



PROJEKTNR. 14139

# Säkrare fältprovtagning av asfalt

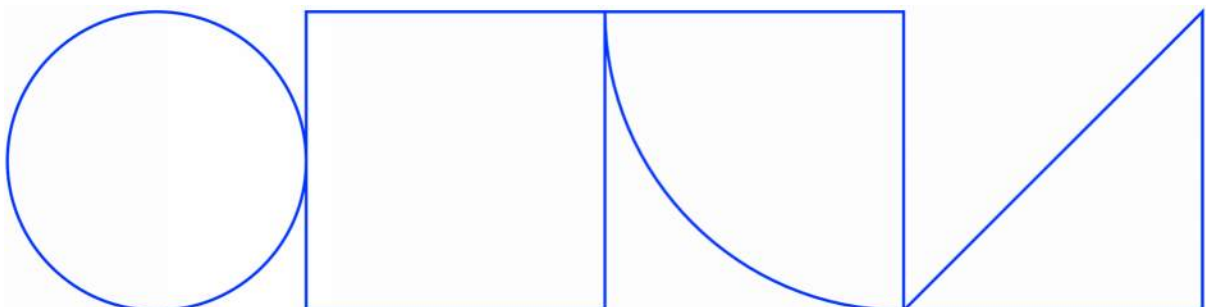
Steg 3 – Utökad funktionalitet prototyp

---

Håkan Svensson & Martin Blohm  
Skanska Sverige AB

2024-12-20

**SKANSKA**



## Förord

Tack till alla inblandade i projektet som bidragit med kunskap och engagemang i vidareutvecklingen av provtagningsutrustningen. Ett speciellt tack till projektets huvudfinansiär SBUF som med sin verksamhet bidrar till att svensk byggindustri utvecklas. Ett stort tack också till projektets andra huvudfinansiär Trafikverket, som förutom finansiering även bidragit med värdefulla insikter i rollen som beställare av provtagningar.

Tack också till representanter från NCC, PEAB och SEKO som bidragit med sin tid och gett värdefull input till projektet.

Stort tack också till Skanska VTC Väst som förutom nedlagd tid också upplåtit lokaler för tester och tillhandahållit kompletterande utrustning för att genomföra de praktiska testerna. Tack också till Skanska Industrial Solutions AB i Vikan utanför Göteborg som tillhandahållit asfalterade sträckor för de slutliga testerna.

### Projektgrupp:

Projektledning: Martin Blohm, Skanska Teknik - Maskinteknik

Konstruktion: Håkan Svensson, Skanska Teknik Maskinteknik

Praktiska tester: Håkan Svensson, Martin Blohm, Skanska Teknik samt Andreas Mark Skanska VTC Väst

### Referensgrupp:

Kenneth Lind, Trafikverket

Khalid Kader, NCC

Erik Averland, PEAB

Lars Andersson, SEKO

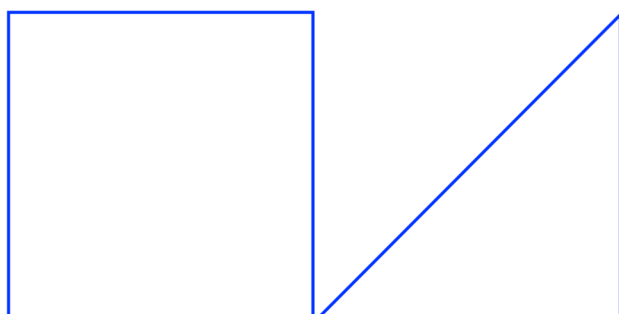
Patryk Witkiewicz, Skanska VTC Sthlm

Per Gustafsson, Skanska VTC Sthlm

### Huvudförfattare rapport:

Håkan Svensson & Martin Blohm, Skanska Sverige AB – Teknik

Göteborg, december 2024



## Sammanfattning

Kvalitetsuppföljning av utlagd asfalt sker idag främst med hjälp av fältprovtagning genom att asfaltkärnor borrar ur vägbanan och tas med till laboratorium för analys. Proverna tas utmed hela körfältets bredd, och eftersom många av momenten idag är manuella, kräver detta att personal befinner sig i direkt anslutning till provtagningsstället. Trots säkerhetsåtgärder och godkända trafikordningar innebär provtagning på trafikerad väg en viss påkörningsrisk för personalen, inte minst vid de prover som tas närmast intilliggande körfält med förbipasserande trafik.

Målet med projektet är att höja säkerheten och förbättra arbetsmiljön i samband med fältprovtagning, utan att begränsa friheten var borrhörna tas. Genom att utveckla en provtagningsutrustning som gör hela provtagningen automatiserad/fjärrstyrd kan operatören befinna sig en bit ifrån provtagningsstället på säkert avstånd från förbipasserande trafik.

I föregående steg av detta projekt (SBUF #13306 och #13925) utvecklades och testades ett koncept för en helt fjärrstyrd asfaltprovtagare. Principen är att utrustningen ställs ned på provtagningsstället och utför en komplett provtagning med borrhörning, upptagning av provkropp och lagning av borrhål efteråt. Därefter flyttas den till nästa provtagningsställe.

I steg 3, som denna rapport avser, har fokus lagts på att vidareutveckla funktionaliteten för de olika provtagningsmomenten, men också på att utveckla de kringssystem som krävs för att asfaltprovtagaren ska fungera praktiskt ute i fält. En bärare till provtagningsutrustningen har tagits fram som möjliggör enkel transport samt positionering mellan borrhörpunkter. Vidare har ett magasin utvecklats, i vilket borrhörna lämnas innan utrustningen påbörjar nästa provtagning. Baserat på det vidareutvecklade konceptet, har en fullskalig prototyp tagits fram och testats under verkliga förhållanden.

Testerna med prototypen föll väl ut och visar att det går att genomföra en komplett provtagning utan att operatören behöver befinna sig i direkt anslutning till provtagningsstället. Vissa delar återstår att färdigutveckla, bland annat ett fullskaligt styrsystem samt kraftförsörjning med rätt kapacitet, men prototypen har demonstrerat fungerande lösningar för att fjärrstyra samtliga moment i provtagningen. Med en mer omfattande utprovning av parametrar såsom hastigheter, tryck och positioner, kan provtagningen också automatiseras i hög grad.

Sammantaget är slutsatsen av projektets tre delar att det är fullt möjligt att utveckla en utrustning som helt fjärrstyrt, troligen också helt automatiserat, kan genomföra en provborrning med efterföljande lagning i fält, med ett fullgott resultat. Därmed uppnås målet att operatören under hela provtagningen kan befinna sig på en säker plats i förhållande till förbipasserande trafik.

Se film på utrustningen in action på Youtube:  
<https://www.youtube.com/watch?v=a1W-x4plz3c>

## Innehåll

1	Inledning	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Syfte och mål	4
2.	Genomförande	5
2.1	Allmänt	5
2.2	Utveckling av Lagningsverktyg	6
2.3	Utveckling av Magasin	9
2.4	Utveckling av Bärare	11
2.4.1	Allmänt	11
2.4.2	Bärarens ram	12
2.4.3	Lyftarmen	12
2.4.4	Dragstången	13
2.5	Utveckling av roterande verktygshållare	14
2.6	Utveckling av Styrsystem / Fjärrkontroll	15
2.7	Montage och färdigställande av prototyp	15
2.8	CE-märkning	16
3	Test av fullskaleprototyp	17
3.1	Testplats och utförare	17
3.2	Bärare	17
3.3	Borning	19
3.4	Vrid/Lyftverktyg	19
3.5	Lagningsverktyg	20
3.6	Magasin	23
4.	Summering & Slutsatser	24
5.	Framtiden	26

Bilaga 1 Ritningar

Bilaga 2 Presentationer

Film på Youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=a1W-x4plz3c>

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Kvalitetsuppföljning av utlagd asfalt sker idag främst med hjälp av fältprovtagning genom att provkroppar borrar ur vägbanan med kärnborr och tas med till laboratorium för analys. Eftersom många av momenten idag är manuella, kräver detta att personal befinner sig i direkt anslutning till provtagningsstället. Trots godkända trafikanordningar innebär provtagning på trafikerad väg en påkörningsrisk, vilken ökar ju närmare förbipasserande trafik personalen befinner sig. Eftersom provtagning ska göras över hela körfältets bredd, blir risken därmed som allra störst vid provtagning i arbetsfog/mittskarv mot intilliggande körfält med förbipasserande trafik.

I föregående steg av detta projekt (SBUF #13306 och #13925) utvecklades ett koncept samt en första prototyp för en fjärrstyrd provtagningsutrustning. Lösningen består av en karusell med olika verktyg som roteras fram ett i taget för att utföra de olika momenten i provtagningen. Principen för utrustningen är att den ställs ned på provtagningsstället och utför en komplett provtagning inklusive lagning av borrhål efteråt. Därefter flyttas utrustningen till nästa provtagningsställe.

En mer utförlig beskrivning av bakgrund och tidigare projektsteg återfinns i SBUF-rapporter #13306 & #13925 som redovisar arbetet i de första två stegen av projekt "Säkrare fältprovtagning av asfalt".

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med detta projekt är att höja säkerheten och förbättra arbetsmiljön för operatören som utför provtagning på trafikerade vägar. Detta uppnås genom att utveckla en fjärrstyrd provtagningsutrustning som gör att operatören hela tiden kan befinna sig på en säker plats under provtagningen, utan att vid något tillfälle behöva gå fram till provtagningsstället.

Målet med detta steg 3-projekt är att ta fram och testa en fullskalig prototyp som förutom själva provtagningen, också omfattar transport och positionering av utrustningen. Vidare ska också ett magasin för hantering av provkroppar nyutvecklas. Dessa kringssystem är väsentliga för att få helheten att fungera under verkliga omständigheter och därmed uppnå tillräcklig teknisk mognadsgrad (TRL) för att intressenter ska kunna ta vid och färdigutveckla utrustningen för implementering i verklig provtagningsverksamhet.

En annan målsättning som utmejslades under projektets gång, är att fullskaleprototypen ska vara helt elektrifierad och inte bidra till ökade CO2 utsläpp.

Fullskaleprototypen ska testas under förhållanden som så långt som möjligt efterliknar de förutsättningar som råder i daglig användning.

## 2. Genomförande

### 2.1 Allmänt

I tidigare projektsteg har en kravspecifikation utarbetats för provtagningsutrustningen. Denna tas med till Steg 3 och består i korthet av följande:

- Hela provtagningen ska kunna genomföras utan att operatören ska behöva gå fram till provtagningsstället.
- Provtagning ska vara möjlig utmed hela körfältets bredd, inklusive i skarven mot intilliggande körfält.
- Utrustningen ska kunna utföra en serie provtagningar om 4 prov med 30cm mellanrum i körfältets längsled (provserie enligt TRV-krav)
- Provtagning ska kunna göras med borr i diameter 100mm alternativt 150mm.
- Lagningsmassa ska vara av typen kallagningsmassa.

För att kunna genomföra en fullständig provtagning behöver utrustningen ha verktyg för följande moment:

- Borring
- Verktyg för att lossa och lyfta upp provkroppen
- Lagningsverktyg som fyller borrhålet med lagningsmassa
- Stamp som packar lagningsmassan i borrhålet

Verktygen för borring och Vrid-/Lyftverktyg fungerade väl redan vid testerna med prototypen i Steg 2 så dessa har flyttats över orörda till Steg 3. Lagningsverktyget har däremot genomgått en omfattande vidareutveckling för att säkerställa önskad funktion. En ny lösning för att mata fram och dosera lagningsmassa har tagits fram, och samspelet mellan påfyllning och packning av massa har vidareutvecklats.

Vidare har en bärare för transport och positionering av utrustningen, samt ett magasin för lagring av provkroppar, nyutvecklats.

När utvecklingsarbetet kommit tillräckligt långt inleddes tillverkningen av kritiska delar till prototypen som testades i ett tidigt skede för att möjliggöra justering vid behov. Detta gäller främst lagningsverktyget, vars utförande har ändrats flertalet gånger baserat på erfarenheter under tidigare och innevarande projektsteg.

Därefter tillverkades och testades resterande delar stegvis för att säkerställa funktionen hos respektive del. Så småningom sattes delarna ihop till en komplett prototyp. Ett enklare styrsystem togs också fram för att kunna fjärrstyra utrustningen.

Parallellt med utveckling/testning/tillverkning gjordes regelbundet avstämningar mot kraven i Maskindirektivet för att säkerställa att maskinen framöver ska gå att CE-märka.

Slutligen testades komplett prototyp under så verkliga förhållanden som möjligt ute på väg (figur 2.1A).

Projektet avslutas med avrapportering inkluderande en sammanställning av slutsatser från projektet och testerna, samt vad som behöver göras för gå från prototyp till färdigutvecklad utrustning som kan användas i den dagliga verksamheten.

Projektet genomfördes från slutet 2022 till slutet 2024 (figur 2.1B).



Figur 2.1A Test av prototyp

	2022					2023					2024									
	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ansökan SBUF	■	■	■	■																
Ansökan Trafiky	■	■	■	■																
C1 Utveckl. Lagn verktyg					■	■	■	■	■	■										
C2 Utveckl. Magasin								■	■	■	■									
C3 Utveckl. Bärare											■	■	■	■						
Tillverkning/ Montage																				
C4 Test																				
C5 CE-märkn																				
C6 Pres+ redovisning																				
Mötesintervall							X				X									
Styrgrupp																				
Referensgrupp																				

Figur 2.1B Tidplan

## 2.2 Utveckling av Lagningsverktyg

Prototypen för lagningsverktyg som tagits fram i steg 3 är ett helt nytt koncept som har få likheter med den som utvecklades i steg 2. Största utmaningen var att få till en ny lösning på behållaren, som garanterar att rätt mängd fyllningsmassa alltid kan

erhållas oberoende av borrhålets djup. Prototypen från Steg 2 med matarskruv uppfyllde endast delvis detta, och var dessutom svår att rengöra.

Efter ett omfattande arbete innefattande 3D-modellering, FEM-beräkningar, samverkan med komponentleverantörer samt kartläggning av befintlig närliggande teknik, togs detaljritningar på prototypen fram. Första steget var att tillverka behållaren för lagningsmassan. Behållaren sattes på ett enkelt stativ för att kunna genomföra inledande tester i labb (se figur 2.2A).



Figur 2.2A Ny behållare för lagningsmassa (testversion)

Konstruktionen består av en behållare i syrafast rostfri plåt, som har en rundvalsad kortsida samt ett sluttande plan i botten. Detta plan är belagt med specialbehandlad plast med insprängd grafit, vilket hindrar lagningsmassa från att fastna (figur 2.2B).



Figur 2.2B Sluttande plan belagt med plast med grafit inuti behållaren.

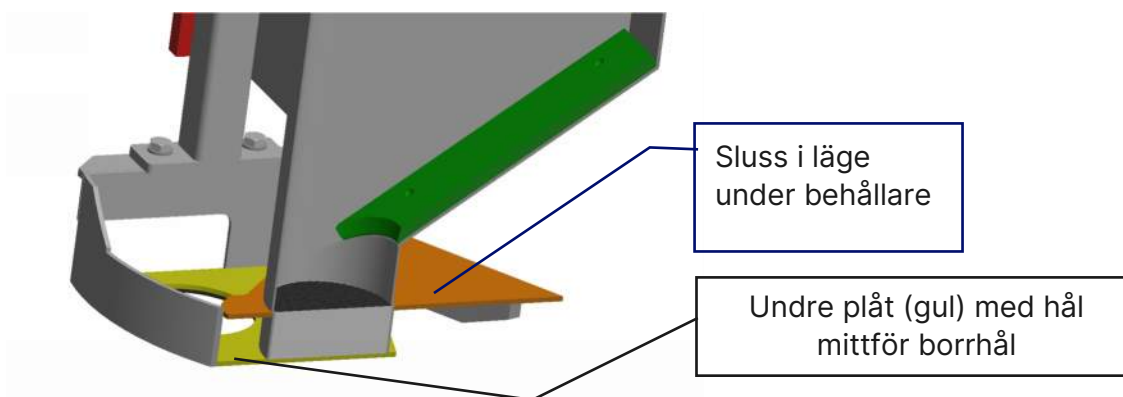
Under behållaren sitter en "sluss" som skjuter fram lagningsmassan till hålet, samt en undre plåt som massan glider på. När behållaren fylls med lagningsmassa fylls slussen under behållaren. Därefter vrider slussen massan i sidled från behållaren fram till ett hål i undre plåten, där massan faller ner i det borrhade hålet i vägbanan (figur 2.2C-



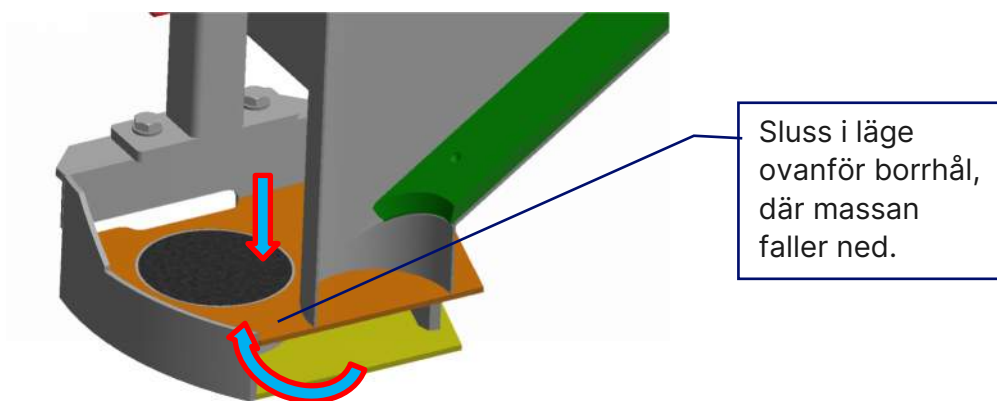
2.2E). Slussen är konstruerad så att en täckplåt stänger till botten på behållaren som förhindrar att ny lagningsmassa faller ned när slussen vrids fram till borrhålet.



Figur 2.2C Sluss i läge under behållare



Figur 2.2D Genomskäring av behållare (cadmodell)



Figur 2.2E Sluss matar fram lagningsmassa till borrhål (cadmodell)

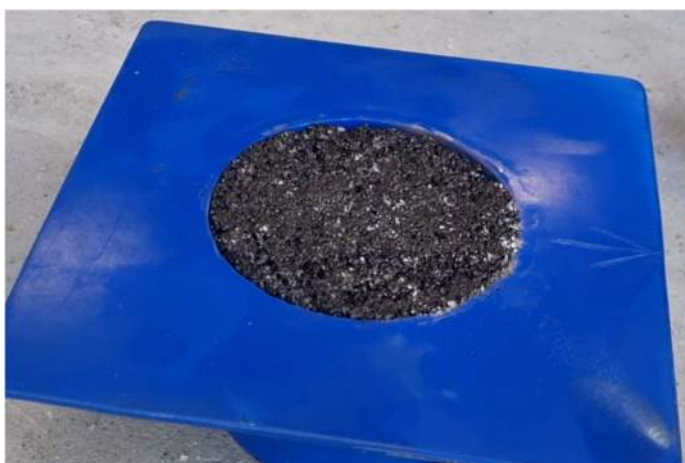
Efter att massan fallit ned i borrhålet stannar slussen i denna position och stampen sänks ned genom slussen, ner i borrhålet där den pressar massan nedåt samtidigt som den "slår" och på så sätt komprimerar massan i borrhålet. Under de första labbtesterna

utfördes detta med en handhållen stamp. Proceduren med att slussen hämtar lagningsmassa och stampen packar massan i hålet upprepas sedan så många gånger det behövs för att fylla hålet. Den sist framskjutna lagningsmassan kanske inte går åt helt och hållet, men efter att stampen komprimerat tillräckligt så skjuts slussen tillbaka in under magasinet och skjuvar på så sätt av överbliven lagningsmassa och tar med sig denna tillbaka till läget under behållaren.

Stampen går sedan ned ytterligare en gång och komprimerar den lilla mängd lagningsmassa som finns kvar i lagningsverktygets bottenplåt (6mm hög) så det blir en slät övergång till vägbanan.

På den undre plåten sitter också ett munstycke som är kopplat till en vattenbehållare. Detta för att spola vatten på lagningsmassan innan stampen går ned. Vattnet är till för att lagningsmassan ska härda.

Labbtестerna föll väl ut. Lagningen blev homogen och slutgiltig yta var i nivå med omgivande "vägbana". För labbtестerna användes en vägbana med borrhål gjorda i plåt, se figur 2.2F.



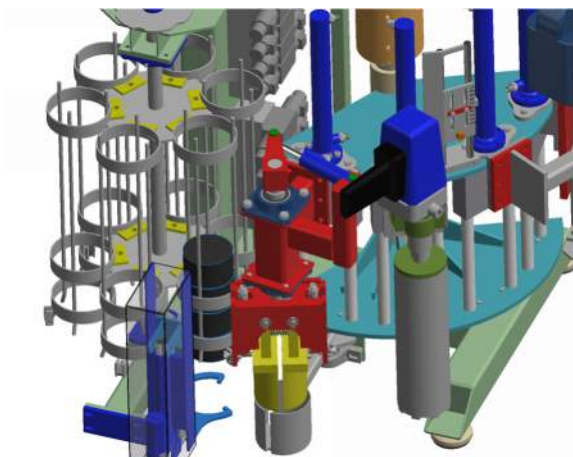
Figur 2.2F Lagning från labbtест

### 2.3 Utveckling av Magasin

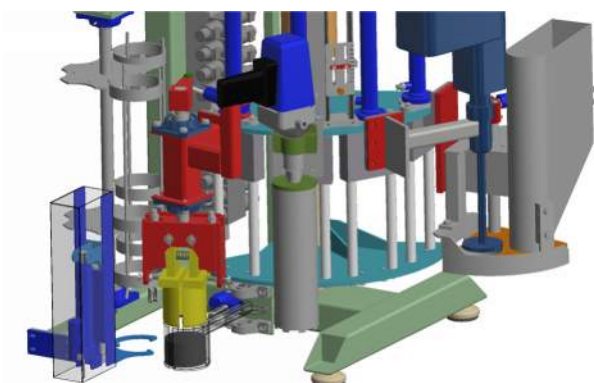
I Steg 3 har även ett magasin utvecklats för att ta hand om och förvara provkropparna. Magasinet är placerat baktill på provtagningsutrustningen åtkomligt för Vrid/Lyft-verktyget att överlämna den upptagna provkroppen. Magasinet är uppbyggt som en revolver med totalt 6 platser. På varje plats sitter ett magasinrör som lagrar borrhöverna vertikalt, där varje rör rymmer cirka 10 borrhöver. När ett rör är fullt, vrids nästa tomma rör fram och magasinet är redo att ta emot fler borrhöver. Figur 2.3A visar 3D-modellen på provutrustningen. Magasineringsen av provkroppen fungerar enligt följande:

1. Vrid/Lyft-verktyget roteras in mot magasinet tills det befinner sig ovanför magasinets mottagare. Där släpper Vrid/Lyftverkyget provkroppen så att den landar i mottagaren, se figur 2.3B.

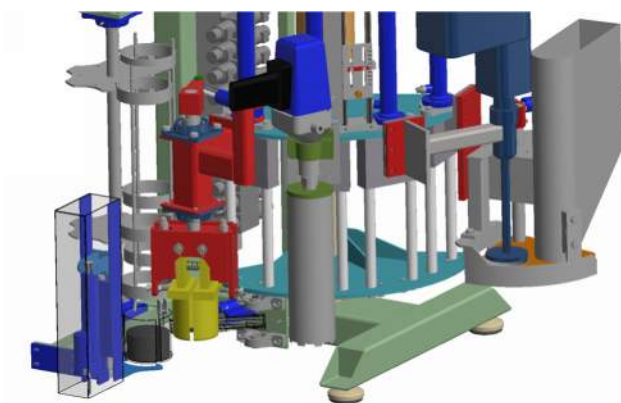
2. Mottagaren svänger sedan in under aktivt magasinrör, se figur 2.3C.
3. I nästa steg, figur 2.3D, lyfts provkroppen upp i magasinet med hjälp av en lyftmekanik som skjuter upp provkroppen underifrån tills den passerat en spärrmekanik som håller den kvar i röret.
4. Proceduren upprepas för nästa borrprov som skjuter de tidigare magasinerade provkropparna uppåt tills magasinet är fullt.
5. Magasinet roterar fram nästa tomma rör för att göra plats för nya provkroppar.



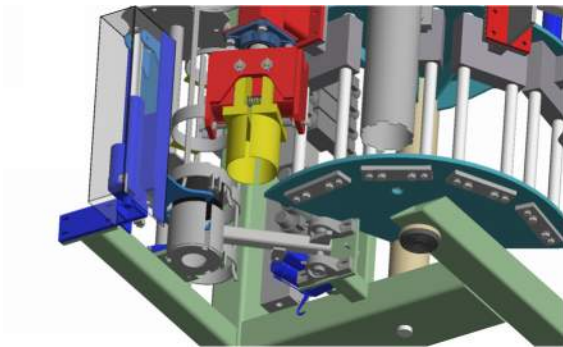
Figur 2.3A Magasinet revolver, samt dess lyftmekanik (blå) och mottagare (grå cylinder under Vrid/Lyft-verktyget).



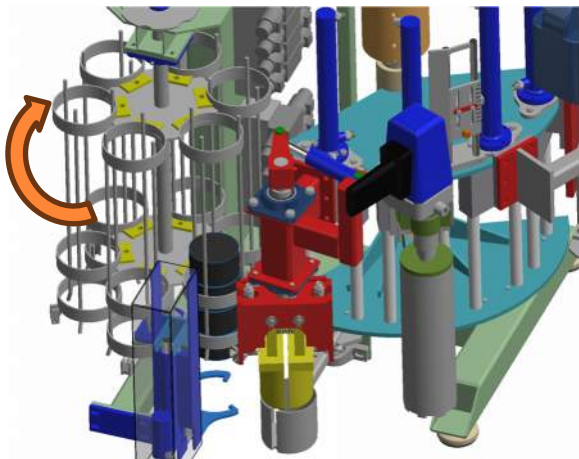
Figur 2.3B Vrid/Lyft släpper provkropp ned i magasinets mottagare



Figur 2.3C Hållare med provkropp svänger in under magasinrör.



Figur 2.3D Provkropp lyfts upp i magasin



Figur 2.3E Magasinet roterar fram ett nytt rör

## 2.4 Utveckling av Bärare

### 2.4.1 Allmänt

En bärare till provtagningsutrustningen har utvecklats för att möjliggöra enkel transport till och från provtagningsställena. Bärarens uppgift är också att lyfta ned/upp provtagningsutrustningen till/från vägbanan, samt att flytta den mellan närliggande provborringar i samma serie.

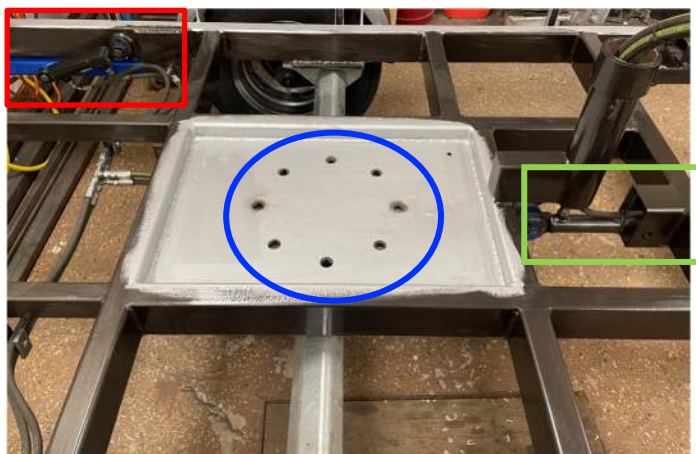
Valet föll på att använda en släpvagn som bärare för prototypen. En släpvagn har fördelar i att den är enkel i sin uppbyggnad och är lätt att förflytta då den inte kräver någon särskild körkortsbehörighet. Den har också gott om plats för såväl provtagningsutrustningen som kraftförsörjning, material och verktyg. Efter en kartläggning av befintliga släpvagnar, konstaterades att tillverkning av en skräddarsydd släpvagn var den bästa lösningen för prototypen. Detta då bäraren behövde förses med en svängbar lyftarm för att nå hela körfältets bredd, samt en hydrauliskt utskjutbar dragstång för att nå hela arbetsområdet i längsled. För stabilitetens skull behövde släpet också förses med stödben baktill.



Figur 2.4A Tillverkad bärare med lyftarm

### 2.4.2 Bärarens ram

Bärarens ram består av sammansvetsade vkr-profiler med infästningsplatta för lyftarmen, se figur 2.4B (blå markering). Baktill på undersidan sitter hydrauliska stödben (röd markering). Dragstångens ytterrör och fäste för hydraulcylinder till dragstångens teleskop sitter fram till på ramen (grön markering). Axeln (obromsad) och hjul är inköpta standarddelar och är fastskruvade på undersidan av ramen.



Figur 2.4B Ram

### 2.4.3 Lyftarmen

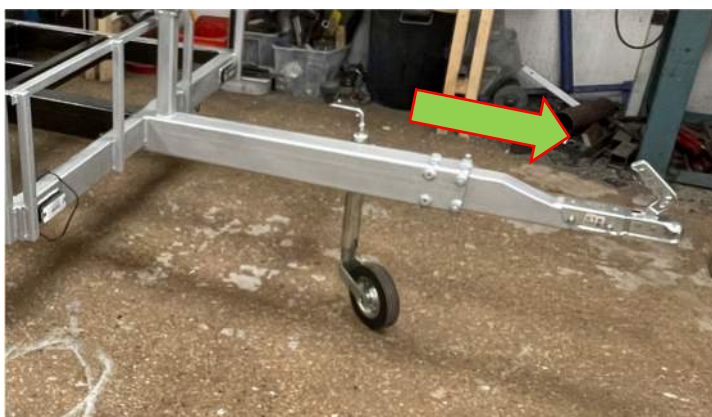
Lyftarmen är tillverkad i vkr-profiler med 2 bommar, se figur 2.4C Den består av en vertikal undre bom som regleras med en hydraulcylinder (grön markering). På toppen av bommen sitter den övre bommen som regleras med en annan hydraulcylinder (röd markering). Lyftarmens vertikala bom samt båda cylindrar är kopplade till montageplåten på vridhuset. Med denna lösning får man en parallellföring av armen som ger önskad räckvidd.



Figur 2.4C Lyftarm

#### 2.4.4 Dragstången

Bäraren har en teleskoperande dragstång, som kan skjutas ut cirka 1m med hjälp av en inbyggd hydraulcylinder. Denna funktion är till för att uppfylla kravet att kunna utföra fyra borrprov i längsled utan att behöva flytta dragbilen, se figur 2.4D. Arbetsättet är då att efter de första 2 provtagningarna, lyfts provutrustning och stödben upp. Sedan skjuts vagnen bakåt genom att skjuta ut dragstången. Därefter kan ytterligare 2 provtagningar genomföras med hjälp av lyftarmens räckvidd.



Figur 2.4D Dragstång

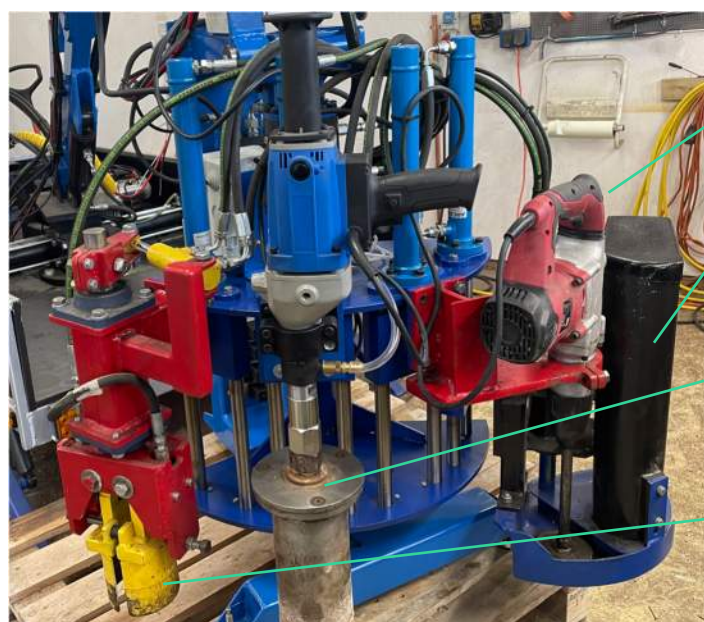
## 2.5 Utveckling av roterande verktygshållare

Strukturen som håller och positionerar verktygen är en vidareutvecklad variant av tidigare framtagen prototyp från Steg 2. Principen är densamma, konstruktionens bas är en karusell som roterar fram de olika verktygen borrar, vrid/lyft samt lagning och stampning. Det som är nytt till Steg 3 är att lagningsverktyg och stamp är kombinerade och verkar växelvis från samma karuselläge. Positioneringen (rotationen) är också vidareutvecklad och sker nu med hjälp av ett hydrauliskt vriddon istället för Steg 2:s länkage med hydraulcylindrar, se figur 2.5A. Detta vriddon är mycket exakt och låser lägena helt glappfritt, vilket underlättar möjligheten till exakt positionering och säkerställer att positionen inte rubbas under arbetsmomentet.

Provtagningsutrustningen fästes med en led mot bärarens lyftarm med tyngdpunkten placerad så att den alltid hänger horisontellt.



Figur 2.5A Vriddon



Elektrisk stamp

Behållare lagningsmassa

Elektrisk bormaskin

Vrid-/Lyftverktyg

Figur 2.5B Provtagningsutrustningens olika verktyg

## 2.6 Utveckling av Styrsystem / Fjärrkontroll

Prototypen försågs med ett enklare styrsystem för att möjliggöra fjärrstyrning och på så sätt verifiera att hela provtagningen kan genomföras utan operatörens närvaro vid provtagningsstället. Fjärrkontrollen består av ett antal elektriska brytare (se figur 2.6A) och är ansluten via sladd till provutrustningens styrskåp. I styrskåpet sitter ett antal reläer som är kopplade att styra karusellens positionering (rotation) av verktygen. Detta ger en viss automatik då operatören bara behöver starta rotationen, så stoppar sedan maskinen automatiskt på exakt rätt läge för respektive verktyg. Övriga reglage kräver däremot kontinuerlig påverkan från operatören för att genomföra borrar, höjning, sänkning, gripande+vridning av provkropp, matning av lagningsmassa samt stampning. Reglagens placering är utförd så att man enkelt kan utföra momenten med tummarna och samtidigt hålla i handtagen på sidan av lådan.

Den färdigutvecklade versionen av provtagningsutrustningen förses dock med fördel med ett PLC-baserat styrsystem, vilket öppnar helt andra möjligheter att styra och övervaka de olika funktionerna. Att ta fram ett PLC-baserat styrsystem innebär ingen nyutveckling, utan idag befintlig teknik räcker gott och väl för att uppnå önskad funktion. Dock kräver det en hel del tid för programmering och utprovning, varför det i detta projekt togs fram en mindre tidskrävande och enklare variant av styrsystem till prototypen.



Figur 2.6A Fjärrkontroll

## 2.7 Montage och färdigställande av prototyp

De olika delarna monterades slutligen ihop till en komplett prototyp kapabel att utföra provtagning på väg. Eftersom en släpvagn behöver ett relativt komplicerat typgodkännande som fordon för att registreras in och köras på allmän väg, valdes att för prototypen klassa släpet som ett efterfordon. Ett efterfordon behöver ej typgodkännas eller registreras, men får ej framföras i hastigheter över 30km/h, och ska förses med en LGF-skylt baktill. I en slutgiltig version av provtagningsutrustningen är det förstås motiverat att genomföra typgodkännandet så att fordonet kan framföras i 80 km/h, men i detta projekt prioriterades denna process bort av tids- och kostnadsskäl, då det inte tillför något för själva provtagningens funktion.



Framtill på bäraren placerades kraftförsörjning och vattentank. Batteripacket på prototypen bestod av ett större bilbatteri för 12V-matningen, samt ett inhyrt batteridrivet elverk för 230V-matning. Ett mindre 12V hydraulaggregat placerades också framtill på släpvagnen. Vattentanken med dess pump förser borren med kylvatten. Även lagningsverktyget använder vatten för att spraya på lagningsmassan för att förbättra härdning. På prototypen fick lagningsverktyget en egen vattentank och pump då detta var enklast att lösa, men detta samordnas med fördel till samma tank på en färdigutvecklad utrustning.

## 2.8 CE-märkning

Provtagningsutrustningen består av flertalet rörliga delar som har elektrisk och/eller hydraulisk kraftkälla. Detta innebär att den klassas som en maskin enligt Europeiska maskindirektivet 2006/42/EC, och därmed omfattas av kravet på CE-märkning. Prototypen är dock att se som en testutrustning som testas i en avgränsad omfattning av tillverkaren/utvecklaren själv, varför en fullständig CE-märkning ej varit nödvändig att genomföra av själva prototypen. Inte desto mindre är det viktigt att redan från början utveckla en maskin som är säker att använda, och identifierade risker ska i första hand konstrueras bort. Genom hela utvecklingsarbetet har konstruktionen därför kontinuerligt stämts av mot Maskindirektivet för att säkerställa att kraven på hälsa och säkerhet uppfylls. Detta har varit en viktig del i arbetet så att utrustningen inte tillför några nya betydande risker, inte minst då hela projektets syfte är att förbättra arbetsmiljön för operatören. Den absolut största risken, att personer ej ska befinna sig på en riskfylld plats vid användande av maskinen, sammanfaller helt med projektets mål att operatören inte vid något tillfälle ska behöva gå fram till provtagningsstället. Dels minskar riskerna med att komma åt rörliga delar i maskinen, men framför allt minskar det risken att bli påkörd av förbipasserande trafik. Trots att det inte finns något behov att vara nära maskinens rörliga delar, har ändå de olika tekniska lösningarna analyserats med avseende på risk för personskador på grund av rörliga delar. Detta gäller såväl vid användning som vid underhåll, samt även vid transport och förvaring. Vidare bidrar även maskinen till att ta bort vissa tyngre manuella moment som idag görs i provtagningen. Bland annat momentet att bryta loss och lyfta upp borrkärnan, men även att fylla på lagningsmassa genom att böja sig ned och hälla massa i hålet direkt från säcken. Utrustningen kan lyftas upp och ställas ned på släpvagnen för att i lämplig höjd ta hand om upptagna borrprover från magasinet och även fylla på lagningsmassa. Även buller reduceras genom att maskinen helt och hållet drivs av el. Sammanfattningsvis görs bedömningen att den prototyp som utvecklingsarbetet resulterat i, redan nu alternativt med små justeringar, uppfyller kraven i Maskindirektivet och därmed kan CE-märkas.

## 3 Test av fullskaleprototyp

### 3.1 Testplats och utförare

Fullskaletest med prototypen utfördes på Vikans Industriområde i Göteborg september 2024. Flera provomgångar utfördes på olika vägar inom området, där både ny och äldre asfaltbeläggning fanns tillgänglig för att kunna utföra borrprover i olika djup. I testerna deltog förutom projektgruppen från Skanska, även operatörer för provborrning från Skanska och NCC, vilka också varit delaktiga genom att bidra med viktig input i utvecklingen av utrustningen.

### 3.2 Bärare

Den specialtillverkade släpvagnen (eller "efterfordonet" enligt den formella klassningen) fungerade väl vid såväl transport som under själva provtagningen. En begränsning gällande transport var som väntat att den tillåtna maxhastigheten var 30 km/h. En färdigutvecklad utrustning ska förstås typgodkännas så att den går att köra med i 80 km/h. Ett alternativ för att slippa det omständliga typgodkännandet, är att montera hela provtagaren på en ram som i sin tur placeras på en redan typgodkänd släpvagn med flak. Hela provtagaren kan då ses som en last som kan lyftas på och av, och som surras fast mot släpvagnen.

Den teleskopiska dragstången ökar räckvidden och möjliggör en serie provtagningar om fyra prov med 30cm mellan varje, som vid testtillfället var en av Trafikverket definierad standard. Eventuellt ska denna testserie ändras till fyra prov med 40cm mellan varje. Detta kräver en något uppdaterad geometri på lyftarm och teleskop, men rent tekniskt är det inga problem att uppnå denna räckvidd.

Lyftarmen kan roteras +/-90 grader i förhållande till vagnens färdriktning, och möjliggör därmed provtagning utmed hela körfältets bredd. Stödben i bakkant på släpvagnen ser till att stabilisera släpvagnen vid utlyft av provtagningsutrustningen. Batteri, vattentank, hydraulaggregat med mera, placerade framtill på släpvagnen utgör motvikt vid utlyft av provtagningsutrustningen. Framtill kan också verktyg, extraborr och annan nödvändig utrustning placeras.



Figur 3.2A Teleskoperande dragstång samt nedfällning av stödben



Figur 3.2B Släpvagn placerad och stödben nedfällda



Figur 3.2C Provtagningsutrustningen lyfts ner på asfalten



Figur 3.2D Borrverktyget är framroterat, provtagning kan påbörjas



Figur 3.2E Lyftarmens räckvidd möjliggör provtagning utmed hela körfältets bredd

### 3.3 Borrning

Borrmaskinen lyckades utan problem att borra 100mm djupa hål i samtliga asfaltbeläggningar med ett borrar på diameter 100mm. Matningen nedåt aktiverades på prototypen vid direktpåvekan av reglage, vilket gjorde att det var upp till operatören att bestämma matningshastighet och därmed tryck mot vägbanan. Utrustningen visade tendens att lyfta något vid för högt tryck, men borrarret hade inga svårigheter att arbeta sig ner genom asfalten då utrustningen i sig utgör en tillräckligt stor motvikt vid borrning. Med en PLC som ger exaktare styrning av hastigheter och tryck mot vägbanan, finns alla möjligheter att få bort tippningstendenserna.



Figur 3.3A Borrning klar

### 3.4 Vrid/Lyftverktyg

När borrningen är klar roteras Vrid/Lyftverktyget fram. Detta verktyg utvecklades redan i Steg 1 och testades sedan i Steg 2 där det visade sig fungera utan problem, varför ingen vidareutveckling har gjorts i detta steg 3. Dock visade det sig att verktyget nu i steg 3 inte lyckades behålla klämkräften innan det roterades, vilket medförde att det inte greppade provkroppen och därmed inte vred loss denna från underliggande asfaltslager. Orsaken till detta beror sannolikt på att prototypen nu har ett elektriskt ventilpaket och att detta inte stänger ventilen lika snabbt, vilket ger ett tryckfall. Föregående testversion hade ett manuellt ventilpaket vilket behöll klämkräften. Lösningen på detta är att montera en lasthållningsventil på gripfunktionen. Lasthållningsventilen bibehåller fullt hydraultryck, och gör att klämkräften kvarstannar i verktyget tills operatören ger kommando att öppna verktyget igen. Att förse denna funktion med lasthållningsventil är en relativt enkel åtgärd, men under testerna fanns ingen möjlighet att göra denna modifiering på plats. Så för att kunna fortsätta att testa förmågan att vrida loss asfaltprovkroppen, så bibehölls verktygets klämkraft genom att manuellt dra åt klämhalvornas justerskruvar så att maskinen sedan kunde vrida loss och lyfta upp provkroppen ur asfalten, se figur 3.4A och B.

Som konstaterat redan i tidigare steg, måste klämkräften balanseras så att verktyget får ett tillräckligt fast grepp för att vrida loss provkroppen, men samtidigt inte klämmer sönder provkroppen. Prototypen hade släta anliggningsytor och detta visade sig ge tillräcklig friktion för att vrida loss provkropparna. Men skulle behov finnas av att öka friktionen ytterligare, kan detta göras utan att öka klämkräften genom att förse klämhalvornas anliggningsytor mot provkroppen med någon typ av struktur i form av till exempel spår eller räfflor.



Figur 3.4A Verktygets halvor kläms ihop runt provkroppen och vrider loss den från underlaget



Figur 3.4B Provkroppen lyfts därefter upp

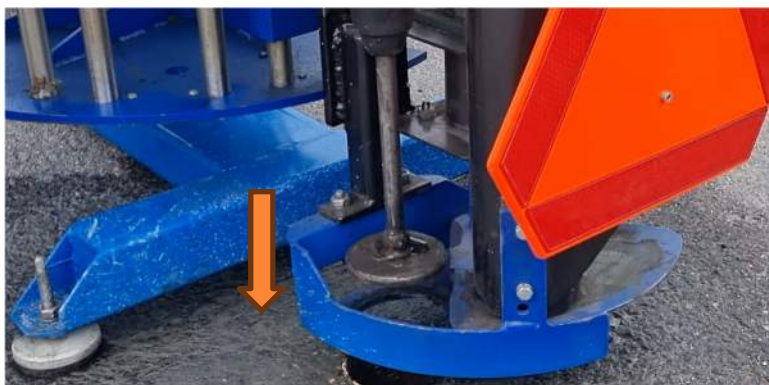
### 3.5 Lagningsverktyg

Efter att provkroppen är borttagen roteras lagningsverktyget fram och sänks ned mot vägbanan så att dess öppning hamnar mitt över det borrarade hålet, se figur 3.5A. Verktyget består av en behållare med kallagningsmassa, samt en sluss som transporterar massa från behållare till borrhål. Lagningsmassan föll som väntat med gravitationens hjälp ned från behållare till det cirkulära facket i slussen.

Slussen kunde sedan skjuta lagningsmassan ovanpå den undre plåten i sidled in över borrhålet, varvid lagningsmassan föll ned genom öppningen i plåten ner i det borrhade hålet, se figur 3.5B.

Med slussen kvar över borrhålet, sänktes sedan stampen ner genom det cirkulära hålet i slussen för att komprimera lagningsmassan som fallit ner i borrhålet, se figur 3.5C. Stampen består av en slagbormaskin där slagfunktionen, men ej rotationen, aktiveras då massa komprimeras i hålet. Stampens fot hakade upp sig något mot slussens hålkant vid nedsänkning. Även detta konstaterades bero på hydrauliska fenomen. Ventilen som sköter slussens rörelse i sidled släpper hydraultrycket något efter att slussen nått sin position ovanför borrhålet, vilket medför att slussen "studsar" tillbaka någon millimeter. Detta gör att slussens cirkulära fack inte helt linjerar med stampen. Avvikelsen var dock inte större än att det räckte att kort aktivera stampens slagfunktion för att foten skulle söka sig ner genom slussens hål, så testerna kunde trots detta genomföras utan manuellt ingrepp från operatören. Att åtgärda detta är enkelt rent tekniskt, och innebär återigen att komplettera hydrauliken för slussens sidledsrörelse med en lasthållningsventil. Under testerna fanns dock ej möjlighet att göra denna modifiering, men testerna kunde som tidigare nämnts, genomföras ändå.

Efter att stampen packat massan i hålet lyfts den upp, och slussen skjuts tillbaka in under behållaren och fylls på med en ny omgång lagningsmassa, varvid proceduren upprepas. Proceduren fick under testerna upprepas 2–3 ggr innan hålet var fyllt. Vid sista påfyllningen blev det som väntat lite för mycket lagningsmassa så att borrhålet blir överfyllt. Slussen skjuvade då tillbaka uppstickande massa in under behållaren. Med slussen borta, packades lagningen sedan en sista gång med hjälp av stampen. Därefter lyftes lagningsverktyget upp från asfalten. Den avslutande proceduren med att ta hand om överbliven massa och slutföra lagningen fungerade väl. Färdigt resultat visar att en liten råge skapas (se bild 3.5E), och sakkunniga på plats från Skanska och NCC bedömde att lagningen hade en fullgod kvalitet.



Figur 3.5A



Figur 3.5B



Figur 3.5C



Figur 3.5D



*Figur 3.5E*

### **3.6 Magasin**

En avgränsning som fick göras i detta steg 3 var att inte tillverka magasinet. Efter att 3D-modelleringen blivit klar så fanns det en lösning framme som var fullt möjlig att tillverka och testa. Det kunde emellertid konstateras att denna lösning krävde många rörliga delar samt en PLC (dator) för att styra de olika momenten. Magasinet kunde av kostnadsskäl därmed inte tillverkas då det hade tagit en alltför stor del av projektbudgeten i anspråk. Konstruktionen som sådan bygger dock på känd teknik, varför magasinet inte bedöms vara den mest kritiska funktionen att testa och validera inom ramen för detta projekt.



## 4. Summering & Slutsatser

Testerna med prototypen har visat att det går att genomföra en komplett provtagning utan att operatören behöver befinna sig i direkt anslutning till borrhålet, vilket var projektets mål.

Bäraren, i form av en släpvagn, gör provtagaren lätt att transportera och medger utrymmen för förvaring av vattenbehållare, hydraulaggregat, batterier och magasin. Provtagningens karaktär, relativt korta driftperioder varvat med långa transportperioder, gör systemet idealiskt för eldrift. Under transportsträckorna till provtagningsställena, kan det i framtiden tänkas att provtagarens batterier laddas under färd.

Fördelen med att placera utrustningen på en släpvagn är att denna kan dras av en vanlig personbil alternativt lätt lastbil. Prototypen inklusive släp vägde under 1000kg och bedömd vikt på en färdig provtagningsutrustning placerad på släpvagn bedöms landa på under 1500kg.

Borrningen är vid sidan av stampen, kanske det verktyg som mest liknar förfarandet för manuell provning idag, och prototypen visade inga svårigheter att genomföra borrhningsmomenten. Utrustningen hade dock en tendens att tippa något vid för högt tryck mot vägbanan, men detta beror på prototypens begränsningar i att styra hastighet och tryck. Utrustningen i sig utgör en tillräckligt stor motvikt vid borrning, så tippningen beror inte på detta. Jämförelsevis kan konstateras att operatören idag ofta använder sin egen kroppsvikt som motvikt genom att stå på ramen som håller borret. Den del av provtagningsutrustningen som ställs ned på asfalten väger runt 300kg, så detta får antas generera en högre motvikt än när operatören använder sin egen vikt.

I en färdigutvecklad provtagare försedd med PLC, ges möjligheten att styra matning och borrning optimalt genom att övervaka hydraulcylinderns tryck och hastighet, samt borrets rotationshastighet och vid behov även strömförbrukningen hos borrets elmotor. Ett problem som kan uppstå vid borrning i vissa asfaltstyper, är att borkärnan fastnar i borret och följer med borret upp. Idag får operatören slå på borret för att kärnan ska lossna och trilla ut. För maskinens del, är detta ett icke önskvärt scenario då sekvensen med de olika stegen rubbas. Därför bör detta i första hand undvikas. Enklaste metoden för att undvika att borkärnan fastnar, är att hitta borkparametrar som gör att kärnan inte fastnar. Detta kan till exempel handla om att säkerställa att inte borrningen går för varm, eller att lyfta loss borret med jämna mellanrum under tiden det arbetar sig ner genom asfaltlagret. Är inte detta tillräckligt, är en annan idé att mekaniskt hålla kvar borkärnan i asfalten. Detta kan till exempel ske genom att stag sänks ned uppifrån, genom hål i ovansida bork, och håller mot ovansida borkärna när borret höjs upp. Detta kräver dock en del utveckling så att till exempel borret alltid stannar i rätt läge för att stagen ska kunna gå ner genom hålen. Alternativt, får man låta borkärnan sitta kvar i borret och slutföra lagningen, för att därefter lyfta utrustningen till en säkrare plats (som till exempel vägrenen) där operatören manuellt tar loss borkärnan.

Till skillnad från borrning och stamp, så är provtagningsutrustningens metodik för lossning och upplyft av provkropp helt annorlunda jämfört med dagens manuella

moment. Detta identifierades tidigt som ett kritiskt moment att lösa, och den huvudsakliga utvecklingen och testningen av Vrid-/Lyftverktyget gjordes redan i föregående två steg av detta projekt. Baserat på tidigare goda testresultat, bibehölls lösningen för Vrid-/Lyft verktyget till fullskaleprototypen. En annan typ av hydraulventil ställde dock till det vid testerna då denna inte bibehöll sin klämkraft, men detta är ett rent hydrauliskt problem som enkelt går att lösa genom att addera en lasthållningsventil. Med manuellt bibehållen klämkraft under testerna med hjälp av justerskruvar, kunde verktygets funktion ändå verifieras och konstateras fungera väl.

Mycket fokus har lagts på att vidareutveckla det moment som i tidigare steg identifierats som det svåraste att lösa - att laga borrhålet efteråt. I steg 3 utvecklades en ny version av lagningsverktyget där även den växelvisa samverkan mellan fyllning och packning integrerades till en enhet. Funktionen hos lagningsverktyget testades praktiskt stegvis för att succesivt mejslas fram till den utformning och metodik som fullskaleprototypen slutligen fick. Tack vare denna lösning blir alla borrhål lika mycket fyllda oavsett borrhåldjup och oavsett hur många framslussningar av massa som krävs. Konstruktionen gör fyllningsproceduren okänslig mot det oregelbundna och svårstyrda flödet som lagningsmassans konsistens ger upphov till. Det nyutvecklade lagningsverktyget i kombination med samspelet med stampen gav en slutgiltig lagning av fullgod kvalitet, med god packningsgrad samt en slät yta på rätt nivå jämfört med omgivande vägbeläggning.

En genomlysning av lösningen för det nyutvecklade magasinet gav att det innehåller förhållandevis många delar och kräver en relativt hög grad av automation. Det handlar däremot inte om någon ny teknik så risken för att detta inte skulle fungera är låg. Därför gjordes avvägningen att ej tillverka ett magasin till fullskaleprototypen, då förutsättningarna i form av ett fullskaligt styrsystem ej ryms inom ramen för denna del av projektet. Med magasinet öppnas dock intressanta möjligheter till automatisering av hanteringen och spårbarheten av provkropparna. En PLC kan hålla koll på vilken provkropp som finns lagrad på vilken position i magasinsrören, och föra en logg på detta tillsammans med GPS-koordinater för respektive provkropp. Vidare kan logistiken förenklas genom att man har löstagbara magasinrör som kan tas med in i labbet, dit man kan tänka sig att all data om provkropparna redan skickats från provtagningsutrustningen.

Sammantaget är slutsatsen av projektets tre delar att det är fullt möjligt att utveckla en utrustning som helt fjärrstyrt, troligen också helt automatiserat, kan genomföra en provborrning med efterföljande lagning i fält.

Se även film från test av prototyp på Youtube:

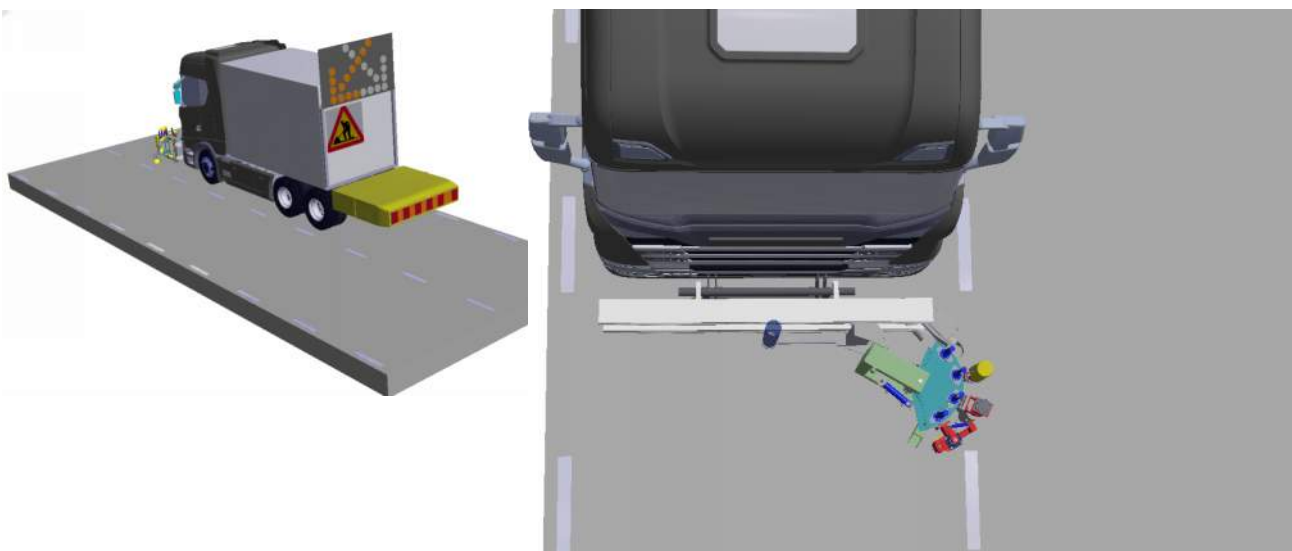
[Fjärrstyrd maskin för fältprovtagning av asfalt](https://www.youtube.com/watch?v=a1W-x4plz3c)

<https://www.youtube.com/watch?v=a1W-x4plz3c>

## 5. Framtiden

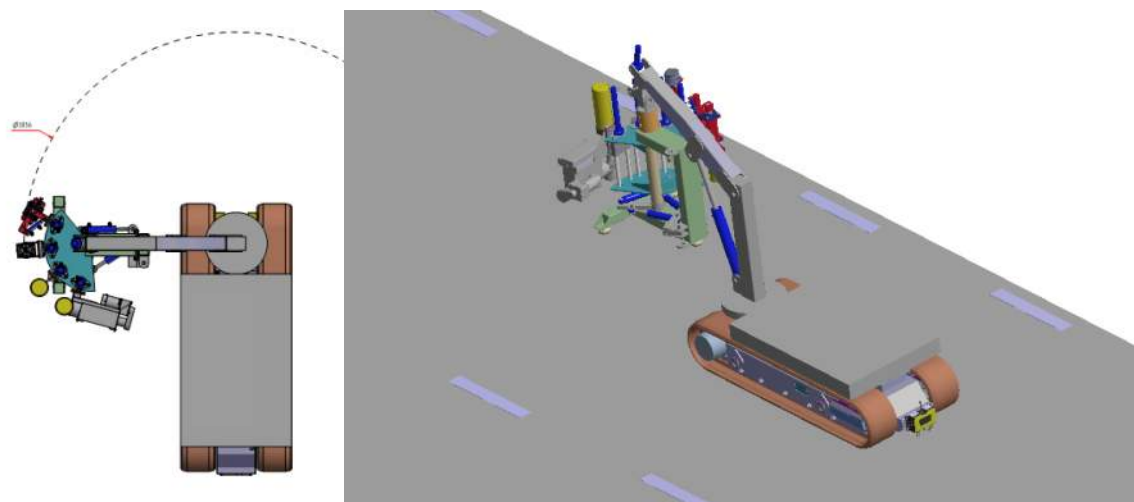
Vissa delar återstår att slutföra, såsom utveckling av styrsystem och ett typgodkänt fordon, men utvecklingsprojektet har resulterat i fungerande lösningar för de moment som är specifika för provtagningen. En mer omfattande utprovning av parametrar såsom hastigheter, tryck och positioner återstår också att trimma in. T.ex. att identifiera olika setup:er för olika typer av asfalt, att hitta ett snabbt sätt att växla mellan d100 och d150, samt att trimma in borrarparametrar för att undvika att provkroppen fastnar i borsten.

I detta projekt valdes en släpvagn som bärare, men utrustningen som ska placeras på vägbanan är inte tyngre än att den kan monteras i fronten på en tung lastbil, jämför med till exempel en snöplog. En fördel med denna lösning är att operatören ser hela provtagningen framför sig från förarplats, och kan sitta kvar i den relativt säkra lastbilshytten. Till nackdelarna hör att en tung lastbil innebär en större bunden kostnad jämfört med en släpvagn, samt att det också krävs körkortsbehörighet hos operatören. En intressant möjlighet är att en tung lastbil kan utrustas med ett eget TMA-skydd baktill. Dagens regelverk kräver dock separata TMA-skydd placerade en bra bit från arbetsområdet vid arbete på väg. Undantaget är så kallat intermittent arbete på väg, där arbetet hela tiden flyttas framåt eller endast står stilla väldigt korta perioder. Här får det fordon som utför arbetet också bära sitt eget TMA-skydd. Exempel på intermittent arbete som utförs idag är nerklippning av dikeskanter eller stolptvätt. För att räkna provtagning som intermittent behöver tiden för provtagning kortas ner. Att minska tiden för en provtagning har hittills inte varit fokus i detta projekt då själva provtagningsmomentet är relativt kort i tid jämfört med transporten till provtagningsstället och avspärrning av väg. Tidsstudier gjorda i tidigare steg har visat att provtagningen med prototypen tar ungefär lika lång tid som en manuell provtagning tar idag av en erfaren operatör. Men med ett helautomatiserat förlopp och intrimning av hastigheter för respektive moment, finns det möjlighet att komma ner i tidsåtgång så att även provtagning skulle kunna klassas som ett intermittent arbete. Detta kräver dock vidare studier och tester.



Figur 5A Frontmonterad provtagningsutrustning, med TMA-skydd

En annan möjlighet är att utrustningen placeras på ett eget fjärrstyrt fordon, i form av en bandvagn eller en hjulburen vagn. Även här görs utrustningen med fördel eldriven och kan transporteras på släpvagn eller lastbil där det även laddas under transport. Vidare öppnar detta för att ta ytterligare ett steg – autonomi. Provtagaren ges ett antal koordinater inom ett område, varpå den förflyttar sig själv till respektive koordinat och genomför provtagningar, för att sedan återvända med fyllt magasin till sitt transportfordon. Och allt detta sker helt autonomt.



Figur 5B Autonom provtagare

Med detta tredje projektsteg har provtagningsutrustningen nått steg 6 eller 7 på den så kallade TRL-skalan (Technology Readiness Level), vilket innebär att funktionen är testad under verkliga omständigheter. Nästa steg är att produktionsanpassa utrustningen för att möjliggöra tillverkning och implementering i ordinarie verksamhet, och här är förhoppningen att genom att publicera resultaten väcka intresse hos relevanta intressenter. Projektet har presenterats vid ett flertal tillfällen, bland annat vid Metoddagarna för Asfalt, Smart Built Environment samt vid flertalet tillställningar arrangerade av Skanska. Projektet har även tidigare uppmärksammats av SBUF med ett eget poddavsnitt, samt presenterats vid Årets innovation 2024. Projektets framdrift och resultat har kontinuerligt stämts av med Trafikverket som också aktivt deltagit i projektet. En positiv effekt, som delvis är ett resultat av arbetet i detta projekt, är att Trafikverket formulerat om sina föreskrifter (TDOK) vilka nu öppnar för en ökad användning av kallagningsmassa för lagning av borrhål, vid sidan om tidigare föreskriven metod där het bitumen används. Med detta, kan projektet sägas redan nu i praktiken bidragit till en förbättrad arbetsmiljö för operatören, då det nu finns alternativ till lagning med het bitumen som alltid innebär en risk för brännskador. Med en färdigutvecklade och implementerade provtagningsutrustning, minskar även risker förknippade med tunga arbetsmoment, men framför allt elimineras, eller i alla fall kraftigt reduceras, den största risken av alla – påkörningsrisken.