

# Metod för återskapande av trafikmiljöer

## Slutrapport Skyltfonden TRV 2021/115006

### Innehåll

Förord .....	1
Sammanfattning .....	2
Bakgrund .....	2
Val av studieobjekt .....	2
Utveckling .....	3
Krav på återskapande och begränsningar .....	3
Val av föremål för återskapande .....	3
Krav på återskapandemiljön .....	4
Metod .....	4
Inskanning och uppmätning .....	5
Återskapandet .....	5
Uppmätning av kopian .....	6
Utvärdering .....	7
Mätresultat .....	7
Identifierade brister .....	7
Summering av uppmätningen .....	8
Utseende .....	8
Arbetet med återskapandet .....	8
Slutsatser .....	8
Spridning av projektresultat .....	8

### Förord

Slutrapporten är framtagen med ekonomiskt stöd från Trafikverket Skyltfonden. Ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder i rapporten reflekterar författaren och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder inom rapportens ämnesområde.

Projektet har utförts av och på AstaZero i Göteborg och Borås.

#### Projektledare:

Fredrik Bergquist

#### Övriga projektmedlemmar:

Adam Eriksson

Oscar Johansson

Jesper Ekstener

Kasper Johansson

## Sammanfattning

Syftet med detta projekt är att utveckla en metod att återskapa utvalda trafikmiljöer som kopior på exempelvis en testbana. En välfungerande metod för återskapande kommer fordonsindustrin till nytta genom att man erbjuds möjlighet att utföra tester av autonoma fordon i utmanande miljöer kopierade från verkliga platser men på en avskild och säker plats.

Metoden som har provats har under rätt förutsättningar visats klara positionering av föremål med maximalt 10 centimeters avvikelse, vilket anses vara en tillfredsställande noggrannhet.

Basverktyget i arbetet har varit en sensorplattform bestående av ett integrerat lidar- och kamerasystem. Systemet skannar utvald trafikmiljö och skapar ett digitalt punktmoln. I punktmolnet mäts sedan positionen på de föremål som har valts ingå. Mätdata används sedan för att på avskild plats placera motsvarande objekt som de föremål man har mätt upp och bygga upp en kopia av originalmiljön.

Projektet identifierade förbättringsbehov, främst inom inskanningen som i vissa fall gav svårtolkade positioner. I andra fall klarade systemet inte att identifiera önskade mätpunkter då dessa inte kunde skiljas från sin omgivning. Ett förslag på lösning diskuteras i slutsatserna.

Sammantaget anses projektet ha gett lyckat resultat och ökad kunskap om de utmaningar som ett arbete att återskapa trafikmiljöer ställs inför.

## Bakgrund

Självkörande transporter är en gren inom fordonsbranschen som har växt mycket snabbt de senaste åren. Det pågår globalt ett stort antal utvecklingsprojekt hos såväl etablerade fordonstillverkare som nya aktörer för att bidra i framtagandet av ny teknik inom autonoma transporter. Målet är att trafiksätta autonoma fordon som, förutom bekvämlighetsaspekten, kan bidra till säkrare trafik och minskade olyckor.

En återkommande diskussion är hur man skall visa att den självkörande tekniken är säker att använda. Man har konstaterat att det sannolikt inte finns en enda metod att visa detta, utan att det kommer krävas en kombination av olika typer av provning, såväl simulerad som fysisk. En förutsättning för den fysiska provningen är att man kan utföra prov i verklig körmiljö.

Detta står i konflikt med att det krävs särskilt tillstånd att framföra fordon för testverksamhet på allmän väg, något som inte kan erhållas utan att kunna visa att fordonet är säkert. Det är därför nödvändigt att testning kan ske på avskild plats.

Syftet med detta projekt är att utveckla en metod att återskapa kopior av verkliga trafikmiljöer som anses intressanta från testsynpunkt, och sedan återskapa dessa på avskild plats som exempelvis en testbana.

## Val av studieobjekt

För att kunna välja ett lämpligt studieobjekt skapades först, genom brainstorming, en förslagslista innehållande både olika typer av trafikmiljöer och specifika platser. Förslagen placerades sedan in i en tvådimensionell mappning, där parametrarna "Intresse" och "Genomförbarhet" diskuterades och viktades för att ge en indikering om lämpligaste val. Resultatet visas i bild 1.

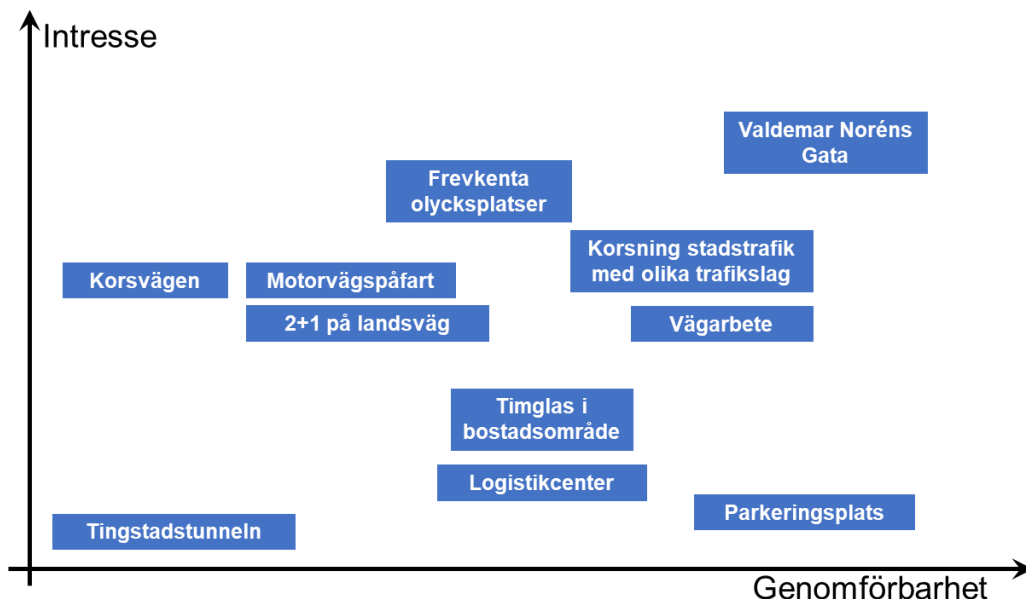


Bild 1:  
 Mappning av potentiella studieobjekt

Valet av studieobjekt följde mappningens indikering på Valdemar Noréns gata, lokaliserad på Lindholmen i Göteborg. Fördelarna ansågs tydliga;

- **Intresse**
  - o Platsen är av stort intresse, då den tidigare har studerats av ett företag som utvecklar autonoma fordon och har pekats ut som utmanande. Dvs typiskt en sådan situation som man kan tänkas ha behov att utföra prov på i skyddad miljö.
  - o Platsen har tillräcklig detaljrikedom för att vara intressant från återskapandesynpunkt.
- **Genomförbarhet**
  - o Platsen har en relativt begränsad utsträckning vilket möjliggör ett återskapande med rimlig insats.
  - o Platsen är lätt åtkomlig i det fall man behöver göra uppföljning, exempelvis med kompletterande mätningar.

## Utveckling

Sensorplattformen var vid projektets start utrustad med Lidarsensorer, dvs knippen av laserstrålar som kontinuerligt mäter avstånd till alla de föremål som finns runt fordonet. Denna mätning resulterar i ett så kallat punktmoln som digitalt visualiserar 3D-miljön som fordonet befinner sig i. I denna visualisering återges emellertid alla punkter i samma färg, varför exempelvis väglinjer blir svåra att urskilja på en plan vägbana.

Plattformen har i projektet därför utrustats även med fyra kameror, placerade framåt och bakåt respektive höger och vänster. Med kamerornas hjälp kan man färglägga varje punkt i molnet med samma färg som respektive föremål har i verkligheten. Gräsytor blir gröna, asfalt blir gråsvart, och väglinjer blir vita. Dock krävs att kamerabilderna kan matchas mot varje laserpunkt så att man fångar färgen från rätt ställe. Ett av projektmålen var att åstadkomma denna korrelering som en förbättringsutveckling av sensorplattformen, vilket också lyckades.

## Krav på återskapande och begränsningar

### Val av föremål för återskapande

Kravställningen på den tänkta kopian av trafikmiljön utgick från de studier som tidigare hade utförts på platsen. I studierna hade den i Bild 2 utpekade färdriktningen noterats som särskilt utmanande, framför allt på grund av situationen med ett övergångsställe i kombination med skymd sikt. Den geografiska avgränsningen för utvalt område valdes i längdled därför innehålla en kort sträcka fram mot övergångsstället och därefter avslutas i höjd med märket för väjningsplikt.

I sidled valdes de trafikrelaterade föremål som en förare måste uppmärksamma, det vill säga vägen och dess avgränsningar, trottoarstråket, trafikskyltar och vägmarkeringar, samt föremål som skymmer sikten mot övrig trafik. Träd och lägre växtlighet valdes att inte ingå i kopian. Inte heller behövde huskroppen till vänster i bild ha en vägg som fortsätter på andra sidan hörnet.



**Bild 2:**  
Trafikmiljön sett i den tänkta färdriktningen  
Markerade föremål valdes ingå i återskapandet.

Utvalda föremål från vänster till höger i bild 2:

- Del av husvägg
- Plantering på terrass
- Terrasskant
- Trafikmärke för övergångsställe
- Övergångsställe samt farthinder
- Gatsten som markerar avgränsning mot trottoar
- Kantsten som avslutar trottoar
- Trafikmärken för övergångsställe och väjningsplikt

### Krav på återskapandemiljön

Då återskapandemetodiken är under utveckling i ett tidigt skede, ansågs projektfokus främst ligga på att finna arbetssätt att placera kopierade föremål så noggrant som möjligt. Om metodvalen visar sig vara framgångsrika i detta avseende kan kommande steg exempelvis bli att bygga en förmåga att även efterlikna originalen utseendemässigt. I projektet sattes dock detta som ett sekundärt mål.

I och med att en metod för återskapande ännu inte är etablerad, finns heller inga krav fastställda på noggrannheten på placerade föremål. Ansatsen i projektet blev därför att undersöka förmågan med befintliga verktyg och se vad som är möjligt i dagsläget. Ett mål som bedömdes rimligt baserat på kunskap om sensorplattformen var att åstadkomma utplaceringar med mindre avvikelse än 10 cm.

### Metod

Ett projektmål var att metoden för återskapande skulle innehålla verktyg och steg som på sikt möjliggör en ökad grad av automatisering. Sensorplattformen är ett sådant verktyg, då mätdata lagras digitalt direkt i inskanningen vilket möjliggör automatiserad efterbehandling. Emellertid är en sådan funktionalitet ännu inte på plats.

Det konstaterades att punktmolnet skulle vara en svåränvänd informationsbas för återskapande på grund av sin abstrakta natur. Arbetet med att bygga kopian skulle ske med övervägande manuella insatser, varför man föreslog att man genom mätningar i punktmolnet skulle överföra respektive föremåls position till tabellform. Nästa utmaning som identifierades var då att det behövs ett referenssystem som guide så att föremålen kan placeras korrekt relativt varandra i kopian.

Två möjliga metoder diskuterades.

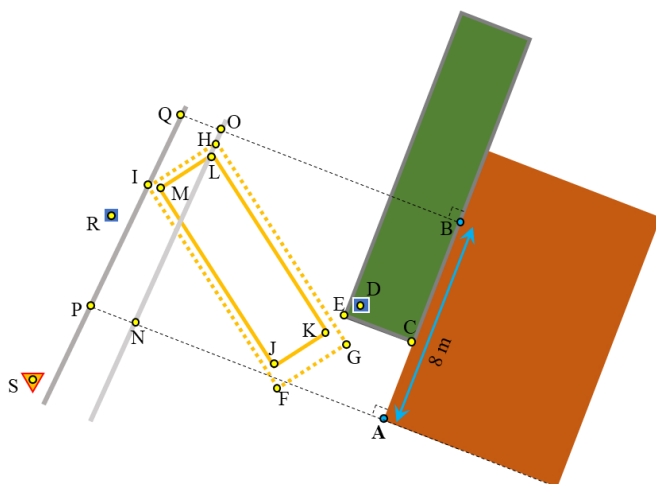
- Ett koordinatsystem där varje föremåls position skulle få ett värde i x-y-led.
- Ett "trianguleringsystem", där man från två utvalda referenspunkter mäter avståndet till respektive föremål.

Båda metoderna bedömdes likvärdiga för att göra mätningar i punktmolnet. Koordinatsystemet hade en intressant tillämning, då man skulle kunna använda en radiostyrd bil för markering av respektive position. Bilen kan kontrolleras via ett system som använder just x-y-referenser, vilket skulle kunna möjliggöra delvis automatisering i ett fortsatt utvecklingsarbete.

Trianguleringsystemet bedömdes emellertid vara det enklaste tillvägagångssättet då återuppbyggnaden skulle ske på en relativt begränsad yta, och blev den valda metoden.

## Inskanning och uppmätning

Den utvalda trafikmiljön inskannades med sensorplattformen och sparades i form av ett punktmoln. Positionen på de föremål som skulle ingå i kopian mättes i molnet, utgående både från punkt A och punkt B. Varje mätpunkt fick således två mått, dokumenterade i tabellform. Som underlag för vilka mätningarna som skulle göras skapades en skiss i horisontalplan enligt bild 3, där även mätningen dokumenterades.



Position	Beskrivning	A	B
A	Hörn på huskropp ( <b>Referenspunkt</b> )	0	8,00
B	8 meters distans från A, längs husvägg ( <b>Referenspunkt</b> )	8,00	0
C	Plantering, L-stöd anslutning mot husvägg	3,08	4,9
D	Stolpe, skylt, övergångsställe	4,86	4,92
E	Plantering, L-stöd, hörn mot gatan	4,6	5,97
F	Farthinder, "hörn F"	3,69	9,74
G	Farthinder, "hörn G"	1,93	6,99
H	Farthinder, "hörn H"	10,47	9,09
I	Farthinder, "hörn I"	11,58	11,16
J	Övergångsställe, "hörn J"	4,47	8,69
K	Övergångsställe, "hörn K"	3,62	6,77
L	Övergångsställe, "hörn L"	10,21	8,58
M	Övergångsställe, "hörn M"	10,78	10,08
N	Gatstensrand	9,39	12,41
O	Gatstensrand	-	-
P	Kantsten	10,82	13,53
Q	Kantsten	-	-
R	Stolpe, skylt, övergångsställe	11,75	12,08
S	Stolpe, skylt, väjningsplikt	13,18	17,32

Bild 3:

Underlag för mätning i punktmolnet, samt resulterande mätdata av positionspunkter.

Två punkter; O (Gatstensrand) och Q (Kantsten), visade sig inte kunna urskiljas i punktmolnet, varför dessa mätvärden saknas i tabellen. Teamet diskuterade detta och beslöt att ersätta punkt O med punkt L samt att behandla linjerna P-Q och N-O som parallella.

## Återskapandet

Som underlag för återskapandet hade teamet på AstaZero tillgång till Bild 2 och Bild 3 samt en viss mängd rekvisita från testbanans anläggning.

Basen för byggnationen skapades genom att placera ut referenspunkterna A och B med 8 meters mellanrum. Utgående från dessa kunde övriga föremål placeras ut enligt tabellen i Bild 3, positionerade med hjälp av måttband.

I rekvisitan på AstaZero ingår främst vägmärken och vägmarkeringar som exempelvis övergångsställe. För att återskapa föremål av speciell karaktär, som planteringen på vänstra sidan samt trottoar, improviserade teamet med övrigt tillgängligt material, exempelvis lastpallar och konstgräs.

Resultatet framgår av Bild 4, originalet i Bild 5.



*Bild 4:  
Den återskapade trafikmiljön*



*Bild 5:  
Den ursprungliga trafikmiljön*

## Uppmätning av kopian

Även den återskapade trafikmiljön i Bild 4 skannades in med sensorplattformen. Punktmolnen från originalet respektive kopian överlagrades sedan digitalt på varandra för att på så sätt mäta avvikelser i placering av respektive föremål.

Resultatet redovisas av Bild 6 som visar mätningar från referenspunkterna A och B i varsin tabell. I de fall en mätning har visat på avvikelse större än 10 centimeter lämnas även en kommentar.

Ref A	Dist [m]	Kommentar
A	-	
B	0,02	
C	0,05	
D	0,12	Stolpen i originalskanningen var något otydlig. Bidrar sannolikt till mätfel.
E	0,06	
F	-	Farthinder inte återskapat fysiskt
G	-	Farthinder inte återskapat fysiskt
H	-	Farthinder inte återskapat fysiskt
I	-	Farthinder inte återskapat fysiskt
J	0,04	
K	-	Problem med mätning, punkter saknas i området.
L	0,02	
M	0,18	Troligen inte urskiljt övergångsstället korrekt i originalskanningen
N	0,02	
O	-	Problem med mätning, punkter saknas i området.
P	0,46	Svårt att garantera vinkelrät mätning.
Q	-	Problem med mätning, punkter saknas i området.
R	0,15	Stolpen i originalskanningen var något otydlig. Bidrar sannolikt till mätfel.
S	0,04	

Ref B	Dist [m]	Kommentar
A	0,02	
B	-	
C	0,05	
D	0,04	
E	0,03	
F	-	Farthinder inte återskapat fysiskt
G	-	Farthinder inte återskapat fysiskt
H	-	Farthinder inte återskapat fysiskt
I	-	Farthinder inte återskapat fysiskt
J	0,21	Troligen inte urskiljt övergångsstället korrekt i originalskanningen
K	-	Problem med mätning, punkter saknas i området.
L	0,39	Troligen inte urskiljt övergångsstället korrekt i originalskanningen
M	0,10	
N	0,01	
O	-	Problem med mätning, punkter saknas i området.
P	0,34	Svårt att garantera vinkelrät mätning.
Q	-	Problem med mätning, punkter saknas i området.
R	0,23	Stolpen i originalskanningen var något otydlig. Bidrar sannolikt till mätfel.
S	0,06	

Bild 6:

Resultat av differensmätning mellan original och kopia

## Utvärdering

### Mätresultat

Identifierade brister

Ur kommentarerna i Bild 6 framgår några brister i återskapandet. Kommentarerna återkommer i fyra grupper av problem:

1. Farthindret inte återskapat fysiskt
2. Mätpunkter saknas i delar av området
3. Inskanning av vissa föremål inte tillräckligt tydlig för att kunna mätas noggrant
4. Svårt att garantera mätning längs fiktiv vinkelrät linje

Punkter 1 och 2 får sägas ha en grund i bristande erfarenhet att återskapa en miljö på detta sätt, samt ej tillräcklig hänsyn taget till begränsningar hos sensorplattformen.

- Farthindrets frånvaro beror på en kommunikationsmiss runt vad som förväntades av återskapandet. Då inget som liknar ett farthinder fanns tillgängligt på anläggningen blev heller inget utplacerat.
- Punkterna O och Q var visserligen redan i originalinscanningen inte möjliga att fastställa. Emellertid var detta svårt även i kopian, då trottoaren utgjordes av en tunn matta med samma färg som omgivande asfalt, vilket blev för svårt att urskilja i punktmolnet.

Punkter 3 och 4 härleds till förmågan hos sensorplattformen och de digitala mätverktygen.

- Att punkt K saknar mätpunkter i skanningen av kopian var något överraskande då övergångsstället framträder relativt tydligt. Sannolikt har hörnet på övergångsstället hamnat i skugga för sensorerna bakom planteringskonstruktionen.
- Hos flertalet mätpunkter var tydligheten hos föremålen i punktmolnet inte god nog för att kunna mätas med tillfredställande noggrannhet. Detta konstateras sannolikt bero på sensorplattformens förmåga och behöver undersökas vidare för att finna rotorsak.
- I punkt 4 identifieras avsaknaden av stödfunktioner för mätning i punktmolnet som kan behövas vid denna typ av mätningar. I synnerhet skulle vinkelräta mätlinjer behöva användas i det fall man väljer att arbeta med koordinatsystem istället för triangulering.

## Summering av uppmätningen

- Av totalt 18 mätningar per respektive referenspunkt kunde 7 inte kontrollmätas, enligt punkt 1 och 2 ovan.
- Av de återstående 11 mätpunkterna hade 4 positionsavvikelser större än 10 cm. Anledningen till samtliga är antingen svårigheter att mäta dessa punkter i molnet eller avsaknad av erforderliga digitala mätverktyg.
- Återstående 7 mätpunkter som gick att mäta med tydlighet i både original och kopia ligger alla på eller under 10 cm avvikelse.

## Utseende

Att kopian skulle få en utformning som efterliknade originalet sattes visserligen i andra hand i projektet. Dock noteras några skillnader mellan kopia och original som kan vara av intresse för att börja bygga kompetens runt vilka detaljer som behöver identifieras i ett återskapande.

- Planteringen på vänstra sidan har i originalet en utsträckning i höjddled som bidrar till den skymda sikten i korsningen. Denna detalj saknas i kopian och skulle sannolikt behöva kompletteras om miljön skulle användas för testkörning.
- Vinkeln på den högra skylten för övergångsställe är något vriden i originalet, men rak i kopian.
- Höjden på de tre trafikmärkena är inte uppmätt för återskapande.
- Färgen på övergångsstället har delvis tappat färg i originalet, men utgörs i kopian av linjer utan slitage.
- Trottoaren som i kopian utgörs av en matta har relativt naturtrogen färg. Emellertid finns även i originalet även en stenkant som avgränsning. Det faktum att sensorplattformen inte kunde identifiera den kopierade trottoaren innebär att ett självkörande fordon sannolikt skulle få samma problem. Här behövs en diskussion med fordonstillverkare för att förstå vilka förutsättningar som skulle krävas för att en kopia skulle uppfattas på samma sätt som originalet.

## Arbetet med återskapandet

Teamet som utförde arbetet med återskapandet rapporterade inga egentliga hinder i vald metod. Man diskuterade möjligheten att använda en radiostyrd bil för utplacering av positioner, och konstaterade att det sannolikt hade varit till fördel om den kopierade miljön hade haft en större fysisk utsträckning, då måttband eller lasermätare inte hade räckt till.

## Slutsatser

Projektets ansats att återskapa en miljö genom att dokumentera positionen på utvalda objekt i en trafikmiljö och sedan placera motsvarande föremål på inbördes korrekta positioner i en kopia får anses lyckat. Föremålen har, i den mån deras positioner har kunnat mätas både i original och kopia, placerats med max 10 cm avvikelse, vilket anses vara en tillfredställande noggrannhet.

De två teamen som har arbetat med inskanning och uppmätning samt återskapande har rapporterat att arbetet har flutit på förhållandevis obehindrat. Metoden som sådan är alltså användbar och skulle kunna genomföras igen på samma sätt, men har förbättringspotential.

Ett flertal föremåls positioner har fått otillfredsställande mätresultat från punktmolnet. Detta tycks bero på brister i sensorplattformens förmåga att skanna en miljö så att alla detaljer sedan kan mätas med god noggrannhet. Detta kommer att följas upp i separat arbete för att finna rotorsak.

Vidare konstateras att vissa punkter inte har kunnat mätas alls i punktmolnet, exempelvis trottoaren i både originalet och kopian. Ett ytterligare steg i metoden kan då behöva införas på punkter som kan förutses vara svårdetekterade. En tänkbar lösning är att under inskanningen placera ut tillfälliga föremål som framträder tydligare i punktmolnet och kan agera substitut i uppmätningen.

På sikt behöver även byggas upp en förmåga att avgöra vilka detaljer som behöver kopieras för att komplett återskapa en trafikmiljö för att den skall anses giltig i testverksamhet. Här behövs en diskussion med fordonstillverkare för att förstå vad som är av vikt från testfordonens synvinkel att återskapa.

## Spridning av projektresultat

Spridning av projektresultatet presenteras vidare för svensk fordonsindustri i samband med återkommande möten med AstaZero's industripartners.