

Automatiserad TMA

Förstudie

Publik rapport



Författare: Anna Carlsson

Datum: 2021-07-30

Projekt inom *Effektiva och uppkopplade transportsystem – FFI – juni 2020*

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	4
3 Bakgrund.....	5
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	7
5 Mål	8
6 Resultat och måluppfyllelse	9
6.1 TMA – Olycksstatistik	10
6.2 Automatisering av TMA – Vad händer i omvärlden?	13
6.3 Nyare teknik för ökad synbarhet	14
6.4 Måluppfyllelse.....	16
6.5 Demonstrationsprojekt	17
7 Spridning och publicering	17
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	17
7.2 Publikationer.....	17
8 Slutsatser och fortsatt forskning	18
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	18

Kort om FFI

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

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Energiupptagande påkörningsskydd, *Truck Mounted Attenuator* (TMA), är ett mobilt påkörningsskydd som ställs upp eller är monterat på/körs efter ett arbetsfordon som ett "förstärkt skydd för personal" vid ett tillfälligt vägarbete (te x asfaltering, gräsklippning) eller vid räddningsinsatser av brandkår, bil eller bärgningsbil. I vanligaste fall avser TMA en TMA-bil, där påkörningsskyddet är monterat baktill på ett tyngre fordon.

Förare av TMA-fordon löper risk för skada vid ev påkörning bakifrån, speciellt om det upphinnande fordonet är tungt (långtradare, lastbilar, bussar, ...). I flera av olyckorna som involverar tunga lastbilar, har krafterna varit så stora att TMA helt deformerats. Automatisering av TMA-fordon vore ett sätt att eliminera riskerna för föraren av TMA-fordonet vid ev påkörning. Bastekniken för självkörande fordon (sensorer, regleralgoritmer, ställdon) existerar redan till en i princip produktifierad nivå. Hur dessa fordon sedan integreras i en systemmiljö, som del i trafiken och samhället, är mindre utforskat och klarlagt.

Syftet med förstudien har varit att definiera uppgiften, arbetspaket och sätta scopet inför ett framtida större projekt. Målet med det större projektet är att undersöka möjliga lösningar för autonoma följefordon (arbetsfordon) för diverse olika applikationer i syfte att öka säkerheten vid arbete på väg.

Projektets partners/intressenter var leverantör (Berlex), brukare (entreprenörer: Skanska, PEAB och Svevia), forskare (Stiftelsen Chalmers Industriteknik och RISE) och utvecklare (Semcon) kopplat till denna lösning. Projektgruppen har totalt haft sex gemensamma workshops/projektmöten som avhandlat olika aspekter kring säkerhet och automatisering i anslutning till drift och underhåll av vägar, samt vägarbeten. Under dessa diskussioner har två olika huvudspår utkristalliserat sig:

- Olycksprevention handlar om att förhindra att en olycka sker genom att *förvarna* vägtrafikanter om ett kommande vägarbete samt att *guida* dem rätt och *sänka hastigheterna*.
- Skadeprevention handlar om att minska risken för allvarlig skada och/eller död om en olycka ändå skulle inträffa. Ett TMA-fordon är i detta sammanhang en intressant tillämpning, eftersom det både skall skydda vägarbetare (för påkörning) och åkande i ett ev påkörande fordon för allvarlig skada/död (dvs skadeprevention).

Efter omfattande diskussioner enades projektgruppen om att *inte inkludera TMA-fordon i formation* (chikan/vävning/tryckning) i den kommande projektansökningen. Tekniken för att operera i formation finns visserligen inom projektgruppen (Yeti-projektet/Semcon), men bedömningen är att ett ensamt efterföljande TMA-fordon skulle vara en bra och mycket användbar tillämpning, samt ett lagom stort första steg. Så här ser projektgruppens slutliga förslag på Usecase ut:

Slätter längs de stora vägarna med ett arbetsfordon som även fungerar som trafikledningscentral samt med *ett* efterföljande semiautonomt tungt TMA-fordon. Hela kedjan studeras: Startpunkt – Jobb – Tillbaka igen. Det efterföljande semiautonoma TMA-fordonet skall klara av att operera längs

1. Bred vägren
2. Smal vägren
3. Övergång bred/smäl samt smal/bred
4. Korsning/cirkulationsplats
5. Trafikplats ("mot") = planskild korsning + påfart/avfart

Alla cases skall kunna hanteras vid allt från starkaste solljus till mörkaste natt (pga att driftsäsongen är dygnet runt från 1 maj till 30 november), samt vid "normalt" regn/fuktig vägbana (vid ösregn går ej slättermaskiner ut).

Utöver den nuvarande projektgruppen, pågår diskussioner med potentiella partners. Hur det planerade demonstrationsprojektet kommer läggas upp beror på vilka partners som kommer ingå och vilka tekniska lösningar/resurser som finns att tillgå inom den framtida konstellationen.

2 Executive summary in English

A Truck Mounted Attenuator (TMA), is a mobile energy absorbing collision protection device that is erected or mounted on/driven behind heavy machinery to provide "enhanced protection for workers" during temporary road work, (e.g., asphaltting, lawn mowing) or during rescue operations by the fire brigade, a car or towing truck. Generally, TMA refers to a TMA vehicle, with the crash protection device mounted onto the rear of a heavier vehicle.

Drivers of TMA vehicles are exposed to the risk of injury in the event of a rear-end collision, especially if the overtaking vehicle is heavy (e.g., heavy goods vehicles (HGVs), buses, etc.). The forces in several of the accidents involving HGVs have been strong enough to completely deform the TMA. Automation of TMA vehicles would be one way of eliminating the risks for drivers of a TMA vehicle in the event of a collision. Essentially, the basic technology for self-driving vehicles (sensors, control algorithms, actuators) has already been developed. However, how these vehicles will be integrated into a system environment, as part of the traffic environment and society, has not been fully explored and established to date.

The purpose of this feasibility study has been to define the task, work package and determine the scope for a future, more significant project. The objective of the future project is to investigate possible solutions for autonomous accompanying utility vehicles (heavy machinery) for different applications aimed at enhancing road worker safety.

Project partners include suppliers (Berlex), users (contractors: Skanska, Peab and Svevia), researchers (Stiftelsen Chalmers Industriteknik and RISE) and developers (Semcon) linked to this solution. The project group has held a total of six joint workshops dealing with various aspects of safety and automation in connection with road operation and maintenance, as well as road works. Two different courses of action have arisen during these discussions

- Accident prevention refers to preventing an accident from occurring, by warning road users of upcoming road work by guiding them in the right direction and to lowering the speed.
- Injury prevention refers to reducing the risk of serious injury and/or death should an accident still occur. A TMA vehicle is an interesting application in this context, as it is intended to protect both road workers (from colliding vehicles), as well as the occupants of the impacting vehicle, from serious injuries and death, (i.e., injury prevention).

Following extensive discussion, the project group agreed exclude TMA vehicles in formation in the upcoming project application. Although the technology for operating in formation is within the scope of the project group (Yeti project/ Semcon), assessment has concluded that a single accompanying TMA vehicle would be a beneficial and viable application, as well as a reasonably significant first step. Below is an outline of the project group's final proposal for Usecase:

Mowing along main roads with heavy machinery also functioning as a traffic control centre including one accompanying semi-autonomous heavy TMA vehicle. The whole chain will be studied: Starting point – Task – Back again (returning). The accompanying semi-autonomous TMA vehicle must be suitable for operating along:

1. Broad road verges
2. Narrow road verges
3. Transition wide / narrow and narrow / wide
4. Intersection / circulation site
5. Traffic location = level crossing + entrance / exit

The semi-autonomous TMA vehicle should be able to operate in the strongest sunlight and in the darkest night (due to the operating season being around the clock between 1 May and 30 November), as well as in "normal" rain/damp roadways (mowers are not used in cases of heavy rain).

In addition to the current project group, discussions are underway with potential partners. How the planned demonstration project will be set up depends on which partners will be included and what technical solutions/resources are available within the future constellation.

3 Bakgrund

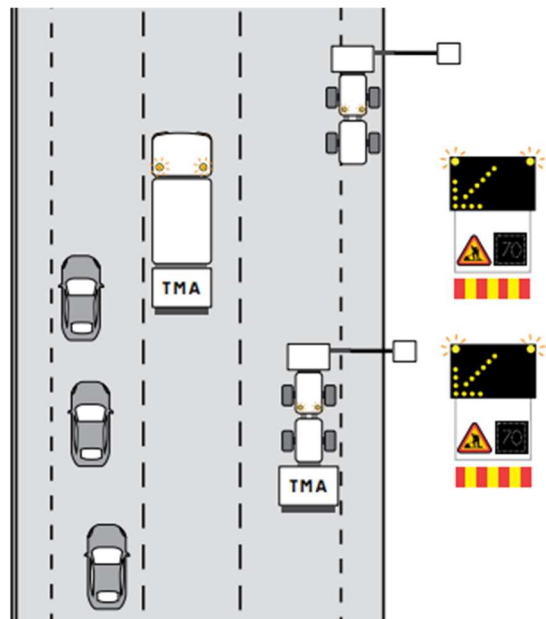
Truck Mounted Attenuator (TMA) är ett energiupptagande påkörningsskydd som kan vara 1) monterat direkt på ett arbetsfordon, 2) draget av ett efterföljande fordon, eller 3) utplacerat på ett av Trafikverket tillåtet sätt. TMA används som ett "förstärkt skydd för personal" vid exempelvis vägarbeten eller räddningsinsatser av brandkår, bil eller bärgningsbil. Användandet av TMA-bilar vid arbete på väg regleras av bl a Trafikverket och Arbetsmiljöverket. I vanligaste fall avser TMA ett TMA-fordon, där påkörningsskyddet är monterat baktill på ett tyngre fordon.



Figur 1. Exempel på TMA-fordon. Foto: Skanska

Vid motorväg/motortrafikled med flera filer och höga hastigheter används 3–4 TMA-fordon i formation för att få ner bilarnas hastighet till max 70 km/h. En vanlig metod att få ner hastigheten är en sk *chikan*, som är två tätt på varandra följande kurvor ("S-kurva med liten radie") på en väg. En annan metod är *sidoförflyttning* av trafiken (**Figur 2**).

Varje år inträffar drygt 300 trafikolyckor i samband med vägarbeten, som leder till att någon person omkommer eller skadas. I cirka 4% av dessa trafikolyckor skadades en trafikant i samband med påkörning av sk "tungt skydd". Förare av TMA-fordon löper risk för skada vid ev påkörning bakifrån, speciellt om det är ett upphinnande *tungt fordon* (långträdare, lastbil, buss, ...). I flera av olyckorna som involverar tunga lastbilar, har krafterna varit så stora att TMA helt deformerats (**Figur 3**). Att köra ett TMA fordon upplevs ofta som utsatt och riskfyllt, vilket gör det svårt att rekrytera till detta arbetsuppdrag.



Figur 2. Sidoförflyttning av trafiken med hjälp av TMA i formation. Bild från <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1389554/FULLTEXT05.pdf>



Figur 3. Exempel på olyckor där ett TMA-fordon har blivit påkört. Foton: Svevia.

Automatisering av TMA-fordon vore ett sätt att eliminera skaderisken för föraren av TMA-fordonet vid eventuell påkörning. På sikt kan dessa arbetsfordons funktion breddas till att även omfatta kontinuerlig scanning av ytor och rapportering av ojämnheter och hinder samt andra arbetsuppgifter, t.ex. gräsklippning och grussopning/städning. Bastekniken för självkörande fordon (sensorer, regleralgoritmer, ställning) existerar redan till en i princip produktiverad nivå. Hur dessa fordon sedan integreras i en systemmiljö, som del i trafiken och samhället, är mindre utforskat och klarlagt. I den utsträckning detta har undersökts, har det i huvudsak berört fordon på definierade vägsträckor alternativt arbetsfordon på väl avlysta områden. Samtidigt visar teknikutvecklingen att autonoma fordon i väl avgränsade miljöer för specifika uppgifter är realitet redan idag, medan självkörande fordon i en öppnare miljö (exempelvis personbil på väg) ligger längre fram i tiden pga. ännu olösta säkerhetsrelaterade problem.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Syftet med den förstudien var att definiera uppgiften, arbetspaket och sätta scopet inför ett planerat större projekt. Målet med det större projektet är att undersöka möjliga lösningar för autonoma skyddsfordon (arbetsfordon) för diverse olika applikationer i syfte att öka säkerheten vid arbete på väg. Vi tror att nuvarande teknik för autonoma fordon kan anpassas för denna uppgift. Med hjälp av en demonstrator kan man undersöka hur arbetsfordon stegvis skall integreras i ett begränsat men komplext trafiksystem – även under svåra väderförhållanden.

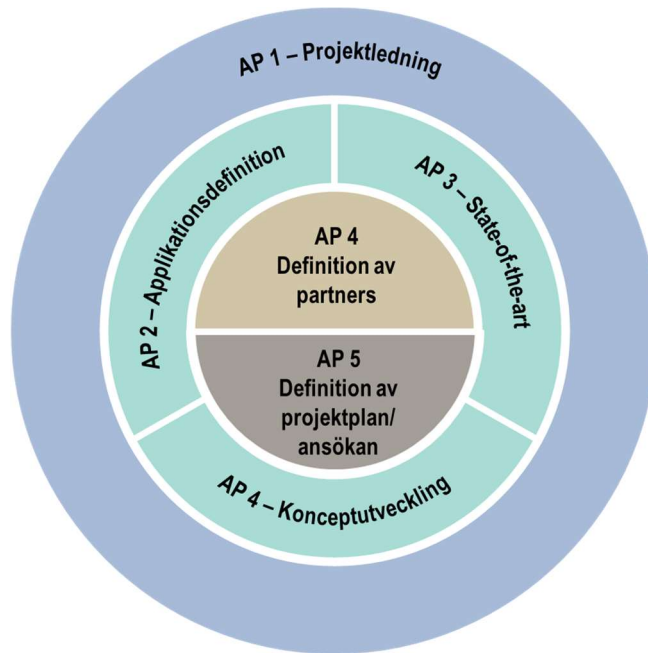
Detta projekt, liksom Barmark II och Born to Drive, fokuserar främst på nyttorna med fordonsautomation samt hur de olika aktörerna i samhället med avseende på trafikroppen måste samverka för att uppnå målen med systemet. Ökat antal tillämpningar för automatiserade fordon, även utanför traditionell fordonsindustri, breddar marknaden globalt och ökar konkurrenskraften och investeringsviljan för nya och mindre leverantörer, vilket är i linje med utlysningens mål och Sveriges positionering totalt.

Projektets partners/intressenter är leverantör, brukare, forskare och utvecklare kopplat till denna lösning, enligt nedan:

- Leverantör: Berlex
- Brukare: Entreprenörer: Skanska, PEAB och Svevia
- Forskare: Stiftelsen Chalmers Industriteknik och RISE
- Utvecklare: Semcon

Förstudien var indelad i följande sex arbetspaket (AP) (**Figur 4**):

- AP1: Projektledning (Ansvarig: Chalmers Industriteknik)
Följa upp projektets fortskridande och budget, samt interagera med programkontoret.
- AP2: Applikationsdefinition (Ansvarig: RISE)
Definiera:
 - Typ av vägarbete (gräsklippning/snöröjning/...)
 - Antal TMA-fordon & formation
 - Typ av TMA-fordon
 - Användningsmiljö (vägtyp/årstid/väderbegränsningar/...)
 - Processdefinition
- AP3: State of the art – Analys rörande autonoma följefordon (Ansvarig: Berlex)
Kartläggning av koncept och behov.
- AP4: Konceptutveckling autonoma och uppkopplade följefordon (Ansvarig: Semcon)
 - Beskrivning av innehåll
 - Säkerhet i fordonet
 - Kartläggning av möjliga konceptlösningar inklusive möjliga säkerhetskoncept
 - Integration fordon
 - Säkerhet för omgivande trafikanter
- AP5: Definition partners för pilotprojekt (Ansvarig: Chalmers Industriteknik)
 - Nätverkande och konsortiebyggande inför fortsättningsprojekt.
- AP6: Definition projektplan/ansökan för pilotprojekt (Ansvarig: Chalmers Industriteknik)
 - Lägga grunden för fortsättningsprojekt.



Figur 4. Projektöversikt.

5 Mål

Förstudien syftar till att sätta samman en stark projektgrupp, ta fram underlag inför ett större demonstrationsprojekt, samt formulera en projektansökan. Målet är att den lösning som framkommer skall bidra till ökad säkerhet och effektivitet vid arbete på öppen väg genom att:

- Minska skador och slitage på fordon och omgivning.
- Erbjuder en lösning som är oberoende av förare, erfarenhet och förkunskap.
- Minska behovet av bemanning och mänskliga fel.
- Bidra till en hållbarare produktion genom ECO-driving.

Den samlade kompetensen om komplexa miljöer och förhållanden som tas fram i projektet kommer att återanvändas för andra tillämpningar, liksom inom andra branscher, och kommer även direkt fordonsindustrin till godo. Projektet kommer sprida kunskapen om autonoma fordon i förhållande till infrastrukturen.

6 Resultat och måluppfyllelse

Arbetet inom den här förstudien har varit inriktat på att ta fram underlag för en kommande större projektansökan. Projektgruppen har totalt haft sex gemensamma workshops/projektmöten som avhandlat olika aspekter kring säkerhet och automatisering i anslutning till drift och underhåll av vägar, samt vägarbeten. Under dessa diskussioner har två olika huvudspår utkristalliserat sig:

- Olycksprevention handlar om att förhindra att en olycka sker genom att *förvarna* vägtrafikanter om ett kommande vägarbete samt att *guida* dem rätt och *sänka hastigheterna*. Ett upphinnande fordon har ofta höga hastigheter, speciellt på statliga vägar, och det första arbetsredskap/skyddsbarriär/TMA som detta fordon stöter på är också det som löper störst risk för påkörning. En bra och effektiv förvarning skulle potentiellt kunna ersätta en TMA (med dagens lösning). Projektgruppens diskussioner har genererat många frågor: Hur ser den optimala förvarningen ut? Vad säger forskningen? Vad säger regelverk/standarder? Behöver man uppdatera regelverk/standarder med avseende på ny teknologi? Det är viktigt att studera detta vidare och bana väg för nya, förbättrade lösningar. Här har projektgruppen identifierat fyra ytterligare spår/potentiella innovationer, som alla ligger utanför scopet för den aktuella förstudien men som inkluderades i de vidare diskussionerna. Målsättningen är att hitta möjligheter att ta dessa vidare till framtida projekt.
- Skadeprevention handlar om att minska risken för allvarlig skada och/eller död om en olycka ändå skulle inträffa. Ett TMA-fordon är i detta sammanhang en intressant tillämpning, eftersom det både skall skydda vägarbetare (för påkörning) och åkande i ett ev påkörande fordon för allvarlig skada/död (dvs skadeprevention). Enligt USA:s *Manual for Assessing Safety Hardware (MASH)* standard (2nd edition 2016¹) är dessa energiupptagande skydd anpassade till *påkörande bilar* med en tjänstevikt på 1 100 ±25 kg, 1 500 ±100 kg respektive 2 270 ±50 kg. Bruttovikten på bäraren av ett fordonsburet påkörningsskydd måste överstiga 9 ton². Vid ev påkörning av tyngre fordon (tex tung lastbil) befinner sig föraren av TMA-fordonet i ett mycket utsatt läge. Automatisering av TMA-fordon bör därför i första hand ses som en *arbetsmiljöåtgärd* snarare än ett sätt att minska personalkostnaderna. En utmaning är göra tillämpningen så effektiv som möjligt (maximera nyttan, optimera personalstyrkan samt göra arbetsuppgiften mer attraktiv för rekrytering av arbetskraft), exempelvis hur man får fordonet på plats, samt att implementera i hela brukarledet. Här kan man även tänka lite nytt: Kan man ha en bandgående TMA?³ Hur påverkar det i så fall krockvåldet? Ibland sitter TMA direkt på tex slättermaskinen – bör den istället vara semi-autonom? Vidare skulle man även behöva anpassa TMA-standarder till mer moderna bilar, dvs utgå från att de är utrustade med airbags och att alla passagerare är bältade.

Projektgruppens diskussioner överensstämmer till stor del med de kriterier som enligt Hedayeghi & Malone (2009) behöver uppfyllas för att göra ett vägarbete säkert⁴ (**Figur 5**).

- ❖ Reduce exposure of workers to vehicles
- ❖ Warn motorists and work crew to minimize the likelihood of a crash
- ❖ Minimize the severity of crashes once they occur
- ❖ Provide separation between work crew and traffic
- ❖ Improve work zone visibility and presence

Figur 5. Kriterier som behöver uppfyllas för att göra ett vägarbete säkert, enligt Hedayeghi & Malone (2009)⁴.

¹ <https://store.transportation.org/Item/PublicationDetail?ID=2707>

² www.trafikverket.se/contentassets/9d3e9519f5d445fc9c094f51f41006d5/trafikverkets_tekniska_rad_for_arbete_pa_vag_.pdf

³ Enligt 4 kap. 12 § trafikförordningen får fordon på band eller medar föras på vägar som inte är enskilda endast om bruttovikten på fordonet eller fordonståget uppgår till högst 18 ton. Fordon på band får enligt 4 kap. 20 § trafikförordningen inte framföras med högre hastighet än 20 kilometer i timmen

⁴ Källa: https://www.virginiadot.org/vtrc/main/online_reports/pdf/16-r7.pdf

Hadayeghi, A., and Malone, B. *Improving the Safety of Mobile Lane Closures*. In *NCHRP Research Results Digest 339*. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2009.

Trafikverket sammanfattar dessa punkter i *V3-principen*⁵:

- V1: Värna trafikanterna
- V2: Vägled trafikanterna
- V3: Värna vägarbetarna och trafikanterna

Vår avsikt är applicera dessa kriterier på nyare teknik. Här sammanfattas relevanta resultat från förstudien, som delvis kommer ligga till grund för kommande ansökning(ar).

6.1 TMA – Olycksstatistik

Statistik över TMA-relaterade olyckor samlades in från olika källor, och redovisas i punktform nedan.

- Statistik från Svevia: Undersökning kring TMA-olyckor i Sverige 2012–2015
 - Svevia har ett påkört TMA-skydd var 40:e dag.
 - Branschen beräknas ha en TMA-olycka i veckan i Sverige.
- Statistik från Svevia: Nya siffror – Undersökning kring TMA-olyckor 2020-05-12 till 2021-05-12
 - Svevia har en påkörd TMA-bil var 12,6:e dag.
 - Branschen beräknas ha en TMA-olycka var 3:e dag i Sverige.
- Övrig info från Svevia
 - Försäkringsbolagen uppger att 30–40 st TMA-skydd skrotas årligen i Sverige.
 - Ofta klarar sig vägarbetare helt eller med mindre skador men i vissa fall får vägarbetare bestående fysiska skador (antalet skadade trafikanter är okänt).
 - Många vägarbetare som varit med vid olyckor vittnar om obehag, sömnsvårigheter och ångest för att utföra TMA-uppdrag.
- Statistik från PEAB: Olyckstillbudsrapportering till Trafikverket feb – apr 2021
 - PEAB har ett påkört TMA-fordon i månaden.
- Statistik från Skanska Region Syd (Skåne, Halland, Blekinge)
 - TMA skydd som blir påkörda ca 4 st per år.
 - Minst 90% av trafiken förbi TMA skydd/arbetsplatser kör för fort.
 - 5–10 gånger per år tar sig bilister in i vårt arbetsområde genom att flytta på avspärningar.
 - 50–100 gånger per år blir våra avspärningar påkörda.
 - Vid varje arbetsplats är det minst en gång per dag som medarbetare (såsom trafikvakter och andra medarbetare som arbetar längs med vägen) blir bemötta med hårda ord (svordomar), ibland hot, "fuck you"-fingar samt blir tutade på. Detta gäller både på det stora vägnätet samt mindre kommunala vägar.
 - Vid minsta köbildning skapas det en frustation i trafiken.
- Statistik från Berlex: Årligen skrotade TMA
 - Berlex skrotar i genomsnitt 5 st TMA-skydd per år ("Skorpionen").
- Statistik från Swedish Traffic Accident Data Acquisition – STRADA

*"Det är svårt att få en heltäckande bild över hur många trafikolyckor som inträffar varje år i anslutning till vägarbete. Det beror på att det bara är olyckor när någon person skadat sig eller omkommit som rapporteras in i STRADA, den olycksdatabas som Transportstyrelsen är ansvarig för. I många trafikolyckor blir det endast materiella skador på fordonen eller vägarbetsutrustning och därför rapporteras dessa olyckor inte in. Det är dessutom svårt att hitta vägarbetsolyckorna i STRADAs statistik. Olyckorna behövs sökas fram genom olika fritextsökningar. Det här innebär att det troligtvis inträffar betydligt fler olyckor vid vägarbeten än de som presenteras i rapporten."*⁶

⁵ <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1389554/FULLTEXT05.pdf>

⁶ https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/15103/RelatedFiles/2016_122_trafikolyckor_vid_vagarbeten_2003_2015.pdf

Under perioden 2003–2011 skadades eller omkom 2 435 personer vid olyckor i anslutning till vägarbeten.⁷

- Av dessa 2 435 personer dog 39 personer och 412 skadades svårt.
- 4 av de 39 omkomna var vägarbetare.
- Omkring 5% av de skadade var vägarbetare.
- En majoritet av de vägarbetare som skadades befann sig inne i sina fordon vid olyckstillfället.
- Den i särklass vanligaste typen av vägarbete då vägarbetare skadats var arbete med vinterväghållning.

Under perioden 2003–2015 skadades eller omkom 3 958 personer vid olyckor i anslutning till vägarbeten.⁸

- Av totalt 3 958 olyckor inträffade 50% på det statliga, 44% på det kommunala och 6% på övrigt vägnät.
- Totalt inrapporterade 1,4% dödsolyckor, 11,3% olyckor med svårt skadade och 87,3% olyckor med lindrigt skadade.
- Omkring 5% av de skadade var vägarbetare.
- Sex vägarbetare omkom, 39 skadades svårt och övriga var lindrigt skadade. De som skadades svårt hade ofta utfört vägarbete i form av vinterväghållning med traktor eller som personal på vägen, det vill säga arbete utanför ett fordon. Fem av de sex omkomna hade utfört rörligt eller intermitterant arbete. 74 av olyckorna inträffade på kommunalt vägnät och 82 olyckor på statligt vägnät.
- Drygt 55% av alla skadade vägarbetare, totalt 108 personer, skadades i samband med vinterväghållning.
- I totalt 158 olyckor har tunga skydd har blivit påkörda. TMA-fordon kördes på i 51 olyckor. Det framgår tyvärr inte alltid om någon vägarbetare befann sig i TMA-fordonet som kördes på så det är omöjligt att avgöra hur många olyckor som inträffat där TMA-fordon körts på men där TMA-föraren klarat sig oskadd. Däremot visar statistiken att vid nio tillfällen blev TMA-förarna skadade. Samtliga förare fick lindriga skador.

- Olycks- och tillbudsrapportering (OTR) till Trafikverket (TRV)

- Sedan ett par års tid rapporterar branschen OTR gällande TMA till TRV.
- Går det att ta del av denna rapportering? Vi har ringt runt till olika personer på Trafikverket och hittills är det ingen som har haft direkt kännedom om OTR. Eva Liljegren som författat "Trafikolyckor med påkörningar på TMA" uppgav att det är Jan Backman som håller i detta. Han är dock på semester till 16/8 enligt autosvar på mail. Vi fortsätter att undersöka saken.

- Sverige: Rapporter om olyckor och incidenter i anslutning till vägarbeten

- VTI (notat 14-2008) Incidenter vid arbete på väg – En sammanställning av olyckstillbud. Mats Wiklund.⁹
- Vägverket (2008) Trafikolyckor vid vägarbeten 2003–2007.
Trafikolyckor som rapporterats in av polis (ej sjukvård).
- Trafikverket (2010:102) Jag kom ikapp en plogbil.
Trafikolyckor med vinterväghållningsfordon, framför allt plogbilar.
- Trafikverket (2010:116) Att sköta vintervägar.
Baseras på en enkät till vägarbetare som utför vinterväghållningsarbete, t.ex. plogning och saltning.
- Trafikverket (2011:007) Plötsligt var det ett vägarbete! En studie av trafikolyckor vid vägarbeten 2003–2009 med speciellt fokus på upphinnandeolyckor.
Upphinnandeolyckor och de personskador som uppkommer i dessa olyckor.
- Trafikverket (2012:231) Skyddad för livet? - En studie av trafikolyckor vid vägarbeten 2003–2011 med fokus på olyckor med tunga skydd och olyckor med skadade vägarbetare.¹⁰
Olyckor där vägarbetare skadats eller omkommit och trafikolyckor där tunga skydd blivit påkörda.
- Trafikverket (2013:059) Trafikolyckor med påkörningar på TMA – En studie av tio trafikolyckor vid vägarbeten där fordonsmonterade energiupptagande skydd, TMA, blivit påkörda.¹¹
Sammanställning av uppgifter kring tio trafikolyckor med TMA-påkörningar och studera hur de inblandade trafikanterna och fordonen klarade sig i dessa olyckor.

⁷ <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1389554/FULLTEXT05.pdf>

⁸ https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/15103/RelatedFiles/2016_122_trafikolyckor_vid_vagarbeten_2003_2015.pdf

⁹ www.diva-portal.org/smash/get/diva2:670381/FULLTEXT01.pdf

¹⁰ <https://trafikverket.ineko.se/se/tv17365>

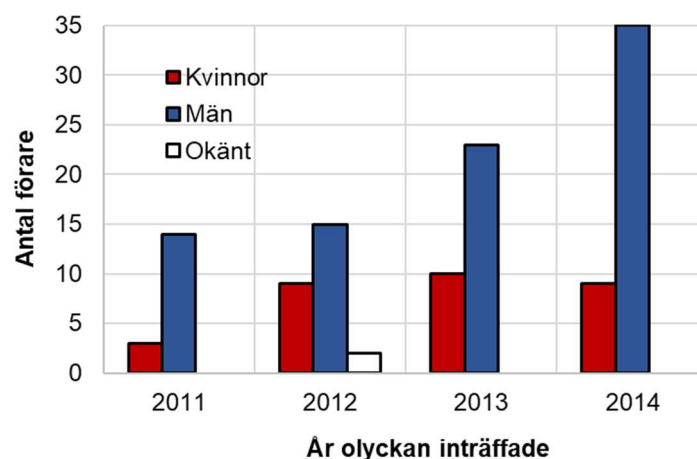
¹¹ <https://trafikverket.ineko.se/se/tv17475>

- Trafikverket (2014:075 Trafikolyckor vid vägarbeten. En studie av trafikolyckor med personskador 2003–2012 med speciellt fokus på olyckor som inträffat på kommunala vägar och gator.
Sammanställning och analys av olycksstatistik utifrån ett väghållarperspektiv.
- Trafikverket (2014:122) Jag ramlade ner i en grop vid ett vägarbete! En studie av trafikolyckor med personskador 2003–2013 med speciellt fokus på oskyddade trafikanter.
Olyckor med oskyddade trafikanter, t.ex. fotgängare och cyklister. Anledningar till olyckorna analyseras och även trafikanternas skador.
- Trafikverket (2014:128) Dödsolyckor vid vägarbeten – En studie av trafikolyckor med dödlig utgång vid vägarbeten 2003–2013.
Sammanställning av dödsolyckor som inträffat vid vägarbeten (tar även upp hur dödsolyckorna utreds av Trafikverket).
- Trafikverket (2016:122) Trafikolyckor vid vägarbeten 2003–2015¹²
- SEKO (2019) Med fara för livet en rapport om vägarbetares arbetsmiljö¹³:
"Resultatet från Sekos medlemsundersökning är tydligt - att arbeta vid vägen är förenat med fara för livet. 92% av de svarande på undersökningen menar att trafikanterna inte tar tillräckligt med hänsyn till de som arbetar vid vägen, 91% oroar sig för sin säkerhet och över hälften har varit med om minst en incident på deras arbetsplats under det senaste året."

- USA: Rapport från Virginia¹⁴

Totalt analyserades 121 TMA-olyckor i Virginia som inträffat under en fyraårsperiod (2011–2014). Dessa olyckor uppvisar en ökande trend, speciellt för personbilar och tung lastbil. Olycksstatistiken domineras av:

- Män (**Figur 4**), både med avseende på
 - + förare av påkört TMA-fordon (75,2% män)
 - + förare av påkörande fordon (72% män)
- Mobila, korta jobb (75,2%), inklusive alla krockar med dödlig utgång (totalt fyra dödsfall, varav en TMA-förare).
- Upphinnandekollisioner (76%), inklusive alla krockar med dödlig utgång (totalt fyra dödsfall, varav en TMA-förare).
- Påkörande bil har hög hastighet (peakar vid 97 km/h)
- Krockar i dagsljus (62%) (jfr: mörker med belysning 26%; mörker utan belysning 9%)
- Nyktra förare (81%), men 15 av de 16 krockarna som inträffade på natten involverade förare som druckit alkohol.
- Påkörande bil färdades rakt framåt (71%)



Figur 4. Kön på föraren i påkörande bil.

¹² https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/15103/RelatedFiles/2016_122_trafikolyckor_vid_vagarbeten_2003_2015.pdf

¹³ <https://mb.cision.com/Public/1017/2848564/b4bea36e8dd5aa91.pdf>

¹⁴ www.virginiadot.org/vtrc/main/online_reports/pdf/16-r7.pdf

- USA: Enligt Maynard Factor, Kratos
Det sker en trafikolycka i samband med vägarbete var 6:e minut i USA (bör kollas upp).
- USA: Vittnesmål från överlevande TMA-förare
Vittnesmål från överlevande TMA-förare börjar 29 minuter in i filmen:
<https://transportation.pasenategop.com/061318-2/?wvideo=wls6r2dw50>
This testimony was presented during a Pennsylvania State congressional meeting to pass legislation allowing autonomous vehicles on the road in that State.

6.2 Automatisering av TMA – Vad händer i omvärlden?

Bland aktörer som utvecklar och tillhandahåller följefordonsteknik finns *Peloton Technology* som har utvecklat tekniken som låter en helt förarlös lastbil följa efter ett annat fordon med chaufför. Bland de tunga investerarna finns bland andra *Volvo Group*. Konceptet platooning bygger på att lastbilar med hjälp av autonom teknik kan färdas i täta konvojer, vilket ger en minskad bränsleförbrukning. *Scania* har testverksamhet med samma typ av lösning, men medan den svenska tekniken låter flera förarlösa lastbilar följa ett ledarfordon – antyder *Peloton* att deras teknik i dagsläget är begränsad till ett följefordon.

Projektgruppen har identifierat två olika initiativ som utvecklar teknik inom automatisering av TMA, ett i USA (*Kratos*) och ett i Tyskland (*MAN*). Även det norska *Yeti*-projektet är i sammanhanget intressant eftersom det koordinerar flera snörynjingsfordon i formation på flygplatser. Denna teknik skulle potentiellt kunna implementeras i autonoma TMA-fordon som kör i formation (chikan/vävning/tryckning).

USA: Kratos¹⁵

Kratos är en pionjär inom branschen för automatiserade arbetsfordon, och har utvecklat världens första *Autonomous Truck Mounted Attenuator (ATMA)* i samarbete med *Royal Truck & Equipment*. *ATMA* används för att skydda arbetsfordon som utför långsamgående vägunderhåll (tex linjemålning, slätter, ...). Det obemannade *ATMA*-konceptet bygger på teknik för förarlösa konvojfordon som *Kratos Defense* har tagit fram för den amerikanska militären, *Multi-Platform Appliqué Kit (M-PAK)*. Denna teknik används exempelvis vid risktransporter, såsom "supply missions", genom minområden. På deras websida anges följande tre skäl till att TMA bör automatiseras: 1) Rädda föraren från skada eller död 2) Ta bort mänsklig självbevarelseinstinkt och 3) Reducera avståndsavvikelser.

Kratos automatiserar TMA-fordon med hjälp av *M-PAK*-tekniken för att möjliggöra självkörning i en *Leader/Follower*-konfiguration. Underhållsfordonet (*Leader*) överför navigationsdata via krypterad V2V-kommunikation till *ATMA* (*Follower*), som använder informationen för att följa bakom *Leader* helt obemannad längs en rutt. Systemet har hög säkerhet och kan stoppas när som helst (cyber security, encryption, frequency hopping, flera olika stopp-funktioner). "The *ATMA* system features component redundancy, an active safety system, high accuracy GPS/GPS-Denied navigation, encrypted V2V communications, multi-modal front and side-view obstacle detection, and a robust User Interface providing system feedback, situational awareness, multi-camera views, and operator controls."

Det första *ATMA*-systemet lanserades under 2017, och idag finns totalt nio fordon utrustade med tekniken ute på vägarna i USA och Storbritannien. Det övergripande målet med *ATMA* är att öka vägarbetarnas säkerhet genom att *ändra deras roll* från förare av TMA-fordonet till *systemoperatör* ombord på det framförvarande arbetsfordonet, vilket speciellt attraherar den yngre generationen. "Highways are becoming increasingly dangerous due to distracted drivers texting, following too closely, falling asleep, etc., and work zone fatalities from traffic-related crashes average in the hundreds per year."

Kratos har i dagsläget ca 20 anställda (software/hardware). Enligt *Maynard Factor*, *Kratos*, fungerar tekniken bra och man får positiv feedback från användarna; vägarbetarna efterfrågar systemet för sin egen säkerhet. Den har ett robust user interface ("designed by the users") och det är ett moget system (TRL9 i Sverige); "this vehicle is safer than a manual vehicle". Det finns en stark acceptans för *ATMA* eftersom 1) det primära målet är ökad säkerhet

¹⁵ www.kratosdefense.com/systems-and-platforms/unmanned-systems/ground/autonomous-truck-mounted-attenuator
www.youtube.com/watch?v=N-GkbFXq3Ts&feature=youtu.be

för vägarbetarna, 2) det opererar i låga hastigheter, och 3) det rör sig inom en arbetszon. Man behöver heller inte göra modifieringar av infrastrukturen.

Tyskland: MAN

(se artikel i Traylor Nr 9 2018)

MAN ett utvecklingsprojekt där ett TMA-fordon förflyttar sig långsamt (max 12 km/h) bakom ett arbetsfordon som exempelvis klipper vägkanten. Sommaren 2018 gjordes ett skarpt test på motorväg A3 i Hessen, Tyskland. "Troligen var detta första gången som en lastbil utan förare rullade på publik väg i Europa". I dessa tester styrs TMA-fordonet av framförvarande arbetsfordon. Det förarlösa TMA-fordonet håller ett konstant avstånd, och rör sig i samma hastighet, som det framförvarande arbetsfordonet. Avståndet till arbetsfordonet är normalt 100 meter, men vid exempelvis påfarter kan detta avstånd minskas till 10 meter.

Norge: Yeti¹⁶

Yeti Move, som samägs av Semcon, Øveraasen och Husqvarna, har i samarbete med Semcons experter utvecklat ett avancerat kontrollsystem för självkörande fordon som används i miljöer där det ställs höga krav på säkerhet, precision och tillförlitlighet. Systemet har hittills testats på flygplatser och vägbyggen men möjligheterna för fler användningsområden är stora. I mars 2018 testades de autonoma fordonen för första gången på en snöig flygplats 200km norr om Oslo, i ett projekt för norska flygplatsoperatören Avinor. De har också testkörts på Oslo flygplats under vinter 2018/2019. Syftet med det här projektet inom området Applied Autonomy är att ge ökad effektivitet och minskade förseningar på flygplatser.



Figur 5. Yeti demonstreras¹⁷.

6.3 Nyare teknik för ökad synbarhet

Som framgår av **Figur 5** är ökad synbarhet ett viktigt kriterium för förbättrad säkerhet vid vägarbetsplatser, och därmed även för TMA-fordon. Här sammanfattas tre olika koncept baserat på nyare teknik som skulle kunna användas för detta ändamål.

1. Ljus-artilleri
2. LED Skyltar
3. Augmented Reality (AR)

Standarder för dessa finns i olika regelverk.

¹⁶ <https://semcon.com/sv/yeti/>
<https://omad.tech/yeti-forenklar-snoroiningen/>
www.youtube.com/watch?v=UH1UBMleoDY
www.youtube.com/watch?v=XkLO5z16bXE

¹⁷ www.youtube.com/watch?v=zcVLqPi-NzQ&t=12s

Ljusartilleri ("projection mapping")^{18,19}

"Head-turning projection mapping has become commonplace at events like music festivals, product launches or shows, but that doesn't make the spectacle any less mind-blowing. Projecting video onto surfaces such as buildings, to create the illusion of 3D art, used to be a fledgling art form but it has grown into a phenomenon.

Unlike flat projection, video projection mapping turns any object into a screen – such as a building – and project onto its walls without any distortion. Often site-specific, the best projection mapping projects succeed by enhancing rather than effacing the architecture they're beamed onto." (**Figur 6**).

Kommentarer:

- Applicerbar i mörka förhållanden (natttid)
- Projicera upp på lastbil, asfalt etc



Figur 6. Exempel på ljusartilleri ("projection mapping").

LED-skyltar

LED-skyltar (**Figur 7**) är fristående bokstäver, symboler och logotyper som varierar i storlek och form. LED-skyltar används vanligtvis för att skapa synlighet och ett distinkt utseende. Här skulle man kunna dra nytta av alla uppkopplade fordon för att förmedla information. Kanske kunde på sikt fordonsskatten regleras beroende på om man låter sitt fordon bidra med friktionsdata, trafikinformation etc.²⁰

Kommentar:

- En fördel med LED är att det syns dagtid och natttid.



Figur 7. Exempel på LED-skyltar.

Augmented Reality (AR)

Augmented Reality (AR) (**Figur 8**), blandas ofta ihop med Virtual Reality (VR), men detta är två ganska olika saker. Lite enkelt uttryckt kan man säga att VR ger dig en annan verklighet medan AR bygger på och förstärker den riktiga världen på ett visuellt sätt. Med VR-glasögon stängs ofta hela ens omgivning ute och man transporteras till en annan virtuell plats. AR lägger istället till information och bilder i det vi ser för att ge ökad funktionalitet.

Kommentar:

- Inte alla fordon som har tillgång till tekniken

¹⁸ www.creativebloq.com/video/projection-mapping-912849

¹⁹ www.osram-continental.com/solutions/projection-solutions

²⁰ http://www1.prweb.com/prfiles/2013/11/28/11379029/gl_105006_Attract%20Attention.jpg



Figur 8. Exempel på Augmented Reality (AR). Bild från Wikimedia Commons.

6.4 Måluppfyllelse

Projektet bidrar till flera av delprogrammets programområden:

- *Anpassade fordonskoncept* genom att utveckla konceptet för arbetande följefordon.
- *Fordons- och mobilitetstjänster* genom att bredda erbjudandet per förare.
- *Regelverk, standardisering och styrmedel* genom att undersöka konceptet arbetande följefordon på allmän väg.
- *Affärsmodeller kopplat till ny innovativ teknik* genom att undersöka hur befintliga aktörer kan leverera nya tjänster.
- *Människan i det förändrade systemet* genom att undersöka hur människan interagerar med denna typ av fordon.

Projektet bidrar till flera av de övergripande FFI-målen:

- *Att öka forsknings- och innovationskapaciteten i Sverige och därmed säkra fordonsindustriell konkurrenskraft och arbetstillfällen:*
Genom att vi stärker Berlex stärker vi samarbetet mellan olika aktörer inom fordonsindustrin i Sverige. Kostnaden för ett fordon är lägre jämfört med kostnaden för en förare, vilket kan innebära en konkurrensfördel på sikt.
- *Att utveckla internationellt uppkopplade och konkurrenskraftiga forsknings- och innovationsmiljöer i Sverige:*
Projektet kommer delvis utnyttja kunskap och teknik från det norska Yeti-projektet. Vidare kommer vi undersöka/utvärdera hur RISE och Chalmers Industritekniks forsknings- och innovationsmiljöer kan utnyttjas på bästa sätt i fortsättningsprojekt.
- *Att främja medverkan av små och medelstora företag:*
Berlex är ett SMF som ingår i projektet.
- *Att främja medverkan av underleverantörer:*
Berlex är en underleverantör som ingår i projektet.
- *Att främja branschöverskridande samverkan:*
Vi kopplar ihop transportsektorn med entreprenörssektorn och applicerar ledande teknik inom nya fält.
- *Att främja samverkan mellan industri och universitet, högskolor och institut:*
Detta görs inom projektet.
- *Att främja samverkan mellan olika OEM:*
Berlex är ett OEM som vi stärker genom detta projekt genom samarbete med entreprenörer och slutkunder, som Skanska, Peab och Svevia, men även lastbilstillverkare.

6.5 Demonstrationsprojekt

Efter omfattande diskussioner enades projektgruppen om att *inte inkludera TMA-fordon i formation* (chikan/vävning/tryckning) i den kommande projektansökningen. Tekniken för att operera i formation finns visserligen inom projektgruppen (Yeti-projektet/Semcon), men bedömningen är att ett ensamt efterföljande TMA-fordon skulle vara en bra och mycket användbar tillämpning, samt ett lagom stort första steg. Så här ser projektgruppens slutliga förslag på Usecase ut:

Slåtter längs de stora vägarna med ett arbetsfordon som även fungerar som trafikledningscentral samt med *ett* efterföljande semiautonomt tungt TMA-fordon. Hela kedjan studeras: Startpunkt – Jobb – Tillbaka igen. Det efterföljande semiautonoma TMA-fordonet skall klara av att operera längs

1. Bred vägren
2. Smal vägren
3. Övergång bred/smäl samt smal/bred
4. Korsning/cirkulationsplats
5. Trafikplats ("mot") = planskild korsning + påfart/avfart

Alla cases skall kunna hanteras vid allt från starkaste solljus till mörkaste natt (pga att driftsäsongen är dygnet runt från 1 maj till 30 november), samt vid "normalt" regn/fuktig vägbanan (vid ösregn går ej slåttermaskiner ut).

Utöver den nuvarande projektgruppen, pågår diskussioner med potentiella partners. Exempelvis har Trafikverket visat intresse och vill att vi presenterar förstudien för dem. Hur det planerade demonstrationsprojektet kommer läggas upp beror på vilka partners som kommer ingå och vilka tekniska lösningar/resurser som finns att tillgå inom den framtida konstellationen.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	(X)	Ja, på sikt
Introduceras på marknaden	(X)	Ja, på sikt
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut	X	

7.2 Publikationer

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

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Detta är ett projektförslag som har hög potential inom ett område där automatiserade fordon kan få snabbt genomslag och bidra till ökad trafiksäkerhet, bättre arbetsmiljö och minskade skador och dödsfall vid arbete på väg. Projektgruppens ämnesöverskridande kunskaper har även gett upphov till många intressanta diskussioner och aha-upplevelser, vilket resulterat i minst fyra ytterligare spår/idéer om framtida innovationsprojekt.

Regeringen har antagit en nollvision mot dödsolyckor på arbetsplatser (2015/16:80)²¹. Samtidigt gäller sedan mitten av 1990-talet nollvisionen om att ingen ska omkomma eller skadas allvarligt i trafiken (prop. 1996:97:137). Det finns således dubbla visioner som båda pekar tydligt i samma riktning: ingen ska behöva omkomma vid arbete på och vid väg.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Anna Carlsson (koord)
anna.carlsson@chalmersindustrieteknik.se



Andreas Bäckström
andreas.backstrom@svevia.se



Gustav Nyblom
gustav.nyblom@berlex.se



Viveca Wallqvist
viveca.wallqvist@ri.se



Sören Carlsson
soren.s.carlsson@skanska.se



Robert Björkman
robert.bjorkman@semcon.com



Jan-Erik Jansson
Jan-Erik.Jansson3@peab.se



²¹www.transportstyrelsen.se/4a32b0/globalassets/global/publikationer/vag/rapport_regeringsuppdrag-sakerhetshojande-atgarder-arbete-pa-vag2020.pdf