

# Bosch Rexroth Active Assist szereléstámogató rendszer oktatási felhasználása

## Educational Application of the Bosch Rexroth Active Assist Assembly Assistance System

TAKÁCS Donát<sup>1</sup> tanszéki mérnök, HEGEDÜS András<sup>2</sup> MSc hallgató

<sup>1,2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gyártástudomány és -technológia Tanszék  
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., T épület 4. emelet,  
Tel.: +36 (1) 463-2512, Fax: +36 (1) 463-3176  
e-mail: <sup>1</sup> takacs.donat@gpk.bme.hu, <sup>2</sup> hegedus.andras@edu.bme.hu;  
web: <http://www.manuf.bme.hu>

### Abstract

*In modern production processes manual assembly still plays an important role, which must be supported by state-of-the-art tools in order to increase productivity. This paper presents the application of assembly support technologies through the example of such a system: the Bosch Rexroth Active Assist station, located at the Department of Manufacturing Science and Engineering at the Budapest University of Technology and Economics. We discuss the structure of the station as well as the steps of commissioning and configuration, and describe how a demonstration application can be integrated into the department's educational portfolio.*

**Keywords:** Industry 4.0, Manual Assembly, Education, Operator Guidance System, Assembly Assistance

### Kivonat

*A korszerű termelési folyamatokban továbbra is fontos szerepet tölt be a kézi szerelés, amit a hatékonyság növelése érdekében szükséges modern eszközökkel támogatni. Jelen cikk egy ilyen rendszer, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gyártástudomány és -technológia Tanszékén található Bosch Rexroth Active Assist állomás példáján keresztül mutatja be a szereléstámogatás lehetőségeit. Kitérünk az állomás felépítésére, a beüzemelés és konfigurálás lépéseire, és bemutatjuk, hogy egy demonstrációs alkalmazás hogyan épül be a Tanszék oktatási portfóliójába.*

**Kulcsszavak:** Ipar 4.0, Kézi szerelés, Oktatás, Operátort támogató rendszer, Szereléstámogatás

## 1. BEVEZETÉS

A korszerű termelési folyamatokban a szerelési műveletek automatizálása mellett továbbra is megkerülhetetlen a kézi szerelés. A termékek fokozódó komplexitása és változatossága (tömeges testreszabás – mass customisation), az egyre nagyobb minőségi elvárások, illetve a változó termelési rendszerek (például kollaboratív robotos szerelőcellák) szükségessé teszik a kézi szerelés fokozott támogatását is a minél nagyobb termelékenység elérése és a selejtszám csökkentése érdekében. Erre a problémára válaszul születtek meg a korszerű kézi szereléstámogató rendszerek, melyek a szerelési utasítások kivetítésével és betartatásával, a szerelési folyamatok hatékony betanításával csökkentik az operátorok mentális és fizikai terheit.

Gyártási kontextusban szereléstámogató rendszer alatt olyan műszaki rendszereket értünk, melyek a szerelési munkafeladatok során támogatják a dolgozót anélkül, hogy helyettesítenék vagy felülbírálnák őt, és veszélyt jelentenének rá. Az elsődleges cél a dolgozó meglévő képességeinek támogatása vagy esetleges hiányosságainak kompenzálása [7].

A piacon számos szereléstámogató rendszer elérhető, ezek között megtalálhatóak viselhető technológiák (okos kesztyű [8], okos szemüveg [5] stb.), mobil rendszerek, kézi eszközök és fix telepítésű állomások egyaránt [4]. A fix telepítésű állomások esetében a szereléstámogató funkciókat egy szoftveres keretrendszer látja el, mely a szerelési műveletek szűken értelmezett támogatása mellett a vállalat digitális folyamataiba történő integrációt is biztosítja. Ilyen, piacon is elérhető termék többek között az Arkite [1] és a Tulip [14] megoldása. A fix telepítésű állomások legtöbbször kiterjesztett valóság (AR) alapú, projektorral megvalósított

támogatást nyújtanak, ami kiegészülhet az állomáshoz csatlakoztatott egyéb, Ipar 4.0 technológiákon alapuló támogató eszközökkel is.

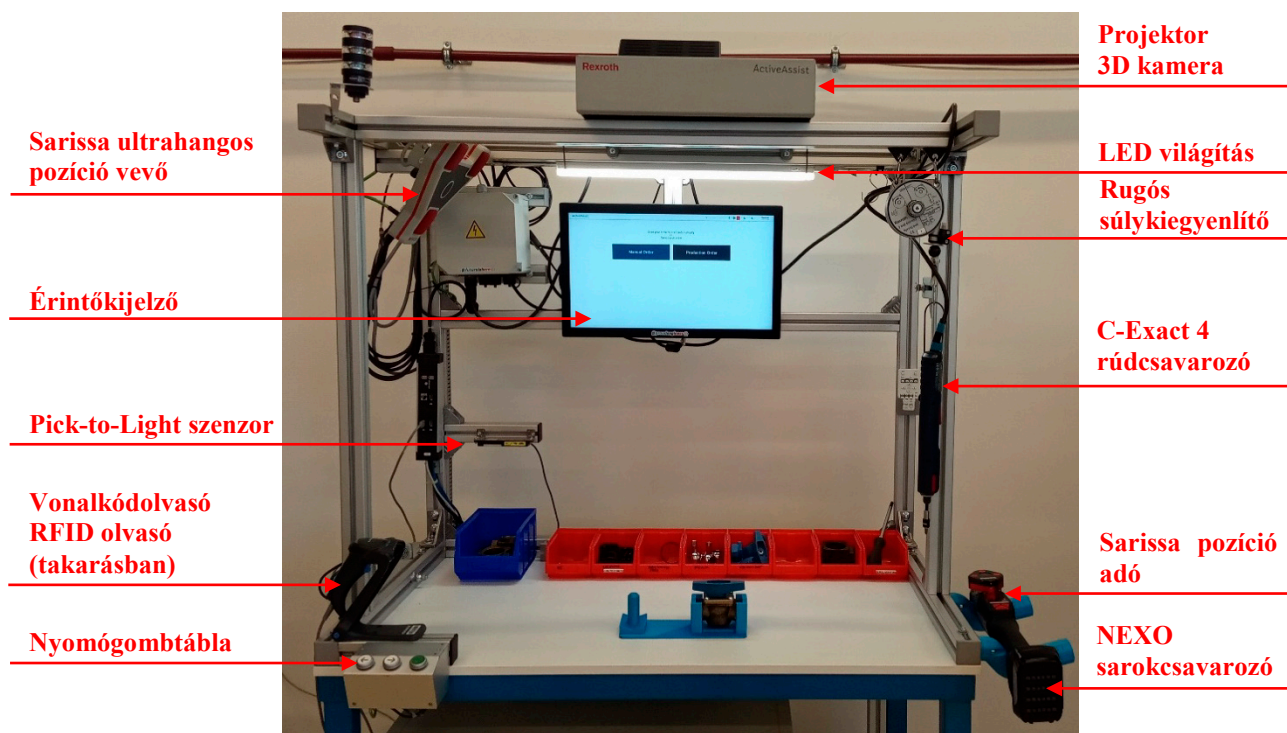
A szerelőtérre kivetített szerelési utasítások elsősorban a szerelési folyamat elsajátításában nyújtanak segítséget a dolgozóknak, ezt követően a támogató funkciók sokszor inkább hátráltatják a munkavégzést. Emiatt a szereléstámogatás adaptív megvalósítása indokolt lehet, ahol a támogatás intenzitása a szerelést végző személy (időben változó) hatékonyságától és igényeitől is függ. Kognitív zavarral élő munkavállalók esetén a támogatás folytonos fenntartásának kedvező hatása és fogadtatása figyelhető meg [6].

## 2. BOSCH REXROTH ACTIVE ASSIST ÁLLOMÁS

Jelen tanulmány a BME Gyártástudomány és -technológia Tanszék (továbbiakban csak Tanszék) Kiber-fizikai gyártórendszerében található Bosch Rexroth Active Assist állomás példáján keresztül mutatja be a szereléstámogató rendszerek lehetőségeit és a felsőfokú műszaki képzésben elfoglalt helyzetüket.

### 2.1. Bosch Rexroth Active Assist állomás felépítése

Az Active Assist állomás egy alapvetően álló munkavégzéshez kialakított kézi szerelőállomás. Alapzatát egy hegesztett zártszelvényekből álló váz adja, mely kereken gurítható. Ezen található 1050 mm magasságban a 700×1100 mm hasznos munkaterületű asztal, amihez extrudált alumínium profilokból összeszerelt felépítmény kapcsolódik. Ez hordozza a szereléstámogató funkciókat megvalósító különböző eszközöket és perifériákat, melyek az alábbiak (1. ábra):



1. ábra. Bosch Rexroth Active Assist állomás felépítése

### 2.2. Bosch Rexroth Active Assist állomás szereléstámogató funkciói

Az Active Assist rendszer a kézi szerelést végző operátor számára képes érzékszervi, kognitív és fizikai támogatást egyaránt nyújtani, csökkentve ezzel mentális és fizikai terhelését, így végső soron növelve a szerelési hatékonyságot, valamint csökkentve a szerelési időt és a hibásan összeszerelt termékek számát. A Tanszék oktatási tevékenységében is bemutatott legfontosabb támogató funkciók az alábbiak:

- **Instrukciók megjelenítése:** A szerelvény összeállításához szükséges szerelési utasítások az érintőkijelzőn és a projektorral közvetlenül a munkaterre vetítve is megjeleníthetők. Ezek kiegészülhetnek multimédiás tartalmakkal (képek, animációk), valamint különböző markereknek akár magára a szerelvényre történő vetítésével, ami lényegesen megkönnyíti az adott szerelési lépésben érintett elemek (pl. furatok) gyors azonosítását.

- **Alkatrésztárolók megjelölése, alkatrészelvétel detektálás:** A szerelési folyamat során segíti az operátort, ha az adott lépésben kezelendő alkatrészt nem kell megkeresnie, hanem azt a rendszer számára egyértelműen megjelöli. Erre az Active Assist rendszer az alkatrésztároló projektoros megvilágítását használja. Az alkatrészelvétel megerősítését a 3D kamera biztosítja, mely detektálja az operátor kezét a tárolóban. A két funkció együttes kiváltására alkalmas az alkatrésztároló fölé helyezett Pick-to-Light (PTL) szenzor is.
- **Szerelési művelet ellenőrzése:** A kézmozgáskövető 3D kamera alkalmas a szerelési művelet ellenőrzésére is, melyet az operátor kezének az előre definiált és megvilágított szerelési térben adott ideig tartó jelenléteként azonosít. A szerelés végrehajtásának ilyen azonosítása után a szerelési program akár automatikusan továbbléptethető.
- **Szerelvény azonosítás:** Az Active Assist rendszerben az egyes szerelési programokhoz egyedi azonosító rendelhető. A vonalkódon vagy RFID tag-en rögzített azonosítót beolvasva a szerelési program automatikusan indítható, kiküszöbölve így az esetleges téves program indítást.
- **Gépi csavarozás:** Az Active Assist rendszerben a vezeték nélküli, programozható NEXO sarokcsavarozó és a rugós súlykiegyenlítővel ellátott C-Exact 4 rúdcsavarozó egyaránt használható csavarbehajtásra és -lazításra.
- **Ultrahangos szerszámpozíció követés:** A NEXO csavarozóhoz rögzített ultrahangos pozícióadó a gépvázra rögzített vevőegységgel kiegészítve alkalmas a sarokcsavarozó aktuális pozíciójának és orientációjának meghatározására. Ez felhasználható a csavarozási funkció csak bizonyos pozíciókban (pl. adott furatoknál) történő engedélyezésére.

### 2.3. Az állomás beüzemelése és hardveres konfigurálása

Az Active Assist állomás a Bosch Rexroth Kft. felajánlásának köszönhetően került a Tanszékre 2022-ben. Mivel az állomást eredetileg a rendszer fejlesztésére és tesztelésére használták, így kialakítása során a kompaktság és a minél szélesebb körű eszközfelszereltség, semmint az ergonomikus elrendezés megvalósítása volt az elsődleges szempont. Annak érdekében, hogy az állomást az oktatásba be lehessen vonni, szükséges volt az állomás valós szerelőállomásoknak jobban megfelelő átrendezése, hardveres átkonfigurálása.

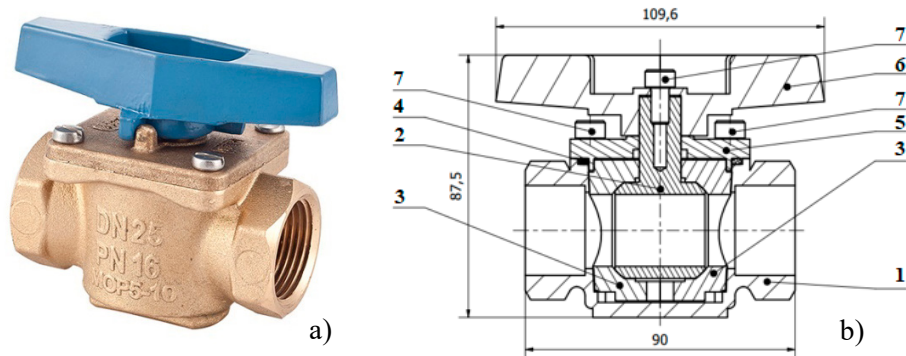
A folyamat első lépéseként került az alumínium profilos felépítmény a kerekeken guruló munkaasztalra, ami a szabad mozgást teszi lehetővé. Ezt a vezérlés villamos szekrényének a munkaasztal síkja alá történő áthelyezése követte, mivel ezt megelőzően ennek ajtaja a szerelési tér felé nyílt. A kézmozgáskövető 3D kamera érzékelési hibáinak javítása érdekében a projektor és a 3D kamera közös házát a felépítményen az operátortól távolabb, hátrébb helyeztük. Ergonómiai megfontolásokból helyeztük át a nyomógombtáblát az operátor által jobban elérhető helyre, és szintén ez indokolta a vonalkódozó és RFID olvasó könnyen hozzáférhető helyre helyezését és rögzítését, valamint az érintőképernyő mozgását is. A használhatóságot szem előtt tartva került a Pick-to-Light szenzor egy alumínium konzolra olyan módon, hogy az egyik alkatrésztároló doboz felett foglaljon helyet. A NEXO okoscsavarozó könnyű hozzáférhetősége érdekében egy Rexroth kereskedelmi termék [13] alapján 3D nyomtatott tartókat készítettünk és rögzítettünk a gépvázon. Az operátor számára komfortos munkavégzés és a 3D kamera megfelelő és megbízható működése egyaránt indokolta a külső fényviszonyoktól független, saját megvilágítás telepítését, ami egy LED fényforrás felszerelésével és villamos bekötésével valósult meg. Főképp esztétikai megfontolások alapján az alumínium profilos felépítményre műanyag kábelcsatornákat rögzítettünk. A C-Exact 4 rúdcsavarozót tartó rugós súlykiegyenlítőt az alumínium profilelemek hornyában elmozdulni képes csúszókengyelekhez rögzítettük, amivel az állomás elnyerte jelenlegi formáját (1. ábra).

## 3. DEMONSTRÁCIÓS ALKALMAZÁS

### 3.1. Minta termék

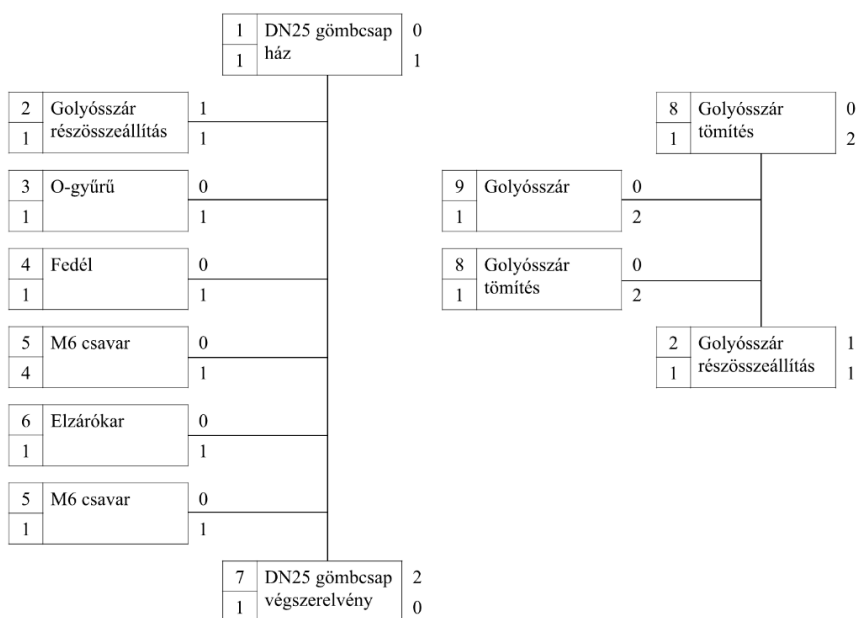
Az Active Assist állomáson kidolgozandó demonstrációs alkalmazás célja egy olyan szerelvénnyel bemutatása, mely az állomás lehető legtöbb szereléstámogató funkcióját felhasználja, a hallgatók számára ismert (külön bemutatást, elemzést nem igényel), a Tanszéken rendelkezésre áll, valamint viszonylag csekély komplexitású. A fenti követelményeknek a Tanszéken oktatott több tantárgyban is megjelenő DN25 1” gömbcsap tökéletesen megfelel, így a demonstrációs alkalmazás erre került kidolgozásra.

A szerelvénnyel (2. ábra, a) 7 különböző alkatrészből épül fel, melyek a következők: 1) Szerelvényház 2) Golyósszár 3) Golyósszár tömítés 4) Fedél O-gyűrű 5) Fedél 6) Elzárókar 7) M6 csavarok (2. ábra, b).



2. ábra. a) DN25 gömbcsap [2] és b) DN25 gömbcsap metszeti rajza

A termék a megvalósított szerelési folyamatban egy fő szerelvényből, egy ebbe beépülő részszerelvényből és egyedi alkatrészekből áll. A szerelési folyamat során először a golyósszár részszerelvény készül el, majd ez a további alkatrészekkel a szerelvényházba mint bázis alkatrészbe kerül beépítésre. A szerelés során a csavarozás két lépésben történik: először a fedelet a szerelvényházhoz rögzítő négy csavar behajtása történik, majd az elzárókar felhelyezését közbeiktatva az ötödik csavarral a kart rögzítjük a golyósszárhoz. A teljes szerelési családfát a 3. ábra mutatja.



3. ábra. DN25 gömbcsap szerelési családfája

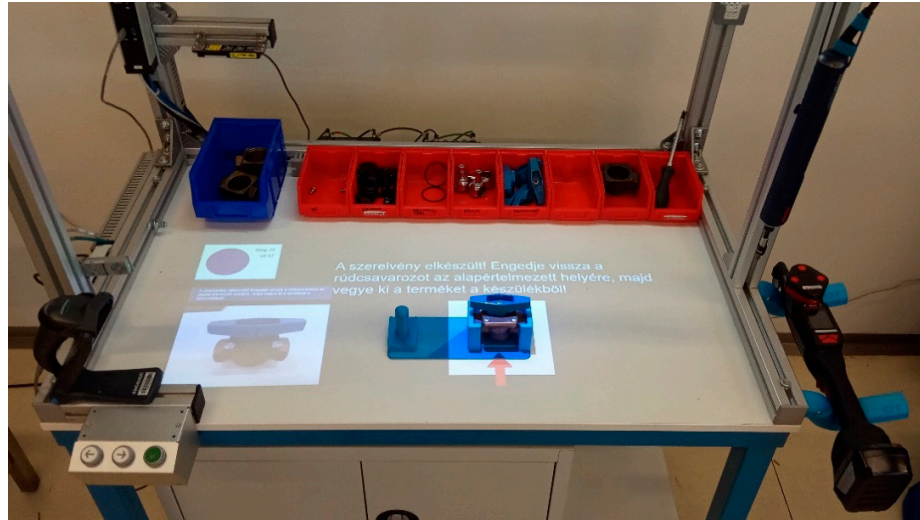
Megállapítható, hogy a támogatott szereléshez szerelőkészüléket célszerű alkalmazni, ugyanis a szerelvény megfelelő pozíciója a munkatérben a vetített elemekhez képest csak így biztosítható. A készülék használatát a gépi csavarozáskor fellépő nyomatók is indokolják, mert a készülék nélküli kézi ellentartás sérüléshez vezethetne. A készüléken egy ülék ad helyet a szerelvényháznak, míg a golyósszár részszerelvény egy poka-yoke tömbbel kiegészített szerelöhengeren állítandó össze. E két egység egy közös alaplapon foglal helyet, melyek mindegyike FDM 3D nyomtatással készült PLA anyagból. A készülék munkasztalhoz történő rögzítését tépőzár rendszer biztosítja, mely lehetővé teszi a készülékek gyors cseréjét.

### 3.2. Active Assist-tal támogatott szerelési program

Az Active Assist rendszerben egy, a termékhez rendelt szerelési program definiálja a szerelési lépéseket. A szerelési program szigorúan elágazásmentes és szekvenciális lefutású. Az egyes lépések a rendszer grafikus felületén szerkeszthetők, ahol megadható a lépés típusa (jóváhagyás, alkatrészlevétel, összeszerelés, csavarbehajtás stb.), a lépésben a képernyőn megjelenített és a munkatérre vetített képi és szöveges információk, markerek, illetve a lépés típusára jellemző egyedi beállítások (programozható csavarozó futtatandó programja, alkatrészlevételhez tartozó alkatrész azonosítója stb.).

A termékhez tartozó vonalkód beolvasása után a szerelés a szerelőkészülék munkatérbe elhelyezésével kezdődik, amit a golyósszár részösszeállítás szerelése követ a készülék szerelőtengelyén. Ezt követően a

szerelvényház elvétele következik a PTL szenzorral szerelt tárolóból, majd elhelyezése a készülék ülék részére. A további komponensek szerelése a szerelési családfa (3. ábra) által meghatározott sorrendben történik. A megfelelő alkatrészek elvételében a tárolódoboz projektoros megvilágítása, az alkatrészelvétel és az egyesítési műveletek ellenőrzésében a kézmozgáskövető 3D kamera segíti az operátort. A gépi csavarbehajtás a C-Exact 4 rúdcsavarozóval történik, az adott lépésben a szerelvényre vetített nyíl markerrel egyértelműen megjelölve azt a furatot, melybe a csavart be kell hajtani. A szerelési folyamat végén a program a kész szerelvény készülékből elvételével ér véget (4. ábra).



4. ábra. DN25 gömbcsap szerelési programjának egy lépése

## 4. OKTATÁSI HASZNOSÍTÁS

A kézi szerelés továbbra is megkerülhetetlen szerepet tölt be a korszerű termelési folyamatokban, ezért a gyártástechnológiai fókuszú tanulmányokat folytató mérnökhallgatók számára elengedhetetlen, hogy megismerkedjenek a kézi szerelést támogató korszerű megoldásokkal. Ebből a célból az Active Assist állomás a Tanszék oktatási portfóliójában egyrészt laboratóriumi foglalkozás, másrészt projektfeladatok formájában is megjelenik.

### 4.1. Laboratóriumi foglalkozás

A 3. fejezetben bemutatott demonstrációs alkalmazás 90 perces laboratóriumi foglalkozás formájában megjelenik a Tanszék által gondozott specializációkon mind a gépészmérnöki, mind a mechatronikai mérnöki alapképzésen.

A foglalkozás kezdetén az oktató röviden összefoglalja a szereléstámogató rendszerekkel kapcsolatos elméleti alapokat, majd a hallgatókkal közösen azonosítják a szerelőállomáshoz tartozó eszközöket. Ezt követően a hallgatók a szerelés támogatottságnak növekvő szintjein szerelik össze a gömbcsap szerelvényt, miközben mérik a szerelési időt. Minden szerelési folyamat után az oktató a hallgatókkal közösen, interaktív módon értékeli a tapasztalatokat, az esetlegesen elkövetett hibákat, illetve a korábbi szerelésekhez képest bevezetett módosítások hatását. A támogatottság szintje szerint a hallgatók az alábbi szerelési variánsokat hajtják végre (1. táblázat):

Laborfoglalkozás során végrehajtott szerelési variánsok

1. táblázat

#	Bevezetett támogatás (a korábbiakon felül)	Csavarbehajtás
1	Instrukciók nélküli szerelés	Kézi
2	Csak szöveges instrukciók a kijelzőn és a munkatérre vetítve	Kézi
3	Alkatrészelvétel támogatása (doboz megvilágítás, ellenőrzés 3D kamerával), fényképes illusztrációk	Kézi
4	Összeszerelési művelet ellenőrzése (3D kamera)	C-Exact 4
5	PTL szenzor integrálása, vonalkódos termékazonosítás, optimalizált csavarozási sorrend	C-Exact 4, alternatív sorrend

Az Active Assist rendszerrel támogatott variánsok végrehajtását megelőzően az oktató bemutatja az Active Assist szoftver felépítését, a szoftveres konfiguráció lehetőségeit. Az 5. szerelési variánst a hallgatók hozzák létre a 4. variáns lépéseinek módosításával.

A foglalkozás során a hallgatók jegyzőkönyvet töltenek ki, melyben felvázolják a munkatérben lévő fizikai és virtuális elemek elhelyezkedését, megadják a szerelési programban szereplő, szerelési hatékonyságot javító három módosítást, valamint felsorolják a módosított szerelési program lépéseit.

A laborfoglalkozás a gépészmérnöki és mechatronikai mérnöki képzéseken közel azonos tartalommal szerepel, de a gépészmérnököknél nagyobb hangsúlyt kapnak a szereléstechológiai, míg mechatronikai mérnököknél a kiber-fizikai és szoftveres megfontolások és sajátosságok.

### 4.2. Projektfeladatok

Záródolgozatok és hallgatói projektek témájaként az állomás a Tanszékre kerülése óta jelen van az oktatásban. Ilyen projektek keretében történt az állomás beüzemelése, valamint állapotának és képességeinek felmérése [11], kiber-fizikai gyártórendszerbe integrálása és a 3. fejezetben bemutatott demonstrációs alkalmazás kidolgozása [3], a támogatott szerelés hatékonyságra gyakorolt hatásának vizsgálata [10],[12], valamint az Active Assiston végrehajtott szerelés szimulációs szoftverben történő ergonómiai értékelése [9] is. A 2.3. alfejezetben bemutatott átalakítások is hallgatói részvétellel valósultak meg, továbbá az állomás adott állapotát tükröző CAD modelleket is hallgatók hozták létre, illetve frissítették.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők ezúton fejezik ki köszönetüket a BME Gyártástudomány és -technológia Tanszék nevében a Bosch Rexroth Kft.-nek az Active Assist állomás Tanszéknek adományozásáért.

A szerzők köszönettel tartoznak a következő, az Active Assist állomás beüzemelésében és fejlesztésében részt vevő hallgatóknak: Pogácsás Marcell Miklós, Somogyi Dániel, Márki-Szabó Dominik, Németh Zsolt Ferenc, Németh Martin és tanszéki munkatársaknak: Farkas Balázs, Pereszlai Csongor, Zsóka Levente.

## IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] *Arkite Operator Guidance Platform*. Arkite. <https://arkite.com/> (Utolsó letöltés: 2026.03.08)
- [2] *Gömbcsap BB menettel, AHA gömbcsapok*. MOFÉM, [https://www.mofem.hu/prod/hu/aha\\_gombcsapok/gombcsap\\_bb\\_menettel/](https://www.mofem.hu/prod/hu/aha_gombcsapok/gombcsap_bb_menettel/) (Utolsó letöltés: 2026.03.08)
- [3] Hegedüs A., *Bosch Rexroth Active Assist szereléstámogató rendszer kiber-fizikai gyártórendszerbe integrálása*. Diplomaterv. BME GTT, 2025.
- [4] Hinrichsen S., Riediger D., Unrau A. *Assistance Systems in Manual Assembly*. Production Engineering and Management. 2016, 1, 3-14.
- [5] *HoloLens 2 capabilities and solutions*. Microsoft. <https://learn.microsoft.com/en-us/hololens/hololens-commercial-features> (Utolsó letöltés: 2026.03.19)
- [6] Kosch T., Abdelrahman Y., Funk M., Schmidt A. *One size does not fit all: challenges of providing interactive worker assistance in industrial settings*. Proceedings of the 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers (UbiComp '17). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2017, 1006–1011. <https://doi.org/10.1145/3123024.3124395>
- [7] Mark B. G., Rauch E., Matt D.T. *Worker assistance systems in manufacturing: A review of the state of the art and future directions*. Journal of Manufacturing Systems. 2021, Volume 59, 228-250, ISSN 0278-6125, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.02.017>.
- [8] *MARK display*. Proglove. <https://proglove.com/products/hardware/mark-display/> (Utolsó letöltés: 2026.03.19)
- [9] Németh M., *Bosch Rexroth Active Assist szereléstámogató rendszer ergonómiai vizsgálata*. Szakdolgozat. BME GTT, 2025.
- [10] Németh Zs. F., Márki-Szabó D., *A Bosch Rexroth Active Assist szoftveres és hardveres konfigurációinak kihatása a szerelési hatékonyságra*. TDK dolgozat. BME GTT, 2025
- [11] Pogácsás M. M., *Kézi szerelés támogatása Bosch Rexroth Active Assist rendszerrel*. Szakdolgozat. BME GTT, 2023.
- [12] Somogyi D., *Kézi szerelés hatékonyságnövelésének vizsgálata Bosch Rexroth Active Assisit szereléstámogató rendszeren*. Szakdolgozat. BME GTT, 2025.
- [13] *Tool shelf ESAT*. Bosch Rexroth. <https://store.boschrexroth.com/en/hu/p/tool-shelf-3608876626> (Utolsó letöltés: 2026.03.08)
- [14] *Tulip Frontline Operations Platform*. Tulip. <https://tulip.co/frontline-operations/> (Utolsó letöltés: 2026.03.08)