



CHALMERS



Realtidsövervakning på järnvägen En förstudie om implementering av QTMS på Öresundsförbindelsen

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

ELIAS HÖJDÉN
MARKUS SUNDLER

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Gruppen för väg och trafik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete ACEX20-19-35
Göteborg, Sverige 2019

Realtidsövervakning på järnvägen

En förstudie om implementering av QTMS på Öresundsförbindelsen

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

ELIAS HÖJDÉN

MARKUS SUNDLER

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för geologi och geoteknik

Gruppen för väg och trafik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2019

Realtidsövervakning på järnvägen

En förstudie om implementering av QTMS på Öresundsförbindelsen

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

ELIAS HÖJDÉN

MARKUS SUNDLER

© ELIAS HÖJDÉN/MARKUS SUNDLER, 2019

Examensarbete ACEX20-19-35

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2019

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för geologi och geoteknik

Gruppen för väg och trafik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Rosental, B. (2014). Hallandsås [fotografi]. Hämtad med tillstånd från Infranords egna bildbank.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2019

Realtidsövervakning på järnvägen

En förstudie om implementering av QTMS på Öresundsförbindelsen

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

ELIAS HÖJDÉN

MARKUS SUNDLER

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Geologi och geoteknik

Gruppen för väg och trafik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Belastningen på Sveriges järnvägar har fördubblats på bara några decennier. Detta ökar kraven på ett väl avvägt underhåll, en kontinuerlig övervakning av järnvägssystemens funktion samt en ökad förståelse för samspelet mellan fordon och anläggning. Syftet med den här rapporten är att undersöka förutsättningarna att implementera övervakningssystem inom järnvägsinfrastruktur. Arbetet har avgränsats till att avhandla övervakningssystemet *Quiet Track Monitoring System* (QTMS) samt Öresundsförbindelsen. Dessutom har endast en aktör inom varje område intervjuats. Metoden för arbetet innefattar litteraturstudie samt intervjuer med olika aktörer. Resultaten av intervjuerna visar på att det finns förutsättningar för alla parter att använda sig av QTMS där realtidsövervakning kan vara en del av det prediktiva underhållsarbetet. Troligen kommer det vara en fast variant av QTMS som är av störst intresse för Öresundsbro Konsortiet. Däremot finns inget tydligt ramverk för hur informationsdelning mellan olika aktörer ska se ut. Slutsatsen lyder att det är fullt möjligt ur ett tekniskt perspektiv att implementera QTMS på Öresundsbanan. Däremot saknas en helhetssyn inom järnvägen vilket leder till att samverkan mellan parter är bristfällig. För att QTMS ska utnyttjas till sin fulla potential måste en struktur för informationsdelning utarbetas mellan alla inblandade aktörer.

Nyckelord: Öresundsförbindelsen, Öresundsbron, QTMS, Quiet Track, övervakning, prediktivt, realtid, digitalisering och järnväg

Railway Surveillance In Real Time

A Pre Study for Implementation of QTMS on Oresundsförbindelsen

Degree Project in the Engineering Programme

Civil and Environmental Engineering

ELIAS HÖJDÉN

MARKUS SUNDLER

Department of Architecture and Civil Engineering

Geology and geotechnics

Urban Mobility Systems

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The purpose for this rapport is to investigate the possibilities to implement a surveillance system (QTMS) in railway infrastructure. The method for the work includes a literature study and interviews with different parties. The results of the interviews shows that all parties benefit from using QTMS where realtime surveillance can be a part of the predictively maintenance work. Most likely it's a stationary variant of QTMS that will be most useful for the Oresundsbros Konsortiet. However, there is no pronounced framework for sharing information between different parties. The conclusion therefore concludes it is fully possible to implement QTMS on Oresundsbanan from a technical aspect. The lack of holistic view however leads to insufficient cooperation between parties. In order to use QTMS to its fully potential a structure for sharing information needs to be developed between all concerning parties.

Key words: Oresundsbridge, QTMS, Quiet Track, surveillance, predictively, realtime, digitalisation and railway

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och målsättning	1
1.3 Avgränsning	2
1.4 Frågeställningar	2
2 METOD	3
3 QUIET TRACK MONITORING SYSTEM	4
3.1 Bakgrund	4
3.2 Generell beskrivning QTMS	4
3.3 Systemets delar	5
3.4 Parametrar och resultat	6
3.4.1 Tekniska parametrar	6
3.4.2 Defektidentifiering i realtid	7
4 ÖRESUNDSFÖRBINDELSSEN	9
4.1 Geografiska upplysningar	9
4.2 Banans prestanda	10
4.3 Driftsintäkter	10
4.4 Ökad belastning	10
4.5 System i dagsläget	13
5 RESULTAT FRÅN INTERVJUSTUDIE	14
5.1 Systemleverantör	14
5.1.1 Installation	14
5.1.2 Äganderätt	14
5.1.3 Krav och förutsättningar	14
5.1.4 Incitament och värden	15
5.1.5 Utmaningar	16
5.1.6 Vidareutveckling	16
5.2 Anläggningsägare	16

5.2.1	Mål och strategier	16
5.2.2	Äganderätt	17
5.2.3	Krav och förutsättningar	17
5.2.4	Incitament och värden	17
5.2.5	Utmaningar och möjligheter	18
5.3	Tågoperatör	18
5.3.1	Prediktivt underhåll idag	18
5.3.2	Äganderätt	19
5.3.3	Krav och förutsättningar	19
5.3.4	Regressersättning	19
5.3.5	Utmaningar och möjligheter	19
5.4	Underhållsentreprenör	21
5.4.1	Prediktivt underhåll idag	21
5.4.2	Incitament för prediktivt underhåll	21
5.4.3	Möjligheter med QTMS	22
5.4.4	Äganderätt	22
5.4.5	Utmaningar	23
6	FIKTIVA SCENARION	25
6.1	En sliten isolerskarv orsakar ett signalfel	25
6.2	Squats i räl leder till rälsbrott	25
6.3	Bristfälligt dräneringssystem leder till en solkurva	26
7	DISKUSSION	27
7.1	Installation	27
7.2	Äganderätt och användning av data	27
7.3	Krav och förutsättningar	27
7.4	Incitament och värden	29
7.5	Utmaningar och möjligheter	30
8	SLUTSATS	32
9	REFERENSER	35
	BILAGA 1 – INTERVJUFRÅGOR TILL SYSTEMLEVERANTÖR	36
	BILAGA 2 – INTERVJUFRÅGOR TILL ANLÄGGNINGSÄGARE	37
	BILAGA 3 – INTERVJUFRÅGOR TILL TÅGOPERATÖR	38
	BILAGA 4 – INTERVJUFRÅGOR TILL UNDERHÅLLSENTREPRENÖR	39

Förord

Denna förstudie har utförts av Elias Höjdén och Markus Sundler i samarbete med Infranord. Förstudien är resultatet av ett examensarbete som avslutar utbildningen Samhällsbyggnadsteknik 180 hp från Chalmers Tekniska Högskola. Examensarbetet omfattar 15 hp och har utförts inom Gruppen för väg och trafik. Arbetet har pågått under hela våren och har fördelats lika mellan studenterna.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare på Infranord; Erik Hellberg, Jörgen Myrén samt Jonas Westlund. Ni har varit guld värda under arbetets gång. Även ett stort tack till Gunnar Lannér vår handledare på Chalmers för dina tankar och idéer på hur vi kunde förbättra arbetet.

Dessutom vill vi tacka alla personer som ställt upp på intervju. Utan ert engagemang hade rapporten inte blivit av.

Göteborg maj 2019
Elias Höjdén & Markus Sundler

Beteckningar

AC	Växelström
AI	Artificiell Intelligens
Big Data	Mycket stora datamängder som kräver speciella metoder för analys
Feltid	Tid som banan inte är tillgänglig för trafik
FoU	Forskning och utveckling
GPS	Global Positioning System
Hz	Hertz
QTMS	Quiet Track Monitoring System
RFID	Radio Frequency Identification
SaaS	Software as a Service
STAX	Största tillåtna axellast
STMV	Största tillåtna metervikt
UIC	Internationella järnvägsunionen

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Den svenska järnvägsmarknaden är idag i regel uppdelad på ett sätt som innebär att tre separata aktörer är verksamma i infrastrukturen. Anläggningsägaren förvaltar och underhåller sin infrastruktur genom upphandling av en underhållsentreprenör där kompetens och ansvarsfördelning mellan parterna kan variera avsevärt i de underhållskontrakt som finns. Tågoperatören framför sina fordon på den järnvägsinfrastruktur som upplåtes av anläggningsägaren.

Belastningen på Sveriges järnvägar har fördubblats på bara några decennier (Trafikverket, 2016). Detta ökar kraven på ett väl avvägt underhåll, en kontinuerlig övervakning av järnvägssystemens funktion samt en ökad förståelse för samspelet mellan fordon och anläggning. För att anpassa verksamheten till dagens nya förutsättningar och framtidens krav behöver såväl anläggningsägare som underhållsentreprenörer och tågoperatörer öka sin kontinuerliga övervakning av järnvägssystemens funktion.

Genom att använda sig av mätutrustning i tåg och anläggning som kontinuerligt mäter avvikelser och onormala slitagenivåer kan eventuella brister upptäckas innan de skapar problem. Samtidigt skapas ett väl underbyggt underlag för utformningen och kalibrering av underhållet. Systemen kan även ge en ökad förståelse för samspelet mellan fordon och anläggning och hur de påverkar varandra.

På marknaden finns idag ett antal system för övervakning av järnvägsanläggningar och fler är under utveckling. Infranord har i egenskap av underhållsentreprenör för Öresundsbron järnvägsanläggning påbörjat ett fördjupat samarbete med Öresundsbro Konsortiet med målet att framgent öka datoriseringen av underhållet genom införande av övervakning i realtid.

Infranord har genom en inventering av marknaden identifierat ett system benämnt *Quiet Track Monitoring System*. Systemet är framtaget av Tyréns och IBM och bedöms ligga i framkant av utvecklingen inom området. Detta system är idag fullt fungerande efter flera års utveckling och har även goda referenser från användning i Storstockholms Lokaltrafiks (SL) anläggningar. Infranord vill nu utreda förutsättningarna för ett införande och implementering av nämnda system på Öresundsbron.

1.2 Syfte och målsättning

Syftet med examensarbetet är att undersöka förutsättningarna för implementering av övervakningssystem inom järnvägsinfrastruktur. Målet är en förstudie som kan användas som underlag vid beslutsfattande angående framtida investeringar i underhåll.

1.3 Avgränsning

Examensarbetet är avgränsat till att främst studera Öresundsförbindelsen. Dessutom baseras studien på *Quiet Track Monitoring System* (QTMS). Intervjuunderlaget har begränsats till en aktör inom varje område.

1.4 Frågeställningar

- Vilken nytta förväntas de data som systemet genererar att ge för anläggningsägare, tågoperatör samt underhållsentreprenör?
- Vilka är de ekonomiska effekterna för respektive part?
- Hur ser förutsättningarna ut för implementering av systemet avseende anläggningsägare, tågoperatör och underhållsentreprenör?
- Hur ska installationen och implementering genomföras?
- Hur ska förvaltningen av systemet ske avseende användningen av genererade data för att på bästa sätt nyttja systemet?
- Hur ska äganderätten av systemet se ut avseende vidareutveckling och underhåll av övervakningssystemet?
- Vilka data kan systemet generera?
- Vilka data är av intresse för anläggningsägare, tågoperatör och underhållsentreprenör?

2 Metod

Den första delen av arbetet bestod i att få fram information om QTMS. Detta moment gjordes främst genom besök hos Tyréns där deras systemutvecklare hade genomgång av systemets funktioner och användning. Även litteraturstudier har utförts främst via webbaserade källor. Möjligheterna till allmän informationsinhämtning om QTMS är begränsade då systemet är relativt nytt.

Andra delen bestod av intervjuer med berörda parter. Dessa innefattar Tyréns, Infranord, Öresundsbro Konsortiet samt SJ. Underlaget för intervjustudien är begränsat enligt projektets avgränsningar. Dessutom är det få företag som känner till QTMS och ännu färre som har arbetat med det.

Intervjuerna har utförts som en semistrukturerad kvalitativ intervju. Ett underlag med frågor har förberetts innan men de har inte behövt ställas i en specifik ordning utan den intervjuade har haft möjlighet att utforma svaren efter eget tycke. Dessutom har följdfrågor ställts som inte ingår i underlaget (Bryman, 2018).

Intervjuerna har skett på respektive parts arbetsplats eller över Skype och tiden har varierat mellan 60 och 120 min. Under intervjuerna har anteckningar samt ljudinspelning utförts för att med enkelhet kunna analysera intervjuresultatet i efterhand samt för att få med personens egna begrepp och uttryck (Bryman, 2018). Resultaten från intervjuerna har sedan diskuterats och därefter har slutsatser dragits.

Tabell 1. Intervjuade parter samt deras befattning.

Roll	Företag	Namn	Titel
Systemutvecklare / Systemleverantör	Tyréns AB	Martin Höjer	Akustiker
		Dag Måhlstrand	Affärschef
Underhållsentreprenör	Infranord AB	Jörgen Myrén	Platschef
		Erik Hellberg	Besiktningsansvarig
		Jonas Westlund	Produktchef
Anläggningsägare	Öresundsbro Konsortiet	Rolf Sundqvist	Chef Järnvägsdrift
		Andreas Jälmarstål	Teknikansvarig Järnväg
Tågoperatör	SJ AB	Susanne Rymell	Chef avd. Teknik Division Fordon
		Pär Söderström	Teknisk specialist Division Fordon

Besök på Öresundsbron har genomförts för att ge en egen uppfattning om förhållandena på platsen.

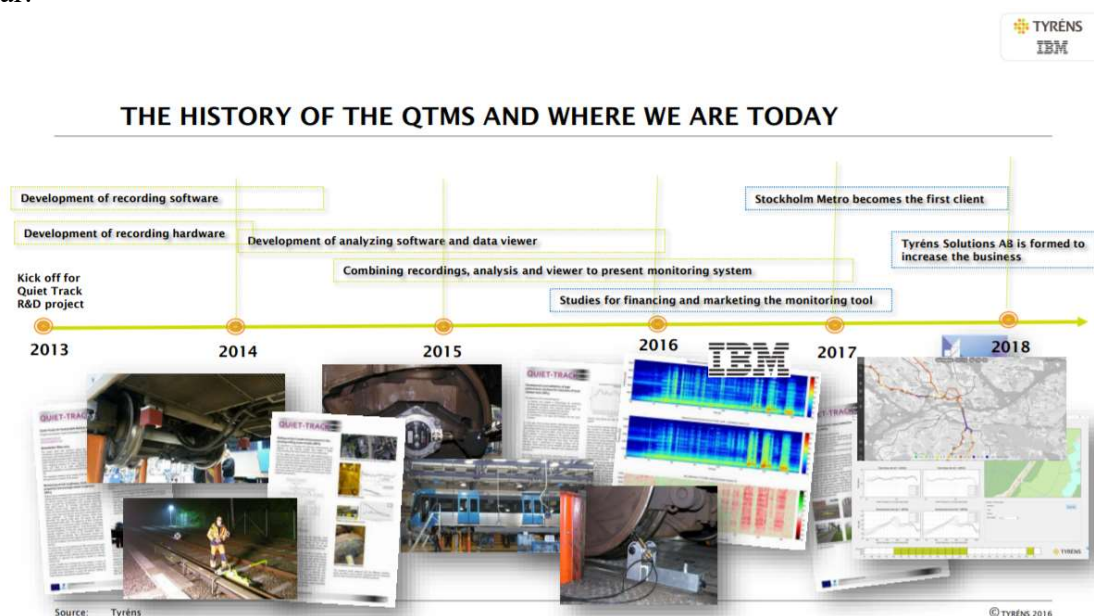
3 Quiet Track Monitoring System

Om inget annat anges i det här kapitlet har informationen hämtats från personlig kommunikation med Höjer, M. (2019).

3.1 Bakgrund

QTMS har sitt ursprung som en del av det EU-finansierade projektet ”Quiet Track”, en metod för realtidsövervakning av spårparametrar baserat på b.l.a. ljud i Stockholms tunnelbana (Höjer & Almgren, 2015). Målet med övervakningen är att få ett effektivare spårunderhåll, möjligheten till att optimera spårunderhållet för minskat buller och öka kunskapen om spåranläggningens status.

Som Figur 3.1 visar startade FoU-projektet 2013 och inleddes med att utveckla hård- och mjukvarusystem för ljudupptagning. Mellan åren 2014 och 2017 utvecklades en mjukvara vilken kunde analysera och kombinera den insamlade datan samt ett grafiskt användargränssnitt för att uppvisa resultaten. Vid mitten av 2016 blev Stockholms tunnelbana den första kunden att handla upp tjänsten och skrev kontrakt för 3 + 2 + 2 år.



Figur 3.1. Tidslinje över QTMS historia fram till 2018. (Tyréns. Personlig kommunikation, återgiven med tillstånd).

3.2 Generell beskrivning QTMS

1. Systemet består av olika komponenter applicerade på tåg som uppehåller sig i den dagliga trafiken. Tågen är bland annat utrustade med mikrofoner och annan apparatur för att mäta och avlyssna spårförhållanden. Se Figur 3.2 för schematisk beskrivning.
2. Den genererade datan från komponenterna skickas till det centrala nätverket och hanteras genom en molnlösning. Molnlösningen består av komponenter som hanterar lagring av datan, grafiska gränssnitt för att visa spårparametrar och alarm för avvikande ljudnivåer.

3. Användaren och andra intressenter kan använda det grafiska gränssnittet för att övervaka spårförhållandena.



Figur 3.2. Schematisk beskrivning av QTMS. (Tyréns. Personlig kommunikation, återgiven med tillstånd).

3.3 Systemets delar

För att tjänsten ska fungera krävs att hårdvara installeras på tågen. Utrymmet på tågen är idag begränsade då många olika system ska samverka på liten yta.

Hårdvaruenheten är testad och godkänd enligt internationell järnvägsstandard för att inte störa eller störas av annan närliggande utrustning. Hårdvaran till QTMS sitter främst under tåget vilket är en fördel då den inte konkurrerar om plats med övrig utrustning.

På de tåg som utrustas med QTMS installeras följande komponenter:

Fyra mikrofoner

Två mikrofoner sitter så nära ett hjulpar som möjligt medan de andra två sitter så långt ifrån hjulparet det går. Mikrofonerna fångar upp ljudet när tåget färdas på rälsen.

Två accelerometrar

Accelerometrarna placeras på hjulaxeln för att mäta vertikala rörelser, exempelvis när tåget passerar en skarv.

En pulsgivare

Även pulsgivaren sitter på hjulaxeln och skickar ut 4000 elektriska pulser per hjulvarv. Det är tack vare denna som systemet kan isolera ljudet från rälsen.

GPS

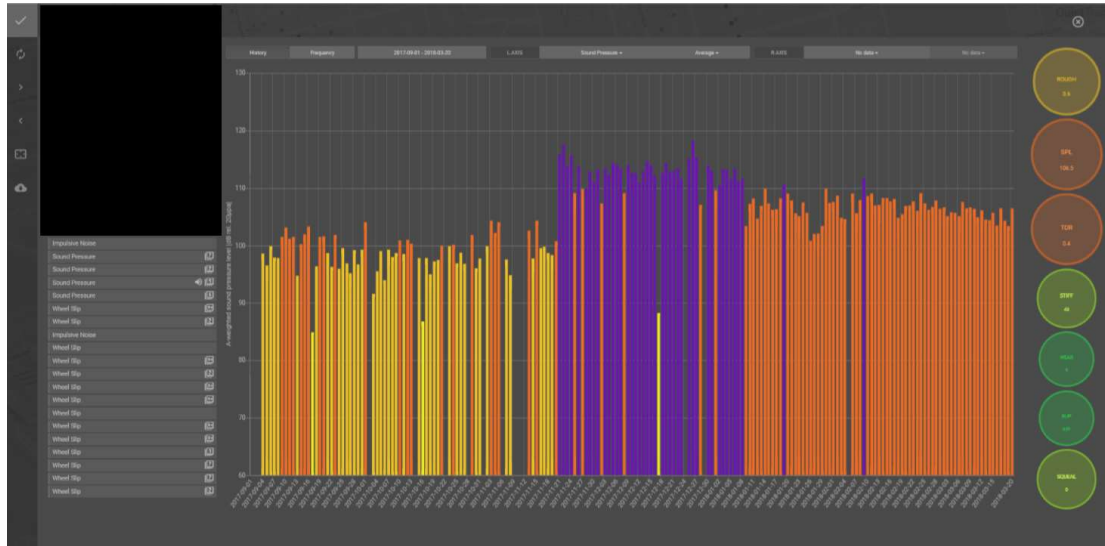
Används för positionering av tåget. Kompletteras även med RFID (Radio Frequency Identification) samt sensorer för positionering där GPS-signaler inte kan sändas.

Dator

Bearbetar insamlade data i ett första steg innan informationen skickas till en central databas för vidare analys.

3.4 Parametrar och resultat

QTMS läser av ljudtrycksnivå samt vertikal förskjutning och resultaten presenteras sedan i ett användargränssnitt i form av grafer (se Figur 3.3). Hela spårnätet delas in i intervall om 25 m vardera där användaren kan få information för specifika sektioner. Genom dessa grafer kan slutsatser om åtgärder sedan dras.



Figur 3.3. Graf som visar ljudtrycksnivåer i en sektion över tid. (Tyréns. Personlig kommunikation, återgiven med tillstånd).

3.4.1 Tekniska parametrar

De tekniska parametrar som QTMS kan detektera är som följer.

Ytråhet

Ojämnheter på hjul och räl. Exempelvis räfflor och vågor på rälshuvudet och ojämnheter på hjulets rullyta (Västra Götalandsregionen, 2015). För stora ojämnheter leder till ökat slitage på hjul och räl samt ökande ljudnivåer till omgivningen.

Ljudtrycksnivå

De små variationerna kring det statiska lufttrycket vilket sedan uppfattas som ljud. Mäts i dB(A).

Track Decay Rate

Ett mått på hur snabbt inducerade vibrationer reduceras längs skenan. Värdet mäts i dB/m. Ett högt värde indikerar att mycket av det ljud som alstras inte transmitteras till omgivningen. Ett lågt värde kan tyda på en lös räl eller att spåret flyter uppe på ballasten.

Tågposition

Var någonstans tåget befinner sig vid en angiven tidpunkt.

Tågets riktning

Åt vilket håll som tåget färdas. Längs med längdmätningen eller motsatt längdmätningen.

Hastighet

Anges i km/h.

Rälmellanläggsstyvhet

Är ett uppskattat mått på styvheten under skenan, mäts i kN/mm. Det är önskvärt att ha låg styvhet i mellanlägget på grund av energiförluster i form av vibration. Rälmellanläggets styvhet har ett direkt samband med Track Decay Rate.

Vertikal förskjutning

Rörelser i höjddled.

3.4.2 Defektidentifiering i realtid

Tack vare AI kan QTMS analysera ljudets egenskaper och därefter identifiera specifika skador på spåret. Maskininlärning låter QTMS förbättras över tid för att öka pricksäkerheten i analyserna.

De avvikelser QTMS kan identifiera i dagsläget innefattar följande områden.

Squats

En form av utmattningskada/sprickbildning på räl. Uppstår främst på höghastighetsbanor. Indikeras av en mörk fläck på banan som tyder på en nedsjunkning av materialet (Stichel, 2004). Kan orsaka rälsbrott om åtgärder ej vidtas.

Defekta rälskarvar

Sker i osvetsade skarvar. Kan leda till ofrivilliga kortslutningar i spårledningen.

Hjulahalka/Spårhalka

Hjulen med drivning tappar fästet gentemot rälen och konsekvensen blir att hjulen fortsätter rotera men tåget står still. Det leder till skador på både hjul och räl.

Spårhalka är ett problem som ofta uppstår under höstperioden när löv och barr mosas av tågens hjul. Effekten blir en beläggning som är väldigt hal, speciellt i kombination med låg temperatur och fukt (Trafikverket, 2019.a).

Kraftig nötning

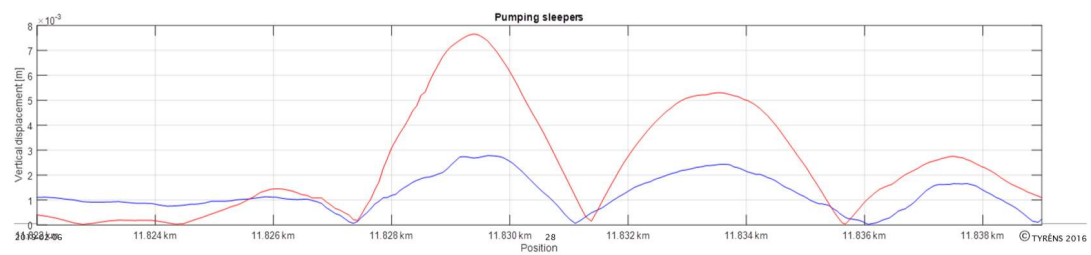
Ovanligt högt slitage på räl eller hjul. Uppstår främst i kurvor under torra perioder där smörjning av räl varit undermålig. Alternativt som en följd av att fordonet har en hjulprofil som ej är anpassad för rälsprofilen.

Kurvskrik

Är ett högt tonalt ljud och emitteras från hjulen på järnvägsfordon som färdas i snäva kurvor. Kan undvikas eller förmildras vid smörjning av räl.

Pumpande slipers

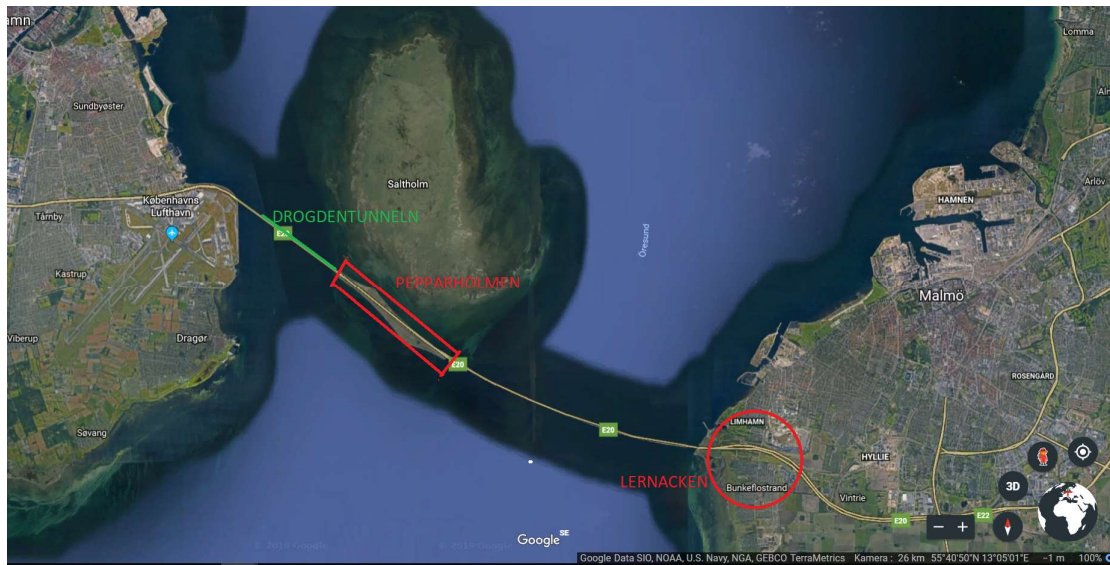
Vertikala förskjutningar av sliper på grund av dålig underbyggnad. Figur 3.4 visar hur QTMS kan detektera pumpande slipers genom vertikala förskjutningar vid en angiven kilometer.



Figur 3.4. Graf som visar pumpande sliper. Röd respektive blå kurva visar höger respektive vänster räl. (Tyréns. Personlig kommunikation, återgiven med tillstånd).

4 Öresundsförbindelsen

Öresundsförbindelsen ägs och förvaltas av Öresundsbro Konsortiet. Öresundsbanan är den järnvägsdel som förbinder Malmö och Köpenhamn och är därmed den enda järnvägsförbindelsen Sverige har med Danmark och Tyskland (Trafikverket, 2013). Med andra ord så fogas den danska och svenska tågtrafiken samman på denna sträcka, vilket medför utmaningar i och med olika länders tekniska system och regelverk integreras. Banan har ett svenskt signalsystem och trafikledning till Pepparholmen, sedan blir det danskt ned i Drogdentunneln (se översiktlig bild i Figur 4.1). Spänningen på kontaktledningarna byts från svensk till dansk redan vid Lernacken. Banans längd är ca 17 km och dubbelspårig samt elektrifierad. Trafiken utgörs av både gods- och persontrafik.



Figur 4.1. Översiktlig bild av Lernacken, Pepparholmen och Drogdentunneln. (Hämtad från Google Earth, författarnas egen bild.)

4.1 Geografiska upplysningar

Den järnvägssträcka som Öresundsbro Konsortiet förvaltar befinner sig mellan den danska stationen Københavns Lufthavn Kastrup (km 12,854) och den svenska stationen Lernacken (km 29,795 eller 281+810 i Trafikverkets system) (Öresundsbro Konsortiet, 2019.a). Öresundsbro Konsortiets järnvägssträcka gränsar mot Banedanmarks förvaltningsgräns i väster (km 12,854) och mot Trafikverket förvaltningsgräns vid km 29,795 i öster.

Längdmätningen är en fortsättning av Banedanmarks längdmätning och den utgår från Köpenhamns Huvudbangård. Järnvägen är dubbelspårig hela sträckan och normalspårig med standardmättet 1435 mm samt förekommer en krysstation på Pepparholmen (Öresundsbro Konsortiet, 2019.a).

4.2 Banans prestanda

Axellast – STAX är 25 000 kg vid 120 km/h och 22 500 kg vid 200 km/h.

Hastigheter – På den danskägda sträckan är den maximala tillåtna hastigheten 180 km/h och på den svenskägda 200 km/h.

Kraftförsörjning – Kontaktledningssystemet försörjs med AC 25 kV 50 Hz och kontaktledningshöjden är 5 330 mm.

Lutning – Den maximala lutningen på sträckan är 1,56 procent.

Metervikt – STMV är 8 300 kg/m.

Räls och överbyggnad – Spåret består av UIC60-profil på betongsliper 60 kg med Fastclip befästningar.

Trafikkapacitet – Kapaciteten uppskattas till mindre än 60 % av den tillgängliga kapaciteten per dygn och tvåtimmarsperiod.

Tåglängd – Normaltåglängd svensk teknisk systemdel är 730 m och dansk teknisk systemdel är 835 (Största tillåtna längd för specialtransport är 1 000 m).

Hämtat från (Öresundsbro Konsortiet, 2019.a).

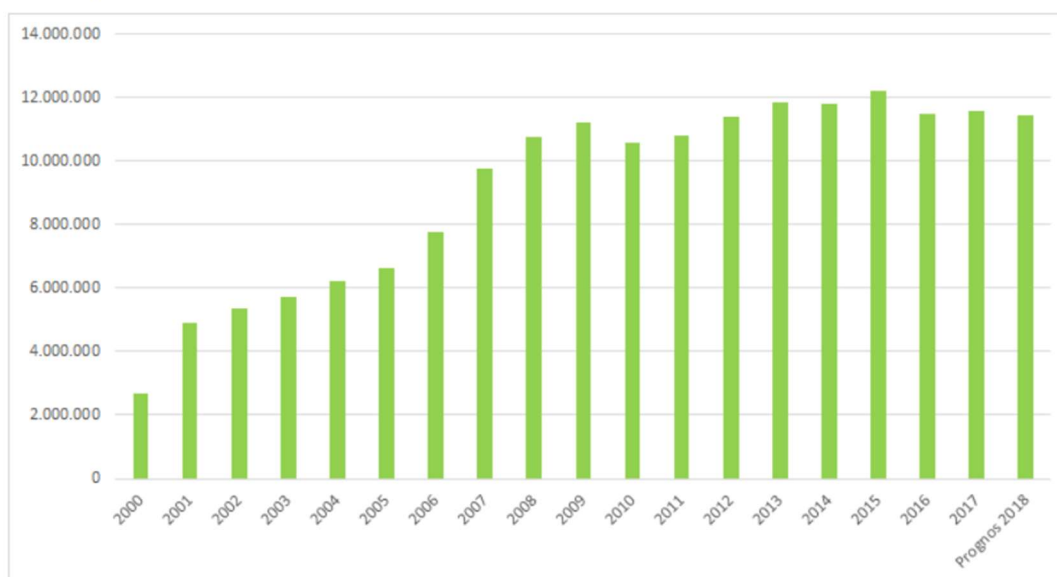
4.3 Driftsintäkter

Öresundsbron finansieras av dem som använder bron. Driftsintäkterna delas in i tre kategorierna vägförbindelse, järnvägsförbindelse samt övrigt. Intäkter från vägförbindelsen kommer från avgifter för passage och uppgick till 1 430 MDKK under 2018. Intäkter från järnvägsförbindelsen består av en fast ersättning som delas lika av Banedanmark samt Trafikverket. Denna ersättning är indexerad och uppgick till 505 MDKK för 2018. Övriga intäkter innefattar fördelning av interna gemensamma kostnader samt hyra av fiberoptik och telefonkablar på bron. Dessa intäkter uppgick till 21 MDDK (Öresundsbro Konsortiet, 2019.b).

4.4 Ökad belastning

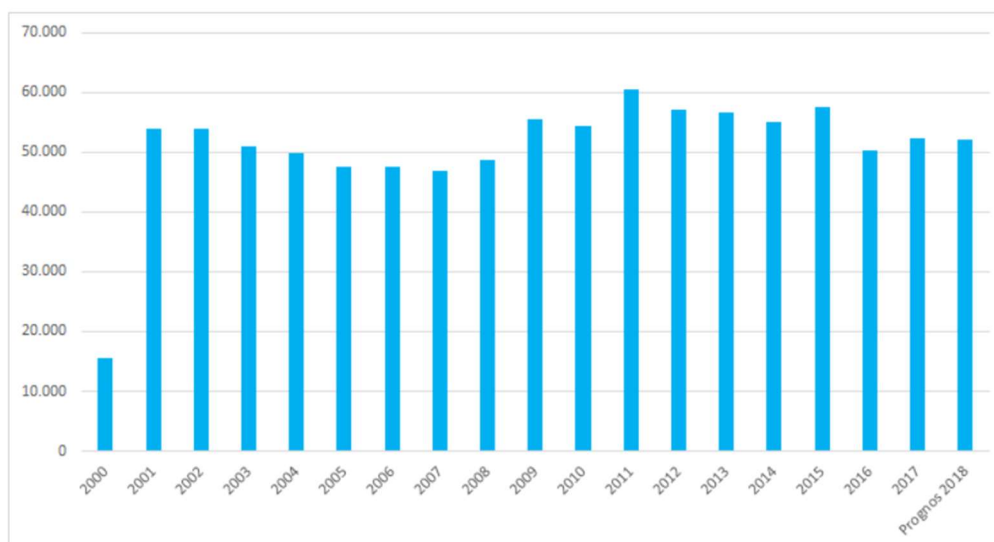
Sedan trafikstarten den 1 juli 2000 har Trafikverket på uppdrag av Öresundsbro Konsortiet insamlat data på antalet gjorda resor per år och sedan redovisat statistiken i form av stapeldiagram (Öresundsbro Konsortiet, 2018). Det kan utläsas av diagrammet i Figur 4.2 att från starten år 2000 till 2017 har det skett en markant ökning av antalet resor. År 2000 var antalet resor över bron ca 2,7 miljoner (dock endast ett halvt års drift, 1 juli – 31 december) och vid 2017 hamnar siffran på dryga 12 miljoner resor. Trots det visar Figur 4.3 att andelen resande tåg per år inte varierat avsevärt bortsett från starten år 2000 (1 juli – 31 december).

Resor per år



Figur 4.2. Antalet resor per år som gjorts över förbindelsen. (Öresundsbro Konsortiet, 2018).

Resandetåg per år

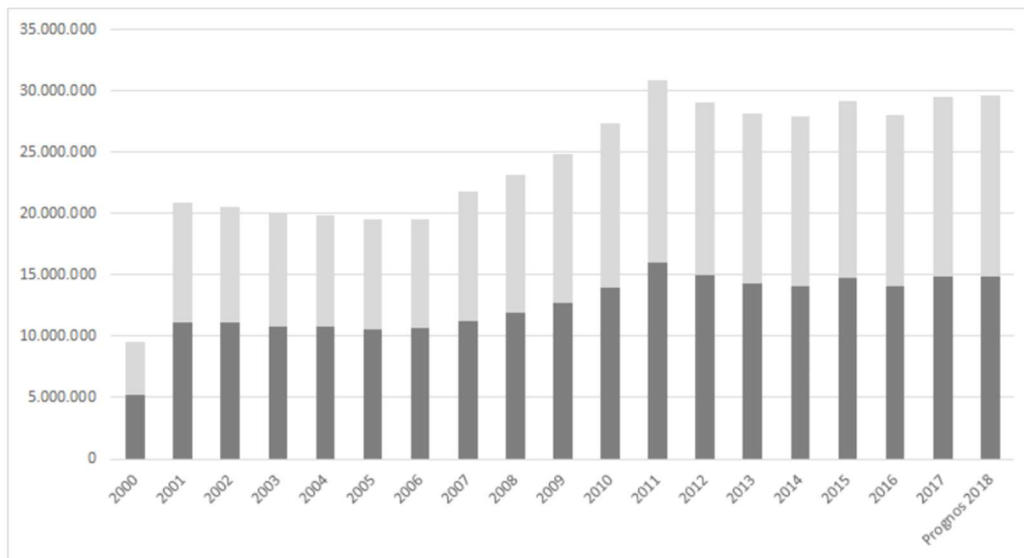


Figur 4.3. Antalet tåg som färdas per år över förbindelsen. (Öresundsbro Konsortiet, 2018).

Tågvikten av all den järnvägstrafik som färdas över Öresundsbron sedan år 2000 har även den ökat. Mellan åren 2001 - 2006, färdvägen Danmark – Sverige (Figur 4.4, ljus stapel), befann sig antalet bruttoton stabilt på ungefär 20 000 000. De kommande åren efter 2006 skedde det en ökning av tonnaget och vid 2011 var lasten runt 31 000 000 bruttoton. Tonnaget har efter 2011 befunnit sig på ungefär samma nivå.

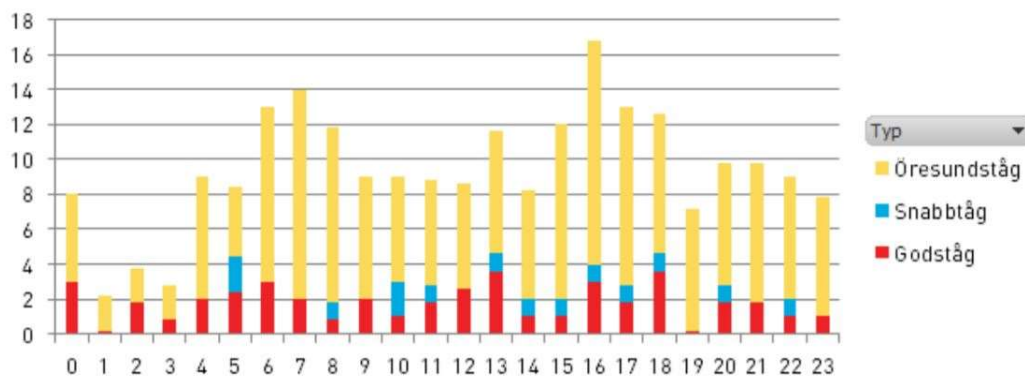
Tågvikter av all järnvägstrafik i bruttoton

Mörk = Sverige - Danmark Ljus = Danmark - Sverige



Figur 4.4. Tågvikter i bruttoton per år som färdats över förbindelsen. (Öresundsbro Konsortiet, 2018).

Vilket kan utläsas av Figur 4.5 passerar tåg redan i dagsläget kontinuerligt Öresundsförbindelsen och tid för mer omfattande underhållsåtgärder är begränsad. Samtidigt sker utbyggnaden av förbindelsen över Fehmarn - Bält (mellan Danmark och Tyskland) och vid färdigställande av förbindelsen uppskattas trafiken öka kraftigt framöver enligt den danska Trafikstyrelsen (Vectura, 2013).



Figur 4.5. Fördelning mellan olika tågslag på Öresundsförbindelsen under ett dygn i båda riktningar. (Vectura, 2013)

4.5 System i dagsläget

Öresundsbrons Järnvägsavdelning har i dagsläget ett antal system för att stödja deras arbete mot effektivare underhåll och för en säkrare bro.

Maximo – IBM Maximo Enterprise Asset Management

Program för styrning och planläggning av drifts och underhållsaktiviteter på Öresundsbron. Maximo är en plattform för hantering av brons fysiska tillgångar och är ett modulbaserat system som ger Konsortiet omfattande överblick av företagets verksamhet, produktion, anläggningar, transport och IT.

BIS – Ban Information System

Systemet tillhandahåller en grundstruktur så att Trafikverket kan försörja sina system för läggning av tidtabell och planering av specialtransporter. Trafikverket äger systemet och ansvarig för datahantering är både Trafikverket och Öresundsbrons Järnvägsavdelning.

Meridian

Ritningshanteringssystem.

OFELIA

Rapporterar bantekniska fel för betydelse för järnvägsdriften. Statusrapportering, arbetsorder och felavhjälpning. Underhållsentreprenörer/felavhjälpare rapporterar in de åtgärder som utförts i samband med registrerat felsymptom. Avhjälparen meddelar uppgifter om det verkliga felet, orsaken och vilken åtgärd som utfördes (Trafikverket, 2019.b)

RDS – Regularitets Drift och Statistik Banedanmark

Banedanmarks system för rapportering av punktlighet och driftstatistik och riktar sig mot tåg som är försenade mer än 2 minuter och 59 sekunder (påverkat tåg). Systemet använder orsakskoder som klassar vad som påverkade förseningen och vem som bär ansvaret (Banedanmark, 2019).

5 Resultat från intervjustudie

I detta kapitel redovisas resultaten från våra intervjuer med de olika parterna, systemleverantör, underhållsentreprenör, anläggningsägare och tågoperatör. Intervjufrågorna syftar till att besvara frågeställningarna i inledningen. Vissa frågor är lika för alla medan andra har anpassats för respektive roll. Intervjufrågorna redovisas i bilagorna.

5.1 Systemleverantör

5.1.1 Installation

Då tågfordon kan variera i konstruktion kan vissa justeringar behöva göras för att passa det specifika tåget, exempelvis design av hållare samt kabeldragningar. Själva installationen av hårdvaran genomförs av den aktuella tågoperatören. Tyréns har erfarenhet och den kunskap som krävs för att ta fram det underlag som krävs för installationen.

Projektering och tillverkning tar några månader medan montering går fort. Då Tyréns tar ut en fast kostnad för projektering för en specifik tågmodell är det fördelaktigt att installera QTMS på samma typ av tåg. QTMS är en SaaS-tjänst vilket innebär att Tyréns inte äger hårdvaran men ansvarar för den löpande driften. Den fasta kostnaden för projektering är ca 2–2,5 mkr och sedan tas en abonnemangsavgift ut för den löpande informationen. Abonnemangsavgiften varierar beroende på hur många parametrar kunden vill ha.

5.1.2 Äganderätt

Tyréns anser att det är anläggningsägaren som ska äga den data som systemet genererar. Anläggningsägaren får sedan i sin tur välja i vilken utsträckning datan ska delas med övriga parter.

5.1.3 Krav och förutsättningar

Under en intrimningsperiod krävs en motpart hos antingen anläggningsägaren eller underhållsentreprenören för att göra de finjusteringar av systemet som krävs för att erhålla tillförlitliga data. Ett exempel är att kalibrera larmnivåer för olika sektioner. I en sektion med en växel är det normalt med högre ljudnivåer medan en sektion i rakspår inte genererar lika höga ljudnivåer.

Tyréns menar att en förutsättning för att investera i QTMS är att kunden måste ha en grundläggande inställning, tro och vilja att digitalisering och utveckling leder till effektivisering över tid. Det kommer även krävas en dialog och kommer att ta en viss tid att utforma systemet efter respektive kunds behov. Den insikten och flexibiliteten måste även kunden besitta då QTMS inte är en färdig ”hyllprodukt”.

En annan förutsättning är att identifiera vilket affärscase kunden kan tänkas ha då det varierar från kund till kund. Hur väl formulerat affärscaset är kan också skilja sig mellan olika företag. Vissa företag kräver exakta kalkyler på hur mycket pengar som

kan sparas under en angiven period för att investera i ny teknik. Tyréns menar att ha en idé på ett affärscase är bra, men det behöver inte i varje fall vara fullt definierat.

För SL handlar affärscaset om att minska buller tack vare effektivare underhåll och därmed minska kostnaderna för andra bulleråtgärder, såsom bullerskydd.

Tyréns känner inte till att Deutsche Bahn har så tydliga affärscase i sin digitaliseringsutveckling, utan de är övertygade att digitaliseringen kommer leda till en bättre anläggning över tid. Genom att studera data ökar förståelsen för olika fenomen, exempelvis kontakten mellan hjul och räl. Detta kan leda till nya insikter som kan vara värdefulla.

5.1.4 Incitament och värden

QTMS ger en ökad kunskap om anläggningens skick. Under förra upphandlingen av underhållskontraktet i SLs tunnelbana fick de endast in ett anbud; av den entreprenör som redan var innehavare av kontraktet. En av anledningarna till detta var att SL inte kunde beskriva anläggningens skick. Genom att bättre kunna beskriva sin anläggning och därigenom öka konkurrensen bland underhållsentreprenörerna går det att få ner kostnaderna. Riskpengar som underhållsentreprenörer lägger på sina anbud för att kompensera för den osäkerhet som finns kan då också minska.

Under 2018 har nya affärsregler för tågbranschen trätt i kraft vilket innebär att tågoperatörer kan begära ersättning för förseningar som anläggningsägare orsakat (Trafikverket, 2019.c). Här ser Tyréns en affärsmöjlighet där tågoperatörer kan använda data från QTMS som bevismaterial för att få ersättning av anläggningsägare för förseningar eller skador på hjul som spåraneläggningen orsakat.

Systemet kan även detektera hjulhalka vilket orsakar skador på tåg och anläggning. Genom att omedelbart uppmärksamma lokföraren på att det är halt i spåret kan föraren anpassa körsättet för att minimera skaderisken. Idag finns det intresse från tågoperatörer att tillhandahålla information om halka i spåret, vilket medför lägre accelerationer och tidigare inbromsningar.

Tyréns anser att anläggningsägarens enskilt största värde av QTMS torde vara uppföljning av underhållsåtgärder. De menar att anläggningsägaren skall kunna verifiera om den önskade effekten har uppnåtts och om rätt metod valts. De nämner även att defekter i anläggningen kan hittas i ett tidigt skede och åtgärdas innan det blir ett problem.

QTMS ger också en ökad förståelse för orsak-verkan-samband. Exempelvis har Tyréns sett att squats nästan alltid uppstår i samband med dålig underbyggnad. Därmed hjälper det inte att enbart åtgärda ytan på rälen utan underbyggnaden måste också samtidigt stärkas upp. Med hjälp av QTMS har Tyréns även observerat att när slipning utförts med fel metod kan ett problem åtgärdats men följn blir påskyndande sprickbildning och livslängdsförkortning. Här menar Tyréns att det finns mycket att lära i arbetet om orsak-verkan för att identifiera den faktiska orsaken till problemet. Först när underhållsentreprenören har den kunskapen kan rätt metod användas för att åtgärda felet.

5.1.5 Utmaningar

Tyréns menar att en av utmaningarna kan vara med att få med sig en tågoperatör som är villig att göra ingrepp på deras fordon. Tyréns tanke för att eventuellt få en tågoperatör villig att implementera systemet på deras fordon är att de också då kan få ta del av informationen om hur anläggningen mår som de färdas på. Det inkluderar även att de kan få information om flera anläggningars status och inte endast Öresundsbanan, utan även Trafikverkets samt Banedanmarks. Tyréns ser att det skulle kunna finnas ett värde i att ha tillgång till den informationen för att sedan kunna ställa krav tillbaka på anläggningsägaren.

5.1.6 Vidareutveckling

I dagsläget kan QTMS detektera ett antal defekter i realtid exempelvis squats, hjulhalka och kurvskrik. I framtiden ser Tyréns att QTMS inte bara skall kunna upptäcka defekterna utan även att systemet automatiskt ska generera en arbetsorder. Arbetsordern skickas sedan till den ansvarige underhållsentreprenören som ska utföra nödvändiga åtgärder för att reparera skadan. De ser även att QTMS på egen hand ska kunna tala om för smörjapparaterna när det är undermåligt smörjt på rälen och när smörjningen måste upphöra.

Hårdvaran i QTMS är anpassningsbar och det finns möjlighet att koppla in ett stort antal sensorer till huvudenheten, exempelvis bild och video. Flexibiliteten och möjligheterna är stora så att tjänsten kan byggas efter varje kunds specifika behov.

För att maximera värdet av att jobba med databaserade beslut måste lösningen integreras mot verksamhetssystem som redan existerar, till exempel förvaltningssystem som kan generera arbetsordrar. Vid återkoppling av information till QTMS via strukturerade processer kan intelligens börja byggas i form av maskininlärning. Då kan prediktiva algoritmer utvecklas för att förutse problem och underhållsinsatser i anläggningen.

Tyréns har en fast installation under utveckling som ska kunna detektera vilka vagnar som behöver svarva hjul. Genom att åtgärda skadade hjulpar minskar skador på räл. Idag finns en prototyp som testas vid Spårväg City i Stockholm.

5.2 Anläggningsägare

5.2.1 Mål och strategier

Öresundsbro Konsortiet har som naturlig målbild att hela tiden arbeta mot en hållbar bro och efterlämna den i samma, men gärna bättre skick, till framtida generationer. Säkerheten både för kunder och för de som arbetar på bron har alltid högsta prioritet. Därefter följer tillgänglighet och kostnadseffektivitet.

Anläggningen har långsiktiga mål att behålla underhållskostnaden oförändrad, reducera kostnaden för reinvesteringar för både ekonomi och miljö samt bibehålla hög anläggningskännedom. För att nå målen har Öresundsbro Konsortiet tagit fram ett antal strategier. De anser att de behöver vara en kompetent beställare, arbeta med mer prediktivt underhåll och aktivt minimera miljöpåverkan. För att vara en kompetent beställare menar Öresundsbron att de behöver ha en hög anläggningskännedom på

förbindelsens unika områden samt driva utvecklingen av arbetssättet för underhåll. De vill också gå mot mer förutsägbare underhåll som innebär digitalisering och fjärrövervakning för att få förvarningar i ett tidigt stadiet. Konsortiet vill dessutom investera i teknik som stödjer förutsägbare underhåll samt sträva mot smartare arbetssätt genom sensorer, Big Data och AI.

Ett av målen är att aktivt minimera miljöpåverkan. Det skall genomföras genom att sänka behovet av energi och resurser och skydda de naturvärden som finns på och omkring förbindelsen, exempelvis genom bullerreducering.

Konsortiet jobbar aktivt med förbättringsarbeten som bygger på lean-tankar och menas att det blir mer värde för mindre arbete. De ser gärna att de system som implementeras är användarvänliga och intuitiva.

5.2.2 Äganderätt

Öresundsbro Konsortiet ser helst att tågoperatören står för ägandet av ett fordonsbaserat system. De menar att tågen kommer passera så pass sällan att det inte är värt att de själva ska stå för kostnaden. Istället är de intresserade av att köpa data av tågoperatören som rör Öresundsbanan.

När Konsortiet köpt datan kommer de dela med sig av den till underhållsentreprenören för att de skall kunna arbeta och nyttja den.

5.2.3 Krav och förutsättningar

Konsortiet har idag god kännedom om sin anläggning. En förutsättning för att använda QTMS är att det bör ersätta ett eller flera befintliga system för att förenkla informationsflödet.

Gällande de parametrar som QTMS kan generera så har inte Öresundsbron några specifika krav utan är helt öppna för förslag. De menar att leverantören får redovisa vad systemet kan generera och vilken nytta som kan åstadkommas med hjälp av digitaliseringen.

5.2.4 Incitament och värden

Öresundsbro Konsortiet ser en möjlighet i att spara pengar på effektivare underhåll. Så som kontrakten är utformade idag tror Konsortiet att det är underhållsentreprenören som kan spara pengar till en början men hoppas att det i framtiden leder till lägre anbudskostnader.

Öresundsbron berättar att godstågens påverkan på deras anläggning är av stort intresse för dem. Genom att kunna se om vissa tåg sliter mer på anläggningen än andra, orsakat av exempelvis ojämn fördelad last eller ojämna hjul, kan konsortiet i sin tur tänkas ta ut en extra avgift för ökat slitage från tågoperatören.

De menar att det skulle finnas ett värde om systemet kan generera pålitlig information som vidare kan fungera som beslutsunderlag vid exempelvis livscykelkostnader och därigenom spara resurser.

5.2.5 Utmaningar och möjligheter

Det nämns att en förväntad utmaning är att tillåtas montera systemet på tåg som ägs av tågoperatören, då Öresundsbro Konsortiet inte har några egna tåg i sin ägo. Därav anser dem att tågoperatören skall äga och förvalta systemet. Dock är Konsortiet intresserade av att tillhandahålla och köpa datan så de kan få en ökad kunskap om sin anläggning.

Konsortiet har möjlighet att göra långsiktiga investeringar i sin anläggning tack vare deras intäktsmodell. Jämfört med Trafikverket som är anslagsfinansierat får Öresundsbro Konsortiet sina intäkter från överfartsavgifter men även en fast indexerad ersättning från Banedanmark och Trafikverket.

Öresundsbro Konsortiet är intresserade av system som kan övervaka hur mycket järnvägsfordonen belastar deras anläggning. Det nämns att Banedanmark har tagit fram ett system som kan övervaka hur mycket tågen sliter på anläggningen och att det föregår en dialog om att montera den typen av utrustning på den danska sidan mellan Kalvebod och Köpenhamn. Systemet övervakar vagnar som är snedbelastade, slag och ovalitet i hjul och kan kopplas direkt till tågledningssystemet. Öresundsbron anser att implementeringen av ett sådant system skulle vara av intresse och i sådana fall fördelaktigen installeras på svenska eller danska landanläggningen.

Då Konsortiet själva anser att de är en liten infrastrukturhållare med mycket beslutsamt så kan de vara lämpliga för pilotstudier och välkomnar tester om hur väl QTMS fungerar.

5.3 Tågoperatör

5.3.1 Prediktivt underhåll idag

SJ använder sig av flera källor i arbetet med prediktivt underhåll. En av dessa är Trafikverkets hjulskadedetektorer och dessa detektorer har två säkerhetsgränser som varnar när skada på hjul uppstått. År 2013 införde branschen en ny larmnivå kallad ”varningslarm”. Denna larmnivå innebär att fordonet får fortsätta till nästa destination utan restriktioner men att tågoperatören därefter tar in tåget för undersökning och åtgärd.

På X2000-tågen finns ett lagerövervakningssystem som installerats efter flera år av prov med huvudsyfte att vibrationsövervaka hjulen. Detta har lett till två spinoff-funktioner, hjulhälsoövervakning samt ”Track Health Index”.

Hjulhälsoövervakningen kan tack vare vibrationsmönster avgöra i vilken grad hjulslitbanan börjar bli dålig. Track Health Index redovisar vibrationsnivå per 20 m sträcka på rälen för tågen som ett kollektiv. Detta index delar SJ med sig av till Trafikverket för att ge en kvantitativ bild över hur banan mår. En utvärderingsperiod pågår just nu för att se hur värdeskapande denna information är för Trafikverket.

Alla fordon är utrustade med någon form av fastbromsningsskydd eller slirskydd. I de mer intelligenta tågen försöker SJ nu korrelera slirskyddet med hastighet och GPS-position för att upptäcka spårhalka. Idag ges denna information endast till föraren på

det aktuella tåget men målet är att i framtiden ska denna information även nå omgivande trafik.

5.3.2 Äganderätt

Fordonsägaren har det fulla ansvaret över funktionalitet och säkerhet avseende den utrustning som installeras på ett fordon. Därav vill SJ vara ägare av utrustning som sitter på deras tåg. Ägandeskapet av data har diskuterats i branschen och SJ har som utgångspunkt att sitter det en sensor på deras tåg som samlar in information ska SJ också ha bestämmanderätt. Idag är det endast Trafikverket som SJ har ett avtal med för informationsdelning.

5.3.3 Krav och förutsättningar

SJ anser att Trafikverket är en viktig spelare i digitaliseringsarbetet och deras arbete är en förutsättning för att informationsutbytet ska fungera. Som den största anläggningsägaren i Sverige bör det vara de som är länken mellan tågoperatören som samlar in information och underhållsentreprenören som ska underhålla banan. Idag har SJ en bra dialog med Trafikverket i dessa frågor men det går för långsamt. Det behövs en bättre helhetssyn där rätt frågor prioriteras. De eftersöker också fler tågoperatörer som är med i diskussionerna.

SJ vill säkerställa att om de lägger pengar och energi på dessa frågor ska det också finnas en motpart på andra sidan som tar till sig denna och att det leder till något värdeskapande. SJ är positiva till en diskussion där anläggningsägare kan använda deras tåg för att samla information om spåranläggningen.

5.3.4 Regressersättning

2018 kom nya branschregler som innebär att tågoperatörer kan begära ersättning av anläggningsägaren (regress) för förseningar som orsakats på grund av fel på anläggningen. Felen som orsakat förseningen kategoriseras som felkoder och de koderna bestäms av Trafikverket. SJ har etablerat en mindre avdelning som jobbar med att följa upp de orsakskoder som Trafikverket klassat och har då en viss tid på sig att överklaga beslutet om de anser att det är felaktigt bedömt. Nedriven kontaktledning är exempel på en situation där det är svårt att bedöma vilken part som är ansvarig. I nuläget uppskattar SJ att de får tillbaka mer pengar än de betalar tack vare kvalitetsavgifter och regressersättningar.

5.3.5 Utmaningar och möjligheter

Utmaningarna med prediktivt underhåll anser SJ inte ligga i informationshämtningen. Det finns många olika system som kan inhämta data idag. Arbetet framåt ligger i att hantera dessa data och förstå vad de betyder. Vad som orsakar de stora problemen i trafiken och var de stora kostnaderna uppstår är nyckelfrågor för att kunna effektivisera underhållet. Effektiviseringarna kan bland annat vara att förlänga underhållsintervall. Förbättrings- och effektiviseringsarbetet pågår löpande hela tiden inom SJ där digitala instrument är en del av lösningen. Branschen i helhet måste även arbeta fram affärsmodeller för hur informationsutbytet ska se ut samt hur investeringskostnaden ska fördelas mellan olika parter.

SJ ser potential i att linjetrafik kan bidra med information om anläggningens skick kontinuerligt som kompletterar mätvagnen som endast kör förbi ett par gånger per år. Idag byts delar ut i fasta intervall avseende antingen sträcka eller tid. Går det att förlänga livslängden och samtidigt också ha ett mer behovsbaserat underhåll finns det tid och pengar att spara.

Trafikverket är en myndighet och har därmed förordningar att förhålla sig till som reglerar informationshantering, särskilt då deras anläggningar är viktiga för rikets säkerhet. Information som behandlar skyddsobjekt är strikt reglerade och detta kan utgöra hinder för insamling och delning av data.

5.4 Underhållsentreprenör

5.4.1 Prediktivt underhåll idag

I dagsläget är det prediktiva arbetet i hög grad erfarenhetsbaserat. Infranord har genom erfarenhet lärt sig hur ofta vissa moment bör utföras, exempelvis spårriktning. Dessutom görs förebyggande åtgärder baserat på resultat från besiktning. Infranord ser en risk med deras arbetssätt idag utifrån att kunskap försvinner från företaget i samband med stora pensionsavgångar.

Infranord berättar att det finns system idag för att följa upp underhållet men då det inte finns tillräckliga incitament för att förbättra underhållet så används dessa systemet mycket begränsat. Detta beror främst på hur dagens underhållskontrakt är utformande.

Idag hanterar Infranord besiktningsanmärkningar som klassificeras som *akut* och *vecka* medan Trafikverket hanterar klasserna *månad* och *nästa besiktning*. Det betyder att Infranord i huvudsak endast ansvarar för brådskande felåtgärder. För att utföra prediktiva åtgärder utöver dessa anmärkningar måste Infranord presentera goda grunder för anläggningsägaren.

Nya system som kan påvisa att förebyggande underhåll är nödvändigt välkomnar Infranord då de kan tillåtas göra fler jobb i anläggningen. De system som finns idag, framförallt Trafikverkets, upplevs som krångliga och används därmed inte i så stor utsträckning. Det är måtenheten på Infranord som förser Trafikverket med data om anläggningen. För att nyttja denna data krävs det att en person med teknisk kompetens manuellt granskar och utvärderar informationen. Idag finns ingen tydlig plan hur den data som finns skall användas. Infranord ser att det finns ett behov av smarta system som själva till viss mån kan analysera och presentera data på ett intuitivt sätt och presentera en helhet som även oerfarna yrkesarbetare kan ta till sig. Risken finns annars att äldre personer med erfarenhet hinner gå i pension innan de fört kunskapen vidare till de yngre.

5.4.2 Incitament för prediktivt underhåll

Incitament för att arbeta prediktivt beror på hur kontraktsutformningen ser ut. I ett nuvarande kontrakt med SL finns tydliga incitament. Ett av incitamenten är mätning av feltid där det finns ett uttalat målvärde. Kan Infranord leverera bättre siffror än målvärdet varje år utfaller en bonus baserat på hur mycket bättre värdet är. Dessutom skrivs målvärdet ned 5% varje år för att Infranord ska höja sin ambitionsnivå över tid. Utöver feltid finns det ett kontraktskrav som säger att Infranord ska *förbättra* anläggningen från tillträdet. Detta är en stor skillnad mot kontrakten med Trafikverket där statusen på anläggningen enbart ska *bibehållas* under kontraktslängden.

Övriga incitament i kontrakt kan vara krav på inställelsetider där det kan utgå ett vite om underhållsentreprenören inte har resurser på plats inom utsatt tid. Minskar antalet akuta felavhjälpningar minskar således risken för viten.

Infranord upplever att det är stor skillnad mellan olika aktörer där framförallt Trafikverkets kontrakt saknar incitament för förebyggande underhåll. I vissa kontrakt tjänar Infranord som mest pengar när de har tidskrävande felavhjälpning. Detta kan

jämföras med SLs kontrakt där Infranord i samma situation förlorar pengar. Inom Infranord upplevs det som mer inspirerande för de inblandade att arbeta med kontrakt där effektiviseringar och förbättrade resultat tydligt uppmärksammas.

Infranord anser det beklagligt att kvalitetsparametrar i regel ej är med i utvärdering av anbud i upphandlingar av underhållskontrakt. Detta medför få incitament för större innovationsprojekt för att berika anläggningen. Skulle incitament finnas anser Infranord att de på egen hand skulle kunna initiera och implementera ett övervakningssystem för underhåll.

5.4.3 Möjligheter med QTMS

Från Infranords perspektiv upplevs det att kunskap och erfarenhet hos beställarsidan i allt större utsträckning har flyttat till konsultbolag. Därmed kommer systemstöd vara ett måste för att visa helheten i deras anläggning och hjälpa oerfarna att ta rätt beslut.

Infranord ser att systemstöd likt QTMS är framtidens hjälpmedel för att hitta fel och åtgärda dem innan de växer sig stora. Kan Infranord dessutom redovisa bra underlag till kund varför det behöver göras en viss förebyggande åtgärd är det lättare att få till merförsäljning. Merförsäljning tas ofta vidare i flera steg inom kundens organisation vilket gör det extra viktigt att ha tydlig dokumentation så inte vital information förloras på vägen.

Det finns vissa fel som är svåra för besiktningsmän att upptäcka där QTMS skulle kunna vara till stor hjälp. Ett av dessa är små spårlägesfel. Dessa kan upptäckas idag med en mätvagn. Infranord har ett kontrakt idag där de absolut inte vill ha trafikstörande fel likt pumpande sliper. Att kunna få en realtidsövervakning av spårläget ser Infranord som väldigt värdefullt. Ett annat problem som är svårt att upptäcka är vatten i underbyggnaden. Detta är ofta orsaken till flera återkommande problem och Infranord arbetar idag med en sensor som ska sättas på mätvagnen för att mäta just detta.

En parameter i Infranords kontrakt är att effektivisera underhållet. Här finns det stora möjligheter för QTMS att vara till hjälp att göra rätt saker på rätt plats. Istället för att lappa och laga tio gånger kan man göra rätt åtgärd en gång. Idag är det svårt att täcka resurserna med maskinbehov, beställa rätt saker till rätt tidpunkt och få tider i spår.

5.4.4 Äganderätt

Infranord ser att de behöver ha fri tillgång till datan men har inte behov av att äga den. Så ser upplägget ut som finns med Trafikverket idag. Infranord ser även ett problem med att de skulle äga datan när det inte är de som äger infrastrukturen.

Idag är vissa parter väldigt beskyddande över den data de samlar in och delar den ogärna med andra. Infranord tror det finns vinster för alla inblandade att dela med sig och ser mer och mer att inställningen i branschen håller på att förändras.

5.4.5 Utmaningar

Infranord anser att en av de största utmaningarna med implementering av QTMS eller liknande system är att man inte får vara naiv och tro att systemet kommer lösa alla problem utan att aktivt arbeta med dem. De anser även att personer som besitter erfarenhet och har rätt kunskap initialt måste analysera datan för lära upp systemet så att rätt slutsatser kan dras.

Infranord anser att mottagaren av datan och hur den presenteras är en viktig aspekt för implementering. Det krävs personer som på ett bra och förståeligt sätt kan tolka och presentera datan för att sedan kunna utföra åtgärder. Här är Infranord beredda att bidra med dessa resurser. De menar att det inte är långsiktigt hållbart att denna kompetens skall finnas hos systemleverantören utan måste finnas hos personer med kunskap om anläggningen, som anläggningsägare eller underhållsentreprenörer. Ett exempel är ett växelövervakningssystem som utvecklades av järnvägsunderhållsentreprenören Strukton. Systemet var installerat väldigt många år utan att man riktigt visste hur datan skulle analyseras, tolkas och användas. De som satt på kunskapen om hur det skulle användas var ett fåtal personer som varit med och tagit fram systemet.

En annan utmaning är det faktum att det i dagsläget tas fram många system som måste kunna tala med varandra och på något sätt vävas ihop i en gemensam plattform för att uppnå synergieffekter. Infranord menar på att det skiljer sig mellan anläggningsägare och att vissa av dem är mästare på att ha flera olika system medan andra gärna vill ha så få system som möjligt fast att de täcker alla ändamål. De anser att risken med att ha många system är att den person som använde systemet eventuellt slutar och då försvinner kunskapen. Konsekvensen blir att ingen vet att systemet existerar, så det rinner ut i sanden och självdör.

Infranord berättar att det måste finnas lönsamhet med att jobba i QTMS och hitta balansen så att tågoperatörer, underhållsentreprenörer och anläggningsägare tjänar på systemet. Infranord tror att det är fullt möjligt, men att man då måste ändra på befintliga strukturer. I slutändan är det anläggningsägare och framförallt då Trafikverket som måste utforma sina kontrakt på ett sådant sätt att det är lönsamt för underhållsentreprenören att arbeta förebyggande.

Utmaningarna varierar också för olika anläggningar. Fördelen med tunnelbanan i Stockholm är att det endast är en operatör som trafikerar banan. Det blir mycket svårare på en bana där flertalet olika operatörer trafikerar. Med många operatörer kan det vara svårare att få dem att förstå vinsten med att delta i det förebyggande arbetet. En lösning som Infranord förespråkar är att bygga incitament som tvingar fram samverkan. Det kan vara att anläggningsägaren skriver in styrmedel i kontrakten där tågoperatörer och underhållsentreprenören tjänar på att samverka med varandra. Det kan vara en bonus som utgår när vissa krav uppfylls, exempelvis då en fungerade samverkan bedrivs genom regelbundna mötesforum.

Infranord anser att om järnvägen som transportmedel ska kunna fungera som avsett krävs att de aktörer som verkar inom järnvägsinfrastruktur kan samverka för att kunna göra avvägningar mellan mängden trafikerings och underhåll och genomföra objektiva utvärderingar av avvikelser och utvecklingsområden. För att denna samverkan ska kunna fungera på ett önskvärt sätt krävs att samtliga parter var för sig har tillräckligt stora incitament för att samverka med varandra och kunna väga sina egna intressen

mot behov och förutsättningar hos övriga parter. En järnväg är ett komplett system där infrastruktur och fordon tillsammans påverkar varandra och utgör en helhet. Avsaknad av en fungerande samverkan mellan parterna innebär stora svårigheter i att göra korrekta bedömningar av hur fordon och anläggning påverkar varandra och vilka behov som finns för övervakning, underhåll och innovationsprojekt.

6 Fiktiva scenarion

I detta kapitel har tre olika scenarion tagits fram i samarbete med Infranord för att påvisa fördelar med att använda sig av QTMS i underhållsarbetet.

6.1 En sliten isolerskarv orsakar ett signalfel

Isolerskarvar utgör en central komponent i en anläggnings signaltekniska system och avgränsar olika signalsträckor från varandra. I det fall en isolerskarv blir utsliten riskeras att rälsen övervalsar själva skarven och därmed leder över ström, vilket orsakar ett signalfel.

Exempel på scenario

På en plats i en vältrafikerad del av en järnvägsanläggning finns en isolerskarv med hög ålder. Den bedöms ha ett antal år kvar på sin tekniska livslängd och inspekteras okulärt tre gånger/år.

QTMS har sedan ett antal veckor tillbaka via akustik skickat information som tyder på en eskalerad trend i slitage på den aktuella isolerskarven. Den aktuella underhållsentreprenörens arbetsledare ges genom systemet därmed information om att en övervalsning riskeras på den aktuella isolerskarven och undersöker föregående okulära besiktning. Besiktningen säger att isolerskarven bör bytas inom ett år. Arbetsledaren gör bedömningen att en övervalsning påbörjats vilket eskalerar slitaget över tid och beordrar en ny okulär besiktning av en banbesiktningsman. Besiktningsmannen gör vid platsbesök en bedömning om ett akut utbyte av komponenten. Underhållsentreprenören planerar in och genomför ett utbyte av isolerskarven nästkommande trafikfria tid på natten.

I och med att ett utbyte av den slitna isolerskarven genomfördes innan ett signalfel uppstod undveks ett trafikpåverkande fel och en felåtgärd som tvingats utföras under trafikdygnet. Genom detta undveks stora kostnader hos tågoperatören för inställd trafik och lägre kostnader för den felhjälpande åtgärden i och med att den kunde utföras under planerade former.

6.2 Squats i räl leder till rälsbrott

Rälsbrott är en av de mer allvarliga fel som kan uppstå i en järnvägsanläggning där felet dels utgör en stor säkerhetsfara i och med potentiell urspårningsrisk samt i regel är förknippade med relativt stora kostnader hos samtliga parter. För åtgärdandet av rälsbrotten kan tågtrafiken antingen behöva stängas av under en period eller upptas med en lägre hastighet vilket riskerar att orsaka förseningar.

Rälsbrott kan uppstå som en följd av pumpande spår eller på grund av så kallade squats. En squat är en mindre sprickbildning i rälsen som utan åtgärd kan växa sig till en större spricka och därefter eventuellt orsaka ett rälsbrott. Att förbyggande arbeta med att dels utreda orsakerna och till squats och dels förebyggande åtgärda de squats som uppstår minskar risken för rälsbrott.

Exempel på scenario

Systemet identifierar en plats på en järnvägssträcka som är frekvent utsatt för squats. Underhållsentreprenören erhåller information ur systemet som meddelar att squatsen bör åtgärdas men även att platsen bör utredas för att ta reda på bakgrunden till att squatsen uppstår just där.

Underhållsentreprenören genomför pålaggsvetsning för att åtgärda squatsen och senare under året genomförs även en spårslipning. Genom dessa åtgärder har risken minskat markant för utökad sprickbildning och utmattning i rälsen med rälsbrott som följd. Åtgärderna har även förlängt rälsens totala livslängd jämfört med det fall att ingen åtgärd vidtagits. En utredning genomförs även som visar på svaga pumpningar i spåret på den aktuella platsen, vilket bedöms vara den bakomliggande orsaken till den onormalt höga nivån av squats. En stoppning av spåret tillsammans med makadamkomplettering genomförs för att åtgärda det pumpande spåret.

Ett framtida rälsbrott på den aktuella platsen undveks med höga kostnader och trafikpåverkan som följd. Därmed undveks höga kostnader för oplanerade åtgärder och eventuell ersättning till påverkade tågoperatörer. Livslängden för rälsen på den aktuella platsen kunde med hjälp av de proaktiva insatserna förlängas med 25% i och med att framtida squats nästan helt uteblev. Därmed kunde stora belopp sparas på material och arbete för anläggningsägaren.

6.3 Bristfälligt dräneringssystem leder till en solkurva

Solkurvor uppstår i regel som en följd bristfällig underbyggnad som uppnått sin tekniska livslängd eller avsaknad av makadam. Solkurvor kan leda till långa åtgärdstider med stor trafikpåverkan alternativt allvarliga händelser såsom urspärning.

Exempel på scenario

På en plats i anläggningen har en tjälförskjutning i makadamen skett efter en hård vinter. Tjälförskjutningen medför en makadambrist på den specifika platsen vilket får till följd att spåret har en förhöjd risknivå för solkurvor vid höga temperaturer.

QTMS skickar kontinuerligt data som uppvisar ökande pumprörelser på det aktuella spåravsnittet vilket identifieras av den aktuella underhållsentreprenören.

Tågoperatören meddelar även underhållsentreprenören via samverkansforum att de upplever komfortproblem på platsen. Inom ramen för samverkan kan underhållsentreprenören bekräftande meddela tågoperatören att pumpande spår uppstått på platsen och att en åtgärd är inplanerad till kommande vecka.

Trafikoperatören kan meddela sin personal att ärendet kommer att hanteras och när. Underhållsentreprenören genomför en spårriktning och makadamkomplettering på platsen och det pumpande spåret åtgärdas före ett brott på isolerskarven behöver uppstå.

Genom att åtgärden genomfördes i tid förhindrades att en solkurva uppstod då mycket höga temperaturer uppstod i rälsen under efterföljande sommar. I och med denna åtgärd genomfördes undveks en omfattande felavhjälpande insats med stor trafikpåverkan samtidigt som säkerheten för bansträckan ej riskerades. Samtidigt genererade systemet ett bra underlag att använda i den samverkan som skedde mellan underhållsentreprenör och tågoperatör.

7 Diskussion

I detta avsnitt kommer resultaten från intervjustudierna att diskuteras. Resultatens likheter och skillnader, ägandeskap, incitament och värden, förväntade utmaningar, kravställningar från respektive part samt vilka möjligheter och svårigheter som finns vid implementering av QTMS.

7.1 Installation

Vid intervjun med Tyréns så framkom att de själva ansvarar för projekteringen gällande föreskrifter och underlag. Projekteringen skiljer sig mellan olika modeller av tåg och kräver då varierande typer av lösningar.

Då Tyréns tar ut en fast kostnad för en specifik tågmodell bör det vara fördelaktigt om tågoperatören innehar en fordonsflotta av samma eller få olika modelltyper. Då Tyréns inte ser några tekniska svårigheter avseende installation av QTMS, handlar det snarare om att hitta en tågoperatör vars fordon frekvent passerar Öresundsbron.

7.2 Äganderätt och användning av data

De intervjuade parterna har delade meningar om vem som ska äga systemet och den genererade datan. Tyréns menar på att anläggningsägaren ska äga systemet och därmed äga datan, medan Öresundsbro Konsortiet ej vill äga systemet då de anser att de är så pass liten del av den totala sträckan som tåget färdas på. Öresundsbron är dock intresserade att köpa och dela datan öppet med underhållsentreprenören. SJ anser att de måste äga systemet då de ansvarar för all utrustning som appliceras på deras tåg. Infranord ser inget behov av att själva äga datan men de behöver ha fri tillgång till den.

Då Öresunds Konsortiet inte är intresserade av att äga systemet samtidigt som SJ behöver vara ägare på grund av ansvarsfrågan bör det rimligtvis vara tågoperatören som har äganderätt. Eftersom Öresundsbro Konsortiet är en så pass liten anläggningsägare är det svårt att motivera varför de skulle ta kostnaden för investeringen när tågen sällan befinner sig på deras spår. I ett annat scenario där Trafikverket är inblandade är det möjligt att upplägget kan se annorlunda ut då de äger spåranläggningar över hela Sverige.

SJ kan i nästa led ta betalt av Konsortiet för att dela informationen som de samlar in. Öresundsbron får i sin tur välja hur de vill dela informationen med sin underhållsentreprenör. Troligtvis har SJ inget intresse av att upplåta resurser för att validera data angående spåranläggningen. Öresundsbron får köpa information som samlas in om deras anläggning. Konsortiet har uttryckt en önskan om att inte upplåta resurser i uppstartsfasen utan de vill att de resurserna sitter hos underhållsentreprenören.

7.3 Krav och förutsättningar

Affärscaset kan variera mellan olika kunder men Tyréns anser att det måste finnas en vilja och tro hos kunden att digitalisering är framtiden. Det kommer att ta tid att

anpassa systemet efter den specifika anläggningen och därmed krävs resurser av en motpart för att kalibrera larmnivåer och göra finjusteringar.

Öresundsbro Konsortiet har idag god kännedom om sin anläggning och har därmed inga specifika krav på vilken information systemet genererar. Det är viktigt att nya system är intuitiva och användarvänliga för att förenkla informationsflödet och underlätta arbetet med drift och underhåll. SJ anser att anläggningsägaren bör vara länken mellan tågoperatören som inhämtar datan och underhållsentreprenören som ska utföra arbetet. I dagsläget har SJ en bra dialog med Trafikverket men att fatta viktiga beslut anser de tar för lång tid. Det krävs en bättre helhetssyn där rätt frågor prioriteras. SJ vill även att det finns en motpart som tar till sig datan och skapar något användbart och värdefullt.

Infranord menar att kontraktsumformningen är avgörande för att skapa incitament för prediktivt underhåll. Så länge kontrakten är utformade på ett sätt som innebär avsaknad av incitament för att förebygga att fel uppstår finns inte förutsättningar för ett prediktivt underhåll.

Vårt intryck av Öresundsbro Konsortiet är att de tror på digitalisering och de gärna ser system som kan ersätta ett eller flera befintliga hjälpmedel, vilket inte QTMS bedöms kunna göra. Så som QTMS ser ut idag är det en tjänst för att övervaka spåret medan Konsortiet snarare är intresserade av att övervaka tågens inverkan på anläggningen. Här finns en risk att QTMS därmed blir irrelevant.

Konsortiet har potential att vara en sådan motpart SJ eftersöker för att arbeta med ett system likt QTMS. Då Öresundsbro Konsortiet är en liten anläggningshållare är det inte säkert att de är en tillräckligt stor motpart för att motivera SJ att köpa tjänsten. Troligen krävs det ett intresse även från större anläggningsägares håll för att det ska bli en lönsam affär.

Däremot har författarna fått uppfattningen att QTMS kan kundanpassas och flexibiliteten är stor. Konsortiet vill i dagsläget exempelvis kunna övervaka snedbelastningar på tåg, få reda på det bakomliggande problemet (orsak-verkan) och inneha pålitliga data som beslutsunderlag för att beräkna livscykelkostnader. Om QTMS kan leverera denna typen av lösningar skulle det nog vara av större intresse för Öresundsbro Konsortiet. En sådan lösning som sitter installerad i anläggningen kräver inte att en tågoperatör är inblandad vilket förenklar genomförandet.

Författarna ser möjligheter i att det prediktiva underhållet i framtiden ökar i det fall anläggningsägare i kommande upphandlingar omformulerar sina kontrakt för att öka incitamenten för prediktivt underhåll. Dessutom borde kontrakten innehålla incitament för att entreprenören lämnar tillbaka anläggningen i bättre skick än då de tillträdde för de anläggningar där uppenbara upprustningsbehov finns. Underhållskontrakten bör även innehålla tillräckliga incitament för underhållsentreprenören att bidra med kompetens under injusteringsperioden av ett system så som QTMS.

7.4 Incitament och värden

Tyréns anser att ett värde och incitament för att investera i QTMS är att få koll på anläggnings skick. De ser även att med hänsyn till de nya branschreglerna möjlighet att använda QTMS som bevismaterial för att eventuellt kräva ersättning av anläggningsägaren. Tyréns ser att kunskap om orsak-verkan-samband är av värde där anläggningsägaren kan göra uppföljningar och kontrollera så att rätt metod använts vid felavhjälpning.

Tack vare dagens kontraktsumformning ser Öresundsbro Konsortiet i det korta perspektivet att underhållsentreprenören sparar pengar på effektivare underhåll. Däremot hoppas de att det i framtiden kommer leda till lägre anbudskostnader. Skulle systemet dessutom bli tillräckligt pålitligt för att fungera som beslutsunderlag kommer Konsortiet kunna spara resurser.

Infranord ser att det finns behov av nya system som kan användas som beslutsstöd. Idag är förebyggande underhåll baserade på erfarenhet och besiktningsanmärkningar vilket skapar utrymme för effektiviseringar. Dagens digitala verktyg är både krångliga och till viss del manuella vilket medför att de sällan används. Infranord skulle själv kunna initiera och implementera ett övervakningssystem för underhåll men i och med att den absoluta merparten av dagens upphandlingar ej tar hänsyn till kvalitetsparametrar finns inte tillräckligt stort incitament för detta.

I nuläget finns det inte några tydliga incitament för SJ. De har system på plats idag för att upptäcka skador på deras tåg. Regressärenden hanterades med hjälp av felkoder så QTMS har ingen tydlig funktion i det fallet. Mer generella fördelar kan vara att användning av linjetrafik för inhämtning av mätdata istället för mätvagnar bör frigöra mer tid i spår som SJ kan utnyttja. Dessutom är SJ beroende av att spåranläggningen är i gott skick så det bör ligga i deras intresse att medverka till att höja standarden.

Om QTMS på ett tillförlitligt sätt kan detektera vad den bakomliggande orsaken till en skada är så kan troligtvis Infranord enklare planera sitt underhållsarbete. De kan då planlägga en mer omfattande underhållsinsats med god framförhållning som åtgärdar problemet fullständigt. Konsekvensen blir annars att **felaet** uppkommer igen och personal måste skickas ut ytterligare en gång. Med god framförhållning och planerade underhållsarbeten kan kostnaderna troligtvis minska för både anläggningsägare och tågoperatörer. En fullständig åtgärd minskar även risken för akut felavhjälpning vilket oftast medför stora kostnader för alla parter.

Författarna anser att QTMS uppfyller de önskemål Infranord eftersöker i ett digitalt verktyg där underhåll kan ske baserat på faktaunderlag och därmed vara ett steg i processen mot att frånga den mer erfarenhetsbaserade arbetsgången. Det bör finnas incitament att använda linjetrafiken istället för mätvagnar och besiktningsmän för att inspektera spåranläggningen. Dels för att generera kontinuerliga mätdata från anläggningen istället för data från mätningar som endast utförs en gång per år. Frekventa mätningar är viktigt för att snabbt upptäcka avvikelser och åtgärda dem innan allvarigare skador uppstår. Dessutom minskar tiden då personal befinner sig i spårmiljön då besiktningsmän endast behöver kontrollera utsatta sektioner. QTMS kan därmed vara en del av säkerhetsarbetet för att minska risken för olyckor.

7.5 Utmaningar och möjligheter

Tyréns tror det kommer bli en utmaning att hitta en tågoperatör som är villig att installera hårdvaran. Förhoppningen är att tågoperatören ser ett värde i att få information om anläggningen de färdas på och med hjälp av den informationen ställa krav på anläggningshållaren.

Då Öresundsbro Konsortiet inte har några egna tåg ser de utmaningen med att hitta en tågoperatör som vill installera hårdvaran på deras egna fordon. Därmed ser Konsortiet tågoperatören som den lämpligaste ägaren där Öresundsbron köper informationen. Eftersom Öresundsbron inte är beroende av anslag utan genererar egna intäkter möjliggör det långsiktiga investeringar. Tekniska lösningar för att övervaka hur tåg sliter på anläggning är Konsortiet väldigt intresserade av. Skulle det gå att skapa en sådan lösning är Öresundsbron villiga att upplåta plats i deras anläggning för pilotstudier och tester.

SJ ser inte informationsinhämtningen som ett problem då det finns flera system idag som kan samla information. Det stora arbetet kommer vara att hantera all den data som samlas och förstå vad den innebär. De möjligheter som SJ ser är bland annat att gå mot ett mer behovsprövat underhåll. Branschen måste dock tillsammans bestämma riktlinjer för hur informationsbytet ska fungera samt hur investeringskostnader ska fördelas. SJ ser stor potential i att använda linjetrafik för att övervaka spåranläggningen och minska tiden mellan mätningarna. Trafikverket är en myndighet som har lagar och förordningar att förhålla sig till. Eftersom deras anläggningar anses viktiga för rikets säkerhet kan det finnas begränsningar i hur informationen delas.

Infranord anser att det är viktigt att inte vara naiv och tro att ett digitalt system kommer lösa alla problem. Det kommer krävas att erfaren personal granskar data som systemen ger och lär upp systemet till att dra rätt slutsatser. Dessutom är det viktigt att informationen presenteras på ett lättförståeligt sätt. Det finns exempel idag på system som är i bruk men inte används för de upplevs som krångliga. Spåranläggningen innehåller flera system och dessa måste kunna kommunicera med varandra för att uppnå synergieffekter. I slutändan är det dock anläggningsägaren som avgör huruvida det är ekonomiskt lönsamt att arbeta prediktivt genom kontraktutformningen. En specifik utmaning för Öresundsbron är att många tågoperatörer trafikerar anläggningen. Med många inblandade kan det bli svårare för alla parter att inse nyttan med en tjänst likt QTMS.

I dagsläget är det prediktiva underhåll som utförs baserat på erfarenhet och gamla metoder. Åtgärder sker efter bestämda intervall eller efter besiktningssanmärkningar. De digitala system som finns för att underlätta arbetet används sällan. Möjligtvis kan en orsak till detta vara en yrkeskår som har en hög medelålder. Äldre människor nära pensionen är troligtvis mindre intresserade av att ta till sig ny teknik och ändra gamla arbetssätt. Datan som mätenheten samlar in kräver manuell behandling vilket också troligen är en stor orsak till att den inte används fullt ut. Det blir dessutom ett hinder för en ny yrkesarbetare som är mer mottaglig att ta till sig nya arbetssätt men saknar erfarenheten för att förstå den insamlade datan.

Med tanke på QTMS stora flexibilitet och anpassningsbarhet vore det fördelaktig om systemet kunde generera data som visar tågens slitage på anläggningen. Vad som

framkommit under intervjun är att Öresundsbro Konsortiet har intresse av just detta. Troligtvis skulle det kunna vara så att om det är möjligt att framställa träffsäkra data som visar på tågens slitage kan det utfärdas högre avgifter för tåg som nöter kraftigt, respektive lägre avgifter för tågoperatörer som vårdar fordonen. Genom sådana avgifter uppmuntras tågoperatörer att upprätthålla hög standard på tågen vilket främjar hållbarare järnvägsnät.

Vad som anses som den största utmaningen för ett införande av QTMS består i att alla parter behöver enas om hur information ska delas mellan varandra. Så länge alla parter endast prioriterar sina egna intressen blir det svårt att få ett fungerande samarbete kring implementering och drift av systemet. Digitalisering av järnvägen är ett långsiktigt arbete och investeringarna kommer inte vara lönsamma från dag ett. Alla aktörer måste ha ett långsiktigt tankesätt och se vinsterna över tid.

Författarna är övertygande om att järnvägen kommer digitaliseras där QTMS kan vara en del av den processen. Dagens kontraktutformning bör ses över där ersättningar inte är beroende utav mängden felavhjälpningar. Istället bör incitamentet finnas i att ha så få fel som möjligt i anläggningen, möjligen i form av bonusar. Som den största anläggningsägaren i Sverige vilar ett stort ansvar hos Trafikverket.

Det kan konstateras att QTMS är ett system och tjänst som idag är i drift och fungerar och kan generera stora värden för samtliga parter som verkar i ett järnvägssystem. Att QTMS idag endast finns installerat och används i SLs infrastruktur kan till stor del förklaras av att detta är en infrastruktur där anläggningsägaren även är ägare av de fordon som trafikerar anläggningen, vilket inneburit att frågor kring ägandeskap och förvaltning av system förenklats. Därmed befinner sig SLs spårbundna infrastruktur närmare den helhetssyn som krävs för att ett järnvägssystem över tid skall fungera som avsett. Dagens järnvägssystem har stora behov av nya övervakningssystem utifrån en åldrande infrastruktur och ökad trafikering tillsammans med krympande tider för underhållsentreprenörerna att utföra underhållsåtgärder. Att ett fullt utvecklat övervakningssystem som skulle skapa stora värden för samtliga aktörer ändå har uppenbara svårigheter att etablera sig på den övriga järnvägsmarknaden kan i sig vara en förklaring till de utmaningar som föreligger inom Sveriges järnväg. Det finns ofta samverkansforum mellan de parter som verkar inom järnvägen men uppenbarligen inte tillräckligt stora incitament för att fullt ut kunna vikta sina egna intressen mot behoven hos en annan part. Med andra ord kan det betraktas som att ingen part idag har förmåga eller incitament att aktivt verka för en fungerande järnväg som helhet där respektive parts kompetens och behov tas omhand och objektivt värderas med målet att skapa ett kvalitativt transportmedel över tid.

8 Slutsats

Vilken nytta förväntas det data som systemet genererar att ge för anläggningsägaren, tågoperatör samt underhållsentreprenör?

Med QTMS kommer anläggningsägaren uppnå en mer frekvent övervakning av anläggningens skick och status. Genom detta kan anläggningsägaren lämna konkreta underlag, vilket förhoppningsvis leder till högre konkurrens bland underhållsentreprenörer. En tydligare beskrivning av anläggningen bör reducera riskpålägget som förekommer i anbudet. Med pålitliga mätdata kan även rätt investeringsbeslut fattas som gynnar anläggningsägarens ekonomi.

Generella fördelar för tågoperatören kan vara att högre standard på spåranläggningen minskar risken för olyckor och förseningar. Samtidigt kan systemet ge tågoperatören underlag i sin kravställning mot anläggningsägaren. Dessutom bör tillgängligheten i spåren öka ifall underhållsentreprenören kan använda metoder för besiktning som inte kräver att spåret stängs av.

QTMS kan hjälpa underhållsentreprenören att bättre använda sina resurser genom att ha rätt personal, på rätt plats, vid rätt tidpunkt. Dessutom kan tjänsten hjälpa entreprenören att frångå ett erfarenhetsbaserat underhåll och istället basera beslut på data. Genom att använda linjetrafik för spårövervakning kan färre mätvagnskörningar utföras samt tiden i spår för besiktningsmän minska.

Vilka är de ekonomiska effekterna för respektive part?

De ekonomiska effekterna som uppnås vid implementering av QTMS varierar och beror på vad den upptäckta avvikelserna kunde leda till för fel och vilken felåtgärd som då måste vidtas. Underhållsentreprenören kan planera och effektivisera arbetet samt avhjälpa fel i tid och därmed göra kostnadsbesparingar alternativt få utdelat bonusar beroende på kontraktsumman. Genom att minimera antalet fel som riskerar att resultera i avstängning utav spåret under trafikdygnet kan tågoperatören slippa bli återbetalningsskyldiga gentemot resenärer, men troligen också då öka förtroendet och kundnöjdheten. Om proaktiva åtgärder vidtas i ett tidigt stadium för att åtgärda avvikelser vilket annars resulterar i allvarigare skador kan livslängden på bandelar öka. Ökas livslängden och förebyggande åtgärder utförs är det sannolikt att anläggningsägaren sparar pengar både på material och arbete. Uppfattningen är således att QTMS troligtvis kan ge ekonomisk vinning för alla inblandade parter.

Hur ser förutsättningarna ut för implementering av systemet avseende anläggningsägare, tågoperatör och underhållsentreprenör?

Uppfattning är att Öresundsbro Konsortiet är övertygande om att digitalisering är framtiden och välkomnar nya innovativa lösningar. Däremot bör QTMS anpassas så att fokus ligger på övervakning av tågens slitage på anläggningen och inte anläggningens skick. Om QTMS kan ersätta flera av Konsortiets befintliga system så växer intresset ytterligare och ökar därmed förutsättningarna för implementering.

Hos Öresundsbro Konsortiet har SJ en motpart som är intresserad av att samverka kring dessa frågor och köpa information gällande Öresundsbron. Däremot är uppfattningen att Konsortiet antagligen är en för liten anläggningsägare för att ensam motivera investeringskostnaden. Som den största anläggningsägaren i Sverige måste nog även Trafikverket vara delaktigt för att göra investeringen lönsam.

En förutsättning för att använda QTMS är att det finns incitament för underhållsentreprenörer att arbeta prediktivt. Kommande kontrakt måste utformas på ett sätt där felavhjälpning inte gynnas ekonomiskt. Infranord är positivt inställda till nya digitala verktyg och är villiga att bidra med resurser vid implementeringen.

Hur ska installationen och implementering genomföras?

Tyréns sköter projektering gällande föreskrifter och underlag. En fast kostnad i intervallet 2–2,5 mkr tas ut per tågmodell vilket gynnar tågoperatörer med uniform fordonsflotta. Installationen av hårdvaran sköter sedan tågoperatören i deras depå.

Under intrimningsperioden behöver QTMS finjusteras och kalibreras för den specifika banans förutsättningar. Det behövs också en person som kan validera resultaten i början och lära systemet att bli bättre. I dagsläget anses det att Infranord får stå för dessa resurser då de är positivt inställda till detta samtidigt som underhållsentreprenören besitter stor kunskap om anläggningen.

Hur ska förvaltningen av systemet ske avseende användningen av genererade data för att på bästa sätt nyttja systemet?

För den ursprungliga versionen av QTMS ser vi i dagsläget att tågoperatören äger datan som samlas in. Informationen säljs sedan vidare till Öresundsbro Konsortiet som får dela den vidare till Infranord.

En fast installation passar bäst för Öresundsbron och kräver inte en tågoperatörs medverkande. Färre inblandade parter förenklar informationsutbytet där Konsortiet kan stå som köpare av QTMS istället för en tågoperatör.

Hur ska äganderätten av systemet se ut avseende vidareutveckling och underhåll av övervakningssystemet?

Tågoperatören står ägandet av systemet men eftersom QTMS är en SaaS-tjänst så är det fortfarande Tyréns som står för vidareutveckling och underhåll. Tågoperatören kommer endast att äga hårdvaran på tågen och sedan betala en abonnemangsavgift för den löpande driften.

Vilka data kan systemet generera?

QTMS kan detektera pumpande slippers, squats, defekta rälskarvar, hjulhalka, kraftig nötning, kurvskrik och bristfällig underbyggnad. Då systemet med enkelhet kan modifieras finns stora möjligheter att ta fram fler parametrar som är av intresse för köparen.

Tyréns håller på att testa en fast installation som kan identifiera vilka vagnar som har skadade hjul. Den fasta installationen anses vara lämpligast för Öresundsbro Konsortiet.

Vilka data är av intresse för anläggningsägare, tågoperatör och underhållsentreprenör?

Öresundsbro Konsortiet har inga specifika krav på data i dagsläget. De är mer intresserade av system som kan förenkla deras arbete och ersätta ett eller flera befintliga. Överlag kan tydligare beskrivning av anläggningen bidra till lägre anbud tack vare minskat riskpålägg.

SJ har egna system för att övervaka skador på deras fordon. Detaljerad information om anläggningens skick är troligen inte relevant. Däremot ligger det i tågoperatörens intresse att spåranläggningen i sin helhet håller hög standard för att minska risken för skador på fordon samt minimera antalet förseningar.

Infranord är intresserad av alla data som kan hjälpa dem planera sina underhållsarbeten och effektivisera felavhjälpningen. Framförallt kunskapen om orsak-verkan-samband är viktigt för att se till att rätt åtgärder görs. Frekventa mätningar av spåret hjälper besiktningsmän att fokusera på de sträckor där behovet är som störst. Dessutom kan QTMS hjälpa till att upptäcka fel som är svåra att se vid okulärbesiktning, till exempel i kapitel 6 fiktiva scenarion.

Fortsatta studier

Här kommer förslag på vad som borde undersökas vidare före beslut om implementering av övervakningssystem inom järnvägsinfrastruktur.

- Kontakta fler tågoperatörer för att undersöka förutsättningarna från deras sida att implementera system liknande QTMS på deras tåg
- Kontakta Trafikverket för att undersöka intresset att ta del av genererade data om deras anläggning
- Undersöka vilka värden QTMS har generat för SL och deras nuvarande underhållsentreprenör

9 Referenser

- Banedanmark. (2019). *Driftsdokument*. Hämtat från https://www.bane.dk/-/media/Bane/Om-Banedanmark/Maal_-og-resultatplan/Driftsdokument-2019.pdf
- Bryman, A. (2018). *Samhällsvetenskapliga metoder* (3:e uppl.). (B. Nilsson, Övers.) Stockholm: Liber AB.
- Höjer, M., & Almgren, M. (2015). Monitoring system for track roughness. *Euro Noise* (ss. 2007-2011). Maastricht: European Acoustical Association. Hämtat från Monitoring system for track roughness: <https://www.conforg.fr/euronoise2015/proceedings/data/articles/000169.pdf>
- Stichel, S. (2004). *Ökade laster med hänsyn till spårnedbrytning*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan. Hämtat från https://www.kth.se/polopoly_fs/1.87123.1550155857!/Menu/general/column-content/attachment/0506C_inlaga.pdf
- Trafikverket. (2013). *Öresundsbanan*. Hämtat från <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/jarnvag/Sveriges-jarnvagsnat/Oresundsbron/>
- Trafikverket. (2016). *Trafikökning på järnvägen*. Hämtat från <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-jarnvagar/Jarnvagens-utmaningar/Trafikokning-pa-jarnvagen/>
- Trafikverket. (2019.a). *Beredskapsplan höst*. Hämtat från <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/jarnvag/Banarbeten/Arstidsrelaterat-underhall/Sparhalka/>
- Trafikverket. (2019.b). *Ofelia*. Hämtat från <https://www.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/forvaltning-och-underhall/Ofelia/>
- Trafikverket. (2019.c). *300 000 anspråk på ersättning vid försening*. Hämtat från <https://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/Nationellt/2019-03/300-000-ansprak-pa-ersattning-vid-forsening/>
- Tyréns. (den 7 Februari 2019).
- Tyréns. (den 7 Februari 2019). Personlig kommunikation.
- Vectura. (2013). *Peberholm - effekter av nytt förbigångsspår*. Hämtat från <https://data.oresundsbron.com/cms/download/Peberholm%20-%20effekter%20av%20nytt%20f%C3%B6rbig%C3%A5ngssp%C3%A5r.pdf>
- Västra Götalandsregionen. (2015). *Bullerberäkningar med Cnossos-EU i Sverige*. Hämtat från <http://www.swedishepa.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/buller/kartlaggning/bullerkartlaggning-cnossos-.pdf>
- Öresundsbro Konsortiet. (2018). *TRAFIK- OCH TRANSPORTVOLYM MED JÄRNVÄG PÅ ÖRESUNDSBRON*. Hämtat från <https://www.oresundsbron.com/sv/info/trafik-och-transportvolym-med-jarnvag-pa-oresundsbron>
- Öresundsbro Konsortiet. (2019.a). *Järnvägsnätsbeskrivning*. Hämtat från <https://data.oresundsbron.com/cms/download/J0062-17-rsu-Network%20Statement%20-%202019%20-%20SE%20rev%200.pdf>
- Öresundsbro Konsortiet. (2019.b). *Årsredovisning 2018*. Malmö: Öresundsbro Konsortiet.

Personliga meddelanden

Höjer, Martin, 2019. Akustiker, Tyréns AB, Stockholm. Personligt möte 2019-02-07

Bilaga 1 – Intervjufrågor till systemleverantör

- Vilken är din roll i företaget?
- Hur länge har du arbetat i branschen och haft den roll du har idag?
- Vilka utmaningar har ni stött på under utvecklingen av QTMS?
- Vilka utmaningar skulle man kunna stöta på vid implementering av QTMS på Öresundsbanan?
- Hur skulle en installation av system övergripigt se ut? Tidsaspekt? Kostnad?
- Hur anser ni att förvaltningen av den genererade datan skall hanteras?
- Vem anser ni skall stå för ägandeskapet av systemet?
- Vilka krav ställs på motparten? Nya tjänster? Kunskapskrav?
- Vad tror ni förväntas från era kunder för att de skall vara villiga att investera i QTMS? (Användarvänlighet? Hög precision på felanmärkningar?)
- Var är QTMS idag?
- Vad är nästa steg i utvecklingen av QTMS?
- Vad kommer att krävas för att nå nästa steg?
- Varför skall man välja just QTMS som övervakningssystem?
- Är det något du tycker vi missat att ta upp?

Bilaga 2 – Intervjufrågor till anläggningsägare

- Vilken är din roll i företaget?
- Hur länge har du arbetat i branschen och haft den roll du har idag?
- Hur har utveckling angående tågtrafiken sett ut under dina år? Hur mycket har den ökat/minskat?
- Hur arbetar ni med prediktivt underhåll idag?
- Vad önskar ni få ut av systemet? (Få koll på anläggningens skick eller få koll på vilka tåg som sliter avsevärt mycket på anläggningen?)
- Vilka mätparametrar är ni mest intresserade av?
- Som ägare av den genererade datan, hur vill ni att den används? Ska informationen användas som faktaunderlag vid kommande anbudsfrågor, eller ska QTMS användas som ett operativt verktyg för att effektivisera underhållet?
- Under en intrimningsperiod kommer det behövas resurser från antingen anläggningsägare eller underhållsentreprenör för att anpassa systemet för den aktuella sträckan, exempelvis finkalibrera larmnivåer. Är dessa resurser något ni kan/vill bidra med eller vill ni att underhållsentreprenören tar på sig det ansvaret?
- Är det något du tycker vi missat att ta upp?

Bilaga 3 – Intervjufrågor till tågoperatör

- Vilken är din roll i företaget?
- Hur länge har du arbetat i branschen och haft den roll du har idag?
- Hur arbetar ni med prediktivt underhåll?
- Använder ni system idag som upptäcker skador på hjul eller annan utrustning?
- Finns det omständigheter, ex. hjulhalka, som orsakar skador på tåget som ni inte kan upptäcka i tid?
- Skulle ni tänka er att upplåta plats på tågen för att installera QTMS?
- Skulle ni kunna tänka er att investera i QTMS och därmed äga all genererad data? Alt. få information från tredje part.
- Nya regler för branschen gör det möjligt för SJ att begära ersättning av anläggningsägare för förseningar (regress). Fungerar denna process bra i nuläget? Finns det behov av tydligare bevis mot infrastrukturhållaren?
- Är det något ni tycker vi missat att ta upp?

Bilaga 4 – Intervjufrågor till underhållsentreprenör

- Vilken är din roll i företaget?
- Hur länge har du arbetat i branschen och haft den roll du har idag?
- Hur arbetar ni med prediktivt underhåll idag?
- Hur ser incitamenten ut för att arbeta förebyggande?
- Vad ser ni för möjligheter med QTMS?
- Vilka parametrar är viktigast för er?
- Vilken roll vill ni ha? Äga data eller enbart få löpande information?
- Vad ser ni för utmaningar med implementering av QTMS?
- Är det något du tycker vi missat att ta upp?