



Vadsbrogymnasiet

Program: Teknikprogrammet

# Prototypframtagande av Cityroboten "C-Rob"

Datum: 2024-03-31

Namn: Rasmus Östling Pärleborn

Klass: TE3

Handledare: Anna Lenhult

## Abstract / Sammanfattning

The purpose of this examination paper is to determine the necessary requirements for constructing and designing a prototype for an autonomous transportation system named C-Rob. A fully developed version of the autonomous transportation system C-Rob would possess the capability to operate effectively in densely populated areas, particularly urban environments such as city parks, pedestrian streets, tourist areas, transportation hubs, and in proximity to or within shopping centers. A fully developed version of C-Rob would possess multiple electrical components designed to enhance the experience for users, pedestrians, and traffic in the vicinity. With capabilities including line tracking, face recognition cameras utilizing AI, obstacle avoidance, and gesture-following abilities, C-Rob would function akin to a mobile vending machine on wheels.

However, this examination paper will not delve into the real-world application of C-Rob. The primary focus is to construct a prototype of C-Rob that includes only the essential components. To achieve this, the examination will be guided by two main questions:

- 1) How can a prototype for C-Rob be constructed to incorporate the fundamental functions and components of the final product?
- 2) How should the chassis and platforms of C-Rob (platform carriers for components) be designed to optimize the assembly of various components?

Due to time constraints, certain aspects of C-Rob's development have been restricted. Consequently, features such as additional programming for a mobile controller, face recognition cameras utilizing AI, and line tracking will not be included in this prototype project. The development of the prototype version of C-Rob utilized the CAD software Autodesk Inventor Professional 2023, the Longer LK5 PRO 3D printer and CURA Slicer to produce multiple 3D-printed platform carriers and components. These components were designed to precisely accommodate the radio-controlled Zeus Car chassis from SunFounder, which integrates all the essential electrical components for fundamental functionalities.

It is essential to emphasize that this prototype is not intended for commercial utilization. This project should be viewed solely as fundamental groundwork for a potential autonomous urban transportation system serving multiple purposes. A fully operational version would necessitate additional programming, structural assessments, as well as the integration of various external materials and electrical components. These enhancements would serve to enhance the usability of the design and ensure its resilience against adverse weather conditions.

## Innehållsförteckning

1 Inledning.....	3
1.1 Syfte och frågeställningar.....	3
1.2 Avgränsningar.....	4
1.3 Metod.....	4
2 Resultat.....	4
2.1 Val av Komponenter till radiostyrt chassi: .....	5
2.2 Montering av det radiostyrda chassit: .....	7
2.3 Design av plattformar och komponenter i CAD och tillverkning med 3D-Printer:.....	8
2.3.1 Generation 1:.....	8
2.3.2 Generation 2:.....	8
2.3.3 Generation 3A: .....	9
2.3.4 Generation 3B och problem: .....	10
2.4 Montage av komponenter och test av funktion samt utförande: .....	10
3 Slutsatser och diskussion.....	11
4 Referenser/Källförteckning .....	12
5 Bilagor.....	13

# 1 Inledning

Historien om robotar<sup>A</sup> är rik och varierad och sträcker sig över århundraden av mänsklig uppfinningsrikedom och teknisk utveckling. Även om konceptet med automater och mekaniska enheter kan härledas till antika civilisationer började den moderna eran av robotik ta form under 1900-talet.

Ett av de tidigaste exemplen på en modern robot, skild från enbart mekaniska dockor, skapades av George Devol och Joseph Engelberger i slutet av 1950-talet. De utvecklade Unimate<sup>B</sup>, vilket revolutionerade den industriella tillverkningen genom att automatisera uppgifter som att lasta och lossa tunga föremål på fabriker.

Sedan dess har robotar fortsatt att utvecklas och hitta tillämpningar inom olika områden, från tillverkning och hälsovård till utforskning och underhållning. Idag är robotar integrerade delar av många branscher och utför uppgifter som antingen är för farliga, tråkiga eller precisa för människor att effektivt utföra.

En intressant utveckling inom robotikens område är användningen av robotar inom tjänstebranscher, såsom hotell och restauranger. Pepper Parlor<sup>C</sup> i Tokyo exemplifierar denna trend, där servitörsrobotar används för att servera kunder. Dessa robotar är utrustade med avancerade sensorer och artificiell intelligens, vilket gör att de kan navigera på restauranggolvet, interagera med gäster och leverera beställningar.

I juni 2023 befann jag mig hos Pepper Parlor i Tokyo och för första gången blev jag serverad av något omänskligt. Strax därefter började de nyfikna tankarna kring hur navigeringen och samspelet av alla dessa självstyrda robotar faktiskt fungerade och om jag kunde göra något liknande utifrån mina egna begränsade kunskaper. Efter detta väcktes idéer om att skapa transportsystem för olika komponenter/varor i urbana miljöer som kunde styras förarlöst genom olika typer av programmering, GPS, "Line Tracking", "Obstacle Avoidance" och "Pattern Recognition". Först var tanken kring ett drönarsystem det mest attraktiva, men som gymnasiearbete skulle det kosta för mycket att köpa drönarkomponenter med kapacitet att lyfta olika typer av last. Beslutet togs då att övergå till en annan typ av plattform för att bära komponenter. Valet föll på en typ av radiostyrt fordon med mecanumhjul som plattform för komponentbärare. Den radiostyrda komponentbäraren går under prototypframtagandets definition som en cityrobot, vid namn "C-Rob".

## 1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet är att utveckla en prototyp med grundläggande funktioner som kan hantera manuell styrning, förarlös styrning med automatisk hinderundvikning samt förarlös styrning med förmågan att följa efter föremål automatiskt. Projektet fokuserar på att skapa en körbar prototyp för ett autonomt transportsystem som potentiellt kan användas i urbana miljöer såsom stadsparker, gågator, turistområden, resecentrum och i närheten av/eller i shoppingcentra. Helt enkelt att skapa en föregångare till ett transportsystem med armada av C-Robs för komponenter/varor, som varken kräver stora bränslekrävande fordon eller förare. De frågeställningar som arbetet utgår ifrån då är:

1. Hur kan en prototyp till C-Rob konstrueras så att den ändå har den färdiga produktens basfunktioner och komponenter?
2. Hur ska chassi och plattformar konstrueras på C-Rob (plattformsbärare för komponenter) för att optimera montering av olika komponenter?



## 1.2 Avgränsningar

Avgränsningen i tid (28/8 – 19/4) för gymnasiearbetet leder till valet att fokusera på CAD, 3D-Printing och grundläggande styrfunktioner. Valet innebär att möjligheten att programmera C-Rob för mer avancerade funktioner och GPS-styrning har förkastats. Prototypen av C-Rob är avsedd att användas enbart i urbana miljöer i större städer, såsom Tokyo. C-Rob är menad att transportera lättare föremål som t.ex. drycker och andra livsmedel som kan vara bra att ha på hand, på ett förarlöst sätt. Transport av tyngre föremål är inte C-Robs huvuduppgift, då andra transportmedel redan utför de tyngre uppgifterna för effektivt, vilket betyder att C-Rob inte hade haft möjligheten att bli en konkurrent i den tyngre transportmarknaden. Produkten som tas fram vid gymnasiearbete är som sagt en prototyp och kommer varken massproduceras eller användas i verkligheten, utan det är enbart en engångs produkt som innehåller absoluta basfunktioner inför uppvisning. Den ekonomiska aspekten av arbetet prioriterades inte av budget, utan snarare av vilka delar som behövde anskaffas för att så effektivt och smidigt som möjligt konstruera en prototyp med absoluta grundfunktioner inför uppvisning.

## 1.3 Metod

Utbildningen som tillhandahålls inom CAD-området på Teknikprogrammet möjliggör att komponenter för C-Rob kan 3D-printas självständigt, även utanför skoltid. Genom utbildningen har projektet tillgång till Autodesk Inventor Professional 2023<sup>D</sup> erhållits, vilket motiverade inköp av en egen 3D-skrivare<sup>E,1</sup> (Longer LK5 PRO), både för gymnasiearbetet och personligt intresse för design. Longer LK5 PRO blev valet av 3D-printer eftersom den huvudsakligen hade en stor yta (30cm x 30cm) att printa på. Det gjorde det möjligt att massproducera flera komponenter i en och samma 3D-utskrift, samtidigt som större delar kunde tillverkas som en stor bit på en gång istället för att flera små komponenter monteras samman till en stor. Detta minskar produktionstiden ordentligt överlag. Nackdelarna med Longer LK5 PRO är att operatören måste kalibrera plattan som utskriften sker på varje gång en ny del ska skrivas ut, vilket gör att saker kan bli snett. Filamentet<sup>F</sup>, i form av PLA plast, måste vara under hänsyn då Longer LK5 PRO inte riktigt håller koll på hur mycket som finns kvar. Som tur vad finns en pausfunktion under utskrift. Påfyllning av filament mitt i en utskrift är krångligt eftersom positionering ej koms ihåg ifall Longer LK5 PRO skulle få en stöt. Skulle detta ske måste man kassera delen och börja om. Longer LK5 PRO är i sin tur kompatibel med CURA Slicer<sup>G</sup>, vilket gör det lätt att ta en idé till ritning och sedan verklighet. Användning av CURA Slicer-programvaran har varit ett måste för att förbereda CAD-filerna till "stl-format", så att 3D-utskrift blir möjligt.

Som chassi till plattformen för olika komponenter valdes Zeus Car Kit från SunFounder<sup>H</sup>, vilket säkerställde att samstämmiga och testade komponenter kom med och användes för att spara både tid och resurser. Elektriska komponenter och monteringsanvisningar har huvudsakligen erhållits genom YouTube-klipp och SunFounders egna guide till Zeus Car Kit. Alla 3D-printade komponenter har designats självständigt i Autodesk Inventor Professional 2023. "Trial and error" är en grundläggande princip för C-Rob. Det innebär att varje misstag som uppstår endast bidrar till erfarenhet och förbättring. Under inlärningsfasen om hur framtagandet av en produkt påverkas av olika faktorer, särskilt hur designprocessen i Autodesk Inventor Professional 2023 måste anpassas efter Longer LK5 PROs förmåga att skriva ut fysiska delar, blev "trial and error"-metoden mest framträdande.

## 2 Resultat

Ens kreativa tankar vet ofta vad slutmålet är med ett projekt, men hur du som uppfinnare kommer dit, visar sig ofta vara mer avancerat än väntat. "Trial and error" är ett väl känt begrepp för såväl

vetenskapsmän, som uppfinnare. Ett arbete som det här ger full insikt i varför. Tanken "Hur ska detta egentligen åstadkommas?" var överväldigande i början, särskilt med begränsad kunskap inom ämnet. Nyckeln låg i förmågan att fokusera på ett steg i taget och förstå att processen framåtskrider när viktiga delmoment låser upp nästa fas i arbetsflödet. Målet var att använda en 3D-skrivare, men på grund av en begränsad tidsram gjordes valet att inte 3D-skriva ett chassi, utan enbart plattformen och dess utbytbara komponenter. Därefter blev planen följande:

1. Val av Komponenter till radiostyrt chassi.
2. Montering av det radiostyrda chassit.
3. Design av plattformar och komponenter i CAD och tillverkning med 3D-Printer.
4. Montage av komponenter och test av funktion samt utförande.

## 2.1 Val av Komponenter till radiostyrt chassi:

Vid ett prototypbygge är valet av komponenter otroligt viktigt. Förmågan att göra vissa val, även om det innebär att något annat går förlorat, är en integrerad del av arbetsprocessen. Primärt fokus i bygget av prototypframtagandet, "C-Rob", var att få en fungerande produkt som klarade av grundfunktionerna. Med detta i åtanke blev införskaffande av olika komponenter mer strömlinjeformad. Informationen kring diverse komponenter kom från början från Youtube, mer specifikt från kanalen DIY Builder<sup>1</sup> som den 3 december 2022 publicerade videon: "How to make Arduino Mecanum RC Car using a drone Transmitter (Tutorial)".

Videon från DIY Builder blev startskottet för införskaffande av komponenter. Svårigheter uppstod däremot på flera fronter inom kort. Att veta hur elkomponenter kopplas, samt om unika delar är kompatibla med varandra är något som är otroligt komplex. Den ekonomiska aspekten går heller inte att förbise. Att chansa och köpa in flera komponenter från utlandet, främst Indonesien och Indien då Sverige inte har utbudet, hade varit otroligt kostsamt både i tid och pengar för ändamålet. Målet var från början att bygga en plattformsbärare. Insamling av separata elektriska komponenter, programmering och prövning av dem var och kommer aldrig bli den primära uppgiften i detta prototypframtagande. Därför togs valet att använda SunFounders egna Zeus Car Smart Car Kit, kortfattat Zeus Car, som den radiostyrda grunden för resten av prototypframtagandet. I efterhand hade ELEGOO Smart Robotbil set V4.0<sup>2</sup> varit ett smidigare val för att förenkla möjligheten att montera på 3D-printade komponenter i efterhand, men eftersom den inte var tillgänglig för tillfället så valdes SunFounders Zeus Car i stället. Oron kring att vissa elektriska komponenter inte skulle vara kompatibla försvinner i och med valet av SunFounders Zeus Car eftersom allting redan har blivit testat och kommer med från start. Möjligheten att programmera Zeus Car för att låsa upp ytterligare funktioner går att göra i efterhand med hjälp av Arduino IDE/C++, trots att det är ett färdigt kit som byggs ihop på egen hand.

Eftersom Zeus Car är gjord för att nybörjare ska lära sig koppla elektriska komponenter så försvinner moment som lödning och förståelse kring avancerade kopplingsscheman. Dessa ersätts av "pin cables", en detaljerad brukshandvisning<sup>2,3</sup> som förklarar monteringsprocessen och en digital guide<sup>4</sup> som fördjupar sig på separata komponenter. Viktiga elektriska komponenter som var och en bär sin grundpelare i framtagandet av prototypen C-Rob, är följande:

SunFounder R3 Board<sup>4,5</sup>: SunFounder R3-kort är ett mikrocontrollerbaserat kretskort baserat på ATmega328P. Den har 14 digitala in-/utgångspinnar (varav 6 kan användas som PWM-utgångar), 6 analoga ingångar, en 16 MHz keramisk resonator (CSTCE16M0V53-R0), en USB-anslutning, en strömkontakt, en ICSP-header och en återställningsknapp. Den innehåller allt som behövs för att stödja mikrocontrollern; man kopplar helt enkelt in den i en dator med en USB-kabel eller matar den

med en växelström-till likström-adapter eller batteri för att komma igång. Det är värt att notera att SunFounder R3-kortet är ett moderkort med nästan samma funktioner som Arduino Uno, och de två moderkorten kan användas utbytbart.

Zeus Car Shield<sup>6,7,8</sup>: Detta är en allt-i-ett-expansionskort designat för Arduino av SunFounder, vilket innehåller olika modulportar som motor, ljuslister, obstacle avoidance, grayscale, ESP32 CAM och ultrasonic module. Det finns också en inbyggd HS0038B IR-mottagare för fjärrstyrning. Detta expansionskort har även en inbyggd laddningskrets, som kan ladda batteriet med PH2.0-5P-gränssnittet, och den uppskattade laddningstiden är 130 minuter.

ESP32 CAM<sup>9</sup>: ESP32-CAM är en mycket liten kameramodul med ESP32-S-chippet som kostar cirka \$10. Förutom OV2640-kameran och flera GPIO-portar för att ansluta kringutrustning har den också en MicroSD-kortplats som kan vara användbar för att lagra bilder tagna med kameran eller för att lagra filer för att servera klienter. ESP32-CAM kan användas brett inom olika IoT-applikationer (Internet of Things), lämplig för hemautomationsenheter, trådlös industriell styrning, trådlös övervakning, trådlös QR-identifiering, trådlösa positioneringssystemsignaler och andra IoT-applikationer.

Omni Grayscale Module<sup>10</sup>: Detta är en Omni Grayscale-modul för linjeföljning och kantdetektering. Omni står för omnidirektionell, vilket innebär att modulen har 8 TCRT5000-sändande sensorer fördelade i en cirkel för att detektera svarta linjer i vilken riktning som helst. Detta gör att en robotbil som Zeus Car med Mecanum-hjul kan följa linjen i olika vinklar utan att ha bilens framsida riktad framåt. Känsligheten hos modulen i den aktuella miljön kan justeras genom att ändra värdet på VREF. I Zeus Car Shield används den blåa potentiometern för att justera värdet på VREF-stiftet.

Ultrasonic Module<sup>11,12</sup>: Detta är HC-SR04 ultraljudsavståndssensorn, som ger icke-kontaktmätning från 2 cm till 400 cm med en avståndsnoggrannhet på upp till 3 mm. Modulen inkluderar en ultraljudssändare, en mottagare och en kontrollkrets. Du behöver bara ansluta 4 stift: VCC (ström), Trig (utlösare), Echo (mottagning) och GND (jord) för att göra den lätt att använda i dina mätningssprojekt. De grundläggande principerna är följande:

1. Använd IO-utlösare för minst 10 us hög nivåsignal.
2. Modulen skickar en 8-cykelspuls av ultraljud vid 40 kHz och detekterar om en pulssignal tas emot.
3. Echo kommer att generera en hög nivå om en signal returneras; varaktigheten av hög nivå är tiden från emission till återkomst.
4. Avstånd = (hög nivå tid x ljudets hastighet (340M/S)) / 2.

IR Obstacle Avoidance Module<sup>13,14</sup>: Detta är en vanlig IR obstacle avoidance modul som använder ett par IR-sändande och mottagande komponenter. I grund och botten skickar sändaren ut infrarött ljus, och när detektionsriktningen stöter på ett hinder reflekteras det infraröda ljuset och tas emot av mottagarröret. Vid den här tiden lyser indikatorn upp. Efter kretsbearbetning ger den en låg nivåsignal. Sensorns avstånd är 2-40 cm, med utmärkt motståndskraft mot störningar. Det finns olika reflektivitetsnivåer i olika färger på objekt, så ju mörkare objektet är, desto närmare svart är detektionsavståndet kort. Den här sensorns 2-30 cm intervall detekteras mot en vit vägg.

18650 Battery<sup>15</sup>: Detta är ett anpassat batteripack som är tillverkat av SunFounder, bestående av två 18650-batterier med en kapacitet på 2200mAh. Anslutningen är PH2.0-5P, vilken kan laddas direkt efter att ha satts in i Zeus Car Shield.

TT Motor<sup>16</sup>: Detta är en TT DC-motor med ett växelförhållande på 1:48, den levereras med 2 x 250 mm kablar med XH2.54-2P-anslutning. Du kan driva dessa motorer med 3 ~ 6VDC, men självklart kommer de att gå lite snabbare vid högre spänningar. Observera att dessa är mycket grundläggande motorer utan inbyggd kodare, hastighetskontroll eller positionsåterkoppling. Spänningen går in och rotationen kommer ut. Det kommer att finnas variation från motor till motor, så om du behöver exakt rörelse kommer du att behöva ett separat återkopplingsystem.

Mecanum Wheel<sup>17,18</sup>: Mecanumhjulet är en form av hjul utan däck, med en serie av gummibeklädda externa rullar som är snett fästa runt hela omkretsen av dess fälg. Dessa rullar har vanligtvis var sin rotationsaxel som är vinklad 45° i förhållande till hjulplanet och 45° i förhållande till axellinjen. Varje Mecanumhjul är ett oberoende icke-styrande drivhjul med sitt eget drivsystem. När mecanumhjulet snurrar genererar det en framåtdrivande kraft som är vinkelrät mot rullaxeln och som kan riktas in i en longitudinell och en tvärgående komponent i förhållande till fordonet. Mecanumhjulet kan delas upp i vänster- och högerhjul som är spegelbilder av varandra, beroende på vinkeln på 45°.

## 2.2 Montering av det radiostyrda chassit:

“Theory will take you only so far,” (J. Robert Oppenheimer). Prototypen C-Rob lär inte ha samma påverkan på historien som J. Robert Oppenheimer, men meningen bakom citatet kvarstår däremot och är fortfarande relevant. Kunskapen kring komponenterna är viktigt för förståelsens skull, men hur de faktiskt fungerar går endast att lista ut genom att testa dem i samverkan med varandra efter allt sitter ihop. Tack vare en tydlig brukshandvisning och en detaljerad digital guide förlöpte monteringen av Zeus Car Kit tämligen smärtfritt. Dock var det fel på en utav TT motorerna. Vid testkörning kärvade ett av mecaumhjulen och efter skiftning av hjul kunde det konstateras att felet satt i själva TT motorn. Denna demonterades i sina beståndsdelar och kugghjulen smörjdes och en axel fick rätas upp<sup>19,20</sup>, sedan fungerade det. Det finns två funktioner till som är möjliga, men som inte haft prioritet i detta prototyparbete med framtagande av C-Rob. Dessa funktioner är:

ESP32 CAM: Kräver appen SunFounder Controller, vilket är direkt kompatibel med Apple enheter. Användare som har Android måste programmera i IDE/C++ och tanka över koden direkt till Zeus Car Kit. Styrningen via appen och Zeus Car Kits eget WiFi, som måste kopplas till för att låsa upp styrförmåga, fungerar dock så pass mycket sämre än den medföljande styrenheten som har både bättre räckvidd och funktion. Därför har valet gjorts att inte programmera/optimera kameran för Androider.

Omni Grayscale Module: I verkligheten är detta en utav de viktigaste funktionerna, men kräver sannolikt då specialfärg till linjerna den ska följa/detektera. Prototypen C-Rob behöver dock enfärgat golv med tydliga svarta linjer (målade eller svart tejp) för att få tillräckliga kontraster som Omni Grayscale Module kan detektera. Flernyanserat golv eller trägolv fungerar inte då potentiometern som reglerar de åtta TCRT5000-sändande sensorerna är för känsliga för färgskiftningarna i ovanstående typer av golv. Potentiometern behöver kalibreras om varje gång underlaget ändras för prototypen. Denna tidskrävande process gör att denna styrfunktion har valts bort på prototypen (eftersom Vadsbogymnasiet också har flerfärgade golv så är det inte heller värt att kalibrera inför redovisning).

Som tidigare nämnts, både ESP32 CAM och Omni Greyscale Module hade i verkligheten varit bland de viktigaste funktionerna för en förarlös/fjärrstyrd cityrobot (C-Rob).

## 2.3 Design av plattformar och komponenter i CAD och tillverkning med 3D-Printer:

### 2.3.1 Generation 1:

I teorin är C-Rob uppbyggd av tre grundpelare. Den första är en radiostyrd bas, i detta fall Zeus Car Kit. Den andra är en plattform som sitter på den radiostyrda basen, och den tredje är en komponentplatta med diverse funktioner som hakas fast på plattformen. Till en början fanns inte en strukturerad plan hur plattformen skulle se ut, vilket ledde till att designprocessen i Autodesk Inventor Professional 2023 började på frihand. Eftersom arbetet sker på relativt liten skala behövdes inte matematiska formler tillämpas, eftersom PLA-plasten som används vid utskrivning är tillräckligt stark för ändamålet. Plattformen, som kommer att refereras som "Baseplate", hade syftet att transportera en eller flera komponentplattor/"Component Plates". Slutligen gjordes valet att tillverka en Baseplate<sup>21</sup> som hade upphöjda sidor med en utåt stickande kant som riktades in mot diverse Component Plates<sup>22</sup>. Detta gjorde att det blev extra stabilt samtidigt som komponentplattorna inte rördes i sidled under transport, då de satt fast som ett pussel. För att förhindra att komponentplattorna gled ut under acceleration så väl som vid inbromsning, skapades ytterligare två delar vid namn Lockpin och Lockpin Cap<sup>23</sup> som fästs igenom Baseplate och Component Plates.

I teorin<sup>24</sup> säkerställde detta att allt satt fast ordentligt under transport. Verkligheten gav däremot ett annat resultat<sup>25,26</sup>. Funktionen fungerade till viss del men problem uppstod vid 3D-utskrift av Lockpin och Lockpin Cap eftersom de hade för små dimensioner. Longer LK5 PRO lyckades därmed inte att producera så pass små delar med precision nog för att de skulle kunna fästas på varandra. På större skala hade det fungerat, men vid reflektion och extra lärdom från detta misstag gjordes valet att designa en annan uppdaterad version av Baseplate så väl som låsfunktion, då det blev alldeles för pilligt att hantera på en så liten skala. Vidareutveckling av själva komponentplattan behövde inte göras eftersom den redan hade tillräckligt bra grundfunktioner för tillfället. Att noggrant överväga vad som verkligen behövdes blev snabbt en vana eftersom varje utskrift tar flera timmar och en stor mängd PLA-filament, vilket i sin tur medför kostnader både i tid och pengar, särskilt om utskriften misslyckas.

### 2.3.2 Generation 2:

I generation två av diverse plattformar och komponentplattor genomförs mindre modifieringar. Den primära förändringen är anpassningen av Baseplate för att komplettera den nya låsfunktionen, vilket ersätter Lockpin och Lockpin Cap från första generationen. Istället för stift som penetrerar både Baseplate och Component Plate, har en spärr skapats som manuellt kan avlägsnas. Denna spärr är känd som **Slide Lock**<sup>27</sup>. Som en del av **Baseplatens** uppdatering<sup>28</sup> har fyra spår integrerats längs dess längd. Dessa spår möjliggör potentiellt fästning av fyra Slide Locks, beroende på antalet använda Component Plates vid tillfället. I generation två introduceras även **Long (LCP)** respektive **Short Component Plate (SCP)**<sup>29,30</sup>. Detta ger C-Rob möjligheten att antingen transportera två kortare komponentplattor för mindre föremål eller en lång komponentplatta för större föremål.

Generation två, till skillnad från generation ett, erbjöd en effektiv och lättanvänd låsningsfunktion. Trots att generation två både i teorin<sup>31</sup> och i praktiken<sup>32,33</sup> fungerade otroligt väl, så visade det sig att det inte skulle vara den sista generationen. Anledningen till detta var, som sagt, inte för att generation två inte fungerade, utan snarare på grund av införandet av en ny idé kring komponentdelar. Detta krävde ytterligare utveckling av en ny Baseplate och Component Plates, vilket ledde C-Rob in i sin tredje generation med diverse förbättringar.

### 2.3.3 Generation 3A:

Tack vare direktkontakter i Japan gavs möjligheten att få tag på Hacomos<sup>1</sup> Cardboard Vending Machine. Tillfället togs till akt och ett aktivt val gjordes, vilket ledde till att en helt ny uppdaterad version av Baseplate skapades. Detta i sin tur innebar att resten av komponenterna också behövde anpassas till de nya dimensionerna. Eftersom information kring måtten redan fanns på Hacomos hemsida så togs beslutet att designa ett yttre skal till deras vending machine i förväg, då brun kartong inte ville visas upp. Skalet, är uppbyggt av två delar vid namn Vending Machine Outer-shell och Vending Machine Front-plate<sup>34,35,36</sup>. I teorin hade detta skal i två delar både agerat som skydd samtidigt som funktionen att fylla på flaskor fortfarande fungerade. Vid mottagning av den faktiska produkten som beställts via en mellanman från Hacomos så visade det sig att den vending machine som levererats inte var densamma som skalet hade förberetts för. Detta var dock inget större problem eftersom komponentplattan till Hacomos vending machine är grunden till generation tre, vilket innebär att Baseplate dimensionerna ej har skapats för tillfället. Montering av Hacomos levererade vending machine gick smidigt till tack vare en detaljerad bruksanvisning<sup>37,38</sup> med tydliga bilder för varje moment. En ny komponentplatta/skal som utgick från den nya vending machinens mått designades, vid namn Vending Machine Simple Shell. Vid utskrift trasslade sig PLA-filamentet efter 23 timmar (70%), vilket ledde till en misslyckad produkt<sup>39,40</sup>. Det insågs snabbt att även om utskriften hade lyckats så hade måtten inte varit tillräckligt, då den nya komponentplattan var för liten. Detta problem löstes genom att uppdatera komponentplattan. Denna gång togs det hänsyn till att kartongen inte hade millimeterprecision, tillskillnad från CAD-ritningar, vilket ledde till en komponentplatta vid namn Vending Machine Simple Shell Updated<sup>41,42,43</sup> skapades med lite större marginal till väggarna samtidigt som så lite plast som möjligt skulle slösas utan förlorad stabilitet.

Enklast är oftast bäst. Den tredje generationen av Baseplate<sup>44,45</sup> har upphöjda kanter kring sidorna likt de tidigare generationerna. Vad som gör den otroligt flexibel och effektiv är att komponentplattorna fästs via piggar som trycks ner i Baseplatens åtta kvadratiska urgröpnings. Detta gör det möjligt att antingen ha två korta komponentplattor som fästs fast med hjälp av piggar eller en lång komponentplatta, som till exempel Vending Machine Simple Shell Updated, som låses fast automatiskt tack vare de upphöjda kanterna.

Generation tre av de korta komponentplattorna så väl som ben till Baseplate introducerar, som nämnt ovan, låspiggar. Att få det korrekta måttet för just dessa piggar var lurigt eftersom man vill finna en balans som varken sitter för hårt eller för löst. Vid testutskrivning<sup>46,47</sup> märktes det att om marginalen mellan de två delarna var 0.250mm satt de så tajt att de inte ville åka ur av sig själv. Denna marginal användes mellan benen och Baseplate, då minimering av vibrationer under transport var fokus. En marginal under 0.250mm blev näst intill omöjlig att få ut utan att knäcka delen. Mellan de korta komponentplattorna och Baseplate räckte 0.500mm i marginal eftersom det gjorde att bitarna satt lagom hårt, vilket underlättade processen vid byte av komponenter och minimerad risk att slita sönder något. Mellan Baseplate och alla komponentplattors sidor är det en marginal på 1mm, vilket säkerställer att delen fortfarande sitter fast under transport samtidigt som den går att plocka av utan att slitas sönder.

Efter att ha säkerställt de viktigaste måtten för både ben och komponentplattor designades slutprodukterna. För komponentplattorna gjordes två versioner av soptunnor med lock: Trash Can, Recycle Trash Can och Lids<sup>48,49</sup>. De slutliga benen kom i tre olika typer som alla var anpassade för att sitta på Zeus Car: Leg Front, Leg Back och R&L Leg<sup>50,51</sup>. Överlag är generation tre<sup>52,53</sup> den enklaste i design jämfört med generation ett och två. Fördelen med generation tre är att den är adaptiv, enkel att laga och använda. Uttrycket "less is more" är vad som beskriver den bäst.



#### 2.3.4 Generation 3B och problem:

Även om generation tre egentligen är slutprodukt så är plattformen så pass flexibel att den med hjälp av olika typer av adaptrar blir multifunktionell. Egentligen är det enbart fantasin som sätter begränsningar för vad C-Rob och dess komponenter kan användas till. För att kunna återanvända de utprintade komponenterna (till den ursprungliga vending maskinen från Hacom, som inte kom) skapades en adapter. Adaptertänket ledde till nya idéer och lösningar. Eftersom originalskalet till vending maskinen bestod av två delar (Vending Machine Outer-shell och Vending Machine Front-plate) så gjordes valet att tillverka en adapter till locket, vid namn Pantlock<sup>54</sup>. Adapttern agerar både som en ingång på en soptunna/pant samtidigt som den har förmågan att bära vending maskinen ovanpå sig<sup>55</sup>. Utöver det skapades ett ytterligare täcklock<sup>56</sup> som bidrar till skydd och utseende till vending maskinen som faktiskt levererades.

Tyvärr har Longer LK5 PRO ett vanligt fel, där filamentsensorn strular vilket leder till flera följdfel:

1. Matningen fungerar inte korrekt.
2. Vilket leder till att G-koden inte stämmer överens med mängden plast som faktiskt kommer ut.
3. Detta leder till många omstarter och en slutprodukt som får flera svaghetszoner då det uppstår spänningar i plasten vid omstarterna, som skapar sprickbildningar.

Exempel på detta syns tydligt på båda dessa delar. Pantlocket fick sprickbildningar<sup>57</sup> och täcklocket<sup>58</sup> tog tvärstopp då maskinen konstant stänger av sig själv. I dagsläget är 3D skrivaren obrukbar innan problematiken med filamentsensorn är löst. Devisen "att köra in i kaklet" är härmed testad.

#### 2.4 Montage av komponenter och test av funktion samt utförande:

Som tidigare nämnts var varken EP32 CAM eller Omni Grayscale Module delar som C-Rob var tvungen att behärska. Detta betyder givetvis att funktioner som styrning via kamera eller "Line Tracking" inte blir möjligt för prototypen vid uppvisning. De krav som däremot var ett måste för C-Rob var funktionerna att styras manuellt, via Ultrasonic Module "Follow" och IR Obstacle Avoidance Module. Förmågan att behärska tyngden av all extra vikt från de 3D printade komponenterna ovanpå var likväl så viktigt.

Tack vare att benen och Baseplate från den tredje generationen var anpassade för just Zeus Car blev det smidigt att montera dem på varandra. Transport utan extra stöd var inga problem heller eftersom uppbyggnaden av Baseplate och ben var designade för att vara så stabila och balanserade som möjligt<sup>59</sup>. Även med komponenter på så stod C-Rob stabilt utan några problem eller sviktningar<sup>60,61</sup>. Eftersom användning av mobilappen SunFounder Controller hade nekats sedan tidigare på grund av svår manövrering, dålig teckning och ej tillgång till EP32 CAM, så gjordes valet att använda den fysiska dosan<sup>62</sup> som kom med när Zeus Car införskaffades. Med denna dosa uppfylldes kravet att styra C-Rob manuellt under full belastning. Eftersom dosan har förmågan att reglera både Ultrasonic Module "Follow" och IR Obstacle Avoidance så uppnåddes även kraven att ha förmågan att både följa samt undvika föremål automatisk. I och med det har alla krav inför uppvisning uppfyllts.

### 3 Slutsatser och diskussion

Syftet var att skapa en prototyp till ett teoretiskt transportsystem, vid namn C-Rob<sup>63,64,65</sup>, vars ändamål var att transportera diverse varor i urbana miljöer. I och med tydliga avgränsningar som utesluter programmering och användning av vissa specialfunktioner, så blev fokuset på de absoluta basfunktionerna och hur de samspelade med de påbyggda 3D utskrivna komponenterna. Kraven att hantera sin slutliga vikt, förmågan att styras manuellt, följa föremål automatiskt (via **Ultrasonic Module "Follow"**) och undvika föremål automatiskt (via **IR Obstacle Avoidance Module**) var ett måste för prototypen av C-Rob att klara av inför uppvisning. Alla dessa krav uppnåddes och i och med det blev det ett lyckat resultat.

Trots ett lyckat resultat utifrån ett målsättningsperspektiv så är det inte fullständigt utifrån en ingenjörers eller uppfinnarens ögon. C-Robs potential när det gäller funktioner och framtagande är extensiv. Till en början skulle-prototypen som framförts i detta arbete kunna förbättras genom fördjupning av programmering av diverse elektriska komponenter som t.ex. EP32 CAM, Omni Grayscale Module och appen SunFounder Controller. Dessa hade bidragit med funktioner som kamerastyrning (kopplad till AI), Line Tracking, så väl som en trådlös kontroll vi manuell drift. Dessa tre funktioner hade i verkligheten varit de viktigaste för ändamålet; att autonomt/förelöst transportera varor runt ett anpassat område.

I gymnasiearbetets fall hade val av egna komponenter samt en helt egen 3D utskriven design av motsvarande Zeus Car varit optimalt, då friheten inom arbetet hade ökat. Detta hade i sin tur bidragit till ett resultat som kunde byggas från grunden till färdig prototyp, i stället för att konstant anpassas efter färdiga delar, vilket hade lett till mer originella komponenter samt mer anpassade val av elektroniska delar. Potentiellt skulle detta ge C-Rob möjligheten att likna en mer funktionell och användbar produkt på större skala, som i sig skulle kunna testas i verkliga sammanhang ute på gatan. Avgränsningar i tid, kunskap och ekonomi, kopplat till att detta bara är ett gymnasiearbete utan ekonomiska anslag, gjorde tyvärr en sådan fördjupning irrelevant.

I teorin är C-Robs förbättringspotential oändlig. I en mer avancerad och utvecklad form av C-Rob skulle förslagsvis GPS-styrning och utrustning som bidrar till en form av "Off-Road drift" kunna tillämpas, vilket skulle möjliggöra helt andra användningsområden i helt andra miljöer än den urbana. Exempelvis skulle den kunna användas för leverans av varor till människor som har svårt att ta sig till affärer eller till apotek för att hämta sina mediciner. Utöver detta skulle en "C-Rob app" (C-Rob on Command) kunna skapas där användaren kan se var den befinner sig och skapa beställningsfunktioner liknande Uber.

Givetvis kan inte verkligheten nekas. Robotar som åker runt i urbana miljöer kommer garanterat att vandaliseras och plundras på varor. I dagens samhälle hade användning av C-Rob varit omöjligt på grund av just detta. Enda användningsområdet som realistiskt skulle kunna användas är i större städer där övervakning av fler människor konstant har uppvakning på hur individer behandlar förelösa robotar. Shoppingcentra, turistområden och centrum med fler gågator är de typer av områden som C-Rob potentiellt skulle vistas i utan att förstöras.



## 4 Referenser/Källförteckning

Källa A: Robotics: A Brief History. [\(tillbaka\)](#)

<https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/1998-99/robotics/history.html>

Källa B: The Unimate. [\(tillbaka\)](#)

<https://spectrum.ieee.org/george-devol-a-life-devoted-to-invention-and-robots>

Källa C: Pepper Parlor. [\(tillbaka\)](#)

<https://www.pepperparlor.com/en/>

Källa D: Autodesk Inventor 2023 användes för alla konstruktioner i CAD. [\(tillbaka\)](#)

[Autodesk Inventor programvara | Se priser och köp den officiella Inventor 2024](#)

Källa E: 3D-Printing av diverse komponenter gjordes med hjälp av Longer LK5 PRO. [\(tillbaka\)](#)

[LONGER LK5 Pro FDM 3D Printer - LONGER 3D](#)

källa F: PLA filament som användes vid utskrift kom från Kjell & Company. [\(tillbaka\)](#)

<https://www.kjell.com/se/produkter/el-verktyg/elektronik/3d-skrivare/filament/addnorth-e-pla-filament-for-3d-skrivare-175-mm-aurora-green-p88230>

Källa G: 3D-Printing slicer som användes för Longer LK5 PRO var Cura Slicer. [\(tillbaka\)](#)

[UltiMaker Cura - UltiMaker](#)

Källa H: SunFounder Zeus Car Smart Car Kit. [\(tillbaka\)](#)

[SunFounder Zeus Car Smart Car Kit for Arduino UNO \(Battery And SunFoun](#)

Källa I: Ursprunglig inspiration kom från DIY Builders video ” How to make Arduino Mecanum RC Car using a drone Transmitter (Tutorial)”. [\(tillbaka\)](#)

[\(162\) How To Make Arduino Mecanum RC Car using a drone Transmitter \(Tutorial\) - YouTube](#)

Källa J: Elegoos alternativ till radiostyrt chassi. [\(tillbaka\)](#)

[ELEGOO Smart Robotbil set V4.0, kompatibel med Arduino IDE elektronikbyggsats med kamera, UNO R3, linje spårningsmodul, ultraljudssensor, bil, robotleksak för barn : Amazon.se: Leksaker](#)

Källa K: Komponentfördjupning/guide till SunFounder Zeus Car Smart Car Kit. [\(tillbaka\)](#)

[Hardware — SunFounder Zeus Robot Car Kit for Arduino 1.0 documentation](#)

Källa L: Hacomo Cardboard Vending Machine. [\(tillbaka\)](#)

<https://www.hacomo.co.jp/recipe/000641.html>

<https://www.hacomo.co.jp/download/assets/82f4a6c440cf535190c5222f326456888cbe8119.pdf>

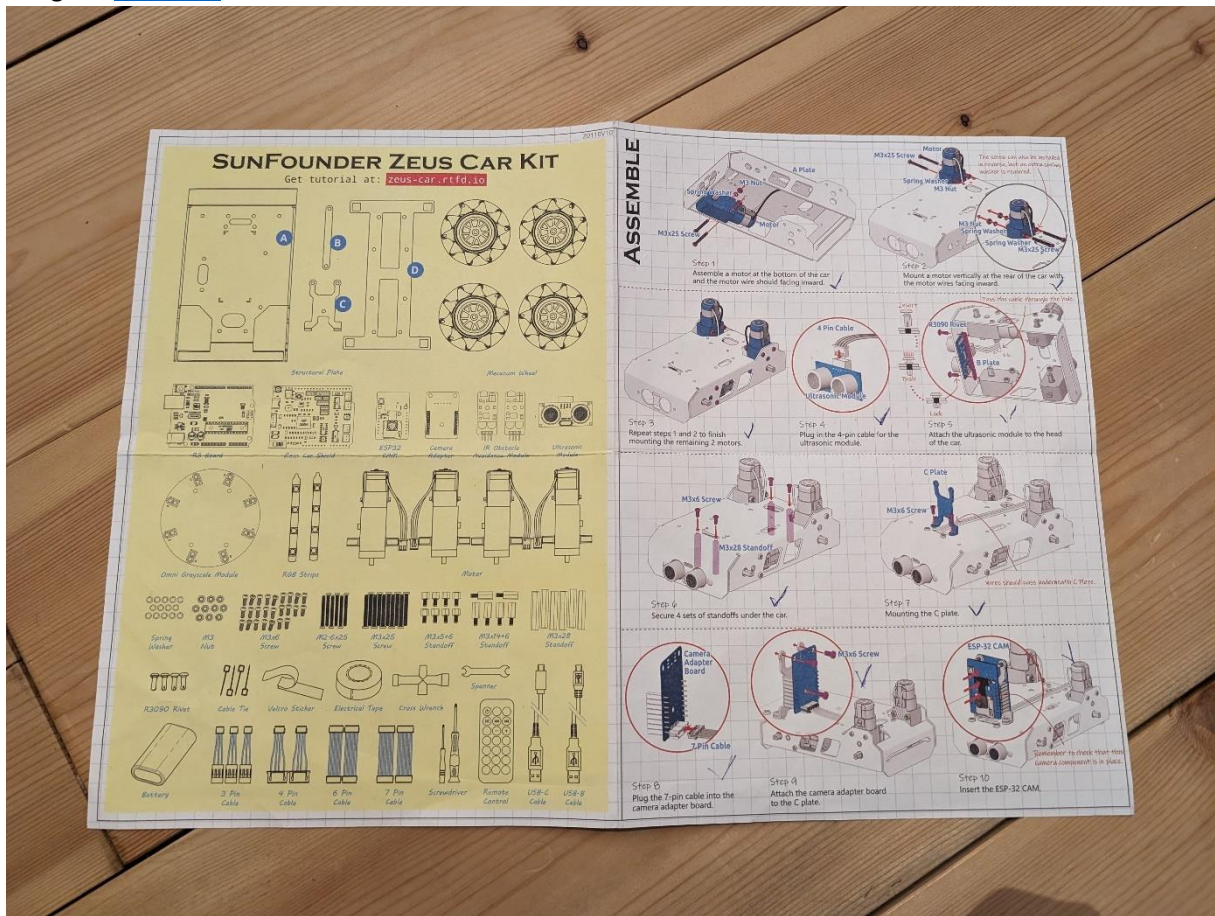
## 5 Bilagor

Bilaga 1: [\(tillbaka\)](#)

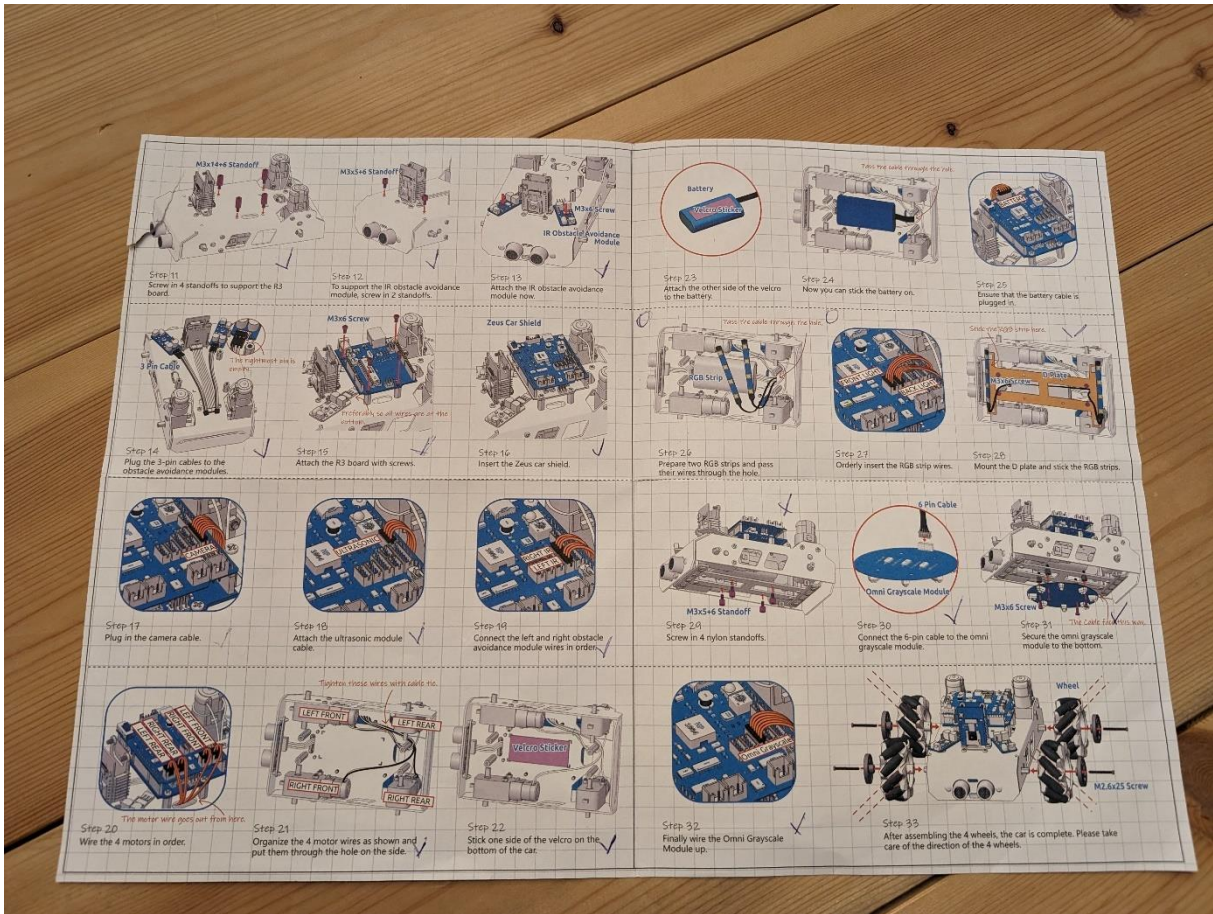




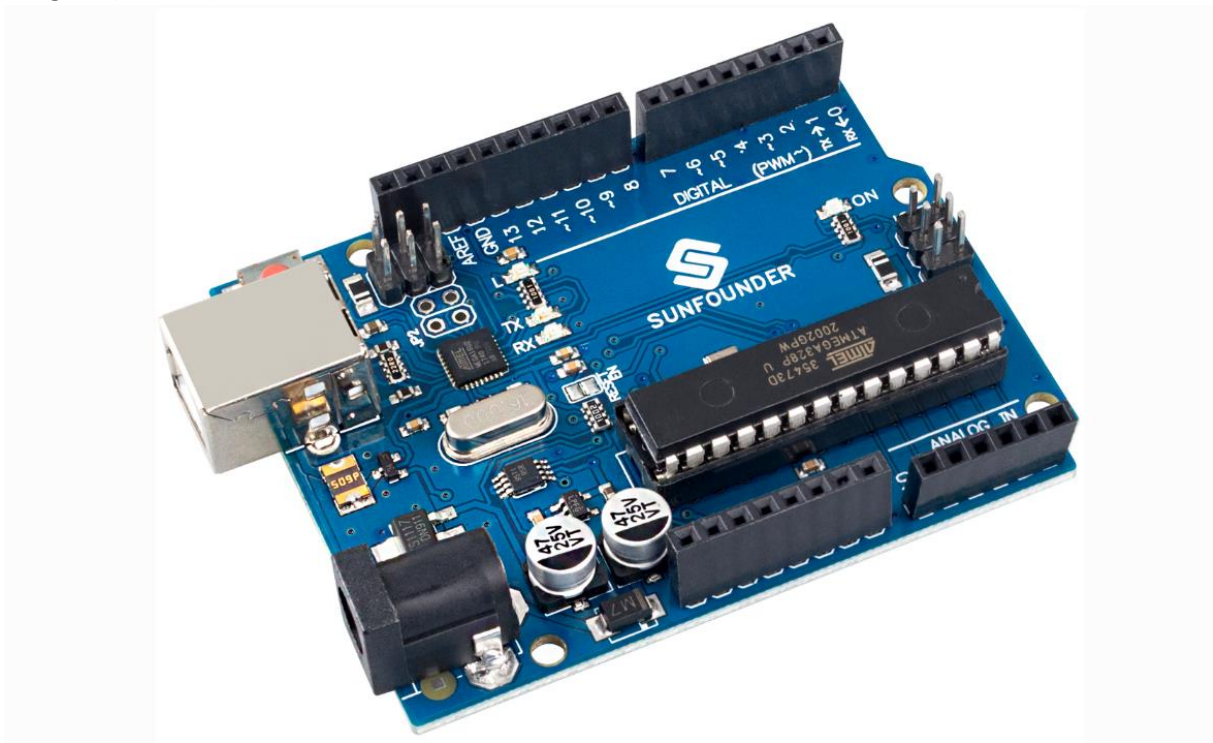
Bilaga 2: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 3: [\(tillbaka\)](#)

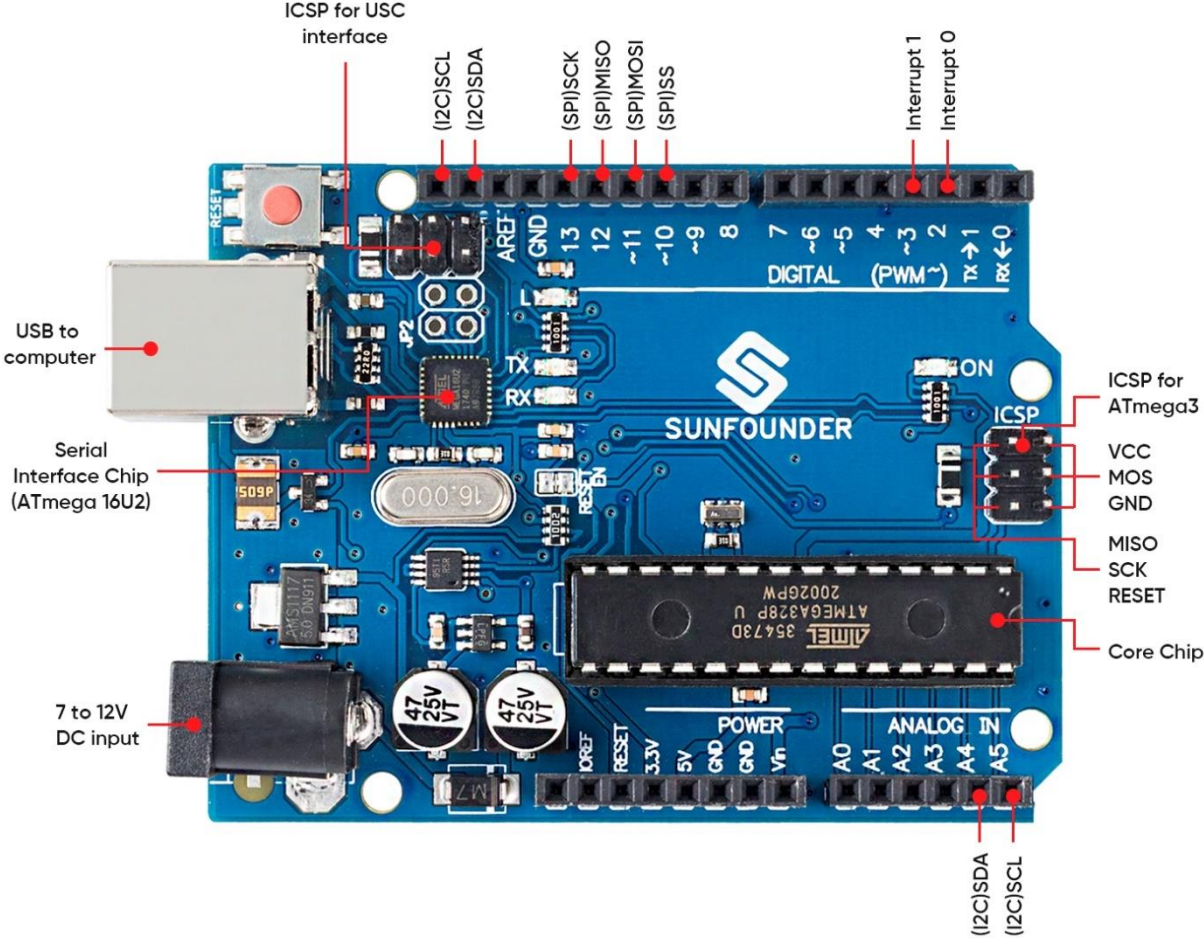


Bilaga 4: [\(tillbaka\)](#)

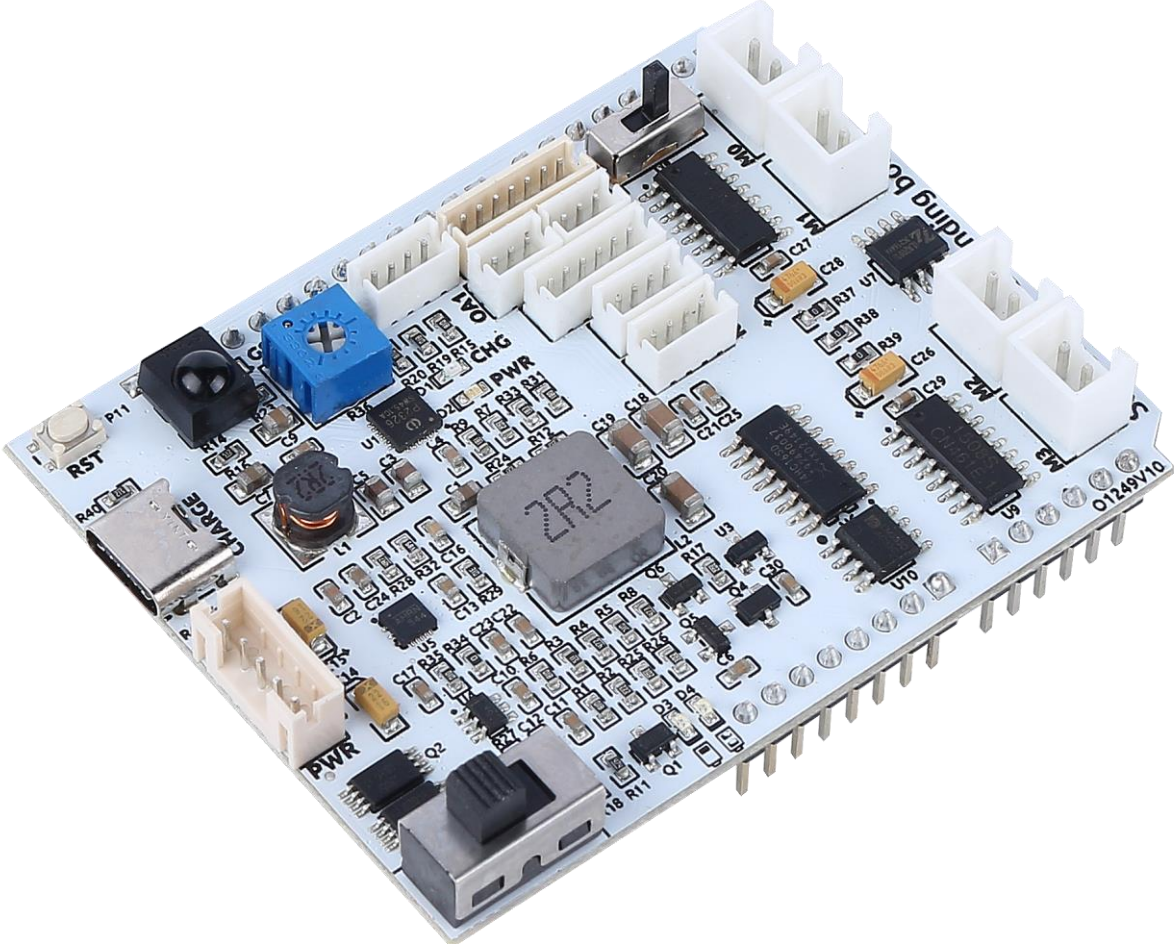




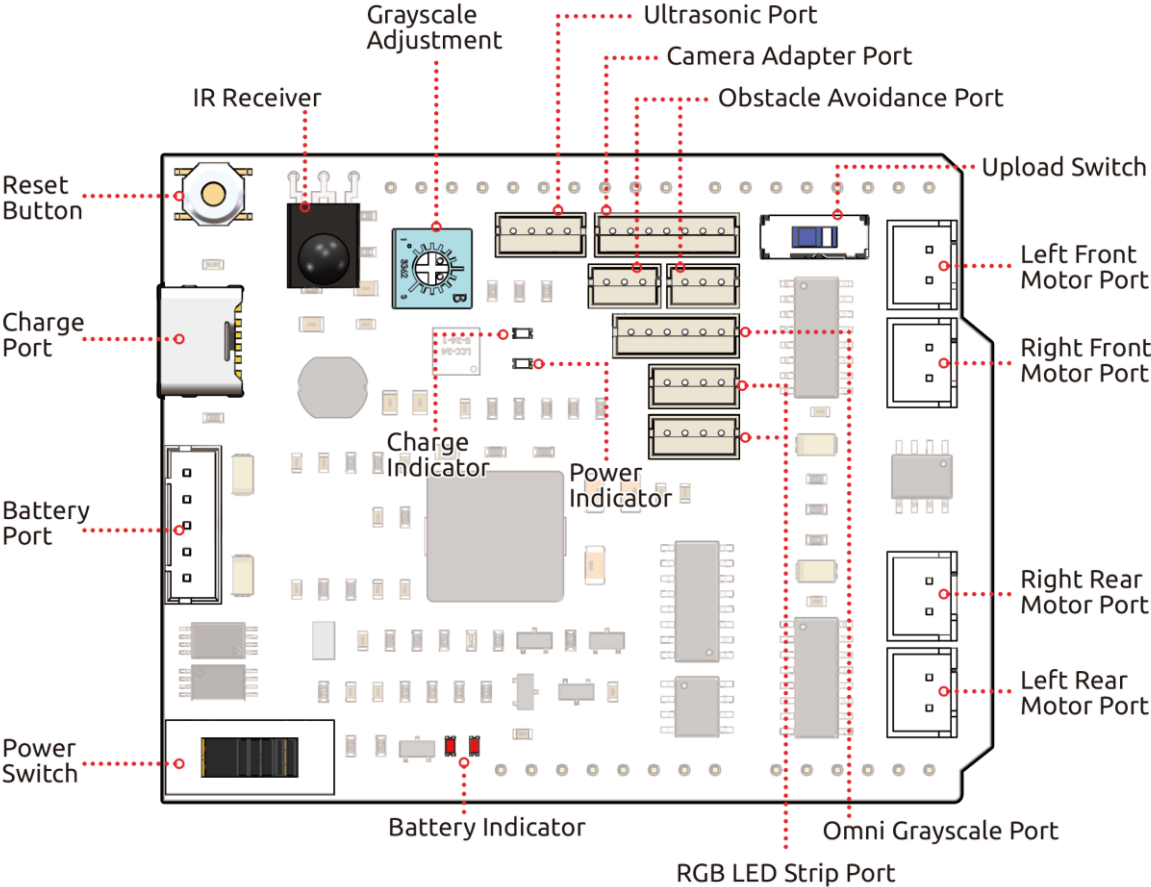
Bilaga 5: [\(tillbaka\)](#)



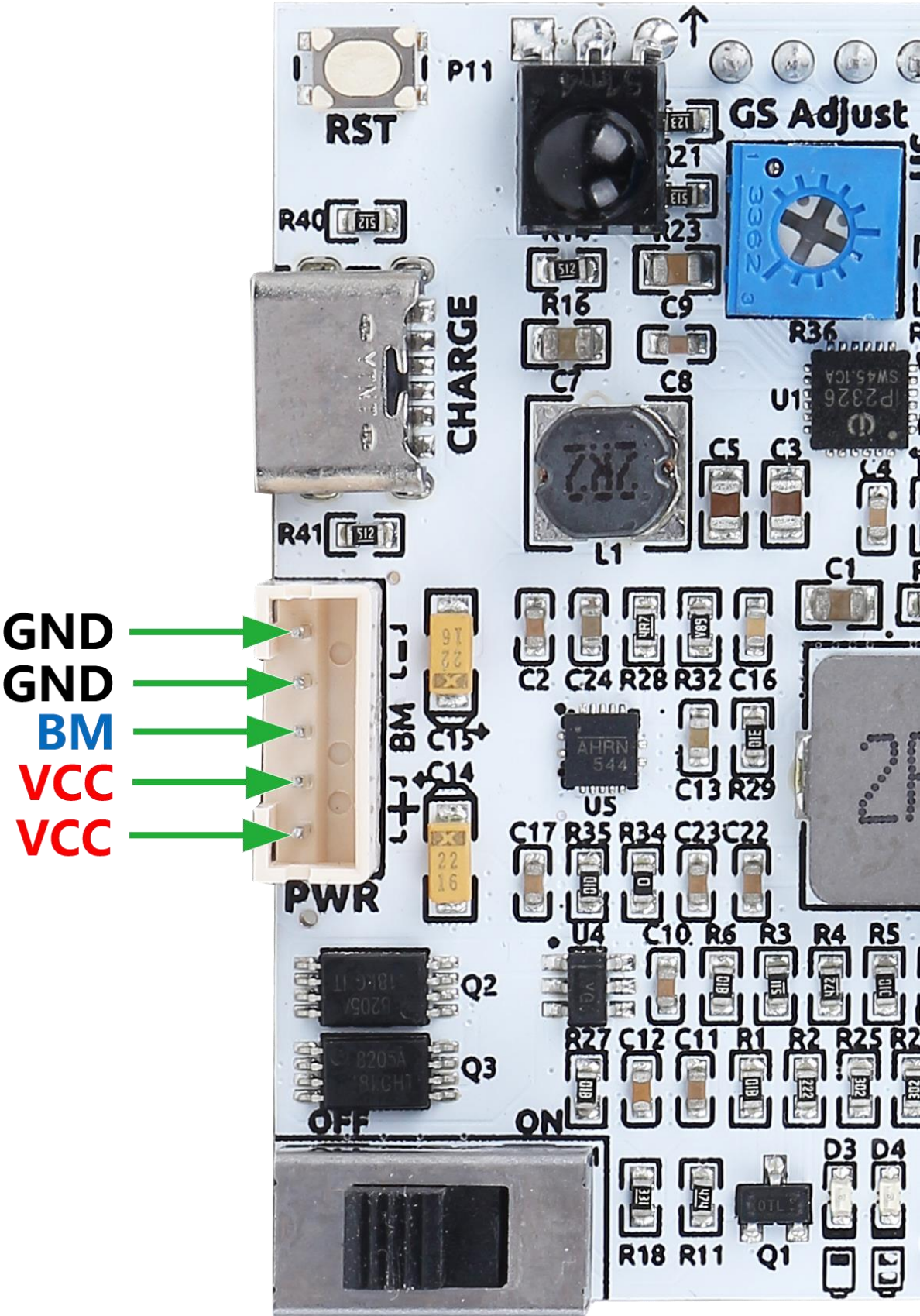
Bilaga 6: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 7: [\(tillbaka\)](#)

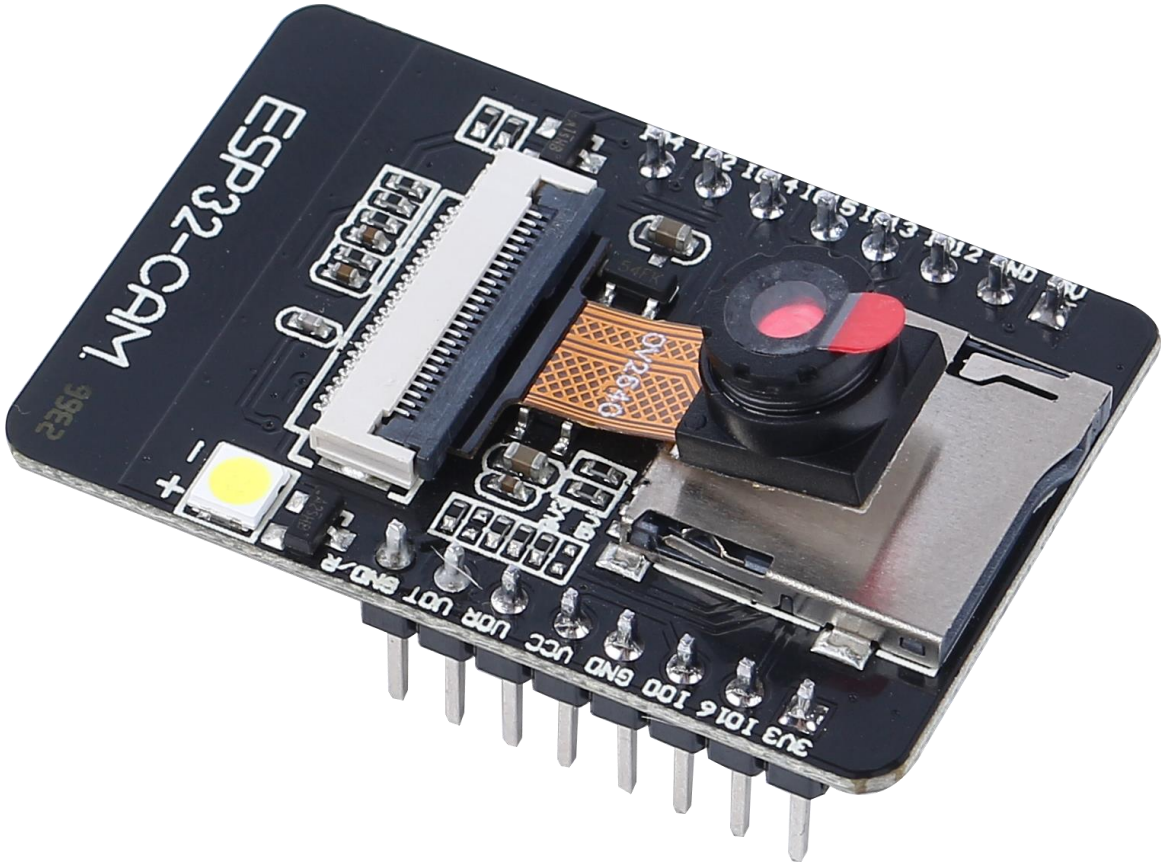




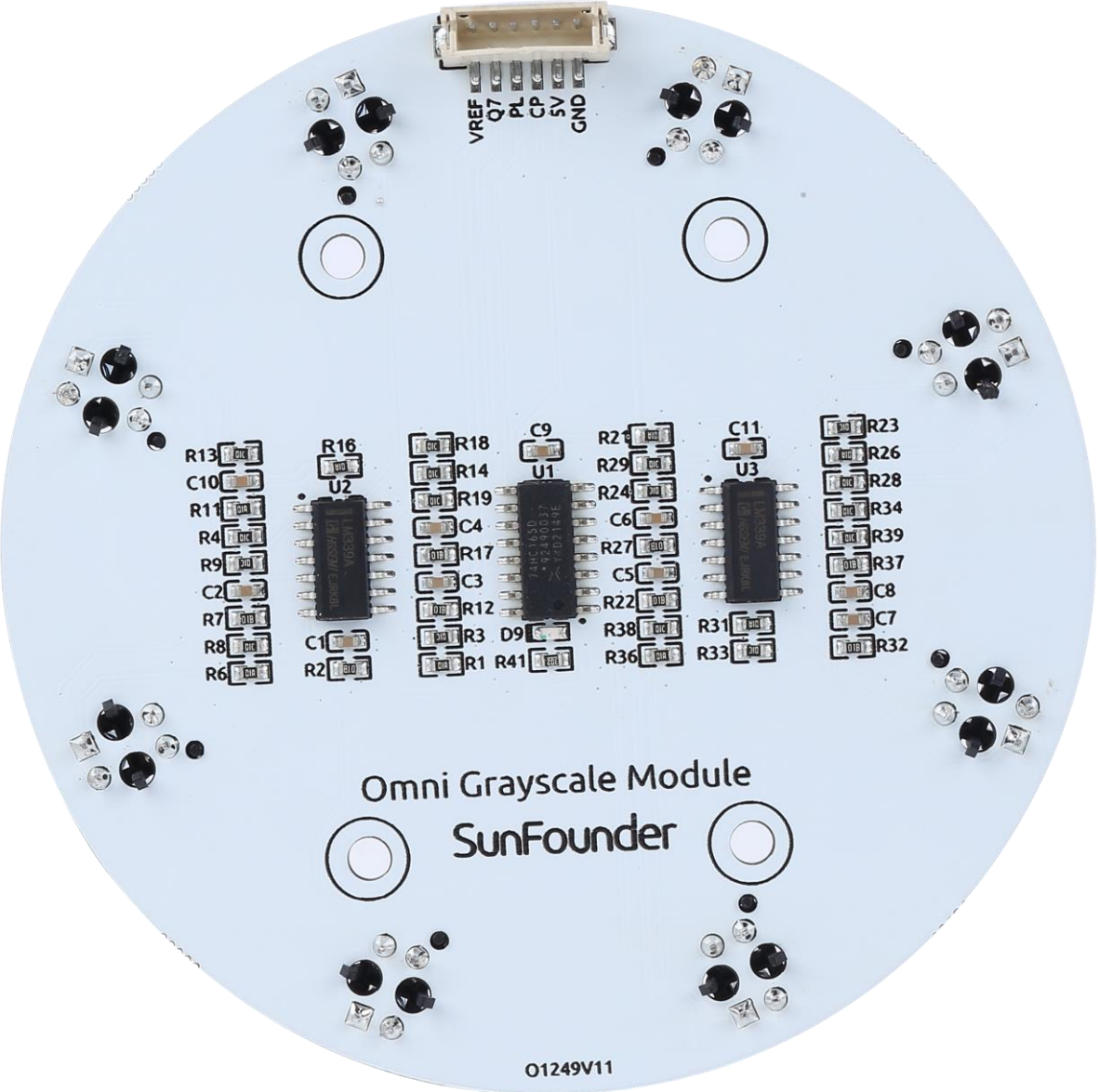




Bilaga 9: [\(tillbaka\)](#)



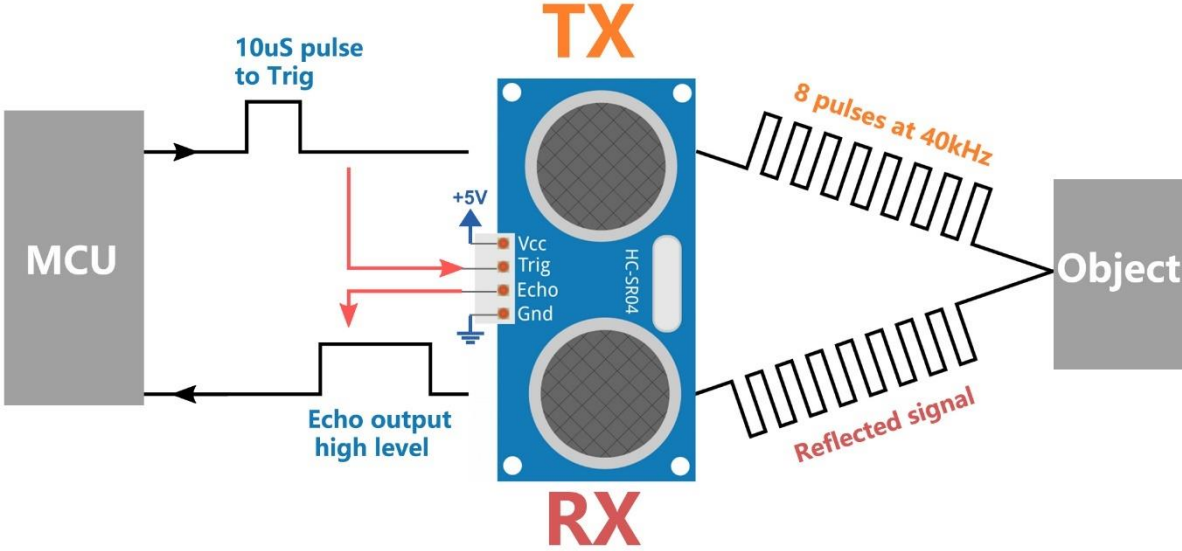
Bilaga 10: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 11: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 12: [\(tillbaka\)](#)

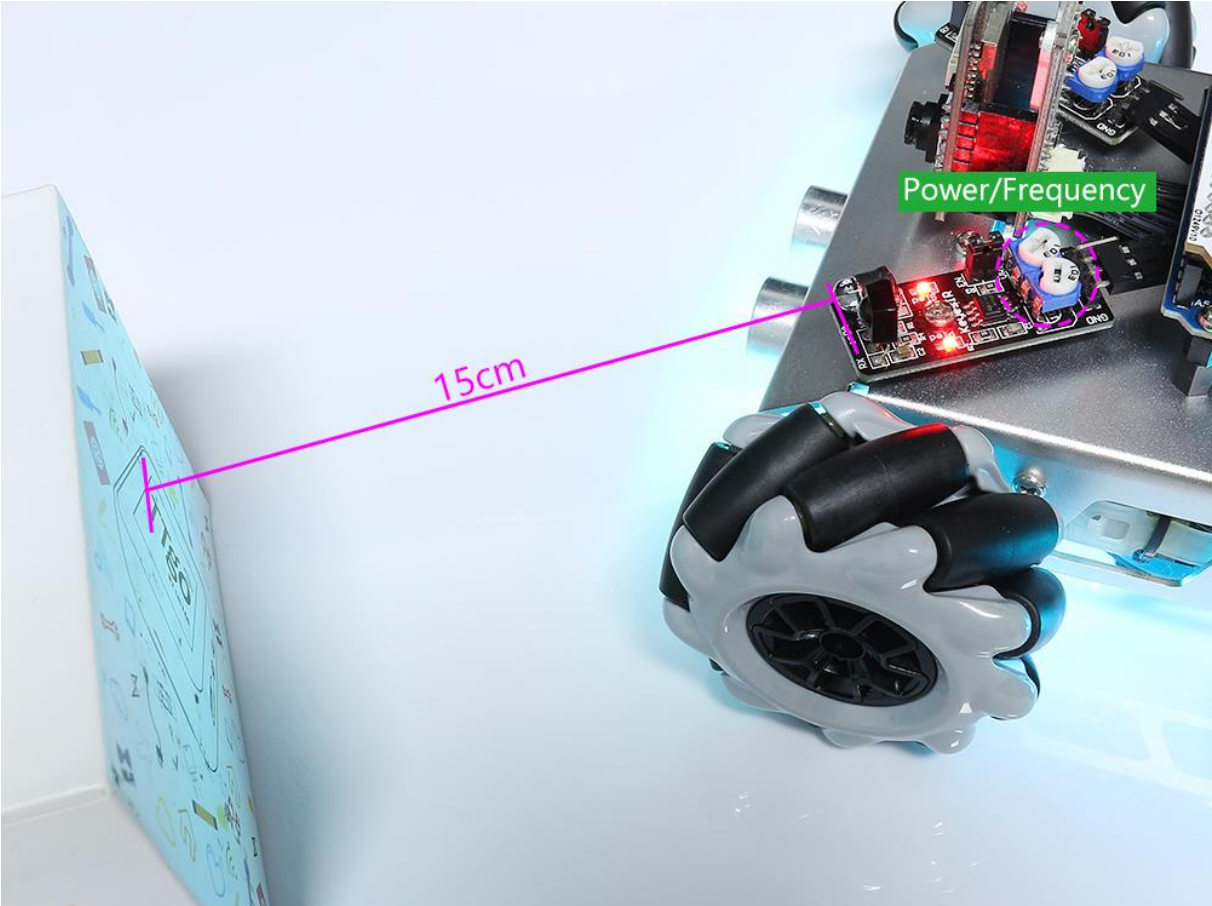




Bilaga 13: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 14: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 15: [\(tillbaka\)](#)



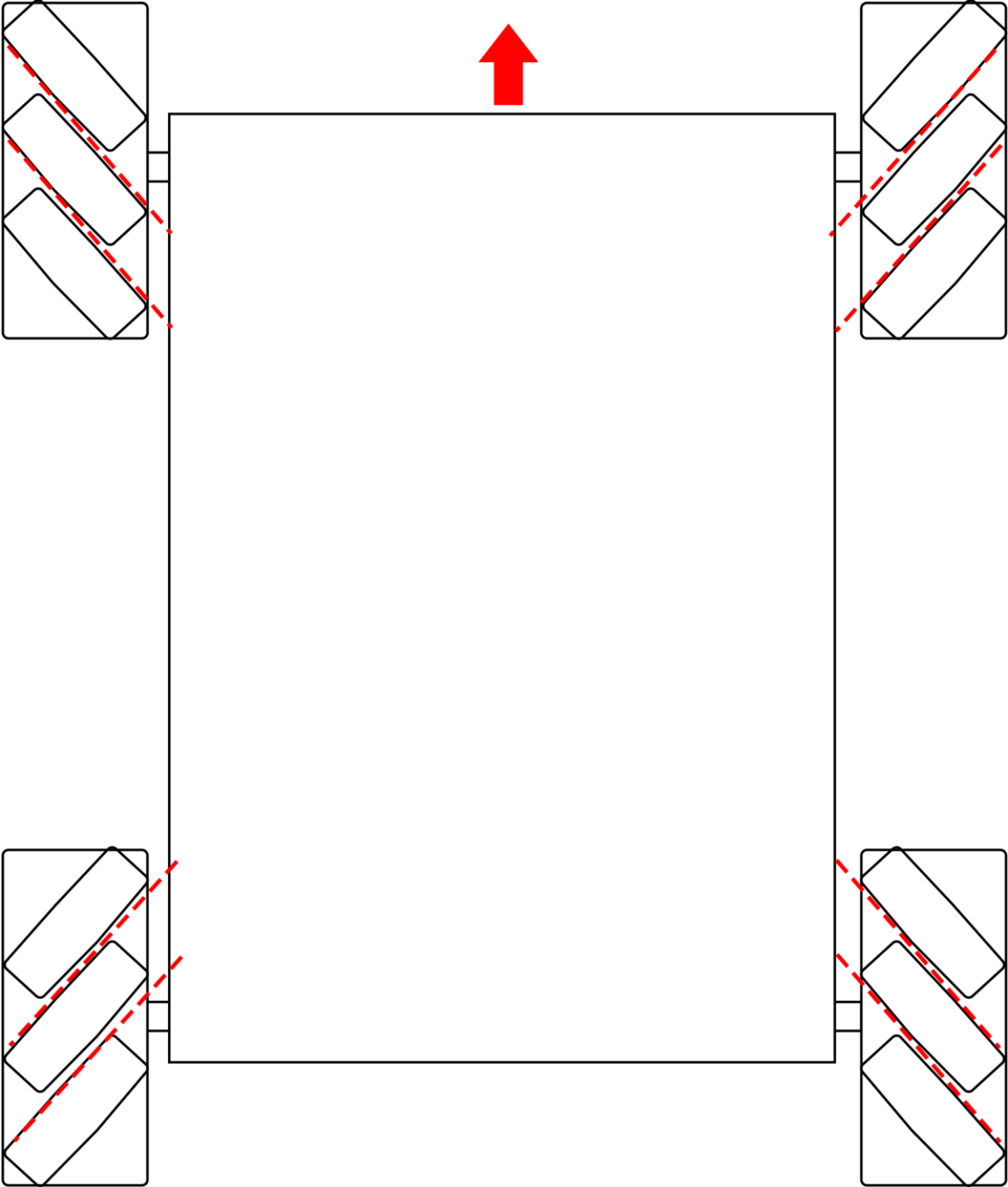
Bilaga 16: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 17: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 18: *(tillbaka)*

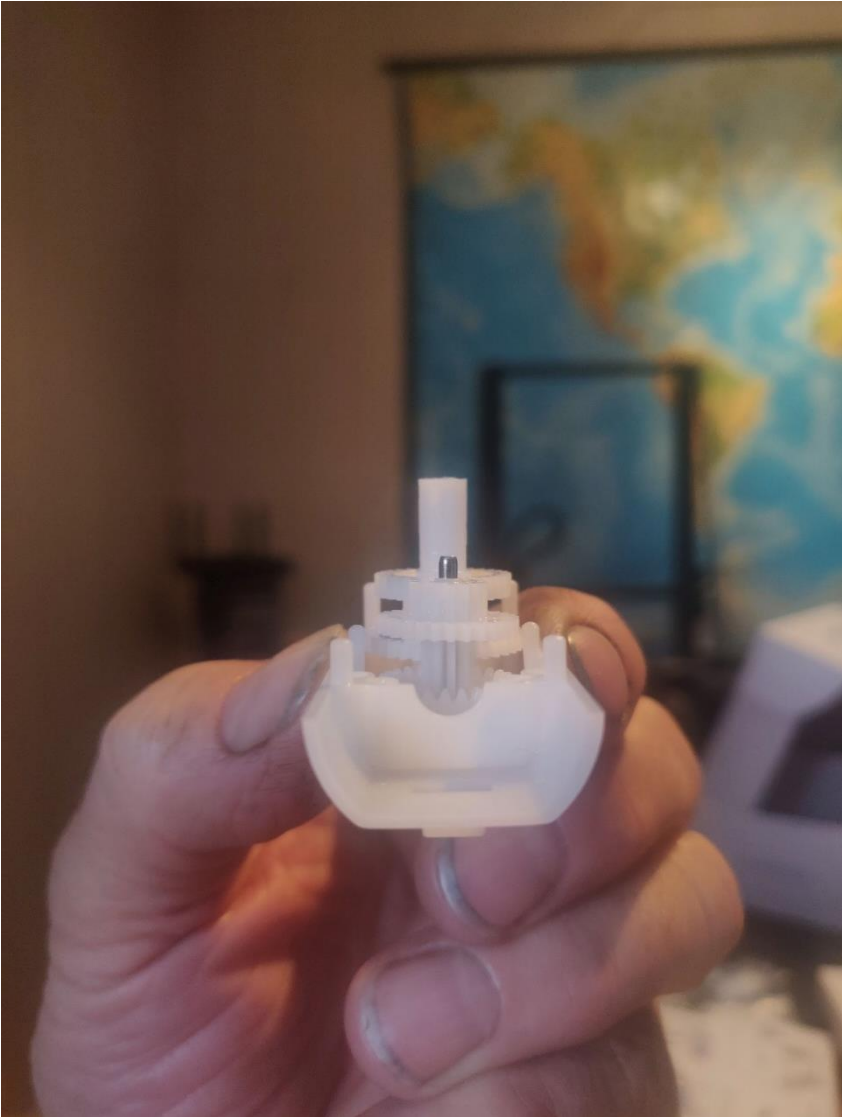


Bilaga 19: [\(tillbaka\)](#)

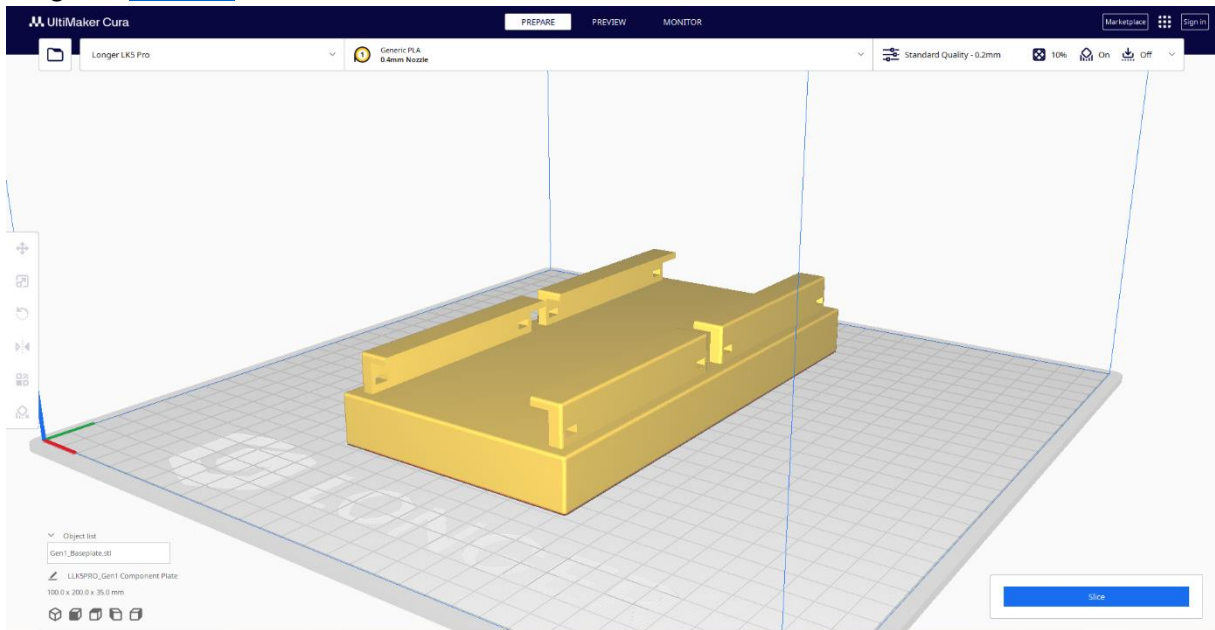




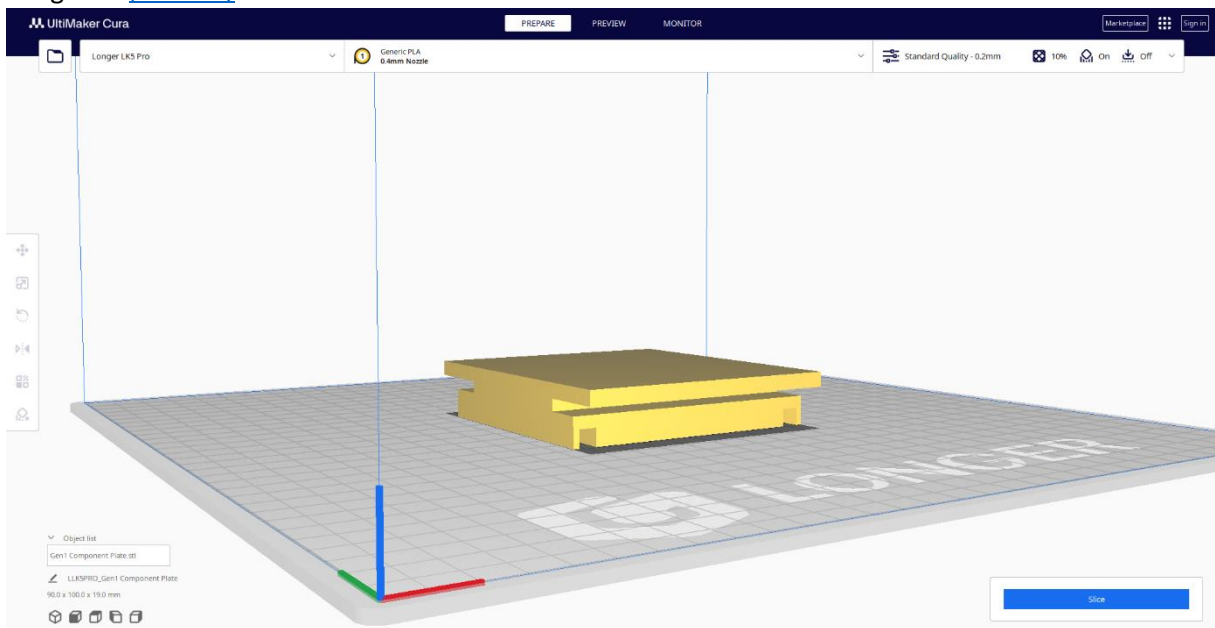
Bilaga 20: [\(tillbaka\)](#)



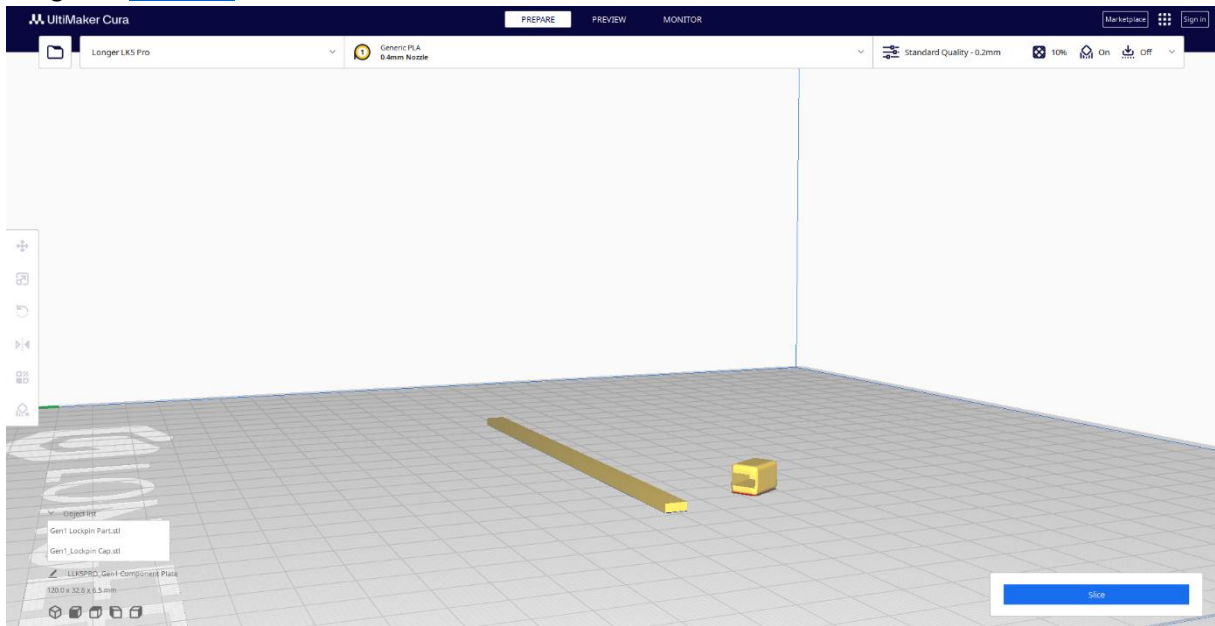
Bilaga 21: [\(tillbaka\)](#)



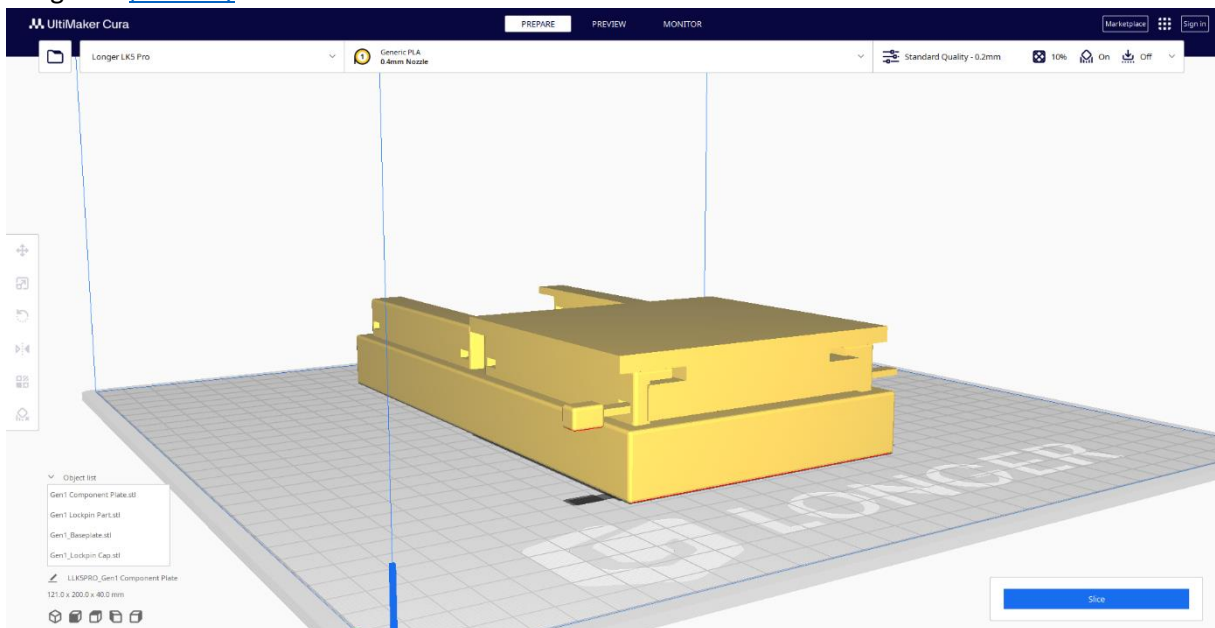
Bilaga 22: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 23: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 24: [\(tillbaka\)](#)

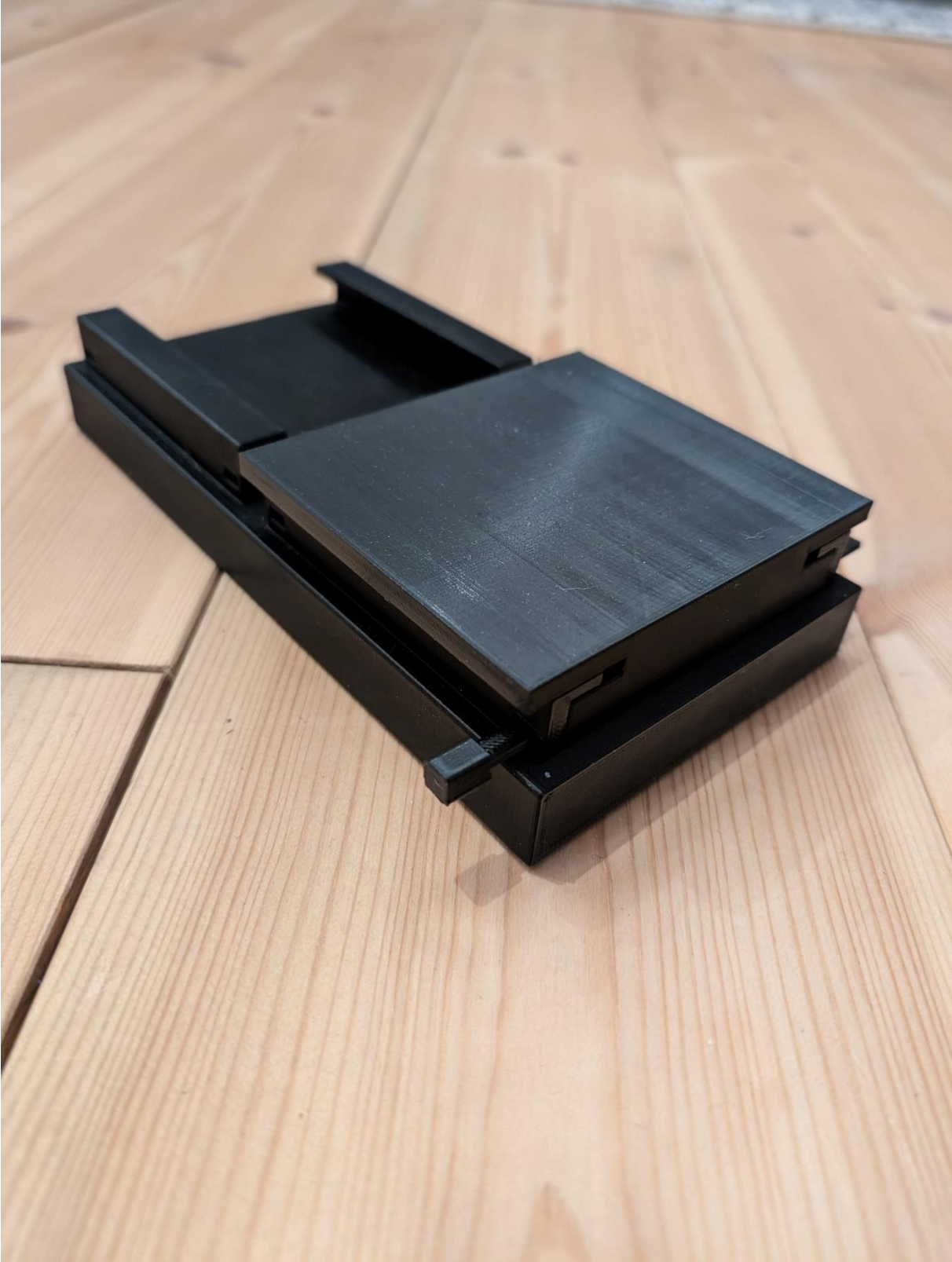


Bilaga 25: [\(tillbaka\)](#)

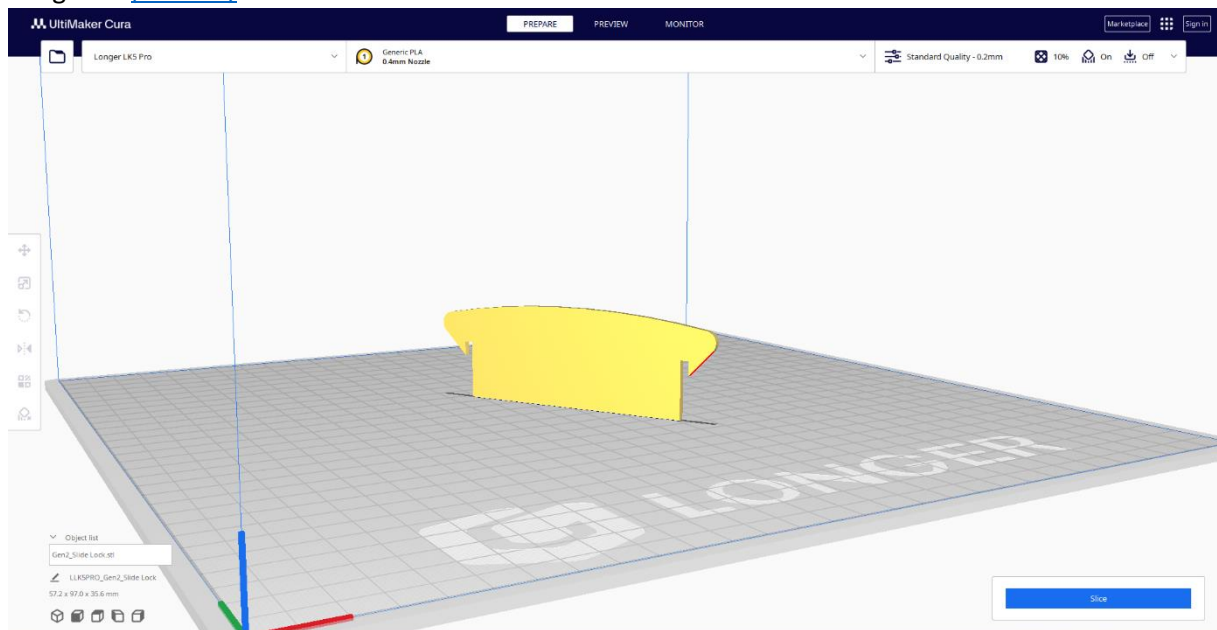




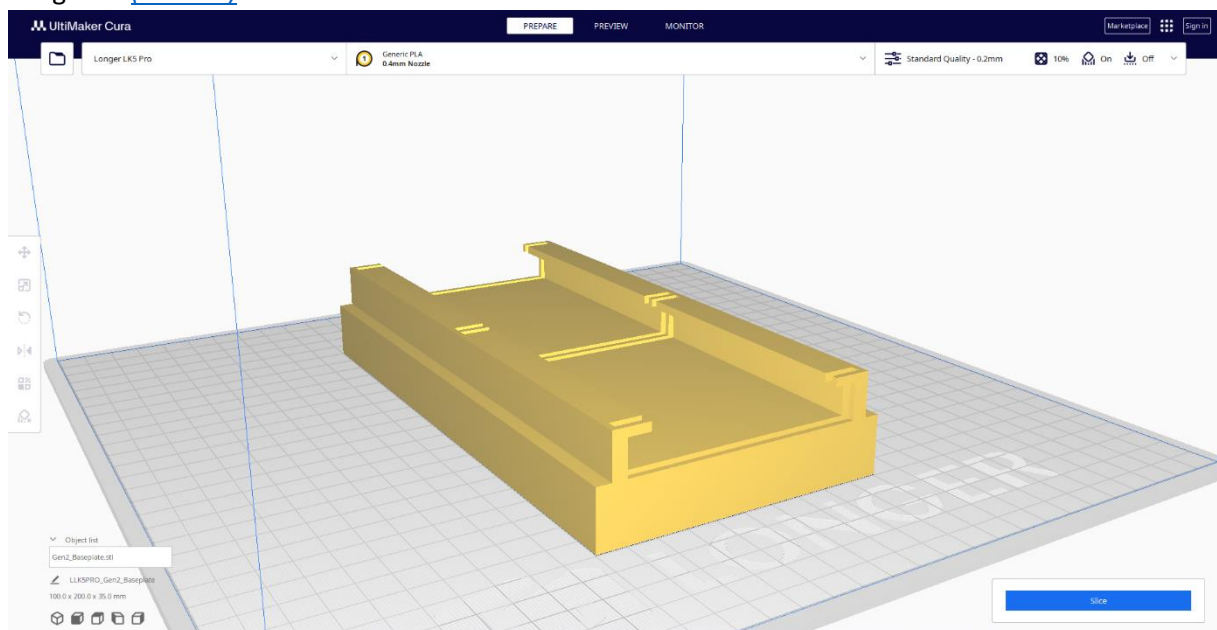
Bilaga 26: [\(tillbaka\)](#)



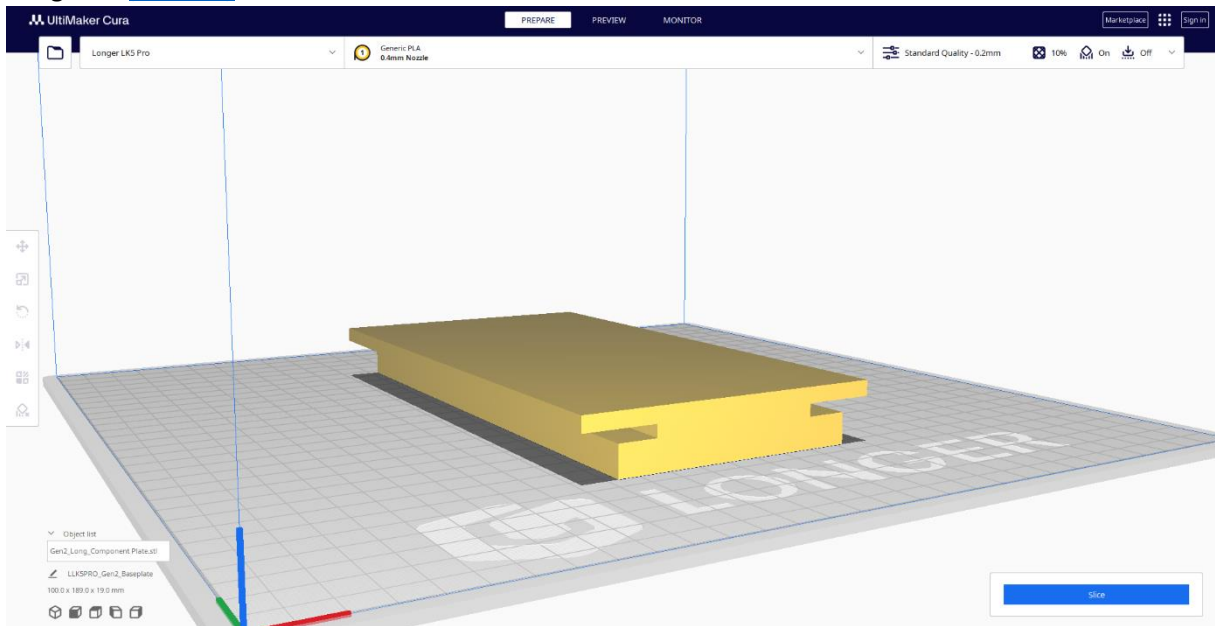
## Bilaga 27: [\(tillbaka\)](#)



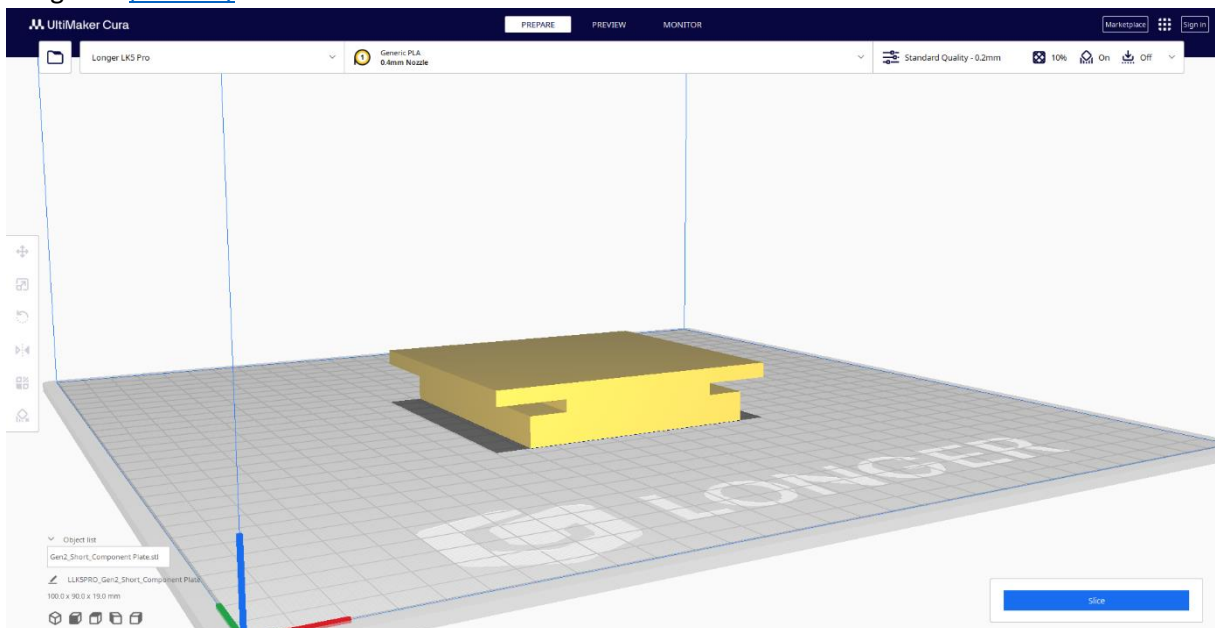
## Bilaga 28: [\(tillbaka\)](#)



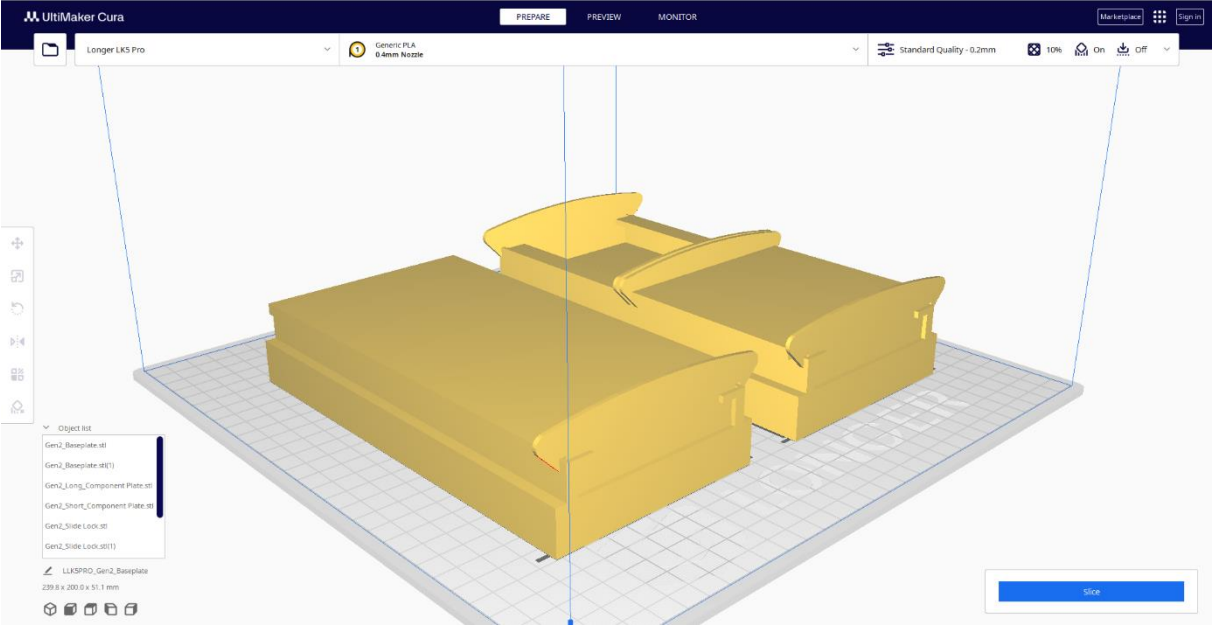
Bilaga 29: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 30: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 31: [\(tillbaka\)](#)





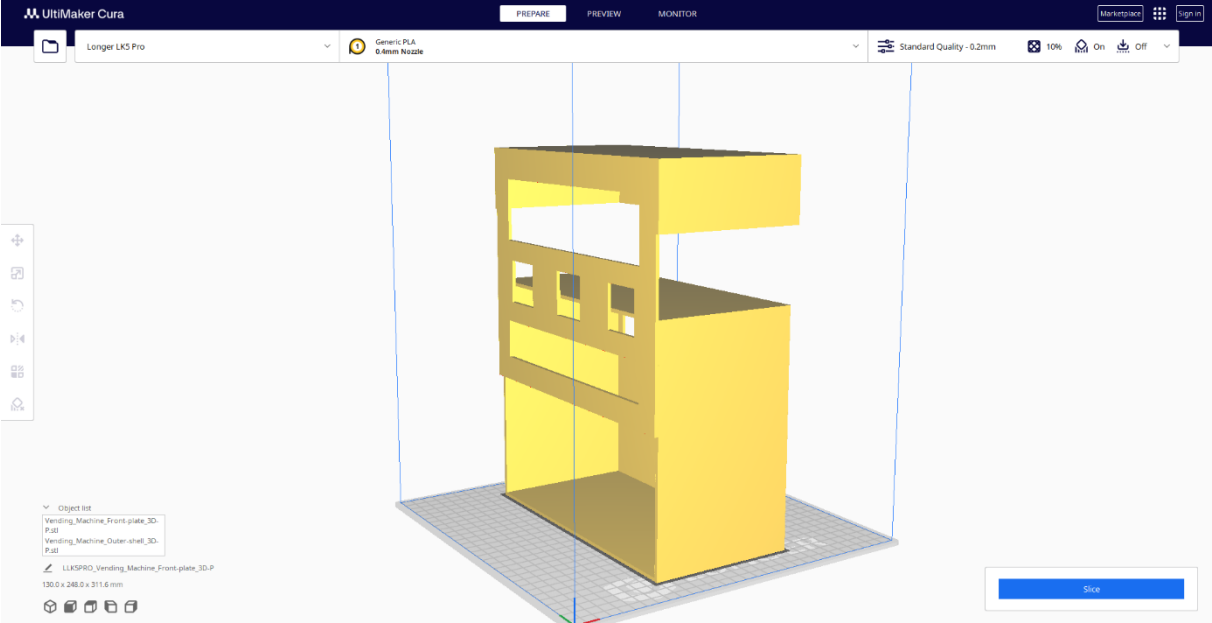
Bilaga 32: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 33: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 34: [\(tillbaka\)](#)



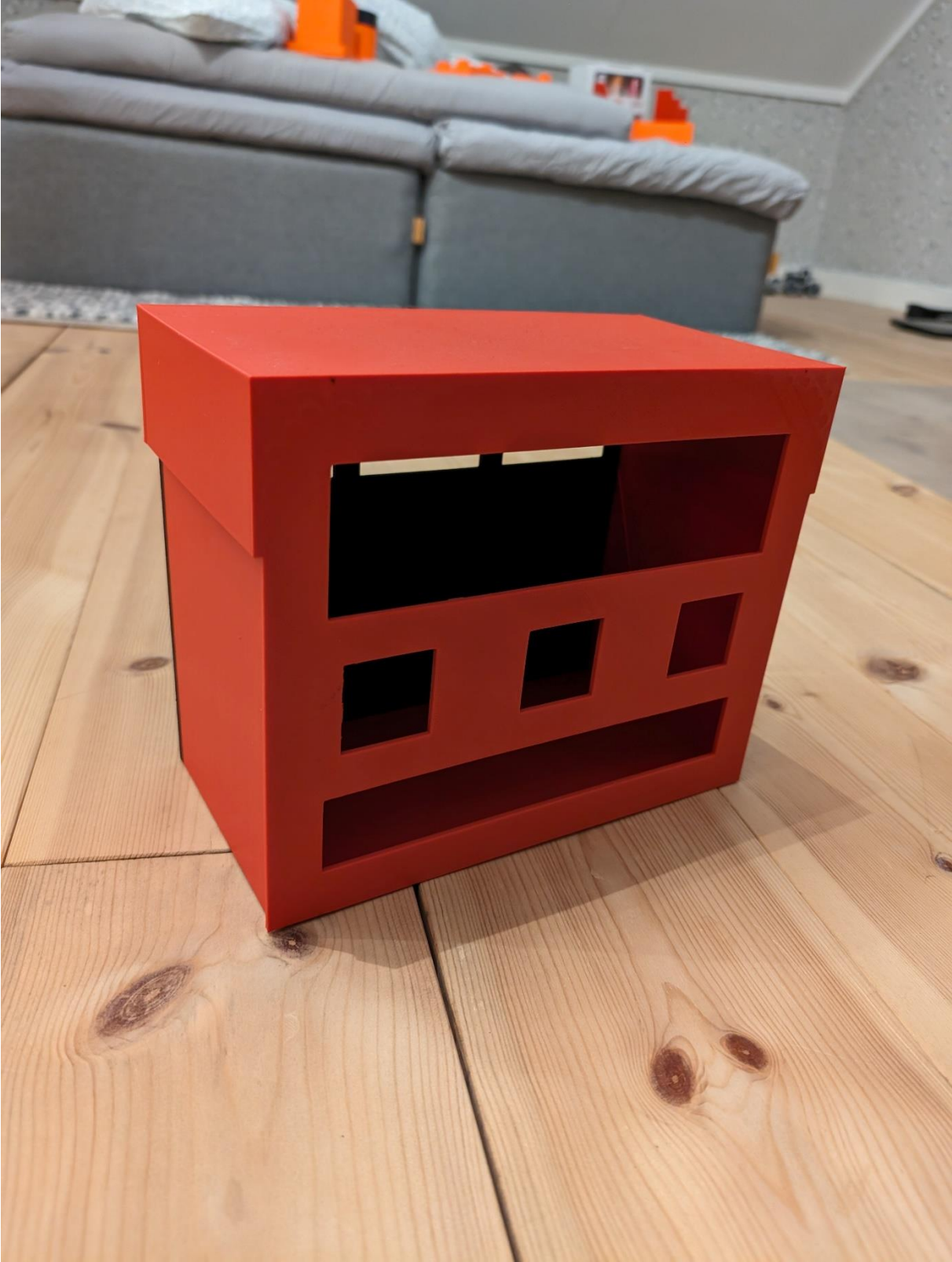


Bilaga 35: [\(tillbaka\)](#)



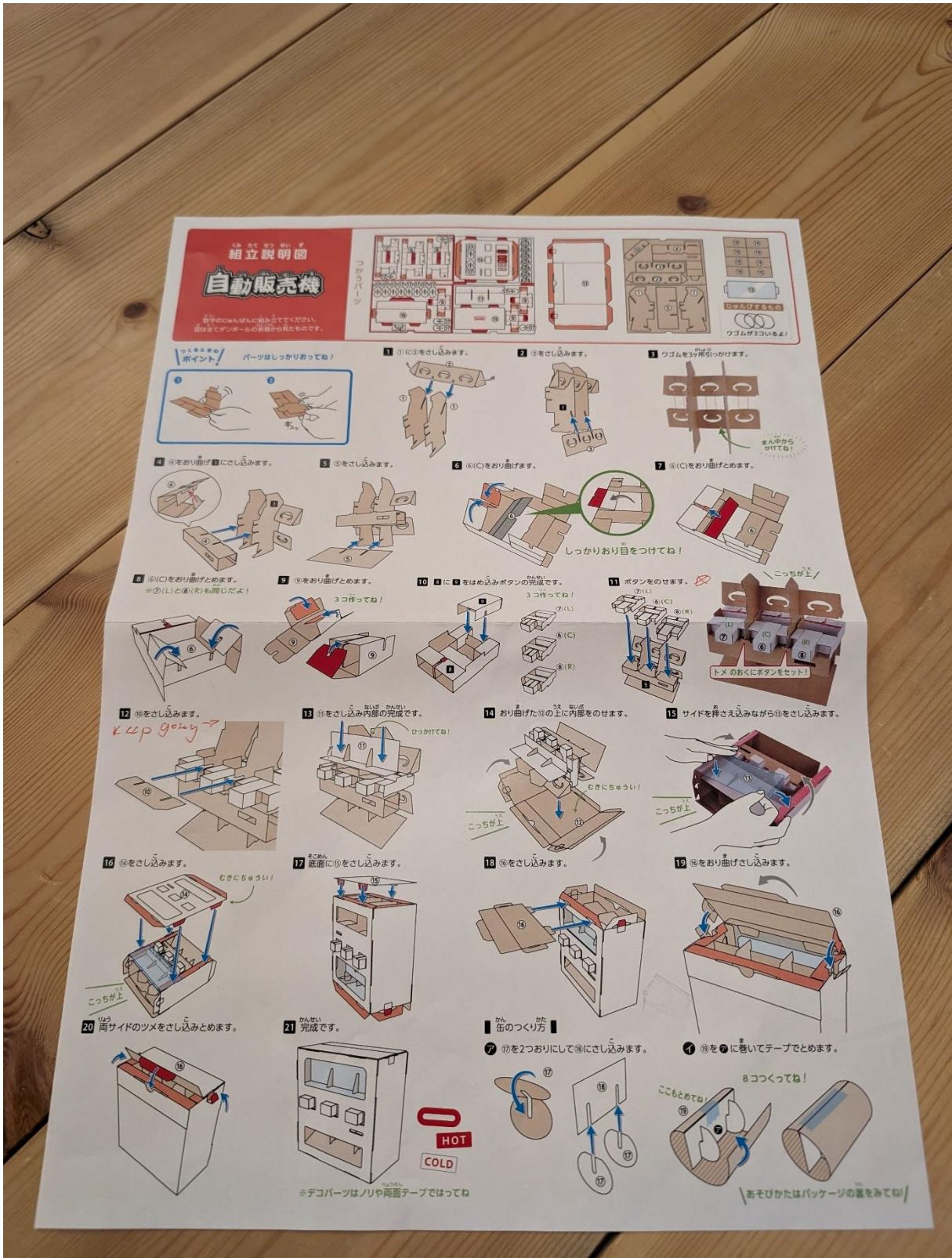


Bilaga 36: [\*\(tillbaka\)\*](#)

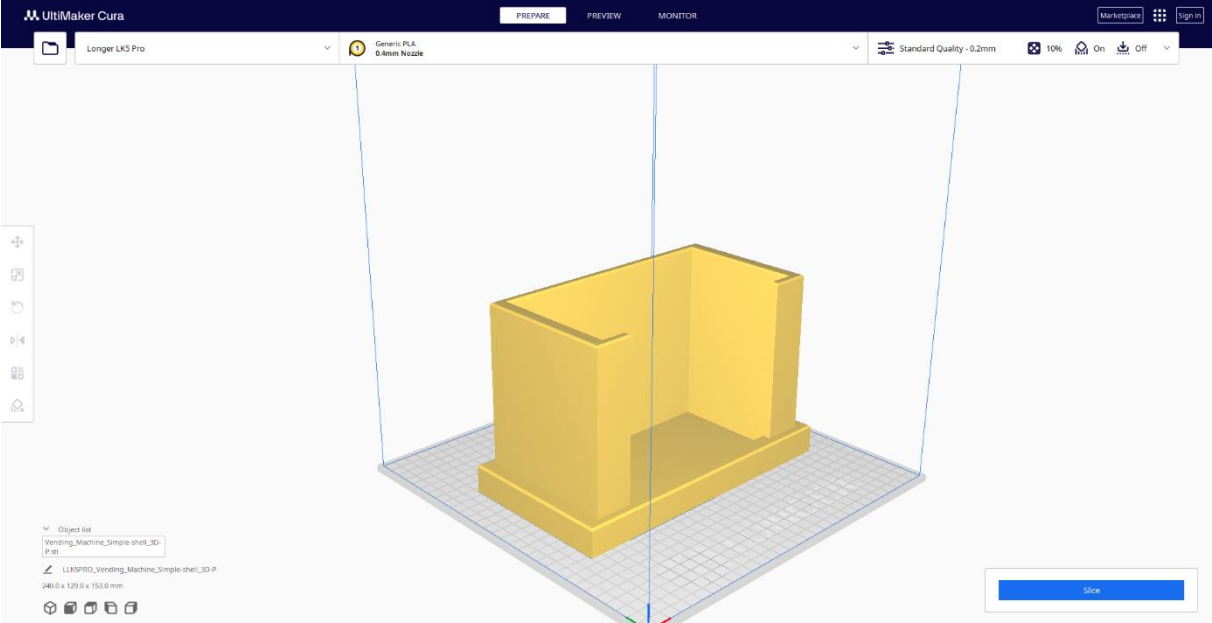






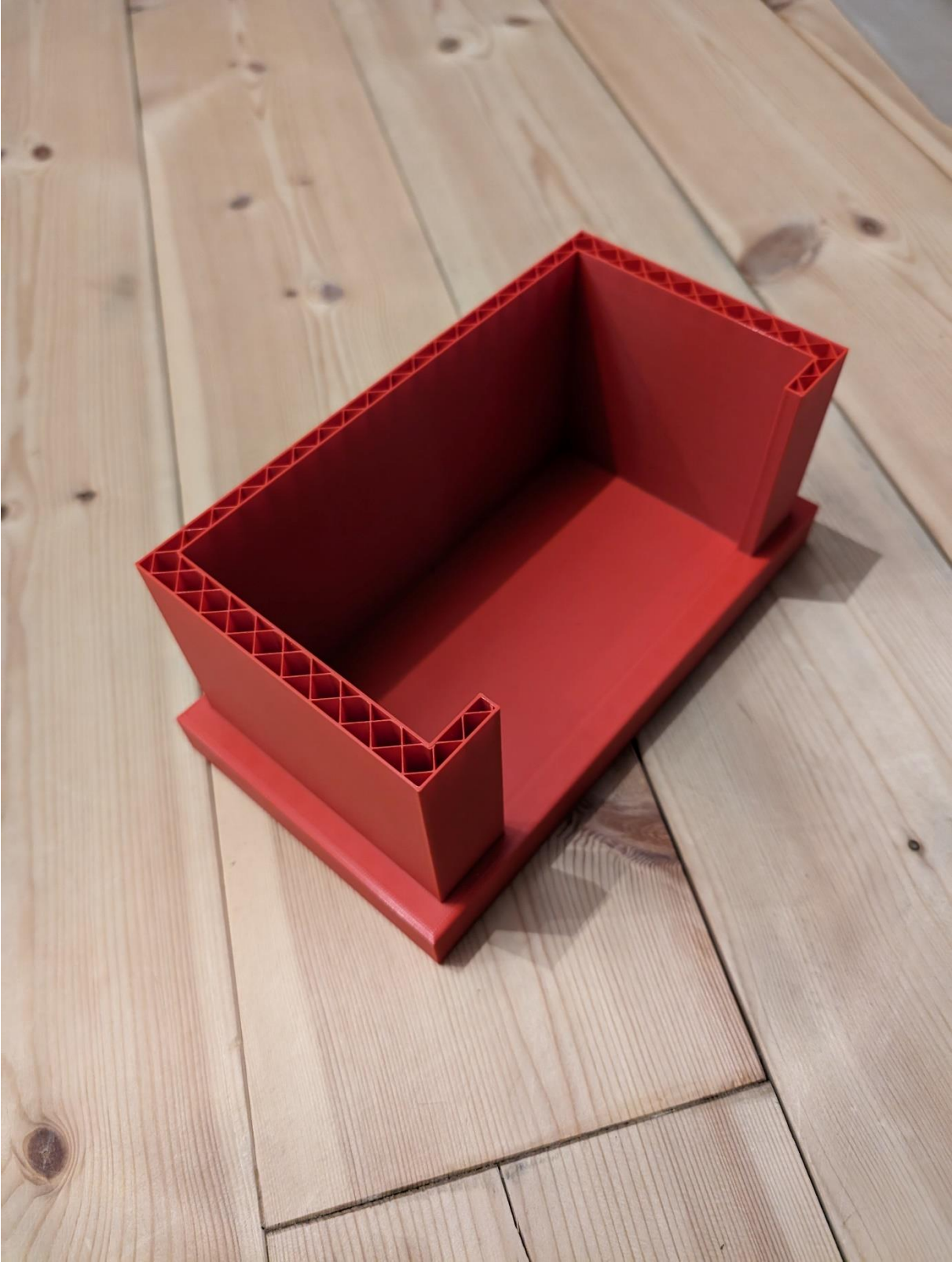


Bilaga 39: [\(tillbaka\)](#)

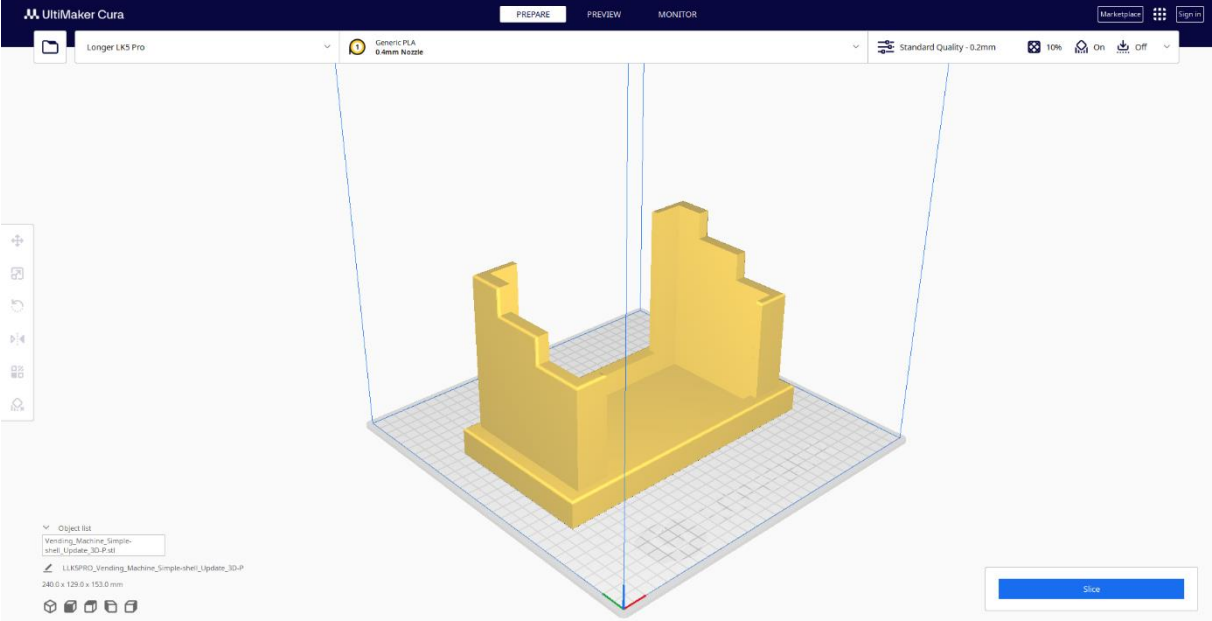




Bilaga 40: [\*\(tillbaka\)\*](#)



Bilaga 41: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 42: [\(tillbaka\)](#)



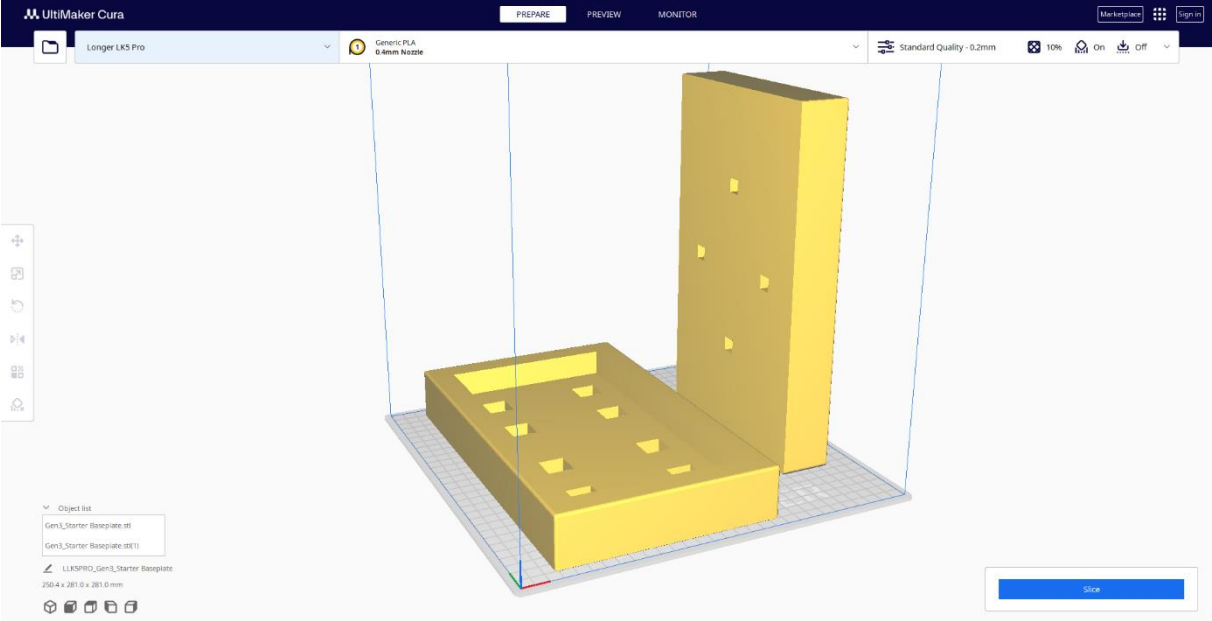


Bilaga 43: [\(tillbaka\)](#)





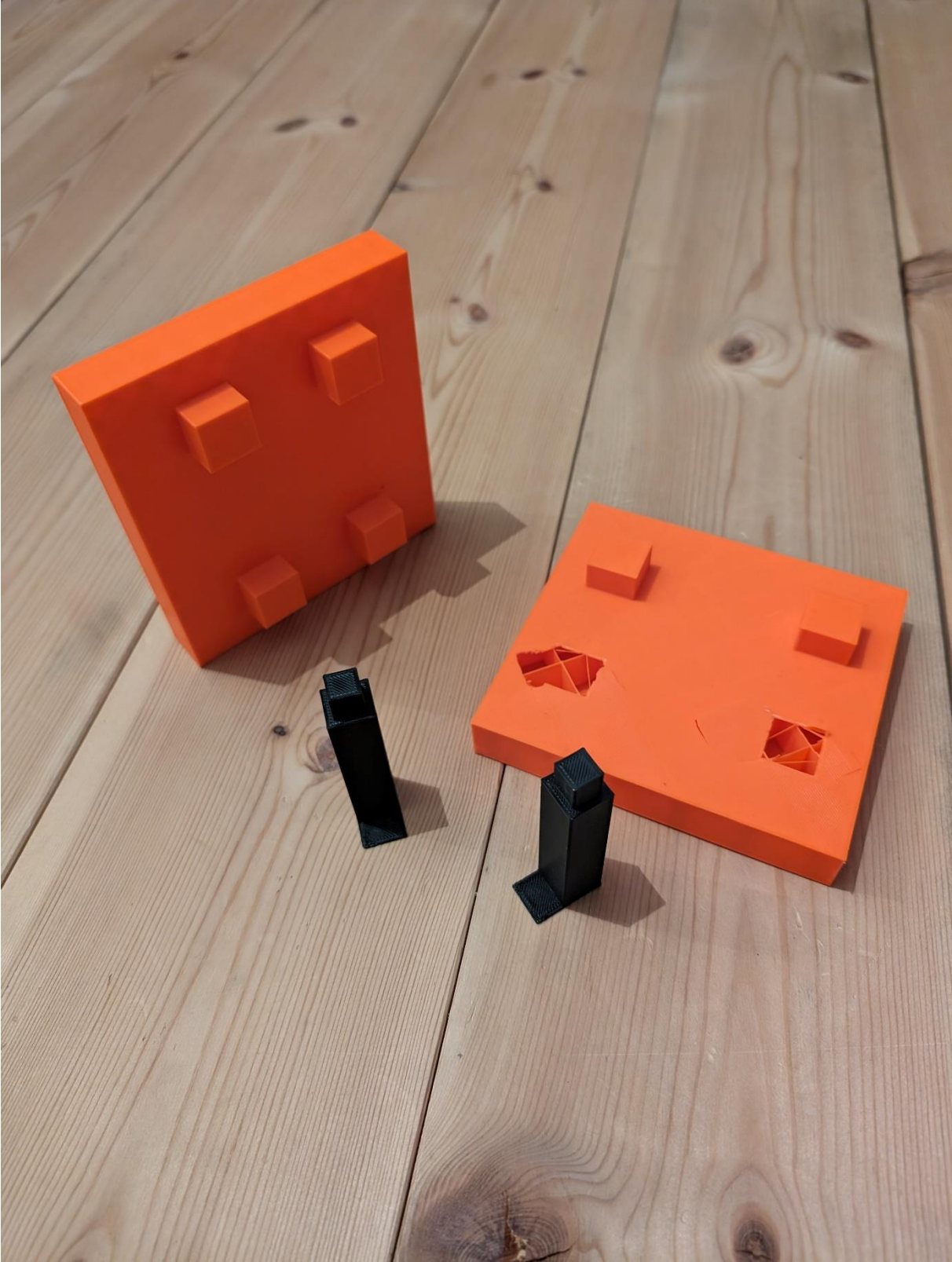
Bilaga 44: [\(tillbaka\)](#)



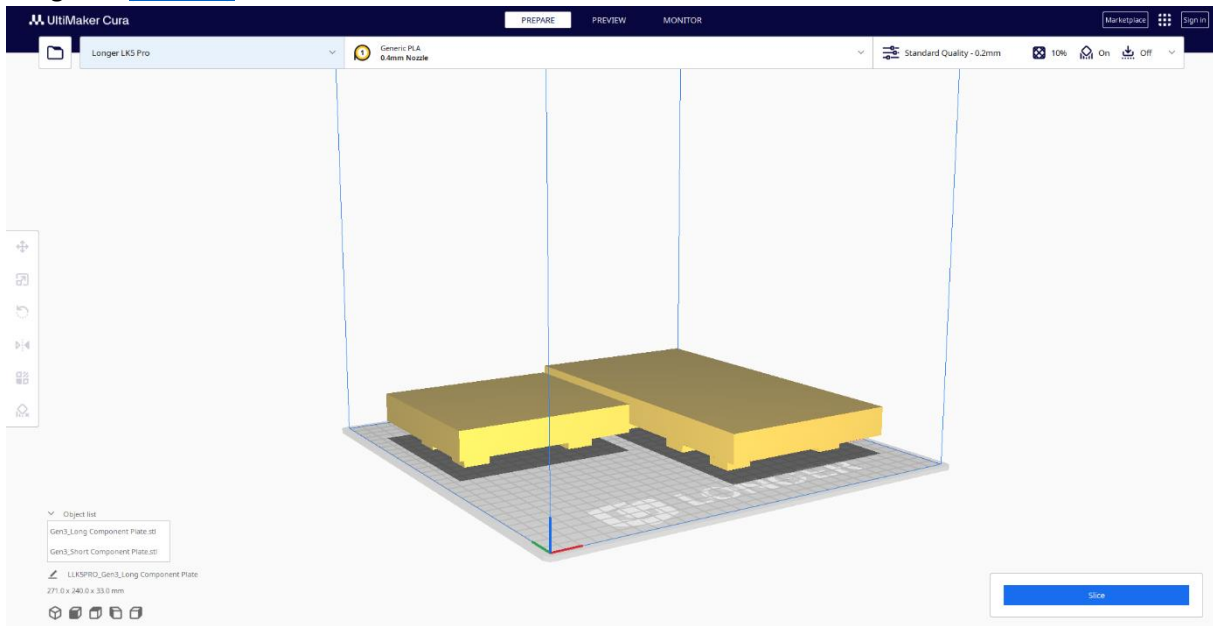
Bilaga 45: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 46: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 47: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 48: [\(tillbaka\)](#)

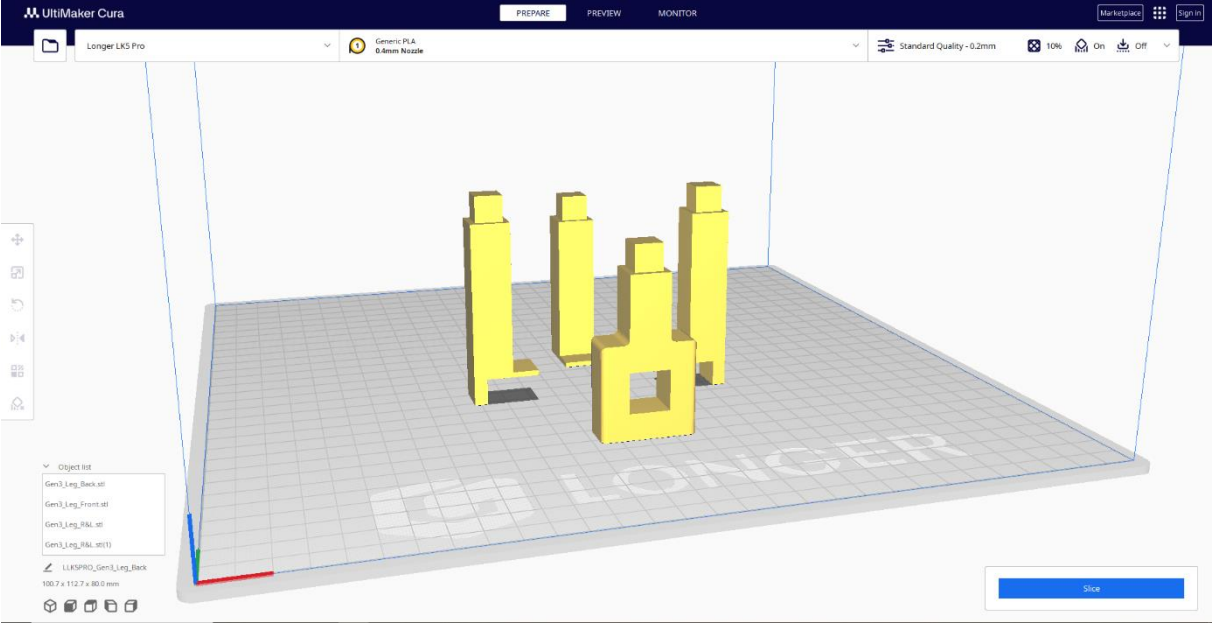




Bilaga 49: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 50: [\(tillbaka\)](#)

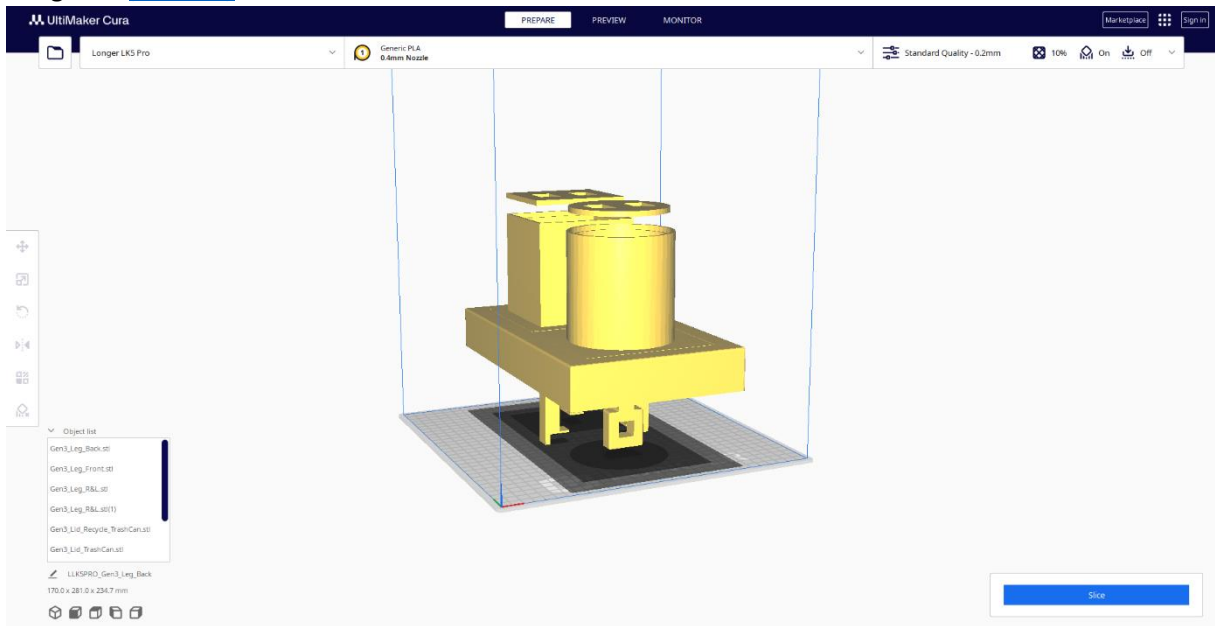


Bilaga 51: [\(tillbaka\)](#)

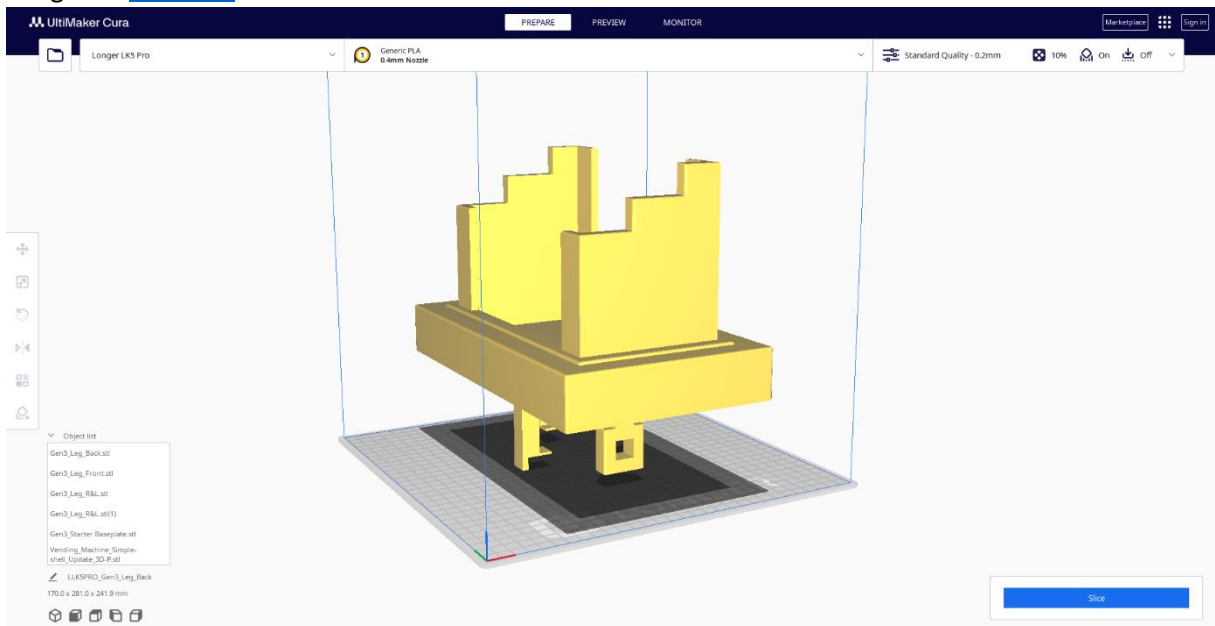




Bilaga 52: [\(tillbaka\)](#)

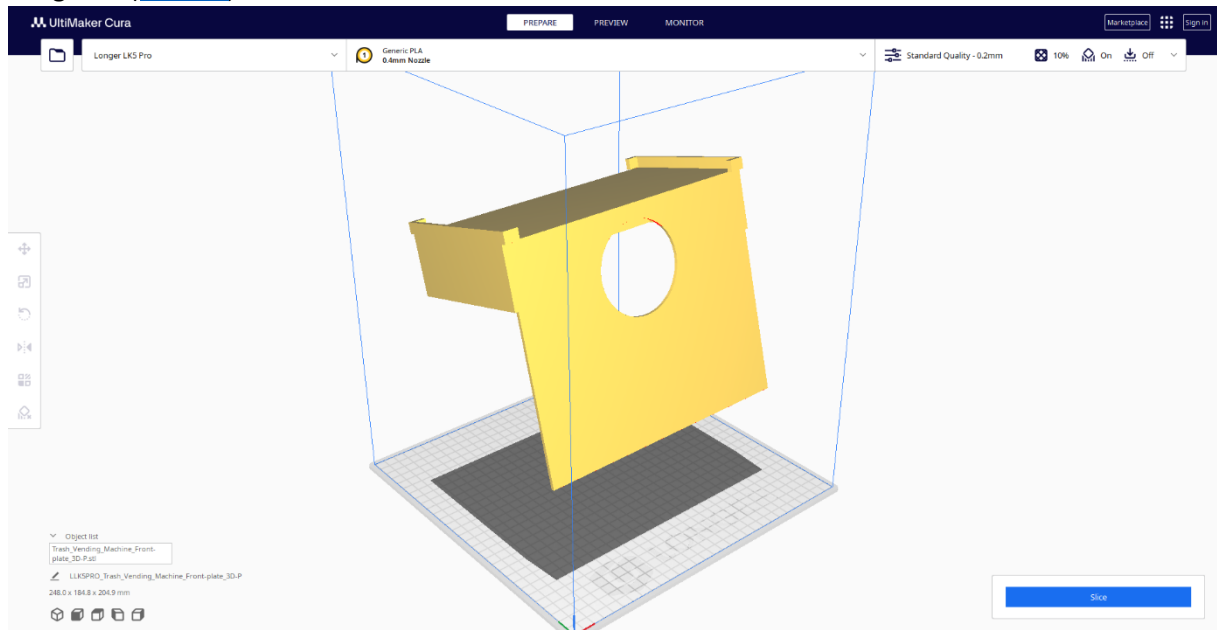


Bilaga 53: [\(tillbaka\)](#)





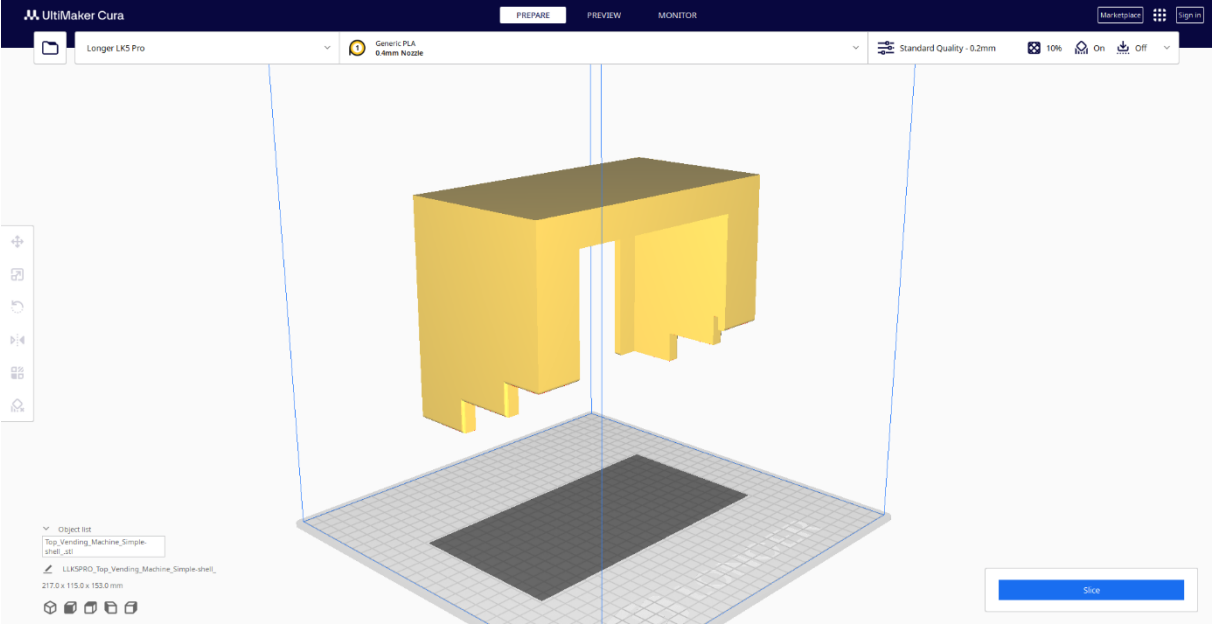
Bilaga 54: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 55: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 56: [\(tillbaka\)](#)



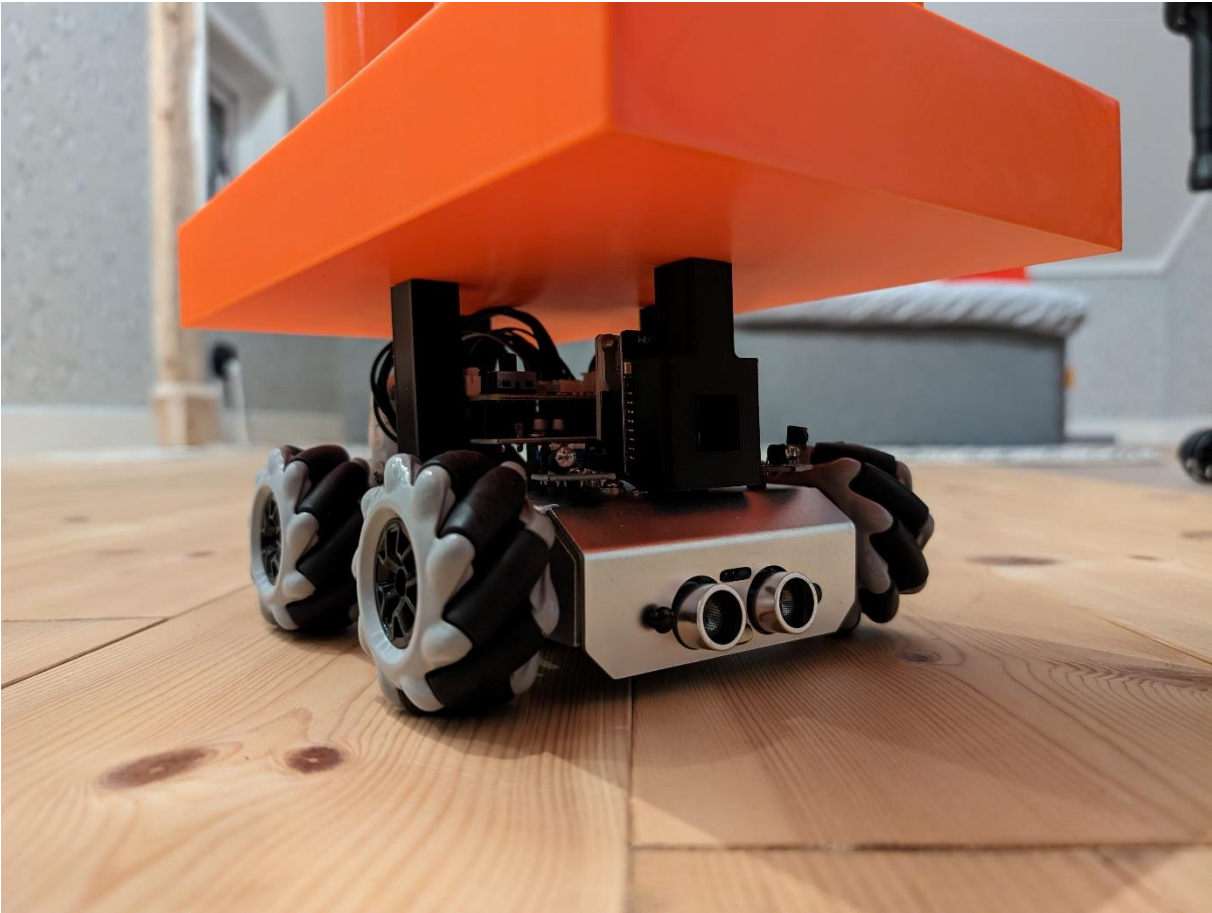
Bilaga 57: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 58: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 59: [\*\(tillbaka\)\*](#)



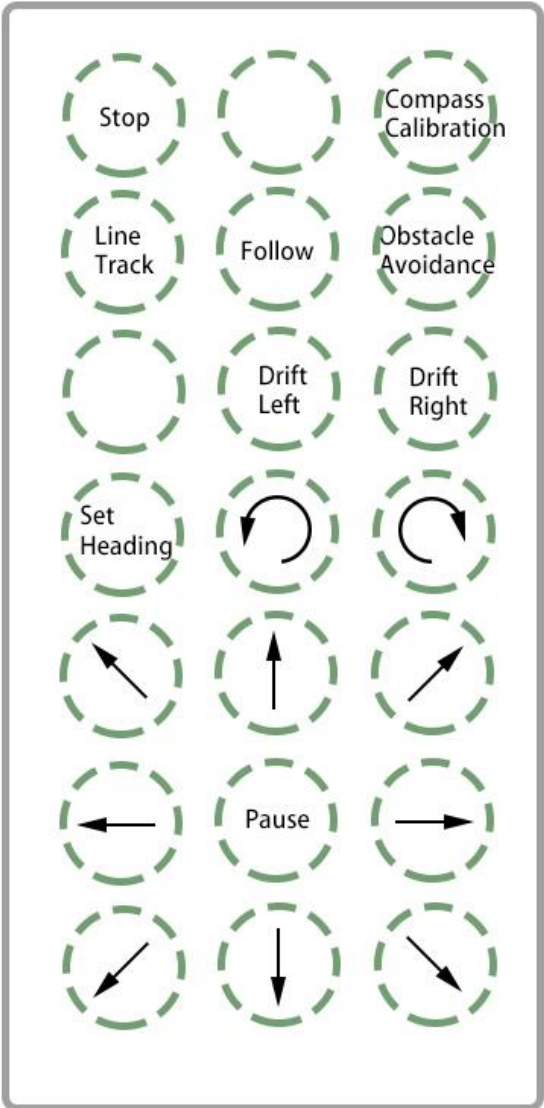


Bilaga 60: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 61: [\(tillbaka\)](#)







Bilaga 63: [\(tillbaka\)](#)



Bilaga 64: [\(tillbaka\)](#)





Bilaga 65: [\(tillbaka\)](#)

