underhållsdistrikt. Det är också visat att andra intressenter såsom Teknik och miljö, anläggningsdata, upphandling, underhållsentreprenörer, olycksutredare och leveransuppföljare är betjänta av materialet. Därför är det viktigt att den framtida utveckling som sker och de upphandlingar som eventuellt ska utföras är formade för att tillfredsställa Trafikverkets intressen snarare än enskilda delar av verket. På detta sätt kan vi undvika parallell utveckling, exempelvis att flertalet motsvarande projekt startas upp inom olika delar av Trafikverket.

En förutsättning för att åstadkomma maximal nytta med tekniken, är att användargränssnitt utvecklas för att stödja samplanering och koordinering av åtgärder. Från denna studie så föreslås det att detta samplaneringsgränssnitt ska ha ett geografiskt interface, där behov av åtgärder i anläggningen kan representeras visuellt. Till detta så är det viktigt att kunna filtrera behoven tidsmässigt och systemmässigt (e.g. ban, signal, tele). I den tidsmässiga domänen bör man kunna välja om man vill se dåtida, nutida eller framtida åtgärder i anläggningen. Den tidsmässiga domänen kan stödja livscykel perspektivet där underhåll, reinvesteringar, investeringar, samtidigt kan beaktas.

Rimligen bör man även kunna filtrera behoven med avseende på vilken organisatorisk tillhörighet som behoven härstammar ifrån, samt där metadata kan vittna om vem som är ansvarig för respektive behov. Exempelvis en projektledare från underhållsdistriktet bör kunna se att det är Investering, och ansvarig hos investering, som har planerat en åtgärd i samma arbetsområde inom en given tidsrymd. Detta bör avsevärt kunna förbättra våra förutsättningar för samråd, samverkan, samplanering och i slutändan hjälpa oss att göra rätt saker på rätt sätt.

Från detta gränssnitt så bör det finnas en direkt koppling till aktuellt bildmaterial från Rail View eller Sky View, samt en koppling mot anläggningsregistret så att positioner för relevanta infrastrukturobjekt kan exponeras i gränssnittet. Detta användargränssnitt bör ha en koppling mot framtida underhållssystem, GUS, för att dåtida och nutida, arbetsordrar och servicebegäran ska kunna visualiseras i planeringsverktyget. Vidare så bör det finnas en

integrering mellan underhållssystemet och Rail View eller Sky View för att skapa möjligheten att generera arbetsordrar (exempelvis besiktningssanmärkningar) direkt från bildmaterialet.

Rail View och Sky View kräver goda ljusförhållanden och ingen nederbörd för att kunna samla in användbara data. Det är lättare att genomföra Sky View mätningar än Rail View mätningar i och med att det inte krävs någon trafikplanering eller tider i spår.

Genomförda undersökningar indikerar att Rail View har bra förutsättningar för att stödja operativa tjänster och planering. Sky View är i många avseenden ett bättre verktyg för att stödja taktisk planering (mer än ett år) av åtgärder. Avseende periodicitet för genomförande av mätningar så rekommenderar projektet att inmätningar med Rail View sker 1-2 ggr per år. Exempelvis i norr, vår (före lövsprickning) och höst efter lövfällning. Periodicitet för inmätning med Sky View föreslås vara vart annat år, lämpligen synkroniserat med periodicitet för kontakledningsunderhåll, så att materialet kan användas för att förbereda kontakledningsunderhållet. Återkoppling från investering är också att 2 års mellanrum är tillräckligt för att upprätthålla 3D modeller som är användbara för projektering.

I arbetet med att exploatera teknologier för att effektivisera vårt underhåll så kan man använda olika modeller för att stöda dess implementering. Ett sätt är att betrakta digitaliseringen ur ett lärandeperspektiv. Följande resonemang bygger på enkel-, dubbel- och trippel-looplärande såsom beskrivet av Argyris & Schön (1974).

1. Följa reglerna. Första nivån handlar om att tekniken kan exploateras för att hjälpa oss att göra sakerna på rätt sätt. I dagsläget innebär detta exempelvis att tekniken kan hjälpa oss att på ett effektivare sätt göra besiktningar, åtgärder i anläggningen i enlighet med de existerande versionerna av regelverk som reglerar underhållet av våra anläggningar.
2. Förändra reglerna. Andra nivån handlar om att göra rätt saker. Här kan tekniken exploateras för att förändra våra regelverk. I och med att tekniken kan erbjuda helt nya förutsättningar för tillståndsuppföljning och degraderingsprediktering så öppnas möjligheter för ny typ av underhållsstyrning, med mer dynamiska regelverk för underhåll. Sannolikt kan vi här se en förskjutning från avhjälpande till förebyggande underhåll. Om än tekniken kan användas för att stödja både avhjälpande och förebyggande underhåll.
3. Lära av lärande. Den tredje nivån handlar om att börja reflektera över metodiken som används för att fastställa vad de rätta sakerna är (dvs. för att utforma och förvalta regelverket) genom systematisk användning av bästa tillämpningar, historisk data och expertbedömningar. Exempel på denna nivå kan vara tillämpning av metoder för FMECA och tillförlitlighetsbaserat underhåll (RCM). En annan användbar metodik är försöksplanering där exempelvis kontrollerade experiment kan användas för att utvärdera vad de rätta sakerna är. Motsvarande metoder kan användas för att ytterligare förädla de underhållsprogram som teknologierna ska stödja genom en mer aktiv förvaltning av ett dynamiskt regelverk.

För att stödja en implementering av teknologier såsom Rail View och Sky View är det nödvändigt att beakta relaterade regelverk men även organisationen och dess roller. Regelverken kan beaktas på samtliga av de tre ovan nämnda nivåerna för lärande. Att förse

en teknisk lösning och relatera den till användarens behov och regelverk är bara ett av de första stegen mot en implementering. Leverantören måste tillhandahålla lösningar som är utformade för användaren, istället för att kräva att användare ska ta till sig tekniska lösningar med låg eller ingen praktisk integrering. Resonemanget om de tre digitaliseringsnivåerna är relevant för att sätta ut en mål- och ambitionsnivå för hur digitaliseringen ska leda Trafikverket mot det övergripande transportpolitiska målet; att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet



## 9. Referenser

Argyris, C. & Schön, D. A. (1997). Organizational learning: A theory of action perspective. *Reis*, (77/78), 345-348.

Regeringskansliet (2008), Mål för framtidens resor och transporter  
<https://www.regeringen.se/contentassets/80dd7d80fc64401ca08b176a475393e5/mal-for-framtidens-resor-och-transporter-prop.-20080993>

Trafikverket (2020), Målsättningar, Transportpolitiska mål  
[https://www.trafikverket.se/contentassets/3e813911fef04bd8b1d7715b59557ca6/arkiv/kap\\_2\\_webb.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/3e813911fef04bd8b1d7715b59557ca6/arkiv/kap_2_webb.pdf)

Trafikverket, (2018);  
<http://intranat.trafikverket.local/Aktuellt/Nyhetsarkiv/Nyheter---Aktuella/Nyheter/2018-10/gemensam/3d-inspektion-av-200-mil-anlaggning/>

Östrand, P. (2020). Utvärdering av mobil datainsamling för besiktning av järnvägsanläggningar Delprojekt 244, Leverans inom ePilot 119, LTU, Luleå



