

Idégenerering för tillståndsövervakning av järnvägar och fordon

En workshop med 635-metoden

Christer Stenström

Idégenerering för tillståndsövervakning av järnvägar och fordon

En workshop med 635-metoden

Christer Stenström

Järnvägstekniskt centrum (JVTC)
Avdelningen för drift, underhåll och akustik
Luleå tekniska universitet

Augusti 2017

Damill AB
Mätteknik & Diagnostik

eMaintenance³⁶⁵ INFRANORD

JVTC
VID LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET

LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET

SWECO 

 TRAFIKVERKET

VINNOVA

vossloh

Tryck: Luleå tekniska universitet, Grafisk produktion 2017

ISSN 1402-1536

ISBN 978-91-7583-988-2 (tryckt)

ISBN 978-91-7583-989-9 (pdf)

Luleå 2017

www.ltu.se

Förord

Denna rapport innehåller resultatet från en workshop inom projektet *Tillståndsbaserat underhåll av järnvägsinfrastruktur baserat på sakernas internet-lösningar*, med stöd från det strategiska innovationsprogrammet InfraSweden2030, en gemensam satsning av VINNOVA, Formas och Energimyndigheten.

635-metoden är en typ av brainstorming, idékläckning, där deltagare i grupp skriver ner idéer på varsitt papper, skickar runt papprena i gruppen, bygger på med text och sedan sammanställer. Workshopen avser idégenerering för tillståndsovervakning av järnvägar och fordon. Manual för utförande av metoden tillhandahölls av projektet OptiKrea, som startades av Järnvägstekniskt centrum (JVTC) vid Luleå tekniska universitet (LTU).

Syftet med projektet i sin helhet är att utveckla och fälttesta mätsystem för tillståndsbedömning och underhåll av järnvägsinfrastruktur. Mätsystemen bygger på öppen hård- och mjukvara.

Projektgruppen består av Damill, eMaintenance365, Infranord, JVTC, ämnet drift- och underhållsteknik på LTU, Sweco Rail, Trafikverket och Vossloh. Projektet pågår mellan 2016 – 2018. Projektresultat med fälttester hittas i Lindqvist (2017).

Följande personer har bidragit till workshopen och denna rapport:

Anton Nilsson, eMaintenance365
Jesper Westerberg, eMaintenance365
Roland Bång, Infranord
Veronica Jägare, JVTC/LTU
Christer Stenström, JVTC/LTU
Jonas Lindqvist, LTU
Julia Jägare, Residensskolan
Fredrik Andersson, Sweco
Arne Nissen, TRV
Peter Söderholm, TRV
Björn Lundwall, Vossloh

Sammanfattning

635-metoden har tillämpats i en workshop för att identifiera möjliga praktiska tillämpningar av dataloggers/sensorer i järnvägsinfrastruktur. Workshopen bestod av elva deltagare och varade i tre timmar. Sammanställning resulterade i ca. 40 frågställningar vid införelse eller utökade av sensorer i järnvägar, samt ca. 80 idéer på tillämpningar/fenomen för sensorer i järnvägar. Många frågor och idéer på tillämpningar är väl kända sedan tidigare, men vissa frågor/idéer är mer sällan uttryckta.

Frågorna/idéerna i denna rapport kan vara behjälpliga vid arbete eller tankeverksamhet kring tillståndsövervakning av järnvägar och rullande materiel. Frågorna/idéerna behandlar både småskalig tillämpning av sensorer och storskalig tillämpning, dvs. sakernas internet eller internet of things.

För att gå vidare med frågorna/idéerna kan de väljas ut i en workshop i grupp eller genom individuellt arbete. Att utveckla eller diskutera idéerna vidare är dock utom denna rapports räckhåll.

Nyckelord: järnväg, underhåll, tillståndsbaserat underhåll, sakernas internet, internet of things, idégenerering, 635-metoden, brainstorming.

Innehåll

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introduktion | 5 |
| 1.1 | Bakgrund | 5 |
| 1.2 | Mål | 6 |
| 1.3 | Disposition | 6 |
| 2 | Metod | 7 |
| 2.1 | Problemklarläggning | 7 |
| 2.2 | Målformulering | 8 |
| 2.3 | Idégenerering | 9 |
| 3 | Resultat | 11 |
| 3.1 | Problemklarläggning | 11 |
| 3.2 | Målformulering | 15 |
| 3.3 | Idégenerering | 15 |
| 4 | Slutsats | 21 |
| | Litteraturförteckning | 22 |
| A | Idégenerering | 23 |
| A.1 | Idégenerering | 23 |
| B | Bilder från idégenerering | 33 |

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Viktiga steg för internationellt konkurrenskraftiga och hållbara transporter är effektivare tillståndsbaserat underhåll och övergång av transporter från väg och flyg till järnväg. Effektivare tillståndsbaserat underhåll av järnvägar kan leda till högre tillförlitlighet (driftsäkerhet, funktionssäkerhet, underhållsmässighet och underhållssäkerhet) och ökad livslängd, vilket innebär uppskjutna nyinvesteringar, och därmed ökad hållbarhet. Men ska utökat tillståndsbaserat underhåll vara möjligt, måste mätsystem (mikrokontrollers och sensorer) vara billiga, effektiva och enkla att använda. Detta är möjligt med öppen hård- och mjukvara, där ett mätsystem kostar några hundra kronor, jämför med ett proprietärt system som vanligtvis kostar 5-10 kkr. I takt med att elektroniska kretsar har blivit billigare, mindre i storlek, kraftfullare och mer tillgängliga, kan mätsystem för tillståndsövervakning konstrueras och appliceras mer kostnadseffektivt och i större omfattning än tidigare. I stor skala kallas detta sakernas internet (Internet of Things – IoT).

Syftet med projektet är att utveckla och fälttesta mätsystem för tillståndsbedömning och underhåll av järnvägsinfrastruktur. Målet med projektet är att vid projektavslut fastställa prototyps funktioner och användbarhet i spårväxlar och rakspår.

Öppen hård- och mjukvara ska nyttjas inom projektet, vilket innebär snabbare, billigare och skraddarsydd design, och även att myndigheter och företag kan upphandla skraddarsydda produkter från ett stort antal leverantörer till en låg produktkostnad. Öppen hård- och mjukvara gynnar även öppen innovation. Förväntat resultat är utvärdering av nytta och möjliggörande av en uppkopplad infrastruktur genom billiga mätsystem.

Hårdvara kommer enligt kravspecifikation bygga på öppna produkter, t.ex. mikroelektromekaniska system (MEMS). Fälttester avser växelkors, växeltungor, punktfel i spårläge och luftburet ljud/gnissel i kurvor. Fokus ligger på IoT-lösningars användbarhet, driftsäkerhet och kostnad/nytta för tillståndsövervakning av system i järnvägar.

För att identifiera möjliga praktiska tillämpningar av mätsystem i järnvägsinfrastruktur, utfördes en workshop för idégenerering. Metoden som tillämpades är 635-metoden, en typ av brainstorming, idékläckning, där deltagare i grupp skriver ner idéer på varsitt papper, skickar runt papprena i gruppen, bygger på med text och sedan sammanställer. En riktlinje är att vara sex personer, där varje person skriver ner tre idéer under fem minuter, innan man skickar runt papprena, dvs. 635.

Workshopen utfördes med manual tillhandahållen av projektet OptiKrea, som startades av Järnvägstekniskt centrum (JVTC) vid Luleå tekniska universitet (LTU) för att tillvarata den potential som samarbete innebär inom de första faserna av produkt- och processutveckling. Projektet har utvecklat arbetsmetoder som underlättar samarbete mellan Trafikverket och andra järnvägsaktörer vid utveckling av järnvägprodukter och underhållsprocesser så att dessa kan möta Trafikverkets behov.

1.2 Mål

Målet med idégenereringen är att identifiera möjliga praktiska tillämpningar av mätsystem i järnvägsinfrastruktur för insamling av data för mer kostnadseffektivt förebyggande underhåll.

1.3 Disposition

Nästkommade kapitlen är metod, resultat och slutsats. Workshopen resulterade i tio stycken bilder i A3 pappersformat; dessa bilder hittas i bilaga B. Bilderna är sammanställda i text i bilaga A. I resultatkapitlet är bilderna sammanfattade ytterligare med dess bidrag kategoriserade.

2. Metod

Inom forskningsprojektet OptiKrea studerades ett flertal metoder för idégenerering (Peterson 2017). Bland annat fann projektgruppen 635-metoden vara effektiv för idégenerering. Inom projektet vindareutvecklades metoden och sammanställdes även i en lathud för genomförande. Utifrån utvärdering i OptiKrea valdes metoden ut för denna workshop.

OptiKrea-lathunden beskriver kortfattat de metoder som utvecklats inom OptiKrea-projektet. Metoderna som inkluderades i workshopen är problemklarläggning, målformulering och idégenerering. Problemklarläggningen och målformulering förbereddes innan workshopen för att kunna sätta mer tid på idégenereringen. Detta är ett val man gör beroende på tid till förfogande. Workshopen började med genomgång och revidering av problemklarläggningen och målformuleringen under en timme, följt av idégenerering under två timmar. Deltagarna bestod av:

- 1 Specialist banöverbyggnad, 13 års erfarenhet, Trafikverket
- 1 Produkt och metodutvecklare, 30 års erfarenhet, Infranord
- 1 Utvecklare, 3 års erfarenhet, eMaintenance 365
- 1 Utvecklare, 1 års erfarenhet, eMaintenance 365
- 1 Konsult, 15 års erfarenhet, Sweco Rail
- 1 Utredare underhåll, 15 års erfarenhet, Trafikverket
- 1 Student, 0 års erfarenhet, LTU
- 1 Verksamhetsledare, 6 års erfarenhet, LTU
- 1 Student, 0 års erfarenhet, Residensskolan
- 1 Produktutvecklare, 30 års erfarenhet, Vossloh
- 1 Biträdande lektor, 7 års erfarenhet, LTU

där erfarenhet avser järnväg. Tillvägagångssätt beskrivs nedan och är utdrag ur handboken från OptiKrea.

2.1 Problemklarläggning

Process

1. Initiativtagaren ger en kort introduktion till problemet.
2. Alla deltagare jobbar individuellt med problemklarlägningsfrågorna.
3. Gruppen går igenom en fråga åt gången. Deltagarna turas om att presentera sina svar på frågan. Svaren från alla deltagare dokumenteras där alla kan se dem (t.ex. dator kopplad till projektor eller whiteboard). Gruppen diskuterar och summerar svaren på

en fråga innan gruppen fortsätter till nästa fråga. Punkt 3 upprepas för alla frågor.

4. Etablera preliminär LCC-modell och samhällskostnadsmodell och gör en LCC- och samhällskostnadsberäkning för dagens befintliga produkt/situation (om relevant) för att se var kostnadsdrivarna finns.
5. Check av att problemklarläggning och speciellt orsakerna till problemet är tillräckligt väl belysta och förstådda för att det ska vara vettigt att gå vidare i processen.

Problemklarlägningsfrågor

1. Vad är problemet med nuvarande lösning/situation? Varför behöver den bytas eller modifieras?
2. Vad handlar problemet egentligen om och var ligger det största behovet?
3. Vem vill att problemet ska lösas och varför?
4. Vad är (rot)orsakerna till problemet?
5. Vilka funktioner ska produkten kunna utföra, nu och i framtiden? Vilka uppgifter ska produkten lösa?
6. Vilka egenskaper måste produkten ha/inte ha?
7. Vilka krav ställer miljön som produkten ska placeras i på lösningen?
8. Vilka icke uttalade önskemål, krav och förväntningar existerar?
9. Vilka vägar står öppna/stängda för anskaffning av produkten?
10. Vilka alternativa produkter finns?
11. Vilka standardkrav finns? Vilka lagstiftningar?
12. Vilka krav/önskemål finns på ändringsmöjligheter?
13. Vilka tekniska, miljömässiga och ergonomiska trender finns?
14. Finns det tidigare projekt (eller upphandlingar) som är relevanta för frågeställningen?
15. Hur många produkter finns det behov av? Hur stor förväntas produktvolymen bli?
16. Finns det andra aspekter som inte berörts redan?

2.2 Målformulering

Process

1. Syftet med att formulera en målsättning är att förvissa sig om att alla deltagarna har samma tolkning av vad projektet ska uppnå samt att vara en ledstjärna under projektet. Målsättningen bör vara 1-3 meningar lång.
2. Alla deltagare skriver individuellt ned en målsättning.
3. Deltagarna turas om att presentera sina målsättningar för resten av gruppen, diskuterar därefter bidragen och kommer överens om en gemensam målsättning som alla är klar över vad den innebär.

2.3 Idégenerering

Generella anvisningar

1. Maximera antalet idéer (gamla och nya).
2. Undvik negativ kritik.
3. Noggrann genomgång av förslagens potential görs i ett senare skede.
4. Utse en person som ansvarar för att hålla reda på tiden (ställ in timern så att det ringer när tiden är slut i varje steg).
5. Skriv bara på ena sidan av papperna. Ta ett nytt papper istället för att skriva på baksidan.
6. Metoden rekommenderas för maximalt 6 deltagare i gruppen (alternativt max 6 rundor i Steg 1).

Steg 1: Modifierad 635 (10 min × antalet deltagare)

1. Under 10 minuter kommer varje deltagare med minst tre förslag på hur frågeställningen kan lösas. Förslagen dokumenteras med hjälp av skisser och/eller text på ett A3-papper.
2. Varje deltagare skickar "sitt" papper med förslag till sin vänstra granne.
3. Grannen läser igenom förslagen och lägger sedan till minst tre förbättringar, kombinationer av tidigare förslag eller nya förslag under 10 min. Det är OK att fråga grannen till höger vad de menat med förslagen man mottagit.
4. Papperna med förslagen passerar alla deltagare (dvs. denna fas är slut när man får tillbaks det papper man börjat med). Om gruppen har fler än sex deltagare rekommenderas att steg b och c upprepas max fem gånger och att varje deltagare sedan får det papper som han/hon började med.

Steg 2. Presentation och feedback på förslagen (5 min + 10 min × antalet deltagare)

1. Deltagarna använder 5 min på att läsa igenom förslagen och idéerna på det papper som de själva startade med i Steg 1.
2. Varje person presenterar förslagen på det papper som de själva började med, vid behov hjälper övriga deltagare till att förklara om det är något presentatören inte förstår.
3. Efter varje presentation skickas det presenterade A3-pappret laget runt och deltagarna turas om att ge muntlig feedback på förslagen (t.ex. frågor, förbättringar och potential). Eventuell återstående tid kan användas för diskussioner av förslagen.
4. Maximalt 10 minuter per papper för presentation och feedback.

Steg 3: Galleristeg (10 min)

1. Papperna med förslag från Steg 1 sätts upp på en vägg, läggs ut på bordet eller arrangeras på annat vis så att alla deltagare kan se dem.
2. Varje deltagare jobbar individuellt med att utveckla och kombinera idéer från idésamlingen från Steg 1 efter presentation och diskussion av dessa i Steg 2. Nya idéer är

också välkomna. Använd nya A3-papper för att dokumentera idéerna med hjälp av skisser och/eller text (10 min).

3. Syftet är fortfarande att samla så många idéer som möjligt!

Steg 4. Presentation och feedback på förslagen (5 min × antalet deltagare)

1. Varje deltagare presenterar förslagen på sitt papper för resten av gruppen.
2. Efter varje presentation skickas det presenterade A3-pappret laget runt och deltagarna turas om att ge muntlig feedback på förslagen (t.ex. frågor, förbättringar, potential). Eventuell återstående tid kan användas för diskussioner av förslagen.
3. Maximalt 5 minuter per deltagare för presentation och feedback.

3. Resultat

Resultatet presenteras i samma följd som tillvägagångssättet; problemklarläggning, målformulering och idégenerering. Eftersom problemklarläggningen och målformuleringen förbereddes innan workshopen är några steg i tillvägagångssättet exkluderade.

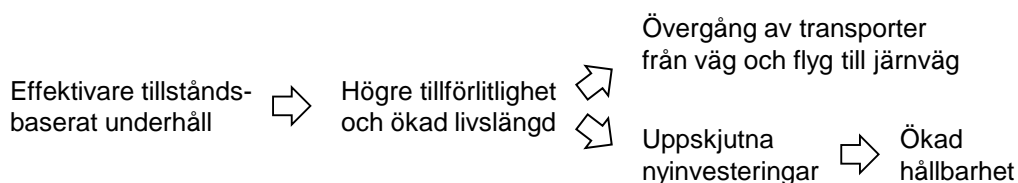
3.1 Problemklarläggning

Problemklarläggningen reviderades av deltagarna under workshop.

Initiativtagaren ger en kort introduktion till problemet.

Sakernas internet har växt i takt med att dataloggers har blivit billigare, effektivare, mindre i storlek och tillgängligare, samt att mobila nätverk har utvecklats med bättre täckning och lägre strömförbrukning för uppkopplade enheter. Dock kostar en datalogger vanligtvis mellan 5-10 kkr. Detta InfraSweden2030 projekt har således startats för att studera möjligheten att använda billig öppen hård- och mjukvara för tillståndsovervakning av järnvägsinfrastruktur. Detta ökar kunskapen inom projektgruppen, t.ex. vid upphandlingar, och ökar pressen på billigare sensorer och dataloggers. Projektet stödjer även öppen innovation.

Viktiga steg för internationellt konkurrenskraftig och hållbar infrastruktur är effektivare tillståndsbaserat underhåll och övergång av transporter från väg och flyg till järnväg. Effektivare tillståndsbaserat underhåll av järnvägar kan leda till högre tillförlitlighet och ökad livslängd, vilket innebär uppskjutna nyinvesteringar, och därmed ökad hållbarhet (Figur 3.1).



Figur 3.1: Konkurrenskraftig och hållbar infrastruktur.

Bakgrunden till problemet är därmed att vi kontinuerligt behöver effektivisera driften och underhållet av våra järnvägar för konkurrenskraft och miljö. Vi kommer således fram till problemet i fråga för OptiKrea-workshopen:

Var, vad och hur ska vi mäta för tillståndsovervakning i järnvägsinfrastrukturen?

Problemklarlägningsfrågor

1. Vad är problemet med nuvarande lösning/situation? Varför behöver den bytas eller modifieras?

Nuvarande situationen är att schemalagt förebyggande underhåll (FU) står för en stor kostnad av budgeten för förvaltningen av våra järnvägar. Tillståndsbaserat FU har potentialen att vara mer kostnadseffektivt med bibehållen eller ökad säkerhet, ge högre tillgänglighet och bättre planerbarhet. Schemalagt FU är inte alltid optimalt, men billigare än avhjälpande underhåll (AU).

2. Vad handlar problemet egentligen om och var ligger det största behovet?

Problemet handlar om att vi vill ha färre Uh-personal och besiktningsmän ute i spår. Behovet ligger i:

- I Det schemalagda FU med täta besiktningar (t.ex. var tredje månad) som en sensor istället skulle kunna mäta
- I Besiktningsanmärkningar som kräver täta kontroller eller åtgärd för att undvika täta kontroller av UH-personal som åker ut till spåret. En temporär sensor kan användas
- I Åtgärder i järnvägen som behöver efterkontroll; en temporär sensor kan istället användas
- I Stöd för den som besiktar. Inte mål att ta bort besiktningsmän; inte det primära, men kan fördela om medel. Bättre underlag för han/hon som är i spår.
- I Vad vi inte kan mäta med trafik (tåg), utan måste ha fasta sensorer.
- I Stöd vid efterkontroll. Är något som saknas i dagsläget.
- I I många fall är en sensor mer 'exakt'/pålitliga, eller i alla fall mer konsekvent, dvs. mer objektiv.

3. Vem vill att problemet ska lösas och varför?

Konkurrenskraftig järnvägstransport avseende driftsäkerhet och monetär kostnad ökar transportvolymerna och investeringarna. Detta är av intresse för alla organisationer med affärer inom järnvägar. Underhåll och hållbarhet får större och större betydelse.

4. Vad är (rot)orsakerna till problemet?

Den egentliga rotorsaken till underhåll är entropi (termodynamikens andra huvudsats), dvs. oordningen ökar och allt strävar efter sänka sin energi, vilket ger förslitning och åldring, främst i form av korrosion, nötning och utmattning, men även t.ex. årstider. Effekter i järnvägar kan vara:

- I Korrosion/rost/fukt/vatten
- I Utmattning
- I Nötning
- I Dynamiska mekaniska spänningar
- I Friktion i rörliga delar
- I UV-nedbrytning av polymerer
- I Elektrisk ström utanför bestämda intervall
- I Tjäle och snö
- I Överbelastning (mekanisk spänning)
- I Funktionsfel i elektroniska komponenter

- I Geometrifel
- I Avrinning
- I Dålig design avseende t.ex. korrosion och nötning

5. Vilka funktioner ska produkten kunna utföra, nu och i framtiden? Vilka uppgifter ska produkten lösa?

Avgörande funktion och uppgift att lösa är att kostnadseffektivt kunna mäta storheter, t.ex.:

- I Temperatur
- I Volt
- I Ampere
- I Acceleration/vibrationer
- I Avstånd
- I Luftfuktighet
- I Ljus (kamera)
- I Infraröd strålning (termografi)
- I Mekanisk spänning (töjningsgivare)
- I Luftburet ljud (mikrofon)
- I Magnetfält och magnetiskt ledande metall (stål)

Storheterna ska kunna mätas med upplösning (bit) och frekvens (sampling) enligt applikation och behov. Vidare ska dataloggers kunna lagra och trådlöst skicka vidare insamlad data enligt applikation och behov.

6. Vilka egenskaper måste produkten ha/inte ha?

Egenskaper en datalogger måste ha oavsett temporär eller permanent installation är:

- I Robust mot tapp/fall och slag från t.ex. is i dess driftmiljö
- I Vattentät
- I Användarvänlig; enkel installation och uppstart
- I Enkelt och driftsäkert byte av batteri vid batteridrift
- I Batterilivslängd och temperaturlåglighet enligt applikation/behov
- I Kalibrering (enkelt), behov av manuell kalibrering eller självkalibrerande
- I Tillförlitlighet över tid, t.ex. falsklarm och batteri
- I Billigt inköp, dvs. hundralappar eller under tusen kr
- I Livslängd i antal år enligt applikation/behov
- I Säker strömförsörjning gentemot strömförsörjare

Egenskaper och krav bör separeras mellan sensor och själva datalogger och dess funktioner. Fungerande grejer får kosta uppåt 5 kkr i många fall, t.ex. växlar. Jmf t.ex. med kostnad för uh-pers att gå ut i fält. Kan paketera på olika sätt, t.ex. vid upphandling.

7. Vilka krav ställer miljön som produkten ska placeras i på lösningen?

Produkten/produkterna måste vara:

- I Robust mot tapp/fall och is/snö från tåg i dess driftmiljö
- I Vattentät

- 1 Enkel att installera, starta och vidmakthåll/drifta. Ska inte behöva lägga massa tid på att få data till information (visualisera). Install and forget
- 1 Övervaka sig själv
- 1 Tåla vibrationer (≥ 100 g i vissa fall)

8. Vilka icke uttalade önskemål, krav och förväntningar existerar?

- 1 UH-personalen ska inte störas av den. Finns arbetsmiljöfrågor kring sensorer i spår, t.ex. ska inte kunna snubbla på grejerna. Ska inte se ut som ett suspekt objekt/anordning
- 1 Samordning mellan t.ex. 10 sensor
- 1 Varje sensor ska inte prata sitt eget språk
- 1 Måste vara kopplat till en standard/protocol så sensorer/data kan samköras och data är jämförbart
- 1 Framförallt att leverantörerna inte ska låsa in saker t.ex. med hjälp av kontrakt. Jämför med t.ex. signalsystem
- 1 Någonstans en nod som alla sensorer kan prata till

9. Vilka vägar står öppna/stängda för anskaffning av produkten?

Utbudet av dataloggers¹ eller datainsamlingsenheter är begränsat när tidigare givna funktioner tas i beaktning. Bli t.ex. problem om man vill ha både trådlös överföring av data och batteri. Även begränsat när det kommer till att installera egen programmering

Vanligtvis kostar varje datalogger eller enbart sensor 5-10 kkr. Utbudet och priset förväntas fortsätta i en positiv trend, och framförallt med introduktion av 5G omkring år 2020. Utbudet och priset förväntas fortsätta i en positiv trend, och framförallt med introduktion av 5G omkring år 2020.

Tillhandahålla tjänsten är separat från att sälja produkten. För- och nackdelar; t.ex. ansvarsfördelning. Regelverk även om ansvar kan överföras från TRV till annan organisation. Der är en avtalsfråga om vem som äger data och även hur man kan använda och dela med sig av data.

10. Vilka alternativa produkter finns?

Kommersiella produkter är dyra och därmed inte kostnadseffektivt i nuläget. Exempelvis montering av endast en sensor i varje järnvägsväxel blir en stor inköpskostnad med tanke på omkring 10 000 växlar och en sensorkostnad på 5-10 kkr. Dock i växelfallet kan mätenhet få kosta uppåt 5 kkr, men beror på vad för data som ska loggas; data är olika värdefullt, t.ex. vibration/förskjutning gentemot temperatur.

11. Vilka standardkrav finns? Vilka lagstiftningar?

Dataloggers får inte påverka säkerheten eller driftsäkerheten negativt. Måste även ta hänsyn till informationssäkerhet.

12. Vilka krav/önskemål finns på ändringsmöjligheter?

Vid internetuppkopplad dataloggers är det önskvärt att kunna ändra inställningar i dataloggrarna på distans; nästan en förutsättning eftersom vi inte kan åka ut till spår för att byta programvara på t.ex. 10 000 sensorer.

¹Termen datalogger brukar avse loggning av data med låg frekvens, t.ex. en gång per dag eller per sekund. Datainsamling kan dock avse t.ex. 100 MSPS (miljoner mätningar per sekund).

13. Vilka tekniska, miljömässiga och ergonomiska trender finns?

Elektroniska kretsar förväntas fortsätta bli billigare, energieffektivare, beräkningskraftigare, miniatyriserade och erhålla fördelar från öppen hård- och mjukvara². 5G förväntas öka på denna trend eftersom 5G inkluderar frekvens för sakernas-internet. Även miljöfrågor angående återvinning av elektronik förväntas få större betydelse.

14. Finns det tidigare projekt (eller upphandlingar) som är relevanta för frågeställningen?

Mer eller mindre relaterade tidigare projekt finns men litteraturstudien är inte komplett.

15. Hur många produkter finns det behov av? Hur stor förväntas produktvolymen bli?

Frågan går inte att svara på eftersom Idégenereringen handlar om att ta fram möjliga praktiska tillämpningar. Men ett exempel är montering av endast en sensor i varje järnvägsväxel blir en stor inköpskostnad med tanke på omkring 10 000 växlar och en sensorkostnad på 5-10 kkr.

16. Finns det andra aspekter som inte berörts redan?

Inget anmärkt.

3.2 Målformulering

Målet med idégenereringen reviderades av deltagarna under workshopen till att:

Identifiera möjliga praktiska tillämpningar av dataloggers/sensorer i järnvägsinfrastruktur för insamling av data för mer kostnadseffektivt FU; Tänk inte sensorer, utan tänk fenomen som vi vill kunna lösa

3.3 Idégenerering

Resultatet består av 10 st A3 bilder; see bilaga B. Bilderna är sammanfattade i text i bilaga A. I detta avsnitt är bilderna sammanfattade ytterligare och kategoriserade enligt:

- 1 Frågor avseenden syfte med mätning
- 1 Frågor avseenden datasäkerhet och tillgång till data
- 1 Kostnadsfrågor
- 1 Frågor utan kategorisering
- 1 Praktiska tillämpningar av sensorer med typ av mätning / fenomen

Identifierade frågor avseenden syfte med mätning:

- 1 Analysera data från flera olika källor. Kombinera mätning av exempelvis spårläge, dels från mätvagn, dels från reguljär trafik, dels från fasta sensor installationer.

²Se t.ex. marknaden för Arduino och 3D-skrivare.

- Samband mellan kontaktledningsslitage och spårläge. Samanalysera spårläge, kontaktledning och pantograf. Data från flera olika källor som ovanstående kan utesluta vissa fel eller ge en bild av okända fel. Sensorer och datafusion – Få en mer komplett lägesbild då felen uppstår; vilka kombinationer är kritiska?
- I Möjliggöra grundlig orsaksanalys vid fel. Bättre kunna ringa in vad som felat: Felupptäckt, fellokalisering, orsaksidentifiering – Feldiagnostik
 - I Samla data för att skapa/förfina generell nedbrytningsmodell. Effektsamband: tillstånd-åtgärd-effekt. Övervaka att nedbrytning ej sker snabbare än förväntat
 - I Data-information-kunskap = Hela kedjan bör beaktas och helst från ett beslutsperspektiv, ej teknikperspektiv
 - I Data ska vara enkel att hantera och analysera så information erhålls. Därmed kan större delen av tiden ägnas åt lösningar av uppkommet fel
 - I Viktigt med erfarenhetsåterföring för att förbättra systemet/produkter
 - I Stöd inför upphandlingar; att ha historik
 - I Mätningar måste vara tillförlitliga
 - I Temporära sensorer för mätning innan/efter/under spårarbeten
 - Accelerometer/vibrationsmätning
 - Bonus/vite utifrån resultat
 - Mäta effekten av en uh-åtgärd
 - Mät skillnader före och efter spårriktning. Följ upp efter spårriktning. Rälprofil kontrolleras efter att slipning gjorts för att se bland annat ekvivalent konicitet
 - I Temporära sensorer för misstänkta fel på tåg
 - I Sensorer i både spår och tåg för att upptäcka skillnader mellan feltyper och lastvikter
 - I Kan vi använda ATC-data? Kombinera med annan data
 - I Accelerometer mäter förändring av hastighet per tidsenhet. Om den rörliga massan är okänd så förblir kraft och arbete okänt.
 - I Analysera behov utifrån linjära objekt och punktoobjekt samt frekventa och sproadiska fel.
 - I Uppkoppling är i många fall nödvändigt och i vissa fall inte nödvändigt.
 - I Förregling (lägga säker tågväg) – Händelsestyrd övervakning / kontinuerlig övervakning. Process/rutin för händelsestyrd övervakning intressant
 - I Kartlägga applicering vid kritiska punkter (där fel orsakar stor skada, effekter)
 - I Förmåga att ta hand och analysera stora mängder data
 - I Nyttja filtrering vid tågpassage så att det som mäts vid 10 000 Hz skickas filtrerat till 100 Hz
 - I Förmåga att förstå om datakvalitet är dålig. Tillförlitlig data
 - I Tillåta under uppbyggnadsskede fler mättekniker och inte bara satsa på en leverantör och en teknik
 - I Processbeskrivning från det förutsagda slitaget till åtgärd i spår
 - I Förutsäga vad som kommer att hända för bättre planering
 - I Mer automatiserad insamling av data på sikt
 - I Koppla hjuldata mot belastningar i spårväxlar, se samband?
 - I Koppla samman mätning av tillstånd på hjul och bana. Ser vi någon trend?
 - I Skaksensor
 - I Interface med vanligt uh så det inte 'förstör' för varandra
 - I Ranka största problemområden. Hur mäta/övervaka dessa? Hur tolka/analysera data?

Prediktioner

- 1 Mäta total trafikbelastning
 - Trafikdata som idag lagras i Opera kan koordineras med tågviikt. Detta kan ge bättre uppgifter än idag. Sensorer efter spårledningsuppgifter kan användas för att följa vilken väg tåget gått och om den kört enligt plan
 - Billiga loggers med töjningsgivare som mäter detta. Alltså en stor kabinett på sidan om spåret ska inte behövas
- 1 Identifiera högkonsekvens-platser

Identifierade frågor avseenden datasäkerhet och tillgång till data:

- 1 Öppen data så långt det går
- 1 Data för vem, t.ex. allmänheten. Databas tillgänglig för leverantörer av material/tjänster för att förbättra dessa
- 1 Informationssäkerhet måste hanteras över anläggningens hela livscykel
- 1 Förhindra manipulering
- 1 Lagring av historisk data som skall vara tillgänglig för parter kring systemet
- 1 Bestämna var data ska förädlas
- 1 Ägande/delande av data

Identifierade kostnadsfrågor:

- 1 Behöver inte alltid vara TRV som betalar för sensorer då annan part önskar informationen
- 1 Affärsmodeller win-win

Identifierade frågor utan kategorisering:

- 1 Linjära objekt (spår) vs. punktobjekt (växlar) kan kräva olika lösningar; övervakning via fordon vs. infra
- 1 Felet försvann? När belastning från tåget försvann. Inträffar de intermittenta felen 'alltid' i samband med tågpassage? Belastad vs. obelastad mätning
- 1 Datalogger som appliceras där fel uppträder och försvinner med jämna mellanrum (intermittenta) för att konstatera orsaken till problemet
 - Koppla samman med ATC-data från fordon eller balis
 - Mobila enheter enkla att koppla in/ut, plug & play
 - Kan vara: kamera, termografi, ström, volt och töjning
 - Be leverantörer förbereda de olika komponenterna med logger och gränssnitt.
 - Lista kravspecifikation (examenarbete?)
- 1 Vilka alternativ finns istället för batteridrift? (t.ex. självuppladdande enheter, solcell?)
 - Vid spår: solcell. På tåg beroende på placering: energi från tåget, omvandla rörelseenergi och batterier
 - Vid spår: Batteriladdare som nyttjar tågets rörelseenergi
 - Energi från ATC-antenn. Energi från piezo-elektrisk film som fladdrar/vibrerar från tåg
 - Trådlös överföring av energi som ligger i kabelrännorna

Praktiska tillämpningar av sensorer med typ av mätning / fenomen är sammanfattade i tabellerna 3.1-3.3.

Tabell 3.1: Praktiska tillämpningar av sensorer.

| System | Delsystem | Typ av mätning / fenomen |
|-----------------|-----------------|---|
| Kontaktledning | Kontakttråd | <ul style="list-style-type: none"> 1 Mäta strömavtagning. Mäta hur jämt strömavtagningen sker såväl elektriskt som mekaniskt (elektrisk kontakt) 1 Mäta mekanisk belastning i kontakttråden 1 Filma kontakttråden från tåg 1 Montera töjningsgivartråd längs med tråden 1 Logga när och var ljusbågar uppstår |
| | Bärlina/bärtråd | <ul style="list-style-type: none"> 1 Montering av sensor på tåg för mätning av bärlina |
| | — | <ul style="list-style-type: none"> 1 Nedriven kontaktledning – Identifier orsak och mäta |
| Banunderbyggnad | Dränering | <ul style="list-style-type: none"> 1 Övervaka dränering |
| | Underballast | <ul style="list-style-type: none"> 1 Utsliten underballast. 1 Mäta storleken på sättningar i spår i belastat läge. Höghastighetsfotografering med referenspunkter 1 Markradar (georadar)? Mättåg vs. reguljär trafik 1 Horisontell och vertikal geometristabilitet 1 Mäta fuktighet i ballast kontinuerligt 1 Sensorer på tåg i ordinarie trafik mäter läge på spår för att detektera förändringar. Kan även mäta fel i banöverbyggnad. Accelerometermätning med bra GPS-koordinater och tidmätning kombinerat med hastighet 1 Övervakning med 3D skanner för att se på absolut spårläge över lång tid. Kan användas för att övervaka stabiliteten i en bank/slänt. Kan användas för att följa upp spårjustering. Hur snabbt återkommer felen? 1 Satellitövervakning malmbanan vid 35 ton test InSAR |
| Spår | Räl | <ul style="list-style-type: none"> 1 Accelerometer/vibrationsmätning (Impulser/stötar) 1 Akustisk emission mäter spricktillväxt och ultraljudssensor används för att skicka och analysera om det finns sprickor 1 Rälstemperatur 1 Mekanisk spänning med ultraljud som mäter kornstrukturens utsträckning/kompression. Trådtöjningsgivare 1 Mäta rälprofil så noggrant att det kan användas för beräkningar 1 Mät vibration i räl. Kan ge indikera behov av slipning/påläggssvetsning 1 Mikrofon som hör gnissel i kurva |
| | Sliper | <ul style="list-style-type: none"> 1 Mäta vibrationer i sliper. Det kan ge behov av stoppning. Koppla vibration mot passerande tåg? Finns samband? 1 Mätning på sliper kan även göras med geofon |

Tabell 3.2: Praktiska tillämpningar av sensorer.

| System | Delsystem | Typ av mätning / fenomen |
|-----------|---|--|
| Spår | Trumma | <ul style="list-style-type: none"> 1 Punktfel höjdläge. Mäta punktfel (värden) i växlar (tungspets och korsningsparti) i horisontal och vertikalplan |
| | Isolskarv | <ul style="list-style-type: none"> 1 Överledning. Använda kamera 1 Punktfel höjdläge. Mät acceleration i skarvjärnen. Hög acceleration påvisar fel spårläge 1 Mäta magnetfält vid magneten för att ta bort spånor från isolskarvar 1 Kamera som övervakar isolskarv avseende övervalsning, 'iselmellanlägg' och sprickor vid skruvförband 1 Magneter används för att fånga spånor. Kameran kan användas för att larma när magneterna är fulla 1 Om det var tillåtet skulle man kunna mäta upp kryptströmmen mellan sektioneringarna 1 Höghastighetsfotografera i belastat läge |
| | Rälsskarv (skarvspår) | <ul style="list-style-type: none"> 1 Följ upp problemen med skarvar i skarvspår. Mät skillnader med skimsning av skarvar |
| Spårväxel | Omläggnings- /kontroll -anordning | <ul style="list-style-type: none"> 1 Omläggningstid. Mäta om anläggningen går tungt 1 Energiåtgång 1 Inkommande spänning för låg 1 Ljud 1 Accelerometer/vibrationsmätning 1 Växeltungans position. Växel ej i kontroll. Mäta/övervaka om det finns hinder mellan tungan/stödräl 1 Övervaka med kamera från kontaktledningssystem (bärlina) 1 Korrelation med ström vid växling 1 Antal omläggningar 1 Fuktighet i växeldriv 1 Smutsiga/ojämna/hela glidplattor 1 Värme på glidplattan; kan den mätas? 1 På något sätt övervaka reläer och fingrar i växeldrivet 1 Omläggningskraft |
| | Korsning | <ul style="list-style-type: none"> 1 Mäta krafter från olika tåg 1 Punktfel höjdläge 1 Mäta punktfel (värden) i växlar (tungspets och korsningsparti) i horisontal och vertikalplan 1 Ojämheter i farbana/farkant som genererar kraftiga impulser/stötar i: Tungspets, korsningsparti: korsning och moträl, och efter långsliparna 1 Mät vibration i sliper vid korsning 1 Kameraövervakning kan upptäcka snöklumpar i växelunga/stödräl. Kan även användas vid plankorsning för att minska spårspring. Använd drönare 1 Slag och antal slag i växelkryss. Koppla mot passerande fordon för att hitta samband |

Tabell 3.3: Praktiska tillämpningar av sensorer.

| System | Delsystem | Typ av mätning / fenomen |
|---------------------|-----------------------|---|
| Plankorsning | Bom | <ul style="list-style-type: none"> ⚡ Energiåtgång ⚡ Omläggningstid ⚡ Ljud ⚡ Kameraövervakning kan upptäcka snöklumpar i växeltunga/stödräl. Kan även användas vid plankorsning för att minska spårspning |
| Rullande materiel | Strömvtagare (lok) | <ul style="list-style-type: none"> ⚡ Filma pantograf, mäta yttergränser eller glapp? ⚡ Mäta krafter vid sinussvängningar från tåg |
| | Hjul | <ul style="list-style-type: none"> ⚡ Övervakning av tillstånd/kvalitet på hjul. Kan använda mikrofon ⚡ Mäta tågpassage avseende: rörelse/vibration/slag, vikt/belastning/kraft, ljud, antal passager ⚡ Mikrofon som hör gnissel och slag från hjul. Påbyggnad på hjulplatta: Även vibration kan mäta |
| Elanläggningar | – | <ul style="list-style-type: none"> ⚡ Kontinuerlig övervakning av kraftförsörjning. Övervaka kraftförsörjning, exempelvis till signalanläggningar. Höga startströmmar vid induktiv last. Hitta samband mellan säkring som löser ut och exempelvis omkoppling av matande nät eller avvikelser i återgångsström ⚡ Mäta värmesignatur för olika delar |
| | Växelvärme | <ul style="list-style-type: none"> ⚡ Externt billiga temperaturloggrar (10-50 kr) som kan tala med varandra. Kan tala om temperaturen är inom lämpligt intervall ⚡ Mät temperatur på känsliga platser, t.ex. stödknap, ipl ⚡ Fast installerad värmekamera. Alternativt värmekamera på vissa tåg. Tillräcklig upplösning? |
| Signalanläggningar | Likströms-spårledning | <ul style="list-style-type: none"> ⚡ Mäta utmatningsström och spårspänning ⚡ Fellokalisering till specifik skarv ⚡ Tolerans för avvikelse av spårspänning |
| Övriga anläggningar | Tunnel | <ul style="list-style-type: none"> ⚡ Mäta dropp i tunnel. Kanske med mikrofoner. Termografi mäta avdunstning. Mäta fuktighet |
| Övriga anläggningar | – | <ul style="list-style-type: none"> ⚡ Filmning från tåg. Kan en detektor känna skillnaden på djur och människa? Bildanalys? (Hemlarm bedömer massa på föremål) Vem kollar på dagens filmer? Ny roll? |
| | Viltövergångar | <ul style="list-style-type: none"> ⚡ Kameraövervakning för att övervaka vilt. Använd drönare |
| Generellt | – | <ul style="list-style-type: none"> ⚡ Portabla mätutrustningar signal: Flerkanalig mätning i exempelvis reläställverk för att ringa in intermittenta fel ⚡ Fellokalisering till komponentnivå ⚡ Spårbunden drönare. Drönare på räls (kliva av/på) ⚡ Luktsensor |

4. Slutsats

En variant av 635-metoden genomfördes i en workshop under tre timmar med elva deltagare, för att identifiera möjliga praktiska tillämpningar av dataloggers/sensorer i järnvägsinfrastruktur. Sammanställt resultat består av ca. 40 frågeställningar vid införsel eller utökade av sensorer i järnvägar, samt ca. 80 idéer på tillämpningar/fenomen för sensorer i järnvägar. Antal frågor och idéer är endast en subjektiv fingervisning på metodens effektivitet avseende idégenerering. En annan aspekt är om frågorna/idéerna är utförligt beskrivna och utvecklade. För att gå vidare med frågorna/idéerna kan de väljas ut i en workshop i grupp eller genom individuellt arbete, t.ex. med delfi-metoden, där sammanställningen av frågorna/idéerna delas ut till deltagarna, som i sin tur arbetar vidare med dem individuellt, för att sedan åter sammanställas. Att utveckla eller diskutera idéerna vidare är utom denna rapports räckhåll.

Deltagarna i workshoppen uppfattar många frågor och idéer på tillämpningar kända sedan tidigare, men ser även mer nyuppkomna frågor/idéer. För en person eller organisation med betydande erfarenhet kan en enskild ny frågeställning eller idé vara av intresse. Antigen själva frågan/idén i sig eller som ingående information i tankeverksamhet avseende andra frågor/idéer. En sammanställning av frågeställningar och idéer i textform kan även vara värdefullt för spridning inom organisationer.

För tillämpning med fälttester av idéer inom detta projekt, se Lindqvist (2017).

Litteraturförteckning

- Lindqvist, J. (2017). "Tillståndsövervakning av järnvägsinfrastruktur: En studie för framtidens sakernas internet-lösningar". Examensarbete, Högskoleingenjör. Luleå tekniska universitet, Avd. för drift, underhåll och akustik (se sidorna 2, 21).
- Petersson, A. M. (2017). "Collaborative conceptual design methods in the context of the swedish deregulated railway market : From the perspectives of maintenance, infrastructure management, product provision, and research". Doktorsavhandling. Luleå tekniska universitet, Avd. för drift, underhåll och akustik. ISBN: 978-91-7583-773-4 (se sidan 7).

A. Idégenerering

A.1 Idégenerering

Resultatet består av 10 st A3 bilder; see bilaga B. Bilderna sammanfattas i text nedanför var för sig. Numbreringen motsvarar idéer; ett tal är en idé. Detta är en subjektiv bedömning. Indrag i lista som börjar med 'Påbyggnad' avser tillägg till idé.

Bild 1

10 idéer:

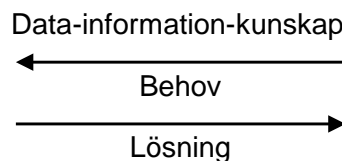
1. Montering av sensor på tåg för mätning av kontaktledning?
 - (a) Påbyggnad: Mäta strömavtagning som mått på hur god elektrisk kontakt
2. Montering av sensor på tåg för mätning av bärlina?
 - (a) Påbyggnad: Montering av sensor på tåg för mätning av räl.
3. Mäta omläggningstid spårväxel
4. Mäta på bommar i järnvägs korsningar
 - (a) Påbyggnad: Likhet med växelomläggning, dvs. mäta energiåtgång, tid, ljud, osv.
5. Temporära sensorer för mätning innan/efter/under spårarbeten
 - (a) Påbyggnad: Kanske accelerometer
 - (b) Påbyggnad: Mäta effekten av en uh-åtgärd — Effektsamband: tillstånd-åtgärd-effekt
 - (c) Påbyggnad: Bonus/vite utifrån resultat?
6. Temporära sensorer för mätning vid misstänkta fel på tåg
7. Öppen data så långt det går.
 - (a) Påbyggnad: För vem, allmänheten, annat?
 - (b) Påbyggnad: Informationssäkerhet måste hanteras över anläggningens hela livscykel
 - i. Påbyggnad: Förhindra manipulering
 - ii. Påbyggnad: Lagring av historisk data som skall vara tillgänglig för parter kring systemet
8. Analysera data från flera olika källor för att få ny kunskap, t.ex. en nyckel är att kombinera mätning av exempelvis spårslitage, dels från mätvagn, dels från reguljär trafik, dels från fasta sensor installationer
 - (a) Påbyggnad: Ökad kunskap om analyser
9. Analysera data om olika anläggningstyper gemensamt för att få ny kunskap, t.ex. samband mellan kontaktledningsslitage och spårslitage
 - (a) Data från flera olika källor som ovanstående kan utesluta vissa fel eller ge en bild av okända fel.

- i. Påbyggnad: Erfarenhet förbättring av system/produkter/metoder
 10. Inte alltid TRV som betalar för sensorer då annan part önskar informationen?

Bild 2

3 idéer:

1. Upptäcka skador i räl/växlar via vibrationsmätning
 - (a) Påbyggnad: Vad kan mätas från fordon?
2. Kunna applicera fler sensorer i järnväg och/eller tåg för att kunna hitta fel i större delar av infrastrukturen
 - (a) Påbyggnad på 1 och 2: Linjära objekt (spår) vs. punktojekt (växlar) kan kräva olika lösningar, övervakning via fordon vs. via infra
3. Syftet med mätningar kan vara flera:
 - (a) Vid akut fel ringa in vad som felat
 - i. Påbyggnad: Felupptäckt, fellokalisering, orsaksidentifiering – Feldiagnostik
 - (b) Möjliggöra grundlig orsaksanalys efter trafikstörning
 - (c) Samla data för att skapa/förfina generell nedbrytningsmodell
 - i. Påbyggnad: Effektsamband: tillstånd-åtgärd-effekt
 - (d) Övervaka att nedbrytning ej sker snabbare än förväntat
 - (e) Data-information-kunskap = Hela kedjan bör beaktas och helst från ett besluts-perspektiv, ej teknikperspektiv (Figur A.1)
 - (f) Påbyggnad: Data ska vara enkel att hantera och analysera så information erhålls. Därmed kan större delen av tiden ägnas åt lösningar av uppkommet fel
 - (g) Påbyggnad: Erfarenhetsåterföring för att förbättra systemet/produkter
 - i. Påbyggnad: Läggs databas tillgängligt för leverantörer av material/tjänster för att förbättra dessa?
 - (h) Påbyggnad: Stöd inför upphandlingar; att ha historik
 - (i) Påbyggnad: Mätningar måste vara tillförlitliga



Figur A.1: Kedjan data-information-kunskap.

Bild 3

5 idéer:

1. Orsak till spårledningsfel – Identifier och mäta
 - (a) Överledning isolskarv: Spårlägesfel? Slitage?
 - i. Påbyggnad: Var felet uppstod?
 - (b) Felet försvann? När belastning från tåget försvann?

- i. Påbyggnad: Inträffar de intermittenta felen 'alltid' i samband med tågpassage?
 - A. Påbyggnad: Belastad vs. obelastad mätning
 - B. Påbyggnad: Sensorer och datafusion – Få en mer komplett lägesbild då felen uppstår; vilka kombinationer är kritiska?
2. Nedriven kontaktledning – Identifier orsak och mäta
 - (a) Kan vi mäta krafter vid sinussvängningar från tåg?
 - (b) Filma pantograf, mäta yttergränser eller glapp?
 - i. Påbyggnad: Mäta hur jämt strömvattningen sker såväl elektriskt som mekaniskt
 - A. Påbyggnad: Samköra mätning från flera olika tåg. Samanalysera spår-läge, kontaktledning (och pantograf)
3. Kan vi mäta storleken på sättningar i spår i belastat läge?
 - (a) Höghastighetsfotografering med referenspunkter
 - (b) Succesiv återkomst eller spårriktning
 - i. Påbyggnad: Temporära sensorer/dataloggers efter spårarbete/uh?
 - ii. Påbyggnad: Kan vi mäta banunderbyggnadens brister? Dålig dränering, utsliten underballast osv.?
 - iii. Påbyggnad: Markradar? Mättåg vs. reguljär trafik?
 - (c) Påbyggnad: Sensorer i både spår och tåg för att upptäcka skillnader mellan feltyper och lastvikter
4. Varför skadas korsningar i våra växlar? Mäta krafter från olika tåg?
 - (a) Påbyggnad: Stoppa samman sensor/datalogger på olika tåg som passerar samma växel? Ser vi olika krafter?
5. Kan vi använda ATC-data?
 - (a) Påbyggnad till 1-5: Accelerometer mäter energi, inte kraft.

Bild 4

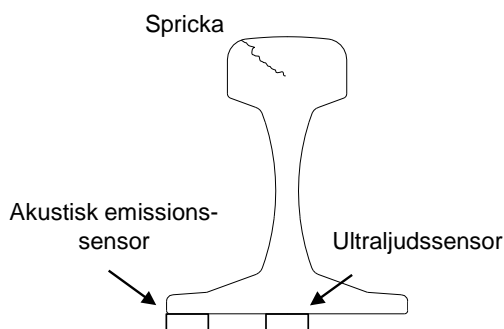
9 idéer:

1. Två huvudsakliga anläggningstyper och två huvudsakliga händelsetyper (Figur A.2):
 - (a) Linjära objekt (t.ex. spår) och punktobjekt (t.ex. spårväxel)
 - (b) Frekventa och sporadiska
2. Övervakningstyper:
 - (a) Övervakning (kontinuerligt) och test (intermittent)
 - i. Påbyggnad: Uppkoppling nödvändig
 - ii. Påbyggnad: Uppkoppling inte alltid nödvändigt
3. Tre funktioner som ska övervakas:
 - (a) Kraftförsörjning – Kontinuerlig övervakning
 - i. Påbyggnad: Värmesignatur för olika delar?
 - (b) Spårfunktion (bära tåg) – Kontinuerlig/händelse
 - i. Påbyggnad: Horisontell och vertikal geometristabilitet
 - ii. Påbyggnad: Impulser/stötar
 - iii. Påbyggnad: Mäta fuktighet i ballast kontinuerligt (underbyggnad)
 - (c) Förregling (lägga säker tågväg) – Händelsestyrd övervakning / kontinuerlig övervakning

- i. Påbyggnad: Av varje enskild komponent i kedjan
- 4. Olyckor, oönskade händelser
 - (a) Händelsestyrd övervakning
 - i. Påbyggnad: Process/rutin för detta intressant
 - (b) Applicering vid kritiska punkter (där fel orsakar stor skada, effekter)
 - i. Påbyggnad: Kartlägga detta
- 5. Övervakning av tillstånd/kvalitet på hjul
 - (a) Påbyggnad: Mikrofon
- 6. Förmåga att ta hand och analysera stora mängder data
 - (a) Påbyggnad: Bestämna var data ska förädlas
 - i. Påbyggnad: Nyttja filtrering vid tågpassage så att det som mäts vid 10 000 Hz skickas filtrerat till 100 Hz
- 7. Förmåga att förstå om datakvalitet är dålig
- 8. Tillåta under uppbyggnadsskede fler mättekniker och inte bara satsa på en leverantör och en teknik
- 9. Akustisk emission mäter spricktillväxt och ultraljudssensor används för att skicka och analysera om det finns sprickor (Figur A.3)

| | | Anläggningstyp | |
|------------------|--------|----------------|-----------|
| | | Linje | Punkt |
| Händelse- typ | Sällan | Kontaktledning | |
| | Ofta | Spår | Spärväxel |

Figur A.2: Anläggningstyp och händelsetyp.



Figur A.3: Akustisk emissions- och ultraljudssensor.

Bild 5

13 idéer:

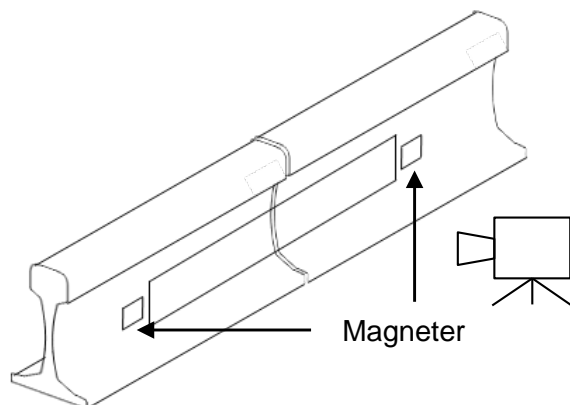
1. Växel: Mäta växelomläggning avseende: energiåtgång, tid, ljud, vibrationer, växel-tungans position, antal omläggningar
 - (a) Påbyggnad: Fuktighet i växeldriv
2. Växel: Mäta tågpassage avseende: rörelse/vibration/slag, vikt/belastning/kraft, ljud, antal passager
3. Spårledning: System för att upptäcka kortsluten isolerskarv (inget fysiskt hinder).
 - (a) Mäta utmatningsström och spårspänning
 - (b) Fellokalisering till specifik skarv.
 - (c) Tolerans för avvikelse av spårspänning
 - (d) Påbyggnad: Använda kamera
4. Kontaktledning: Mäta mekaniska belastningar i tråden, med positionering (punkt/sträcka)
 - (a) Påbyggnad: Kamera som filmar den från tåg
 - (b) Påbyggnad: Töjningsgivartråd längs med tråden
5. Kontaktledning: Logga när och var ljusbågar uppstår, med positionering (punkt/sträcka)
6. Portabla mätutrustningar signal: Flerkanalig mätning i exempelvis reläställverk för att ringa in intermittenta fel
 - (a) Påbyggnad: Fellokalisering till komponentnivå
7. Spår: Rälstemperatur
8. Spår: Mekanisk spänning
 - (a) Påbyggnad: Ultraljud som mäter kornstrukturens utsträckning/kompression
 - (b) Påbyggnad: Töjningsgivare
 - (c) Påbyggnad: Positionering (punkt/sträcka)
9. Spår: Punktfel i spår (exempelvis höjdläge, etc.)
 - (a) Påbyggnad: Spårbunden drönare
10. Beslutstöd (baserad på insamlad data): Historik för att förbättra systemet, bättre upphandlingsunderlag, orsaksanalyser
11. Beslutstöd (baserad på insamlad data): Automatisering på sikt
12. Beslutstöd (baserad på insamlad data): Förutsäga vad som kommer att hända för bättre planering. Processbeskrivning från det förutsagda slitaget till åtgärd i spår
13. Mäta dropp i tunnel
 - (a) Kanske med mikrofoner
 - (b) Termografi mäta avdunstning
 - (c) Mäta fuktighet

Bild 6

4 idéer:

1. Datalogger placeras ut på känsliga områden i spåret, såsom övergångar över trummor där tjäle kan uppträda och orsaka fel i höjdläge
 - (a) Påbyggnad: I växelkryss för slag
 - (b) Påbyggnad: Isolskarvar
 - (c) Påbyggnad: Sensorer på tåg i ordinarie trafik mäter läge på spår för att detektera förändringar
 - i. Accelerometermätning med bra GPS-koordinater och tidmätning kombi-

- nerat med hastighet
2. Vilka alternativ finns istället för batteridrift? T.ex. självuppladdande enheter (solcell)
 - (a) Påbyggnad: Vid spår: Solcell. På tåg beroende på placering: Energi från tåget; omvandla rörelseenergi och lagara i batterier
 - i. Påbyggnad: Vid spår: Batteriladdare som nyttjar tågets rörelseenergi
 - (b) Påbyggnad: Energi från ATC-antenn. Energi från piezo-elektrisk film som fladdrar/vibrerar från tåg
 - (c) Påbyggnad: Trådlös överföring av energi som ligger i kabelrännorna
 3. Datalogger som appliceras där fel uppträder och försvinner med jämna mellanrum för att konstatera orsaken till problemet.
 - (a) Påbyggnad: Koppla samman med ATC-data från fordon eller balis
 - (b) Påbyggnad: Mobila enheter enkla att koppla in/ut, plug & play
 - i. Påbyggnad: Be leverantörer förbereda de olika komponenterna med logger och gränssnitt
 - A. Påbyggnad: Lista kravspecifikation (examenarbete?)
 - (c) Kan vara: kamera, termografi, ström och (volt)
 - i. Påbyggnad: Töjning
 4. Mäta magnetfält vid magneten för att ta bort spånor från isolskarvar (Figur A.4)
 - (a) Påbyggnad: Mät acceleration i skarvjärnen. Hög acceleration påvisar fel spårläge



Figur A.4: Magneter monterade vid isolskarv.

Bild 7

7 idéer:

1. Mäta tillstånd på hjul
 - (a) Påbyggnad: Använd hjuldata till att informera tågoperatörer och även begränsa påverkan på infrastruktur
 - (b) Påbyggnad: Koppla hjuldata mot belastningar i spårväxlar för att se samband
2. Mäta tillstånd på bana
 - (a) Påbyggnad: Koppla samman mätning av tillstånd på hjul och bana för eventuell trend

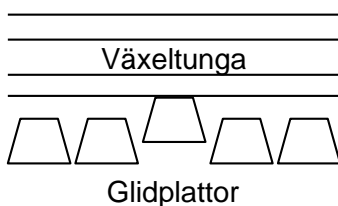
- (b) Påbyggnad: Skaksensor
- (c) Påbyggnad: Mäta punktfel (värden) i växlar (tungspets och korsningsparti) i horisontal och vertikalplan
 - i. Påbyggnad: Även trumma under väg
 - ii. Påbyggnad: Kan mäta detta med tre-axlig accelerometer
 - A. Påbyggnad: Ej kraftmätning, utan energi (vet inte alltid vikt)
- (d) Påbyggnad: Mäta rälfprofil så noggrant att det kan användas för beräkningar
- 3. Filmning från tåg. Kan en detektor känna skillnaden på djur och människa?
 - (a) Påbyggnad: Bildanalys; hemlarm bedömer massa på föremål. Vem kollar på dagens filmer? Ny roll?
- 4. Mäta tillstånd på kontaktledning (ev. bärlina)
- 5. Lös frågor om:
 - (a) Ägande/delande av data
 - (b) Affärsmodeller win-win
 - (c) Säkerhet
 - (d) Kvalitet: Tillförlitlig data
 - (e) Påbyggnad: Interface med vanligt uh så det inte 'förstör' för varandra
 - i. Påbyggnad till a-e: examensarbete en eller flera av dessa
- 6. Ranka största problemområden. Hur mäta/övervaka dessa? Hur tolka/analysera data? Prediktioner
- 7. Mäta total trafikbelastning
 - (a) Påbyggnad: Trafikdata som idag lagras i Opera kan koordineras med tåg vikt. Detta kan ge bättre uppgifter än idag. Sensorer efter spårledningsuppgifter kan användas för att följa vilken väg tåget gått och om den kört enligt plan
 - (b) Påbyggnad: Billiga loggers med töjningsgivare som mäter detta. Alltså en stor kabinett på sidan om spåret ska inte behövas

Bild 8

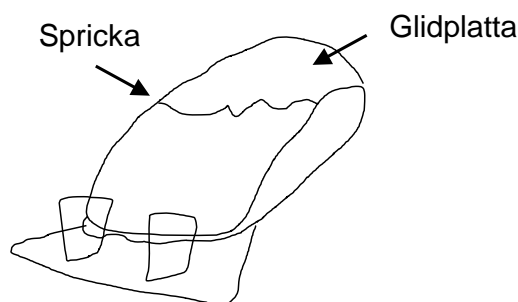
4 idéer:

1. Växel ej i kontroll:
 - (a) Mäta/övervaka om det finns hinder mellan tungan/stödräl
 - i. Påbyggnad: Övervaka med kamera från kontaktledningssystem (bärlina). Finns det alternativ?
 - ii. Påbyggnad: Korrelation med ström vid växling
 - iii. Termografi?
 - (b) Mäta om anläggningen går tungt (> 3,5 sekunder)
 - i. Inkommande spänning för låg
 - ii. Smutsiga glidplattor
 - iii. Ojämna glidplattor (Figur A.5)
 - iv. Påbyggnad: Spårlägesfel
 - (c) Vilken komponent i signalkedjan som inte gått i kontroll
 - i. Påbyggnad: På något sätt övervaka reläer och fingrar i växeldrivet
2. Stabilitet under trafik (stabilitet – formbeständighet)
 - (a) i horisontalplan
 - (b) i vertikalplan

- (c) Påbyggnad: Övervakning med 3D skanner för att se på absolut spårsläge över lång tid. Kan användas för att övervaka stabiliteten i en bank/slänt. Kan användas för att följa upp spårjustering. Hur snabbt återkommer felet?
 - i. Påbyggnad: Satellitövervakning malmbanan vid 35 ton test InSAR
- 3. Ojämnheter i farbana/farkant som genererar kraftiga impulser/stötar i:
 - (a) Tungspets
 - (b) Korsningsparti: korsning och moträl
 - (c) Påbyggnad: Efter långsliprarna
- 4. Övervaka om glidplattan är hel (Figur A.6)



Figur A.5: Växeltunga och glidplattor.



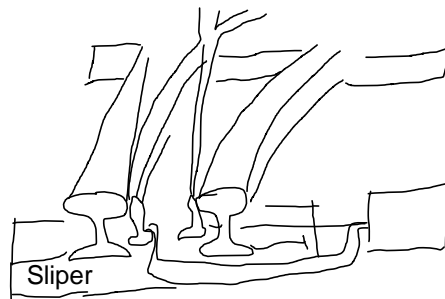
Figur A.6: Glidplatta med spricka.

Bild 9

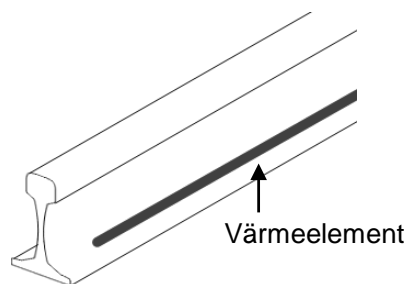
8 idéer:

1. Övervaka omläggning av växeltunga (Figur A.7). Det kan ge indikationer på för hög omläggningskraft.
2. Mäta vibrationer i sliper. Det kan ge behov av stoppning.
 - (a) Påbyggnad: Koppla vibration mot passerande tåg? Finns samband?
3. Mät vibration i sliper (korsning). Kan ge behov av stoppning eller byte av sliper.
4. Mät vibration i räl. Kan indikera behov av slipning/påläggssvetsning
5. Externt billiga temperaturloggrar (10-50 kr) som kan tala med varandra (Figur A.8). Kan tala om temperaturen är inom lämpligt intervall.
 - (a) Påbyggnad: Mät temperatur på känsliga platser, t.ex. stödknap, ipl.

- (b) Påbyggnad: Fast installerad värmekamera. Alternativt värmekamera på vissa tåg. Tillräcklig upplösning?
- 6. Kameraövervakning kan upptäcka snöklumpar i växeltunga/stödräl. Kan även användas vid plankorsning för att minska spårsporing
 - (a) Påbyggnad: Vid viltövergångar
 - (b) Påbyggnad: Använd drönare
- 7. Mät hjul vid hjulpassage. Kan indikera sprickor i rälen.
 - (a) Påbyggnad: Samt hjulskador
 - (b) Påbyggnad: Mät skillnader före och efter spårriktning. Följ upp efter spårriktning
- 8. Rälprofil kontrolleras efter att slipning gjorts för att se bland annat ekvivalent konicitet
 - (a) Påbyggnad: Följ upp resultat på längre tid



Figur A.7: Omläggning av växeltunga.



Figur A.8: Värmeelement.

Bild 9 (baksidan)

7 idéer:

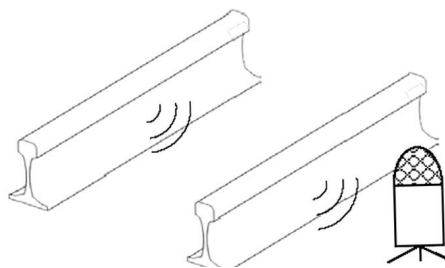
1. Mätning av dropp i tunnlar (ljud, värmekamera)
2. Övervaka kontaktledning med termografi
3. Mäta fuktigheten i ballasten (georadar)
4. Identifiera hög konsekvens-platser

5. Öppen data
6. Luktsensor
7. Värme på glidplattan; kan den mätas?

Bild 10

9 idéer:

1. Mikrofon som hör gnissel och slag från hjul. Gnissel i kurva och hjulplatta (Figur A.9)
 - (a) Påbyggnad på hjulplatta: Även vibration kan mätas
2. Kamera som övervakar isolskarv avseende övervalsning, 'iselmellanlägg' och sprickor vid skruvförband (Figur A.4).
 - (a) Påbyggnad: Magneter används för att fånga spånor. Kameran kan användas för att larma när magneterna är fulla.
 - (b) Påbyggnad: Om det var tillåtet skulle man kunna mäta upp kryptströmmen mellan sektioneringarna
 - (c) Påbyggnad: Höghastighetsfotografera i belastat läge
 - (d) Påbyggnad: Följ upp problemen med skarvar i skarvspår. Mät skillnader med skimsning av skarvar
3. Temperatur och spänning mäts för att avslöja solkurvor
4. Slag och antal slag i växelkryss.
 - (a) Påbyggnad: Koppla mot passerande fordon för att hitta samband
5. Mätning på sliper kan även göras med geofon
6. Mätning på räl kan även göras med trådtöjningsgivare
7. Jämför mätvärden från olika tåg. Jämför mätvärden med olika spårlägesfel
8. Övervaka kraftförsörjning, exempelvis till signalanläggningar. Höga startströmmar vid induktiv last. Hitta samband mellan säkring som löser ut och exempelvis omkoppling av matande nät eller avvikelser i återgångsström
9. Drönare på räls (kliva av/på)



Figur A.9: Mikrofon vid spår.

B. Bilder från idégenerering

Se nästa sida.

1. Montering på tåg för mätning av kontaktledning?

2. _____ || _____ ^{Drönare?} Bärbara? + räl.

3. Omläggningstid spärvaler

4. Järnvägskehring ar - Bommor? - LIKHET MED VÄTELOMLÄGGNING, MATA ENERGIÅTGÅNG, TID, LJUD OSV. (Kanske accelerometr)

5. Temporära sensorer för mätning innan/efter/under spärarbeten? MATA EFFEKTER AV EN UH-ÅTG. - Effektsamband: tiuständ-åtgärd-effekt. BONUS/VITE UTIFRÅN RESULTAT??

6. _____ || _____ vid misstänkta fel på tåg.

EN NYCKEL ÄR ATT KOMBINERA MÄTNING AV EX SPÄRLAGE, DELS FRÅN MÄTVAGN, DELS FRÅN REGULJÄR TRAFIK, DELS FRÅN FASTA SENSOR INSTALLATIONER. För vem? Allmänheten? Annat?

SA LÅNGT DET GÅR: ÖPPEN DATA! - Informations säkerhet måste hanteras över anläggningens hela livscykel.

Förhindra manipulering: Lagring av historisk data som skall vara tillgängliga för parter kring systemet.

- Analysera data från flera olika källor för att få ny kunskap - t.ex. - ökad kunskap om analyser
- Analysera data om olika anläggningstyper gemensamt för att få ny kunskap - t.ex. samband mellan kontaktledningsstrukturer & Spärlage

• ~~kan data analyseras~~ Data från flera olika källor som ovanstående kan utesluta vissa fel eller ge en bild av förändrade fel.

• Inte alltid TRV som betalar för sensorer då annan part önskar informationen?
 ⇒ erfarenhet förbättring av system/produkter/metoder

1. Upptäcka skador i räl/växlar via vibrationsmätning. VAD KAN MÄTAS FRÅN FORDON?
2. Kunna applicera fler sensorer i järnväg och/eller tåg för att kunna hitta fel i ~~inf~~ större delar av infrastrukturen. ~~Potential~~
3. ~~...~~

Linjära objekt (spår) vs. punktojekt (vxl) kan kräva olika lösningar, fordon vs. infra (övervakning via)

SYFTET MED MÄTNINGAR KAN VARA FLERA

Felupptäckt
Fellokalisering
Orsaksidentifiering } Fel-diagnostik

- VID AKUT FEL RINGA IN VAD SOM FEL AT -
- MÖJLIGGÖRA GRUNDIG ORSAKSANALYS EFTER TRAFIKSTÖRNING
- SAMLA DATA FÖR ATT SKAPA / FÖRFINA GENERELL NEDBRYTNINGS MODELL - Effektsamband: tillstånd - åtgärd - effekt
- ÖVERVAKA ATT NEDBRYTNING EJ SKER SNABBARE ÄN FÖRUTÄNT
- Data-Information-Kunskap = Hela kedjan bör beaktas & helst från ett besluts perspektiv, ej teknik-perspektiv
- Data ska vara enkel att hantera och analysera så information erhålles. Därmed kan större delen av tiden ägnas åt lösningen av uppkommet fel.
- Erfarenhetsöverföring för att förbättra systemet / produkter
- Stöd inför upphandlingar att ha historik

Lägg ~~en~~ databas tillgänglig för leverantörer av material / tjänster för att förbättra dessa.

Mätningarna måste vara tillförlitliga.

Orsak till spårledningsfel?

— överledning isolerare



Var felet uppstått?
spårledningsfel?
slitage?

— fel/försvann? När belastning från tåget försvann?

INTRÄFFAR DE INTERMITTENTA FELEN "ALLTID" I SAMBAND

MED TÅSPASSAGE? — Belastad vs. obelastad mätning.
Sensor- & datafusion — Få en mer komplett lägesbild då felet uppstår, vilka kombinationer är kritiska?

Nedrivna kontaktledning!

Kan vi mäta krafter vid sinus svängningar från tåg?

Filma pantograf, mäta yttre gränser eller glapp?

MÄTA HUR JÄMNT STRÖM AVTAGNINGEN SKER SÄVÄL ELEKTRISKT SOM MEKANISKT, Samköra mätning från flera olika tåg • Samanalysera information om spåräge, kontaktledning (och pantograf).

Kan vi mäta storlek på sättningar i belastat läge?

— Hög hastighetsfotografering med referenspunkter

— Successiv återkomst efter spårriktning

Sensorer i både spår o tåg för att upptäcka skillnader mellan fel och lastvikter

↳ Temporära sensorer/datalogger efter spårarbeten/U#?

KAN VI MÄTA BANUNDERBYGGNADENS BRISTER?

MARKRADAR? Mättåg vs. reguljär trafik?

Bild 3

Varför skadas korsningar i våra växlar?

Mät krafter från olika tåg?

↳ Stoppa samma sensor/datalogger på olika tåg som passerar samma vxl? — ser vi olika krafter?

Kan vi använda ATC-data?

Accelerometer mäter Energi inte Kraft (tyvärr)

* Två huvudsakliga anläggningstyper;

- Linjära objekt (t.ex. spår, kontaktledning)
- Punktobjekt (t.ex. spärväxel)

* Två huvudsakliga händelsetyper;

- Frekventa
- Sporadiska

* Övervakningstyper;

- Övervakning (kontinuerligt) Uppkoppling nödvändig
- Test (Intermittent) Uppkoppling inte alltid nödvändig

| | | Anläggningstyp | |
|-------------|--------|----------------|---|
| | | Linje | Punkt |
| Händelsetyp | Sällan | Kontaktledning | |
| | Ofta | Spår | Spärväxel Lokala spår fel paga dålig m m |

Intressant och borde utvecklas

Värme-signatur för olika delar?

* Tre funktioner som ska övervakas:

- Kraftförsörjning - Kontinuerlig övervakning
- Spårfunktion (bära tåg) - Kontinuerlig/Händelse
- Förebygg (lägga säker tåg växel) - Händelsestyrd övervakning

horisontell och vertikal geometrisk stabilitet
impulser/stötar

Mäta fuktighet i ballast kontinuerligt (underbyggnad)

* Olyckor, oönskade händelser

- Händelsestyrd övervakning
- Applikering vid kritiska punkter (där fel orsakar stor skada, effekter)

Process/rutin för detta intressant

* Övervakning av tillstånd/kvalitet på hjul ← Mikrofon Kärntägg

* Förmåga att ta hand om och analysera stora mängder data

* Förmåga att förstå om datakvalitet är dålig

Tillåta under uppbyggande skede flera mättekniker och inte bara satsa på en leverantör och en teknik

Bestämma var data ska förädlas

Utnyttja filtrering vid tågpassage så att det som mäts vid 10000Hz skickas filtrerat till 100Hz



Ultrafjud sensor används för att skicka och analysera om det finns sprickor

Acoustic emission mäter spricka tillväxt

Bild 4

Vxl:

MÄTA VXL - OMLÄGGNING

- ENERIFÖRÄNDRING
- TID
- LJUD
- VIBRATIONER
- VÄXELHUGSANS POSITION
- Antal omläggningar
- + Fuktighet i växeldriv

MÄTA TÅGPASSAGE

- RÖRELSE / VIBRATION / SLAG
- VIKT / BELASTNING / KRAFT
- LJUD
- Antal passager

Beslutstöd (baserat på insamlad data)

- Historik för att förbättra systemet, bättre upphandlingsunderlag, orsaksanalyser
- Automatisering på sikt.
- Förutsäga vad som kommer att hända för bättre planering
- Processbeskrivning från det förutsagda slitage till åtgärd i spår.

Kamera

SPÄRLEDNING

SYSTEM FÖR ATT UPPTÄCKA KORTSLUTEN ISOLELSKARV. (INGET FYSISKT HINDER)
MÄTA UTMATNINGSSTRÖM, SPÄRSPÄNNING,
Fellokaliseringen till specifik skarv.
Tolerans för avvikelser av spärspänning, ~~strömmar~~

PORTABLA MÄTUTRUSTNINGAR SIGNAL.

- FLERKANALIG MÄTNING I EX RECÄSTÄLLVERK FÖR ATT RINGA IN INTERMITTENTA FEL.
Fellokalisering till komponentnivå

Mäta dropp i tunnel

- Kanske med mikrofoner
- Eller termografi mäta avdunstning
- Eller mäta fuktighet

Bild 5

KONTAKT LEDNING

MÄTA:

- MEKANISKA BELASTNINGAR I TRÅDEN.
- LOGGA NÄR \odot VAR LJUS BÄGAR UPPTÄCKT.
- Positionering (punkt/sträcka)

Kamera som filmar den

Flöt från tåg

Tojningsgivare
- givare
- ljud
- 1293
- med

SPÄR

- RÄLSTEMP
- MEKANISK SPÄNNING
- Positionering (punkt/sträcka)
- Punkt fel i spår (ex höjdläge etc)

- Ultraljud som mäter kernstruktur av utsträckning / kompression
- Tojningsgivare

Drone Spårbanan

PUNKT OBJEKT KONTRA
LINJÄRA OBJEKT

1 Datalogger placeras ut på kända områden i spåret, såsom ~~trösklar~~ övergångar över trummar där tjäle kan uppträda ~~och~~, och orsaka fel i höjdläge. + växellåda (slag)
Isol skarvar

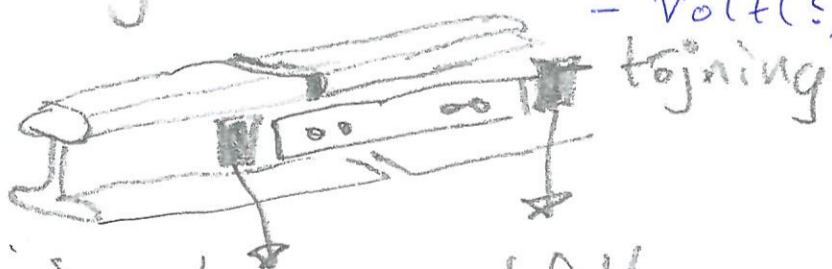
2 Vilka alternativ finns istället för batteridrift? (tex självuppladdande enheter, solcell?)

3. Datalogger appliceras där fel uppträder och fortsinner med jämna mellanrum för att konstatera orsaken till problemet.

Sensorer på tåg i ordinare trafik mäter läge på spår för att detektera förändringar.

Accelerometermätning med bra GPS-koordinater och tidsmätning kombinerat med hastighet

- Kan vara:
- Kamera,
 - termografij,
 - Ström(A),
 - Volt(?)



4) Mäta magnetfält vid megneter för att ta bort spårar från isol skarvar

Mät accelerationskraft i skärvjärnen. Stor kraft påvisar fel spår läge.

mobila enheter enkla att koppla in/ut plug & play

Be leverantör er förbereda de olika komponenterna med loggar och gränssnitt

Lista kravspecifikation Energi från ATC-antenner
Kan det vara ett externt nät?

Koppla samman med ATC-data från fordon eller balis

Vid spår: solcell
På tåg beroende på placering: energi från tåget, omvandla rörelseenergi, batterier

Batteriladdare som ~~utnyttjar~~ utnyttjar tågets rörelseenergi

Energi från piezo-elektroh film som fladdrar / vibrerar från tåg
Trådlös överföring av energi från enheter som ligger i kabelrännarna

Använda hjuldata till att informera tågoperatörer och även begränsa påverkan på infrastruktur

Koppla hjuldata med belastningar i spårväxlar, se samband?

Mäta tillstånd på kontaktledning (Bärina?)

Filmning från tåg

- Kan en detektor känna

Skillnad på djur eller människa?

(hemlarm - bedömer massa på föremål)

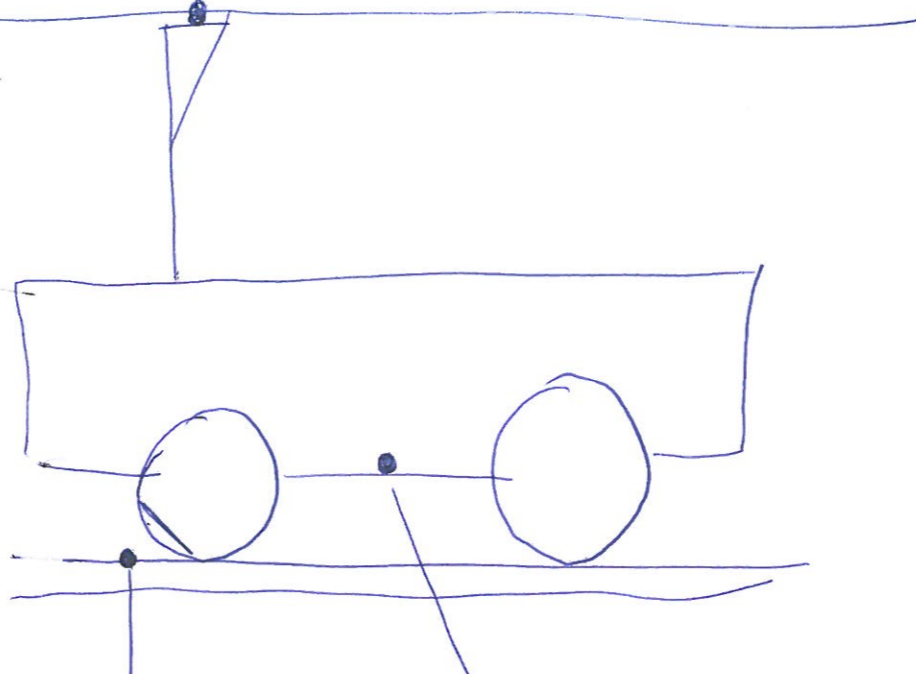
Vem kollar på dagens filmer? Ny roll?

Formulera examensarbeten avseende en eller flera av dessa.

Lös frågor om:

- ägande/delande av data
- affärsmodeller win-win
- säkerhet
- kvalitet: tillförlitlig data

- interface med vanligt UM så de inte "förstör" för varandra.



Mäta tillstånd på hjul

Mäta tillstånd på bana (slutskenssor)

Koppla samman dessa, ser vi någon trend?

Mäta total trafikbelastning

Mäta punktfel (värden) i växlar (tungspets och korsningspart) i horisontal och vertikalplan

Kan mäta detta med tre-axlig (x,y,z) accelerometer
↑
ej kraftmätning ⇒ energi / net vikt?

Billiga loggers med tejningsgivare som mäter detta

Alltså ett stort kabinet/mätshop på sidan om spåret. Sker inte behovs

Och även trumma under väg

Mäta rälpöprofil så noggrant att det kan användas för bevakningar

1. Ranka största problemområden
2. Hur mäta/övervaka dessa?
3. Hur tolka/analysera data?
4. Prediktioner

Har inte så stor kunskap om specifika fel 😊

Trafikdata

som idag lagras i Opera kan koordineras med mätt förvänt. Detta kan ge bättre uppgifter än idag.

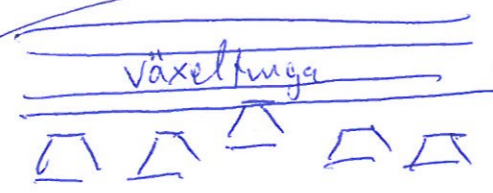
Sensorer eller spårledningsuppgifter kan användas att följa vilken väg tåget gått och om den varit enligt plan

- Växel g i kontroll:

- Mäta/övervaka om det finns hinder mellan tunga/stödträ

- Mäta om omkäggingen går tungt (>3,5 sek):

- inkommande spänning ~~måts~~ för låg
- smutsiga glidplattor
- ~~o~~ jämna ojämna glidplattor
- spårågestfel



övervaka med hamrer
Korrelera med ström vid växling

Från kontaktlednings system (bär linan)
Finns det alternativ?

Termogr-fv?

- Vilken komponent i signal kedjan som inte gått i kontroll
Glidplattor

Annna sensor än hamrer
På något sätt övervaka
reläer och fingrarna i växeldrivet

- Stabilitet under trafik (stabilitet-formbrotändrig net)

- = i horisontal plan
- = i vertikal plan

→ övervakning med 3D scanner (Formel inmätning)
för att se på absolut spårågest över lång tid

- Ojämnheter i farbanan/forkant som kraftiga impulser/stötar i:

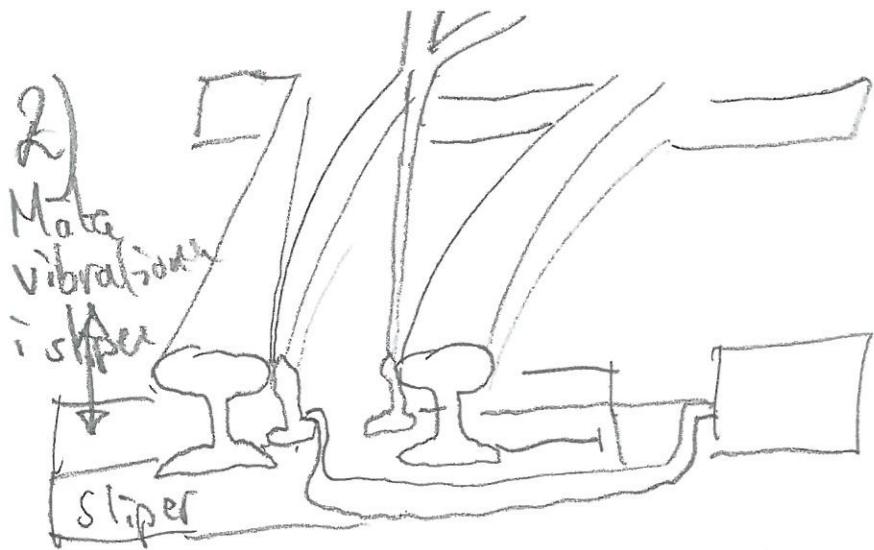
- = tungspets
- = korsnings parti:
 - korsning
 - moträt

→ efter längsliparna



→ Kan användas för att övervaka stabiliteten i en bank/stant (satellitövervakning malubanan vid 35 ton test IN SAR)
om glidplattan är hel

→ Kan användas för att följa upp spårjustering. Hur snabbt återkommer felan?



- 3) Mät vibration i sliper (krossning) → Kan ge behov av stoppning eller byte av sliper.
- 4) Mät vibration i räil → Kan indikere behov av slipning / påfäggssuebning
- 7) Mät "ljud" vid hjulpassage → Kan indikera sprickor i räilen samt Hjulskador!

1) Övervaka omläggning av växeltunga
 - Mät skillnader före och efter spärriktning
 - Följ upp efter spärriktning.

Det kan ge behov av stoppning

Koppla vibration med passande tåg? Finns samband?

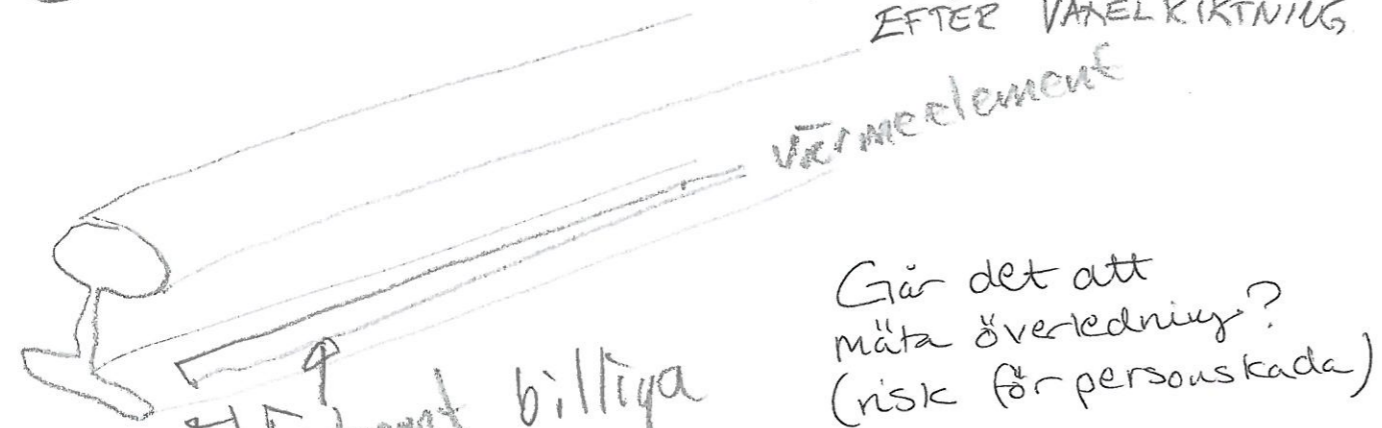
Det kan ge indikationer på för hög omläggningskraft

- Mät krafter från tåg relaterat till olika spårågen.
 ser vi olika krafter från olika tåg? Hastigheter?
 Kan vi upptäcka skador i växeln?
 MÄTA FÖRBÄTTRING AV OMLÄGGNINGSKRAFT EFTER VÄXELRIKTNING

→ Använd drönare

6) Kameraövervakning
 kan upptäcka smeklampor i växeltunga/stödriäl

Kan även användas vid planeringsning för att minska spårspänning vid viltövergångar?



5) Extremt billiga temperatur loggare (10-50 kr)

som kan tala med varandra kan tala om temperaturen är inom lämpligt intervall

Mät temperatur på känsliga platser
 z.ex. stödknapp, upl.

FAST INSTALLERAD VÄRMEKAMERA ALT VÄRMEKAMERA PÅ VISSA TÅG, TILLRÄCKLIG UPPLÖSNING?



Bild 9(a)

Kontrolleras efter att slipning gjorts för att se bla ^{tekniskt} temperaturer
 - följ upp resultat på längre tid.

Arne

Mätning av dropp i tunnlar (ljud, värmekamera)

“
Övervaka kontaktledning med termografi

Mäta fuktighet i ballasten (georadar)

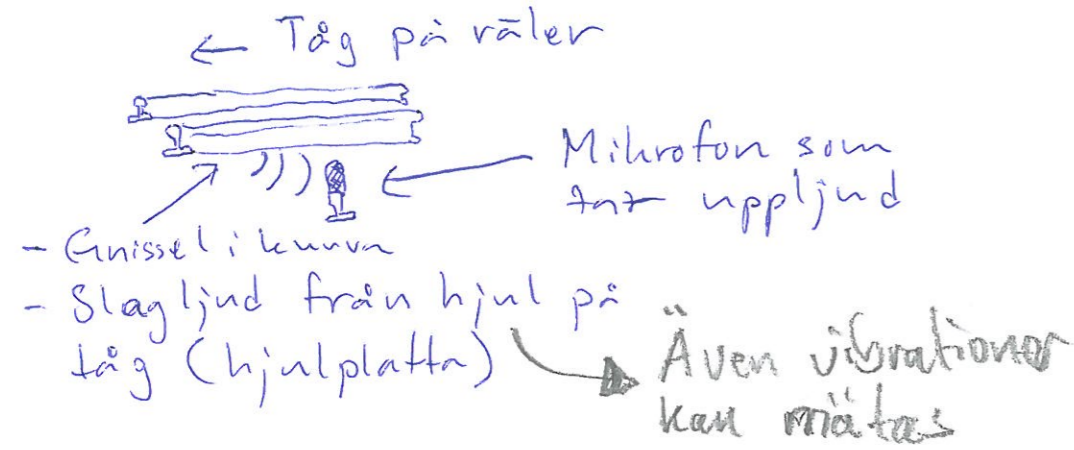
Identifiera hög konsekvens platser

“
Öppen data

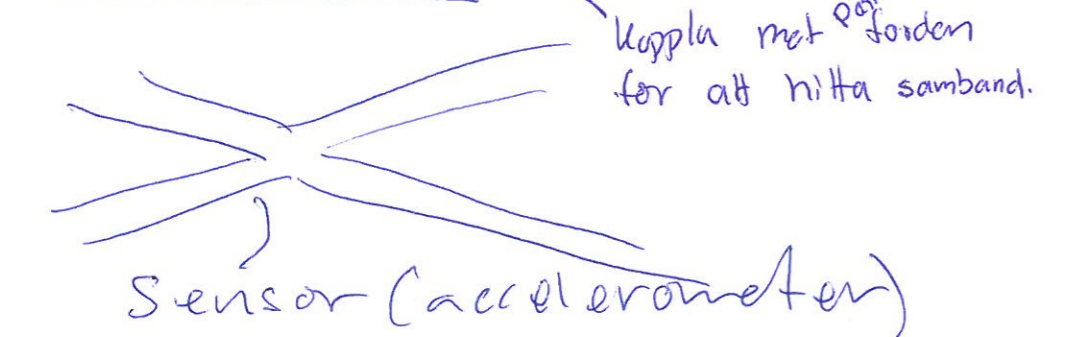
Lukt sensor

“
Värme på glidplattan kan den mätas?

Mikrofon som hör gnissel och slag från hjul



Slag och antal i växellåda



Mätning på stjärnor kan även göras med geofon.

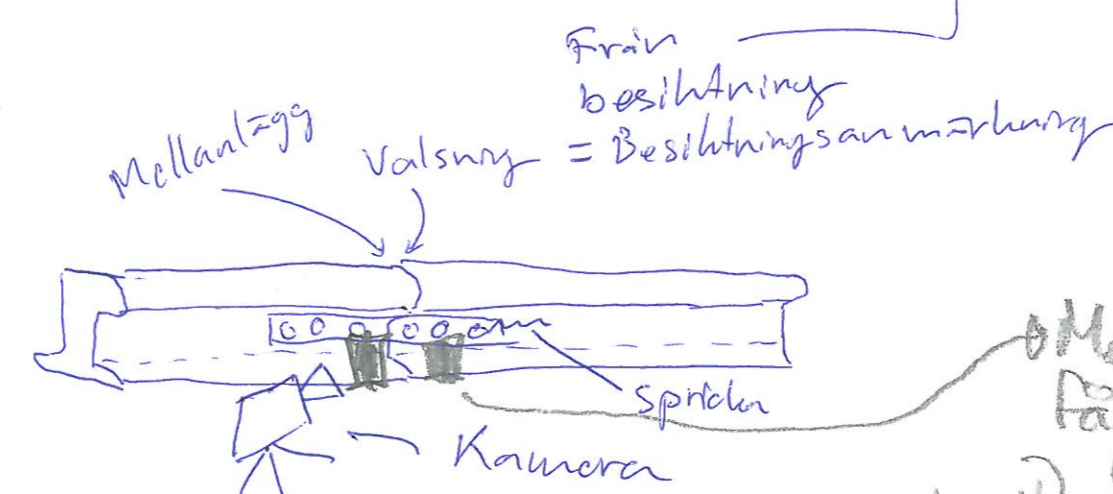
Mätning på räl kan även göras med trådtejningsgivare

Jämför mätvärden från olika tåg
- " - " - Med olika spårstagesfel.

- Händelsestyrt → Simulera drift
- Larm kan kallas igen hand/människa

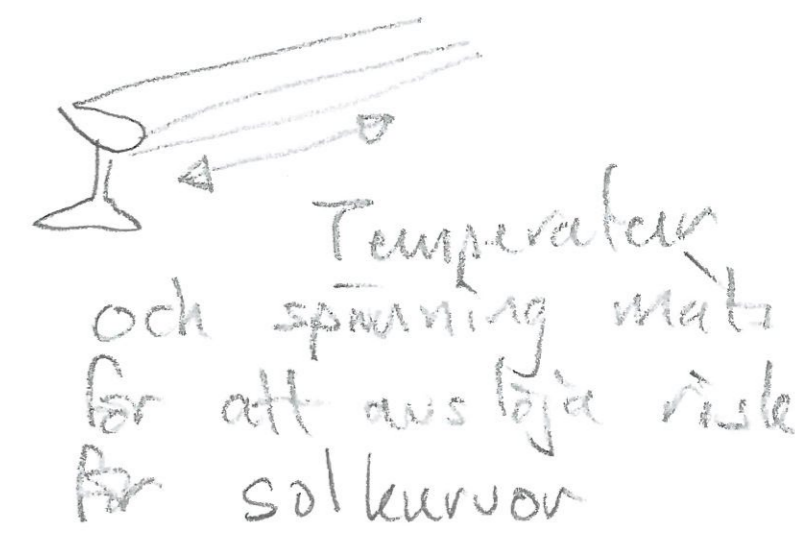
Kamera som övervakar isolsharv avseende övervakning, "isol-mellanlägg"

~~...~~ och sprickor vid skruv- förband



Om det var tillåtet skulle man kunna mäta krypströmmen mellan sektioneringarna

Höghastighets fotografier i belastat läge



Magpolar används för att fästa spinnor. Kamera kan användas för att larva att de är alla

Metalldammer

Följ upp problemen med skarvar i skarvspår.
- Mät skillnader med skivning av skarvar.
ÖVERVAKA KRAFT FÖRSÖRJNING, EX TILL SIGNALANLÄGGNINGAR
HÖGA STARTSTRÖMMAR VID INDUKTIVA LASTER,
HITTA SAMBAND MELLAN SÄKERHET SOM LÖSER AT EX
OMKOPPLING AV MATANDE NÄT, EXCER AVVIKELSER I ÅTERGÅNGSTRÖM
- Dränare på räls (kliva av/på)