

Säkrare TMA-avstängningar vid vägarbeten



TMA-fordon påkört av lastbil

Författare Alexandre Martins, Danilo Chinchilla, Sara Dalvig
Datum 3:e maj 2024

SVEVIA



Förord

Detta projekt, påbörjade i januari 2024, adresserar en avgörande fråga för säkerheten och förbättringen av TMA-avstängningar. Projektet fokuserar på att minska risken för att TMA-fordon blir påkörda, ett alltför vanligt och farligt scenario vid temporära vägarbeten.

Projektet är ett samarbete mellan Sigma Technology Embedded Network, Vicky Teknik, Svevia och Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF). Det drar nytta av avancerad teknologi som radar och kameror för att skapa en säkrare arbetsmiljö, minska olycksfall och incidenter vid vägarbetsplatser samt samla statistik om förarens beteende runt TMA bilar. Under maj 2020 – maj 2021 inträffade det en olycka var 12,6:e dag där en Svevia TMA-bil blev påkörd, vilket understryker behovet av detta projekt.

Tack vare finansiering från bland annat Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) och genom stöd från Trafikverket och andra branschexperter, har projektet genomfört en serie fälttester för att utvärdera och förbättra användningen av TMA-fordon. Dessa tester omfattar allt från hastighetsmätningar till detektering av obehöriga i buffertzoner.

Vi är tacksamma för det stöd och de insikter vi fått från våra kontaktpersoner på Svevia och Trafikverket, deras kunskaper inom skadestatistik och arbetsmiljö har varit ovärderliga för projektets riktning.

Vidare vill vi uttrycka vår tacksamhet till Vicky Teknik, samt alla i referensgruppen som har bidragit med sin expertis och sitt engagemang. Deras dedikation är avgörande för att nå vårt mål – en betydligt säkrare arbetsmiljö för vägarbetare och en minskning av de olyckor och närmisssor som idag är alltför vanliga.

Slutligen, ett stort tack till alla som deltar i de praktiska testerna av vår nya utrustning. Er medverkan är kritisk för att vi ska kunna verifiera ny teknik i verkliga förhållanden och för att säkerställa att våra lösningar verkligen bidrar till en tryggare arbetsplats för alla som arbetar på och kring våra vägar.

Malmö, maj 2024

Sammanfattning

Projekt:

Säkrare TMA-avstängningar vid vägarbeten

Tidplan:

Projektet sträckte sig från den 26 februari 2024 till den 3 maj 2024.

Bakgrund:

En studie av Svevia visar på hög frekvens av olyckor vid vägarbeten, där TMA-fordon ofta blir påkörda. Dessa incidenter samt deras orsaker är oftast inte väl dokumenterade, vilket skapar ett behov av förbättrade säkerhetsåtgärder.

Syfte:

Projektet syftar till att öka säkerheten vid vägarbeten genom implementering av ett system med radar, kameror och larmsystem. Detta system ska kunna mäta trafikanters hastighet, verifiera buffertzoner och upptäcka obehöriga inom arbetsområdet samt samla informationen i en dashboard.

Genomförande:

Projektet, i samarbete med Sigma Technology Embedded Network och Vicky Teknik, inkluderar montering av utrustning på Sveglias TMA-fordon, finjustering av algoritmer, och fälttester i vägarbetsmiljöer. Systemet samlar data via molntjänster och syftar till att optimera trafiksäkerheten genom realtidsinformation och långsiktig datainsamling i moln. Projektet betonar vikten av tekniska lösningar för att minska olycksfall och förbättra arbetsmiljön vid vägarbeten. Insikterna som erhålls kommer att ha en direkt påverkan på framtida säkerhetsstrategier och utbildningsbehov.

Organisationer:

Huvudaktörerna är Sigma Technology Embedded Network, Vicky Teknik, och Svevia. Referensgruppen inkluderar experter från Trafikverket och Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF).

Leverans och Kostnader:

Denna slutrapport presenterar projektets resultat, utöver detta levereras en dashboard som visar statistik om trafikförhållanden. Projektets kostnader uppgår till 531 000 SEK, med finansiering på 388 000 SEK från Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF). Investeringen har tagit fram ett system som hade kunnat enkelt och kostnadseffektivt installeras och används i större skala.

Slutresultat:

Integrationen av radar, kameror och larmsystem kan förbättra säkerheten vid vägarbetsplatser. Fälttester har bekräftat systemets effektivitet i att mäta hastigheter, köbildning och detektera intrång i buffertzoner. Det rekommenderas att systemet installeras på flera TMA-fordon. Data kan sammanställas och analyseras i moln för att övervaka trafikanters hastighet, beteende samt övervaka buffertzoner nästan i realtid. Omfattande datainsamling och analys skulle bidra till att identifiera farliga platser och riskfyllda beteenden, och stödja åtgärder för att förändra dessa beteenden positivt. Projektets dashboarden är tillgänglig på (åtminstone till 2024-09-01): <https://3.254.71.66:3000/d/bdgu1tmp9qsjkb/svevia-live>

Innehållsförteckning

Förord	2
Sammanfattning	3
Innehållsförteckning	4
1 Bakgrund	5
1.1 Syfte	6
1.2 Mål	6
2 Metodbeskrivning och Utförande	7
2.1 Metodbeskrivning	7
2.2 Fälttester	8
3 Resultat och Diskussion	10
3.1 Fälttester	12
3.2 Begränsningar	14
3.3 Diskussion	14
4 Slutsatser och Rekommendationer	16

1 Bakgrund

I takt med den kontinuerliga utvecklingen och underhållet av det svenska vägnätet utgör vägarbetsplatser en frekvent och nödvändig del av landskapet på våra vägar. Dessa tillfälliga arbetsmiljöer är dock inte utan betydande risker. De innebär potentiella faror inte bara för de yrkesverksamma som utför arbetet men också för de trafikanter som passerar arbetsplatserna. En oroande trend är den höga frekvensen av olyckor vid dessa platser, vilket starkt påvisar ett akut behov av förbättrade säkerhetsåtgärder.

En omfattande undersökning genomförd av Svevia, som är ansvarigt för underhåll på ungefär hälften av Sveriges driftområden, avslöjar att deras TMA-fordon (Truck Mounted Attenuator) utsätts för påkörningar med en genomsnittlig frekvens av var 12,6:e dag under perioden maj 2020 till maj 2021. Denna alarmerande statistik, tillsammans med uppgifter från försäkringsbolag om att 30–40 TMA-skydd skrotas årligen och upplysningar från Trafikverket om cirka 70 TMA-påkörningar per år, understryker omfattningen av problemet. Dessutom rapporteras många incidenter som aldrig dokumenteras officiellt, vilket försvårar en noggrann analys av olycksorsaker och skapar hinder för utvecklingen av effektiva preventiva åtgärder.

För att adressera dessa problem och förbättra säkerheten vid vägarbetsplatser, finns redan etablerade krav på utformning såsom storleken på buffertzoner mellan krockskydd och arbetsområden samt riktlinjer för passerande trafiks hastigheter. Trots dessa åtgärder kvarstår riskerna, vilket indikerar ett klart behov av ytterligare innovativa teknologier.

Mot denna bakgrund initierades projektet "Säkrare TMA-avstängningar vid vägarbeten", finansierat av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF). Projektets mål är att utforska och demonstrera hur avancerad teknologi, inkluderande radar, kameror och larmsystem, kan integreras för att höja säkerhetsnivån vid vägarbeten. Genom att implementera dessa teknologiska lösningar strävar projektet efter att inte bara minska antalet olyckor och incidenter men även att öka förståelsen för deras underliggande orsaker. Detta initiativ bygger vidare på tidigare forskning och utvecklingsarbete och siktar på att skapa en tryggare arbetsmiljö för vägarbetare och en säkrare samt mer förutsägbar trafikmiljö för alla vägtrafikanter.

1.1 Syfte

Projektet "Säkrare TMA-avstängningar vid vägarbetsplatser" syftar till att demonstrera och validera ett avancerat säkerhetssystem utrustat med radar, kameror och siren. Genom att noggrant mäta trafikanters hastighet och övervaka buffertzoner för att säkerställa deras korrekthet, samt aktivt detektera obehöriga intrång i dessa zoner, strävar projektet efter att signifikant minska riskerna och förbättra arbetsmiljön vid temporära vägarbetsplatser. Systemet är designat för att samla in data som kan användas för att fördjupa förståelsen av dynamiken och beteenden vid vägarbeten samt eventuellt ge omedelbara larm vid potentiellt farliga situationer. Detta initiativ integrerar och använder den senaste teknologin inom bildanalys, radar, och Internet of Things (IoT), med syftet att utveckla innovativa metoder för säkerhetsövervakning och informationsdelning genom molntjänster.

1.2 Mål

Projektets primära mål är att förbättra säkerheten för både vägarbetspersonal och trafikanter genom att implementera och testa det beskrivna säkerhetssystemet på TMA-fordon (Truck Mounted Attenuator). En TMA bil har utrustas med radar, kameror, samt varningssystem för att aktivt bidra till en säkrare arbetsmiljö. Under projektets genomförandeplan, med början i februari 2024 och avslut i maj 2024, har vi specificerat följande konkreta mål:

1. Mäta hastigheten förbi vägarbetsplatser: Genom att använda radartechnologi för att noggrant mäta och visa statistik över hastigheter vid arbetsplatser.
2. Visualisera buffertzoner: Systemet kommer att mäta och tydligt visualisera storleken och gränserna för buffertzoner för att säkerställa att de är korrekt implementerade.
3. Detektera obehöriga i buffertzonen: Avancerade kameror och sensorer kommer att användas för att identifiera och eventuellt varna för närvaron av obehöriga fordon eller personer i säkerhetszoner.
4. Mäta köer och ta fram kö varning: Projektet inkluderar eventuellt utveckling av teknik för att mäta trafikansamlingar om köbildning.

Förväntade resultat inkluderar en betydande förbättring i den säkra arbetsmiljön, en minskning i både materiella skador och personskador, samt en fördjupad förståelse för de omständigheter som kan leda till olyckor. Insikterna och resultaten från projektet kommer att vara värdefulla för entreprenörer och andra intressenter inom vägarbetssektorn för att stärka framtida säkerhetsåtgärder och praxis.

2 Metodbeskrivning och Utförande

2.1 Metodbeskrivning

Projektets "Säkrare TMA-avstängningar vid vägarbeten" huvudsyfte är att implementera och utvärdera en avancerad statistik och säkerhetssystem bestående av radar, kameror och en siren för att öka säkerheten vid vägarbetsplatser. I syfte att uppnå detta har projektet genomförts i flera noggrant planerade steg, där varje delmoment syftar till att validera systemets effektivitet och funktionalitet under verkliga förhållanden. Metodiken för detta projekt involverar en kombination av teknisk installation, fälttester, datainsamling och analyser, följt av en utvärderingsprocess.

Projektet började med en detaljerad planeringsfas där Sigma Technology Embedded Network tillsammans med Vicky Teknik ansvarade för att sammanställa och leverera den nödvändiga tekniska utrustningen. Denna utrustning, som inkluderar 2 AXIS D2110-VE radar och en AXIS P3265-LVE kamera, installerades på ett Svevia TMA-fordon. Utrustningen valdes baserat på deras förmåga att erbjuda pålitlig detektion och bildanalys, vilket är kritiskt för projektets syften.

Efter utrustningen blev färdig installerad kunde fälttesterna initieras. Under testfasen har projektteamet övervakat och samlat in data kopplad till systemets prestanda, samt information om trafikens hastighet, köbildning, samt data om intrång i olika buffertzoner. Varje testmiljö gav unika utmaningar och insikter, teamet jobbade med att finjustera systemets konfiguration och funktionalitet, samt kontrollera detektioner, distanser och hastighet.



Fig. 1. Bild av installationen

Data som samlas in under TMA-körningar samt fälttesterna har överförts och lagras i en säker databas i AWS molntjänst. Data kommer att vara tillgänglig till projektets intressenter genom en dashboard fram till 2024-09-01. Dashboarden ger möjlighet att få djupare förståelse för hur olika faktorer, såsom trafikflöde och trafikantbeteenden, påverkar säkerheten vid vägarbeten.

Efter kontrolltesterna har projektteamet gått igenom en utvärderingsprocess där resultaten från fälttesterna jämfördes med de initiala projektplanerna. Denna utvärdering fokuserade på att bedöma i vilken utsträckning det implementerade systemet har uppfyllt de förväntade säkerhetsförbättringarna och bidragit till en tryggare arbetsmiljö.

Slutligen har projektets resultat sammanställts i denna omfattande slutrapport, vilken inkluderar detaljerade beskrivningar av utförandet, analyserade data, utvärderingsresultat, samt rekommendationer för framtida implementeringar. Rapporten är avgörande för att sprida kunskap och insikter till alla intressenter inom vägarbetssektorn, inklusive entreprenörer, Trafikverket och andra relevanta myndigheter.

2.2 Fälttester

Under testfasen genomfördes flera kritiska tester för att validera systemets funktion:

1. **Dataöverföring från lastbil till moln:** Vi verifierade att data korrekt skickades från TMA-bilen till vår säkra databas i AWS-molntjänsten. Detta gjordes genom att använda ett 4G-nätverk för att säkerställa en överföring i realtid under arbetsförhållanden. Korrekt överföring bekräftades genom att jämföra de ursprungliga tiderna och video med de som mottogs i molnet.
2. **Visualisering av data i dashboarden:** Vi kontrollerade att den insamlade data visualiserad i projektets dashboard är rätt och lätt tolkad. Detta steg var avgörande för att säkerställa att projektaktörer kunde tolka och reagera på informationen effektivt. Tester inkluderade att hämta data från verkliga arbetsförhållandena under en månad och verifiera att denna data återspeglades korrekt på dashboarden.
3. **Detektion av fordon och personer:** Systemets förmåga att detektera fordon och personer på arbetsvägen testades genom att använda radarn i kombination med kameravideon på distans. Radarn identifierade objekt och kameran användes sedan för att verifiera objektens närvaro, vilket säkerställde att systemet korrekt kunde särskilja mellan bilar, bussar och personer.
4. **Verifikation av avstånd:** På plats i Landskrona testades avstånden som rapporterades av radarn både framför och bakom TMA-fordon. Detta gjordes genom att köra med bil

och/eller gå på specifika avstånd från TMA-bilen och sedan jämföra radarens avståndsrapportering med de faktiska avstånden. Korrektheten i avståndsmätningen var kritisk för att säkerställa tillförlitlig detektion och buffertzoner.

5. **Hastighetskontroll av ankommande fordon:** Hastigheten på tillnärmade fordon mättes för att verifiera radarens förmåga att korrekt registrera fordonshastigheter. Tester genomfördes under kontrollerade förhållanden där en bil tilläts närma sig TMA-bilen vid olika hastigheter, och dessa jämfördes sedan med radarens mätvärden.
6. **Detektion i buffertzoner:** Vi testade monterad radarens förmåga att detektera fordon och personer både framför och bakom TMA-lastbilen samt deras intrång i fördefinierade buffertzoner. Att korrekt identifiera och varna för intrång i dessa zoner var avgörande för projektets mål att förbättra säkerheten.
7. **Feedback av buffertzoner efter detektion:** Vi verifierade feedbackmekanismen efter att ett fordon eller en person detekterats i en buffertzona. Detta inkluderade både visuella och hörbara varningar från den monterade sirenen, vilket testades genom simulerade intrång för att säkerställa att systemets respons var omedelbar och tydlig.
8. **Mäta köer och visualisera köbildning:** Slutligen detekteras trafiktäthet och fordonshastigheter i realtid. Systemet var programmerat att identifiera när fordon ackumulerades till en densitet som identifieras som köbildning.

Varje test verifierade systemets effektivitet och pålitlighet under verkliga scenarier på ett pålitligt sätt.

3 Resultat och Diskussion

Projektet "Säkrare TMA-avstängningar vid vägarbeten" har framgångsrikt demonstrerat och validerat ett innovativt säkerhetssystem bestående av avancerad radar, kameror och larmsystem på TMA-fordon. De primära målen att mäta trafikanters hastighet, visualisera och övervaka buffertzoner, detektera obehöriga i buffertzonen samt mäta och varna för köbildning har uppnåtts med anmärkningsvärd precision. Det omfattande datamaterialet som samlats in och analyserats under projektets gång har visat tydliga förbättringar i säkerheten för både vägarbetspersonal och trafikanter.

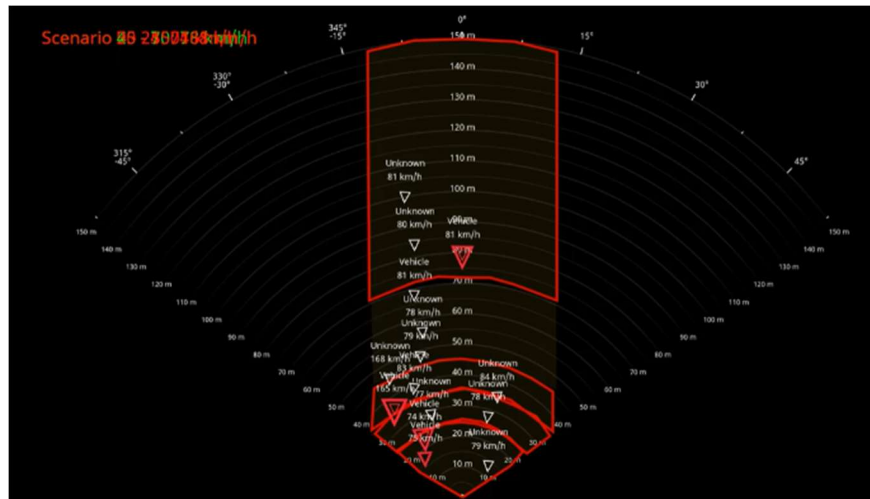


Fig. 2. Ett exempel av distans bakom TMA-bilen samt detektering av inkommande trafik



Fig. 3. ett exempel av bildetektion och verifiering med kamera

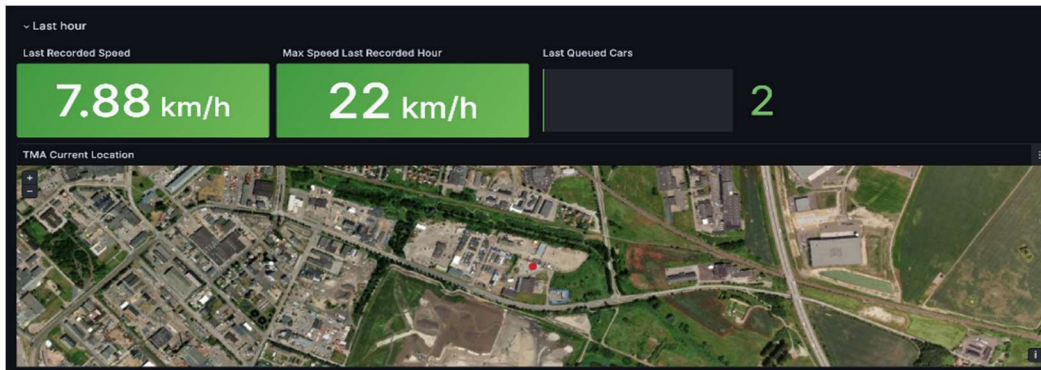


Fig. 4. Skärmbild av dashboard som visar senaste inkommande data för en TMA-fordon

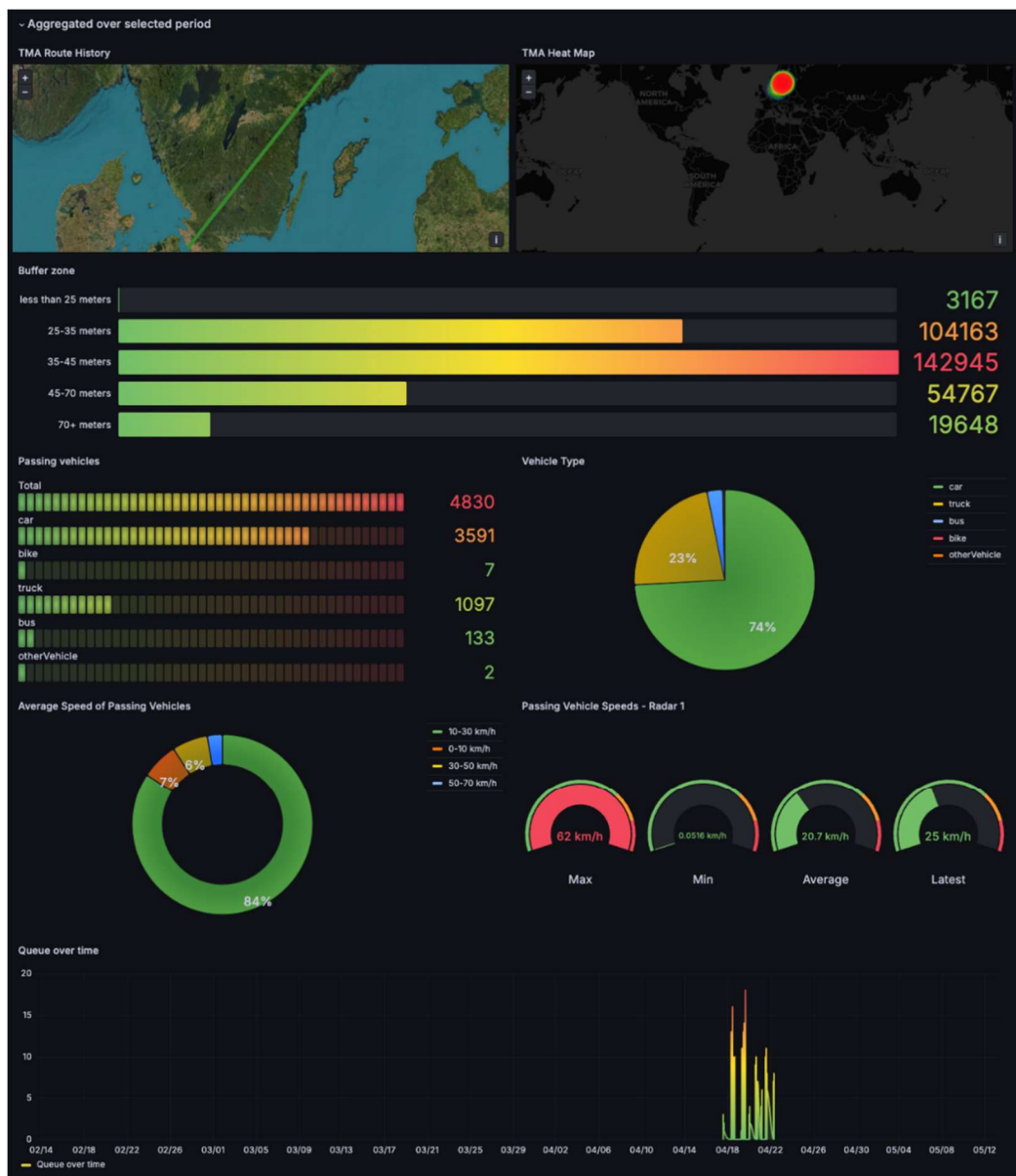


Fig. 5. Skärmbild av dashboard som visar insamlade data över 90 dagar

3.1 Fälttester

1. **Dataöverföring från lastbil till moln:** Sigma Technology verifierade att dataöverföringen från TMA-lastbilen till vår säkra databas i AWS-molntjänsten genomfördes korrekt via ett 4G-nätverk. Genom att noggrant jämföra de ursprungliga datapunkterna från lastbilen med de data som mottogs i molnet kunde vi fastställa att ingen dataskillnad förekom, vilket indikerar att överföringen var framgångsrik och säker.
2. **Visualisering av data i dashboarden:** Resultaten bekräftade att all insamlade data från fälttesterna korrekt visualiserades i projektets dashboard. Denna korrekthet var avgörande för att säkerställa att operatörerna kunde analysera och reagera på datan inom 10 minuter.
3. **Detektion av fordon och personer:** Systemets radarteknik användes för att detektera närvaron av fordon och personer under arbete på vägen, och dessa detektioner verifierades sedan genom kamerabilder (se Fig. 3.). Testet visade att radarn korrekt identifierade både fordon och personer med noggrannhet, vilket verifierades genom att jämföra radarns data med kamerornas verifierande bilder och på plats i Landskrona med avståndstesterna.
4. **Verifikation av avstånd:** Radarens förmåga att rapportera korrekta avstånd framför och bakom TMA-lastbilen testades genom att köra med bil och gå på förutbestämda avstånd. Resultaten stämde överens med de förväntade avstånden för zonerna in och ut avstånd: zon 1 (0 till 25 meter), zon 2 (25 till 35 meter), zon 3 (35 till 45 meter), zon 4 (45 till 70 meter), och zon 5 (70+ meter). (Figur 6)
5. **Hastighetskontroll av ankommande fordon:** Systemets förmåga att mäta hastigheten på ankommande fordon testades. En bil körde förbi en stillastående TMA-fordon i hastigheter mellan 20 och 100 km/h, med faktiska hastigheter tagna från bilens hastighetsmätare. Testerna visade att radarn mätte hastigheterna precist och repeterbart, men rapporterade hastigheter var cirka 2–3 procent lägre än bilens hastighetsmätare på grund av svårigheter att hålla en exakt hastighet.
6. **Detektion i buffertzoner:** Radarn testades för sin förmåga att detektera intrång av fordon och personer i fördefinierade buffertzoner framför TMA-fordon. Systemet lyckades korrekt identifiera alla sådana intrång, vilket visar dess effektivitet i att övervaka säkerhetszoner.
7. **Feedback efter detektion i buffertzonen:** När ett fordon eller en person detekterades i buffertzonen, testades systemets feedbackmekanism. Resultaten visade att både visuell och hörbar feedback genererades korrekt efter varje detektion, vilket bekräftar systemets förmåga att varna relevanta parter snabbt och effektivt.
8. **Mäta köer och visualisera köbildning:** Tester genomfördes i flera faser där TMA-fordonet var involverad i aktuellt vägarbetet. Genom att visualisera från distans olika trafikflöden, både i låg och hög trafik, kunde projektteamet observera systemets respons på skiftande trafikförhållanden och representera det på den dashboard med en räkning av bilarna som detekterade bakom TMA-fordon och hjälpa användaren att se om köbildning var på gång.

Samtliga tester visade positiva resultat, vilket understryker systemets pålitlighet och effektivitet. Dessa framgångsrika testresultat pekar på stor potential för framtida bredare implementeringar och utvecklingar av liknande system i andra vägarbetsprojekt.

Use case 1:		Radar 1	
Mäta och visualisera buffertzonen			
Detektera obehöriga i buffertzonen		Identifiera följande avstånd:	
Hastighetsgräns:		Buffertzons längd:	
30	km/h	25	m
50	km/h	35	m
70	km/h	45	m
120	km/h	70	m

Event:	Lampa	Siren volume	Sound ?
Ingen detection	Av	0 %dB	
Fordon och människor placerad längre bort än 70 m	Grön	0 %dB	
Fordon och människor placerad längre bort än 45 m men närmare än 70 m	Gul	0 %dB	
Fordon och människor placerad längre bort än 35 m men närmare än 45 m	Orange	50 %dB	
Fordon och människor placerad längre bort än 25 m men närmare än 35 m	Röd	75 %dB	
Fordon och människor närmare än 25 m	Röd	100 %dB	

- Placera markeringar på olika avstånd: +/- 1, 2, 5, 10, 25 meter i och utanför buffertzonen.
- Testa 3 gånger med en person och spara information från radarn och bekräfta att sirenen/lampa fungerar enligt specifikationen.
- Testa 3 gånger med en bil och spara information från radarn och bekräfta att sirenen/lampa fungerar enligt specifikationen.

Faktiska avståndet	Test 1			Test 2			Test 3		
	Bil detekterat ja/nej:	Avstånd enligt radarn:	Person detekterat ja/nej:	Bil detekterat ja/nej:	Avstånd enligt radarn:	Person detekterat ja/nej:	Bil detekterat ja/nej:	Avstånd enligt radarn:	Person detekterat ja/nej:
70 m	Ja	71 Ja	70 Ja	70 Ja	70 Ja	70 Ja	70 Ja	70 Ja	71
45 m	Ja	45 Ja	45 Ja	44 Ja	45 Ja	45 Ja	45 Ja	45 Ja	45
35 m	Ja	35 Ja	35 Ja	35 Ja	35 Ja	35 Ja	35 Ja	35 Ja	34
25 m	Ja	25 Ja	26 Ja	25 Ja	25 Ja	26 Ja	25 Ja	25 Ja	25

Fig. 6. Skärmbild av testprotokollet för Use Case 1

Use case 2:		Radar 2	
Mäta hastighet av inkommande fordon			
Event:			
Ingen detection		Lampa	
Fordon och människor placerad längre bort än 70 m		Siren	
Fordon och människor placerad längre bort än 45 m men närmare än 70 m		0 %dB	
Fordon och människor placerad längre bort än 35 m men närmare än 45 m		0 %dB	
Fordon och människor placerad längre bort än 25 m men närmare än 35 m		50 %dB	
Fordon och människor närmare än 25 m		75 %dB	
		100 %dB	

Faktiska hastigheten	Test 1		Test 2		Test 3		Test 4		Test 5	
	Bil detekterat ja/nej:	Hastighet enligt radarn:	Bil detekterat ja/nej:	Hastighet enligt radarn:	Bil detekterat ja/nej:	Hastighet enligt radarn:	Bil detekterat ja/nej:	Hastighet enligt radarn:	Bil detekterat ja/nej:	Hastighet enligt radarn:
5 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
15 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
20 km/h	Ja	18	Ja	18	Ja	18	Ja	19	Ja	19
25 km/h	Ja	23	Ja	24	Ja	23	Ja	24	Ja	24
30 km/h	Ja	28	Ja	29	Ja	28	Ja	30	Ja	29
35 km/h	Ja	34	Ja	33	Ja	34	Ja	34	Ja	34
40 km/h	Ja	38	Ja	39	Ja	38	Ja	38	Ja	39
45 km/h	Ja	42	Ja	44	Ja	42	Ja	43	Ja	44
50 km/h	Ja	46	Ja	49	Ja	46	Ja	48	Ja	48
55 km/h	Ja	51	Ja	58	Ja	51	Ja	53	Ja	52
60 km/h	Ja	56	Ja	58	Ja	56	Ja	57	Ja	57
65 km/h	Ja	64	Ja	64	Ja	63	Ja	64	Ja	66
70 km/h	Ja	67	Ja	67	Ja	67	Ja	69	Ja	67
75 km/h	Ja	72	Ja	73	Ja	72	Ja	72	Ja	73
80 km/h	Ja	75	Ja	77	Ja	79	Ja	78	Ja	78
85 km/h	Ja	81	Ja	82	Ja	84	Ja	83	Ja	83
90 km/h	Ja	85	Ja	88	Ja	87	Ja	88	Ja	88
95 km/h	Ja	92	Ja	92	Ja	93	Ja	93	Ja	92
100 km/h	Ja	98	Ja	98	Ja	98	Ja	97	Ja	97
105 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
110 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
115 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
120 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
125 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
130 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
135 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
140 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
145 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
150 km/h	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Fig. 7. Skärmbild av testprotokollet för Use Case 2

3.2 Begränsningar

Projektet har visat betydande potential, men det är också viktigt att erkänna vissa begränsningar som upptäcktes under testfasen. En av dessa begränsningar är relaterad till radarreflexioner som orsakades av närvarande storbyggnader i närheten. Denna reflexion påverkade specifikt radarns förmåga att korrekt detektera bara ett fordon när större fordon, såsom lastbilar, närmade sig TMA-fordonet. Reflexionerna skapade felaktiga ekon som ibland kunde tolkas som ytterligare objekt av systemet, vilket potentiellt kunde leda till felaktiga säkerhetslarm.

Ytterligare en begränsning var att systemet endast testades med låg hastigheter för fordon som närmar sig TMA-fordonet. Detta begränsade vår förmåga att utvärdera systemets prestanda under förhållanden med högre hastigheter, vilket är vanligt på många vägar där TMA-fordon är i bruk. Höga hastigheter kan innebära andra dynamiska faktorer och reaktioner från både radarsystemet och förarnas beteenden, vilket gör det kritiskt att testa systemet under dessa förhållanden för att säkerställa responstiden och effektivitet.

En annan viktig begränsning var att projektet inte inkluderade tester av persondetektion i buffertzoner medan TMA-fordonet var i rörelse. Denna testning är avgörande eftersom det oftare förekommer att arbetare och andra personer rör sig nära TMA-fordon under arbete, och detektion av dessa personer är kritisk för deras säkerhet. Det aktuella testsättet krävde tillgång till fordonets hastighetsdata för att korrekt filtrera och verifiera detektioner, vilket inte kunde genomföras under projektets nuvarande omfattning. Att inkludera denna kapacitet skulle ge en mer omfattande bedömning av systemets förmåga att skydda personer inom arbetsområden.

Vi borde också notera systemets täckningsområde, där radar och kamerautrustningens placering på fordonet kan resultera i döda vinklar som kan påverka detekteringsförmågan om personer är för nära TMA-fordonet till exempel.

Vidare var systemets förmåga att hantera och identifiera trafikköer begränsad, då ingen tydlig definition av 'kö' fastställdes i projektets inledande faser. Detta medförde osäkerhet i hur data skulle tolkas och i vilken mån redan existerande köer påverkade resultatet av hastighets- och buffertzonsdetekteringarna.

Dessa begränsningar understryker vikten av fortsatt utveckling och testning för att förbättra systemets tekniska specifikationer och dess praktiska tillämpning i verkliga arbetsmiljöer.

3.3 Diskussion

Diskussionen om projektets genomförande och dess tekniska aspekter belyser viktiga överväganden för framtida iterationer och implementeringar av liknande system. Bland de mest

centrala punkterna i diskussionen finns placeringen av utrustning på fordonet, användningen av siren och systemets hantering av köer.

Placering av utrustning på fordonet: Under projektet valdes en kostnadseffektiv placering av radarn och kamerorna, vilket var att montera dem på TMA-fordonets skylt. Även om detta var ekonomiskt fördelaktigt, uppstod problem med döda vinklar nära TMA-fordonet som inte täcktes tillräckligt av radar och kamera. En mer ideal placering, såsom på fordonets hytt, skulle potentiellt erbjuda en bättre övervakning av buffertzonen utan dessa döda vinklar. Ett system som installerats på nya TMA bilar hade gjort kostnadseffektivt att placera utrustning på de bäst lämpade platser.

Användningen av sirenen: Sirenens effektivitet att varna arbetare är avgörande, men dess ljudnivå och ljusstyrka kan potentiellt distrahera eller till och med störa trafikanter. Detta leder till en diskussion om möjligheten att använda alternativa varnings metoder. Kan till exempel subtilare ljus- eller ljudsignaler integreras för att minska risken för distraktion? Kan det kopplas till tidigare projekt med armband som larmar personalen, mm. Dessutom bör överväganden göras om hur väl sirenen kan höras av arbetare som bär hörselskydd och befinner sig på längre avstånd (upp till 65 meter), vilket kan kräva starkare eller olika typer av signaler.

Hantering av köer: Definitionen av vad som utgör en kö var otydlig under projektet, vilket kan påverka hur data samlas in och analyseras. Det är viktigt att etablera tydliga kriterier för vad som räknas som köbildning för att kunna mäta och reagera på detta på ett effektivt sätt. Om en kö redan existerar vid testtillfället, bör dess påverkan på systemets prestanda övervägas och integreras i den slutliga analysen. Detta innebär att framtida projekt behöver inkludera noggrann planering och definitioner kring trafikflödet och dess påverkan på säkerheten vid vägarbeten.

Genom att ta hänsyn till dessa punkter kan vi förbättra systemets design och dess funktionalitet, vilket i sin tur kommer att bidra till att höja säkerheten vid vägarbeten ytterligare. Diskussionen om dessa ämnen är central för att förstå och adressera de praktiska utmaningarna som kommer med att implementera avancerad teknologi i dynamiska och ofta oförutsägbara arbetsmiljöer.

4 Slutsatser och Rekommendationer

Projektet "Säkrare TMA-avstängningar vid vägarbeten" har framgångsrikt visat att integration av avancerad teknik såsom radar, kameror och larmsystem kan erbjuda betydande förbättringar i säkerheten vid vägarbetsplatser. Fälttesterna har bekräftat systemets effektivitet i att mäta hastigheter och detektera obehöriga intrång i buffertzoner. Vi rekommenderar att göra med noggranna tester på en bana som Asta Zero som hade gett möjlighet att testa i hastighet utan trafik och ge en "ground truth."

Trots dessa positiva resultat, har projektet identifierat viktiga områden för förbättring. Specifikt inkluderar dessa utmaningar med radarreflexioner från omgivande strukturer och svårigheter med att detektera personer i buffertzoner under färd. Dessa begränsningar påvisar ett tydligt behov av ytterligare utveckling för att optimera tekniken för vägarbetsplatsernas dynamiska miljöer.

För att ytterligare förbättra och utveckla dessa övervakning och säkerhetssystem, rekommenderas det att systemet installeras på flera TMA-fordon. Genom att koppla samman dessa system kan data sammanställas och analyseras i moln för att monitorera förarens hastigheter, beteende, övervaka buffertzoner på distans och i nästan realtid. Detta skulle möjliggöra övervakning av vägarbetet på olika platser, under olika tider, och med olika förare. Sådan omfattande datainsamling och analys skulle inte bara bidra till att identifiera farliga platser och riskfyllda beteenden hos både arbetare och förare, utan också stödja utvecklingen av åtgärder för att förändra dessa beteenden på ett positivt sätt.

Förutom att förbättra säkerheten genom förebyggande åtgärder, kan data från dessa system användas för att bygga ett mer omfattande säkerhetssystem. Ett sådant system skulle kunna övervaka buffertzoner och förarbeteende i realtid och potentiellt larma en central övervakningsstation om farliga situationer upptäcks. Denna kapacitet skulle inte bara möjliggöra snabbare reaktioner på omedelbara hot, utan även erbjuda möjligheter att agera proaktivt för att förhindra incidenter och olyckor innan de inträffar.

Genom att implementera dessa rekommendationer och fortsätta att utveckla och utvidga användningen av avancerad teknik vid vägarbetsplatser, kan vi signifikant öka säkerheten för vägarbetare och trafikanter. Det är därför av yttersta vikt att fortsätta investera i och stödja utveckling inom detta viktiga område.

Projektets dashboarden är tillgänglig på (åtminstone till 2024-09-01):

<https://3.254.71.66:3000/d/bdgu1tmp9qsjkb/svevia-live>