

2022-08-30 version 1.0

S MARTA URBANA TRAFIKZONER

EN DEL AV DEN FLEXIBLA STADEN DÄR FORDON RÖR
SIG PÅ MÄNNISKORS VILLKOR
RESULTATRAPPORT STEG 2



Huvudförfattare

Kristina Andersson, RISE
Victoria Herslöf, Stockholm stad
Felicia Hökars, CLOSER
Jonas Malmryd, Göteborgs stad
Anna-Karin Salmi, ViaPM/Trafikverket
Martin Svedin, MLogistics
Anna Vadeby, VTI

Medförfattare

Tobias Beckman, Technolution
Pernilla Eriksson, Stockholm Stad
Sebastiaan Oremus, Scania
Amritpal Singh, Viscando
Malin Stoldt, Göteborgs stad
Anderas Säfström, Stockholm Stad
Jon Williamsson, Göteborgs universitet
mfl.

Deltagande aktörer



UNIVERSITY OF GOTHENBURG



Sammanfattning

Projektet Smarta urbana trafikzoner har genomfört tre demonstrationer av smarta zoner som kan bli ett kraftfullt verktyg för att bidra till tystare, säkrare och hälsosammare urbana miljöer. Den smarta zonen bygger på digitala verktyg såsom uppkopplade sensorer och geofencing. Ett geofence är ett digitalt definierat område där fordonet styrs av digitalt uppsatta regler, vilket möjliggör kontroll av hur ett fordon körs inom zonen, utan mänsklig inblandning.

Demonstrationen "Innovationszon Hornsgatan" utfördes på Hornsgatan i Stockholm där dynamiskt hastighetsstyrda distributionsfordon, som levererar matvaror till butiker och restauranger i området, ingick i testet. Hastighetsregleringen av fordonen syftade till att öka trafiksäkerheten och baserades på antalet fotgängare som rörde sig i området. Inom denna demonstration utrustades även en lastplats med en sensor som genererade data på hur ytan nyttjas.

Resultatet visar att det är tekniskt möjligt att skapa en smart zon för dynamisk hastighetsreglering. Förarna i de deltagande fordonen var över lag positivt inställda till systemet, dock skedde en del mindre hastighetsöverträdelser inom zonen. Detta kan bero på att zonen var för liten eller på hur trafiken ser ut i det valda området. För att med större säkerhet kunna uttala sig om vilka effekter denna tillämpning har på trafiksäkerheten skulle lösningen behöva testas på fler platser, samt med fler deltagande fordon för att samla in mer data. Informationen som den uppkopplade lastplatsen ger har gett Stockholm stad nya uppslag på hur planering och nyttjande av gaturummet kan utvecklas för ett mer dynamiskt nyttjande. Projektet har även utforskat hur en smart zon av detta slag skulle kunna implementeras genom att krävställa hastighetsefterlevnad eller geofencing i upphandling av samordnad varudistribution.

Demonstrationen "Dispensgivna byggtransporter" ägde rum på Södermalm i Stockholm, där en betongbil fick dispens att köra med tyngre vikt än vad som normalt är tillåtet och på så sätt möjliggöra att lasta mer betong i tanken. Med tyngre last krävs färre turer till och från byggarbetsplatser, vilket minskar det totala antalet tunga masstransporter inom staden. Motkravet i dispensen var att fordonet håller en låg hastighet, vilket säkerställdes genom automatisk hastighetsreglering av fordonet med hjälp av geofencing inom de områden där dispensen gällde. Även i detta fall har den smarta zonen fungerat bra, utmaningen för att möjliggöra en uppskalning handlar inte om tekniska utmaningar utan hur staden kan ge dispens eller på annat sätt tillåta tyngre fordon med delbart gods mot villkoret att de kan garantera en låg hastighet. Den vibrationsmätning som genomförts i samband med demonstrationen visar att lägre hastighet ger mindre vibrationer och därmed minskar risken för att omgivande byggnader skadas av de tyngre transporterna.

I Göteborg har en smart zon kring en byggutfart demonstrerats för att minska kollisionrisken mellan tunga fordon och cyklister. Den "Säkra byggutfarten" utrustades med smarta sensorer anslutna till ett varningssystem. När en cyklist närmar sig en byggutfart samtidigt som ett tungt fordon kör in eller ut från byggarbetsplatsen aktiveras varningssystemet för att uppmärksamma både cyklisten och föraren av fordonet.

Resultatet visar att hur den fysiska miljön kring byggutfarten utformas, inklusive hur varningssystemen placeras, spelar stor roll för hur cyklister och förare uppfattar och hanterar trafiksituationen. Både cyklister och förare upplevde att varningssystemet bidrog till en säkrare byggplatsutfart, samtidigt som potential till att förbättra utformningen av varningssystemet identifierades för att tydliggöra vem informationen riktade sig till samt hur trafikanterna förväntades agera. Det finns även behov av att utveckla systemdesignen innan en smart zon av detta slag kan användas vid byggutfarter. En annan lärdom från demonstrationen är att de finns utvecklingsbehov gällande hur vägmärken med variabla meddelanden kan användas vid dessa typer av platser.

Alla tre demonstrationer använde sig av en central integrationsplattform som med hjälp av integrationer med olika sensorer, vägmärken, signaler och lastbilar bearbetar data från fotgängarflöden, förekomst av cyklister, beläggning av lastplatser samt positionsdata från lastbilarna. Denna data kan via grafiska visualiseringsverktyg visualiseras, i realtid och historiskt, på en karta och i olika

grafer. Integrationsplattformen innefattar även en regelmotor som bland annat genomför beräkningar för att besluta om hastigheten i området ska sänkas eller inte. Systemet skickar sedan ut den aktuella hastighetsbegränsningen i området till de uppkopplade lastbilarna via en integration mot fordonstillverkaren. Geofenceområdet samt de olika algoritmerna som genomför beräkningarna kan enkelt administreras i de olika administrationsverktygen som hör till integrationsplattformen.

Utöver att utveckla en teknisk systemlösning och genomföra demonstrationer av smarta trafikzoner har projektet även undersökt förutsättningar för implementering i större skala. Därför har möjligheterna att utveckla affärsmodeller för tjänster liknande de som har demonstrerats analyserats utifrån olika aktörers perspektiv, nyttor och drivkrafter. Slutsatserna visar på att arbetet med geostaket först och främst bör bygga på öppenhet mellan system och aktörer då tillgång till data samt samkörning av system möjliggör för skaleffekter, effektivisering och ökad nyttjandegrad av existerande lösningar. De positiva effekter som fås genom öppenhet kan stärkas ytterligare om aktörerna aktivt arbetar med standardisering för att skapa kompatibilitet mellan lösningar. På så sätt motarbetas dagens situation med separata öar av lösningar för data- och regelhantering. Alla parter identifierade ett behov av ökad samverkan mellan politik, förvaltning och näringsliv för att driva på utvecklingen inom områden så som lagstiftning, upphandling och paketering av tjänster riktade mot vägghållare. Slutligen behöver både privat och offentlig sektor arbeta med utformningen av incitament för att öka attraktiviteten i geofencelösningar för både kunder och leverantörer.

Sammanfattningsvis har projektet Smarta urbana trafikzoner visat att det är tekniskt möjligt att skapa smarta zoner i urban miljö för att mer dynamiskt reglera olika delar av transportsystemet och gaturummet. Det finns en del utmaningar kvar att möta innan de smarta zoner som har demonstrerats i projektet används i större skala. Dessa utmaningar handlar dock inte om tekniska lösningar utan om bland annat utveckling av regelverk, trafikföreskrifter, standardisering av kommunikation till och mellan fordon, hantering av data, och datadelning mellan olika aktörer. Slutligen behöver även vägghållare, eller andra aktörer som upprättar smarta trafikzoner, ha kännedom om hur dessa bör utformas för att uppnå önskade effekter och möjliggöra nyttjande av den information som genereras inom smarta zoner för planering och uppföljning av transportsystemets användning.

Executive Summary

The project "Smart Urban Traffic Zones" has demonstrated three smart zones in Stockholm and Gothenburg, Sweden; with the potential to contribute to quieter, safer and healthier urban environments. The smart zone is created using digital tools, such as connected sensors and geofencing. A geofence is a digitally defined area where vehicles are controlled by digitally set rules, allowing control of how a vehicle is driven within the zone, without human intervention.

The demonstration "Innovation Zone Hornsgatan" took place out on Hornsgatan in Stockholm where distribution vehicles, delivering groceries to stores and restaurants in the area, took part in the test by applying smart speed limitation within a geofenced area. The purpose of the smart zone was to increase traffic safety by reducing the speed of the distribution vehicles based on the number of pedestrians moving in the area. As part of this demonstration, a loading zone was also equipped with a smart sensor to generate data and learn more about how and when the zone was in use.

The results show that it is technically feasible to create a smart zone for dynamic speed control of vehicles. The drivers of the participating vehicles had an overall positive view on the system, although there were some minor speed violations within the zone during the demonstration. This could be due to the small size of the zone or the traffic conditions in the chosen area. To achieve a higher level of certainty in the evaluation of the smart zone's impact on road safety, the setup would need to be tested in more locations, as well as with more participating vehicles to collect more data. The information provided by the connected loading zone has given the City of Stockholm new ideas on how to develop planning and use of the street space for a more dynamic allocation. The project has also explored how a smart zone of this kind could be implemented by requiring speed compliance or geofencing in public procurement of goods distribution.

The demonstration "Digitally issued exemptions for construction transports" took place on Södermalm in Stockholm, where a concrete truck was permitted to drive with a heavier weight than normally allowed; thus allowing more concrete to be loaded into the tank. With heavier loads, fewer trips to and from construction sites are required, reducing the total number of heavy mass transports within the city. The counter-requirement of the exemption was that the vehicle maintained a low speed, which was ensured by automatic speed control of the vehicle using geofencing in the areas where the exemption applied. The results show that the smart zone functioned as intended, a future scale-up is not limited by technical challenges, but by how the city may allow heavier vehicles with divisible goods, while relying on the counter-requirement that they can guarantee a low speed. The vibration measurements carried out during the demonstration show that lower speeds result in less vibrations and therefore reduce the risk of damage to the surrounding built environment.

In Gothenburg, a smart zone around a construction exit has been demonstrated to reduce the risk of collision between heavy vehicles and cyclists. The demonstration "Increased safety for vulnerable road users at construction site exits" was set up using smart sensors connected to a warning system. When a cyclist approaches a construction site exit while a heavy vehicle is entering or leaving the construction site, the warning system is activated to alert both the cyclist and the driver of the heavy vehicle.

The results show that the design of the physical environment around the construction site exit, including the positioning of the warning systems, plays an important role in how cyclists and drivers perceive and manage the traffic situation. Both cyclists and drivers felt that the warning system contributed to a safer construction site exit. Potential for improving the design of the warning system was identified to clarify who the information was aimed at, and how road users were expected to act. There is also a need to develop the system design before such a smart zone can be employed at construction site exits. Another lesson learned from the demonstration is a need for development in how variable message signs (VMS) can be used at this type of location.

All three smart zone demonstrations used a central integration platform that processes data from pedestrian flows, the presence of cyclists, the occupancy of loading zones and the position data from trucks, using integrations with various sensors, road signs, signals, and trucks. This data can be

visualised, in real time and historically, on a map and in various graphs via graphical visualisation tools. The integration platform also includes a control engine which performs calculations to decide whether to reduce the speed in the area. The system then sends out the current speed limit in the area to the connected trucks via an integration with the vehicle manufacturer. The geofence area and the various algorithms that perform the calculations can be easily managed in the management tools that are part of the integration platform.

In addition to developing a technical system solution and carrying out demonstrations of smart traffic zones, the project has also investigated the conditions for implementation on a larger scale. To this end, the possibilities of developing business models for services similar to those demonstrated have been analysed from the perspective of different actors, benefits and drivers. The conclusions show that the development of geofencing should first and foremost be based on openness between systems and actors, as access to data and the interconnection of systems enable economies of scale, efficiency, and increased utilisation of existing solutions. The positive effects of openness can be further strengthened if stakeholders actively work on standardisation to create interoperability between solutions. This will counteract the current situation of separate islands of data and rule management solutions. All parties identified a need for increased interaction between policy, administration, and industry to drive developments in areas such as legislation, procurement and packaging of services targeted at road operators. Finally, both the private and public sectors need to work on the design of incentives to increase the attractiveness of geofencing solutions for both customers and suppliers.

In conclusion, the project “Smart Urban Traffic Zones” has shown that it is technically feasible to create smart zones in the urban environment to dynamically regulate different parts of the transport system and street space. There are still some challenges to be met before the smart zones demonstrated in the project are used on a larger scale. However, these challenges are not of a technical nature, areas to address are the development of regulatory frameworks, traffic regulations, standardisation of communication to and between vehicles, data management, and data sharing between different actors. Finally, road authorities, or other actors establishing smart traffic zones, also need to be aware of how these should be designed to achieve the desired effects and enable the use of the information generated within smart zones for planning and monitoring the use of the transport system.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte och mål	2
1.2	Smarta urbana trafikzoner i relation till omvärlden	2
2	Projektets genomförande	5
2.1	Arbetspaket och parter	5
2.2	Projektets styrning	6
2.3	Kommunikation och spridning av resultat	6
2.3.1	Referensgrupp	6
3	Demo: Innovationszon Hornsgatan	7
3.1	Beskrivning av demonstration	7
3.1.1	Bakgrund och syfte	7
3.1.2	Genomförande	7
3.2	Systembeskrivning	13
3.3	Analys och resultat av hastighetsanpassning	13
3.3.1	Övergripande jämförelser mellan före-period och testperiod	14
3.3.2	Resultat från testperioden	14
3.3.3	Generella hastighetsmätningar	16
3.3.4	Intervjuer med förare och arbetsledare	17
3.4	Analys och resultat uppkopplad leveransplats	19
3.5	Regelverk och legala frågor	21
3.6	Utvärdering och erfarenheter	23
4	Demo: Dispensgivna byggtransporter.....	25
4.1	Beskrivning av demonstration	25
4.1.1	Bakgrund och syfte	25
4.1.2	Genomförande	26
4.2	Systembeskrivning	29
4.3	Regelverk och legala frågor	30
4.3.1	Allmänt om regelverket	30
4.3.2	Transportdispens	30
4.3.3	Utmaningar för uppskalning	30
4.4	Analys och resultat	33
4.4.1	Mätresultat vibrationer	34
4.5	Utvärdering och erfarenheter	35
5	Demo: Säkra byggplatsutfarter	36
5.1	Beskrivning av demonstration	36
5.1.1	Bakgrund och syfte	36
5.1.2	Genomförande	36
5.1.3	Användarfall	37
5.1.4	Systemkrav, syfte och önskad effekt	37
5.2	Systembeskrivning	38
5.2.1	Systemets olika signaler och budskap till trafikanter	41
5.2.2	Exempel på användarfall och prioritet	41
5.3	Analys och resultat	44
5.3.1	Resultat avseende cyklister	44
5.3.2	Resultat avseende lastbilsförare	47
5.3.3	Sammanfattande slutsatser	48
5.4	Regelverk och legala frågor	48

5.4.1	Trafikförordningen (1998:1276).....	48
5.4.2	Vägmärkesförordningen (2007:90)	49
5.4.3	Väglagen (1971:948) och reklamskyltar	50
5.5	Utvärdering och erfarenheter	50
5.5.1	Analys av den smarta byggutfarten i relation till gällande regelverk och praxis	51
5.5.2	Utmaningar från testresultaten.....	52
5.5.3	Utvecklingsområden för uppskalning/implementering	53
5.5.4	Finns det någon framtid eller marknad för det testade systemet	53
6	Teknisk lösning och digital infrastruktur	55
6.1	Teknisk lösning i projektet.....	55
6.1.1	Datadelning	55
6.1.2	Data inom projektets demonstrationer	56
6.1.3	Erfarenheter och reflektioner från demonstrationerna	56
6.2	Vägledning för implementering hos väghållare	57
6.2.1	Stöd på vägen i att utforma kravställning och utveckla smarta zoner	57
6.2.2	Möjliga sätt att hantera datadelning vid implementering av smarta zoner	58
6.2.3	Syfte med informationsinsamling	59
6.2.4	Informationssäkerhet	59
6.3	Behov av fortsatt arbete.....	60
6.3.1	Trafikföreskrift som kravställer geofencade fordon.....	60
6.3.2	Lagkrav för geofencingteknik i fordon	61
6.3.3	Kommunikation till och mellan fordon.....	61
7	Affärsmodeller och innovationsarbete för smarta zoner och geofence	62
7.1	Metod.....	62
7.2	Resultat	63
7.2.1	Huvudsakliga aktörer	63
7.2.2	Möjliga ägare av affärsmodellen	63
7.2.3	Potentiella positiva och negativa effekter	64
7.2.4	Potentiella användare	65
7.2.5	Att generera och leverera användarvärde	66
7.2.6	Modeller för betalning och kompensation.....	67
7.2.7	Uppskalning.....	68
7.3	Diskussion	69
8	Avslutande ord och reflektion	70
8.1	Systemanalys och uppskalning	70
8.2	Utvärdering och lärdomar.....	72
8.2.1	Flexibilitet i utformande av demonstrationer	72
8.2.2	Vikten av gott samarbetsklimat	72
8.2.3	Samarbete under pandemi	72
8.3	Projektets måluppfyllnad och möjliga nästa steg i utvecklingen.....	73
9	Bilagor	74
10	Referenser	75

Begreppslista

API (Application Program Interface)	Fungerar som en bro mellan exempelvis två system och är ett kontrollerat sätt att överföra information på.
BK (Bärighetsklass)	Klassificering som används för att gradera bärighet. Hur tunga fordon en bro eller en väg i det allmänna vägnätet får belastas med.
DATEXII	En standard/elektroniskt språk som används i Europa för utbyte av trafikinformation och trafikdata.
Delbart gods	Gods som går att dela upp på flera transporter, till exempel betong eller timmer, utan att ta skada. Exempel på inte delbart gods är en vinge till ett vindkraftverk.
Geofencing	Ett samlingsbegrepp för ett digitalt definierat geografiskt område/sträcka där fordon kan begränsas, styras eller informeras i dess framförande, baserat på digitala trafikregler eller överenskomna villkor.
Latency	Fördröjning i tid.
PoE (Power over Ethernet)	Teknik för att via nätverkskabeln strömförsörja apparater. På så vis behövs inga nätadaptrar eller eluttag där apparaterna används.
VMS (Variable Message Sign / Variabel meddelandeskylt)	Digital skylt som kan visa meddelanden eller olika vägmärken.
WGS84 (World Geodetic System 1984)	Globalt tredimensionellt referenssystem som har tagits fram av amerikanska myndigheter för bestämning av koordinater med GPS-systemet i realtid.
Wigwag	Fysisk anordning med lampor som ger stoppsignal alt. signal för påkallade av särskild uppmärksamhet.

1 Inledning

Smarta urbana trafikzoner kommer i framtiden att vara en del av att möjliggöra en mer flexibel stad där fordon rör sig på människors villkor. I städer är det många som behöver samsas om ett begränsat utrymme. Det behövs plats för olika trafikantslag såsom gående, cyklister, kollektivtrafik och transporter av gods, och samtidigt utrymme för exempelvis lastzoner, grönytor och parkering. Den digitala transformationen ger nya möjligheter och verktyg för att skapa mer hållbara städer och förbättra transportsystemet. I Agenda 2030 spelar transportsektorn och planering av staden en viktig roll, den är därför integrerad i flera delmål. Till exempel att halvera antalet dödade och svårt skadade i vägtrafiken till år 2030 (delmål 3.6) samt ge tillgång till säkra, prisvärda, tillgängliga och hållbara transportsystem för alla i städerna, och med särskild uppmärksamhet på de oskyddade trafikanterna (delmål 11.2)¹. Dessa delmål är viktiga frågor för aktörer inom vägtransportsektorn att ta sig an gemensamt.

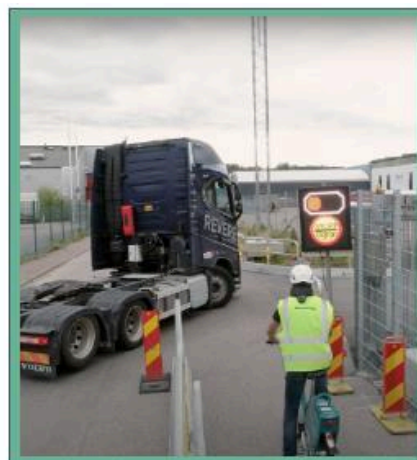
Under 2020 - 2022 har projektet Smarta urbana trafikzoner testat olika lösningar för en smart zon som kan bli ett kraftfullt verktyg för att bidra till tystare, säkrare och hälsosammare miljöer att leva i. Den smarta zonen bygger på digitala verktyg såsom uppkopplade sensorer och geofencing. Ett geofence är ett digitalt definierat område där fordonet styrs av digitalt uppsatta regler, vilket möjliggör kontroll av hur ett fordon körs inom zonen, utan mänsklig inblandning. Projektet har demonstrerat geofencing-applikationer med fokus på hastighetskontroll av olika typer av fordon i staden samt aktivering av varningsmekanismer inom en smart zon riktad mot fordon och cyklister. Detta har innefattat smarta zoner som är statiska, dynamiska och smarta, vilket gör projektet unikt i både nationella och internationella sammanhang. Projektet har i totalt tre demonstrationer testat olika koncept av smarta zoner, se *Figur 1*.



Innovationszon Hornsgatan
*Hastighetsanpassning utefter
mängden oskyddade trafikanter i
rörelse*



Dispensgivna byggtransporter
*Effektivisering av tunga
transporter genom villkorad
körning*



Säkra byggplatsutfarter
*Ökad säkerhet kring
byggplatsutfarter genom en smart
urban trafikzon*

Figur 1 De tre demonstrationerna där smarta zoner har testats i projektet.

Den första demonstrationen har utförts på Hornsgatan i Stockholm där dynamiskt hastighetsstyrda distributionsfordon som levererar matvaror till butiker och restauranger i området har testats. Hastighetsregleringen av fordonen baseras på mängden gående som rör sig i området för att öka

¹ UN General Assembly, Transforming our world : the 2030 Agenda for Sustainable Development, 21 October 2015, A/RES/70/1

trafiksäkerheten. Inom denna demonstration har även en lastplats utrustats med en sensor som genererar data om hur den nyttjas.

I demonstrationen med dispensgivna byggtransporter har tunga masstransportfordon fått utfärdat tillstånd av Stockholm stad att köra med tyngre vikt än vad som normalt är tillåtet och på så sätt möjliggöra att lasta mer betong i tanken. Om fordonen får lasta mer behövs färre turer till och från byggarbetsplatser, vilket kommer att minska det totala antalet tunga masstransporter inom staden. Motkravet i dispensen är att fordonet håller en låg hastighet och det säkerställs genom automatisk hastighetsreglering av fordonet med hjälp av geofencing inom de områden där dispensen gäller.

I Göteborg har en smart zon kring en byggutfart demonstrerats för att minska kollisionsrisken mellan tunga fordon och cyklister. Byggutfarten har utrustats med smarta sensorer som är anslutna till ett digitalt varningssystem. När en cyklist närmar sig en byggutfart samtidigt som ett tungt fordon kör in eller ut från byggarbetsplatsen aktiveras varningssystemet för att uppmärksamma både cyklist och föraren av fordonet.

Smarta urbana trafikzoner är ett utmaningsdrivet innovationsprojekt delfinansierat av Vinnova, och har samlat städer, fordonsindustrin, transportörer, teknikleverantörer, akademi och offentliga myndigheter för att testa olika typer av smarta zoner.

1.1 Syfte och mål

Projektets syfte är att skapa, demonstrera och kravställa grundläggande förutsättningar för smarta zoner. Detta för att skapa en mer tillgänglig stad, färre antal skadade i trafiken samt öka flexibiliteten i användningen av stadsmiljön.

Målen för projektet är följande:

- Fastställa hur smarta zoner och dess tillhörande digitala, operativa processer samt ansvarsfördelning ska utformas
- Demonstrera smarta lösningar i tre utpekade zoner
- Påvisa effektpotential, samhällsnytta, uppskalningspotential och incitament
- Identifierat nödvändiga förändringar i regelverk och policy
- Framarbeta affärsmodeller

1.2 Smarta urbana trafikzoner i relation till omvärlden

Geofencinglösningar har testats på olika sätt i flera andra projekt som pågått parallellt med demonstrationerna i Smarta urbana trafikzoner. I Tabell 1 beskrivs några av dessa. Projekten har följts inom ramen för det nationella forsknings- och innovationsprogrammet för geofencing (aktivt åren 2019 - 2022).

Inom Smarta urbana trafikzoner har fokus legat på dynamiska lösningar, som anpassar sig efter förhållandena på respektive plats. Projektet har haft en tydlig inriktning på trafiksäkerhet och effektivisering av transporter i stadsmiljö. Delar av lösningarna är möjliga att implementera redan i dag, men ytterligare arbete behövs för att smarta zoner ska bli vanligt förekommande inslag i den urbana trafikmiljön. Erfarenheter från projektets genomförande visar på att det är mycket värdefullt att arbeta iterativt – genom successiva tester, demonstrationer och analyser ökar förståelsen för hur smarta zoner kan användas, vilket i sin tur tydliggör vad som krävs för en bred implementering i transportsystemet. Därför är det också viktigt att koppla ihop resultat och erfarenheter från Smarta urbana trafikzoner med andra projekt och initiativ som tillsammans bidrar till utvecklingen av en mer flexibel stad, där fordon rör sig på människors villkor.

Geofencingarbetet inom NordicWay-projekten kan sägas vara mer inriktat på grundläggande tekniska och processmässiga förutsättningar för geofencing hos väghållare, för att möjliggöra att befintliga trafikföreskrifter kan förmedlas digitalt och maskinläsbart, liksom interchangehantering - hur utbyte av data kan ske mellan olika aktörer.

Projekt DIZ2 visar att väghållare kan börja använda geofencing, exempelvis för att sänka hastigheten i utsatta trafikmiljöer, genom att digitalt förmedla striktare regler till anslutna fordonsflottor som väghållaren har avtal med.

GeoSence-projektet är i första hand inriktat på att visa hur geofencing kan användas av städer i trafikplanering och trafikstyrning. En guide kommer att tas fram, i vilken resultat och erfarenheter från bland annat Smarta urbana trafikzoner kan inkluderas. Erfarenheterna från demonstrationen för Dispensgivna byggtransporter kan också vara input till arbetet inom HCT City.

Tabell 1 Beskrivning av några av de initiativ och projekt som relaterar till Smarta urbana trafikzoner.

Projekt	Beskrivning
NordicWay	NordicWay-projekten (1, 2, 3) omfattar ett flertal pilotprojekt inom C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems). Projekten är delfinansierat av Connecting Europe Facility (CEF) och tar utgångspunkt i väginfrastrukturförhållandena i de nordiska länderna. Projekten handlar om att kommunicera risker och händelser som påverkar trafiksäkerheten samt annan information kopplat till vägar, mellan olika intressenter. Inom projekten samverkar offentliga och privata aktörer från Finland, Norge, Sverige och Danmark. Vissa av projekten adresserar geofencing och dynamiska zoner. Geofencing-teknologi tillsammans med digitala trafikregler och föreskrifter kan möjliggöra ett effektivare transportsystem och minska trafikens negativa påverkan. I ett nordiskt sammanhang kan det till exempel användas för att säkerställa regelefterlevnad för tunga transporter och specialfordon i områden där väginfrastrukturen är särskilt känslig. Att tillhandahålla digitala trafikregler och föreskrifter på ett sätt som gör det möjligt för fordon att automatiskt anpassa sig, är ett viktigt steg i övergången mot autonoma fordon och för att stödja avancerade förarstödssystem. En förutsättning är att regler och föreskrifter behöver vara korrekta och maskinläsbara. Processer och verktyg för att tillhandahålla trafikregeldata är en av delarna som adresseras inom ramen för NordicWay, i samarbete med Trafikverkets projekt Hållbara trafikregler. Läs mer på Nordicway. Där finns även filmer som visar vad som gjorts i tidigare steg.
GeoSence	Projektet är ett gemensamt programinitiativ (JPI) Urban Europe-projekt finansierat av Europeiska unionens Horizon 2020 och samlar projektpartners från Tyskland, Norge, Sverige och Storbritannien. Inom GeoSence utvecklas geofencing-lösningar som syftar till att förbättra trafikflöde, trafiksäkerhet och luftkvalitet. Utmaningar om hur man får användaracceptans och användbara förbättringar tas upp. Det övergripande syftet med GeoSence är att designa, testa och utvärdera nya geofencingkoncept och lösningar för specifika fall i städer och att föreslå nya sätt att distribuera olika geofencingapplikationer. Detta genomförs genom att: • genomföra tester och utvärderingar i deltagande städer. • tillämpa metoder för att förstå och närma sig användaracceptans av tekniken för olika användningsfall. • mäta förbättringspotentialer och ge konkreta bevis på effekterna av lösningar. • upprätta av en rättslig ram och ett styrande ramverk för kraven på infrastruktur, fordonsregistrering och dataåtkomst för geofencingfunktioner. • utveckla strategiska implementeringsriktlinjer för geofencinglösningar och hur de kan användas i städer. Flera fallstudier ingår: • Användning av geofencing inom mikromobilitet för att förbättra parkering av elsparkcyklar i München. Statiska och dynamiska zoner kommer att testas, dels för tillåten parkering, dels för förbjuden parkering. • Beskrivning av hur krav motsvarande geofencing kan formuleras i offentliga upphandlingar och hur återkoppling om regelefterlevnad bör göras. Tester av tredjepartsutrustning för geofencing i upphandlad fordonsflotta med olika bilmodeller. Pilottester i ett 20-tal fordon för serviceresor i Göteborg.

	Stockholm vill testa och utvärdera den digitala infrastruktur som behövs för att stödja geofencing i staden. Fokus på att få ut befintliga data om hastighetsgräns till stadens egen fordonsflotta. Projektet har även tagit fram en sammanställning över vilka geofencingtjänster som finns på marknaden (september 2021). Läs mer på GeoSence I Closer (lindholmen.se).
Digitaliserade infrastrukturzoner (DIZ2)	Projekt DIZ2 har genomförts av trafikkontoret i Göteborgs stad och resulterat i en plattform som ska kunna användas av väghållare för att digitalt förmedla geofencingzoner som delad data till anslutna fordonsflottor. Det kan bland annat handla om att skapa låghastighetszoner för att öka trafiksäkerheten i områden med många oskyddade trafikanter - som shoppinggator, korsningar och vid skolor. Projektet syftade till att testa och utvärdera på vilket sätt trafikkontoret och andra kommunala väghållarmyndigheter automatiskt och digitalt kan överföra information för geofencing till uppkopplade fordon. I samarbete med AB Volvo har tester gjorts med hastighetsbegränsade bussar baserat på några av de zoner som trafikkontoret har skapat i DIZ2-plattformen. Informationen som överförts till fordonen finns inte i den nationella vägdatatabasen hos Trafikverket (NVDB) då det är striktare regler än de lagstadgade. Projektet har finansierats av Skyltfonden. Läs mer på Digitaliserade Infrastrukturzoner i Göteborg.
HCT City	En stor del av alla tunga transporter i Sverige är lastade med jord- och bergmassor som schaktas eller används vid byggandet av bostäder och infrastruktur. HCT-konceptet (High Capacity Transport) innebär att bättre anpassningar och informationsbyte mellan fordon, vägar och framförande, samt ett samlat regelverk för detta, gör det möjligt att öka lasten på lastbilarna och därmed minska antalet körningar. HCT-City testar hur olika utföranden i HCT-konceptet kan förbättra både produktiviteten för hela byggprojektet och transporteffektiviteten för massgods i städer, och därmed minska utsläppen av både koldioxid och hälsovådliga emissioner, samtidigt som vägslitage minskar och trafiksäkerheten förbättras eller förblir oförändrad. Hypotesen är att antalet körningar kan halveras. Projektet testar cityoptimerade fordon och demonstrerar geofencing samt digital hantering och tillsyn. Detta görs i projektets pilotområden vid byggandet av Norra Djurgårdsstaden i Stockholm och järnvägstunneln under Varberg samt analyser inför kommande projekt i Sundbyberg och Uppsala. Projektet kommer eventuellt att testa geofencing i syfte att informera föraren om hastighet. Projektet stöds av Fordonsstrategisk Forskning och Innovation (FFI)/ Vinnova. Läs mer på HCT-City – Effektiva transporter i staden med HCT-lösningar.

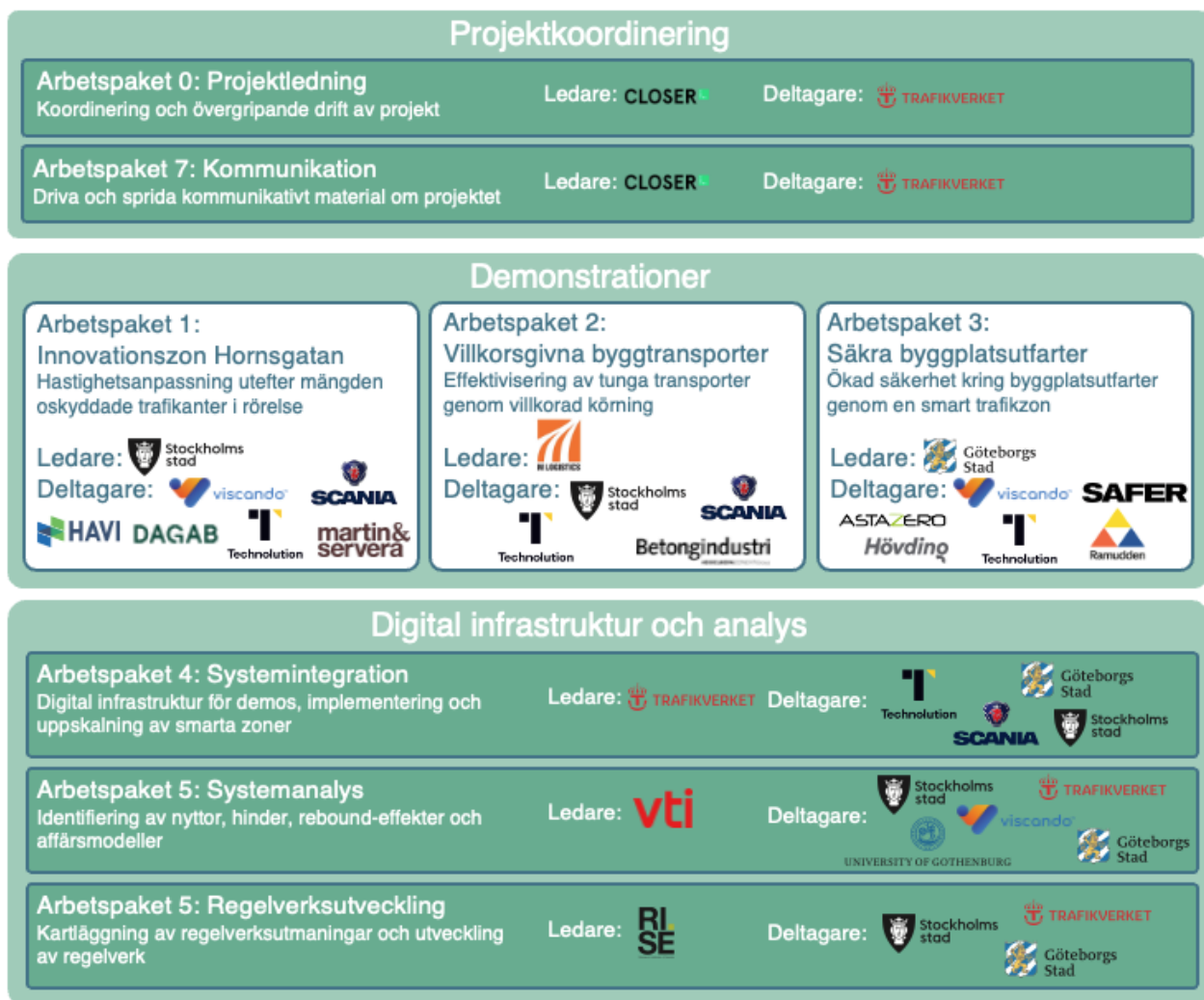
2 Projektets genomförande

I följande kapitel ges en beskrivning av hur projektet praktiskt genomförts och vilket ansvar och roll som respektive part har haft. Projektet har genomförts av 19 parter som samverkat i åtta olika arbetspaket. Aktörskonstellationen har varit bred med parter från akademi, kommun och väghållare, transportörer, samt fordons- och teknikleverantörer har varit representerade.

Demonstrationerna ägde huvudsakligen rum hösten 2021 i Stockholm och Göteborg. Förutom de fysiska testerna som utförts har den största delen av all kommunikation skett digitalt då nästintill hela projektet utförts under COVID-19 pandemin. Projektet har haft en total budget på knappt 14 miljoner kronor och pågått i två år med start i september 2020 och avslut i september 2022.

2.1 Arbetspaket och parter

Projektet var uppdelat i åtta olika arbetspaket varav tre avser de demonstrationer av smarta zoner som utförts i projektet och tre som stöttat och analyserat demonstrationerna med digital infrastruktur och olika analysfrågor. Projektets övergripande koordinering har utförts av CLOSER och Trafikverket. Varje arbetspaket har haft en huvudansvarig part som lett arbetet. I Figur 2 illustreras vilka parter som deltagit i vilka delar av projektet och vem som lett respektive arbetspaket. De parter som deltagit är Stockholms stad, Göteborgs stad, DAGAB, Martin & Servera, HAVI, Ramudden, M Logistics, Betongindustri, Hövding, VTI, AstaZero, RISE, Göteborgs Universitet, SAFER, Scania, Viscando, Technolution, CLOSER och Trafikverket.



Figur 2 Projektets struktur uppdelat i arbetspaket

2.2 Projektets styrning

Utöver koordinering och projektledning har projektet haft en styrgrupp. I styrgruppen har representanter från merparten av projektets parter deltagit. Syftet med styrgruppen är att följa upp och säkerställa projektets kvalitet. Styrgruppen kan också agera stöd åt projektledningen i svåra frågor, vägval eller beslut. Under projektiden har åtta styrgruppsmöten hållits. Inför varje styrgruppsmöte har respektive arbetspaketsledare blivit ombedd att rapportera status för framdrift, tidplan, problem samt uppkomna risker i sitt arbetspaket. Detta har sedan presenterats och diskuterats under styrgruppsmötet.

2.3 Kommunikation och spridning av resultat

Projektet har kontinuerligt under projektperioden utfört olika former av kommunikationsinsatser. På projektets hemsida² har grundläggande information samlats kring projektet samt projektfilmer publicerats. Varje demonstration har filmats och deltagande parter har intervjuats, en gemensam film som övergripande beskriver projektet har också producerats. Projektet har presenterats på POLIS-konferensen 2021, Sweden Innovation Days 2022 och Transportforum 2022 för att nämna några tillfällen. Ett digitalt slutseminarium för projektet hölls i juni 2022 där resultaten från projektet presenterades. Vidare kommer projektet att presenteras på TRA Lissabon i november 2022.

2.3.1 Referensgrupp

I projektet har även en referensgrupp deltagit. Referensgruppen bestod av: Daimler, Volvokoncernen, DB Schenker, AI Innovation of Sweden, Chalmers Fastigheter, Chalmers och POC. Dessa aktörer bjöds in till ett antal referensgruppsmöten under projektiden. Syftet med referensgruppen var att sprida resultat kontinuerligt och möjliggöra återkoppling och feedback under projektets gång. Under mötena presenterades senaste status i projektet samt att det fanns en möjlighet för projektledningen att få inspel i olika frågor.

² <https://closer.lindholmen.se/projekt/smarta-urbana-trafikzoner>

3 Demo: Innovationszon Hornsgatan

3.1 Beskrivning av demonstration

3.1.1 Bakgrund och syfte

Stockholms stad utgör kärnan för en växande region och konkurrensen om markanvändning ökar i takt med att staden växer. I innerstaden kommer situationen nå en kritisk punkt då den framtida våginfrastrukturen kommer att se ut på samma sätt som nu. Situationen kräver således nytänkande och innovation för att utveckla nya lösningar för trafik och transporter.

För Stockholm, liksom för många andra städer, pågår en utveckling där gatornas roll som offentliga rum behöver ses över. Stadens gator är inte längre bara stråk för rörelse utan även rum för vistelse. Den här konkurrensen om ytor innebär att det blir allt viktigare för staden att kunna nyttja dem mer flexibelt och dynamiskt där olika trafikanter prioriteras vid olika tider. Med digitala lösningar skapas nya möjligheter och sätt att nyttja den befintliga infrastrukturen, samtidigt som trafikmiljön kan göras säkrare och regelefterlevnaden förbättras. Med smarta lösningar, som exempelvis reglering av drivlina och tillträde, kan transporterna bli tystare och mer miljövänliga. I framtiden skulle gatornas användning kunna skifta över dygnet på ett mycket tydligare sätt än idag.

Demonstrationen Innovationszon Hornsgatan, syftade till att utveckla och testa hur utbyte av data mellan väghållare, smarta sensorer och uppkopplade fordon i smarta zoner kan bidra till ett bättre samspel mellan olika trafikanter. I demonstrationen genomförs även analyser kopplat till fordonsdata, regelverk och legala frågor kopplat till Innovationszon Hornsgatan.

Målen för demonstrationen Innovationszon Hornsgatan var följande:

1. Skapa en scenario- och funktionsbeskrivning av dynamiskt återkopplande hastighetsuppmaning till leveransfordon på Hornsgatan.
2. Testa funktionaliteten i punkt 1.
3. Påvisa möjligheten att nyttja smarta lastplatser som incitament till slutanvändare att investera i tekniken som demonstreras i punkt 1.

Demonstrationen syftade också till att testa vilka förutsättningar som krävs för att geofencing ska kunna komma på plats i svenska städer, i större skala, med fokus på att utveckla den digitala infrastrukturen med regelverk och affärsmodeller som krävs för vidare etablering av geofencingzoner.

3.1.2 Genomförande

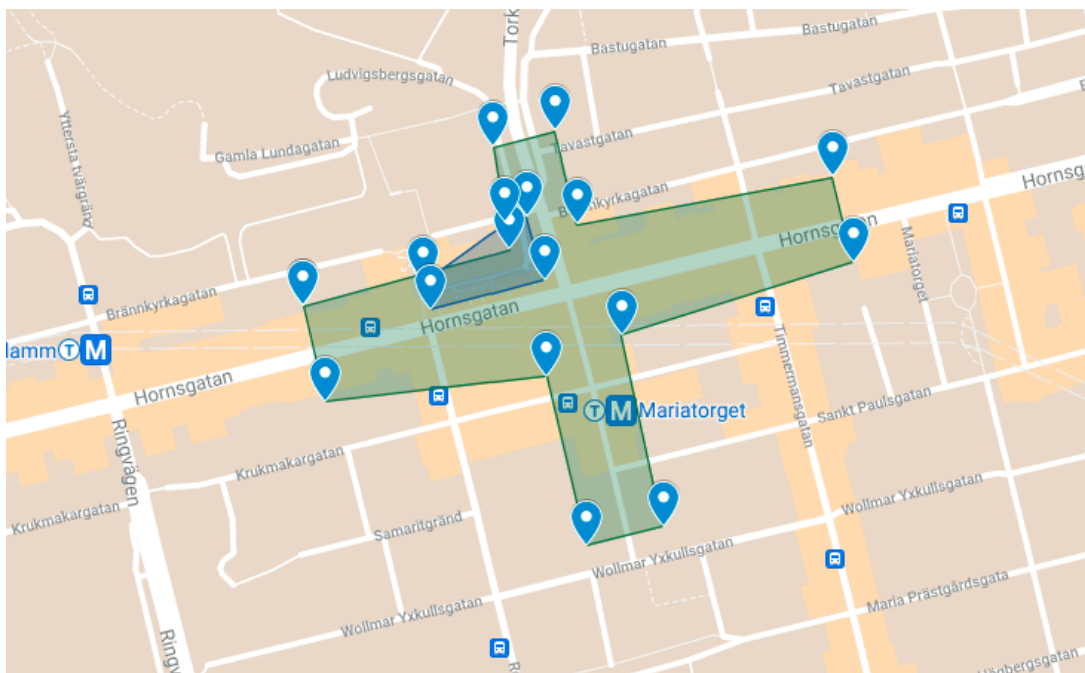
Demonstrationen på Innovationszon Hornsgatan innehöll två delmoment. En hastighetsanpassning av tunga fordon i realtid med hänsyn till antal oskyddade trafikanter som rör sig i området, samt en analys av en lastplats där en sensor monterades upp för att generera data om hur nyttjandet av den ser ut i realtid. Nedan beskrivs de båda delmomentens uppbyggnad.

Området för demonstrationen avgränsades till Hornsgatan på Södermalm i Stockholm och genomfördes under hösten 2021 – våren 2022.

3.1.2.1 Hastighetsanpassning av leveransfordon i realtid med hänsyn till oskyddade trafikanter

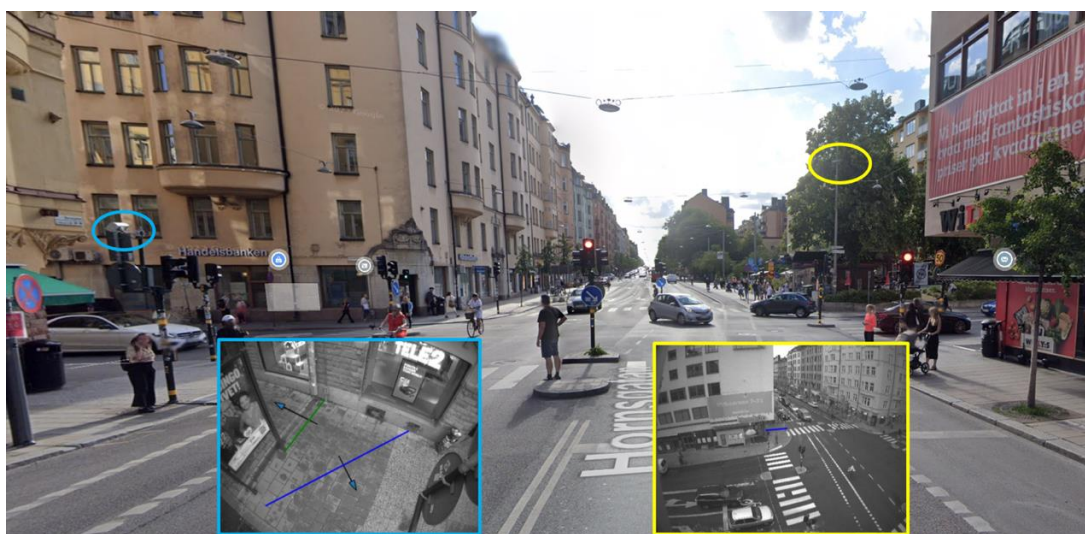
På Hornsgatan genomfördes en hastighetsanpassning av tunga transporter i realtid med hänsyn till antalet oskyddade trafikanter i området. Hornsgatan är en komplex stadsmiljö med höga trafikflöden och existerande målkonflikter - mycket människor i rörelse, nära tunnelbana och andra målpunkter.

Det geofenceade området ritades upp i Technolutions plattform och begränsades till korsningen Hornsgatan/Torkel Knutssonsgatan. Korsningen utgör mittpunkten av den geofenceade zonen som sträcker sig ett kvarter i respektive riktning längs korsningens alla fyra ben, se Figur 3.



Figur 3 Geofenceat område Hornsgatan/Torkel Knutssonsgatan

I demonstrationen har två 3D-sensorer (OTUS3D) från Viscando strategiskt placerats så att de samlar information om fotgängarflödet på trottoarerna på båda sidor om Hornsgatan i korsningen med Torkel Knutssonsgatan, se Figur 4. Sensorerna som nyttjades var befintliga sensorer som ägs av Stockholms stad.

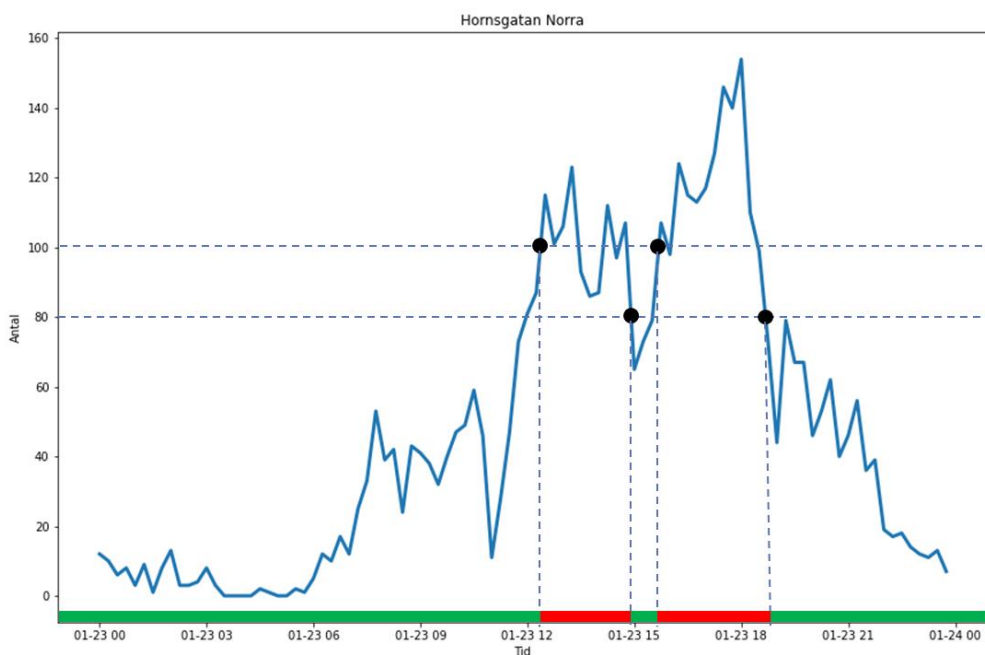


Figur 4 Placering av 3D-sensorer (blå och gul oval) för räkning av fotgängare i närheten av Hornsgatan 74. De infällda bilderna visar sensorena synfält och de mätsnitt som används för räkning av fotgängare. I projektet användes totala antal passerande.

OTUS3D-sensorerna använder två kameror för ett stereoskopiskt seende. Stereoseendet gör det möjligt att skapa en tredimensionell förståelse av scenen som bland annat möjliggör estimering av objektstorlek och hastighet. Sensorn är i sig förmögen att skilja mellan gående, cyklister, lätta och tunga fordon. I projektet användes dock endast funktionen för räkning av fotgängare. För att skydda trafikanter integritet görs all bildanalys i realtid i sensorerna och bilderna raderas permanent inom cirka 20 millisekunder. Endast anonymiserade data om antal, hastighet och typ av trafikant lämnar sensorerna.

När ett förutbestämt flöde, se exempel i Figur 5, av gångtrafikanter nådde en viss nivå så triggades en rekommendation till de fordon som ingick i testet med en lägre hastighet än den skyltade hastigheten. På Hornsgatan är det idag skyltat 30 km/h och inom demonstrationen rekommenderas en hastighet på 20 km/h vid högt antal gående i området. I demonstrationen ingick totalt sex uppkopplade Scania-lastbilar från de tre transportörerna: Havi, Dagab och Martin&Servera.

De uppkopplade lastbilarna hämtade information om det geofencade området från Technolutions datautbytesplattform, vilken använde sig av olika API:er för att koppla samman data. Även efterlevnad av hastighetsuppmaningen hos fordonen återrapporterades till staden via denna plattform. Se mer information under avsnitt 3.2 Systembeskrivning.



Figur 5 Grafen visar exempel på flöde av fotgängare vid Hornsgatan över ett dygn och ett enkelt exempel på hur styrningen av hastighet baserat på flöde kan göras. I det här fallet sänks hastigheten när flödet når 100 personer per 15 minuter (röd period) och höjs till skyltad hastighet när flödet underskrider 80 personer per 15 minuter (grön period). Notera att detta exempel endast är för att illustrera idén med styrningen. Den faktiska styrningen i projektet var mer detaljerad och tog hänsyn till fler aspekter.

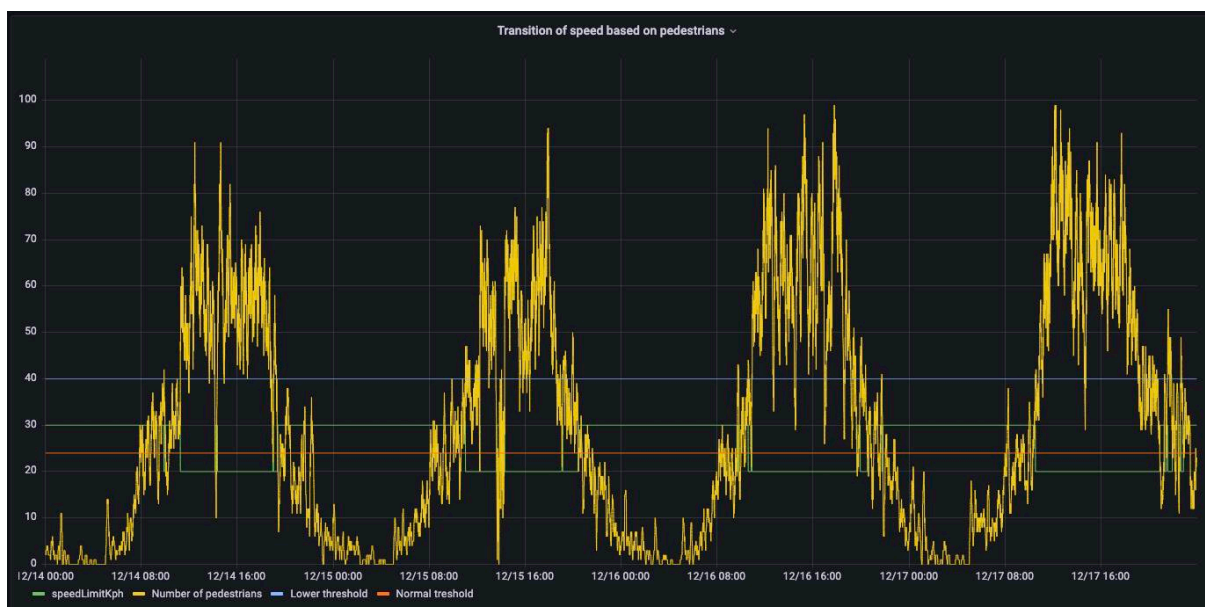
Val av tröskelvärden för anpassning av hastighet

Den initiala styrningen av den dynamiska hastighetsanpassningen var mycket enkel och illustreras i Figur 5. I praktiken innebar den enkla styrningen att omslagen mellan skyltad och reducerad hastighet blev alltför många och ibland mycket kortvariga. Det gjorde det svårt för lastbilarna och förarna att följa hastighetsgränserna. På grund av detta företogs en mer detaljerad analys, baserat på dataunderlag över längre tid avseende passerande fotgängare (för detaljer se Bilaga "Criteria For Recommending Low-High Speed"). Utifrån den analysen och feedback från primärt Scania, bestämdes att styrningen av hastighetszonen görs på följande sätt:

1. Samplingstid av gångflöde: 2 minuter (där antal passager under föregående 10 minuter räknas).
2. Tröskel för sänkning av hastighetsgräns: fotgängarflöde högre än 40 personer per 10 minuter
3. Tröskel för höjning tillbaka till skyltad hastighet: fotgängare flöde lägre än 25 personer per 10 minuter.
4. Minsta tid som en viss hastighetsgräns måste gälla: 30 minuter. När hastighetsgränsen väl har ändrats kommer den att gälla under minst denna tid även om gångflödet ändras över eller under tröskelvärdet.

5. Var tionde minut kontrolleras gångflödet mot uppsatta trösklar. Om gångflödet fortsatt är över eller under satt tröskelvärde → gällande hastighetsgräns fortsätter under ytterligare 30 minuter

På det sättet uppnåddes en rimlig balans mellan antal omslag och reaktion på förändrade gångflöden. Grafen i Figur 6 exemplifierar hur hastighetsstyrningen påverkas av konfigurationen som gjordes.



Figur 6 Hastighetsstyrningens påverkan av konfiguration för val av tröskelvärden

Kommunikationsinsats till medborgare

I demonstrationen ingick även en mindre kommunikationsinsats. Målgruppen var människor som rör sig i området och syftet var att informera om pågående testverksamhet. De sex testfordonen förseddes med skyltar med kort information om projektet, se Figur 7. Stockholms stad arbetade även fram budskap till de digitala vitriner som finns i anslutning till korsningen på Hornsgatan. Inom stadens grafiska profil togs ett kort budskap fram om pågående demo och en hänvisning till projektets hemsida för vidare information, se Figur 8. Meddelandet gick att läsa på stadens vitrin vecka 38 - 40, 2021.



Figur 7 Testfordon Hornsgatan



Figur 8 Information på digital vitrin till medborgare under vecka 38 – 40, 2021

3.1.2.2 Uppkopplad lastplats

Delmomentet uppkopplad lastplats av Innovationszon Hornsgatan syftade till att skapa bättre tillgänglighet till och optimera nyttjandet av lastplatser. Med sensorer från Viscando vill Stockholms stad samlades data in om nyttjande och beläggning av strategiskt placerade lastplatser. Syftet var att skapa förutsättning för prediktion av tillgänglighet av lastplats som kan delas med transportoperatörer. Eventuellt kan data om felparkering även delas med parkeringsövervakning. Målet var att öka tillgänglighet och tillförlitlighet för godstransporter samtidigt som störningar för andra trafikanter i form av exempelvis dubbelparkering och blockerade busshållplatser minimeras.

I dagsläget är stadens information om hur lastplatserna nyttjas bristfällig, och verktygen för att övervaka belägningsgraden är trubbiga. Målsättningen för demonstrationen var således att samla in så mycket data som möjligt med hjälp av Viscandos sensorer.

För staden är det intressant att förstå hur lastplatserna används för att veta om regleringen är rätt på plats. Information om hur och när parkering på lastplatserna sker, möjliggör även en mer effektiv övervakning genom att parkeringsvakterna kan skickas till rätt platser, till exempel om privatfordon parkerar på en lastplats. Transportörerna menar på att det är bra om förarna i förväg kan veta om det har plats för sitt fordon istället för att dubbelparkera.

Demonstrationen har tittat på nedanstående parametrar:

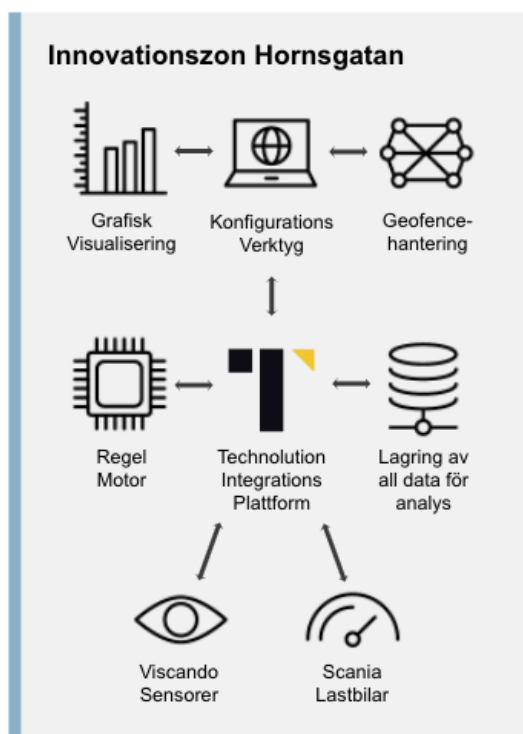
- Hur många fordon nyttjar lastplatsen per dygn
- Genomsnittlig parkeringstid
- Variationer över dygnet
- Fördelning på fordonstyper (tung lastbil, lätt lastbil, personbil)
- Förekommer lastning och lossning som det är tänkt eller enbart parkering?
- Vilken typ av gods/lastbärare?



Figur 9 Lastplatssensor monterad på Hornsgatan

Demonstrationen genomfördes på en lastplats på Hornsgatan 98 med sensor monterad på andra sidan gatan (Hornsgatan 77), se Figur 9. Sensorn är monterad med en batterilösning med belysningsel för laddning delar av dygnet. Demonstrationen inleddes med att under några månader samla in data och sedan ta diskussionen vidare kring hur övervakningen på platsen bör se ut. Technolution visualiserar data från sensorer i sin plattform där staden hade direkt tillgång och möjlighet att se över nyttjandet av lastplatsen.

3.2 Systembeskrivning



Figur 10 Systembild

Systemet är uppbyggt med en central integrationsplattform från Technolution som, med hjälp av integrationer med olika sensorer från Viscando och Scanias lastbilar, konsumerar data från både fotgängarflöden, beläggning av lastplatser samt positionsdata från lastbilarna. Dessa data kan via grafiska visualiseringsverktyg visas, i realtid och historiskt, på en karta och i olika grafer.

Systemet använder även data för fotgängarflödet för sina beräkningar i regelmotorn för att besluta om hastighetsbegränsningen i området ska sänkas eller inte. Sedan skickar systemet ut den aktuella hastighetsbegränsningen i området till de uppkopplade lastbilarna via en integration mot Scania.

Geofenceområdet samt de olika algoritmerna som gör beräkningarna kan enkelt administreras i de olika administrationsverktygen.

Scanias fordon är utrustade med mjukvaran Scania Zone vilken möjliggör att sätta vissa hastigheter i vissa områden. Det är ägaren av lastbilen som programmerar hastighet och område själva. Inom projektet har Scania tillsammans med transportörerna gemensamt hanterat de fordon som ingått i demonstrationen.

Det data som samlas in kan projektet följa live med hjälp av en Titta-inloggning till en modul som redovisar data i realtid med en grafisk illustration av fotgängardata och hastighetsomslag. Modulen kan även ge information om anonymiserade data på antal testfordon som befinner sig i zonen och vilken hastighet de kör i. Tanken är att det är en tvåvägskommunikation, där data skickas ut till lastbilarna och lastbilarna rapporterar tillbaka när man kör in i zonen. Då informerar fordonet om den håller rekommendationen eller bryter mot den. Fordonet rapporterar i realtid och informationen visas i portalen i realtid.

En översiktlig skiss av systemlösningen visas i Figur 11. För mer detaljerad information, se Bilaga "Systemspecifikation".

3.3 Analys och resultat av hastighetsanpassning

För att studera effekter på fordonen i zonen samt omgivande trafik analyserades dels data från fordonen (såväl före testperioden som under testperioden), dels hastighetsdata där hastigheten mätts hos all trafik som passerar Hornsgatan under en vecka i november 2021. Det geofencade området beskrivs i Figur 11, inom området har tre så kallade minizoner ritats in där medelhastigheten studerades separat.



Figur 11 Den geofencade zonen på Hornsgatan samt tre minizoner.

3.3.1 Övergripande jämförelser mellan före-period och testperiod

I följande analys definieras före-perioden som tiden mellan 6 juli – 13 september 2021 och testperioden som 17 september 2021 – 6 januari 2022. Det var fyra unika fordon som passerade zonen i före-perioden och sex i testperioden. Totalt var det 168 fordonspassager i före-perioden och 418 i testperioden. I före-perioden körde de fyra fordonen cirka 61 km i zonen med en medelhastighet på 20,4 km/tim medan de sex fordonen i efterperioden körde nästan 140 km med en medelhastighet i zonen på 18,1 km/tim. Här bör noteras att medelhastigheten är svårtolkad då den baseras på alla hastigheter som noterats hos fordonet i zonen (förutom då fordonet står still och systemet är avstängt) och innehåller därför även låga hastigheter på grund av retardationer vid trafikljus eller vid lastning och lossning, se Tabell 2.

Tabell 2 Jämförelse av före-perioden och testperioden.

	Föreperiod (6/7 - 13/9 2021)	Testperiod (17/9 2021– 6/1 2022)
Antal unika fordon	4	6
Antal fordonspassager i zonen	168	418
Total längd i zonen (m)	60 893	135 596
Medelhastighet i zonen (km/tim)	20,4	18,1

3.3.2 Resultat från testperioden

Det har tidigare beskrivits hur hastighetsgränserna sätts i zonen. I Tabell 3 visas vilka kombinationer av hastighetsgränser som förarna upplevt i zonen. Vanligast är att hastighetsgränsen inte ändras under zonpassagen utan att föraren endast har en hastighetsgräns att förhålla sig till under passagen av zonen, 20 km/tim vid höga fotgängarflöden och 30 km/tim annars. I 191 zonpassager har hastighetsgränsen varit 20 km/tim under hela passagen och i 212 zonpassager var hastighetsgränsen 30 km/tim (samma som för alla övriga trafikanter). I det fall där föraren upplevt två växlingar har tiden i zonen varit cirka 50 minuter - det vill säga passagen har inkluderat minst ett längre stopp.

Tabell 3 Hastighetsgränser i zonen vid respektive zonpassage.

Hastighetsgränser i zonen (km/tim)	Antal fordon
20	191
20, 30	7
20, 30, 20	1
30	212
30, 20	5
30, 20, 30	2
Totalt	418

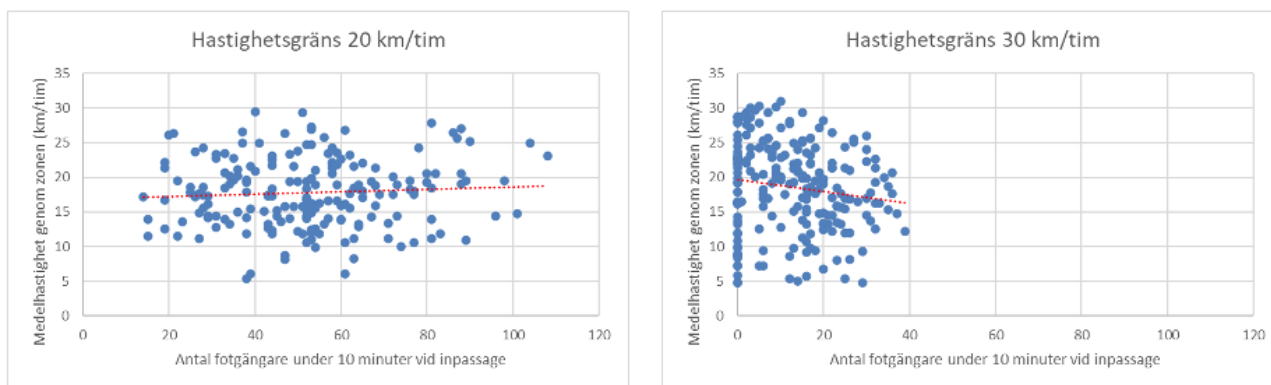
I Tabell 4 redovisas längd, tid och medelhastighet i zonen för de olika hastighetsgränserna, 20 km/tim och 30 km/h. Dessutom redovisas antal detekterade fotgängare under 10 min vid in- respektive utpassage i/ur zonen. De två olika hastighetsbetingelserna är relativt jämnt fördelade och det är ungefär lika lång sträcka och tid som representeras av 20 km/tim respektive 30 km/tim. Det är heller ingen större skillnad i medelhastighet mellan betingelserna - medelhastighet 17,8 km/tim vid hastighetsbegränsning 20 km/tim och medelhastighet 18,6 km/tim vid hastighetsbegränsning 30 km/tim. Vad gäller antal detekterade fotgängare vid in- och utpassage genom zonen är det i medel 52 vid hastighetsgräns 20 km/tim och 13 vid hastighetsgräns 30 km/tim. Vad gäller hastighetsöverträdelser så är det totalt 124 som noterats vid hastighetsbegränsning 20 km/tim varav 57 fall där föraren trampat igenom begränsningen. Vid hastighetsbegränsning 30 km/tim är det 44 hastighetsöverträdelser totalt sett varav 42 fall där föraren trampat igenom begränsningen.

Tabell 4 Längd, tid, medelhastighet samt antal fotgängare i medel vid in- respektive utpassage i/ur zonen för de olika hastighetsgränserna, 20 km/tim och 30 km/h.

	Hastighetsbegränsning 20 km/tim	Hastighetsbegränsning 30 km/tim
Total längd i zonen (m)	59 910 m	70 280 m
Andel tid i zonen vid respektive hastighetsgräns	47,6 %	52,4 %
Medelhastighet i zonen (km/tim)	17,8 km/tim	18,6 km/tim
Antal överträdelser vid respektive hastighetsgräns*	124 (varav 57 mitt i zonen)	44 (varav 42 mitt i zonen)
Medel antal fotgängare in i zonen (antal/10 min)	52	13
Medel antal fotgängare ut ur zonen (antal/10 min)	52	13

*Här inkluderas även hastighetsöverträdelser (20 km/tim) precis vid inträde i zonen

I Figur 12 redovisas medelhastighet i zonen och antal detekterade fotgängare vid inträde i zonen vid hastighetsbegränsning 20 respektive 30 km/tim. Det är ingen tydlig skillnad i medelhastighet beroende på olika fotgängarflöden.



Figur 12 Medelhastighet i zonen och antal detekterade fotgängare vid inträde i zonen. Hastighetsbegränsning 20 respektive 30 km/tim

Som nämnts ovan är medelhastigheten i hela zonen svårtolkad eftersom den baseras på alla hastigheter som noterats hos fordonet i zonen, även mycket låga hastigheter på grund av till exempel retardationer vid trafikljus eller vid lastning/lossning. Därför redovisas även medelhastigheter från tre minizoner (se Figur 11) som i mindre utsträckning påverkas av retardationer enligt ovan. I Tabell 5 visas antal passager och medelhastighet i de tre minizonerna. I zon 1 är medelhastigheten cirka 3 km/tim lägre vid hastighetsbegränsning 20 km/tim jämfört med hastighetsbegränsning 30 km/tim; i zon 2 drygt 2 km/tim lägre och i zon 3 drygt 3 km/tim lägre. Det kan dock noteras att under hela testperioden var det bara fem av fordonen som passerade zon 3.

Tabell 5 Antal passager och medelhastighet i de tre minizonerna enligt Figur 11. Totalt för alla passager samt för hastighetsbegränsning 20 respektive 30 km/tim.

Zon	Antal passager totalt	Antal passager vid hastighetsbegränsning 20 km/tim	Antal passager vid hastighetsbegränsning 30 km/tim
Zon 1	275	125	150
Zon 2	268	127	141
Zon 3	5	3	2

Zon	Medelhastighet (km/tim) alla passager	Medelhastighet (km/tim) vid hastighetsbegränsning 20 km/tim	Medelhastighet (km/tim) vid hastighetsbegränsning 30 km/tim
Zon 1	21,4	19,8	22,7
Zon 2	24,5	23,3	25,6
Zon 3	13,6	12,2	15,7

3.3.3 Generella hastighetsmätningar

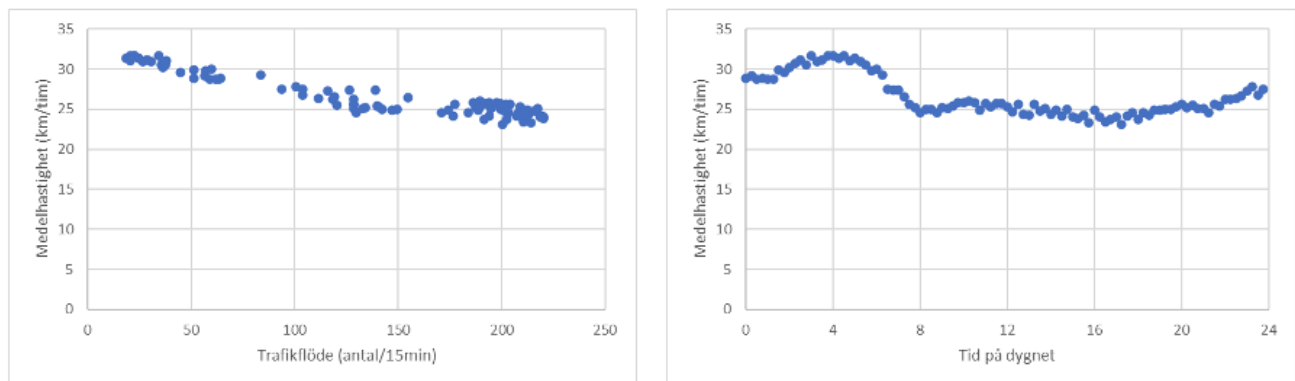
För att få en bild av hastigheten för alla fordon på Hornsgatan genomfördes mätningar med slangsensorer under 8–12 november 2021. Slangsensorerna ligger mitt i zon 1 enligt ovan. Data har levererats från Stockholms stad och medelhastigheter och P85 (85-percentilen) är redovisade på 15-minutersnivå under dygnet. Flöden och hastigheter redovisas i Tabell 5. Medelhastigheten totalt sett är 25,5 km/tim, något högre i riktning mot Torkel Knutssonsgatan, 26,5 km/tim och något lägre i riktning mot Timmermansgatan, 24,3 km/tim. P85 ligger på 32,1 km/tim sett till båda riktningarna, det vill säga 85 procent av fordonen kör under 32,1 km/tim. I genomsnitt är det 139 fordon som passerar under 15 minuter och trafikflödet är i princip lika stort i båda riktningarna. En jämförelse av medel-

hastigheten hos alla passerande fordon med de sex test-fordonens medelhastighet i zon 1 visar att medelhastigheten är betydligt lägre för testfordonen.

Tabell 5. Flöden, medelhastigheter och P85, resultat från slangmätningar på Hornsgatan

	Alla fordon	Riktning Torkel Knutssongsgatan	Riktning Timmermansgatan
Medelflöde 15 min	139	70	68
Medelhastighet (km/tim)	25,5	26,5	24,3
P85 (km/tim)	32,1	32,4	31,4

Figur 13 redovisar hur medelhastigheten varierar med antal fordon och hur medelhastigheten varierar över dygnet. Samtliga mått är medelvärden under 15 minuter. Medelhastigheten avtar med ökande flöde och är som högst på tidiga morgontimmar. Trafikflödet är lågt innan klockan 6 på morgonen för att sedan öka och vara relativt konstant på cirka 200 fordon/15 minuter fram till klockan 18 då trafikflödet sjunker igen.



Figur 13 Medelhastighet mot trafikflöde respektive tid på dygnet. Medelvärden under 15 minuter.

3.3.4 Intervjuer med förare och arbetsledare

Under slutet av mars och början av april 2022 genomfördes sex telefonintervjuer med enskilda förare och arbets-/transportledare vid de företag som ingår i försöket. Syftet med intervjuerna var främst att fånga förarnas upplevelser av och synpunkter på systemet.

Förarna körde inte så ofta i den begränsade zonen. Det varierade från någon gång om dagen till någon gång i veckan. På grund av ruttplaneringssystem har det inte gått att styra rutterna till den aktuella sträckan. Förarna som intervjuades var över lag positivt inställda till systemet. En förare sa spontant i början av intervjun att det är trevligt att de gör projektet i samarbete med andra företag och bra att de satsar på miljö och trafiksäkerhet och hjälpmedel i fordonen. En person menade att alla fordon borde ha systemet installerat, andra tyckte att det borde installeras på en längre sträcka och på fler högt trafikerade gator.

Fördel för förare:

- man behöver inte göra något själv
- en bra påminnelse om att hålla hastigheten 30 km/h
- kan ha koncentrationen på annat än hastighetsmätaren
- kortare bromssträcka/lägre olycksrisk.

Fördel för företagen:

- färre olyckor

- lägre bränsleförbrukning
- mindre fordonsslitage
- information om fortkörning kommer till företaget som kan åtgärda
- förarna tar med sig beteendet utanför zonen och börjar reflektera över sin hastighet. De har i huvudet redan förlängt zonen.

Vissa förare hade från början irriterat sig på att systemet ingrep och att det inte gick att gasa. En förare uttryckte följande känsla: "I början var det störande för mig som gammal räv. Ingen ska komma och säga hur jag ska köra. Sen vänjer man sig och tycker att det är bra.". Arbetsledningen såg också denna effekt och om det var så att någon försökte kringgå systemet kontaktades personen för samtal med arbetsledaren.

En förare var inte medveten om systemet, flera andra tyckte att det var tydligt när systemet aktiverades genom att det stod på en display som var bra placerad. Någon nämnde också en symbol som markerade att systemet var i gång. Dessutom sa flera förare att det känns i gaspedalen när systemet aktiveras genom att den inte reagerade. Några visste att det gick att trampa gasen i botten för att stänga av systemet, men inte alla. En förare sa att bilen reagerade kraftigt i början om man körde fortare än 30 km/h, men de senaste veckorna hade den inte reagerat alls.

Rent tekniskt fungerade systemet i stort sett bra, förutom en bil som inledningsvis hade problem med systemet på grund av ett hårdvarufel. Detta åtgärdades efter 1,5 månad. För att systemet ska fungera måste man enligt en förare aktivera en app och nu var den inte aktiverad i alla fordon som hade systemet.

Förarna pratade om att hastigheten begränsades till 30 km/h av systemet. Ingen av dem verkade ha märkt någon begränsning till 20 km/h. Någon sa att den skyltade hastigheten på sträckan var 30 km/h, andra trodde att det var 40 km/h eller 50 km/h som gällde.

En positiv bieffekt som framkom i ett av samtalen var att genom att tunga fordon körde saktare minskade vinddraget när de passerade, vilket sågs som en fördel för cyklister. Annat som lyftes var att förare kunde bli utskälda av cyklister förut men nu får cyklisterna större utrymme som de utnyttjar och då blir det inte samma konfrontationer.

Nackdelar för förare:

- ledningen får information om fortkörning
- irriterande att displayen blinkar
- irriterande innan man vant sig att systemet ingriper
- 30 km/h känns omotiverat tidigt på morgonen
- fordonet kan bli ett hinder för blåljusuttryckning
- taxiförare kan bli irriterade för de vill komma fram fortare
- En nackdel för företagen är att området är för litet för att effekten ska kunna mätas

Förslag till utveckling:

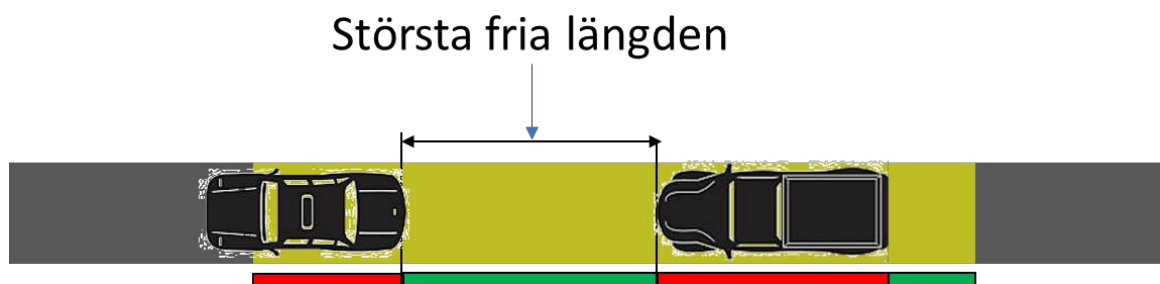
- bättre information till medtrafikanter
- tillämpa i 40-zoner
- tillämpa vid skolor
- tillämpa på fler högtrafikerade gator
- förläng zonen

3.4 Analys och resultat uppkopplad leveransplats

Utifrån projektets förutsättning och i dialog mellan Stockholms stad och Viscando bestämdes det att sensorns initiala funktion att innehålla:

- *Procentuell beläggning*: den delen av lastzonen som upptas av parkerade fordon. Notera att plats mellan parkerade fordon inte anses vara belagd. Den valda lastzonen är ca 15,5 meter lång. Det innebär att om fordon totalt upptar 5 meter är beläggningen 32%
- *Största fria längden*: längden på den största sammanhängande fria ytan som är tillgänglig för tillkommande fordon.

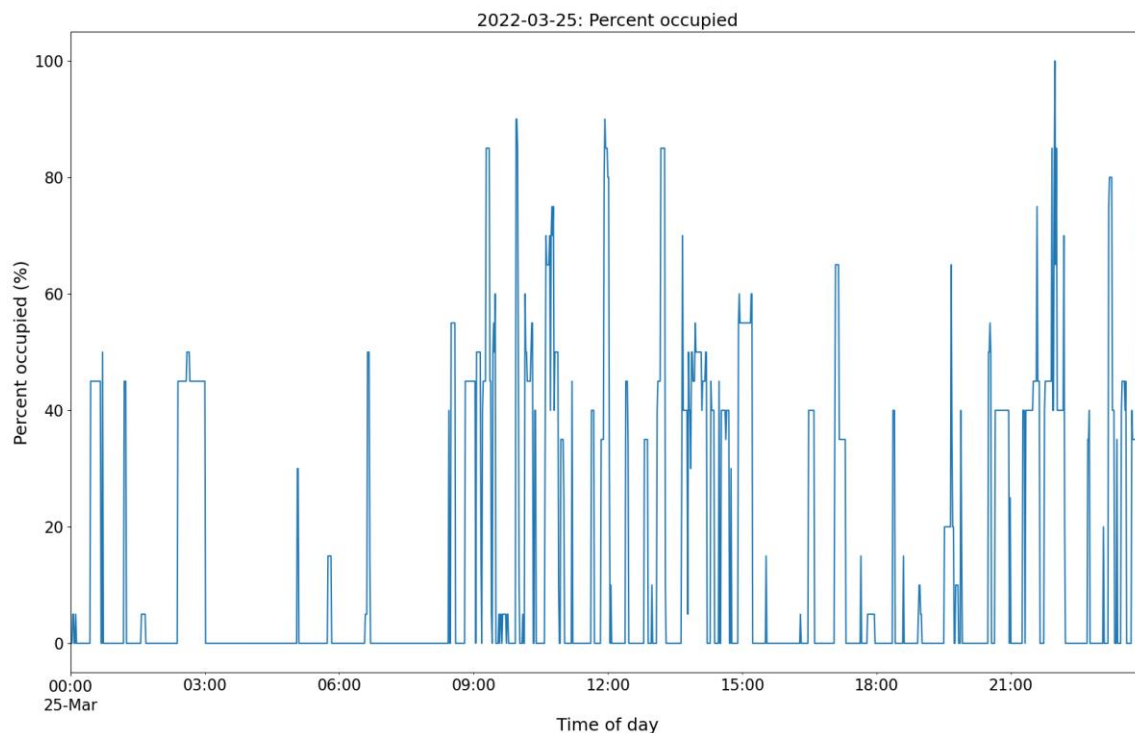
I praktiken visar det sig att det inte är ovanligt att fordon parkerar d.v.s. inom och delvis utanför den markerade zonen. Bilden nedan illustrerar ovanstående två mått i en situation där ett fordon bara delvist är parkerad inom lastzonen.



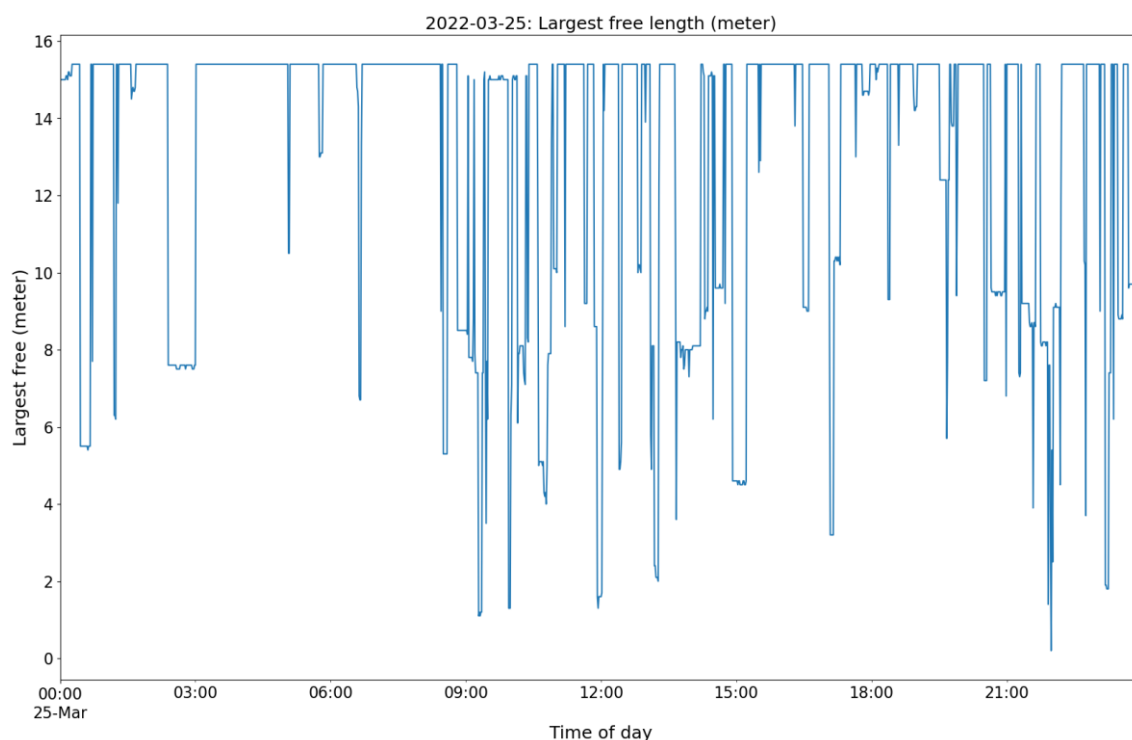
Figur 14. Lastzon (gult) med två parkerade fordon, varav ett står delvist utanför lastzonen. Figuren illustrerar belagdlängd (rött) och fri längd (grönt). Procentuell beläggning = (belagd längd)/(zonens totala längd).

Data från lastzonssensor

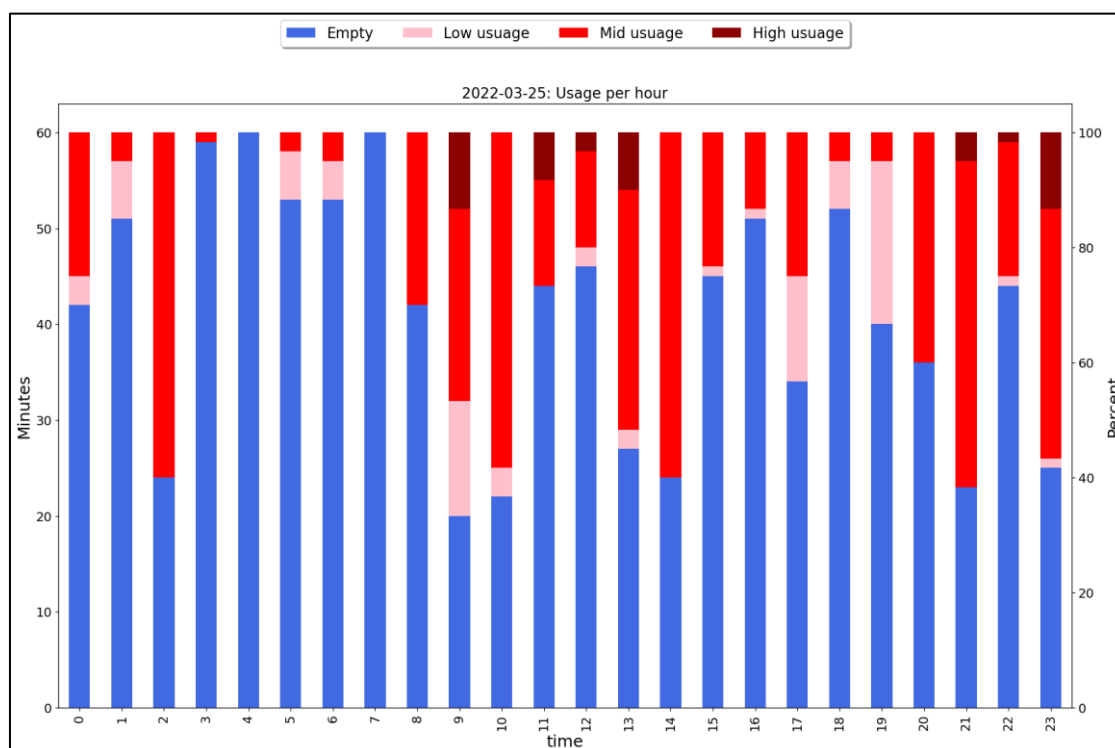
De ovanstående måtten mäts kontinuerligt av sensorn med skickas till Technolutions molntjänst bara när en förändring upptäcks. Uppdateringen är i dagsläget därför situationsberoende, t.ex. kan det bli många uppdateringar när ett fordon kör fram och tillbaka medan det fickparkerar medan det på natten kan bli relativt få uppdateringar. Figuren nedan är rådata från sensorn 2022-03-25.



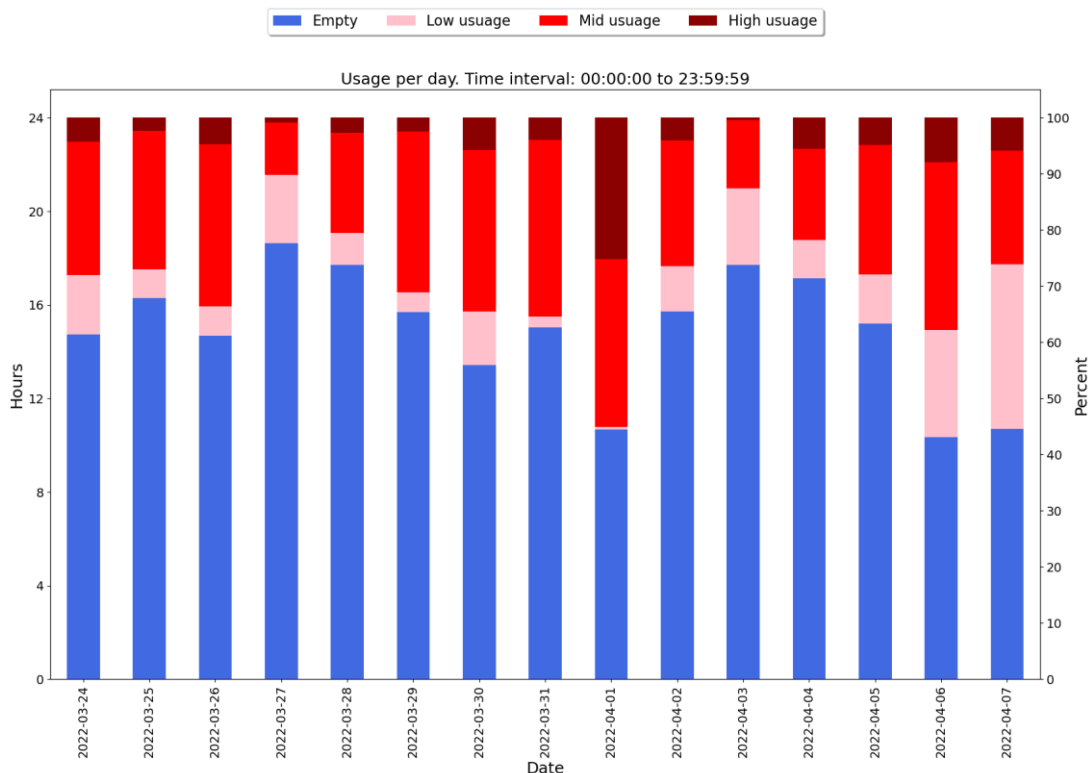
Figur 15. Grafen visar loggade rådata för procentuell beläggning av lastzonen 2022-03-25. Här syns att de flesta parkerar relativt korta stunder vid lastzonen och platsen är ofta tom.



Figur 16. Grafen visar den största fria längden vid lastplatsen 2022-03-25. Till en viss grad är den längsta fria längden en spegelbild av den procentuella beläggningen. När beläggningen är hög, tenderar den längsta fria längden att vara liten och omvänt.



Figur 17. Grafen ovan är ett försök att sammanfatta lastzonens användning per timme (avser här 2022-03-25). De olika nivåerna på beläggningsgraden är här definierat enligt: Tom: 0%, Låg: upptill 20%, Mellan: mer än 20%, mindre än 80%, Hög: mer än 80% beläggning. Resultatet anges dels som antal minuter per timme (vänster skala) och procent av timmen (höger skala). Vi ser att den här dagen har lastzonen stått helt tom minst 20 minuter per dag. Riktigt hög beläggning har det bara varit under ett fåtal timmar och då bara under mindre än 10 minuter.



Figur 18. Sammanställning per dag över en längre tidsperiod. Vi ser att lastzonen är tom en stor del av dygnet men det finns också stunder med hög beläggning, även om det oftast är under relativt korta tider. Endast den 4/1 har lastzonen varit högt belagd under flera timmar under dygnet.

3.5 Regelverk och legala frågor

En viktig del i projektet är att utforska möjligheterna till uppskalning och hur resultaten från Innovationszon Hornsgatan kan tas vidare. Än så länge finns inte ett regelverk på plats som uttalat stöder geofencing i till exempel trafikförordningen, men det finns heller inte något regelverk som förbjuder geofencing. Frågan i projektet har därför varit – vad kan en kommun göra här och nu för att ta nästa steg med geofencing. Såvitt känt är Stockholm den enda kommunen i Sverige där den politiska ledningen tydligt uttryckt en önskan om att kommunen på olika sätt ska arbeta med implementering av geofencing och avsatt resurser i budgeten för att göra detta arbete. Det alternativ som ligger närmast till hands för en kommun, att arbeta med geofencing i ett tidigt skede, är att arbeta med offentlig upphandling.

Offentlig upphandling innebär att en upphandlande myndighet köper, hyr eller på annat sätt anskaffar varor eller tjänster. Årligen motsvarar värdet på inköpen ungefär 20 % av Sveriges BNP. Offentlig upphandling kan fungera som ett verktyg för att skapa innovation. Framför allt så kallad konkurrenspräglad dialog eller innovationspartnerskap är två olika alternativ för att arbeta med offentlig upphandling och innovationer. Genom att använda något av dessa alternativ kan en kommun tillsammans med marknadsaktörer utforska hur en offentlig upphandling av geofencilösningar kan gå till. Genom att engagera sig i en offentlig upphandling av olika geofencilösningar kan en kommun också styra utvecklingen i önskvärd riktning genom att engagera sig som kund och bidra till teknikutvecklingen genom att erbjuda finansiering, helt enkelt skapa en marknad för olika geofencilösningar.

Under genomförandet av en offentlig upphandling behöver kommunen fundera på en rad frågor. Geofencing är en teknik som kan användas i många olika sammanhang. Vilka aspekter av geofencing är intressant för en kommun att upphandla? Hur ser kostnaden för geofencing ut ställt mot nyttan av det? Är geofencing ett verktyg för att uppnå bättre klimat/miljö, socialt ansvar (arbetsmiljö och förarbeteende) eller ökad trafiksäkerhet? Geofencing kan också ses som en slags försäkring som det allmänna är beredd att betala för att komma till rätta med olämpligt beteende i

trafiken (även om de flesta förare är skötsamma) och minska kostnaden för till exempel övervakningsåtgärder. Allmän användning av geofencing kan också leda till färre trafikolyckor och därmed minskade kostnader för samhället i stort.

Mer konkret behöver en kommun göra en genomarbetad behovs- och marknadsanalys så att potentiella anbudsgivare är informerade om vad som krävs och vad som förväntas av dem. För att komma dit behöver kommunen börja med en inköbspolicy som pekar i en viss riktning. Vilka effekter vill man uppnå genom att använda geofencing? Hur ser behovet ut? Marknadsanalysen är också viktig att genomföra. Hur många leverantörer är intresserade och kan erbjuda geofencing för det ändamål som efterfrågas och på vilken nivå (engagemang)? Om marknaden inte kan erbjuda geofencing på det sätt som kommunen önskar är det meningslöst att genomföra en offentlig upphandling.

En utmaning med geofencing är att det saknas tekniska standarder och därmed EU-harmonisering av regler för geofencing, vilket i sin tur medför att det blir svårare att genomföra en offentlig upphandling. Hur ska till exempel geofencing beskrivas utifrån funktion och tekniska specifikationer i upphandlingsunderlaget? Hur ska provning och kontroll gå till för uppföljning av avtalet? Detta är exempel på bitar som behöver finnas på plats för att uppnå ökad acceptans och användning av geofencing genom upphandling. Konkurrenspräglad dialog eller innovationspartnerskap är två olika sätt att genomföra offentlig upphandling på som tillåter att parterna tillsammans tar fram svar på olika frågor under en period. I förlängningen kan olika kommuner testa olika geofencinglösningar och sedan dela med sig av lärdomarna i olika nätverk.

Det finns fem grundläggande principer för offentlig upphandling, som måste uppfyllas och som har sin grund i ett EU-direktiv. Under konkurrenspräglad dialog eller innovationspartnerskap behöver dessa fem principer också utforskas i relation till geofencing.

- **Likabehandling.** Alla leverantörer, som är del av en upphandling ska behandlas likvärdigt och ges lika förutsättningar. Detta innebär till exempel att en kommun inte får ställa så specifika krav på en geofencinglösning att det i praktiken innebär att det endast finns en leverantör som kan lämna bud.
- **Icke-diskriminerande.** Kraven i en upphandling måste ställas så att alla leverantörer kan uppfylla dessa oavsett nationalitet. En kommun kan alltså inte ensidigt gynna svenska geofencinglösningar utan behöver vara öppen för lösningar från hela EU.
- **Transparens/öppenhetsprincipen.** Denna princip klargör att till exempel upphandlingsunderlaget ska vara klart och tydligt och ge information om hur upphandlingen ska genomföras så att leverantörer kan få en uppfattning om kontraktets grunder. Här finns en tydlig utmaning för geofencingteniken eftersom den ännu inte är standardiserad. Fokus behöver därför ligga mer på funktion än tekniska specifikationer.
- **Proportionalitet.** De krav som ställs i upphandlingen ska vara rimliga, lämpliga och nödvändiga i relation till syftet med upphandlingen samt vara möjliga att kontrollera. Proportionalitetsprincipen kan vara den princip som blir mest utmanande att arbeta med i en offentlig upphandling. I demonstrationen Innovationszon Hornsgatan är det transporter av varor som varit geofencade. En kommun behöver till exempel kunna svara på varför det är proportionerligt vid köp av morötter att transporten av dessa är geofencade.
- **Ömsesidigt erkännande,** vilket innebär att intyg och certifikat ska gälla i samtliga EU- och EES-länder.

En annan utmaning för en kommun är att arbeta med leveransvillkor i den offentliga upphandlingen. Leveransvillkor finns till för att minska risken för missförstånd och göra det tydligt vem som ansvarar för vad. Ett vanligt leveransvillkor är "fritt levererat", vilket innebär att säljaren ska ordna med transport till köparen. Med sådana leveransvillkor kan kommunen, som köpare, inte ställa krav på geofencade transporter eftersom transporten ligger under säljarens ansvar.

För att renodla en upphandling av transportlösningar som är geofencade och skilja vara från transport hade det varit intressant att arbeta vidare med samordnad varudistribution. Ett antal kommuner i Sverige arbetar med samordnad varudistribution. Det finns olika sätt att genomföra samordnad varudistribution på, men ett sätt är att först upphandla varor inklusive transport till en distributionscentral. Sedan gör kommunen en ny upphandling som avser skötseln av samordningscentralen och utkörningen av varorna de sista kilometrarna till kommunens olika enheter. Det är det sista ledet som hade varit intressant att genomföra en upphandling av geofencade transportlösningar eftersom det är en renodlad upphandling av transporter. Proportionalitetsprincipen kan vara en utmaning vid offentlig upphandling eftersom fokus ska ligga på vad det är kommunen i första hand köper. Eftersom upphandlingen avser en transporttjänst är det relevant att ställa krav på geofencing.

3.6 Utvärdering och erfarenheter

Demonstrationen Innovationszon Hornsgatan syftade huvudsakligen till att utveckla och testa hur utbyte av data mellan väghållare, smarta sensorer och uppkopplade fordon i smarta zoner kan bidra till ett bättre samspel mellan olika trafikanter.

Den valda lösningen på Hornsgatan visade på ett integrerat system som fungerade och som, på ett adekvat sätt, redovisade resultaten till berörda aktörer och staden. Detta innebär att staden kontinuerligt kunde observera och följa de hastighetsomslag som gjordes, i relation till antalet gående i området. I övrigt har demonstrationen i hög grad levererat utifrån den initiala målsättningen.

Med det system som utvecklats i demonstrationen har det funnits stora möjligheter att dynamiskt ändra formen på zonen, hastigheten, och när på dygnet systemet skall vara aktivt. Detta innebär att lösningen kunde optimeras och effektiviseras allteftersom demonstrationen fortlöpte. Aktiv kommunikation mellan projektdeltagare och uppföljning gjorde det möjligt att tidigt i demonstrationen påvisat goda resultat, där integrationen fungerar fullt ut.

Andra faktorer som har varit påverkande på resultatet har delvis varit fasta förutsättningar, exempelvis platsens fysiska utformning. Dessa blir särskilt viktiga att väga in vid ett beslut om tillämpning av geofence. Trafikljuset i zonen mittpunkt, vilket också fungerar som en reglering av hastighet vid stop/start på nästa alla fordon, både i plats och i tid, har också utgjort en sådan fast förutsättning.

Det geofenceade området för demonstrationen var grovt uppskattat vilket innebär att det kunde bli en sträcka där fordonet inte hann sakta ned till angiven hastighet. I kombination med trafikljuset hade en ytterligare en optimering således varit att öka zonen storlek för att få ett bättre resultat på hastighetsomslagen för fordonen i zonen. Målet för demonstrationen var dock inte att uppnå 20 km/h genom hela zonen utan att skapa en hastighetsanpassning av tunga fordon i förhållande till antalet oskyddade trafikanter i området. En generell sänkning av medelhastigheten på 5-10 km/h genom hela zonen, snarare än endast på en specifik plats, kan således tolkas som ett gott resultat.

Utmaningen i ett geofencat system är att det är mer komplext än ett traditionellt farthinder, således bör problemområden analyseras och åtgärden anpassas efter problembilden. När ett dynamiskt geofencingsystem används som också inkluderar sensorer är det inledningsvis viktigt att avgöra var respektive sensor ska placeras med hänsyn till flöden av oskyddade trafikanter, och var lastbilarnas rutter går. Placeringen behöver sedan stämmas av med transportörerna. I demonstrationen på Hornsgatan fanns befintliga sensorer som täcker trottoarerna på båda sidor om gatan i korsningens östra del. Sensorn som täcker det nordöstra hörnet är placerad på en hög stolpe och skulle kunna mäta både fotgängare och cyklister. Den sensor som täcker det sydöstra hörnet är däremot placerat på en lägre höjd och medger endast mätning av fotgängarflödet.

I en uppskalning av ett system där sensorer inkluderas identifierades ett behov om resonemang kring policyutveckling från stadens sida som kan ligga till grund för när låghastighetszonen ska triggas. Under förutsättningen att gång- och cykelflödet bara är en indikator på en komplexitet i trafikmiljön så beror komplexiteten på ett flertal parametrar som gatubredd, övergångställ, signaler, gångbanebredd, placering av cykel, gång- och cykelflöde i relation till motorfordonsflöde med mera. På vissa platser kan det därmed vara mer relevant att titta på densiteten av oskyddade trafikanter på

en gångbana, istället för att räkna antal. Lösningen blir således mer anpassningsbar till olika platser där exempelvis gångbanelängden kan variera. Vidare kan även studeras om olika värden bör appliceras för helg respektive vardag.

4 Demo: Dispensgivna byggtransporter

4.1 Beskrivning av demonstration

4.1.1 Bakgrund och syfte

Stockholms stad växer hela tiden, vilket innebär många och stora byggprojekt. Inte sällan är dessa byggprojekt belägna inne i stadens kärna vilket innebär en hel del restriktioner gällande transporterna till och från byggprojekten. En av dessa restriktioner är bärighetsklass. Allmänna vägar delas in i fyra bärighetsklasser (BK) som är den klassificering som används för att gradera vägars bärighet, det vill säga hur tunga fordon som vägar får belastas med. Bestämmelserna behövs för att skydda vägar från förtida nedslitning, störande vibrationer eller för att förhindra olyckor. Ett fordon's högsta tillåtna bruttovikt bestäms av fordonets axelavstånd och axeltryck³. BK2 motsvarar maximalt 51,4 tons bruttovikt och är den begränsning som gäller på Södermalm. BK1 motsvarar maximalt 64 tons bruttovikt.⁴

Denna demonstration påbörjades då Betongindustri och M Logistics tittade på ett antal stora projekt som planerades att genomföras och där volymen av betong som skulle gjutas var väldigt stor. Stor volym av betong innebär att det är många transporter som ska genomföras från och till samma punkt i ett relativt högt tempo. Då en större gjutning ska genomföras är man beroende av att flödet av blötbetong är konstant under gjutningen för att resultatet av gjutningen ska bli av högsta kvalitet och hållbarhet. Då betong är ett av de mest använda byggmaterialen så ställs stora krav på gjutningarna och det är ofta en fråga om säkerhet att resultatet blir enligt planerna. Vid genomgången av byggprojekten så beräknades att avsevärda effektivitetsvinster samt kostnadsbesparingar kunde uppnås om det gick att fylla mer betong i varje leverans genom att tillåta att fordonen kör med BK1-vikt.

Syftet med demonstrationen var att testa möjligheten att höja totalvikten genom att sänka hastigheten för att minska påverkan på stadens gator. Sänkningen av hastigheten åstadkoms genom att styrningen av fordonet geofencades samt att detta registrerades och styrdes från fordonssystemet. För att möjliggöra detta krävdes en försöksdispens som utfärdades av Stockholms stad, vilken var tvungen att medfölja fordonet. Inom ramen för projektet beslutades att även undersöka och testa möjligheterna att utfärda digitala dispenser.

Målen för demonstration Dispensgivna byggtransporter var följande:

1. Skapa scenario- och funktionsbeskrivning av utfärdande av digital dispens till tung masstransport med villkorande av hastighet samt återkoppling till väghållarens plattform för säkerställande av villkorsefterlevnad.
2. Demonstration som testar funktionaliteten av lösningen beskriven i punkt 1
3. Leverans av data för effektberäkningar samt underlag för uppdatering av befintligt dispensutförande.

³ Transportstyrelsen. *Lasta lagligt*. Artikelnummer TS201616, 2018

⁴ Trafikverket. Bärighetsklasser (BK) på vägar och broar. *Trafikverket*. 2022.

4.1.2 Genomförande

4.1.2.1 Tekniskt test med geofencad zon



Figur 19 Betonglastbilen som var med i testet

Demonstrationen utfördes med en betonglastbil (se Figur 19 **Fel! Hittar inte referenskälla.**) under våren 2022 och ett mindre tekniktest gjordes våren 2021.

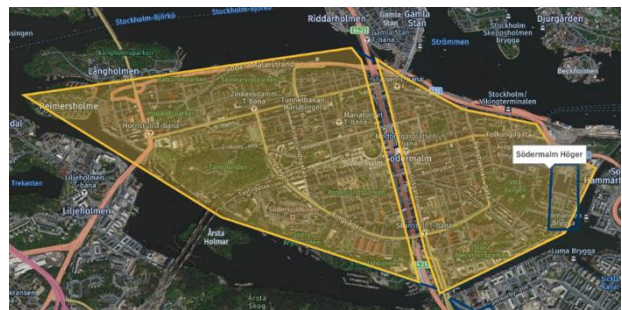
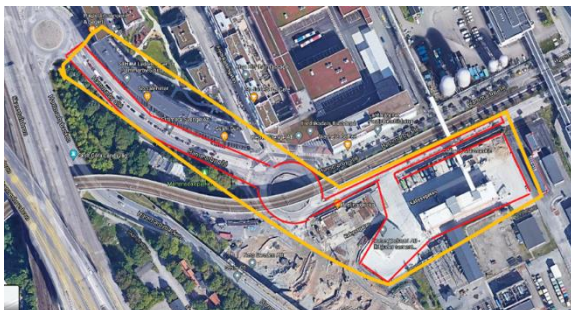
Ett dispensområde sattes efter genomgång med staden och grundades på arbetsplatser som planerades behöva stora mängder betong till hela Södermalm med vissa färdvägar och vissa platser som ej fick beträdas med den höjda vikten.

Stockholms stad utfärdade färddispensen för betongbilen utefter förutsättningar för gällande dispensgivning med hänsyn till bärighet, vibrationer och andra olägenheter. Under testperioden ges Betongindustri möjligheten att lasta fordonet med last enligt BK1-föreskriften och köra det hela vägen fram till lossningsplatsen. I dispensen anges att fordonet måste hålla en låg hastighet och vara utrustad med varning som signalerar att den är ett långsamtgående fordon.

Hastigheten vid restriktionssänkning sattes till 15km/h. Sänkningen av hastigheten sker genom att möjligheten att gasa med fordonet stryps. Fordonet kommer då att sakta ner till 15km/h och då har chauffören möjligheten att tillföra kraft igen. Ingen aktiv inbromsning sker av fordonet vilket skulle kräva att fler system i fordonet integrerades.

Efter att området för demonstrationen valts ut så startade arbetet med att skapa samma område i Scantias interface via deras system C300. Som ytterligare parameter sattes att fordonet ska hämta totalvikten från sitt interna luftfjädringssystem för att kunna känna av om restriktionen för hastighets-sänkning skall gälla eller inte.

För att testa systemen innan testet gick live så skapades en mindre zon kring Betongindustris anläggning i Hammarby, se Figur 20. På detta sätt kunde projektet testa i och urkoppling av restriktionen samt att signalen till varningsljus fungerade. I och med detta test kunde chaufförerna vänja sig vid budskapen i displayen samt hur fordonet reagerade vid i och urkoppling. Efter detta test så skapades den "stora" zonen över hela Södermalm om var den dispensgivna zonen med exkludering av vissa specifika platser som framgår av Bilaga "Transportdispens".



Figur 20 den första testzonen samt den slutgiltiga demonstrationszonen för testet

Betongbilar lastar generellt på betongfabriken och kör sedan till sin lossningsplats där hela lasten lossas. Då skall restriktionen för hastighetssänkning gälla på vägen till lossningsplatsen men inte på vägen därifrån. Detta var också något som chaufförerna tryckte på som en viktig funktionalitet. Fordonets luftfjädring skapar hela tiden en totalvikt som restriktionssystemet ska aktiveras respektive

avaktiveras från, så när lasten lossas sjunker vikten och restriktionen för sänkt hastigheter blir med det ogiltig och systemet inaktiveras. I och med det så släcks även blytljus som varnat omgivningen för långsamgående fordon, föraren får upp ett budskap i sin display samt att spärren i fordonet släpps så att chauffören själv reglerar sin hastighet.

Chaufförerna påpekade även att de måste ha en möjlighet att få kraft till fordonet inom zonen i en nödsituation. Detta kunde åstadkommas genom att "kick-down" funktionen aktiverades så att chauffören trycker ner gasen till fullt läge och då överstyrs systemet för hastighetssänkning och chauffören kan själv styra hastigheten. En viktig sak är dock att sådana aktiviteter triggas en markering i rapportsystemet så att det loggas och inte utnyttjas vid fel tillfällen.

4.1.2.2 Vibrationsmätning

Inom ramen för projektet så var en vibrationsmätning planerad genomföras för att kunna påvisa effekten av den höjda totalvikten. Mätningen beskrevs som en enkel metod att analysera vad det skulle innebära för gatan/vägen om totalvikten höjdes till BK1 vikt på en annars BK2 väg.

Det som från början var en enkel mätning utvecklades till en komplett komfortmätning enligt Stockholms stads standard. Mätningen skulle genomföras med rätt markförhållanden i form av rätt mix av lera, grus och berg för att kunna vara representativ för Stockholm. Komfortmätningen ska genomföras i flera höjdnivåer från gatunivå till fastighet och på en högre våning i fastigheten. Projektets mätning genomfördes på Tengdalsgatan efter genomgång av markförhållandena på platsen, se Figur 21. Dock så försvårades mätningen av pandemin då projektets parter inte kunde få tillgång till lokaler på den aktuella adressen på grund av smittorisken. Mätningen kunde först genomföras precis i slutet av demonstrationen vilket orsakade att dispensen var tvungen att förnyas.

Totalt gjordes mätningar på tre vanliga passager och en passage över en skarv i vägbanan. Vardera av dessa fyra passager utfördes för fyra olika scenarion:

- 5 kubik cement i 15 km/h
- 5 kubik cement i 30 km/h
- 6 kubik cement i 15 km/h
- 6 kubik cement i 30 km/h

Sammanlagt utfördes 16 passager.

Under mätningen på plats så adderades en så kallad skarvmätning vilket passade in i den aktuella mätningen, se Figur 22. Mätmetoden var enligt: Svensk Standard SS 460 48 61. "Vibration och stöt - Mätning och riktvärden för bedömning av komfort i byggnader", protokoll från mätningen är Bilaga "Vibrationsmätning".



Figur 21 visar Tengdalsgatan 32 i Stockholm samt var i huset mätningen utfördes



Figur 22 översiktsbild och lastbilens körriktning, samt riktningen på den aktuella platsen.

Vertikalled (V-led) Vertikala vibrationer. Lateralled (L-led) Horisontella vibrationer i vägens längsriktning. Transversalled (T-led) Horisontella vibrationer tvärs vägen.

4.1.2.3 Utvärdering av aktiva dispenser

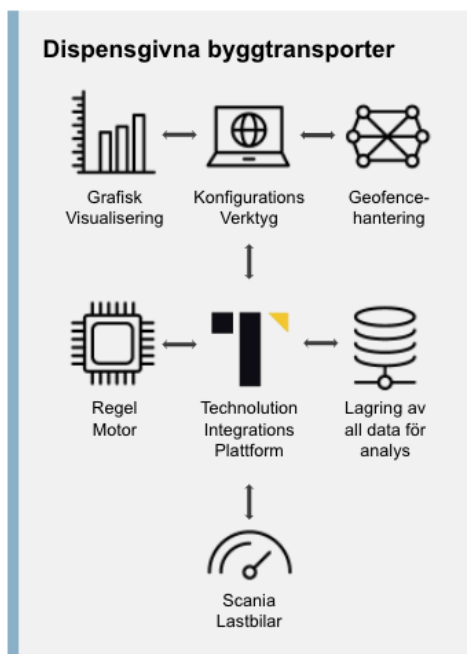
Initialt var ambitionen i projektet att testa aktiva dispenser genom att koppla samman dispensgivningssystemet hos väghållaren (Stockholm stad) och fordonet. Dagens system bygger på att chauffören måste visa upp sitt dispensbeslut antingen i pappersformat eller i en digital version i

fordonet samt att Polisen som är den övervakande myndigheten inte får automatiskt vetskap om en dispenstransport. Detta medför stora svårigheter att övervaka dispenstransporter för Polisen då de inte kan kontrollera om dispens finns för ett fordon utan att stoppa fordonet. Om Polisen skulle ges tillgång till väghållarens data för dispenser så borde tillsynen kunna effektiviseras.

En lösning med aktiva dispenser visade sig dock komplicerat och att systemet hos staden inte var moget för en sådan integration. I projektet diskuterades det i alla fall kring möjligheterna för detta och när det gäller digitala dispenser så är det inte bara viktigt att denna kan spridas till de parter som behöver den utan också att den kan ansökas och verkställas på ett bra sätt. Ett antal punkter måste fungera digitalt för att detta skall fungera:

- Ansökan bör fyllas i och skickas in digitalt. Ansökningstjänsten är kopplad till fordonsregistret för kontroll av till exempel Euroklass eller att fordonet är anpassat för geofencing ska kunna göras vid ansökningstillfället.
- Den ansökande parten måste systemmässigt kunna visa att till exempel begränsning av hastighet gjorts i fordonsystemet inom en viss geografisk zon.
- Den godkännande myndigheten måste kunna verifiera ifylld information och fordonsystemet måste vara certifierat för att delge information innan godkännandet.
- Vid ett godkännande måste fordonsystemet kunna ta emot godkännandet och justera de parametrar som dispensen inbegriper. Detta bör även vara en styrning över tid så att en tidsbegränsad dispens kan regleras utan inverkan.
- Godkännande från flera instanser bör vara möjligt för att hela dispensen skall kunna godkännas.
- Efter godkännande måste dispensen vara sökbar för tillsynsmyndigheten över alla dygnets timmar.

4.2 Systembeskrivning



Figur 23 Systembild

Systemet är uppbyggt med en central integrationsplattform från Technolution som, med hjälp av integrationer med Scantias lastbil, konsumerar positionsdata från lastbilarna samt skickar aktuella hastighetsbegränsningen och information om geofenceområdet för den aktuella demonstrationen till lastbilen. Denna data kan via grafiska visualiseringsverktyg visualiseras, i realtid och historiskt, på en karta och i olika grafer.

Geofenceområdet samt de olika algoritmerna som gör beräkningarna kan enkelt administreras i de olika administrationsverktygen.

En översiktlig skiss av systemlösningen visas i Figur 18. För mer detaljerad information, se Bilaga "Systemspecifikation".

4.3 Regelverk och legala frågor

Här presenteras en analys av regelverksutmaningar inför uppskalning av den demonstrerade lösningen. En juridisk fördjupning för bakgrundsförståelse återfinns i Bilaga "Regelverk för transportdispenser".

4.3.1 Allmänt om regelverket

I trafikförordningen (1998:1276) finns bestämmelser för trafik på väg och i terräng. Där finns också regler som begränsar användningen av fordon (eller fordonståg) utifrån vikt, bredd och längd när de förs på andra vägar än enskilda. Bestämmelserna behövs för att skydda vägnätet från till exempel förtida nedslitning eller för att förhindra olyckor. På enskilda vägar finns det inga generella vikt-, längd- eller breddbestämmelser. I stället är det vägens ägare som bestämmer om det ska finnas några begränsningar.

Utöver bestämmelserna i trafikförordningen så finns det även lokala trafikföreskrifter vilka kan innehålla begränsningar om bland annat vikt, längd och bredd. De lokala föreskrifterna kan meddelas av kommun, länsstyrelse eller polismyndighet beroende på vilken väg och situation som avses (10 kap. 3 § trafikförordningen).

I 10 kap. 1 § trafikförordningens meddelas att kommunen genom lokala trafikföreskrifter kan besluta om särskilda trafikregler. Enligt 10 kap. 2 § trafikförordningen får de lokala trafikföreskrifterna omfatta en viss trafikantgrupp, ett visst eller vissa fordonsslag eller fordon med last av viss beskaffenhet.

4.3.2 Transportdispens

Samhället har emellertid behov av att längre, tyngre och bredare fordon kan framföras på vägnätet än vad som är tillåtet i trafikförordningens bestämmelser och via de lokala föreskrifterna. Därav så finns det reglerat i trafikförordningen att man kan ansöka om en dispens (undantag) för ett fordon från trafikförordningen och de lokala trafikföreskrifterna.

Testverksamhet för utveckling av fordon och ny teknik räknas oftast som särskilda skäl. Ansökan om dispens på grund av testverksamhet ska vara tydligt motiverat med syfte och mål med verksamheten för att bifallas. Testet ska avse fordonets egenskaper. Det är även av vikt att väghållaren tar hänsyn till objektivitetsprincipen så att sökande inte får en konkurrensfördel jämfört med andra företag som inte har motsvarande dispens, enligt Transportstyrelsen.

4.3.3 Utmaningar för uppskalning

Vi har identifierat tre utmaningar som har påverkan på uppskalningsmöjligheterna av demonstrationens resultat.

Utmaning 1 – Kontinuerliga transporter av delbart gods med BK1-vikter, där det råder en lägre bärighet?

Inom Stockholms stad är de flesta lastbilarna som fraktar betong 3-axliga. De 3-axliga fordonen är mer flexibla i områden där det råder både bärighetsklass 1 och 2.

Generellt kan man anta att en 3-axlad rotorbil (betongroterare) kan lasta 14 ton på BK1 och 12 ton på BK2-vägar. En 4-axlad rotorbil (betongroterare) kan lasta 18 ton på BK1 och 10 ton på BK2-vägar. Dessa lastvikter kan ge en indikation på förhållandet för lastvikter mellan bärighetsklass 1 och 2, vikterna kan variera beroende på vilken typ av fordon som viktberäkningen görs ifrån. Den stora skillnaden finns alltså för 4-axliga fordon där man klarar en ökad lastvikt på ca 80 % för BK1 jämfört med BK2 med tillåtna axelvikter.

Enligt 13 kap. 4 § trafikförordningen får dispens medges om det finns särskilda skäl och det kan ske utan fara för trafiksäkerheten, skada på vägen eller någon annan avsevärd olägenhet. Enligt Transportstyrelsen är särskilda skäl något som på något vis avviker från det normala och som inte är vanligt förekommande. Den som begär ett undantag ska ha ett skäl - som med styrka talar för undantaget - även är särskilt för honom eller henne eller en grupp som är avgränsad och så liten att det inte fanns anledning att ta hänsyn till denna grupp när föreskriften meddelades. Begreppen fara

för trafiksäkerheten, skada på vägen eller någon annan avsevärd olägenhet är en bedömning som respektive beslutsmyndighet måste ta ställning till enligt Transportstyrelsen. Generellt anses inte transporter med delbart gods uppfylla kraven för dispenstransporter i trafikförordningen.

Betong räknas som delbart gods, vilket öppnar upp för problematiken om det är möjligt att ge dispens för en för tung transport med delbart gods. I detta projekt ansöktes det om försöksdispens. Försöksdispens går inte att använda för daglig drift i produktion, vilket i sin tur försvårar möjligheten att skala upp resultaten från projektet. Den väg som ligger öppen är därför att åberopa särskilda skäl. Stockholm stad och Trafikverket anser inte att särskilda skäl föreligger för generella transporter av massgods. Generella massgodstransporter anses kunna anpassa sin vikt efter det delbara godset och på så sätt uppfylla gällande regelverk. Att BK1-lastbilar kan lasta mer gods och i sig skapa färre trafikrörelser är otvetydigt men är i sig inte unikt, utan detta gäller för alla transporter.

Vi har i vårt projekt diskuterat om särskilda skäl skulle kunna utgå ifrån samhällsnyttan. Just nu byggs det mycket i Stockholm i kombination med att det råder förarbrist, vilket i sin tur medför att transporter blir en trång sektor. Om det är möjligt att ge transportdispens för delbart gods skulle det medföra att fordon kunde användas mer effektivt och därmed underlätta byggandet i staden. Det har såvitt känt inte prövats i praxis om en förbättrad samhällsnytta kan utgöra särskilda skäl. I framtiden hade det varit intressant att utveckla i praxis hur nytta för samhället i stort ska ställas mot ökade kostnader för väghållaren eller försämrad trafiksäkerhet.

Att ändra på regelverket och tillåta transportdispenser för delbart gods utifrån vikt skulle kunna vara en annan väg framåt. Eftersom det finns ett EU-direktiv som bland annat reglerar vikt behöver diskussionen om behovet av ett förändrat regelverk föras på EU-nivå och inte på nationell nivå. Nya allmänna råd om dispens för vikt från Transportstyrelsen vore önskvärt, likt de som finns för längddispenser.

Förutom dispenstrafik är det även möjligt att klassa upp vägsträckor där väghållaren anser att det föreligger ett starkt behov att en gata bör klassas upp. Detta är redan i dag möjligt och kan användas vid större infrastrukturprojekt, där det är möjligt och önskvärt med hänvisning till exempelvis samhällsnyttan.

Utmaning 2 – Hur formulera villkor om geofencing i beslutet?

I demonstrationen har väghållaren (Stockholms stad) villkorat sitt beslut om transportdispens under förutsättning att fordonet är geofencat (max 15 km/timme och får färdas efter av väghållaren bestämda färdvägar på Södermalm). Enligt 1 kap. 9 § regeringsformen ska ett villkor vara sakligt. Enligt vår mening ligger ett krav på geofencing inom kravet på saklighet då det ligger inom syftet med en transportdispens. Utmaningen ligger snarare att geofencing ännu inte är en standardiserad eller typgodkänd teknik, vilket gör det svårt att villkora beslutet med tvingande geofencing. Det kan lösas genom att beslutet inte pekar ut någon viss teknik utan beskriver en funktion i stället som kan lösas med valfri teknik som uppfyller kraven. Följdfrågor blir då vilken teknik finns på marknaden att tillgå och hur utbredd eller mogen är tekniken. Det ska vara möjligt att kunna följa villkoren i beslutet. En annan utmaning ligger i att ett beslut om geofencing inte får hindra EU:s inre marknad. EU värnar om en fungerande inre marknad och eventuella inskränkningar måste vara nödvändiga, proportionerliga och icke-diskriminerande. Ett beslut om villkor med geofencing får således inte riskera utestänga fordon registrerade i ett annat EU-land. I detta sammanhang är det också intressant att studera hur andra medlemsländer gör, alltså om någon form av norm eller praxis håller på att utvecklas inom området.

Dagens regelverk bygger på antagandet att fordon inte har så kallade smarta funktioner inbyggda, vilket i sin tur leder till ett statiskt och icke-flexibelt regelverk. I detta projekt har vi använt smarta fordon, vilket i framtiden kan öppna upp för ett annat regelverk med mer anpassningsbara regler.

Enligt 10 kap. 2 § trafikförordningen får lokala trafikföreskrifter avse en viss trafikantgrupp, ett visst eller vissa fordonsslag eller fordon med last av en viss beskaffenhet. Det innebär att undantag från trafikregler kan idag inte baseras på teknik. Regeringen har nyligen utrett frågan om hur geofencing kan användas och om det är möjligt att det i framtiden kommer regler som baseras på tekniken i

fordonet.⁵ Om trafikförordningen skulle tillåta kommunen att avse även fordon med geofencing och särskild drivlina i en lokaltrafikföreskrift så borde det också ge utökad möjlighet för väghållaren och tillsynsmyndigheten att följa upp både regelefterlevnad och belastning på vägnätet för särskilda transporter.

Om väghållaren vill särskilja fordon med geostakettillämpningar eller drivlina som särskilda villkor i en lokal trafikföreskrift, behöver lagstiftaren göra en författningsändring i 10 kap. 2 § trafikförordningen om att fordon med geostaket eller drivlina inkluderas i en lokaltrafikföreskrift som särskilt undantag.

I samband med att det blir mer möjligt att övervaka både regelefterlevnad och slitage på konstruktioner i och med geofencing så borde det öppna upp för nya möjligheter av tillståndsgivning via dispenser eller lokala trafikföreskrifter. Eftersom villkoren kan anpassas såsom prestanda-baserade regelverk, alltså att fordonet ska uppfylla vissa villkor, till exempel axellaster, siktinklar, bruttovikter och hastighet inom vissa bestämda geografiska områden, kan väghållaren mer specifikt ange vilka fordon som får tillträde till ett känsligt område, förutsatt att det inte hindrar bestämmelserna om den fria rörligheten.

Några av utmaningarna för framtida smarta användningar är att skapa geografiska zoner för geofencing hos väghållaren. I dag saknar många kommuner (väghållare) den tekniska möjligheten att upprätta den digitala geografiska zonen. Även tillsynsmyndigheten behöver vara inkopplad i systemet, för att säkerställs regelefterlevnaden. Vilken information ska skickas till väghållaren respektive tillsynsmyndigheten är några av utmaningarna.

När väghållaren påbörjar att skicka så kallade digitala dispenser eller har möjlighet att undanta geofencing som ett villkor i en lokal trafikföreskrift till en användare eller fordon, är det en fördel att språket och formalia standardiseras i dispensen eller föreskriften. SKR och kommunerna har för avsikt att starta ett harmoniseringsarbete gällande språk för beslutsdokument mellan kommunala väghållare. Ett dispensdokument innehåller en mängd information angående hur man ska förhålla sig på gatan. En användare passerar ofta många kommuner på sin färd och då är det en fördel om man arbetar fram ett gemensamt språkbruk för både villkor och fordonsplaceringar. Troligen så behöver också fordonen ett standardiserat språkbruk för att kunna tillgodo göra sig informationen.

Utmaning 3 – Hur dela data mellan olika aktörer?

Vi har undersökt och testat i projektet hur olika aktörerna ska dela digital information med varandra. Vi ser att denna kommunikation kan delas upp i olika steg som i sin tur får olika utmaningar. Stegen är: ansökan, handläggning/utredning, beslut, genomförande och uppföljning. Nedan lyfter vi ett antal utmaningar kopplade till de olika stegen för kommunikation utifrån det som testats i projektet.

I det första steget skickar transportören en ansökan om transportdispens till kommunen. En ansökan ska bland annat innehålla information om fordonets registreringsnummer, när och var transporten ska genomföras och vikten på transporten. Gemensamt för många kommuner är den låga digitaliseringsgraden och utmaningen handlar om att få plattformen att kommunicera med kommunens diariesystem. Idag sker kommunikationen via e-mail i många kommuner. Projektet undersökte möjligheterna att testa ett helt integrerat flöde för dispenshantering, detta gick inte att genomföra och projektet har hanterat dispensansökningen enligt Stockholm stads befintliga processer.

Likt demonstrationen med betongbilen så söks dispenser hos den kommunala väghållaren för att köra med BK1-vikter där det är tillåtet med BK2-vikter. Majoriteten av alla ansökningar som överstiger BK1-vikter om transportdispens handläggs dock av Trafikverket, de remitterar i sin tur berörda kommunala väghållare. I Trafikverkets arbete använder myndigheten systemet "Trix". I

⁵ Ansvarsfrågan vid automatiserad körning samt nya regler i syfte att främja en ökad användning av geostaket (DS 2021:28)

framtiden kan det vara intressant att utveckla hur kommunikationen med Trix skulle kunna gå till för en uppskalning.

I det andra steget handlägger kommunen ansökan eller remissförfrågan och fattar ett beslut eller yttrande om transportdispens. En intressant fråga i detta sammanhang är vem som tar initiativ till att geofencing kan vara ett villkor i beslutet. Ska kommunen fråga om vilken teknik fordonet är utrustat med (detta framgår inte av fordonsregistret) eller är det något som transportören ansöker om? Fordon som är kompatibla med geofencing bör i en framtid anges i vägtrafikregistret.

I det tredje steget ska transporten genomföras. Digitala beslut används redan idag. De är digitala på så sätt att en PDF på beslutet kan finnas tillgängligt i en mobiltelefon som föraren kan visa upp vid en poliskontroll. För att komma vidare i digitaliseringsprocessen behöver besluten om transportdispens vara maskinläsbara. Väghållaren utreder lämpliga villkor och färdvägar samtidigt är det föraren som är ansvarig för transporten och att villkoren i beslutet tolkas korrekt. Det kan alltså inte bli frågan om enbart kommunikation "dator till dator" utan människor måste alltid vara med i beslutsloopen. Föraren måste tolka beslutet och sedan se till så att beslutet genomförs och verkställs på ett korrekt sätt. Verkställigheten ligger således hos utföraren och inte hos myndigheten som beviljade dispensen.

Slutligen behöver transporten följas upp. Här ligger utmaningen i att väghållaren inte är tillsynsmyndighet och ska inte samla in data om brott. Polismyndigheten är tillsynsmyndighet och ska ha data om överträdelser. Data från fordonet behöver därför på något sätt sorteras upp innan det delas vidare.

Nya möjligheter för väghållare att följa upp nyttjande av infrastruktur

Väghållaren har ett intresse av att förstå hur väginfrastrukturen trafikeras och kunna lita på att fordon följer givna dispenser liknande den som utfärdas inom piloten för betongtransport inom Smarta urbana trafikzoner. Detta eftersom den trafiken medges under villkor att fordonet framförs i en lägre hastighet än den föreskrivna. I detta syfte skulle det kunna vara tillräckligt för väghållare att ha tillgång till information på en aggregerad nivå för att veta hur väl dispensererna efterlevs och vilket slitage som kan förväntas på infrastrukturen. Aggregerad information ställer också lägre krav på exakthet och tillförlitlighet i insamlade data eftersom den inte ska användas för att utkräva ett straffansvar.

Ett annat alternativ är att individinformationen om vilket fordon som brutit mot en dispens hanteras i ett steg innan den når infrastrukturhållaren – till exempel inom fleet management systemet eller integrationsplattformen. Några typer av återkoppling som är av intresse för en väghållare som skulle vara möjlig att få från ett geofencat fordon är:

- Dispenser som används på felaktigt sätt – till exempel att man kör ett för tungt eller långt fordon på natten om det endast är en nattdispens som har utfärdats. Detta kräver att fordonen delar mer data än vad som faktiskt krävs (fordonets längd/tyngd) inom dispensen idag (tid på dygnet). Detta faller dock inom Polismyndighetens uppdrag och är enbart möjligt genom ett utökat samarbete med Polisen eller förändrade arbetssätt inom myndigheten.
- Uppföljning av trafikering i syfte att planera underhåll och förutse slitage på väginfrastrukturen. Utökad information om hur trafikering som riskerar att medföra större slitage på infrastrukturen (tungt fordon, vibrationer) kan ge bättre möjligheter att rätt underhållsåtgärder utförs i rätt tid och därmed bidra till ett bättre nyttjande av skattemedel.

För att någon typ av återkoppling från fordon till väghållare ska fungera behöver detta antingen krävas i lagstiftning, avtal eller upphandlingar eller vara en integrerad del i den affärsmodell som den geofencade lösningen bygger på.

4.4 Analys och resultat

För att på ett tillförlitligt sätt kunna beräkna de ekonomiska och miljömässiga effekterna så hade det varit positivt om fordonet trafikerat ett och samma bygge under en längre tid och i kombination med standardfordon som jämförelse. När projektet planerades så var ett flertal stora nybyggnationer

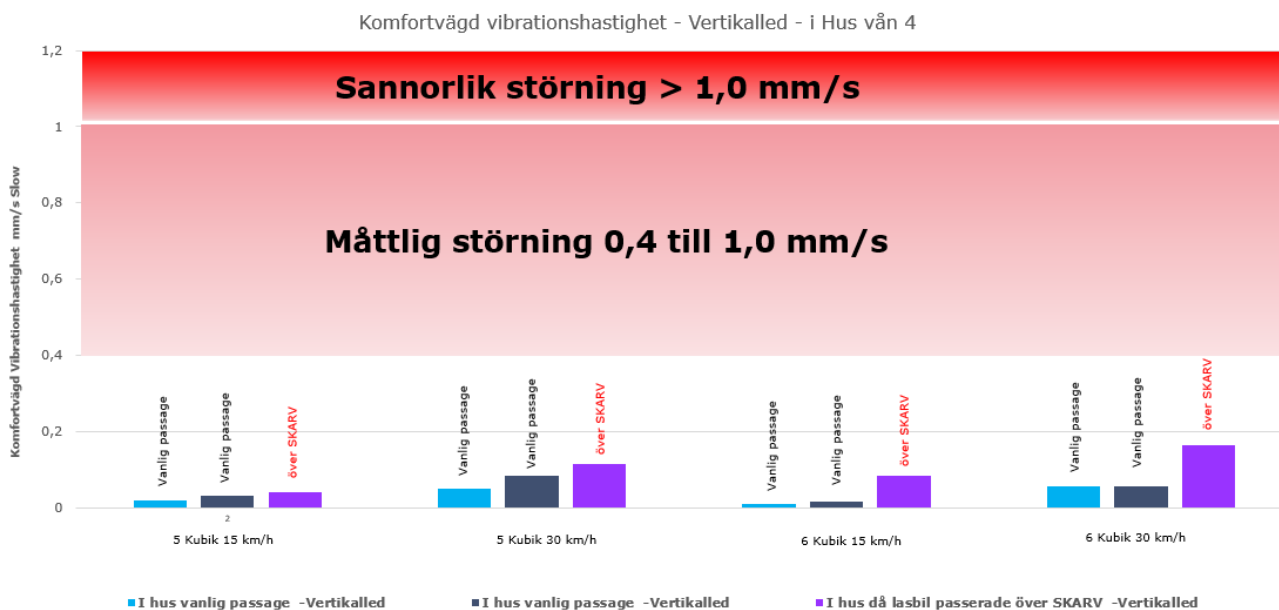
planerade inom demonstrationsområdet. På grund av pandemin så flyttades många av dessa nybyggnationer i tiden och blev på detta sätt inte representativa mätområden som skulle utföras under projektiden. Av detta skäl valdes det större området där fordonet kunde trafikera flera olika byggplatser under mätperioden. Faktorerna med lastvikten på fordonet samt hastigheten kvarstod för att kunna dra slutsatser om levererad volym i kombination med antalet utförda transporter. På detta sätt kan paralleller dras till icke-dispensgivna fordon.

Det aktuella testfordonet lastade vid full last cirka en kubikmeter mer betong än ett fordon som trafikerar samma väg med BK2-begränsning. Denna kubikmeter antas av Betongindustri väga ca 2,1 ton vilket skulle innebära att det dispensgivna fordonet har cirka 17% mer last vid varje enskild utförd transport. För en större byggnation som kräver stora volymer betong så skulle detta minska antalet leveranser markant om man under den aktuella gjutningsperioden kunde erhålla liknande dispens. Detta i jämförelse med den förlorade tiden som uppstår vid hastighetssänkningen kan anses liten då den generella snitthastigheten i Stockholms innerstad sällan är så hög som de lagliga 30km/h.

4.4.1 Mätresultat vibrationer

Resultatet av mätningen var positiv för projektet då de uppmätta värdena visade att det var gynnsamt att öka vikten och sänka hastigheten, se Figur 24. Det visade sig att hastigheten är den viktigaste variabeln för ökade eller minskade vibrationer.

Slutsatsen från mätningsrapporten var delvis att hastigheten på lastbilen hade större betydelse än lastvikten för komfortvägd vibrationshastighet i bjälklaget på våning fyra i fastigheten. Skillnaden i last gav inga signifikanta skillnader. Sannolikt för att axellasten endast hade en liten procentuell skillnad då tjänstevikten (olastat fordon) sannolikt är över 10 ton och en kubikmeter extra last kanske inte är mer än 1-2 ton.



Figur 24 komfortvägd vibrationshastighet i bjälklaget på fjärde våningen i huset - vertikalled vid 12 lastbilspassager, uppdelade i 4 scenarior: 5 kubik 15 km/h, 5 kubik 30 km/h, 6 kubik 15 km/h, 6 kubik 30 km/h jämfört med Riktvärden ur Svensk Standard SS 460 4

Projektets mätning var tänkt att visa vilka effekter de olika vibrationsnivåerna har på gatans livslängd och underhållsbehov för att på så sätt kunna beräkna den ökade kostnaden för ägaren av gatan om totalvikten höjdes om så enbart under en dispensgiven period. I den mätningen som genomfördes lades fokus på komforten för boende, vilket i många fall är en viktigare parameter än gatans livslängd. I projektet beaktades inte om de vibrationer som mäts i en komfortmätning kan överföras till vibrationer i väggkroppen och således påverka livslängden för infrastrukturen.

4.5 Utvärdering och erfarenheter

Då detta projekt genomfördes mitt under COVID-19 pandemin så kunde inte projektdeltagarna träffas för att diskutera lösningar på plats vid fordonet utan det fick genomföras med bilder på fordonet. Detta försvårade en del då kabeldragning på Betongroterare inte är enkelt på grund av stora problem med smuts samt konstant fuktpåslag.

Utöver projekteringsproblem så visade det sig att leveranstiderna på behövda komponenter var förlängda så att lösningarna fick ändras utefter vilka komponenter som gjordes tillgängliga. Detta var fallet med skylt för att varna bakomvarande trafikanter. Skylten som var planerad i projektet skulle ha ett budskap med såväl symbol samt text om att hastigheten sänks. Den skulle tändas i två moment där den första varningen var att hastigheten skulle sänkas in om kort och det andra budskapet var att hastigheten sänkts och att fordonet kör max 15 km/h. Skyltens placering skulle vara högt upp på den så kallade balkongen på fordonet för att undvika skador och den värsta smutsen och spolvatten. Den skulle styras via Scania's koppling till bilens interface så att när bilen närmade sig den geofence zonen så skulle den signalera en förestående sänkning och en ny signal från fordonet när sänkningen sker och då skulle skylten byta budskap.

Skylten försenades i flera steg både på grund av pandemin och det lastfartyget som fastnade i Suezkanalen. Den tekniska lösningen anpassades löpande innan demonstrationen och i sista steget togs beslutet att varna bakomvarande med blixtljus istället för en skylt med budskap. Blixtljus är dessutom bara på eller av så inga steg kan åstadkommas. Hela lösningen som mycket tid spenderats på blev därför mycket enklare i slutändan.



Figur 25 tänkta lösningen samt den lösning som projektet fick välja på grund av rådande leveranssituation.

5 Demo: Säkra byggplatsutfarter

5.1 Beskrivning av demonstration

5.1.1 Bakgrund och syfte

Utgångspunkten i denna demonstration är att dagens utformning av byggutfarter inte är tillräckligt säkra eller effektiva för cyklister. Demonstrationen har därför utforskat hur en byggutfart i kombination med en cykelpassage kan utformas på ett nytt sätt med hjälp av dynamisk digital teknik. I demonstrationen har framförallt utmaningen skymd sikt adresserats. Demonstrationen initierades med anledning av den olycksproblematik som Göteborgs stad identifierat gällande byggtrafik (i konfliktsituation med cyklister och fotgängare). Tidigare utredningar på området⁶ har inte kunnat ge konkreta lösningsförslag på utformningen av dessa platser. Detta beror delvis på att befintliga produkter på marknaden inte kan leverera en tillräckligt driftssäker, dynamisk och tydlig varning/reglering.

Vid byggutfarter förekommer ofta konfliktsituationer mellan tunga fordon och gång- och cykeltrafikanter. Detta samtidigt som regleringen och utformningen av dessa platser ofta uppfattas som otydlig av trafikanterna. I denna demonstration var målet att ta fram och demonstrera dynamiska varningssystem som kan bidra till ökad säkerhet, men även åtgärder som främjar trafiksituationens tydlighet, trygghet och framkomlighet. Detta i syfte att bidra till en förbättrad arbetsmiljö för yrkesförarna och en mer komfortabel och säker trafikmiljö för de människor som passerar dessa platser.

I projektet ingick representanter från väghållarsidan, trafikanordningsbranschen, forskningssektorn samt företag med olika teknik- och produktlösningar.

Målen som sattes upp för demonstrationen "Säkra byggplatsutfarter" var följande:

1. Skapa scenario- och funktionsbeskrivning av kommunikation mellan förare av tunga fordon, cyklister (hjälm, cyklar, appar) och vägutrustning för att förhindra olyckor vid byggplatsutfarter.
2. Utföra demonstration som testar funktionaliteten.
3. Testat en möjlig systemarkitektur för uppskalning av lösningen samt konceptualisering till ett verktyg som kan kommersialiseras och definieras i upphandling.
4. Utvärderingsmetodik samt initial kunskap om användaraspekter och acceptans av de föreslagna lösningarna.

5.1.2 Genomförande

Denna demonstration var på många sätt unik i sitt genomförande i jämförelse med de två andra demonstrationerna. Redan från start hade demonstrationen ett dubbelt fokus, dels det systemtekniska, dels det beteendemässiga. Det fanns således en ambition om att både verifiera och validera lösningsförslaget. För att möjliggöra detta krävdes ett rigoröst förarbete innan något kunde testas rent praktiskt. Stort fokus lades därför på att bearbeta utformningsförslaget innan systemet började byggas.

Detta gjordes till stor del genom två workshops med deltagare som hade många olika kompetenser. Den första workshopen fokuserade på behovsbeskrivning utifrån olika trafikantgrupper. Den andra workshopen byggde sedan vidare på resultatet från behovsbeskrivningen och fokuserade på att föreslå olika systemlösningar som motsvarade dessa behov. Parallellt med dessa workshops arbetade en liten arbetsgrupp med att förädla och sammanställa material från workshopparna.

⁶ Jenny Eriksson, Anna Niska och Åsa Forsman, Injured cyclists with focus on single-bicycle crashes and differences in injury severity in Sweden. *Accident Analysis & Prevention*. Vol. 165, 2022.

Gruppen arbetade också med att ta fram kompletterande material i form av definitioner och avgränsningar, användarfall, alternativa systemspecifikationer och slutligen ett förslag på huvudutformning. I den kravspecifikation som också producerades ingick både systemkrav som kunde verifieras och acceptanskrav som kunde valideras.

Slutligen genomfördes användartester i två steg. I första steget var målsättningen att få preliminära indikationer på acceptansen för den valda systemlösningen och åtgärdsförslag som kunde förbättra utformningen. Detta gjordes genom online-tester där deltagarna fick studera animerade filmer med olika alternativ på systemutformning. I steg två genomfördes fysiska användartester för att få mer data kring den upplevda acceptansen för systemet, men också datainsamling av det faktiska beteendet.

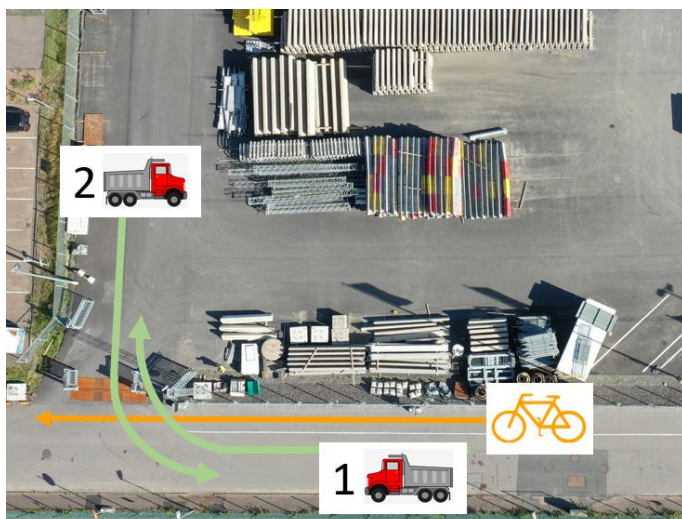
Utöver användartesterna genomfördes också rena systemtester. Först för att säkerställa grundläggande kommunikation mellan olika systemkomponenter. Sedan genomfördes en mer omfattande utredning av begränsningar i lösningen. Ett arbete genomfördes också för att få fram riktlinjer för datainsamling och algoritmer, vilket sedan jämfördes med en oberoende och exakt datainsamling vid testbanan AstaZero.

Projektet fick, utöver planerat arbete, ytterligare stöd från Chalmers genom att tre civilingenjörstudenter genomförde en FMEA (Failure Modes and Effect Analysis) på den föreslagna systemlösningen. Studenterna byggde en egen hårdvaru- och mjukvaruprototyp för den lokala styrenheten och dokumenterade arbetet och analysen i en rapport. En mer detaljerad metodbeskrivning för demonstrationen går att läsa i Bilaga "Metodbeskrivning demonstration säkra byggtfarter" och Chalmersstudenternas rapport går att läsa i Bilaga "Risk Analysis of an Active Traffic Safety System at a Construction Site".

5.1.3 Användarfall

För att möjliggöra demonstrationerna inom projektets ramar begränsades användarfallen till följande två, som illustreras i Figur 21:

1. Cykel rör sig mot byggtfarten längs vägen utanför
Lastbilen kör om cykeln och svänger sedan höger in mot byggarbetsplatsen
2. Cykel rör sig mot byggtfarten längs vägen utanför
Lastbilen kör ut från byggarbetsplatsen och svänger sedan vänster



Figur 26 Användarfall 1 och 2 där lastbilen kör in resp. ut från byggarbetsplatsen.

5.1.4 Systemkrav, syfte och önskad effekt

Demonstrationen definierade följande kravställning för ett datadrivet varningssystem med syfte att:

- Höja säkerheten

- Öka tryggheten
- Öka framkomligheten med prioritet på interaktion mellan byggtrafik och cyklister vid byggutfarer

De huvudsakliga användarrelaterade punkterna i systemspecifikationen var:

1. Dynamisk (datadriven) varning i två nivåer. Varning för konflikt och varning för kollision.
2. Validerad utformning
Systemet utformas så att mottagaren av varningen (primära målgrupper):
 - a. Uppfattar varningen utan att släppa fokus från trafiken
 - b. Förstår hur hen skall agera
 - c. Uppfattar varningen tidigt nog så att agerandet ger avsett resultat

Övriga punkter i systemspecifikationen berör tillförlitlighet, robusthet, loggning, regulatorisk efterlevnad och etisk prövning, för att ta del av hela systemspecifikationen, se Bilaga "Systemspecifikation" samt Bilaga "Systemspecifikation Varningssystem".

Systemets syfte var enligt följande:

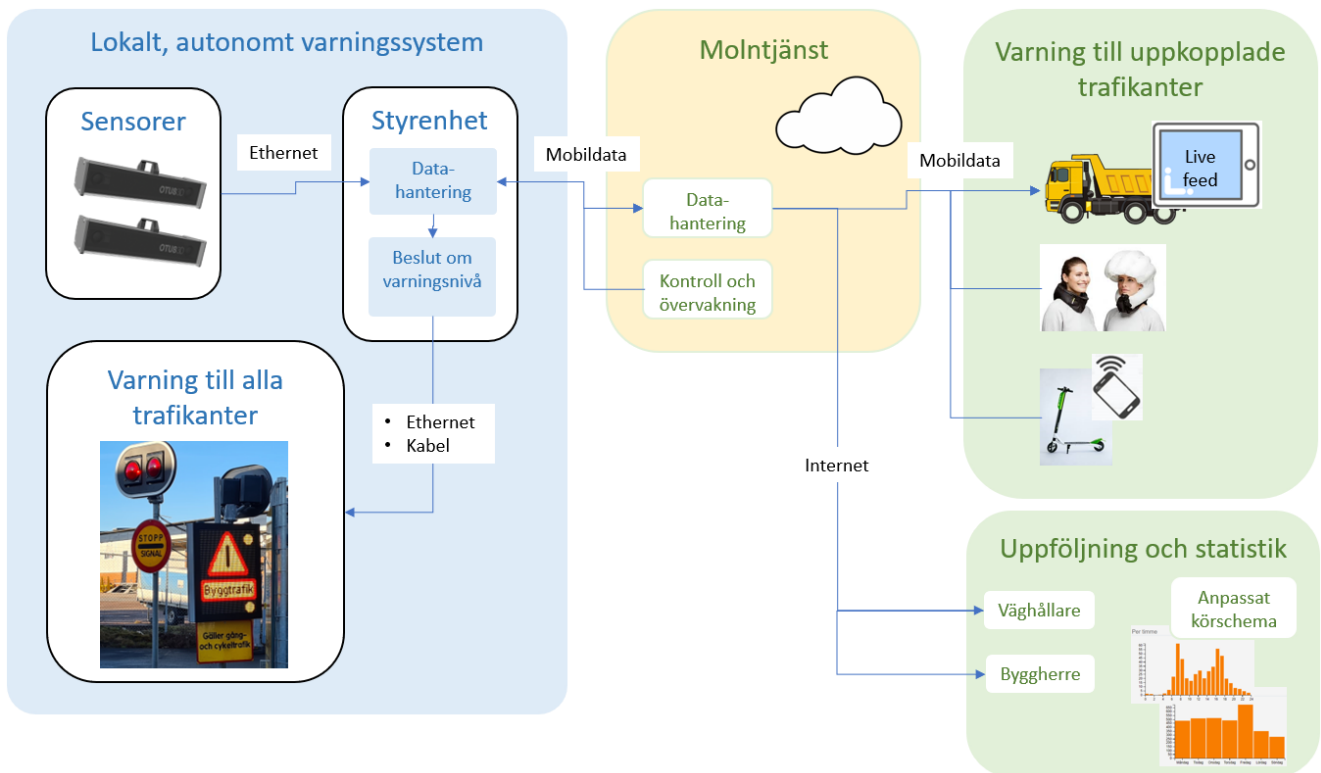
- Begränsa risker genom
 - (1) varning (läs mer om vilka vägmärken och signaler under kapitel 0)
 - (2) stoppsignal (läs mer om vilka vägmärken och signaler under kapitel 0)
- Kompensera siktbegränsning genom att sända realtidsdata i kartvy (till byggtrafiken)
- Skapa dynamisk information/reglering med sensorer och realtidsdata som styr
- Tydlighet genom kombination av tydliga budskap som visas vid rätt tidpunkt
- Möjlighet till anpassad prioritering av olika flöden vid olika platser eller tider
- Möjligt att använda tillfälligt på olika platser (oberoende av platsens permanenta reglering)

Önskad effekt av systemet:

Systemet syftar till att reducera antalet situationer med risk för kollision och eliminera faktisk kollision. Vidare bör systemet bidra till subjektivt upplevd ökad tydlighet, trygghet och komfort.

5.2 Systembeskrivning

I detta avsnitt presenteras en kortfattad systembeskrivning, därefter beskrivs systemets olika signaler till trafikanten och några exempel på kombinationer av olika signaler vid några användarfall med angiven prioritet. För demonstrationen begränsade arbetsgruppen användarfallen till två, men designen av systemet är modulärt och kan hantera många olika situationer.



Figur 27 Systembild.

Den lokala autonoma delen av systemet (se blå ruta i Figur 22) ska kunna verka oberoende av övriga delar. Kommunikationen är trådbunden och data latency (fördröjning) från sensor till varningsutrustning ligger på under 50 millisekunder. Denna del består av sensorer, styrenhet och en kombination av digitala och fysiska vägmärken och signaler som används för att varna trafikanterna.

Sensorer:

Sensorerna skickar data för varje detekterat objekt, till exempel: position (WGS84), fart, riktning, tidstämpel och klass. Uppdateringsfrekvensen är ställbar. En eller flera sensorer kan täcka önskat detektionsområde. I detta projekt används två sensorer av typen OTUS3D-500 V2 från Viscando.

Styrenhet:

Styrenheten implementerar de hårdvaruinterface som krävs för den aktuella utformningen, till exempel kommunikation via Ethernet (PoE) och diskreta signaler. Data skickas också vidare till molntjänst och nyttjas för beslut om aktuell varningsnivå. Initialt användes ingen lokal styrenhet utan all information gick med trådlös överföring via mobilnät till molntjänsten och sedan tillbaka, men fördröjningen blev för lång och framför allt oberäknelig.

I systemet finns olika varningsnivåer (ingen varning, gul varning, röd varning), som bestäms i en egen mjukvarumodul och kan anpassas efter behov. Algoritmen för omslag kan bygga på till exempel närvarodetektion eller intentionsprediktion och kan till exempel prioritera cyklister framkomlighet under vissa perioder av dygnet och byggtrafik under andra.

Vägmärken och signaler:

Varningen skall nå alla trafikanter som befinner sig på platsen och varje trafikantslag skall veta vilka signaler som är relevanta. Som tidigare nämnts är byggtrafik och cyklister de prioriterade trafikslagen för projektet. I detta projekt används VMS och wig-wag för varning till trafikanterna. Tilläggstavlor används för att rikta varningen till rätt trafikantgrupp.

Molntjänsten (se gul ruta i Figur 22) har två viktiga funktioner: att distribuera data till uppkopplade klienter och hantera driftövervakning och konfiguration.

Data:

För att kunna nå full potential av systemet måste data som inte har de högsta realtidskraven kunna distribueras på ett effektivt sätt till slutanvändaren. Fördröjningar på cirka en sekund är väntade, men beror på uppkopplingsförhållanden på platsen.

Konfiguration och driftövervakning:

Den autonoma delen av systemen hanterar den lokala varningen, men för att säkerställa funktion är driftövervakning och konfiguration nödvändig. Konfigurationen sätter till exempel upp parametrarna för omslag mellan varningsnivåer och driftövervakningen kan varsko om funktionsstörningar

Varning till uppkopplade trafikanter (grön ruta i Figur 22) kan ske på flera olika sätt. Tack vare den data som genereras i den smarta zonen så finns det en möjlighet att informera uppkopplade fordon, appar och annan utrustning. I projektet gjordes ett försök att demonstrera detta genom en live-sändning som är tillgänglig via valfri webbapplikation.

Live sändning:

För att kompensera för skymd sikt kan lastbilschauffören få en stiliserad top-down-vy över platsen med alla trafikanter markerade som prickar. Detta testades separat men ingick aldrig i användartesterna.

Övriga uppkopplade trafikanter:

Varning till andra uppkopplade trafikanter implementerades inte inom detta projekt.

Den smarta zonen tillgängliggör också statistik och möjliggör uppföljning (se den gröna rutan i Figur 22). Vaghållare och byggherrar kan kontinuerligt monitorera trafikdata vid byggutfarten. Flöden och hastighetsfördelningar kan till exempel bidra till förbättrad parametrisering för omslag mellan varningsnivåer eller anpassat körschema för transporter till byggarbetsplatsen.

5.2.1 Systemets olika signaler och budskap till trafikanter

För gående och cyklister kan systemet aktivera två olika budskap (gul varning och rött stopp). För byggtrafiken kan endast ett budskap aktiveras (rött stopp). Se Tabell 6 för en presentation av de vägmärken och kombinerade montage som användes.

Tabell 6 Vägmärken och kombinerande montage som användes under testerna

	A40. Varning för annan fara Märket anger en annan fara än sådan som kan anges med något annat varningsmärke. Farans art anges på en tilläggstavla.
	C34. Stopp för angivet ändamål Märket anger skyldighet att stanna av den anledning som anges under det vågräta strecket. Om märket är uppsatt före en trafiksignal, anger det att fordon som ska passera signalen ska stanna vid röd signalbild. Fordonet ska stannas vid en stopplinje eller, om sådan saknas, vid märket.
	SIG16. Rött blinkande ljus (stoppsignal/wig wag) Stopp. Trafikanter får inte passera stopplinjen eller, om sådan saknas, signalen.
	SIG18. Gult blinkande ljus för påkallande av särskild försiktighet (varningsljus) Signalen används där en väg är delvis avstängd eller för att det ska vara lättare att upptäcka ett vägmärke eller en annan anordning.
	T22. Text Tavlan ger kompletterande anvisning som inte kan ges med någon annan tilläggstavla eller kombinationer av dessa.
	"Gul varning" för gående och cyklister: VMS (Variabel meddelande skylt) med A40 Varning för annan fara, SIG18 Gult blinkande ljus för påkallande av särskild försiktighet samt tilläggstavla T22 Text "Byggtrafik". Under VMS:en sitter ett traditionellt vägmärke i form av tilläggstavla T22 Text "Gäller gång- och cykeltrafik".
	"Rött stopp" för gående och cyklist: VMS med SIG16 Rött blinkande ljus (stoppsignal/wigwag) samt C34 Stopp för angivet ändamål "signal". Under VMS:en sitter ett traditionellt vägmärke i form av tilläggstavla T22 Text "Gäller gång- och cykeltrafik".
	"Rött stopp" för byggtrafik: SIG16. Rött blinkande ljus samt C34 STOPP SIGNAL.

5.2.2 Exempel på användarfall och prioritet

I Tabell 7 och Tabell 8 ges två exempel på hur kombinationen av signalsekvenserna kan se ut. Då risk för konflikt uppstår ska cyklister varnas. Baserat på rådande prioritet ska systemet sedan

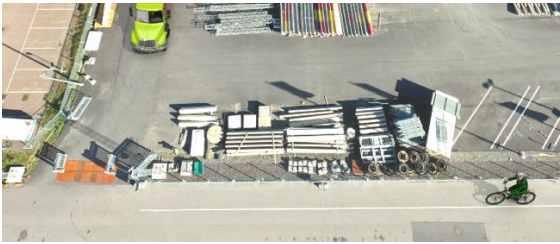
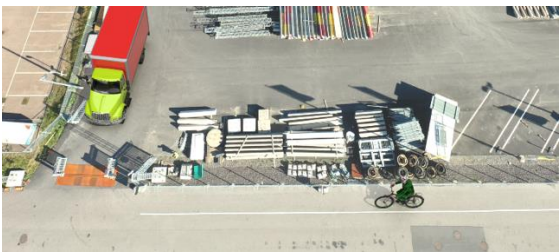
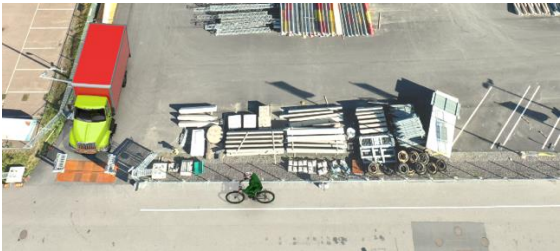
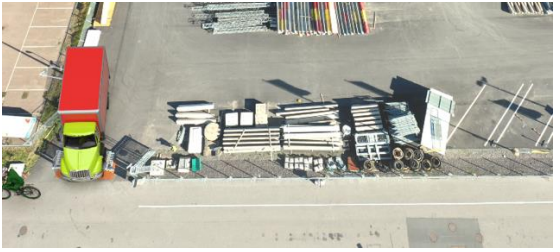
signalera till det lägst prioriterade flödet att de ska stanna om risk för kollision uppstår. Önskad effekt är att trafikanter anpassar sitt beteende så att risknivå "risk för kollision" inte uppstår. Detta kan som regel ske på två sätt, (1) trafikanter stannar eller (2) trafikanter anpassar beteendet (så att konflikt-punkten korsas innan eller efter risk för kollision).

Tabell 7 Exempel på kombination av signalsekvens för användarfall 1.

Signal	Användarfall 1 – prioritet för lastbil		
Lastbil	Händelser	Cykel	Beskrivning
			Ingen risk för konflikt, ingen signal
			Risk för konflikt, gul signal cykel, ingen signal lastbil
			Risk för kollision, rött stopp cykel, ingen signal lastbil
			Risk för kollision rött stopp cykel, ingen signal lastbil
			Ingen risk för konflikt, ingen signal

Tabell 8 Exempel på kombination av signalsekvens för användarfall 2.

Signal	Användarfall 2 – prioritet för cykel
--------	--------------------------------------

Lastbil	Händelser	Cykel	Beskrivning
			Ingen risk för konflikt, ingen signal
			Risk för kollision, gul signal cykel, rött stopp lastbil
			Risk för kollision, gul signal cykel, rött stopp lastbil
			Risk för kollision, gul signal cykel, rött stopp lastbil
			Ingen risk för konflikt, ingen signal

Kommentar användarfall:

Regleringen med wigwag kan anpassas efter platsens förhållanden och flöden. I grundutförandet "prioriteras" (1) oskyddade trafikanter passage och (2) tunga fordon passage. Man kan på specifika platser eller vid specifika tider i stället prioritera andra flöden eller riktningar. Exempelvis (1) tunga fordon in-passage, (2) oskyddade trafikanter passage och (3) tunga fordon utpassage. Det går också att sätta olika tider för acceptabel väntetid för olika flöden. Exempelvis ingående byggtrafik får vänta max 30 sekunder på passage och så vidare.

5.3 Analys och resultat

Utvärdering av resultaten från demonstrationen i Göteborg gjordes främst med hjälp av intervjuer och övergripande hastighetsdata från sensorer. Dessa utvärderingar av varningssystemet vid ut- och infarter till byggarbetsplatser har haft slutanvändarnas, det vill säga cyklister respektive lastbilsförare, upplevelser, synpunkter och beteenden i fokus.

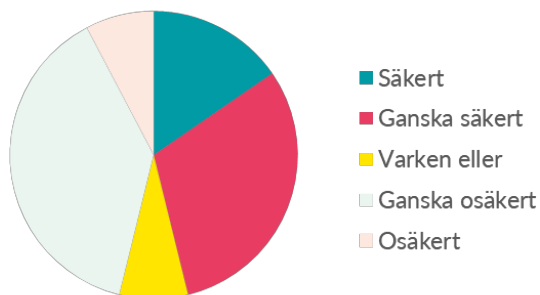
5.3.1 Resultat avseende cyklister

Den första utvärderingen med cyklister gjordes via tre fokusgruppintervjuer (online) med totalt 12 deltagare, samtliga vana cyklister i stadstrafik. Tre olika lösningar för att varna cyklister som passerar en ut-/infart vid en byggarbetsplats visades med hjälp av animerade videor ur cyklisters (first person) perspektiv. Fokusgruppintervjuerna diskuterade bland annat lösningarnas styrkor, svagheter, problem, samt deras utvecklingsområden. Deltagarna kom sedan med förbättringsförslag, till exempel att göra det tydligt vem som har väjningsplikt, markering på mark var cyklist ska stanna, skyltning i cyklisternas synfält, det vill säga inte för högt, samt att det är tydligt till vem (cyklist eller lastbilsförare) som skyltningar och signaler riktar sig, se Bilaga "Studie 1, Utvärdering av tre varningssystem, fokusgruppintervju m cyklister".

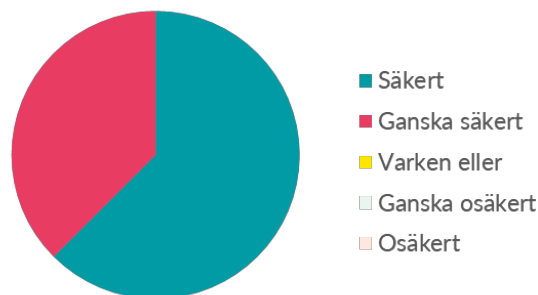
Den andra utvärderingen av varningssystem för cyklister som passerar en ut-/infart vid en byggarbetsplats genomfördes med 13 cyklister vid Ramudden AB:s depå på Exportgatan i Göteborg. Platsen var uppbyggd att likna en "verklig miljö" vid en ut-/infart vid en byggarbetsplats. Cyklisterna fick cykla förbi när en lastbil var på väg in till byggarbetsplatsen, respektive på väg ut från byggarbetsplatsen. Cyklisterna fick cykla både med och utan varningssystemet aktiverat.

Data samlades in via frågeformulär och skattningsskalor om hur säkert det kändes att cykla förbi, vilka problem de upplevde, om de visste vem som hade väjningsplikt, samt hur varningssystemet kunde förbättras. Data samlades också in om cyklisternas beteende, till exempel om de stannade eller inte stannade vid signalerna. Resultaten visade bland annat att cyklisterna upplevde det säkrare att cykla förbi in-/utfarten till byggarbetsplatsen med varningssystem jämfört med att cykla förbi utan varningssystem (se Figur 28 för att se hur cyklisterna upplevde säkerheten i fallet med respektive utan varning då lastbilen svängde höger in på byggarbetsplatsen). Cyklisterna stannade i högre grad för både inkommande och utgående lastbil med varningssystemet jämfört med utan varningssystemet. Samtidigt uppgav cyklisterna att det var svårt att veta vad de förväntades göra med den information som de fick av varningssystemet och vem varningen riktade sig till, framför allt vid utgående lastbil, se Bilaga "Studie 2, Resultat, utvärdering av varningssystem för cyklister".

Hur kändes det att passera utfarten?
Lastbil på väg in (högersväng, utan varning)



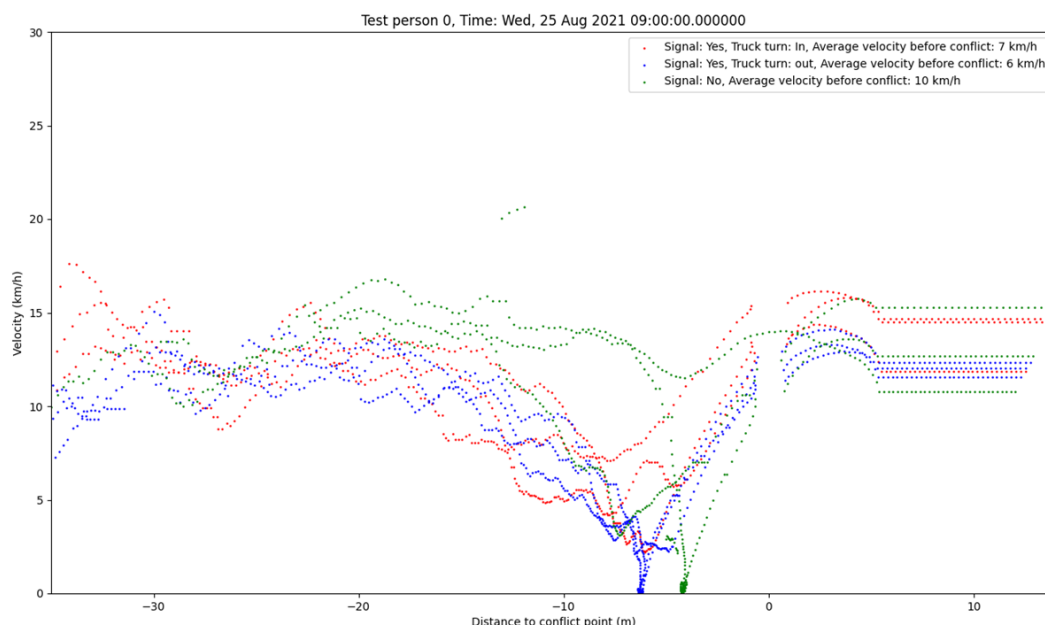
Hur kändes det att passera utfarten?
Lastbil på väg in (högersväng, med varning)



Figur 28 Cyklisternas upplevelser av säkerheten vid passage av utfarten då lastbilen kör in (högersväng) med resp. utan varningssystem

I samband med försöket med de 13 cyklisterna samlades hastighetsdata in med Viscandos sensorer. I Figur 29 redovisas hastigheten som funktion av avstånd till konfliktpunkt för en testpersons olika testsituationer, med och utan varning och när lastbilen kör in eller ut från byggarbetsplatsen. I fallet med varning där lastbilen ska svänga in på byggarbetsplatsen (röda kurvor) har cyklisten inte stannat utan istället anpassat sin hastighet när hen närmar sig konfliktpunkten. I fallen utan systemet aktiverat (grön kurva) har cyklisten stannat en gång (inkommande lastbil) och hållit en relativt jämn hastighet en gång (utgående lastbil).

I Tabell 9 redovisas en sammanställning av testpersonernas stoppbeteende inför konflikt med inkommande/utgående lastbil i situationer när varningssystemet är på respektive av. När varningen är avstängd är det sex (46 %) av testpersonerna som väljer att stanna vid inkommande lastbil med ett medelavstånd till konfliktpunkten på 5,9 meter medan det för utgående lastbil endast är två (15 %) som stannar och medelavståndet är ungefär detsamma (5,8 meter). När varningen är påslagen ökar andelen som stannar till 62 procent vid inkommande lastbil och till 46 procent vid utgående lastbil. För inkommande lastbil ökar även avståndet till konfliktpunkten till åtta meter när varningen är på, medan avståndet mellan stopp- och konfliktpunkt är ungefär detsamma oavsett om varningen är på eller inte i fallet med utgående lastbil (6,1 m jämfört med 5,8 m).



Figur 29 Hastighet som funktion av avstånd till konfliktpunkt för testperson 0 för olika situationer, med och utan varning och när lastbilen kör in eller ut från byggarbetsplatsen.

Tabell 9 Sammanställning av testpersonernas stoppbeteende inför konflikt med inkommande/utgående lastbil i situationer när varningssystemet är på respektive av.

	Varning av		Varning på	
Testperson	Inkommande lastbil	Utgående lastbil	Inkommande lastbil	Utgående lastbil
Medelavstånd (meter)	5,9	5,8	8,0	6,1
Andel som stannar	46%	15%	62%	46%

I Tabell 10 redovisas en sammanställning av testpersonernas medelhastighet inför konflikt med inkommande/utgående lastbil i situationer när varningssystemet är på respektive av. När varningen inte är på är cyklisternas medelhastighet 9,9 km/tim i området 3 – 20 meter innan konfliktpunkten. När varningen är på minskar medelhastigheten hos cyklisterna till 6,1 km/tim i fallet med inkommande lastbil och till 7,6 km/tim i fallet utgående lastbil.

Tabell 10 Sammanställning av testpersonernas medelhastighet inför konflikt med inkommande/utgående lastbil i situationer när varningssystemet är på respektive av.

Testperson	Medelhastighet innan konfliktpunkt (km/tim)		
	Ingen varning	Varning Inkommande lastbil	Varning utgående lastbil
0	10	7	6
1	7	5	5
2	10	7	7
3	11	6	8
4	11	6	7
5	11	7	9
6	7	5	8
7	11	6	8
8	8	7	8
9	10	6	8
10	10	4	10
11	10	6	8
12	13	7	7
Medelhastighet totalt (km/tim)	9,9	6,1	7,6

5.3.2 Resultat avseende lastbilsförare

Varningssystem utvärderades även av lastbilsförare, här finns dock inga hastighetsdata från Viscandos sensorer. En enkät (online) skickades ut via Sveriges åkeriföretag och Ramudden AB. Enkäten besvarades av 10 förare. Enkäten omfattade bland annat tidigare erfarenheter, upplevda problem och svårigheter vid in- och utfarter vid byggarbetsplatser. Resultaten visade att respondenterna ofta upplevde svårigheter vid in-och utfarter vid byggarbetsplatser, till exempel att kunna se ankommande cyklister och osäkerhet om cyklister tänker stanna eller inte. I enkäten visades även två animerade videor som visade ett varningssystem ur förarens perspektiv inifrån lastbilshytten, dels när hen kör ut från byggarbetsplatsen, dels när hen kör in till byggarbetsplatsen. Respondenterna hade möjlighet att se videorna flera gånger och sedan svara på frågor om varningssystemen utifrån bland annat styrkor, svagheter och förbättringsförslag. Resultaten visade att respondenterna tyckte att varningssystemet för att köra ut från byggarbetsplatsen var tydligt och gjorde situationen säkrare. Varningssystemet för att köra in till byggarbetsplatsen upplevdes också göra situationen säkrare, men att det samtidigt kunde vara otydligt vem varningssystemet riktade sig till (lastbilsföraren eller cyklisterna), se Bilaga "Studie 3, Varningssystem för lastbilar vid byggutfarter".

En andra utvärdering med lastbilsförare genomfördes vid Ramudden AB:s depå på Exportgatan i Göteborg som var uppbyggd att likna en "verklig miljö" vid en ut-/infart vid en byggarbetsplats

(liknande som vid utvärderingen med cyklister). Samtliga lastbilsförare var vana att köra i stadsmiljö och hade erfarenheter av in- och utfarter vid byggarbetsplatser. Totalt deltog nio lastbilsförare. Data samlades in via frågeformulär och skattningsskalor om hur säkert det kändes att köra genom in-utfarten, vilka problem de upplevde, om de visste vem som hade väjningsplikt, samt hur varningssystemet kan förbättras. Data samlades också in om deras beteende, till exempel om de stannade eller inte stannade vid signalerna.

Deltagarna körde först utan varningssystemen, både in till byggarbetsplatsen (högersväng), och ut från byggarbetsplatsen. Vid båda tillfällena kom en cyklist in i det så kallade konfliktområdet, det vill säga cyklade förbi utanför ut-/infarten. Sedan fick deltagarna köra med varningssystemen påslagna. Även nu kom en cyklist in i konfliktområdet. Resultaten visade att fler av deltagarna upplevde det säkrare att köra med varningssystemen jämfört med att köra utan varningssystemen. Varningssystemet för att köra ut från byggarbetsplatsen upplevdes effektivare jämfört med varningssystemet för att köra in till byggarbetsplatsen med avseende på tydlighet om vem varningssystemen riktade sig till. De problemområden som deltagarna tog upp handlade bland annat om skyltarnas och signalernas placeringar (bättre riktade mot lastbilen), veta vad de förväntades göra (stanna/köra), samt otydlighet i vem systemen riktade sig till, framför allt varningssystemet för att köra in till byggarbetsplatsen. Samtidigt tyckte deltagarna att varningssystemen var generellt bra och gjorde dem mer uppmärksamma, se Bilaga "Studie 4, Resultat utvärdering av varningssystem för lastbilar".

5.3.3 Sammanfattande slutsatser

Önskade effekter av systemet var att reducera antalet situationer med risk för kollision och eliminera faktiska kollisioner. Vidare önskades det att systemet skulle bidra till subjektivt upplevd ökad tydlighet, trygghet och komfort. Sammanfattningsvis visar såväl intervjustudierna som data från sensorerna att resultaten ligger i linje med de effekter som önskades från försöken. Varningssystemen ökade uppmärksamheten hos både cyklister och lastbilsförare och deras beteenden påverkades i en positiv riktning - de stannade eller saktade in för att undvika konflikt, samt att de generellt upplevde dem som "bra". Medelhastigheten hos cyklisterna i området 3-20 meter innan konfliktpunkten minskade när varningen var på; från 9,9 km/tim till 6,1 km/tim i fallet med inkommande lastbil och till 7,6 km/tim i fallet utgående lastbil. Samtidigt bör påpekas att resultaten visar att både cyklisterna och lastbilsförarna upplevde att varningssystemen inte var helt tydliga: dels vem de riktade sig till, dels vad de förväntades göra (stanna eller inte).

5.4 Regelverk och legala frågor

I följande kapitel ges en beskrivning av regelverksmässiga aspekter som är viktiga att ta hänsyn till vid utformning av en byggutfart och om vidareutveckling ska ske av det dynamiska varningssystem som testats i projektet. En juridisk fördjupning och bakgrund till analysen återfinns i Bilaga "Juridisk fördjupning".

5.4.1 Trafikförordningen (1998:1276)

I trafikförordningen finns regler för trafik. I trafikförordningen finns också en koppling till vägmärkesförordningen (2007:90). Enligt 2 kap. 2 § trafikförordningen ska en trafikant följa anvisningar som meddelas genom till exempel vägmärke, vägmarkering eller trafiksignal. Vidare finns det en inbördes hierarki mellan anvisningar (2 kap. 2–3 §§). Högst prioritet har polismans/vakts tecken följt av trafiksignal. Därefter kommer skylt och till sist trafikregel.

För cyklister gäller i stort samma trafikregler som för bilister. Båda är till exempel fordonsförare (1 kap. 4 §). För att undvika trafikolyckor ska en trafikant iaktta den omsorg och varsamhet som krävs med hänsyn till omständigheterna (2 kap. 1 §). Regeln innebär att trafikanter har skyldigheter mot varandra och behöver ta hänsyn till varandra för att undvika trafikolyckor. En fordonsförare ska också följa reglerna om väjningsplikt, vilket innebär att föraren i god tid ska sänka hastigheten eller stanna och får köra vidare endast om det kan ske utan fara eller hinder (3 kap. 5 §). När ett fordon kurs korsar något annat fordon ska så gälla i regel väjningsplikt mot det fordon som närmar sig från höger utom i vissa undantagsfall (högerregeln) (3 kap. 18 §). Men högerregeln upphör om utfartsregeln gäller. Utfartsregeln innebär att föraren ska lämna företräde åt alla andra fordon oavsett om de

kommer från höger eller vänster (3 kap. 21 §). En utfart kan till exempel vara från en parkeringsplats, garageutfart, cykelbana eller gågata.

När det gäller cyklister och väjningsplikt finns det tre olika situationer att hålla reda på med olika trafikregler; cykelbana, cykelpassage och cykelöverfart. Förenklat gäller för dessa: På en cykelbana har cyklister företräde framför bilister. Bilförare har alltså väjningsplikt mot de som befinner sig på cykelbanan. Vid obehövade cykelpassager ska däremot cyklisten lämna bilisten företräde. Men en bilist är skyldig att hålla uppsikt och släppa förbi de cyklister som har påbörjat överfarten. Vid en behövad cykelpassage ska bilisten, om hen svänger i en korsning, lämna cyklisten företräde. En cykelöverfart påminner om ett övergångsställe för gående. Vid obehövad eller behövad cykelöverfart ska bilisten alltid lämna företräde åt cyklisten (3 kap. 60–61 §§). Samtidigt ska cyklister ta hänsyn till övrig trafik vid passage (6 kap. 6 §).

Sammanfattningsvis ser reglerna för väjningsplikt olika ut för cyklisten. Det finns regler som utgår ifrån hur olika trafikanter placerar sig fysiskt till varandra till exempel högerregeln och så finns det regler som styrs av den miljö cyklisten vistas i till exempel regler för cykelöverfart. Transportstyrelsen har lämnat ett förslag på att avskaffa cykelpassager i syfte att få ett enhetligt regelverk.⁷ I stället ska bara cykelöverfarter finnas i framtiden.

5.4.2 Vägmarkesförordningen (2007:90)

Vägmarkesförordningen innehåller bland annat bestämmelser om anvisningar för trafik och utmärkning på väg genom vägmärken och tilläggstavlor samt trafiksignaler (1 kap. 1 §). Transportstyrelsen har även gett ut myndighetsföreskrifter såsom föreskrifter och allmänna råd om vägmärken och andra anordningar (TSFS 2019:74). Trafikverket har även gett ut en handbok för vägmärken (publikation 2009:15).

I 1 kap. 2 § vägmarkesförordningen finns kravregler på hur vägmärken och andra anordningar ska vara utformade. Kraven är enligt följande:

- Ett vägmärke ska ge vägledning, styrning och information för en effektiv och säker trafik.
- Vägmärken ska vara utformade och placerade samt vara i sådant skick att de kan upptäckas och förstås av de trafikanter som de är avsedda för.
- Vägmärken får inte sättas upp så att de innebär fara för eller onödigtvis hindrar trafikanter.
- Vidare ska särskild hänsyn tas till barn, äldre och funktionshindrade.

Vägmärken är standardiserade på så sätt att vägmarkesförordningen bestämmer hur ett vägmärke ska se ut och utformas samt vilken innebörd ett visst vägmärke har (1 kap. 4 §). Vidare finns vägmärken med olika syften bland annat varningsmärken, väjningspliktmärken, förbudsmärken, påbudsmärken, anvisningsmärke och upplysningsmärken (2 kap. 1 §). Dessa syften är i sin tur kopplade till bestämmelserna i trafikförordningen (1 kap. 9 §). Vägmärken kan kombineras med tilläggstavlor med anvisningar.

Varningsmärken varnar för en fara och upplyser om farans art (2 kap. 4 §). Det finns en mängd särskilt utformade varningsmärken för en viss fara till exempel A9 *varning för farthinder*, men det finns inget specifikt varningsmärke för byggutfart eller för tung trafik. I stället kan då skylten A40 *varning för annan fara* användas i kombination med tilläggstavla T 22 *text* som anger farans art "byggtrafik". En tilläggstavla ska ge kompletterande anvisningar till vägmärken.

Vägmarkesförordningen har tillkommit i en värld där vägmärken var analoga och statiska. Med hjälp av teknikutvecklingen har nya metoder för förmedling av trafikinformation skapats. Vägmärken kan idag vara digitala/elektroniska så kallade VMS-vägmärken, ett annat ord är omställbara vägmärken. Ett VMS-vägmärke kan vara en led-skylt där meddelanden enkelt kan ändras och uppdateras till

⁷ Transportstyrelsen (TSV 2019:5394) *Utredning behov av förenklade regler för eldrivna enpersonsfordon*

exempel skifta från text till bild eller släckas och tändas. VMS-vägmärket kan vara fast monterad på till exempel en stolpe eller monterad på ett rörligt fordon. Innehållet i ett VMS-vägmärke kan styras med signaler som kommer utifrån och kan på så sätt bli dynamiskt. De finns i två versioner; vägmärke och skylt. VMS som vägmärke kan visa vägmärkesbilder eller budskap med svart bakgrund, vita symboler och röd bård, eller med full färgåtergivning till exempel variabla hastighetsskyltar. De kan ha reglerande budskap, varnande budskap eller informerande budskap. VMS som skylt får ha relevant information för trafiken och som inte är vägmärken till exempel meddelande om restider. Det finns en europeisk standard för variabla meddelandeskyltar för väg, SS-EN 12966:2014 + A1:2019.

Transportstyrelsen skriver i sina föreskrifter och allmänna råd om vägmärken och andra anordningar (TSFS 2019:74) att lysande vägmärken och tilläggstavlor får i mindre omfattning avvika från vad som anges i vägmärkesförordningen (10 §). Vad som menas med mindre avvikelse är inte definierat, men antagligen syftar bestämmelsen till att endast marginella avvikelser är tillåtna. Vidare ska vägmärken och tilläggstavlor vara uppsatta minst en minut. Vid utmärkning av föreskrifter med särskilda trafikregler som över tiden varierar beroende av förhållanden på eller vid vägen eller vägsträckan får anordningen vara uppsatt kortare tid, om det kan ske utan fara för trafiksäkerheten (11 §).

5.4.3 Väglagen (1971:948) och reklamskyltar

Av intresse för detta projekt är också bestämmelserna om reklamskyltar längs vägar. Om vi inte har ett vägmärke eller en vägskylt blir det i stället en reklamskylt. Väglagen gäller för allmän väg (1 §). Till väg hör vägbana och övriga väganordningar (2 §). Vägområde utgörs av den mark eller det utrymme som tagits i anspråk för väganordning (3 §). Inom ett vägområde får det inte sättas upp en reklamskylt utan väghållarens tillstånd (43 §). Tillståndsgivningen är restriktiv och antalet reklamskyltar ska minimeras. Det är därför viktigt vid utformningen av ett vägmärke eller en vägskylt att den inte glider i väg och blir att betraktas som en reklamskylt.

5.5 Utvärdering och erfarenheter

Demonstrationen identifierade ambitiösa leverabler redan i samband med projektansökan (se kapitel 5.1.1). Vissa avgränsningar gjordes under demonstrationens genomförande. I ett tidigt skede fattades beslutet att inte implementera hjälmar, el-scootrar, cyklar eller appar i systemdesignen. Detta berodde huvudsakligen på följande faktorer:

1. Demonstrationen kunde inte identifiera någon given implementering som med stor sannolikhet skulle bidra till de systemkrav som demonstrationen formulerat.
2. Tekniken var inte tillräckligt mogen för att ge så precis data att den blev användbar i systemdesignen.
3. Det fanns ingen produkt/teknikrepresentant inom demonstrationen som kunde bistå med nödvändig utveckling/anpassning/integration.

I övrigt har demonstrationen i hög grad levererat inom de områden som definierades i projektansökan. Hela vägen till att definiera upphandlingskrav kom vi dock inte. Det närmsta demonstrationen kom var att formulera ett krav på dessa platser: "Byggutfarter i komplexa eller riskfyllda trafiksituationer ska ha aktiv reglering av samtliga passerande trafikflöden". Detta möjliggör allt från att använda flaggvakt eller flerfärgssignal till att implementera den typ av smart teknik som demonstrationen testade.

Det finns även fortsatta behov av att utveckla systemdesignen, både vad gäller mjukvara och hårdvara. Trots det har demonstrationen framgångsrikt testat och delvis validerat och verifierat en prototyp av systemet. I samband med detta har inte bara lärdomar om vilka krav som behövs ställas på denna typ av system, utan också mer kunskap om användaraspekter och acceptansen för lösningen genererats.

De huvudsakliga kraven på systemet var att det med hjälp av datadriven beslutsfattning i realtid kunna (1) höja säkerheten, (2) öka tryggheten och (3) öka framkomligheten.

Framkomlighetsaspekten var lägst prioriterat och också det krav som är svårast att kvantifiera och följa upp med de begränsade tester som genomfördes. Även om systemet kanske inte kan förbättra framkomligheten generellt på den givna platsen, så skapar systemet förutsättningar att prioritera framkomligheten för utvalda riktningar eller trafikantslag. Systemet tillåter också att under olika tider på dygnet prioritera olika trafikslag. Detta ger väghållaren en möjlighet att skapa incitament för byggherren att hålla sig till vissa slot-tider. På så vis får byggherren effektivare leveransflöden samtidigt som den tunga trafiken inte utgör en lika stor påverkan på oskyddade trafikanter under exempelvis rusningstrafik. Testpersonerna angav inte heller något som tydde på att systemet skulle upplevas som negativt ur framkomlighetsaspekt.

Att öka tryggheten, alltså en subjektivt upplevd förbättring för trafikanten, var det näst högst prioriterade kravet. Med tanke på testernas begränsade omfattning är alla resultat att bedöma som indikationer snarare än säkerställda resultat. Med det sagt så tyder testerna på att både lastbilsförare och cyklister ansåg att det upplevdes tryggare att trafikera byggutfarten med systemet än utan. Det förekom samtidigt en viss grad av upplevd otydlighet kring vilka trafikanter som berördes av olika vägmärken/signaler. En gissning är att detta delvis kan förklaras av att utformningen var ny, det fanns således begränsat med tidigare erfarenheter för testdeltagarna att använda sig av för att förstå/tolka situationen. Vissa fysiska begränsningar vid testplatsen medförde också att systemet inte utformades riktigt så som det var önskat. Avstånden mellan olika vägmärkesmontage blev begränsat och detta ökade risken att blanda ihop vägmärken/signaler. Detta resultat belyser också att små justeringar i vinkel, höjd och placering av olika vägmärken/signaler kan ha stor påverkan på hur trafikanten tolkar situationen. Det är därför viktigt att inte bara fokusera på kravställning av systemtekniska specifikationer utan även vara noga med utformningsaspekter om man ska implementera liknande system i en verklig trafiksituation.

Det högst prioriterade kravet var ökad säkerhet. Även här är det omöjligt att dra några definitiva slutsatser. Över lag pekade resultaten i en klart positiv riktning. Uppmärksamheten tycks öka med systemet, medelhastigheten tycks sänkas, stoppfrekvensen vid konflikt ökar. Samtidigt får man inte blunda för de risker som kan skapas av systemet. Om trafikanter börjar förlita sig allt för mycket på systemet och systemet brister, kan konsekvenserna bli allvarliga. Därför måste fail-safe lösningar för systemet utvecklas vidare och robustheten generellt förbättras. Detta var till och med något som testpersonerna själva påtalade. Att det fanns en risk att man förlitade sig för mycket på systemet.

5.5.1 Analys av den smarta byggutfarten i relation till gällande regelverk och praxis

Utgångspunkten i projektet är att dagens utformning av byggutfarter inte är tillräckligt säkra eller effektiva för cyklister. Projektet har därför utforskat hur en byggutfart i kombination med en cykelpassage kan utformas på ett nytt sätt med hjälp av dynamisk digital teknik. Problemet med skymd sikt har varit fokus i projektet. Det handlar både om döda vinkeln när en lastbil svänger höger in på byggutfarten och då korsar cyklistens väg, samt skymd sikt vid utfart från en byggutfart. Lösningen som demonstrerats i projektet kan beskrivas som trafiksäkerhetsinriktat förarstöd.

Efter genomgång av befintliga regelverk (se kapitel 5.4) blir det tydligt att detta i första hand fokuserar på beständiga utformningar/lösningar. Den grundläggande utmaning i projektet är att byggutfarter till sin natur är kortlivade och kräver tillfälliga lösningar. I detta ligger en komplex konflikt mellan det korta och långa perspektivet där det korta perspektivet är underutvecklat. Generellt saknas det särskilda lagar, förordningar och föreskrifter för utformning av en byggutfart, trots att en sådan plats är förenad med förhöjd risk för oskyddade trafikanter.

Transportstyrelsen har lämnat ett förslag på att avskaffa cykelpassager och att det i framtiden endast ska finnas cykelöverfarter. Utmaningen med cykelöverfarter är att de kräver en helt annan fysisk utformning och blir därmed kräver större ytor samt är en dyrare lösning än cykelpassager.

Risken med att kräva cykelöverfarter i samband med byggutfarter, som är kortlivade, är att de helt enkelt inte får plats eller anses bli för dyra. Resultatet riskerar då bli att byggutfarten i framtiden inte kommer att ha någon utformning alls riktad mot cyklister. Det gör det än viktigare att arbeta med frågan så att säkra byggutfarter för cyklister inte glöms bort för det fall att cykelpassager avskaffas i framtiden. Här kan man tänka två olika framtidsscenarier. I det ena scenariot byggs byggutfart i

kombination med cykelöverfart trots allt. Risken med en sådan utveckling är att de förbättringar som systemet ger försvinner delvis genom ändrat trafikbeteende hos trafikanter, alltså att cyklister litar mer på systemet än på sina egna bedömningar (risk för kompositionseffekter) och att upptäckbarheten och möjligheten att uppfatta kollisionsrisk fortsatt utgör en risk även om väjningsförhållandena kan ha förtydligats. I det andra scenariot görs inga anpassningar vid byggutfarter för cyklister längre. En sådan utveckling behöver inte vara helt negativ eftersom det kan innebära att trafikanter blir extra vaksamma vid byggutfarter och visar varandra mer ömsesidigt hänsynstagande. Detta kan dock innebära att platserna blir svåra att upptäcka och att risken för kollision mellan cyklist och byggtrafik kvarstår. Den optimala lösningen ligger antagligen någonstans mellan dessa scenarios.

För att bedöma om den demonstrerade lösningen är på rätt väg går det att utgå ifrån de krav som ställs i 1 kap. 2 § vägmärkesförordningen, se avsnitt 5.4.2. Den punkt som var enklast att uppfylla i demonstrationen var framkomlighet. I denna del har försökspersonerna inte framfört några synpunkter. När det gäller övriga punkter har försökspersonerna framfört synpunkter.

En anledning till att Transportstyrelsen vill avskaffa cykelpassager är att myndigheten vill ha enhetliga väjningsregler till skillnad från idag där reglerna för cykelpassage respektive cykelöverfart är olika. Vid intervjuer har försöksdeltagarna uttryckt att de var osäkra på vilka väjningsregler som gällde för situationen som testades. Om det berodde på att de inte hade tillräckliga förkunskaper eller om den demonstrerade lösning var otydlig är oklart. Oavsett vilket är det viktigt att betona att byggutfart med cykelpassage utformas så att trafikanterna snabbt, tydligt och säkert kan uppfatta vilka regler som gäller på platsen för att förhindra trafikolyckor. Även en 12-årig cyklist utan trafikutbildning behöver förstå hur byggutfarten är tänkt att fungera och vem som kör när. Det är också viktigt att platsen utformas så att den överensstämmer med trafikregler som gäller för situationen (samspel, vägmärken och trafikregel).

Vägmärken är ett inarbetat internationellt språk och standardiserade VMS-skyltar öppnar upp för helt nya typer och utformningar av vägmärken. Det kan vara både en fördel och en nackdel. I projektet testades initialt en VMS-skylt med en avbildning av ett timglas där sanden rinner ut. Försökspersonerna uppgav att VMS-skylden var tvetydig. Skulle försökspersonen agera under tiden sanden rann i timglasets eller vänta och agera först när sanden runnit ut? Timglasets togs därför bort ur systemet inför användartesterna. Demonstrationen i projektet visar på vikten av att testa olika utformningar av VMS-skyltar med försökspersoner för att identifiera budskap som inte fungerar som det var tänkt.

Enligt Transportstyrelsens regelverk ska vägmärken vara uppsatta minst en minut. I demonstrationen var VMS-skylden tänd mindre tid än 60 sekunder. Kravet att en VMS-skylt ska vara tänd längre tid än 60 sekunder försvårar dynamisk styrning av trafiken i avseende relevant information i rätt tid till oskyddade trafikanter. I en stadsmiljö händer det mycket på en minut. Det behövs mer regler kring digitala vägmärken såväl som avancerade tekniklösningar för att styra digitala vägmärken.

Projektet heter Smarta urbana trafikzoner. Byggutfarten med omgivning har i demonstrationen utgjort en smart trafikzon. Ett krav på vägmärken är att de ska vara effektiva. Frågan blir då var gränsen för en smart zon går, för att den ska vara effektiv. När är det optimalt att aktivera ett system? Antagligen kommer en zons storlek att bero i vilken kontext den är placerad i.

5.5.2 Utmaningar från testresultaten

En viktig fråga som kom upp under testerna är om varningssystemen kan ge upphov till nya risk-situationer. Om de är utformade att aktiveras vid en annalkande konflikt mellan cyklist och lastbil. Vad händer då om varningssystemen av någon anledning inte aktiveras (fel på sensorer, strömavbrott, mjukvara m.m.). Kan lastbilsföraren (eller cyklisten) tro att det är fritt att köra och därför inte ser sig för, eftersom de litar på att varningssystemet varnar dem?

Utmaningarna för funktionaliteten ligger i detekteringen av ingående tunga fordon. Detta är avgörande för att kunna tända varningen för oskyddade trafikanter med önskvärd framförhållning samt att kunna tända stoppsignal för byggtrafik (alt. oskyddade trafikanter) vid rätt tillfällen. Etableras

separata svängfält går detta att lösa genom fysisk utformning, annars måste systemet kunna prediktera vilka fordon som ska svänga innan de börjar svänga.

Platsens komplexitet och det stora antalet olika situationer som kan uppstå ställer höga krav på såväl sensorerna som genererar indata såväl som de algoritmer och regler som ska generera utdata baserat på komplexa indata. En annan utmaning är visualiseringen av olika trafikanter och deras rörelse i den så kallade "live sändningen". Här behöver stora mängder komplexa data kunna illustreras/visualiseras på ett sådant sätt att det på bara någon sekund går att utläsa viktig information utan att tappa uppmärksamheten på trafiken.

Även den fysiska utformningen och placeringen av olika vägmärken, lyktor och VMS:er är av stor betydelse då små förändringar kan ha stor påverkan på upptäckbarhet och förståelse. Något vi märkte i våra tester.

5.5.3 Utvecklingsområden för uppskalning/implementering

För att kunna implementera systemet i verklig trafikmiljö ses två olika tillvägagångssätt, (1) skala ner systemet eller (2) utveckla systemet och genomför mer storskaliga tester.

Att skala ner systemet till att bara reglera utgående tung trafik är det enklaste tillvägagångssättet om man vill kunna implementera systemet i verklig trafikmiljö. När systemet testades genererades klart bäst resultat för situationen med reglering av utgående tung trafik (från både cyklister och lastbilsförare). Samtidigt är komplexiteten för såväl hårdvara (sensorer) och mjukvara (algoritmer och regler) klart lägre i den begränsade implementeringen. Systemet slipper hantera utmaningar med prediktering av svängande fordon, antalet utsignaler från systemet begränsas till att bara gälla ett flöde, i stället för att behöva hantera fyra flöden. Antalet vägmärken och signaler begränsas också till två wigwags som placeras innanför utfarten riktade in mot bygget. Regler och algoritmer blir enklare att anpassa då användarfallen kan begränsas avsevärt. Utanför byggutfarten kan man egentligen använda traditionell utformning med vanliga varningsmärken, samtidigt som regleringen och trafik-säkerheten kraftigt förbättrats när systemet kan säkerställa att tunga fordon inte kör ut samtidigt som oskyddade trafikanter passerar utanför. I detta scenario har man dock fortfarande inte hanterat problematiken och riskerna som är förknippade med högersvängande tung trafik på väg in till bygget. Det går dock att välja att förbjuda högersväng in till bygget och styra bygglogistiken via andra tillfartsrutter. Beroende på hur sensorerna placeras finns här en möjlighet att samla in viktiga data för att vidareutveckla systemarkitekturen och algoritmer för att senare bygga ut systemet i sin helhet.

Det andra alternativet handlar om att utveckla systemet genom förbättrade algoritmer, utveckling av sensorer för sömlös integration i realtid, implementation av ett stort antal användarfall, robusthetsåtgärder med mera. Detta måste göras i samband med utökad testning av såväl systemfunktion som beteendeanalyser. En fortsättning av den validering och verifiering som påbörjats inom denna demonstration är då nödvändig. Kraven som vi tagit fram bör preciseras ytterligare och brytas ner till kriterier som i hög utsträckning är mätbara och kan utgöra underlag för kravställning i samband med upphandling. Detta alternativ är kostsamt och på flera sätt resurskrävande.

5.5.4 Finns det någon framtid eller marknad för det testade systemet

Enligt redovisningen ovan krävs det en del resurser för att färdigställa systemet som testades i denna demonstration för implementering i verkliga trafikmiljöer. Samtidigt finns det incitament för ett flertal aktörer att investera i detta. Genom tekniken har vi möjligheten att minska faktiska olyckor och dödsfall, vilket hela vägghållar- och transportsektorn har en ambition att göra. Skulle svenska vägghållare skärpa kravställningen på utformningen av byggutfarter i linje med "Byggutfarter i komplexa eller riskfyllda trafiksituationer ska ha aktiv reglering av samtliga passerande trafikflöden", skulle detta medföra kostnader för byggbranschen då det i dagsläget skulle resultera i ett större antal platser som behövde regleras med vakter.

Det är inte osannolikt att det hade blivit avsevärt mycket billigare att installera ett system likt det som testats i denna demonstration. Fördelarna är också flera, risken för mänskliga brister minskar, risken att utfarten trafikeras när flaggvakter inte är på plats försvinner och kostnaderna består främst av

installationskostnaden. Ju längre arbetet håller på desto större blir besparingarna i relation till att använda flaggvakter. Det minskar också risken att flaggvakterna förolyckas (en arbetsgrupp som har hög andel trafikrelaterade arbetsplatsolyckor, samt utsätts för hot och våld i stor utsträckning jämfört med andra yrkesgrupper). Smarta zoner likt det som testats i denna demonstration går sannolikt att implementera med anpassad utformning även vid andra komplexa situationer i stadsmiljön.

6 Teknisk lösning och digital infrastruktur

Detta kapitel lyfter fram några områden som behöver adresseras för att möjliggöra en bredare uppskalning av de lösningar som har demonstrerats inom Smarta urbana trafikzoner. Kapitlet bygger på övergripande slutsatser och erfarenheter från alla tre demonstrationer och kan användas som vägledning för väghållare som vill använda sig av smarta zoner i det urbana transportsystemet – bland annat genom att identifiera vad som är viktigt att krävställa i en upphandling för att upprätta en smart zon. Notera att dessa slutsatser inte är beroende av storleken på den smarta zonen eller trafikflödet på den aktuella platsen – slutsatserna kan därför anses vara generella och gemensamma för alla väghållare i urbana miljöer.

6.1 Teknisk lösning i projektet

En generell uppskalning av piloterna i projektet ställer krav på att alla fordon av en viss fordonstyp (till exempel lastbilar) utbyter data och integrerar med geofencinglösningen – inklusive utlandsregistrerade fordon, från alla fordonstillverkare. För att åstadkomma detta krävs förståelse för vad som skulle motivera fordonsägare eller fordonstillverkare att vilja dela denna information med den part som upprättar geostaketet och den smarta zonen. Beroende på tillämpning och affärsmodell kan denna funktionalitet etableras av väghållare (kommuner eller Trafikverket), transportköparen eller som en tjänst i ett fleet management system. Rent praktiskt fungerar det genom att en systemlösning (i detta projekt integrationsplattformen) tillhandahåller API:er som fordon eller fordonstillverkare kopplar upp sig mot för att hämta information om geostaketet – till exempel zonens utformning och gällande hastighetsgränser. Detta tillvägagångssätt innebär att den som tillhandahåller ett API enbart offentliggör data och möjliggör en styrning med hjälp av geofencing; det är upp till fordonstillverkare eller fordonsägare att nyttja denna styrning i fordonet.

Eftersom de demonstrationer som genomförts inom Smarta urbana trafikzoner bygger på datadelning mellan fordon, fordonsleverantörer, sensorer, uppkopplade VMS-skyltar, systemleverantörer och väghållare blir frågor om just datadelning, ägandeskap av information, efterlevnad av dataskyddsförordningen (GDPR) samt informationshantering centrala för att möjliggöra en bred implementering av de lösningar som demonstrerats inom projektet.

6.1.1 Datadelning

Inom projektet har överenskommelser träffats mellan deltagande parter om att dela den information som krävs för att möjliggöra piloterna. Detta innebär att de fordonsägare (HAVI, Martin&Servera, Dagab, MLogistics) som deltar i projektet har gett tillstånd till Scania (fordonstillverkare) att kommunicera deras data från Scantias system till Technolutions integrationsplattform. Det finns dessutom en överenskommelse (Scania Privacy Statement⁸) mellan Scania och fordonsägaren som reglerar hur fordonsdata får lov att hanteras. Det är möjligt att utformning och innehåll i denna överenskommelse kan påverkas eller behöva ses över för att i framtiden möjliggöra storskaliga geofencinglösningar.

Trafikverket och deltagande städer tillgängliggör information om vägnätets utformning (via NVDB⁹), lokala trafikföreskrifter och godkända dispenser. All information är idag inte maskinläsbar och det är upp till den aktör som hämtar informationen att säkerställa att den håller tillräcklig kvalitet samt att omsätta den till fordonen.

I Technolutions integrationsplattform kombineras information från olika källor och därefter förmedlas geofencingrelaterad information tillbaka till fordonet, till exempel vilken hastighet som fordonet ska hålla inom zonen. Informationen från fordonstillverkare till integrationsplattformen är pseudonymiserad genom att alla fordonsidentifierare ersätts med slumpmässiga identifierare, vilket

⁸ Scania. Scania Privacy Statement. Scania. 2022

⁹ Nationell vägdatabas

garanterar att GDPR-lagstiftningen efterlevs. Även de data som samlas in av Viscandos sensorer är GDPR-säkrade från källan.

6.1.2 Data inom projektets demonstrationer

Eftersom geofencinglösningarna som demonstreras inom Smarta urbana trafikzoner främst påverkar hastigheten för de geofencade fordonen aktualiseras frågan om hur information om fordonens hastighet kan, och får, hanteras. Det är möjligt att reglera detta med avtal mellan medverkande parter för att registrera vilken hastighet och position ett enskilt fordon har vid en given tidpunkt i syfte att föra statistik om hur fordonen beter sig, samt förmedla geofencinginformation till fordonet under demonstrationens genomförande.

Denna information övergår dock till att bli känslig information i de fall som fordonen framförs i en högre hastighet än den föreskrivna eftersom detta de facto innebär insamling av information om brott. Denna typ av information får väghållare inte hantera och det kan även vara känslig information för en arbetsgivare att samla in.

I Sverige har inte väghållaren någon kontrollbefogenhet, den rätten har enbart Polismyndigheten. Väghållaren ska inte övervaka och samla in data om hur en transport har genomförts, till exempel gällande hastighet eller om ett beslut om transportdispens har efterlevts. För att det ska vara möjligt att nyttja information från geofencingsystem i tillsynssyfte behöver därför Polismyndigheten vara involverad och intresserad av att ta hand om data som visar på en lagöverträdelse. Om data ska användas som bevis för att ett brott har begåtts behöver informationen anses vara tillförlitlig, exakt och trovärdig för detta syfte. Denna fråga är inte unik för det svenska transportsystemet, en fördjupning i hur koncept för datadelning utvecklas, med exempel från hur Australien arbetar med frågan, finns i Bilaga "Utveckling av informationshantering inom och från den smarta zonen". I projektet är det främst inom demonstrationen "Innovationszon Hornsgatan" som fordonens hastigheter har studerats, men då endast genom att mäta antal hastighetsöverträdelser som skett inom zonen, se kapitel 3.3.

6.1.3 Erfarenheter och reflektioner från demonstrationerna

Demonstrationerna i projektet Smarta urbana trafikzoner och erfarenheter från den systemlösning som använts visar att det inte första hand är utmaningar kring att integrera system och plattformar som behöver lösas för att möjliggöra en uppskalning. Väghållare behöver utveckla sitt arbete med trafikstyrning och trafikledning samt utformning av olika platser i transportsystemet. Detta innebär en kombination av behov gällande:

- **förändringar i lagar och förordningar.** Särskilt de som möjliggör en mer standardiserad informationsöverföring mellan alla fordon, oavsett fordonstillverkare och vilket fleet management system som används.
- **interna processer, arbetssätt och ansvarsfördelning** inom väghållarens organisation. Vem som har ansvar för ett område och hur det området definieras i en organisation påverkar möjligheten dra nytta av de möjligheter som geofencingteknik och smarta zoner kan medföra. Det skulle till exempelvis vara tekniskt möjligt att återkoppla aggregerad information om vilka laster som har transporterats inom en smart zon till väghållaren. För att detta ska ske, och den informationen ska komma till nytta inom till exempel planering av underhåll eller analyser av hur transportsystemet nyttjas, behöver det finnas organisatoriska kopplingar mellan till exempel de som arbetar med dispenshantering och de som ansvarar för underhållsplanering.
- **kännedom om potential och nyttor** som smarta zoner kan bidra med. En stor del i att smarta zoner ska nyttjas handlar om att de som planerar transportsystemet ska välja att upphandla eller på annat sätt upprätta dessa typer av lösningar. Det sker enbart om de som planerar transportsystemet känner till möjligheterna som finns och vad som krävs för att kravställa en sådan upphandling.

6.2 Vägledning för implementering hos väghållare

När projektet Smarta urbana trafikzoner planerades var ambitionen att "utarbeta specifikationer och krav för en digital lösning och dataprotokoll som möjliggör implementering av smarta zoner baserat på befintliga standarder". Under projektets gång visade det sig dock att det i detta skede är rimligt att nyttja erfarenheter från projektet för att identifiera vad som är viktigt att kravställa i en upphandling, eller tänka på i utveckling av smarta zoner, snarare än att utforma färdiga krav. Beskrivning av integrationsplattformen som använts i projektet återfinns i Bilaga "Systemspecifikation" och kan användas som utgångspunkt i att utforma kravställning av smarta urbana trafikzoner.

6.2.1 Stöd på vägen i att utforma kravställning och utveckla smarta zoner

Använd standarder och öppna format

Erfarenheter från de genomförda demonstrationerna visar på att det i upprättandet av smarta zoner är en fördel att nyttja standarder och öppna format så långt som möjligt. Dels för att inte låsa sig till en specifik teknik eller teknikleverantör, dels för att underlätta successiva justeringar eller påbyggnationer i de tekniska lösningarna – till exempel anpassa hur aktivitet inom den geofencade zonen illustreras grafiskt, att kunna utöka funktionaliteter inom zonen eller koppla ihop flera zoner med varandra.

Den digitala lösning som används inom Smarta urbana trafikzoner är modulär och ska kunna byggas ut och skalas upp. Därför har teknikleverantörerna i projektet (Technolution, Viscando och Scania) gjort ett aktivt val att använda sig av öppna standarder. Zonerna beskrivs enligt informationsmodellen DATEXII och koordinaterna definieras enligt WGS84-standard, en teknisk specifikation för detta utbyte återfinns i Bilaga "Push API from Scania to SMUTZ".

Ta ställning till i vilken grad olika system behöver integreras

En följdfeffekt av att nyttja standarder och öppna format är att det blir enklare att integrera olika system med varandra. Det är dock inte säkert att det alltid är värdeskapande att integrera systemlösningar, utan detta beror på vilken arbetsinsats som krävs för detta, samt i vilken utsträckning som systemets input förändras – därför behöver integration mellan system vara ett aktivt val.

Möjlighet att integrera system med varandra beror även på hur ekosystemet för datautbyte är utformat och om det finns funktionalitet hos väghållarens system att integrera med andra system. För att detta ska vara möjligt krävs till exempel avlämningspunkter för data och tillgång till API:er.

Behov av utvecklade arbetssätt hos väghållare

Inom demonstrationen "Säkra byggplatsutfarter" används en lokal systemlösning, det finns därför inte någon större nytta i att den integreras i väghållarens interna system utan den kan hanteras som en fristående teknik eller tjänst. Däremot krävs utvecklingsarbete kring besluts- och arbetsprocess gällande hur byggplatsutfarter utformas, för att identifiera när och hur lösning liknande den som demonstrerats i projektet ska vara en del i utformningen av en byggplatsutfart. Därför kan arbetet med trafikanordningsplaner (TA-planer) komma att beröras, det krävs också stöd för att avgöra hur en sådan lösning kan kravställas gällande vid vilken position för cyklist respektive byggplatstrafik som varningssignalen ska aktiveras.

Även demonstrationerna "Innovationszon Hornsgatan" och "Dispensgivna byggtransporter" visar på möjliga behov av utvecklade arbetssätt för att kunna dra full nytta av den information som förmedlas inom den smarta zonen. Till exempel medför möjligheten att få information om lastplatsers nyttjande nya möjligheter för staden att planera hur gaturummet används och information om vilka laster som passerar känsliga delar av stadens infrastruktur bidra i underhållsplaneringen.

Tydlig kravställning av systemet, med hjälp av funktionskrav

Eftersom tekniska lösningar kan byggas på många olika sätt är det att rekommendera att kravställning på de systemlösningar som används för att skapa smarta trafikzoner ställs som funktionskrav. Det är också viktigt att i en upphandling analysera på vilken nivå kravställning ska ske. Ett exempel är att den tekniska lösningen som helhet efterlever de krav som ställs i GDPR-

lagstiftning. Därför bör en detta krav ställas som ett funktionskrav på systemnivå och utformas utformad så att leverantören ska beskriva hur kraven uppfylls av de ingående tekniska komponenterna.

En stor utmaning i kravställning samt utveckling av regelverk är att det ännu inte finns någon generell standard för utbyte av data mellan fordon. Ett Fleet Management System kan anses vara ett standardiserat datautbyte, men det fungerar enbart vid kommunikation till och från fordon som använder sig av samma systemlösning. Därför finns det också en risk att funktionskrav kan bli för vaga för att möjliggöra en enhetlig tillämpning av geofencinglösningar liknande de som testas inom projektet och som inte är strikt begränsade till att enbart följa lagliga trafikkrav.

Den smarta zonen – ett verktyg, en tjänst eller en produkt?

Den som vill skapa smarta urbana trafikzoner behöver ta ställning till om det som ska genomföras är upphandling av ett verktyg för att hantera smarta zoner, tillgång till en tjänst, eller en systemlösning och komponenter som ska installeras hos väghållaren. Beroende på hur en smart zon definieras och hanteras inom väghållarens planering och hantering av transportsystemet påverkas ansvarsfördelning mellan beställare, leverantör och användare av zonen. Den som upprättar smarta zoner i transportsystemet bör därför säkerställa att det finns en tydlig definition av vad en smart trafikzon är och en strategi för hur dessa hanteras av verksamheten. Det finns behov av fortsatt arbete kring vad som är lämpligt att upphandla och hur smarta zonen definieras i det urbana transportsystemet.

6.2.2 Möjliga sätt att hantera datadelning vid implementering av smarta zoner

Det finns flera möjliga vägar framåt gällande datadelning mellan system och aktörer för geofencinglösningar. En kort summering av styrkor och svagheter för hantering av datadelning via avtal, lagkrav för geofencingteknik i fordon samt kravställning via trafikföreskrifter återfinns i Tabell 11.

Tabell 11 Möjliga sätt att hantera datadelning och dess fördelar respektive nackdelar.

	Styrkor	Svagheter
Avtal <i>Deltagande parter träffar avtal om hur datadelning ska ske inom den aktuella lösningen</i>	Möjligt att använda även utan standardiserade lösningar Anpassas till de unika förutsättningarna	Risk för lång handläggningstid vid bred implementering (många zoner = många avtal) Risk att hamna i en gråzon mellan upphandling och lagkrav gällande oklarheter för hur aktörer ska erhålla ersättning för den data som delas, myndighetens kostnader läggs indirekt ut till andra aktörer Risk att väghållare hanterar data om brott
Möjlighet att i trafikföreskrift ge undantag för geofencade fordon	Möjligt att använda genom att installera tredjepartslösning i ett fordon Tydlig koppling till väghållarens möjlighet att designa smarta zoner i urban trafikmiljö	Kan påverka kravställning på utformning av väginfrastruktur eller kommunikationsinfrastruktur
Lagkrav - obligatorisk geofencingteknik i fordon	Gäller för alla fordon och möjliggör en storskalig implementering av smarta zoner och geofencing	Kräver harmoniserad lagstiftning på EU-nivå Kan vara politiskt känsligt med tvingande förarstöd (visas bl.a i erfarenheter från arbete på EU-nivå om Intelligent Speed Assistance, ISA)

Sedan februari 2022 finns en EU-förordning om att väghållare ska tillhandahålla viss information om vägnätet och dess användning¹⁰. Det är alltid möjligt att reglera datadelning via avtal mellan deltagande parter i de fall som det rör sig om privata aktörer, medan det kan vara mer utmanade för myndigheter och andra offentliga aktörer att ingå avtal om datadelning. Detta på grund av flera anledningar:

- Myndigheter kan ta del av data från andra aktörer genom lagkrav eller genom upphandling, det finns alltså en skala här mellan tvingande och frivillig datadelning. I de fall där lagkrav finns kan aktörerna som levererar data ha rätt till en ersättning för det merarbete som detta innebär. I en upphandling så regleras detta i samband med kontraktstecknande. Avtal som inte initieras via en upphandling riskerar att hamna i en gråzon och det kan uppstå oklarheter kring vilken ersättning som ska ges och på vilket sätt aktuella data kan användas på. Myndigheterna riskerar alltså att förflytta kostnader från den egna verksamheten till andra aktörer i transportsystemet utan att dessa får en rimlig ersättning.
- Otydligheter i hur tvingande eller frivilligt det faktiskt är att dela data med myndigheten, det kan finnas risk för att aktörer stängs ute från den öppna marknaden. Detta är fallet om datadelning är ett tvingande krav för en aktör att få tillgång till transportsystemet, om den aktuella transporten inte har några alternativa vägar för genomförande.
- Vid hantering av individuella data riskerar väghållare att hamna i en situation där man hanterar data om brott. Ur väghållarens perspektiv är det därför ofta önskvärt att ta del av data på en aggregerad nivå.

6.2.3 Syfte med informationsinsamling

I en analys och kravställning av hur data hanteras inom, från och till de smarta zonerna som har demonstrerats i projektet är det nödvändigt att hålla isär olika typer av data. Beroende på vilken information som samlas in, i vilket syfte, samt vem som sedan använder informationen är det olika perspektiv som behöver hanteras inom ramen för datadelning mellan olika aktörer.

Information om hur fordon rör sig i staden – färdväg eller hastighet - som samlas in via de tekniska lösningar som utvecklats inom Smarta urbana trafikzoner kan användas i olika syften, till exempel:

- utfärda böter för otillåten parkering eller fortkörning (individuella data). Denna data kan då behöva vara tvingade att delas med sig av och det krävs att en kontrollmyndighet eller annan kontrollfunktion kan ta del av informationen.
- förstå slitage för att möjliggöra en effektiv underhållsplanering och för att förstå behov av åtgärder i transportsystemet (aggregerad data).
- stöd i produktionsplaneringen hos åkerier - både för att skicka hjälp till fordon som stöter på problem eller blir stående samt för att säkerställa att fordonen framförs på ett ansvarsfullt sätt (aggregerade eller individuella data).

Syftet för hur informationen ska användas blir avgörande för hur data kan delas, till vem och på vilket format (som individuella eller aggregerade data).

6.2.4 Informationssäkerhet

Informationssäkerhet är en viktig del av en organisations säkerhetsarbete och brister i denna kan leda till problem för verksamheten, bristande skydd för den personliga integriteten eller störningar i

¹⁰ Commission Delegated Regulation (EU) 2022/670 of 2 February 2022 supplementing Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council with regard to the provision of EU-wide real-time traffic information services. http://data.europa.eu/eli/reg_del/2022/670/oj

samhällsviktig verksamhet. För att säkerställa korrekt hantering av information görs en informationsklassning, klassningen hjälper till att välja rätt åtgärder för att skydda informationen. Säkerhetsklassningen bygger på att informationen analyseras och därefter märks med lämplig säkerhetsklass för att indikera om informationen är känslig eller inte.

Det finns två syften med att klassa information:

1. Att öka medvetenheten om vilka negativa konsekvenser som kan drabba en organisation om tillräckligt skydd av informationens konfidentialitet, riktighet eller tillgänglighet inte upprätthålls.
2. Att förstå och fastställa skyddsbehovet för den klassade informationen.

Olika organisationer ha olika rutiner för att säkerhetsklassa information. SKR har tagit fram verktyget KLASSA i detta syfte som används av Stockholms stad; Trafikverkets interna rutiner bygger på ISO 27000-serien som hanterar informationssäkerhet. Fördjupad information finns i Bilaga "Informationssäkerhet". Säkerhetsklassning utgår alltid från vad som är kritiskt för den egna organisationen och dess sammanhang, vilket innebär att samma typ av information kan värderas olika i olika organisationer.

Det är viktigt att tänka på att allt behöver säkerhetsklassas, det gäller all information och alla system, systemintegrationer, rutter och färdvägar. Även geografisk plats kan spela in i säkerhetsklassningen, till exempel Försvarsmaktens intressen. Annat som spelar in är om lösningen riskerar att begränsa eller röja information om andra verksamheter eller om möjligheter att genomföra transporter riskerar att begränsas i en kris eller vid förhöjd beredskap. I aktuellt projekt handlar det om en molnlösning vilket måste beaktas i en upphandling om informationen inte får hanteras i molnlösningar eller på servrar utanför Sverige. Vid användning av molntjänster är det viktigt att säkerställa att molntjänstleverantören uppfyller de krav som ställs på informationssäkerhet. Genom en informationsklassning, riskanalys och eventuell konsekvensbedömning går det att fastställa vilka krav som gäller för viss information och därmed även vilka tekniska, organisatoriska och juridiska åtgärder som måste vidtas för att informationen ska kunna behandlas i en molntjänst. Säkerhetsklassningar behöver alltid göras då det handlar om molnlösningar.

Det är viktigt att ta reda på vad syftet med systemet eller integrationen är samt vilken data som ska hanteras innan man påbörjar klassningen. Det är också viktigt att inte lägga sig på för hög säkerhetsnivå eftersom det kan bli dyrt att hantera och kan påverka bland annat genomförande och integrationen för lösningen.

6.3 Behov av fortsatt arbete

6.3.1 Trafikföreskrift som kravställer geofencade fordon

Ett framtida scenario är att trafikföreskrifter gör det möjligt att ge undantag till fordon som kan påverkas med geofencing. Trafikföreskrifter bör då även reglera den datadelning som krävs för att verkställa detta. Beroende på hur det aktuella geostaketet utformas kan detta innebära att trafikföreskriften också kravställer att fordonet ska vara uppkopplat eller på vilket format som information ska delas; vilket i sin tur kan påverka kravställning gentemot väghållaren för it- och kommunikationsinfrastruktur längs med vägnätet.

Denna typ av trafikföreskrifter finns inte i nuläget, men förslag i denna riktning har lämnats i infrastrukturdepartementets promemoria "Ansvarsfrågan vid automatiserad körning samt nya regler i syfte att främja en ökad användning av geostaket"¹¹. Ett sådan funktionskrav kan möjliggöras genom att en tredjepartslösning installeras i fordonet, därmed ställs inga krav på att Fleet Management System eller liknande tillhandahålls av alla fordonstillverkare. Det är dock viktigt att sådana

¹¹ Ds 2021:28. Ansvarsfrågan vid automatiserad körning samt nya regler i syfte att främja en ökad användning av geostaket.

föreskrifter inte blir ett handelshinder som stänger andra EU-aktörer utanför den svenska marknaden och hindrar fri rörlighet av varor och transporter inom EU.

6.3.2 Lagkrav för geofencingteknik i fordon

Ett annat scenario kan vara att geofencingteknik via lagkrav blir obligatorisk för alla fordon, vilket förmodligen är ett krav för att smarta zoner ska kunna nyttjas i stor skala av alla trafikantgrupper och fordonstyper. Detta skulle i sin tur kräva lagstöd på EU-nivå för tvingande datadelning, liknande lagstiftning om eCall¹². En viktig lärdom från förordningen om eCall är att framtida liknande lagstiftning bör bygga på funktionskrav istället för tekniska krav, detta för att undvika att lagstiftningen låser systemet till teknik som, med tiden, inte längre är den bästa på marknaden.

Förutom eCall finns även erfarenheter från arbetet på EU-nivå med ISA¹³ (Intelligent Speed Assistance) – förarstödsystem som är obligatoriskt i alla nya bilmodeller som säljs inom EU från juli år 2022. Systemet är dock inte tvingande, utan föraren kan alltid välja att åsidosätta systemet. Detta är ett politiskt vägval som EU har gjort, rent tekniskt hade det varit möjligt att göra systemet obligatoriskt att följa. Frågan är om samma logik gäller för geofencing av tunga fordon (vilket demonstrationerna i detta projekt handlar om) som för privatbilister som ISA riktar sig till.

Ytterligare ett exempel på regelverksutveckling som tyder på att det i framtiden kommer att finnas fler EU-krav gällande datadelning är Real Time Traffic Information Act¹⁴, som handlar om att fordon ska vara uppkopplade och dela information om deras geografiska position. Tanken är att detta ska träda i kraft från år 2028, men det finns fortfarande flera områden som behöver definieras innan detta regelverk är redo att rullas ut, bland annat vilken typ av kommunikationsteknik som ska användas för denna lösning. Real Time Traffic Information Act kommer troligen inte att ha från första början ha en direkt påverkan på möjligheten att etablera smarta zoner i urban trafikmiljö, men kan säkert bidra med en grund att bygga vidare från.

6.3.3 Kommunikation till och mellan fordon

För att smarta trafikzoner ska användas i större skala i urbana miljöer behöver kommunikationen till och mellan fordon utvecklas. Några områden som behöver utvecklas och standardiseras handlar om:

- Förmedla till trafikanter att området man befinner sig i är en smart zon och hur trafiken kan förväntas uppföra sig.
- Tydliga meddelanden till föraren av fordonet, till exempel gällande aktuell hastighetsbegränsning, så att denne inte får motstridiga budskap.
- Informationsöverföring till fordon från olika fordonstillverkare, alla fordon behöver kunna kommunicera med den smarta zonen. En storskalig och generell användning av smarta zonen kräver internationella lösningar och standarder, till exempel via EU-direktiv. Till detta finns på plats är det möjligt att använda smarta trafikzoner i mer begränsad omfattning, genom att arbeta med avtal och riktade upphandlingar.

¹² Regulation (EU) 2015/758 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2018 concerning type-approval requirements for the deployment of the eCall in-vehicle system based on the 112 service amending Directive 2007/46/EC

¹³ Commission Delegated Regulation (EU) 2021/1958 of 23 June 2021 supplementing Regulation (EU) 2019/2144 of the European Parliament and of the Council by laying down detailed rules concerning the specific test procedures and technical requirements for the type-approval of motor vehicles with regard to their intelligent speed assistance systems and for the type-approval of those systems as separate technical units and amending Annex II to that Regulation

¹⁴ European Commission. Safety-Related Traffic Information (SRTI) & Real-Time Traffic Information (RTTI). 2022.

7 Affärsmodeller och innovationsarbete för smarta zoner och geofence

Ett delmål i projektet var att ta fram en hållbar affärsmodell för uppskalning av smarta zoner och följande kapitel beskrivs detta arbete och vad det resulterade i.

I marknadsekonomier sprids innovationer genom kommersialisering av teknik och associerade tjänster. Forskning om kommersialisering indikerar att företag förlitar sig på en intern logik, ofta benämnd affärsmodell, för att avgöra hur de ska utveckla och implementera innovationer. Affärsmodellen beskriver hur ett företag genererar intäkter genom att skapa kundvärde på en konkurrensutsatt marknad. Affärsmodeller är således specifika för ett faktiskt eller fiktivt företag eller för en roll inom en kontext så som en industriell värdekedja eller ett nätverk av affärsrelationer. Utvecklingen av affärsmodeller är en iterativ process där en lång rad aktörer, exempelvis kunder, ägare och leverantörer, måste komma överens för att kommersialiseringen skall fortskrida. Affärsmodellsutveckling är resurskrävande och riskfyllt både för nya och väletablerade företag. På grund av detta används affärsmodellering ofta som ett sätt att testa hypoteser om hur ett företag bör agera.

Företag bär dock på ett institutionellt arv i form av exempelvis administrativa rutiner, avtal och normer. Detta arv avgör utrymmet som företag har att använda sin affärsmodell för att introducera och utveckla innovationer så som geofencing och smarta zoner. Utöver det institutionella arvet påverkar även attityder eller tidigare erfarenheter i valet av affärsmodell. Detta så kallade stigberoende gör att det krävs betydande utvecklingsarbete innan nya innovationer kan presenteras för kund. I projektet identifierades att det saknas kunskap om vilka incitament och affärsmodeller som kan vara aktuella för smarta zoner samt hur de ska utformas för att påskynda implementering.

Det finns vissa generella frågor som affärsmodellen alltid måste kunna besvara. Först och främst måste affärsmodellen beskriva de processer som ligger till grund för det värde som produkten eller tjänsten skall generera. Därtill måste överföringen av värdet till kund skildras, samt processen med vilken ett ekonomiskt värde fångas tydliggöras. Således används affärsmodellen för att besvara följande frågor:

- Vem är den tänkta ägaren av affärsmodellen?
- Vilka värden ger geofencing och smarta zoner upphov till?
- Vem är den tänkta kunden?
- Hur genereras och levereras värdet till kund?
- Hur kompenseras affärsmodellsägaren för det värde som skapas?

Då hållbarhet är ett ämne som inte bör separeras från övriga aspekter i affärsmodellen behandlas hållbarhetsrelaterade argument löpande i texten.

7.1 Metod

Tre arbetsmöten genomfördes vilka behandlade följande teman.

- I. *Innovationsdrivet värdeskapande* var det första arbetsmötet och det hade som mål att skapa en gemensam förståelse av de affärs- och verksamhetsrisker som uppstår för inblandade aktörer vid introduktion av tekniken.
- II. *Samarbetsorienterat innovationsarbete*, där målet var att skapa gemensam förståelse för hur näringsliv och det offentliga tillsammans kan skapa värde genom gemensamt lärande kopplat till geofencing.
- III. *Affärsmodeller för uppskalning*, där resultaten från föregående möten användes för att identifiera affärsmodeller och deras potential för uppskalning.

Arbetsmötena var två till tre timmar långa och fyllde två funktioner. Dels öppnade de upp för diskussion och reflektion över berörda teman, dels möjliggjorde de att deltagarnas perspektiv

dokumenterades. Empiri samlades huvudsakligen in genom anteckningar, därutöver användes digitala mötesverktyg så som Google Jamboard och Menti.

Utöver arbetsmötena genomfördes intervjuer med projektparter och experter aktiva i berörda områden. Intervjuerna skedde via länk och varade i 40 till 60 minuter. Totalt intervjuades 16 respondenter, 12 män och 4 kvinnor, och bland dessa var det en jämn fördelning mellan offentlig och privat sektor. Respondenterna företrädde 11 organisationer och bland dessa återfanns alla de organisationskategorier (myndigheter, forskningsinstitut, våghållare, fordonstillverkare, systemleverantörer, teknikleverantörer och distributörer) som deltog i projektet.

7.2 Resultat

Som en del av en övergripande digitalisering ska geofencing hjälpa Sverige att nå mål om trafik-säkerhet och hållbarhet. Geofencing och smarta zoner är koncept vilka kan realiseras genom en rad olika tekniska och beteendemässiga lösningar. De funktioner och tekniska principer som kan användas för att implementera geofencing är därtill i många fall välbeprövade. Geofencing ansågs därför vara en gammal teknik som fått ett nytt liv efter terrordådet i Stockholm 2017. Samtidigt är teknikmognaden i fordonsparken för låg för att de lösningar som testades inom projektet skulle kunna användas på en större skala. Därtill är de smarta zoner som kan etableras idag är något trubbiga vilket gör att nyttan begränsas i komplexa trafikmiljöer. Det finns därmed ett behov av att vidare-utveckla tekniken för att undvika problem som kan uppstå idag.

Både fordonstillverkare och andra aktörer erbjuder idag tjänster kopplade till geofencing. Efterfrågan på dessa typer av tjänster varierar kraftigt mellan geografiska marknader och kundsegment beroende på teknikmognad och reglering. I Europa ställs exempelvis allt oftare krav på tysta och miljövänliga person- och godstransporter vilket gör att efterfrågan på geofencing ökar, speciellt för stadsbussar. Skillnader förväntningar på tunga transporter gör även att användningen av geofencing varierar mellan regioner och städer i ett och samma land. Den splittrade bilden till trots förväntas geofencing spela en betydelsefull roll i utvecklingen mot ett transportsystem med autonoma fordon. Förberedelser för autonoma fordon ansågs dessutom möjliggöra för en ökad användning av smarta zoner speciellt då användandet av geofencing i längden förväntades appliceras även på personbilar.

7.2.1 Huvudsakliga aktörer

Då de aktörer som interagerar med ett geofence varierade demonstrationerna emellan behövs det en nomenklatur för de roller som associeras med tillhandahållandet av de tjänster som testats. De generella roller som identifierades i demonstrationerna är uppdragsgivare, utförare, system-administratör och intressenter. Uppdragsgivare är huvudman till utföraren och är den som abonnerar på ett geofence. I demonstrationerna var uppdragsgivarna distributörer men de kan exempelvis vara ett taxi- eller bussbolag som har chaufförer vilka arbetar inom ett geofence. Uppdragsgivaren definierar utförarens aktiviteter inom den smarta zonen men har inget ansvar för zonen som sådan. Utföraren har uppdrag som definieras av uppdragsgivaren och i demonstrationerna är utförare därmed chaufförerna som framförde fordon i zonerna. Utföraren är ansvarig gentemot uppdragsgivaren när det gäller de aspekter av uppdraget som stipulerats av uppdragsgivaren men svarar även mot den som ställt upp zonen och de regler som gäller där. Chauffören bär således ansvar för att fordonet framförs i enlighet med de trafikregler och eventuella ytterligare regler som finns i zonen. Systemadministratören etablerar och upprätthåller ett geofence, ger riktmärken för hur utföraren skall agera inom zonen, kontrollerar att beteendet matchar förväntningarna samt återrapportera eventuella avvikelser till uppdragsgivaren. Intressenterna är de som befinner sig i eller i närheten av zonen och påverkas av utförarens agerande, samt av det som regleras av geofencing. Även om det är utförarens ansvar att följa reglerna är det möjligt att både uppdragsgivaren och administratören associeras med utförarens beteende och det geofencade området som sådant.

7.2.2 Möjliga ägare av affärsmodellen

Geofence och smarta zoner behöver omfattande hårdvaru- och mjukvarusystem för att kunna drivas men när tekniken väl finns på plats kan dessa tjänster erbjudas av aktörer utan ytterligare investeringar infrastruktur. Användare berörs därtill enbart av de zoner som de är kopplad till vilket

gör att det är möjligt för flera zoner att överlappa varandra och existera parallellt. Den ringa etableringskostnaden för enstaka geofence samt det faktum att smarta zoner kan upprättas utan någon juridisk prövning gör att tröskeln för etablering av geofence är låg. Således är det möjligt för ett stort antal aktörer att etablera geofence och skapa tjänster som de inte behöver dela med andra. Fysisk infrastruktur måste regleras på grund av att eventuella monopol riskerar att skapa samhällsmässiga välfärdsluster. En virtuell infrastruktur saknar flera av de karaktärsdrag som traditionell infrastruktur dras med. Potentiella kunder kan undvika geofencing eller använda sig av konkurrerande system utan att sanktioneras.

Geofencing är jämförelsevis attraktivt ur ett etablerings och driftperspektiv men saknar samtidigt den tvingande kapacitet som fysisk infrastruktur ger upphov till. Ägare av ett geofence kan därför förväntas ha större press på sig att erbjuda ett attraktivt kundvärde än vad som skulle vara fallet om ett jämförbart fysiskt infrastrukturensystem etablerades. Det monopol som ägaren av ett geofence har är därför mindre attraktivt ur ett intäktsperspektiv och ett geofencingsystem bör snarare liknas vid en klubb, i vilken medlemmarna deltar för att följa specifika regler, än en traditionell infrastruktur.

Systemadministratören sköter således kundernas klubbmedlemskap och gör uppföljning på efterlevnaden av de regler som associeras med den smarta zonen. I princip kan alla aktörer (myndigheter, väghållare, fordonstillverkare, systemleverantörer och teknikleverantör) agera systemadministratör. Väghållare och myndigheter föredrog dock att någon från privat sektor tog på sig rollen som administratör då det ansågs politiskt och uppskalningsmässigt lämpligt. I projektet framgick även att administratören inte nödvändigtvis behöver hantera alla aktiviteter internt utan kan förlita sig på ett nätverk av aktörer. För att snabbt skala upp behövs dock stabila aktörs-konstellationer med tydlig ansvars- och resursfördelning för att lösa frågor så som vem som skall samla in och analysera data samt etablera och följa upp regler.

7.2.3 Potentiella positiva och negativa effekter

Demonstrationerna visade att smarta zoner förväntas ge upphov till positiva miljö- och säkerhets-effekter som drivs på av sänkta hastigheter och ökad övervakning. De direkta fördelarna i form av minskade kostnader så som minskat slitage, färre böter och olyckor, tillfaller både distributörer, förare och medtrafikanter, medan indirekta fördelar så som minskat buller och miljöpåverkan, samt möjligheten till förbättrad design av gaturummet, tillfaller ytterligare grupper så som boende, fastighetsägare och näringsidkare i zonen. Dessa värden måste ställas gentemot de potentiella kostnader som geofencing ger upphov till. Kostnaderna var dock mer svårestimerade och kopplades till driften av zonerna snarare än effekter som uppstår genom implementering.

När effekterna analyserades identifierades två motsatspar (se Tabell 12). Den första motsatsparet består av kollektiva och specifika effekter, alltså de värden och kostnader som tillfaller alla som befinner sig i eller i närheten av zonen och de värden eller kostnader vilka enbart tillfaller specifika aktörer. Exempel på kollektiva effekter är så kallade kollektiva nyttor och negativa externaliteter så som minskat buller eller sänkt medelhastighet. Specifika effekterna, så som förbättrad arbetsmiljö eller bränslebesparingar tillfaller enstaka aktörer så som förare och distributör. Vissa av de specifika värdena, speciellt då tillgänglighet, kan därtill endast skapas om andra aktörer exkluderas temporärt eller permanent. Att använda tillgänglighet för att skapa värde för geofencinganvändare kräver dock samarbete med väghållare och fastighetsägare vilket gör att det är en typ av värde som kan kräva ett betydande utvecklingsarbete. Att skärma av en zon för användaren av geofencing är däremot lättare då detta enbart innefattar ett kontraktsskrivande mellan administratören och uppdragsgivaren. Avskärmandet skapar värde genom att begränsa fordonsrörelser i ett område och används därför främst för att minska olycksrisken eller för att undvika sanktioner så som böter.

Det andra motsatsparet är mellan valfria och icke-valfria effekter. Denna uppdelning betonar att aktörerna i vissa fall inte kan välja om de skall påverkas av de effekter som uppstår genom införandet av geofencing. Exempelvis innebär sänkt hastighet eller aktiverad hybriddrift att luftkvaliteten förbättras och denna effekt kan de som befinner sig i zonen inte välja bort. Valfria effekter är exempelvis möjligheten att få tillgång till områden som är enbart tillgängliga för användare av geofencing, samt den potentiella verifieringen av det miljö- och trafiksäkerhetsarbete som användandet av geofencing

innebär. Det senare har betydelse för organisationer som vill kommunicera sådana insatser till intressenter genom exempelvis marknadsföring eller hållbarhetsredovisning. I tabellen nedan kombineras kategorierna för att gruppera värden och kostnader.

Tabell 12 Kategorisering av effekter som förväntas uppstå med smarta zoner.

	Kollektiva	Specifika
Ej valfria	Minskat buller; förbättrad luftkvalité; existerande infrastruktur används mer effektivt; förbättrad framkomlighet på grund av förbättrade trafikflöden; sänkt medelhastighet; driftskostnader som betalas via offentliga medel	Ökade fastighetsvärden; Ekonomisk påverkan (negativ och positiv) på näringsverksamheter
Valfria	Ökad trafiksäkerhet och upplevd trygghet för användare; säkerhetsaspekter	Tillgänglighet till dedikerade zoner; avgränsning av användning; kostnader för anpassningar (till exempel krav på eldrift) och dispenser; effektivitetsökning (exempelvis färre fordon med mer last); förbättrad arbetsmiljö för förare (minskar stress och förhindrar misstag); miljö- och trafiksäkerhetsvärden; driftskostnader

Deltagarna påtalade att det var viktigt att värdet av tjänsterna var tillräckligt attraktivt för de potentiella kunderna. Då kundvärde behöver vara riktat mot det tänkta kundsegmentet kan vi från tabellen förstå att det enbart är de specifika och valfria värdena som kan sägas utgöra egentligt kundvärde.

7.2.4 Potentiella användare

Den teknik som används för att etablera och driva geofencing möjliggör för affärsmodellsägaren att skräddarsy tjänster efter kundens önskemål. I intervjuerna påpekades också att användare av geofencing ofta önskar tjänster anpassade efter deras unika behov. De kundvärden som kopplas till geofencing kan därmed variera kraftigt och utökas bortom de som listas i tabellen ovan. Det gör det därtill svårt att definiera vilka som skulle se ett värde i att delta i ett specifikt geofence. I demonstrationerna identifierades att det finns uppenbara värden för distributörer i fråga om speciellt kostnadsbesparingar men att de mer diffusa värdena kopplat till miljö måste konkretiseras och kommuniceras för att de skall kunna omvandlas till ekonomiska värden. Distributörer och fastighetsägare kan se värde i geofencing som bygger på redan etablerade restriktioner av tillgänglighet, exempelvis genom att de får tillgång till områden som normalt är förbjudna under vissa tider på dygnet, så kallade off-peak leveranser, eller att tillgång ges till ytor så som garage dit normalt sett tunga fordon ej har möjlighet att köra in. Geofencing används därtill redan av distributörer för att förbättra planering av anlöp, för att minska administrativt arbete samt för att få kontinuerligt aktuell statistik över fordonsrörelser inom specifika områden. Väghållare såg en möjlighet i att skapa en mer dynamisk och flexibel reglering och uppföljning av transportsektorn. Från det offentliga sågs även en möjlighet i att införliva geofencing i en alltmer digital transportmiljö där uppkopplade fordon används för att ersätta andra typer av sensorer och därmed minskar behov av kostsamma investeringar i både sensorer och infrastrukturen. Distributörer, väghållare och andra myndigheter är således potentiella kunder för geofencing.

De olika kombinationerna av värde lämpar sig olika väl för att användas i en affärsmodell. Kundvärde bör vara exklusivt riktat mot kunden för att skapa en betalningsvilja. Således är de specifika och valfria samt kollektiva och valfria värden som lämpar sig bäst att rigga en affärsmodell runt. Kollektiva nyttor kan vara intressanta för vissa kunder men för att betalningsvilja skall uppstå måste kunden kunna tillgodogöra sig dessa värden på något sätt, exempelvis genom att de informeras om värdena samt kommunicerar vidare dessa värden genom marknadsföring. I de fall där företag som genererar

kollektiva nyttor kompenseras sker det generellt sett genom någon form av subvention. De effekter som är specifika och ej valfria, vilket exempelvis kan vara en fastighetsägare som ej använder ett geofence men ändå åtnjuter de förbättring som uppstår, är mest problematiska då de både ge upphov till fripassagerare och eventuellt motstånd till geofencing.

Problematiken speglas i det faktum att efterfrågan på smarta zoner generellt sett anses som låg just på grund av att det var svårt att paketera värdet på ett sätt som attraherar kunder. Därtill var det svårt för representanter från offentlig sektor att se mervärden i geofencing jämfört med andra, redan existerande, lösningar. Detta till trots påpekades att det fanns scenarier där geofencing kunde ge upphov till kundvärde och andra fördelar men att det för den offentliga sektorn skulle behövas en högre grad av teknikmognad i fordonsparken för att aspekter så som ökad säkerhet skulle kunna realiseras.

7.2.5 Att generera och leverera användarvärde

Genom demonstrationerna exemplifierades hur smarta zoner kan etableras genom användandet av specifika kombinationer av beteende och teknik. Utifrån exemplen i demonstrationerna identifierades komponenter som behövs för att få geofencing att fungera (se Tabell 13).

Tabell 13 Nödvändiga komponenter för smarta zoner.

Komponent	Exempel
Användarinterface	Instrumentpanel, app i mobil
Fordonsintegration	Fordon med mjuk- och hårdvara som möjliggör elektronisk styrning
Sensorer	Platsbundna eller mobila sensorer, alternativt sensorer i fordon
Datalagring	Molnbaserad lagring hos exempelvis systemleverantör
Dataanalys	Utförs av systemleverantör, fordonstillverkare, distributörer och väghållare
Regelimplementering	Regler sätts av systemägare, distributörer och väghållare beroende på intresset av dynamisk applicering
Användarhantering	Användarhanteringen sker utifrån det ansvar som aktörerna förhandlat fram för specifika funktioner
Telekommunikation	Kommunikation med hög bandbredd (till exempel 5G) möjliggör ökad kvalitet i tjänsten
Positionering	Bygger på standardiserade system så som GPS eller Galileo

Svårigheterna förknippade med att få dessa komponenter att fungera med varandra var det som gjorde att kostnaden för geofencing ansågs för hög i förhållande till det värde som potentiella användare ser med sådana tjänster.

Under ett arbetsmöte ställdes frågan om hur sannolikt en uppskalning skulle vara baserat på olika paketeringar av de tjänster som kopplades till demonstrationerna. Tre alternativ gavs: att tjänsterna är fristående, att de är tillägg till ett existerande paket av tjänster, och att de är en del av ett paketerbjudande. Deltagarna kunde ranka alternativen på en sjugradig skala där 1 var minst

sannolikt och 7 var mest sannolikt att lyckas med uppskalning. Tretton representanter deltog i omröstningen och resultaten återfinns i Tabell 14.

Tabell 14 Paketering av tjänster för geostaket (Skala 1 - 7 där 7 är mest sannolikt).

Alternativ	Poäng
Fristående tjänst	2,9
Tilläggstjänst utöver existerande tjänstepaket	3,2
Del av standarderbjudande	3,6

Som framgår i tabellen var skillnaderna små men ett paketerbjudande ansågs vara det som var mest troligt att stödja uppskalning. Den lilla skillnaden till trots kan detta anses vara indikativt för den svårighet som enstaka geofencingtjänster har att ersätta konkurrerande lösningar. Det bör dock noteras att även om geofencing kan generera betydande nyttor som ett paket såg vi ovan att dessa paketlösningar kan variera i design baserat på kunders önskemål. Det är därför viktigt att hitta gemensamma nämnare för flera kundsegment för att nå en kritisk massa. Detta påpekades även av deltagarna som menade att det är viktigt att hitta morötter för användare att delta samt att samordna de aktörer som kan vara intresserade att etablera och driva ett system. På så sätt undviks situationer där exempelvis systemägare eller städer etablerar parallella lösningar som ämnar uppnå samma resultat.

7.2.6 Modeller för betalning och kompensation

Utifrån de kategorier av värden som presenterades går det att föreslå generella modeller för betalning och kompensation. Modellerna utgår från att geofencing genererar kollektiva nyttor vars värde inte kan fångas och paketeras på ett sätt som attraherar ett tillfredsställande kundunderlag. Det finns därtill utrymme för parallella upplägg (se Tabell 15) där ett flertal modeller samexisterar och finansierar delar av de tekniska system som behövs för driften.

Tabell 15 Ersättnings- och kompensationsmodeller för smarta zoner.

	Kollektiva	Specifika
Ej valfria	Skattefinansierad bastjänst som tillhandahålls av det offentliga, alternativt att ett monopol tillhandahåller tjänsten gentemot en rätt att ta ut en kollektiv avgift.	Riktad tjänst som exempelvis avgiftsbeläggs eller finansieras via skattsedeln. Exempelvis en trängselskatt.
Valfria	Avgiftsbaserad tjänst för massmarknadssegment.	Användarspecifik tilläggstjänst, exempelvis skräddarsydd tjänst eller en tjänst av premiumkaraktär.

Om de kassaflöden som knyts direkt till tjänsten är för små för att täcka kostnaderna är det möjligt att kroka arm med andra aktörer som kan se värde i geofencing. Exempel på sådana aktörer är fastighetsägare som ser ett potentiellt ökat värde i sina fastigheter, försäkringsbolag som kan reducera utbetalningar genom att minska risken för olyckor, leasingbolag som ser minskat slitage i fordonsparken och reklambolag som kan använda geofencing för att exponera användare för skräddarsydd och lokalt anpassad reklam. Det är även möjligt att kapa kostnader genom att samverka med aktörer som använder existerande system så som kollektivtrafik, färdtjänst eller upphandlare av kommunala transporttjänster.

7.2.7 Uppskalning

Under projektet tillfrågades deltagarna om hur sannolikt en uppskalning av de tjänster som kopplats till demonstrationerna skulle vara utifrån tre strategier: marknadsbaserade lösningar, upphandling och kravställning. Precis som i fallet med Tabell 14 användes en sjugradig skala. Tabell 16 visar att kravställning från det offentliga är det som uppfattas som mest troligt att driva på en uppskalning av smarta zoner men det är tätt följt av upphandling.

Tabell 16 Förväntade utfall (Skala 1 - 7 där 7 är mest sannolikt).

Alternativ	Poäng
Marknadslösning	3,5
Upphandling	5
Kravställning	5,8

Att den marknadsbaserade lösningen rankades lägst är kanske inte så förvånande med tanke på att tjänster skapade för smarta zoner har funnits länge men spridits långsamt. Baserat på de resultat som beskrivits ovan är det svårt att se att det etableras en affärsmodell som kan möta alla de förväntningar som ställs på geofencing. Speciellt de kollektiva nyttor som geofencing förväntas skapa, så som miljöförbättring och ökad säkerhet, är av sådan karaktär att de antingen kan uppnås enklare med andra metoder eller är svåra att omvandla till konkreta och ekonomiska värden. Därutöver bör det återigen påpekas att geofencing i sig självt inte kan användas för att etablera exklusivitet, det vill säga begränsa tillgänglighet och därmed skapa ett värde i användandet av smarta zoner. Således är det svårt för de som vill skapa smarta zoner att ensamt utveckla det till något som fler kundtyper attraheras av. Som ett resultat av detta riskerar varje geofence att bli en unik lösning som är specifik för den enskilda kundens behov. Det är troligt att det även är detta som är orsaken att en så delvis mogen teknologi inte har anammats på ett bredare plan. Det har helt enkelt inte funnits en avgörande applikation som gett upphov till en bredare efterfrågan på de bakomliggande system som skulle möjliggöra en uppskalning.

För att kunna få geofencing att skala upp är det därmed viktigt att de som tillhandahåller systemet kompenseras för de kollektiva nyttor som systemen förväntas skapa. I längden skulle detta möjliggöra stordriftsfördelar vilket skulle sänka kostnaderna för etablering och drift. Kompensation och stöd behöver inte vara monetärt eller riktas enbart till den aktör som administrerar systemen. Under arbetsmötena identifierades åtgärder (se Tabell 17) som kan förbättra möjligheten till uppskalning av geofencing.

Tabell 17 Möjliga åtgärder för snabbare uppskalning.

Demonstration	Åtgärder för snabbare uppskalning
Innovationszon Hornsgatan	Etablering av en plattform som riktar sig mot yrkesfordon men i senare steg även har kapacitet att inkludera andra trafikslag så som privatbilism. Behov av incitament, exempelvis sänkt fordonsskatt, för att öka anslutningsgrad. Bredare samverkan mellan fordonstillverkare, väghållare och standardiseringsorgan. Scenariobeskrivning av geofencing för parkeringar, lastplatser, kollektivtrafikfiler, miljöfordon och off-peak.

<i>Dispensgivna byggtransporter</i>	Användning av en enhetlig teknisk standard för datainsamling och kommunikation.
	Etablering av ett enhetligt nationellt administrativt system för datainsamling med och utan tvång.
	Utveckling av dispenshanteringen parallellt med övrig standardisering av system.
	Förbättrad kunskapsöverföring och samverkan mellan politik och förvaltning.
	Förenklade påföljdsprocesser där färre myndigheter blandas in.
<i>Säkra byggplatsutfarter</i>	Kravställ datahantering redan i upphandlingsprocessen.
	Etablera standarder för datahantering som sedan används i alla upphandlingar.
	Ställ krav på funktion för geofencing vid upphandling.

7.3 Diskussion

Även om fordonstillverkare och enstaka systemleverantörer i nuläget erbjuder tjänster som bygger på geofencing existerar det inte standardiserade system som möjliggör för andra aktörer så som väghållare och myndigheter att inhämta data eller applicera regler. Geofencing kan generera betydande kollektiva nyttor men det verkar inte finnas affärsmodeller som stöttar utvecklingen och implementeringen av standardiserade system som attrahera flera kundsegment. Resultaten från projektet verifierar detta intryck. Trots att det är möjligt att konstruera och stödja affärsmodeller för geofencing är det svårt för en ensam aktör att motivera en expansion bortom det som kunden efterfrågar.

En av de största anledningarna till denna svårighet är att smarta zoner samexisterar med traditionella, fysiska, lösningar. Då denna samexistens måste fortgå under en överskådlig framtid räcker det inte att geofencing teoretiskt sett kan ersätta existerande lösningar. Istället måste geofencing generera ett mervärde jämfört med existerande lösningar. Hitintills har det dock varit svårt att hitta tjänster som kan bära hela affären. Om det inte ställs krav på implementering av funktioner kopplade till smarta zoner, alternativt att tjänster för smarta zoner subventioneras, kommer utvecklingstakten därmed bestämmas av kundefterfrågan.

I projektet undersöktes ett flertal möjliga sätt att stödja utvecklingen av affärsmodeller för tjänster liknande de som demonstrationerna exemplifierat. Deltagarnas perspektiv och önskemål går att sammanfatta i fyra generella rekommendationer för stöd av geofencing. Arbetet med geofencing bör först och främst bygga på *öppenhet* mellan system och aktörer då tillgång till data samt samkörning av system möjliggör för skaleffekter, effektivisering och ökad nyttjandegrad av existerande lösningar. De positiva effekter som fås genom öppenhet kan stärkas ytterligare om aktörerna aktivt arbetar med *standardisering* för att skapa kompatibilitet mellan lösningar. På så sätt motarbetas dagens situation med separata öar av lösningar för data- och regelhantering. Alla parter identifierade ett behov av ökad *samverkan* mellan politik, förvaltning och näringsliv för att driva på utvecklingen på områden så som lagstiftning, upphandling och paketering av tjänster riktade mot väghållare. Slutligen behöver både privat och offentlig sektor arbeta med utformningen av *incitament* för att öka attraktiviteten i geofencing för både kunder och leverantörer.

8 Avslutande ord och reflektion

8.1 Systemanalys och uppskalning

De demonstrationer som genomförts inom projektet har varit olika till sin karaktär och försökt hitta lösningar på olika typer av problem. I två fall har det handlat om att geografiskt i en viss zon begränsa hastigheten, det vill säga när fordonet kommer in i en viss zon så stryps fordonets hastighet. I det tredje fallet har det handlat om att med andra typer av smarta system öka säkerheten vid byggarbetsplatser. Samtliga dessa fall rör enbart ett fåtal fordon och det blir därmed svårt att dra generella slutsatser från försöken i ett större perspektiv. Var och en av demonstrationerna har dock bidragit med värdefulla lärdomar som är viktiga att bygga vidare på inför en bredare implementering. Möjliga systemeffekter som kan tänkas vid en vidare implementering diskuteras nedan.

Bristande hastighetsefterlevnad i tätort är generellt sett ett problem och resultat från nationella mätningar under 2021 visade att det totalt sett var 64 procent av den studerade trafiken som höll hastighetsgränsen och sämst efterlevnad var det vid hastighetsbegränsning 40 km/tim där endast 49 procent höll hastighetsgränsen.¹⁵ Hastighetsefterlevnaden hos yrkestrafiken är ännu lägre enligt Kullgren (2021) som visar att andelen yrkestrafik som håller hastighetsgränsen i tätort är ca 30 procent.¹⁶ En ökad efterlevnad hos yrkestrafiken kan även påverka den omgivande trafiken så att hastighetsefterlevnaden förbättras totalt sett.

Under 2021 omkom 27 gående och cyklister på det kommunala vägnätet, varav 18 på gator med hastighetsgräns 50 km/tim eller lägre. Eftersom det är 2–3 gånger högre risk för en fotgängare att dödas om man blir påkörd i 50 km/tim jämfört med 40 km/tim¹⁷ finns stor potential för att minska antalet dödade och allvarligt skadade genom att minska hastigheterna och öka efterlevnaden.

I demonstrationen på Hornsgatan är det en komplex trafikmiljö där höga flöden av fotgängare och cyklister behöver samspela med lätt och tung motorfordonstrafik. Där aktiveras ett geofence när i förväg bestämda villkor är uppfyllda och hastigheten begränsas till 20 km/tim i stället för skyltade 30 km/tim då det är höga fotgängarflöden. Den dynamiska hastighetsregleringen kan bidra till ett bättre samspel mellan olika trafikanter och en tryggare stadsmiljö och en ökad hastighetsefterlevnad i tätort. Testet syftar dock inte till att lösa ett konkret problem med bristande hastighetsefterlevnad på denna plats utan snarare att bidra till lärdomar kring hur dynamisk hastighetsreglering kan fungera i ett uppkopplat transportsystem. Testet har visat att det tekniskt sett går bra att anpassa fordonens hastighet i zonen och baserat på data från fordonen har det gått att se till exempel antal passager och medelhastighet genom zonen. Eftersom det enbart är sex fordon som tillsammans trafikerat området i genomsnitt fyra gånger per dag under försöksperioden går det inte att dra några slutsatser kring hur den omgivande trafiken påverkas. Såväl förare som arbetsledare var positiva till försöket och såg gärna att man utvidgade såväl zon som antal fordon.

Genom att i ett nästa steg implementera geofencing i områden där det är dålig hastighetsefterlevnad eller i samband med att man till exempel sänker hastighetsgränsen är det rimligt att anta att man kan uppnå betydligt förbättrad hastighetsefterlevnad med en liknande ansats som testades på Hornsgatan. Genom att i nästa steg såväl testa en större zon där det finns ett behov av att öka hastighetsefterlevnaden som att öka antalet medverkande geofencade fordon kan man uppnå större förändringar av hastighetsefterlevnaden, vilket i förlängningen leder till en ökad trafiksäkerhet. Ett exempel är områden som nyligen fått sänkt hastighetsgräns. Vadeby, Forsman och Ekström, (2017)

¹⁵ Vadeby, A. Anund, A. (2022) Hastigheter på kommunala gator i tätort. Resultat från mätningar 2021. VTI rapport 1112. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping.

¹⁶ Kullgren, A. (2021) Mätning av yrkestrafikens hastighetsefterlevnad 2021. Folksam forskning. Rapport.

¹⁷ Kröyer, H., Jonsson, T. och Várhelyi, A. (2014) Relative fatality risk curve to describe the effect of change in the impact speed on fatality risk of pedestrians struck by a motor vehicle. Accident Analysis and Prevention, 62, 143–152.

studerade trafiksäkerhetseffekter av att sänka bashastigheten från 50 till 40 km/tim i tätort och visade att om alla gator med 50 km/tim sänks till 40 km/tim och medelhastigheten minskade 2 km/tim, så kan fem liv per år sparas. Om man lyckas minska medelhastigheten med 5 eller 10 km/tim kan istället 10 respektive 17 liv per år sparas.¹⁸

Vad gäller smarta lösningar vid utfarter till byggutfarter så var anledningen till att testa detta främst att Göteborg, i jämförelse med landet som helhet, haft en relativt stor andel omkomna cyklister och fotgängare i kollision med lastbilar, däribland byggtrafik.¹⁹ Utgångspunkten i demonstrationen är att dagens utformning av byggutfarter inte är tillräckligt säkra eller effektiva för cyklister.

Demonstrationen har därför utforskat hur en byggutfart i kombination med en cykelpassage kan utformas på ett nytt sätt med hjälp av dynamisk digital teknik, framför allt för att adressera utmaningen med skymd sikt. Som redovisats tidigare i rapporten är systemet inte helt klart för implementering i verkliga trafikmiljöer utan behöver vidareutvecklas men det finns redan nu incitament för ett flertal aktörer att investera i detta. Tekniken har även potential att bidra till att minska olyckor och dödsfall i samband med byggutfarter. Om svenska väghållare skärper kravställningen på utformningen av byggutfarter i linje med "Byggutfarter i komplexa eller riskfyllda trafiksituationer ska ha aktiv reglering av samtliga passerande trafikflöden", så kan den typ av lösningar som testats i detta projekt bidra till att minska kostnader för byggbranschen som i annat fall kan behöva öka antalet platser som regleras med vakter. Liknande smarta zoner som testats i denna demonstration skulle även kunna implementeras i andra komplexa tätortsmiljöer.

En viktig del i uppskalningen är att det finns hållbara affärsmodeller som stöder både drift och investeringar i nödvändiga system och infrastruktur. Utan affärsmodeller saknar aktörer i den privata sektorn incitament att implementera och skala upp lösningar som ger upphov till de systemeffekter som kan skönjas i resultaten. En nyckelfråga i förhållande till efterfrågan på potentiella affärsmodeller, och därmed uppskalning, är intressenters acceptans för potentiella ingrepp i gaturum och påverkan på beteende, faktorer som demonstrationerna gett begränsade insikter om och som därför behöver utforskas ytterligare. Utifrån resultaten kan vi dock skönja vissa möjliga vägar framåt. Baserat på demonstrationerna och arbetet med affärsmodellutveckling för smarta zoner kan vi se att det är möjligt att bearbeta så väl behovet av ingrepp som acceptans för beteendeförändringar utifrån tekniska, juridiska och affärsrelaterade angreppsvinklar. Förutsättningarna för sådana insatser, så väl som acceptansen för dem bland intressenter, skiljer sig åt baserat på kontextuella faktorer. I belastade och komplexa trafikmiljöer kan exempelvis acceptansen för smarta lösningar, och därmed även sannolikheten för uppskalning, förväntas vara högre. Utifrån samverkan mellan faktorer så som teknik, affärsmodeller och intressenters uppfattningar ter det sig därför rimligt att uppskalning kommer att vara aktuell först i känsliga storstadsmiljöer. I dessa kontexter kan även upphandling förväntas vara ett kraftfullt verktyg för att sprida välpaketerade lösningar till väghållare som är i behov av en utökad verktygslåda för att möta fler och alltmer komplexa utmaningar kopplade till den urbana trafikmiljön. Genom paketering och diversifiering av affärsmodeller kan således marknadsaktörer matcha värden med efterfrågan, öka acceptansen bland intressenter, och direkt driva på uppskalningen. Tittar vi på specifika demonstrationer ter det sig som kopplingen mellan specifika nyttor och utvecklingen av attraktiva affärsmodeller kan stärkas genom att upphandling utformas för att stödja aspekter vilka gynnar uppskalning, exempelvis standardisering. Detta är speciellt aktuellt i fallet med byggutfarter där behovet av pluralitet i fråga om interaktionskanaler med oskyddade trafikanter är hög. Genom standardisering och öppenhet kan flera aktörer i olika industrier bygga affärsmodeller runt lösningar som genererar de värden som identifierats i demonstrationen.

¹⁸ Vadeby, A., Forsman., Ekström, C. (2017) Trafiksäkerhetseffekter av sänkt bashastighet i tätort till 40 km/tim. VTI rapport 954. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping.

¹⁹ Niska, A., Karlström, J. Eriksson, J. (2021) Byggtrafik i Göteborg. Planering och genomförande för ökad säkerhet för cyklister och fotgängare. VTI rapport 1094. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping.

8.2 Utvärdering och lärdomar

Projektet genomförde ett digitalt slutseminarium den 8 juni 2022, efter detta seminarium hölls ett projektmöte där majoriteten av de personer som varit involverade i projektets genomförande närvarade. Syftet med mötet var att reflektera över gemensamma erfarenheter av projektets genomförande och synliggöra framgångsfaktorer och lärdomar som deltagande projektparter kan ta med sig till framtida utvecklings- och samverkansprojekt. Deltagande parter är generellt mycket nöjda med projektets hur projektet har genomförts och de resultat som tagits fram. Nedan är några av de erfarenheter som lyftes fram som viktiga att ta med sig för framtiden:

8.2.1 Flexibilitet i utformande av demonstrationer

I den typ av utvecklingsprojekt som Smarta urbana trafikzoner är exempel på är det svårt, för att inte säga omöjligt, att då projektansökan skrivs förutse exakt hur demonstrationerna behöver utformas för att framgångsrikt svara på de utmaningar som önskas undersökas. Alla demonstrationer som genomförts i projektet har på olika sätt modifierats utifrån den ursprungliga planen.

Projektparterna är överens om att det varit en av projektets styrkor att det varit möjligt att efter behov utveckla genomförandet av demonstrationerna, vilket möjliggjordes av ett gott samarbetsklimat samt viss möjlighet att omfördela projektets budget. Det kan även vara intressant att i framtida utvecklingsprojekt ha en central budgetpost för justeringar i demonstrationernas genomförande för att underlätta ett mer flexibelt arbetssätt.

Projektets utvärdering lyfte fram att det ofta är en stor tröskel till att skapa ett nytt samverkansprojekt; det är mycket enklare att bygga vidare på pågående projekt. Detta är något som projektfinansiärer (likt Vinnova) och genomförande parter bör ha i åtanke när utvecklingsprojekt utformas. Det är en styrka att ha ett avgränsat syfte i projektet och sätta en realistisk ambitionsnivå för vad projektet ska uppnå. Här har kanske Smarta urbana trafikzoner, steg 2, siktat lite för högt inom vissa områden – till exempel har det visat sig vara för tidigt att ta fram en färdig kravspecifikation eller dra långtgående slutsatser om systemeffekter av genomförda demonstrationer. Däremot har projektet kunnat visa på vad som behöver finnas med i framtida kravspecifikationer och vad som hade krävts för att kunna få tydligare svar kring systemeffekter. Det är också viktigt att inte se det som ett misslyckande om ett utvecklingsprojekt inte till alla delar uppfyller det ursprungliga projektförslaget – förutsatt att projektet genomfört andra värdeskapande aktiviteter. Så länge projektets syfte är konstant så är det viktigaste inte att den ursprungliga planen alltid måste följas.

8.2.2 Vikten av gott samarbetsklimat

Arbetet har präglats av ett mycket gott samarbetsklimat mellan deltagande parter, vilket projektmedlemmarna är överens om har bidragit till lyckade resultat. Klimatet inom projektgruppen har gjort att deltagande organisationer har kunnat lära sig av varandra samt fått ökad förståelse för andra deltagande organisationer och verksamheter. Samverkansprojektet har gjort det möjligt att arbeta tillsammans på mer öppna villkor, mer agilt och med mer dialog och utbyten parter emellan.

Frågan om vad som bidrar till att skapa ett gott samarbetsklimat i ett samverkansprojekt är förstås intressant, men inte helt lätt att svara på. Projektmedlemmarna anser att en viktig del i detta är en engagerad projektledning – både för projektet som helhet och för de ingående arbetspaketen. Projektledningen på olika nivå inom projektet har generellt arbetat proaktivt och varit tillgängliga för projektmedlemmarna, vilket förmodligen bidragit till att samarbetet kring genomförandet fungerat bra.

8.2.3 Samarbete under pandemi

COVID-19 pandemin har påverkat projektets genomförande på olika sätt – framför allt genom att det under långa perioder endast varit möjligt att genomföra digitala möten inom projektet. I vissa fall har detta varit en fördel, till exempel genom att det varit relativt enkelt att hitta tider för gemensamma projektmöten och kortare avstämningar. Men detta har också inneburit en lite längre startsträcka för projektmedlemmarna att lära känna varandra. Den största negativa påverkan som pandemin haft på projektet rörde leveransproblem av material som skulle monteras på fordon som ingått i demonstrationerna samt utmaningar i att diskutera praktiska frågor kring fordonens utformning och

behov av justeringar som förmodligen hade varit lättare att diskutera på ett fysiskt möte med fordonet på plats. Även genomförandet av byggprojekt i Stockholm påverkades då många betonggjutningar fick planeras om, vilket påverkade genomförandet av demonstrationen av dispensgivna byggtransporter negativt.

Pandemin innebar också att behovet av budget för resor och konferenser blev avsevärt mindre, vilket projektet hanterade genom att omfördela en del av dessa medel till digital kommunikation i form av fler filmer av genomförda demonstrationer.

8.3 Projektets måluppfyllnad och möjliga nästa steg i utvecklingen

Projektet har lyckats väl i att demonstrera att det är möjligt att skapa smarta urbana trafikzoner genom att integrera fordon, smarta sensorer, trafikanordningar och geofencinginformation för hastighetssäkra fordon respektive varna förare och cyklister. Projektets deltagande parter har under arbetets gång utvecklat insikter kring hur samarbeten kring smarta zoner mellan olika parter bör bedrivas för att nå framgång – bland annat vikten av att använda standardiserade format för kommunikation och informationsöverföring samt att arbeta i en iterativ process i utformningen av zonen. Alla demonstrationer har kunnat genomföras och resultatet har analyserats utifrån vad som varit viktigt för att de tekniskt och praktiskt ska fungera så bra som möjligt. Projektet har även framgångsrikt studerat regelverksutmaningar kopplade de olika zonernas utformning och funktion.

Projektet har haft en hög ambition i målsättningarna kring framarbete affärsmodeller för smarta urbana trafikzoner, att kunna påvisa samhällsnytta och systemeffekter av de demonstrerade smarta zonerna samt att utforma kravställning på smarta zoner inför uppskalning av de demonstrerade lösningarna. Inom dessa områden var målsättningen kanske för hög i förhållande till projektets omfattning gällande antal deltagande fordon, valda platser för demonstration och behov av utformning av systemintegration. Projektet har dock kunnat leverera en överblick av möjliga affärsmodeller ur olika intressenters synvinkel, en förståelse för vad som krävs för att kunna svara på frågor om samhällsnytta och systemeffekter (fler fordon och att tester sker på platser som kan ge ett tydligt utslag på hur fordonens hastigheter och förarnas beteenden påverkas) samt identifierat vilka områden som är viktiga att kravställa för att skapa fungerande smarta zoner – även om projektet inte kunnat formulera standardiserade och generella krav.

Även om ingångarna till fortsatt arbete för att komma närmare en bred implementering av smarta urbana trafikzoner är många, så finns det några områden som projektmedlemmarna anser ha särskilt stor potential att vidareutvecklas inom en nära framtid. Några exempel är:

- Möjligheter att genom offentlig upphandling av transporttjänster ställa funktionskrav på hastighetsefterlevnad – där smarta trafikzoner av det slag som demonstrerats i projektet kan vara ett möjligt sätt för leverantörer att leva upp till det kraven.
- Nyttja information från smarta sensorer och smarta trafikzoner till att bättre förstå hur stadens utrymmen, till exempel lastplatszoner, används. Denna information kan staden använda både för att planera hur stadens infrastruktur ska utformas, samt för att säkerställa att den tänkta funktionen efterlevs – till exempel genom att bättre styra parkeringsbevakning i staden.

9 Bilagor

Alla bilagor som refereras till i löptext finns tillgängliga på projekthemsidan: [Smarta urbana trafikzoner / Closer \(lindholmen.se\)](https://smarta.urbana.trafikzoner.lindholmen.se)

Bilaga kap 3 CriteriaForRecommendingLowHighSpeed_v2.pdf

Bilaga kap 4 Regelverk för transportdispenser.pdf

Bilaga kap 4 Transportdispens.pdf

Bilaga kap 4 Vibrationsmätning.pdf

Bilaga kap 5 Juridisk fördjupning.pdf

Bilaga kap 5 Metodbeskrivning demonstration säkra byggutfarter.pdf

Bilaga kap 5 Risk Analysis of an Active Traffic Safety System at a Construction Site.pdf

Bilaga kap 5 Studie 1, Utvärdering av tre varningssystem, fokusgruppintervju m cyklister.pdf

Bilaga kap 5 Studie 2, Resultat, utvärdering av varningssystem f cyklister, plus extra mtrl.pdf

Bilaga kap 5 Studie 3, Varningssystem för lastbilar vid byggutfarter, Online enkät.pdf

Bilaga kap 5 Studie 4, Resultat utvärdering av varningssystem för lastbilar, Ramudden januari 2022.pdf

Bilaga kap 5 Systemspecifikation Varningssystem.pdf

Bilaga kap 6 Informationssäkerhet.pdf

Bilaga kap 6 Push API from Scania to SMUTZ.pdf

Bilaga kap 6 Utvecklig av informationshantering inom och från den smarta zonen.pdf

Bilaga Systemspecifikation.pdf

10 Referenser

Commission Delegated Regulation (EU) 2021/1958 of 23 June 2021 supplementing Regulation (EU) 2019/2144 of the European Parliament and of the Council by laying down detailed rules concerning the specific test procedures and technical requirements for the type-approval of motor vehicles with regard to their intelligent speed assistance systems and for the type-approval of those systems as separate technical units and amending Annex II to that Regulation.

http://data.europa.eu/eli/reg_del/2021/1958/oj

Commission Delegated Regulation (EU) 2022/670 of 2 February 2022 supplementing Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council with regard to the provision of EU-wide real-time traffic information services. http://data.europa.eu/eli/reg_del/2022/670/oj

Ds 2021:28. *Ansvarsfrågan vid automatiserad körning samt nya regler i syfte att främja en ökad användning av geostaket.*

Eriksson, Jenny; Niska, Anna och Forsman, Åsa. Injured cyclists with focus on single-bicycle crashes and differences in injury severity in Sweden. *Accident Analysis & Prevention*. Vol. 165, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106510>

European Commission. Safety-Related Traffic Information (SRTI) & Real-Time Traffic Information (RTTI). *European Commission*. 2022. https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/intelligent-transport-systems/road/action-plan-and-directive/safety-related-traffic-information-srti-real-time-traffic-information-rtti_en (Hämtad 2022-08-26)

Kullgren, Anders. *Mätning av yrkestrafikens hastighetsefterlevnad 2021*. Folksam forskning. 2021.

Kröyer, Höskuldur; Jonsson, Thomas. och Várhelyi, Andras. Relative fatality risk curve to describe the effect of change in the impact speed on fatality risk of pedestrians struck by a motor vehicle. *Accident Analysis and Prevention*. Vol. 62, 2014: 143–152.

Niska, Anna; Karlström, Jones och Eriksson, Jenny. Byggtrafik i Göteborg. Planering och genomförande för ökad säkerhet för cyklister och fotgängare. VTI rapport 1094. Statens väg- och transportforskningsinstitut, 2021. Linköping

Regulation (EU) 2015/758 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2018 concerning type-approval requirements for the deployment of the eCall in-vehicle system based on the 112 service amending Directive 2007/46/EC. <http://data.europa.eu/eli/reg/2015/758/oj>

Scania. Scania Privacy Statement. *Scania*. 2022.

<https://www.scania.com/group/en/home/admin/misc/privacy-statement.html> (Hämtad 2022-08-26).

SFS 1971:948. *Väglag*.

SFS 1998:1276. *Trafikförordning*.

SFS 2007:90. *Vägmärkesförordning*.

Trafikverket. Bärighetsklasser (BK) på vägar och broar. *Trafikverket*. 2022.

<https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/vag/bk--barighetsklasser-pa-vagar-och-broar/> (Hämtad 2022-08-26)

Transportstyrelsen. *Lasta lagligt*. Artikelnummer TS201616, 2018.

Transportstyrelsen. *Utredning behov av förenklade regler för eldrivna enpersonsfordon (TSV 2019:5394)*. Transportstyrelsen, 2021.

TSFS 2019:74. *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om vägmärken och andra anordningar*.

UN General Assembly, Transforming our world : the 2030 Agenda for Sustainable Development, 21 October 2015, A/RES/70/1.

https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

Vadeby, Anna; Anund, Anna. *Hastigheter på kommunala gator i tätort. Resultat från mätningar 2021*. VTI rapport 1112. Statens väg- och transportforskningsinstitut, 2022. Linköping

Vadeby, Anna; Forsman, Åsa och Ekström, Camilla. *Trafiksäkerhetseffekter av sänkt bashastighet i tätort till 40 km/tim*. VTI rapport 954. Statens väg- och transportforskningsinstitut, 2017. Linköping.