Titel van de PBL-uitdaging:
Robotica in transportsystemen

Naam van de verantwoordelijke docent

Agnieszka Sękala en Krzysztof Foit

Universiteit / Departement / Opleiding

Silesian University of Technology / Department of Engineering Processes Automation and Integrated Manufacturing Systems / Bachelor's Degree in Industrial Automation and Robotics (Bacheloropleiding Industriële Automatisering en Robotica)

Cursus / Vak waarin geïmplementeerd

3e jaar / Robotics in Transport Systems (Robotica in transportsystemen)

Implementatieperiode (datums)

1 maart 2026 – 19 juni 2026

Totale duur (weken/uren)

8 weken / 15 uur

Aantal betrokken studenten

55 studenten

Alle resultaten die binnen ENVIHEI zijn ontwikkeld, zijn beschikbaar onder Creative Commons Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen 4.0 Internationaal.

Medegefinancierd door de Europese Unie. De geuite standpunten en meningen zijn echter uitsluitend die van de auteur(s) en weerspiegelen niet noodzakelijk die van de Europese Unie of van de Spaanse Dienst voor de Internationalisering van het Onderwijs (SEPIE). Noch de Europese Unie noch SEPIE kan hiervoor verantwoordelijk worden gesteld. [2024-1-ES01-KA220-HED-000246733]

1. Projectontwerp

1.1 Korte beschrijving van het project en de voorgestelde uitdaging

Het project werd uitgevoerd als onderdeel van het reguliere projectmatige werk binnen het vak Robotics in Transport Systems (Robotica in transportsystemen). In totaal namen 55 studenten deel aan de activiteit, verdeeld over drie cursusgroepen: twee voltijdse groepen en één deeltijdse groep, die verder werden opgedeeld in 12 projectteams (vijf voor deeltijdstudenten en zeven voor voltijdstudenten). Het hoofddoel van dit project was het vermogen van studenten te ontwikkelen om zelfstandig engineeringproblemen op te lossen, doeltreffend in teams samen te werken, specifieke projectrollen op te nemen en het belang van duurzaamheid in moderne industriële engineering te begrijpen. Hoewel de algemene projectdoelstelling voor alle deelnemers vergelijkbaar was, verschilden de gedetailleerde vereisten tussen voltijd- en deeltijdstudenten door verschillen in het aantal contacturen in hun opleidingsprogramma. Voltijdstudenten kregen minder vooraf bepaalde inputdata en meer vrijheid bij het vormgeven van de scope, de uitgangspunten en de technische oplossingen van het project. In alle gevallen was de algemene doelstelling de robotisering van het transport van werkstukken tussen een inputopslagzone, een CNC-werktuigmachine en een opslagzone voor afgewerkte onderdelen. Studenten moesten handmatige materiaalbehandeling vervangen door een geautomatiseerde robotoplossing en tegelijk de technische haalbaarheid en efficiëntie van het voorgestelde systeem garanderen.

Voor de voltijdse groepen omvatte de projectspecificatie een beschrijving van de werkpost, een overzicht van het bewerkingsproces en een vooraf bepaald werkstuk in de vorm van een machine-as met gespecificeerde afmetingen. Studenten moesten een concept ontwikkelen voor een gerobotiseerde bewerkingscel die de materiaalbehandeling kon uitvoeren die voorheen door een menselijke operator werd gedaan. Naast technische en economische overwegingen moesten de voorgestelde oplossingen ook aandacht besteden aan milieubescherming, duurzaamheidsprincipes en geselecteerde duurzameontwikkelingsdoelen (SDG's). De ontwikkelde concepten omvatten de keuze van geschikte industriële robots, grijpers, werktuigmachines en

transportmiddelen, het ontwerp van de lay-out van werkposten en de definitie van robottrajecten.

De deeltijdstudenten kregen een aangepaste versie van het project met meer nadruk op de beoordeling van energie-efficiëntie. Hun taak was gericht op het evalueren van de energieprestaties van alternatieve robotische transportoplossingen en het identificeren van mogelijkheden om het energieverbruik te verminderen met behoud van de vereiste productieprestaties. De bewerkingstoepassingen die in de projecten aan bod kwamen, omvatten onderdelen zoals machine-assen, remschijven, pennen en plaatvormige onderdelen. Studenten vergeleken alternatieve systeemconfiguraties op het vlak van cyclustijd, productiviteit, energie-efficiëntie en milieu-impact, en toonden zo aan hoe robotautomatisering kan bijdragen aan duurzamere en efficiëntere productiesystemen.

1.2 Verwachte leerresultaten (academische en transversale competenties)

Het project was ontworpen om zowel vakspecifieke kennis als op duurzaamheid gerichte transversale competenties te ontwikkelen. Vanuit academisch oogpunt werd van studenten verwacht dat zij de oplossing evalueerden met een multicriteriabenadering die technische en ecologische prestatie-indicatoren combineert. De technische beoordeling was vooral gericht op productiegerelateerde maatstaven zoals cyclustijd of productiviteit, en veiligheid, terwijl de ecologische evaluatie rekening hield met factoren zoals energieverbruik, de lengte van het robottraject en het aantal niet-productieve bewegingen binnen het geautomatiseerde systeem. Bij de voltijdse opleiding konden het energieverbruik, de trajectlengte en de lege bewegingen met elke methode worden beoordeeld, ook via schattingen. Deze aanpak moedigde studenten aan verder te gaan dan traditionele efficiëntiegerichte analyses en de bredere implicaties van engineeringbeslissingen in overweging te nemen.

De belangrijkste verworven academische competenties waren:

- Keuze van industriële robots voor productietoepassingen.
- Ontwerp en conceptualisering van machineveiligheidssystemen.
- Analyse van de productiestroom en de materiaalbehandeling.

- Integratie van autonome mobiele robots (AMR's) in productieomgevingen.
- Analyse van mogelijkheden voor automatisering en robotisering in industriële processen.

Wat de transversale competenties betreft, werden de volgende verworven:

- Teamwork en gezamenlijk probleemoplossen.
- Zelfstandige besluitvorming.
- Projectmanagement en taakplanning.
- Communicatie- en presentatievaardigheden.
- Toewijzing van rollen en beheer van verantwoordelijkheden.
- Conflicthantering tijdens het ontwerpproces.
- Creativiteit en brainstorming.

Tegelijk ondersteunde het project de ontwikkeling van belangrijke duurzaamheidscompetenties. Systeemdenken werd bevorderd door de analyse van verbanden tussen technologische ontwerpkeuzes en hun gevolgen voor het milieu. Kritisch denken werd gestimuleerd door van studenten te verlangen dat zij alternatieve oplossingen niet alleen op technische prestaties beoordeelden, maar ook op duurzaamheidscriteria. Geïntegreerd probleemoplossen werd bevorderd door studenten uit te dagen engineeringkennis te combineren met milieuoverwegingen om evenwichtige en verantwoorde oplossingen voor te stellen.

1.3 Beoogde duurzaamheidscompetenties

De onderwijsactiviteiten werden ook gekoppeld aan de duurzameontwikkelingsdoelen (SDG) van de Verenigde Naties. Door deze afstemming werden studenten aangemoedigd om ontwerpbeslissingen te situeren binnen een breder, multidimensionaal kader van duurzaamheidsoverwegingen en de rol te erkennen van automatisering en robotisering bij het ondersteunen van productiesystemen die efficiënter met hulpbronnen omgaan.

Door aan het project te werken, maken de studenten kennis met de volgende aspecten:

- Levenscyclusdenken en duurzaam engineeringontwerp.

- Efficiënt gebruik van hulpbronnen.
- Beoordeling van de milieu-impact.
- Duurzame besluitvorming.
- Energie-efficiënte productie.
- Verantwoord gebruik van automatisering en robotica.

Over het geheel genomen combineerde het project technische grondigheid met duurzaamheidsbewustzijn, zodat studenten de competenties konden ontwikkelen die nodig zijn voor het ontwerpen en evalueren van moderne productiesystemen en tegelijk bewust werden van de ecologische en maatschappelijke verantwoordelijkheden die met engineering gepaard gaan.

1.4 Duurzaamheidsbenadering en de manier waarop deze in het project is geïntegreerd

Duurzaamheid werd in het project geïntegreerd in de fase van de probleemformulering en in de beoordelingscriteria. Studenten moesten hun voorstellen analyseren in relatie tot SDG 9 en SDG 12 (deeltijdstudenten) of volgens criteria die zij zelf hadden vastgelegd (voltijdstudenten). In relatie tot SDG 9 onderzochten zij hoe automatisering de productie-infrastructuur moderniseert en de stabiliteit en herhaalbaarheid van processen verbetert.

Deeltijdstudenten beoordeelden het energieverbruik per productiecyclus, het aantal lege robotbewegingen, de trajectlengte en de bezettingsgraad van de machines. Een centrale ontwerpdoelstelling was aan te tonen dat het maximaliseren van de productiviteit niet altijd samengaat met het minimaliseren van de milieu-impact, en dat een multicriteria-afwegingsanalyse een kerncompetentie van engineering is. Trajectoptimalisatie - het verminderen van het energieverbruik en het piekvermogen met behoud van de output - was een expliciet onderdeel van de projectopdracht.

Voltijdstudenten mochten vrij geschikte milieucriteria kiezen, op voorwaarde dat zij ervoor zorgden dat ten minste twee daarvan, die zij als de belangrijkste beschouwden, in aanmerking werden genomen en - samen met de andere criteria - werden toegepast

op elk van de drie afzonderlijke concepten. Studenten moesten niet alleen de technische en ecologische haalbaarheid van hun oplossingen beoordelen, maar ook de sociale implicaties ervan. Het concept van verantwoorde automatisering kwam ook aan bod door na te denken over de toekomstige rol van werknemers die worden getroffen door de invoering van robottechnologieën.

1.5 Gebruikte methodologieën en tools (PBL-structuur, facilitatietechnieken, enz.)

Het project werd uitgevoerd volgens een structuur van probleemgestuurd onderwijs (PBL), waarbij de studententeams een open engineeringuitdaging kregen in plaats van een verwachte oplossing. De docent leverde basisdata aan (bijv. voor de voltijdse groepen waren dat de geometrie en massa van het werkstuk, de procesvereisten en de referentiecyclustijd voor het handmatige proces) en legde de vereiste opleveringen en beoordelingscriteria vast, maar schreef de oplossingsaanpak niet voor. De teams waren verantwoordelijk voor alle ontwerpbeslissingen, waaronder de keuze van de uitrusting, de configuratie van de lay-out en de vergelijking van varianten. Het project omvatte iteratieve ontwerpcycli, ondersteund door feedback van de docent en reviews bij mijlpalen. Studenten pasten brainstormtechnieken, stakeholderanalyse, multicriteria-beoordelingsmethoden, op agile geïnspireerde principes van projectmanagement en iteratieve benaderingen van engineeringontwerp toe om hun concepten te ontwikkelen en te verfijnen.

Beide groepen studenten (voltijd en deeltijd) gebruikten verschillende computersoftware, zoals ABB RobotStudio, FlexSim, Siemens NX, Autodesk Inventor en andere.

Het cursusontwerp plaatste de docent tegelijk in de rol van facilitator en mentor, waarbij uitdrukkelijk werd benadrukt dat de projectteams verantwoordelijk zijn voor zelfstandige besluitvorming en voor het zelf organiseren en verdelen van de interne rollen van de deelnemende studenten.

1.6 Organisatie van het project (groepsvorming, tijdlijn, mijlpalen)

Het project was georganiseerd als een teamactiviteit binnen een kader van projectgestuurd onderwijs. Het liep over 8 weken met een verschillend aantal contacturen (15 voor voltijdstudenten en 9 voor de deeltijdse groep) in het voorjaarssemester 2026 (01.03.2026–19.06.2026) en betrof 55 studenten, verdeeld over drie groepen: één deeltijdse groep (28 studenten, 5 teams) en twee voltijdse groepen (in totaal 27 studenten, georganiseerd in 7 teams: 3 teams in de ene groep en 4 teams in de andere). Teams van 3–5 studenten werden aan het begin van de projectperiode gevormd. Elk team was verantwoordelijk voor de organisatie van de eigen werkstroom en de verdeling van verantwoordelijkheden (rollen) zoals projectmanager, ontwerpers, onderzoekers, verificateurs enz. De benamingen van de functies en de verantwoordelijkheidsgebieden werden vastgelegd in het teamcontract.

Bij de deeltijdse groep waren er, gezien de aard van de lessen en de frequentie van de bijeenkomsten, geen strikt vastgelegde mijlpalen, alleen informele consultaties tijdens de lessen en de spreekuren

1.7 Van studenten gevraagde opleveringen (type, formaat, deadlines)

Elk team moest een uitgebreid projectrapport indienen in de vorm van een presentatie in pdf- of pptx-formaat, gestructureerd volgens de richtlijnen van de docent. Het rapport, in de vorm van een presentatie, werd door elk team gepresenteerd tijdens de laatste sessie van de betreffende onderwijscyclus. Naast het presenteren van hun bevindingen reageerde elk team op opmerkingen en vragen van de begeleider en van medestudenten – die optraden en zich gedroegen als potentiële investeerders. De discussie was bedoeld als een uitwisseling van standpunten, niet als een beoordeling van de oplossing of presentatie van het team. Elk rapport moest daarom uiterlijk op de dag van de laatste sessie klaar zijn, en studenten kregen twee extra dagen om eventuele technische fouten te corrigeren en hun presentaties te uploaden naar het Platform voor Afstandsonderwijs.

1.8 Betrokken externe partners (mentoren, bedrijven, experts…) en hun rol

Bij deze implementatie waren geen externe partners betrokken.

2. Projectevaluatie

2.1 Gebruikte beoordelingscriteria en -methoden

Het aanpassen van het beoordelingskader aan een format van projectgestuurd onderwijs (PBL) bleek een grote uitdaging, omdat het oorspronkelijke syllabus van het vak niet met deze onderwijsvorm in gedachten was ontwikkeld. Het was daarom essentieel om een gecoördineerde inspanning te leveren om het bestaande beoordelingskader systematisch opnieuw af te stemmen op de onderwijsdoelen die de basis vormen van probleemgestuurd onderwijs (PBL).

Als eerste stap werden de vastgelegde leerresultaten uit de syllabus van het vak in kaart gebracht in een matrix van leerresultaten gebaseerd op de herziene taxonomie van Bloom (Anderson & Krathwohl), wat resulteerde in een reeks projectgerichte leerresultaten. Deze koppeling vormde een gestructureerde basis voor de verdere ontwikkeling van beoordelingsinstrumenten.

Op basis van deze matrix werd een specifieke beoordelingsrubric opgesteld. De resulterende rubric omvatte zeven criteria, elk met een passend gewicht dat het relatieve belang ervan binnen het project weerspiegelde. De prestaties van de studenten op elk criterium werden beoordeeld op een vierpuntenschaal: 2 (onvoldoende), 3 (voldoende), 4 (goed) en 5 (zeer goed).

Cruciaal was dat de criteria werden ontworpen om de algemene kwaliteit en het proces van de samenwerking in het team te beoordelen, in plaats van zich eng te richten op de correctheid van de eindoplossing. Deze aanpak weerspiegelde het fundamenteel collaboratieve karakter van het project, waarin meer nadruk lag op teamwork, het probleemoplossingsproces en gedeelde verantwoordelijkheid dan op de toetsing van louter individuele kennis.

2.2 Bewijs van het leren van studenten (voorbeelden, output, resultaten)

Projectdocumentatie, opleveringen bij mijlpalen, CAD-materiaal, beoordelingen en presentatiebestanden werden ingediend en bewaard op het Platform voor Afstandsonderwijs van de Silesian University of Technology. Het ingediende materiaal documenteert het volledige ontwerpproces, inclusief stakeholderanalyse, beoordelingen van de automatisering, duurzaamheidsevaluaties, concepten voor robotcellen en definitieve engineeringoplossingen. Elk team bereidde een eindpresentatie of een gedetailleerd projectrapport in presentatievorm voor, ingediend als pdf- of pptx-bestand. De presentaties bevatten zowel de verantwoording van de engineeringbeslissingen als specifieke reken- of simulatieresultaten.

Het materiaal bevat zelfstandig uitgewerkte concepten voor gerobotiseerde werkposten voor materiaalbehandeling en bewerking. Het omvat beschrijvingen van de processen en inputdata, berekeningen ter ondersteuning van de keuze van robot en grijper, alternatieve opstellingen van de uitrusting, modellen van de werkruimte van de robot, alternatieve procespunten en trajecten, analyses van cyclustijd en productiviteit, beoordelingen van milieuaspecten en eindconclusies. De projectdocumentatie bevat schetsen, tekeningen en visualisaties.

De bestanden leveren rechtstreeks bewijs van het behalen van de beoogde leerresultaten, waaronder de keuze van uitrusting, het ontwerp van gerobotiseerde interne transportsystemen, de beoordeling van de haalbaarheid en veiligheid van concepten en de integratie van de SDG’s in engineering.

3. Reflecties en aanbevelingen

3.1 Belangrijkste resultaten en sterke punten van het project

Aan het project namen 55 studenten deel (28 deeltijd- en 27 voltijdstudenten), die in teams werkten. Elk team ontwikkelde een zelfstandig concept voor het automatiseren en robotiseren van het transport van werkstukken binnen een CNC-bewerkingscel. De projecten behandelden onder meer de bewerking van remschijven, stalen assen, pennen en plaatvormige onderdelen. De werkstroom van het project omvatte de

analyse van het handmatige proces en de inputdata, de keuze van de robot, de grijper, de werktuigmachine en de transportmiddelen, het ontwerp van de lay-out van de werkpost, de definitie van procespunten en robottrajecten, en de vergelijking van alternatieve varianten op het vlak van cyclustijd, productiviteit en milieu-impact.

Een belangrijke sterkte van het project was de integratie van ontwerp- en organisatorische beslissingen met kwantitatieve beoordelingscriteria. De teams controleerden het vereiste draagvermogen van de robot door rekening te houden met de gecombineerde massa van werkstuk en grijper, beoordeelden het bereik van de robot en de toegang tot de zones IN-CNC-OUT, en vergeleken vervolgens verschillende varianten, met bijzondere aandacht voor de methode van werkstuktransport. De overwogen oplossingen omvatten dubbele grijpers en automatische grijperwissel, de bediening van één of twee werktuigmachines, transport via transportbanden en het gebruik van automatisch geleide voertuigen (AGV's). Verschillende software werd vooral gebruikt voor de visualisatie en verificatie van concepten.

De sterkste onderwijsresultaten werden waargenomen in de ontwikkeling van competenties op het vlak van teamwork, verantwoordelijkheid, communicatie en besluitvorming. Studenten leerden met succes hun werk te organiseren, projectrollen op te nemen en verantwoordelijkheid te nemen voor toegewezen taken.

Het project verschilde van traditionele engineeringcursussen door de nadruk op zelforganisatie, samenwerking en actieve deelname aan het besluitvormingsproces. In plaats van vooraf bepaalde instructies te volgen, moesten studenten hun eigen oplossingen ontwikkelen en verantwoorden.

Een belangrijke sterkte van de voorgestelde concepten voor robotcellen was de aandacht voor milieu-impact, de duurzameontwikkelingsdoelen en de principes van verantwoorde automatisering. Veel teams gingen expliciet na hoe robotisering productieprocessen kan verbeteren met behoud van een sociaal verantwoorde benadering van werknemers die door automatiseringsinitiatieven worden getroffen. Een bijzonder relevant resultaat was de gedetailleerde trajectoptimalisatie die één team

uitvoerde. Na het aanpassen van de bewegingssnelheden, het vergroten van de overvloeizones van het pad en het toevoegen van een tussenpunt voor de beweging van de robot uit de werktuigmachine, daalde het totale energieverbruik per cyclus van ongeveer 2.000J naar 1.590 J, terwijl het momentane piekvermogen daalde van ongeveer 2.016 W naar 599 W. Dit resultaat toonde aan dat de vloeiendheid van de beweging, de geometrie van het traject en het beperken van abrupte versnellingswijzigingen even belangrijk kunnen zijn als het verkorten van de cyclustijd.

Het project combineerde technische overwegingen met doelstellingen van duurzame ontwikkeling. In relatie tot de SDG onderzochten de studenten de modernisering van de productie-infrastructuur, de automatisering van processen en verbeteringen in de stabiliteit en herhaalbaarheid van processen. Zij hielden rekening met het verminderen van lege bewegingen, kortere transportwegen, een lager energieverbruik per cyclus, minder defecte onderdelen en een efficiënter gebruik van de machines. Het teamwerk ondersteunde ook de ontwikkeling van competenties in taakverdeling, het verantwoorden van engineeringbeslissingen, data-analyse en de professionele presentatie van resultaten.

3.2 Ondervonden uitdagingen en hoe deze werden aangepakt

Een van de meest voorkomende uitdagingen was doeltreffend teamwork en de coördinatie tussen teamleden. De studenten ondervonden aanvankelijk moeilijkheden bij het verdelen van verantwoordelijkheden en het coördineren van projectactiviteiten. Deze problemen werden aangepakt via roltoewijzing, interne reviews en regelmatige discussies binnen de teams. Elk team moest uitzoeken hoe de algemene vereisten van de opdracht konden worden omgezet in een samenhangend technisch concept. De teams moesten tegelijk rekening houden met de massa van het werkstuk en het gereedschap, het vereiste bereik van de robot, de toegang tot de werkruimte van de werktuigmachine, de oriëntatie van het werkstuk, veilige grijpomstandigheden en botsingsvrije bewegingen tussen de proceszones. Dit probleem werd aangepakt door het minimaal vereiste draagvermogen met een passende veiligheidsmarge te berekenen, de technische documentatie van fabrikanten te raadplegen en de werkruimte van de robot te modelleren in een simulatieomgeving.

Een andere uitdaging betrof de besluitvorming tijdens het ontwerpproces. Studenten werden vaak geconfronteerd met situaties waarin afwegingen nodig waren tussen technische prestaties, duurzaamheid, veiligheid en praktische uitvoerbaarheid. Multicriteria-analysemethoden werden gebruikt om een objectieve evaluatie en keuze van alternatieven te ondersteunen. Ook de beoordeling van de milieu-impact bleek een uitdaging door het interdisciplinaire karakter van duurzaamheidsoverwegingen. De studenten pakten dit aan door gestructureerde evaluatiemethoden toe te passen die tijdens de cursus waren aangereikt. Dit omvatte het vergelijken van varianten die niet alleen verschilden in de opstelling van de uitrusting, maar ook in de organisatie van de cyclus en de complexiteit van het systeem. Een dubbele grijper verkortte de wisseltijd van werkstukken, terwijl een automatisch gereedschapswisselsysteem de flexibiliteit verhoogde ten koste van extra robotbewegingen. Evenzo verhoogde het gebruik van een tweede werktuigmachine de productiviteit aanzienlijk, maar ook de energievraag en de kosten. De teams stelden vergelijkende beoordelingen op van cyclustijd, productiviteit, kwaliteit, kosten en milieuaspecten. Vervolgens verantwoordden zij de keuze van de variant die het best overeenkwam met de vastgelegde prioriteiten. Het interpreteren van veiligheidsvereisten, het toepassen van principes van risicobeoordeling en het omzetten van veiligheidsconcepten in praktische oplossingen zorgden voor bijkomende moeilijkheden. Deze werden aangepakt via consultaties met de docenten, open discussies met de andere teams, iteratieve verfijning van het ontwerp en het gebruik van goede praktijken op het vlak van machineveiligheid.

3.3 Lessen voor toekomstige implementaties

Het project toonde de aanzienlijke onderwijswaarde aan van een structuur van projectgestuurd onderwijs in de ingenieursopleiding. Toekomstige implementaties moeten zelfgeorganiseerde teams, roltoewijzing en gedeelde verantwoordelijkheid blijven inzetten als fundamentele elementen van het leerproces.

Een belangrijke aanbeveling is de projecttijd waarover studenten beschikken uit te breiden. Door lessen te groeperen in langere projectsessies (blokken) zouden teams tijdens de geplande bijeenkomsten meer tijd kunnen besteden aan samenwerking en technische discussies.

Het project bracht ook de noodzaak aan het licht om de beoordelingsprocedures die in de syllabus zijn vastgelegd, verder af te stemmen op de specifieke kenmerken van projectgestuurd onderwijs. Een betere afstemming tussen beoordelingscriteria, verwachte leereffecten en PBL-principes zou de diverse competenties die gedurende het project worden ontwikkeld beter weerspiegelen.

Toekomstige edities moeten op duurzaamheid gericht denken en concepten van verantwoorde automatisering blijven versterken, zodat studenten zowel de technische als de maatschappelijke implicaties begrijpen van de invoering van robottechnologieën in moderne productiesystemen. Komende implementaties zouden het project kunnen uitbreiden door het gekozen concept te valideren op een laboratoriumwerkpost of met een uitgebreidere digital twin. Werken in kleine teams met duidelijk omschreven rollen moet ook behouden blijven, omdat dit de integratie van competenties in robotica, bewerkingstechnologie, logistiek, modellering en duurzame productie bevorderde.

4. Ondersteunend materiaal

4.1 Materiaal van de docenten en projectdocumentatie

Het materiaal van de docenten en de projectdocumentatie zijn beschikbaar via de volgende link: https://drive.google.com/drive/folders/1YI7869nzTB0GoskQaMguJMI6p1RTkwiZ?usp=drive_link

4.2 Door studenten geproduceerde opleveringen, eindpresentaties of pitchmateriaal

Een voorbeeld van door studenten geproduceerde opleveringen is beschikbaar via de volgende link: https://drive.google.com/drive/folders/1OushfjsNcTyRhjSr9pX34uoueJx4Ngc1?usp=drive_link

De eindpresentaties van de studenten zijn beschikbaar via de volgende link:

https://drive.google.com/drive/folders/1W0btCONmRc7derhPqTyd9MH5dg9C_Nrz?usp=drive_link

4.3 Afbeeldingen/video's (met toestemming)

Foto- en video-opnamen werden gemaakt met de uitdrukkelijke toestemming van de deelnemende studenten en zijn beschikbaar via de volgende link: https://drive.google.com/drive/folders/1zypNei7omAPRaYx1gJ1xE3SM0BJBqWJ6?usp=drive_link

4.4 Overig relevant materiaal

Al het materiaal, inclusief dit rapport, is beschikbaar via de volgende link: https://drive.google.com/drive/folders/1j45J0ahUvku9JyXQxj-1hmg1HmUViRxX?usp=drive_link