

Förstudie – Varning i Plankorsningar

Publik rapport



Författare: Joakim Rosell, Max Fransson, William Toma, Daniel Hansander
Datum: 2023-01-10
Projekt inom *Trafiksäkerhet och automatiserade fordon – FFI – december 2021*

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	4
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	5
5 Mål	6
6 Resultat och måluppfyllelse	6
7 Spridning och publicering	13
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	13
7.2 Publikationer.....	13
8 Slutsatser och fortsatt forskning	13
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	14

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1. Sammanfattning

En så kallad obevakad plankorsning (OBPK) är de korsningspunkter där väg korsar spårbunden väg i samma plan och där div aktiva skyddsanordningar för att varna vägtrafikanter inte finns, t ex mekaniska bommar med/utan ljud- och ljussignaler.

Uppskattningsvis är drygt hälften av landets ca 6500 plankorsningar på den statliga järnvägen av typen OBPK, och följaktligen föreligger det en förhöjd risk för olyckor vid OBPK.

För att öka trafiksäkerheten vid OBPK så genomförs det fortlöpande sk plankorsåtgärder, så som utökad siktröjning. Mer omfattande åtgärder som att bygga bort plankorsningen med broar eller tunnlar så att trafiken inte korsar varandra i samma plan (planskilda korsningar) utförs också. Detta är emellertid ett dyrt alternativt och inte heller alltid genomförbart.

Syftet med förstudien har varit att utveckla ett digitalt koncept som automatiskt varnar trafikanter för annalkande trafik i obevakade plankorsningar, så att antalet tillbud samt kostnader för plankorsåtgärder vid OBPK kan reduceras.

Förstudiens lösningsidé är att bestycka obevakade plankorsningar med ett system som inkluderar: Sensor(er) som detekterar annalkande tåg, och som kontinuerligt sänder sin sensordata till en databas, samt en mobilapplikation som nyttjar sk geofencing för ett förutbestämt intresseområde i den OBPK:ens närhet. Då mobilapplikationsanvändaren antrår intresseområdet gör mobilapplikationen en slagning i databasen för att se om sensorn har detekterat ett tåg för den aktuella korsningen. Om så är fallet skickas dels en varning till mobilapplikationen, dels en varning till en digital skylt (VMS), placerad vid spårövergången. En demonstrator av förstudiens digitala säkerhetslösning genomfördes i slutet av projektet och dokumenterades i en proof-of-concept-video. Relevanta litteraturgenomgångar för förstudiens övergripande lösningsidé har bidrag till nyttigt kunskapsunderlag för ett fortsatt utvecklingsarbete.

Förstudiens har bedrivits i samarbete CROSSING SAFETY AB (leverantör) och RISE (forskare och utvecklare). CROSSING SAFETY AB är ett företag med teoretisk och praktisk erfarenhet av nationella infrastrukturprojekt, co-drivers till Trafikverkets intresseorganisation ZHERO (säkra trafikanter, säkra vägar, säkra fordon) samt medlem av Infra Sweden, och har stort intresse för förstudiens lösningsidé.

2. Executive summary in English

There is a substantial amount of unattended level crossings in Sweden, with recent estimates being as high as 3000. These level crossings have a higher risk of accidents when compared to attended level crossings. Between the years 2010 and 2019, there occurred 63 accidents with a fatal outcome. As such, there is an interest and need to provide mitigation strategies, in order to save lives and increase the security of unattended level crossings. However, it is not currently economically viable to convert all these level crossings into attended level crossings.

This pre-study develops and evaluates a digital concept that can increase the security of unattended level crossings. The digital concept under investigation involves a system that includes sensors to detect oncoming trains, screens at the attended level crossing, and a mobile application that notifies devices in the general vicinity of the level crossing when there is an oncoming train.

Some of the main areas that the pre-study aims to investigate in connection with the digital concept include:

- Suitable sensor technology
- How the warning should be communicated
- Proof-of-concept requirements
- Relevant cybersecurity aspects
- For whom the solution provides value

A proof-of-concept mobile application was developed in order to investigate and evaluate some of these areas, especially in regard to how the warning should be communicated, and to gather data regarding the practical use of the mobile application in a field setting.

One of the more prominent findings regarding system and solution feasibility is that the system could be classified as safety-critical, which has the implication of introducing standards and requirements to adhere to, in order for the solution to be able to be deployed in a live setting.

The pre-study has been conducted in collaboration with the Swedish supplier and company Crossing Safety AB, and RISE, providing theoretical and practical research, as well as prototype development.

3. Bakgrund

En plankorsning är de korsningspunkter där väg korsar spårbunden väg i samma plan. En plankorsning kan vara antingen bevakad eller obevakad. Bevakade plankorsningar är försedda med skyddsanordningar, t ex mekaniska bommar med/utan ljud- och ljussignaler, eller som i Figur 1. Obevakade plankorsningar (OBPK) saknar däremot skyddsanordningar och uppskattningsvis är drygt hälften av landets ca 6500 plankorsningar på den statliga järnvägen av typen OBPK.



Figur 1. Exempel på en bevakad plankorsning. Texten på skylten i bilden ovan: "PASSERA EJ SPÅRET NÄR LAMPAN ÄR SLÄCKT".

Det föreligger en förhöjd risk för olyckor vid plankorsningar som dessvärre främst sker bland gående i bevakade plankorsningar inom tätort, och bland fordon i OBPK utanför tätort. Mellan 2010 till 2019 inträffade det 63 dödsolyckor i plankorsningar, och i genomsnitt förolyckades tre personer per år i OBPK av dessa olyckor. Således utförs fortlöpande resurs- och tidskrävande plankorsåtgärder, i syfte att öka trafiksäkerheten och minska risken för tillbud. Till exempel genomförs mindre omfattande åtgärder som utökad siktröjning eller mer omfattande åtgärder som att bygga bort plankorsningen med broar eller tunnlar så att trafiken inte korsar varandra i samma plan (planskilda korsningar). Dock är detta inte alltid genomförbart och att åtgärda samtliga OBPK i Sverige med någon form av fysisk skyddsutrustning är inte ekonomiskt möjligt, varpå nya idéer och utveckling av alternativ till fysiska skyddsanordningar efterfrågas. Ett exempel på detta är Trafikverkets "Inbjudan till förkommersiell upphandling - Varning för ankommande tåg vid oskyddade plankorsningar" 2020. Företaget "Digital Tvilling AB" tilldelades upphandlingen och i maj 2022 demonstrerades en prototyp på deras tekniska lösning i Linköping. Digital Tvilling AB:s lösning är en mobilapplikation som när den är aktiverad uppmärksammar användaren om ankommande tåg om man befinner sig i närheten av en OBPK. En förutsättning för att den digitala funktionen ska fungera fullt ut är att samtliga tåg är utrustade med GNSS, vilket än så länge inte är standard i Sverige¹.

Idag finns det inget dedikerat felsäkert system med hög noggrannhet som i realtid kan leverera tågfordons position varthelst i Sverige. Exempel på lösningar som används idag för att lokalisera järnvägsfordon är:

¹ <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/ost/ny-teknik-ska-gora-de-obevakade-jarnvagsovergarna-sakrare>

RFID in Rail² (Radio-frequency identification) RFID-teknik som möjliggör att läsa av information från en sk RFID-tag med en detektor. Trafikverkets RFID tjänst består av "taggar" som monteras på järnvägsfordonen och detektorer/RFID-läsare i spåren runt om i landet som Trafikverket ansvarar för.

Spårledning är ett felsäkert system som baseras på reläteknik. Den elektriska spänning som matas genom reläerna kortsluts genom fordonets axlar då ett tågfordon finns på anläggningen, vars position är känd. Dock täcker inte antalet spårledningar hela järnvägsnätet och noggrannheten är inte tillräcklig då avståndet mellan spårledningarna är i snitt 1,5 km.

GSM-R är ett radiokommunikationssystem som används för kommunikation mellan tågfordon och trafikledningen. Tågfordonets position kan erhållas eftersom tågfordonet upprätthåller ett "datasamtal" under hela sin tågväg, och att systemet håller reda på vilken cell tågfordonet befinner sig i. När tågfordonet förflyttar sig från en cell till en annan uppdaterar systemet positionen i HLR (Home Location Register). Ett nytt system planeras att ersätta det föråldrade GSM-R systemet, eftersom noggrannheten inte är tillräcklig då en cell kan ha stor geografisk täckning.

GNSS (Global Navigation Satellite System) trots att de flesta tågfordon är utrustade med GNSS-mottagare, så är den inte en del av det signalsystem som idag styr tågtrafiken på ett säkert sätt, och vars huvudsakliga uppgift är att förhindra trafikeringsolyckor längs den kontrollerade tågvägen. Det är av olika säkerhetsaspekter som GNSS inte kan kvalificera in i dagens signalsystem, t ex cyberhot (GPS jamming och spoofing) eller utebliven täckning. Det nuvarande signalsystemet genomgår för närvarande en omfattande uppgradering med införandet av European Rail Traffic Management System (ERTMS). Denna uppgradering kommer att möjliggöra noggrann positionering vid Eurobaliserna (specifika komponenter som tillhör ERTMS). Dock kommer inte antalet Eurobaliser täcka hela järnvägsnätet varpå det finns sträckor där mer noggrann positionering uteblir.

Öppna API för trafikinformation finns att tillgå från t ex Trafikverket.se och Trafiklab.se. Websidan www.1409.se är ett exempel som utnyttjar sådana API:er och levererar en realtids uppdatering av olika tågfordons position i Sverige. Geografisk position för tågtrafikföretagens egna tåg tillhandahålls också i realtid, t ex mobilapplikationen: "Var är mitt tåg?" för samtliga SJ-tåg. Dock finns det sträckor då GPS-signal saknas och det är oklart om alla tågfordon har GPS.

4. Syfte, forskningsfrågor och metod

Förstudiens initiala syfte har varit att utveckla, testa och utvärdera ett innovativt digitalt koncept som automatiskt varnar trafikanter för annalkande trafik i OBPK, för att sedan kunna nyttja kunskaperna i ett vidtagande projekt.

Arbetet hade delats in i arbetspaket med tre relevanta delområden och har i huvudsak utförts genom parallella litteraturstudier och utvecklingsarbete med följande frågeställningar:

- Vilken eller vika sensormodaliteter kan nyttjas för att detektera ankommande tåg? Samt vad är dess för- och nackdelar, baserat på kostnadseffektivitet, väderresistans, pålitlighet, mm?
- Hur kan en varning för annalkande tåg förmedlas till trafikanter?
- Vilka energiförsörjningsalternativ lämpar lösningsidén?
- Vad behöver utvecklas för en proof-of-concept av lösningsidén?
- Vad bör beaktas gällande cybersäkerhetsaspekter?
- Vem/vilka som anses ha/inte ha nytta av den digitala varningen, och hur nyttig anses lösningen vara för svensk industri.

De olika litteraturstudierna bidrog till en kunskapsgrund och en mer övergripande översikt av de olika delområdena kopplat till lösningsidén. Allt eftersom det generella kunskapsläget förbättrades kunde

² <https://bransch.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/trafik/identifiering-och-positionering-av-jarnvagsfordon-rfid/>

specifika områden identifieras där ytterligare information var nödvändig att införskaffa. Exempel på sådana delområden var digital infrastruktur, varningens design och utformning, lämpligt programmeringsspråk, digital utvecklingsmiljö (IDE) för apputveckling, cybersäkerhet och urskiljning av relevanta Trafikverksdokument (TDOK) inom regelverk och tillståndsovervakning av järnvägssystem.

Ett mindre fokus har lagts på hur och var säkerhetslösningen kan tillämpas förutom vid OBPK då detta anses falla utanför denna förstudie och bör behandlas i ett efterföljande större forskningsprojekt. Dock skulle ett sådant efterforskningsarbete bredda marknaden globalt och öka konkurrenskraften och investeringsviljan för nya och mindre leverantörer, vilket skulle vara i linje med "Trafiksäkerhet och automatiserade fordon – FFIs" mål och Sveriges positionering totalt.

5. Mål

Målet med förstudien har varit att analysera teknik, kravbild, implementeringsmöjlighet, ekonomiska förutsättningar och att insamla kunskap kring, samt att utveckla ett PoC system som automatiskt varnar trafikanter för annalkande trafik vid oönskade plankorsningar. Det övergripande målet med lösningssidén är att den skall vara kostnadseffektiv och robust-över-tid som verkar för att med enkla åtgärder öka säkerheten samt reducera antalet tillbud och kostnader för plankorsåtgärder vid landets OBPK.

Förstudiens mål kan brytas ned i följande punkter och motsvarande aktiviteter samt förväntade resultat:

1. Fördjupad kunskap kring metoder, verktyg och gränssnitt för utveckling av en digital mobilapplikation som varnar användaren för ankommande tåg.
 - Lösningen skall vara påbyggnadsbar med ytterligare systemkomponenter och informationsförsörjning, samt så pass skalbar så att majoriteten av befintliga OBPK kan utrustas med säkerhetslösningen.
 - Var och när en digital säkerhetslösning vid plankorsningar kan, och inte kan, tillämpas.
 - Vem/vilka anses ha/inte ha nytta av den digitala varningen. Hur nyttig anses lösningen vara för svensk trafik.
 - Tydligt definierad riktning för det fortsatta utvecklingsarbetet.
 - Ett cybersäkert förhållningssätt där man redan från start arbetar utifrån vetskapen om vilka olika cybersäkerhetsaspekter som ständigt skall beaktas.
2. Systemkomponenter för detektering av tåg
 - Utvärdering av lämplig sensormodalitet, samt mest lämplig energiförsörjning (sol, vind, batteri). Baserat på kostnadseffektivitet, väderresistans, pålitlighet, mm.
3. Proof-of-concept. Planering och genomförande.
 - Planera och genomför en demonstration av utvecklad digitala mobilapplikation som kommunicerar en varning för annalkande tåg vid en plankorsning, via det mobila telenätet. Så kallad "geo fencing" skall utnyttjas för att adressera mottagare av meddelandet.

Ett mål som inte uppfylldes under tiden för förstudien var hur man med hjälp av AI baserade algoritmer skulle kunna urskilja annalkande trafiks intentioner och därmed undvika överflödiga varningsmeddelanden till trafikanter vars intentioner inte är att korsa en OBPK, t ex arbetsfordon som opererar i korsningens närhet. Någon sådan algoritmutveckling hanns inte med även om det beaktades.

6. Resultat och måluppfyllelse

Utvecklingsarbetet och kunskapsförsörjningen som har bedrivits i denna förstudie har bidragit till ökade insikter beträffande förstudiens initiala lösningssidé. Utmaningarna med att utveckla ett robust och pålitligt säkerhetssystem har framgått, dvs hur ytterst viktigt det är att systemet alltid fungerar och levererar rätt information. Vid en ev olycka pga falska/felaktiga eller uteblivna varningar bör frågor ang ansvarstagande beaktas. I synnerhet måste det fortsatta utvecklingsarbetet eftersträva en robusthet dels i meddelandekommunikationen dels i upptiden för systemet i sin helhet. Eftersom systemet bör verka

fristående från andra delsystem kommer det också att krävas en implementering med tillhörande robust energiförsörjning som alltid fungerar, dvs konstant energiförsörjning i alla typer av väder- och temperaturförhållanden.

Vidare har insikterna lett till två huvudscenarier för nyttjandet av säkerhetssystemet vid en OBPK.

1. Mobilkommunikation är tillgänglig.

Vid ett sådant scenario förenklas implementeringen av säkerhetslösning. Digital information från andra system kan således understödja mobilapplikationen, t ex GNSS data från tåg, Trafikverkets API eller dyl. Mobilapplikationen kan också då kommunicera med, och varna via, systemets VMS. Tillhörande sensorer för att detektera tåg kan också via mobilnätverk (3G, 4G, 5G) kommunicera sin sensordata till systemets backend/databas.

2. Mobilkommunikation är *inte* tillgänglig.

Detta är ett mer utmanande scenario men anses kunna lösas med ytterligare komponenter till systemet. En sk "basstation" skulle därmed krävas vars uppgift är att kommunicera systemets varningar via internt nätverk, baserat på sladd alternativt RF eller WiFi. Huruvida mobilapplikationen kan kommunicera via t ex satellit lämnas till fortsatt utvecklingsarbete.

6.1. Litteraturstudier

Litteraturgenomgångar inom området Digital infrastruktur samt angränsande områden relevant för förstudiens utvecklingsarbete inledde projektets arbete.

6.1.1. *Programmeringsspråk och digital utvecklingsmiljö (IDE)*

Vid val av programmeringsspråk, ramverk och SDK:er för mobilappar bör hänsyn tas till utvecklingsmiljön för frontend (UI) och till utvecklingsmiljön för backend (serversidan), då utvecklarna som kodar frontend ofta inte är de samma som kodar backend. De två absolut dominerande operativsystemen för mobila enheter är iOS och Android.

iOS: **Objective-C** var det första programmeringsspråket som användes av Apple för apputveckling i iOS. 2014 introducerade Apple ett enklare alternativ, **Swift**, som kom att bli det programmeringsspråk som främst används vid apputveckling i iOS, även om komponenter skrivna i Objective-C kan användas i Swift.

Android: **Java** var det programmeringsspråk som initialt användes vid apputveckling av Android appar då Android plattformen lanserades, och är fortfarande ett av det mest använda programmeringsspråket för apputveckling för Android plattformen. 2019, annonserade Google att Kotlin kommer att vara det föredragna programmeringsspråket för Android apputveckling, i stället för Java. Java och Kotlin är dock interoperabla.

För apputveckling på de två vanligaste plattformarna (iOS och Android) krävs det normalt enskilda gränssnitt för respektive plattform, dvs olika SDK:er. En SDK (*fr. Eng. Software Development Kit*) består av olika utvecklingsverktyg som möjliggör apputveckling mot en specifik plattform. Ofta innehåller en SDK en integrerad utvecklingsmiljö (IDE) (*fr. Eng. Integrated Development Environment*) som fungerar som det centrala programmeringsgränssnittet för apputvecklingen. Varje plattform har olika SDK:er med IDE med olika för och nackdelar. Apputvecklingsarbete som genomfördes i denna förstudie utfördes i **Flutter**, vilket föranleddes av de inledande litteraturstudierna. **Flutter** är en ny plattformslösning från Google som möjliggör ett gemensamt användargränssnitt för iOS- och Android-plattformarna, vilket ger fördelen med en snabbare utvecklingsprocess, eftersom man i stor utsträckning kan använda samma kodbas till två plattformar. Flutter är ett så kallat "cross-platform" ramverk.

6.1.2. *Cybersäkerhet*

Den tekniska lösningen är än så länge i ett Proof-of-Concept (PoC) stadiet och därför har ingen formell riskanalys eller utvärdering av systemets säkerhet utförts. Men grundläggande säkerhetsprinciper har ändå beaktats för att underlätta identifieringen och utvärderingen av potentiellt problematiska områden, där det kan vara svårt eller omöjligt att bevara vissa säkerhetsprinciper. Säkerhetsprinciper som beaktas är CIA-triaden; **Confidentiality, Integrity, Availability** (Sv. konfidentialitet, riktighet, tillgänglighet).

Det som föreligger som potentiellt problematiskt är **Availability** principen eftersom den tekniska lösningen bygger på att sensorn kontinuerligt kan förmedla sensordata (dvs om den upptäckt ett tåg), samt på att personer i närheten av intresseområdet har en pålitlig datauppkoppling för att ta emot varningen. Utan garanterad uppkoppling eller tillgång till mobilnät eller mobildata kan **availability** inte garanteras.

6.1.3. Varningens utformning

Hur ett varningsmeddelande skall förmedlas och uppfattas på ett korrekt sätt kräver sin eftertänksamhet. Mänskliga faktorer så som personliga attityder, tidigare erfarenheter och demografiska variabler (ålder, kön, språk, etnicitet) påverkar varningsmeddelandets effektivitet. Flertalet studier har med olika medel försökt att mäta hur en viss typ av varning bäst kan förmedlas och uppfattas i olika situationer. Då förstudiens lösningsidé grundar sig på att ett varningsmeddelande skall förmedlas via en digital skylt, en sk Variable Message Sign (VMS), placerad vid spårövergången i en OBPK, har förstudiens litteraturstudier fokuserat på studier med liknande varningsmeddelande och situationer. Litteraturgenomgångarna har därmed stärkt konsortiets kunskapsgrund kring vad som bör beaktas vid utformningen av ett varningsmeddelande som varnar för annalkande tåg:

- Ett piktogram som beskriver varningen är att föredra. En kombination av piktogram och text kan öka förståelsen ytterligare.
- Med hänsyn till meddelandets förståelse bör antalet utnyttjade textrader på en VMS minimeras.
- Tvåspråkiga meddelanden bör undvikas.
- Vid användandet av VMS är det viktigt att den fungerar korrekt och motsvarar det den förmedlar. Detta ställer höga krav på utrustning och kontroll.
- En hög ljusstyrka är att föredra och en symboltjocklek på tre (inte två eller en) dioder ökar läsbarheten.

Liknande eftertänksamhet bör också beaktas vad gäller varningsmeddelande som visas på en användares mobiltelefon eller fordons färdator. Nämnvärt är att det finns mycket litteratur som undersöker problemet med att utforma effektiva varningsmeddelanden i olika domäner, men antalet som fokuserar på att analysera förståelsen av varningsmeddelanden inom programvaruområdet, är färre.

Flertalet studier påvisar också en allmänt negativ attityd till varnings- och uppdateringsmeddelanden för programvara eftersom sådana meddelanden ofta anses vara förvirrande och irriterande även om de kan vara viktiga, vilket ofta beror på tidigare negativa erfarenhet av programuppdateringar eller notifikationer i allmänhet. Dessutom är antalet notifieringar i dagens mobiltelefoner många och inte alltid (mycket) viktiga.

6.1.4. TDOK

Urskiljning av relevanta krav- och styrdokument från Trafikverket, sk TDOK (trafikverksdokument) inom tillståndsovervakning för plankorsningar.

6.2. Systemkomponenter

6.2.1. Sensormodalitet.

Det finns naturligtvis många olika typer av sensorer som utnyttjar olika tekniker för detektering. De sensortyper (sensormodliteter) som kanske först förs till tanken är de mest förekomna perceptionssensorer: Kamera-, RADAR-, LiDAR- och ultraljudssensorer.

Pålitligheten i vad sensorn detekterar är av störst vikt för förstudiens lösningsidé. En kamera är under gynnsamma förhållande, inom sin spektrala domän, pålitlig. Men opålitlig utanför sin spektrala domän och vid ogynnsamma väderförhållanden, t ex kraftig nederbörd, dimma, bländning (solljus) samt ocklusion (snö/is/smuts). En LiDAR är däremot mer pålitlig både i dagsljus och mörker, dock är den också känslig för ogynnsamma väderförhållanden, t ex kraftig nederbörd, dimma, bländning (solljus), samt ocklusion (snö/is/smuts). En ultraljudssensor är mycket känslig för ocklusion och dessutom är dess räckvidd begränsad. En RADAR är mer vädertålig än övriga sensorexempel och är heller inte lika känslig för

okklusion samt har god räckvidd. Dock finns en ökad risk för falskdetektion, dvs detektion av tåg som egentligen är något annat (t ex älg).

Faktorer som pris, installerbarhet, robusthet (väder, temperatur, livslängd), pålitlighet (falskdetektion och missad detektion), energikonsumtion måste övervägas vid val av sensor. Därav bör dedikerade, redan framtagna, ändamålsenliga sensorer beaktas. Sådana sensorer, t ex magnetometrar, MEMS-accelerometer eller tåghjulsdetektorer (induktion), behöver monteras på eller mellan rälerarna, vilket medför en tillståndsprövning hos Trafikverket då det är ett ingrepp i järnvägs miljön. Med mer än en sådan sensortyp kan riktning och fart beräknas av detekterat tåg.

6.2.2. *Energiförsörjning.*

Energikonsumtionen för systemet i helhet är tills vidare okänd pga flertalet faktorer. Till exempel, val av sensor. Huruvida man kan förlita sig på ett tillgängligt mobilnät eller inte, då det avgör om det behövs en "basstation" i närheten eller om man kommer behöva förlita sig på satellitdata för att kommunicera varningen till mobilapplikationen. Sådana lösningar bör undersökas vidare.

Dock måste förstudiens lösningsidé verka enligt "separationsprincipen", dvs att i största möjliga mån vara så oberoende och fristående som möjligt från övriga system som tjänar den normala driften. Detta bör således gälla systemets energiförsörjning, varpå olika energikällor som kan kombineras och understödja varandra har diskuterats och analyserats, så som olika vindsnurror, solceller och batterier. Naturligtvis bör man ha i åtanke att det inte alltid blåser, inte alltid är soligt och inte alltid gynnsamma temperaturer för energilagring. Till exempel så förlorar alla batterier kapaciteten vid låga temperaturer och vissa batterier blir mer eller mindre oanvändbara vid temperaturer under 0 °C. Dock är uppfattningen att befintliga kombinationspaket för lämplig energiförsörjning finns tillgängliga på dagens marknad. För tydlighetens skull kan följande exempel nämnas: ATLAS X Vindturbin, SMART Solcell³, Batteri Sunwind, VMS-LED Skylt solcell smart⁴ mfl.

6.2.3. *Skylt*

En sk Variable Message Sign (VMS) är elektroniska LED-skyltar vars display går att anpassa efter behov. Förstudiens lösningsidé inkluderar att en VMS placeras vid spårövergången i en OBPK för att förmedla en varning för annalkande tåg. VMS finns i många olika utföranden. Begränsade VMS med förbestämda piktogram eller VMS som är fria att programmera till det man vill att den skall visa. En VMS med hög ljusstyrka och tillräcklig storlek bör väljas så att varningen kan förmedlas med text och piktogram i minst tre ljusdioder symboltjocklek.

Energiförsörjningen till en VMS kan ske via olika typer av strömförsörjning, så som solceller, vindsnurra, batteri, anslutning mot lyktstolpe eller kabel.

6.2.4. *API*

Trafikverket tillhandahåller ett öppet API (*fr Eng. application programming interface*) för trafikinformation⁵. Ett API fungerar som en bro mellan olika system och är ett kontrollerat sätt att överföra information på. Trafikverkets öppna API för tågtrafik bör gå att använda för att skapa redundans i systemet, men det är ej klargjort vilken tillgänglighetsgrad systemet har, dvs om anropsfrekvensen och/eller antal anrop är tillräckliga för att uppnå säkerhetsnivån för det tänkta systemet.

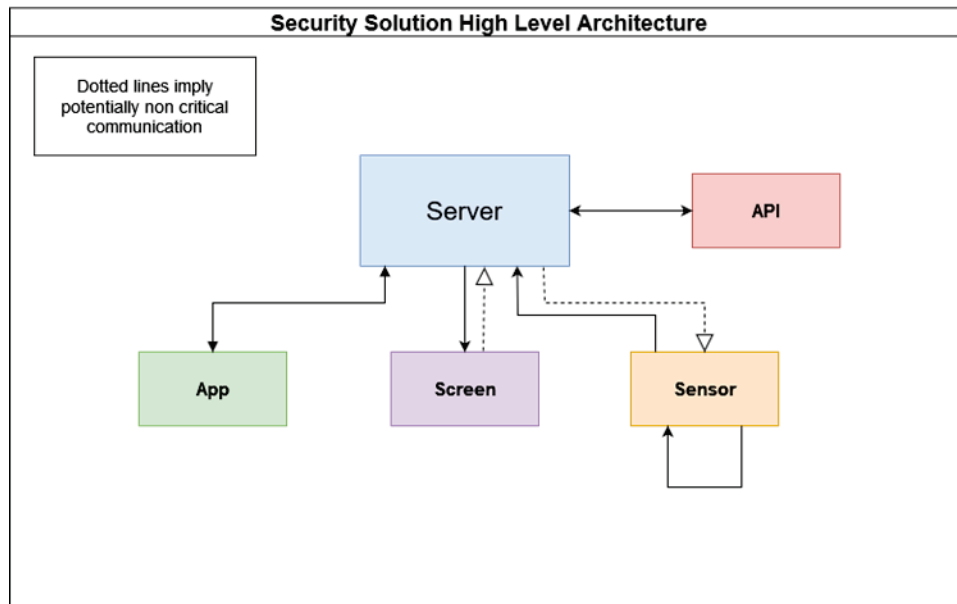
6.3. **Digital mobilapplikation**

En stor del av förstudiens arbete har gått åt till att utveckla en mobilapplikation (app) som varnar användaren för ankommande tåg inom ett relevant område. En funktionsnedbrytning av säkerhetslösningen underlättade för framtagandet av en övergripande systemarkitektur (Figur 2) samt ett hög-nivå tidsestimat. Viktiga delar för det fortsatta arbetet, både inom och utom denna förstudie.

³ <https://www.berlex.se/en/produkter/vagmarkesvagn-tillbehor/smart-solcell-m-rostfritt-faste-kablage-kontakt>

⁴ <https://www.ramudden.se/produkter/digital-produkter/vms-led-skylt-solcell-smart/>

⁵ <https://api.trafikinfo.trafikverket.se/API/Model>



Figur 2. Övergripande struktur för en teknisk lösning med en digital mobilapplikation

Flödet för den digitala mobilapplikationen är som följer:

Sensorsystemet detekterar tåg kontinuerligt och laddar upp till databas (simulerad sensor i PoC produkt).

- Mobilappen använder geofences för att designera intresseområden.
- När man korsar gränsen till ett geofence gör mobilen en slagning i databasen för att se om sensorn har detekterat ett tåg för intresseområdet.
 - Om ja – skicka notifikation till användaren.
 - Om nej – gör ingenting.

Den föreslagna lösningen tar ej hänsyn till potentiella krav eller önskvärda standarder att förhålla sig till, utan är menad som en lösning för att kunna demonstrera och utvärdera konceptet kring hur en mobilapplikation kan öka säkerheten vid oönskade plankorsningar. Fortsatt arbete med en sådan mobilapplikation inkluderar en domänanalys för att klargöra säkerhetskritiska moment, och deras koppling till standarder.

6.4. Proof of Concept

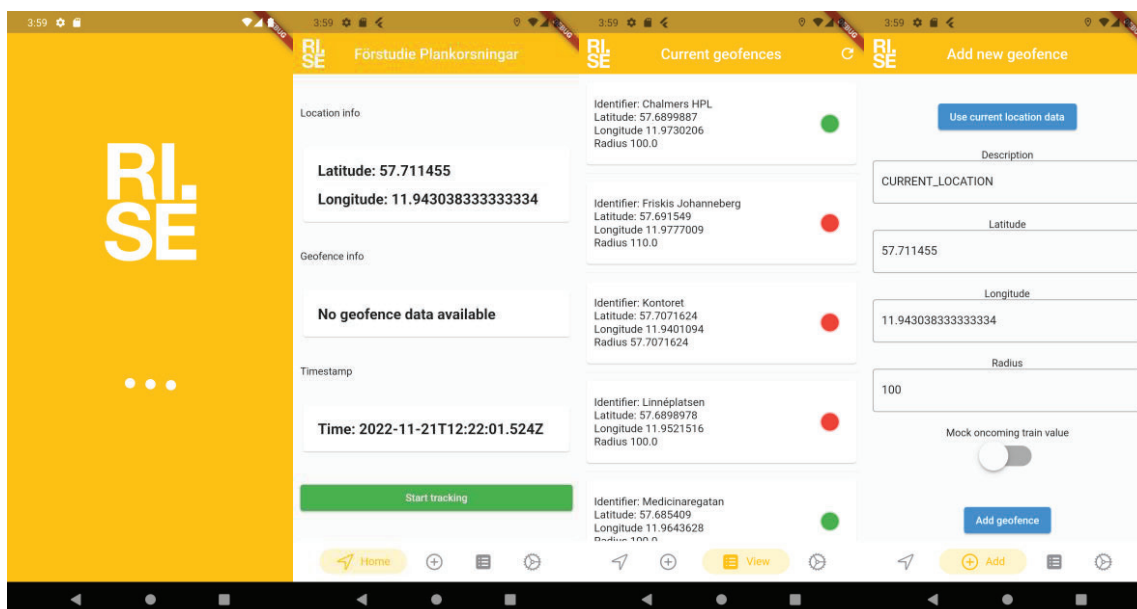
För att utvärdera den föreslagna lösningen i avsnitt 6.3 så skapades en PoC version av applikationen, där endast den absolut mest nödvändiga funktionaliteten är med, och ingen hänsyn tas till annat än vad som ska kunna demonstreras (dvs ej fokus på att kunna underhålla eller bygga vidare på den tekniska implementationen). Att utveckla en PoC version bedöms ta en bråkdel av vad det hade tagit att utveckla en lösning som är redo att sättas i produktion. Ett tidsestimat för att kunna demonstrera basala funktioner för systemet bedöms till <100 h.

Basala funktioner för ett system inkluderar:

- Tillåt skapandet av geofences för intresseområden
- Tillåt "events" (till exempel ENTER eller EXIT) från geofences att fångas
- Tillåt användandet av geofence events för att skicka notifikationer vid behov
- Möjliggör kommunikation med extern databas som innehåller geofence data och information om tåg
- Skapa en vy som kontinuerligt återspeglar status för en specifik plats (geofence) med koordinater, namn och tåginformation
- Skapa en vy som visar status för samtliga intresseområden

6.4.1. Tillämpning av lösningen.

Ramverket som användes för att skapa en PoC app bestämdes till att bli Flutter, för att lättare möjliggöra demonstration, funktionstest, och publicering av kod till både Android och iOS. Appen bygger på geofenceteknik från transistorsoft, vilket stödjer skalbarhet av antalet geofences, som av Google och iOS sätts till ungefär 100 st, men med transistorsofts teknik kan man i praktiken skapa en obegränsad mängd geofences. Detta stödjer antagandet att geofences är en applicerbar teknik för att använda till denna typ av lösning, eftersom antalet oövakade plankorsningar i Sverige väl överstiger 100 st.



Figur 3. Skärmdumpar från mobilapplikationen skapad med Flutter som användes för tester av säkerhetskonceptet.

Funktionalitet som behövdes för utvärderingen av konceptet inkluderade att dynamiskt skapa fler geofences för intresseområden, samt möjligheten att ändra egenskaper hos geofencet, så som vilken radie det skulle ha, och om ett simulerat tåg var ankommande. Bilder på mobilappen som användes för testerna syns i Figur 3, och en bildruta från PoC-videon kan ses på denna rapportens förstasida⁶. I stället för en sensor som detekterade ett ankommande tåg så simulerades detta genom att ersätta verkliga sensordata med en virtuell (sensor)dataström.

6.5. Fortsatt utvecklingsarbete

Som nämnt i sektion 6.3 så behöver en omfattande domänanalys och dokumentationsanalys utföras för att klargöra vad denna typ av produkt behöver förhålla sig till gällande krav från relevanta myndigheter och standarder, för att slutligen kunna få markandstillstånd, kommersialiseras och säljas till kund. Ansvarsfrågan vid potentiella olyckor behöver också vidare utredas.

När detta är klargjort är nästa steg att göra en kravspecifikation med spårbarhet (traceability) till identifierade krav, för att, på förfrågan från myndighet eller intressant, påvisa att produkten uppfyller kraven.

6.5.1. Kund. Värdnätverk och affärsmodell.

Följande frågor gällande kund, värdnätverk och affärsmodell, ombads förstudiens företagspartner (Crossing Safety) att besvara. Frågorna är tagna från utlysningstexten till "SIP InfraSweden – hösten 2022" för att belysa några viktiga aspekter om vad som behöver utvecklas för att innovationen ska komma hela vägen till tillämpning.

⁶ En länk till videon planeras att läggas upp på företagspartnerns hemsida, crossingsafety.com.

Kund: *Vem är kund/mottagare/användare av den tänkta lösningen? Hur ser dennes behov ut? Tillgodoser den tänkta lösningen dessa behov? Vad krävs av kunden och är denne villig att betala?*

En typisk nyckelkund i Sverige är Trafikverket, som ansvarar för järnvägsinfrastrukturen. Andra kunder kan vara kommuner och privata anläggningsägare. Förstudiens lösningsidé är applicerbar på en rad olika marknader, även om den primära implementationen är för obehagade plankorsningar i järnvägsnätet. Det finns ett stort behov av att öka säkerheten och minska antalet olyckor vid dessa korsningar och i dagsläget krävs ett omfattande och tidskrävande arbete för att installera ett traditionellt varningssystem med ljud-/ljussignal och bommar. En sådan installation är också en stor kostnad för varje enskild plats, och mtp på att det finns över 3500 obehagade plankorsningar i Sverige så blir kostnaden för att installera traditionella varningssystem överallt mycket hög. Det är inte heller rimligt att klara av alla dessa installationer inom en överskådlig framtid, även om behovet att öka säkerheten är stort.

Förstudiens lösningsidé kommer att vara enkel att installera. Dock för att upp nå ett redundant system, dvs ett system med ständigt hög tillförlitlighet, kommer det att krävas ingrepp i den befintliga järnvägsinfrastrukturen, t ex pålitlig(a) och robust(a) sensor(er) mellan eller på rälna. Med en tydlig VMS och en kompletterande mobilapplikation för mobila enheter har förstudiens lösningsidé potentialen att kunna varna samtliga trafikanter (fotgängare och fordonsförare) som befinner sig i den obehagade korsningens närhet då ett tåg närmar sig.

Önskvärt vore om installationen endast innefattade ett mindre betongfundament och en stål stolpe vid korsningen att fästa VMS:en på, samt där det krävs, en liknande stolpe för en "basstation" vars uppgift är att detektera om ett tåg närmar sig då mobilnät saknas. Basstationen placeras på ett avstånd som gör att varning kan annonseras på skylt, och med framtida lösningar, t ex satellitkommunikation, kan mobilapplikationen kommunicera en varning i god tid innan tåget passerar korsningen.

Lösningsidén kräver inte någon omfattande planering innan installation kan göras och är lättare och snabbare att installera än traditionella skyddsanordningar. Lösningen innebär en betydligt lägre investeringskostnad och är både enklare och billigare att underhålla.

Värdenätverket: *Vilka aktörer behövs för att nå hela vägen till innovation? Med innovation avses en implementerad lösning som används och skapar värde/nytta. När och hur ska de olika aktörerna involveras i olika delar av innovations/utvecklingsprocessen?*

En förutsättning för en implementation av lösningsidén i Sverige och resten av världen är att ansvarig myndighet, företag och industri är mottagliga för den förändring som krävs för att ha möjlighet att inom rimlig tid göra betydligt fler korsningar säkra, och i förlängningen rädda liv. För att lyckas implementera lösningsidén i Sverige och resten av världen behöver ansvariga och sakkunniga från berörda myndigheter samarbeta i arbetet med att säkerställa att lösningen kan användas i järnvägs miljö. I arbetet med den tekniska lösningen krävs experter inom elektronikkonstruktion, mjukvaruutveckling och mekanik. Dessa kommer att behövas inom kort för att ta fram en prototyp av systemet som kan testas i verklig miljö.

Affärsmodell: *Hur ser affärsmodellen ut? Hur tas intäkter in, hur produceras varor och tjänster, hur får kunden tillgång till varan eller tjänsten. Hur värderar kunden det?*

Beroende på kund och marknad kan intäktsmodellen anpassas. Exempel på intäktsmodell är direkt försäljning av ett komplett system, licensförsäljning och underhållskontrakt. Initialt är systemet tänkt att utvecklas och produceras i Sverige med möjlighet till färdig installation hos slutkund.

7. Spridning och publicering

7.1. Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Införskaffat kunskapsunderlag kommer att delas till vidare apputvecklare, men också via medverkande partners hemsida, där också denna rapport kommer att länkas till.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Utvecklingsprojekt inom medverkande partner och forskningsprojekt. Dialog med industrin förs i syfte att formulera en projektansökan för kommande utlysning inom FFI.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	PoC-appen kommer att vidareutvecklas av medverkande partner, samt förväntas att ligga till grund för andra forskningsprojekt där liknande funktioner kan nyttjas.
Introduceras på marknaden	(X)	Ja, på sikt
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2. Publikationer

Då detta var en förstudie var det inte aktuellt med några publikationer.

8. Slutsatser och fortsatt forskning

Det är tydligt att det finns ett värde i att öka säkerheten gällande de obehagade plankorsningarna i Sverige, och att tekniken som finns tillgänglig idag möjliggör ett flertal lösningar som kan bidra till ökad säkerhet. Att använda ett fristående system som säkerhetslösning ökar sannolikheten att systemet går att installera i fler länder än Sverige, och man skapar på så sätt en mer modulär lösning, vilket ökar intresset från privata företag att marknadsföra en sådan lösning.

Tester med mobilappen som har utvecklats för att utvärdera konceptet tyder på att den föreslagna säkerhetslösningen har potential att markant bidra till en ökad säkerhet vid Sveriges obehagade plankorsningar. Det behövs dock kunskap och insikt i användningsmönster från slutanvändare, om de faktiskt kommer att använda appen som tänkt, eftersom det är en förutsättning för att lösningen ska kunna bidra till en ökad säkerhet.

Det har även framkommit under förstudien att det finns påtagliga krav från till exempel myndigheter när det gäller produkter som behandlar personsäkerhet, och att denna typ av produkt kan klassas som säkerhetskritisk - vilket medför att man har mer strikta krav gällande funktionssäkerheten av produkten, och dokumentation på vad man har gjort för att följa dessa krav, vilket kan öka kostnaden för att utveckla en produkt som är redo för marknadsföring.

Sammanfattningsvis så har resultaten från förstudien klargjort värdet, potentialen och problematiken gällande en föreslagen teknisk lösning för att öka säkerheten vid obehagade plankorsningar, och att det i framtida studier i detta område föreslås att utreda användarmönster från slutanvändare av applikationen och att utreda krav från applicerbara standarder och myndigheter.

9. Deltagande parter och kontaktpersoner

Joakim Rosell (koord)

joakim.rosell@ri.se



William Toma

william.toma@crossingsafety.com



SAVING LIVES WITH CLIMATE -SMART TECHNOLOGY