

Příloha č. 1 – Technická specifikace

Název veřejné zakázky: **MoVI-FAI – Komplexní robotizovaná technologická linka**

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE ZADAVATELE

Obchodní název:	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Sídlo	nám. T. G. Masaryka 5555, 76001 Zlín
IČO:	70883521
Rektor:	prof. Ing. Petr Sába, CSc.

Tento materiál obsahuje technický popis obecných požadavků a podrobných parametrů požadovaných pro vytvoření Laboratoře inteligentních robotických systémů. Laboratoř je vytvářena jako univerzální prostředí pro získání znalostí a dovedností vysokoškolskými studenty bakalářského a magisterského stupně vysokoškolského studia zaměřeného na aplikovanou informatiku ve vrcholové oblasti průmyslové automatizace.

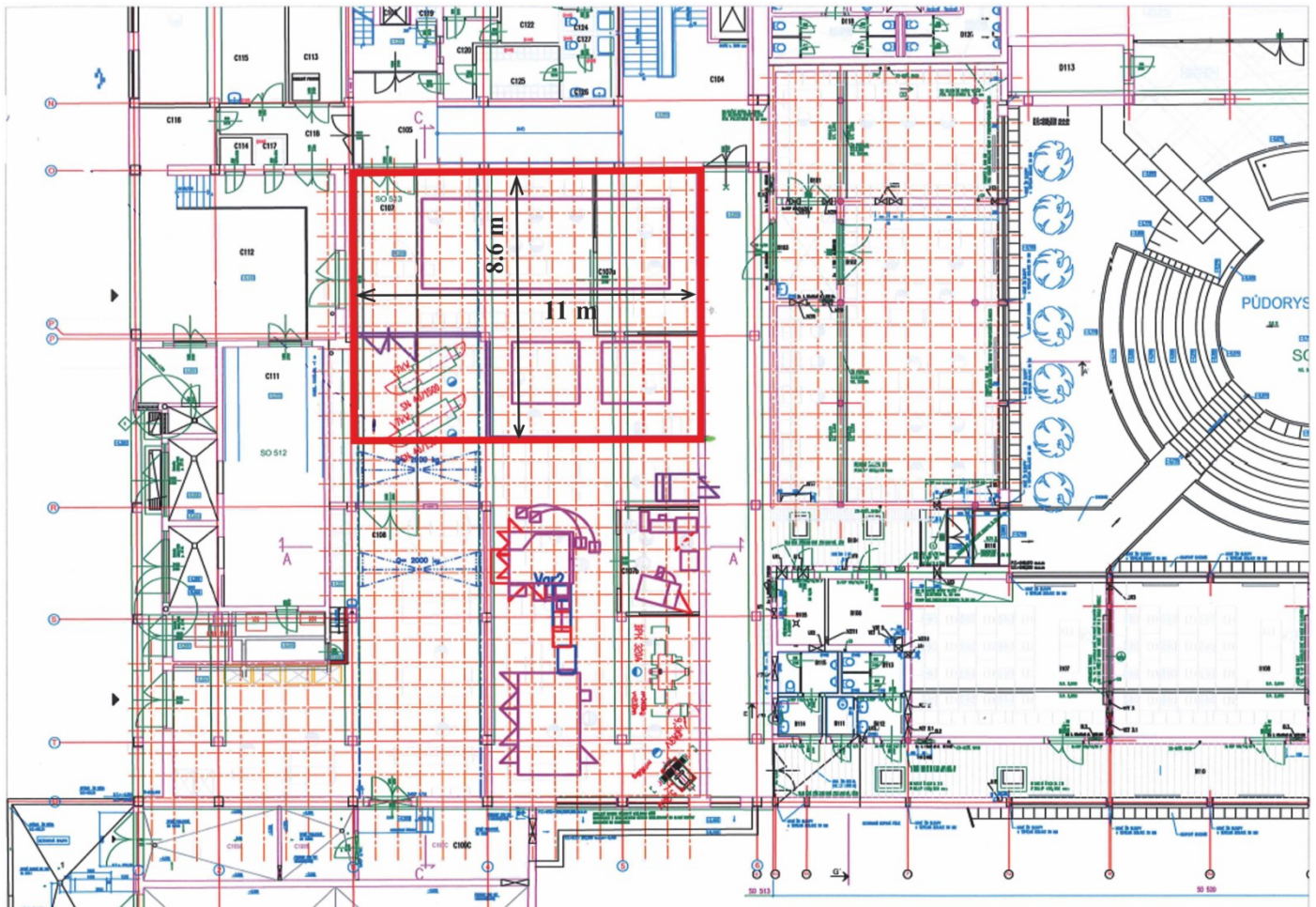
Laboratoř je tvořena dvěma na sebe navazujícími částmi, přičemž první - „Komplexní robotizovaná technologická linka“ - tvoří univerzální robotický systém propojující různé typy průmyslových robotů a jejich řídicí systémy víceúrovňovým dopravníkovým systémem a jeho PLC řídicími systémy s úplnou možností měření všech důležitých veličin. Toto propojení umožňuje plně otevřené řešení pro vytváření a použití vlastních algoritmů řízení pohybů všech částí systému.

Druhá část – „Malé robotické pracoviště“ - představuje prostředí průmyslových robotů s aplikací pro základní řízení kinematiky materiálového toku v prostředí typu kusové výroby. Obě části robotické laboratoře jsou propojeny autonomním kolovým servisním robotickým systémem, který zajišťuje materiálový tok mezi všemi pracovišti obou částí laboratoře.

Tato technická specifikace podrobně popisuje část první - **Komplexní robotizovanou technologickou linku.**

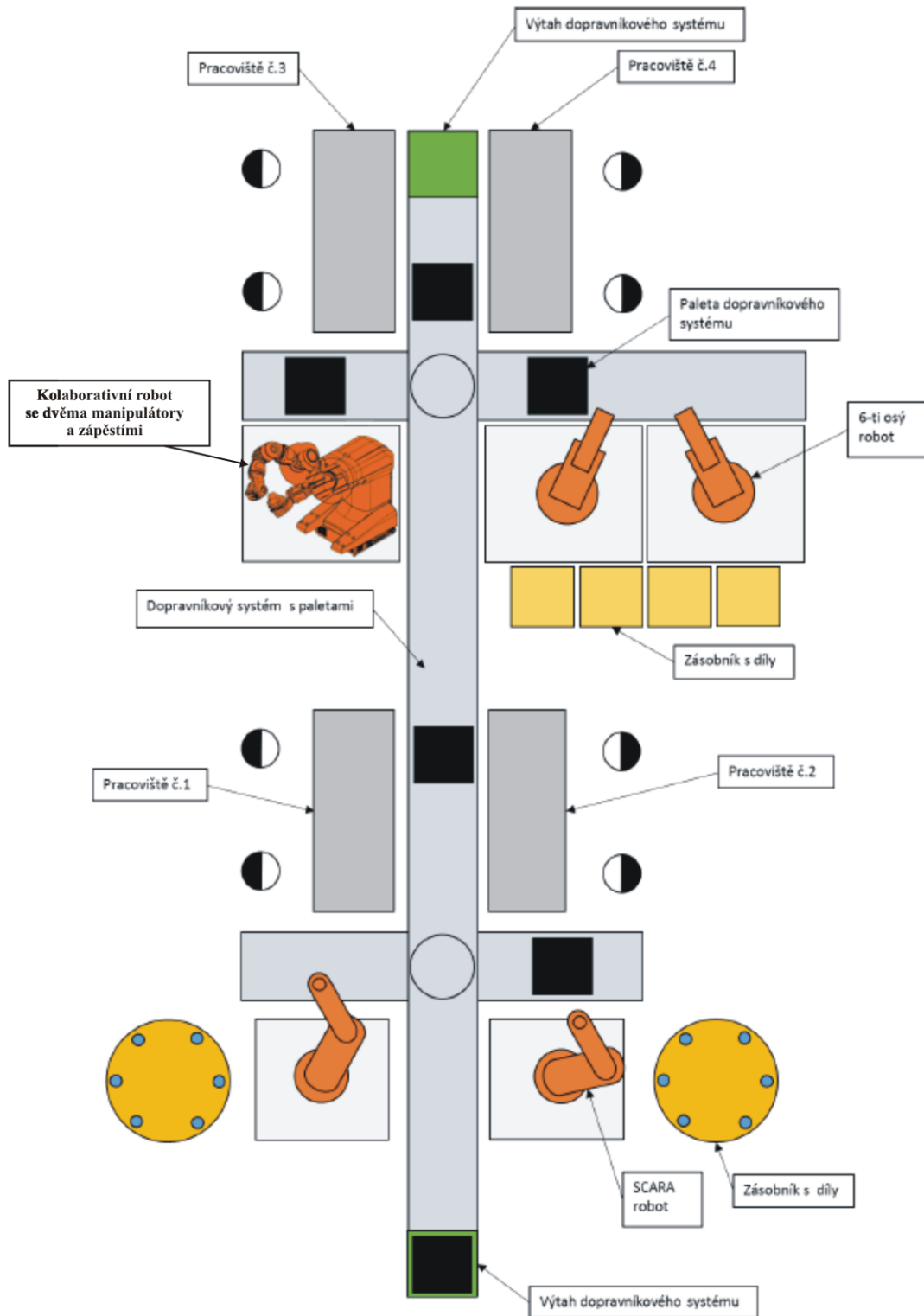
Zadávací podmínky projektu Modernizace výukové infrastruktury FAI (MoVI-FAI)

Laboratoř inteligentních robotických systémů



Obr. 1 Prostory s plánovanou robotickou linkou a malým robotickým pracovištěm

Komplexní robotizovaná technologická linka



Obr. 3 Rámcové schéma celkového předpokládaného prostorového uspořádání komplexní robotizované technologické linky

1. Obecný popis

Předmětem pořízení je výukové modulární laboratorní pracoviště, sestávající

- z různých typů **průmyslových robotů** se **standardní kinematickou strukturou** (SCARA, antropomorfní robot-robotická ruka, kolaborativní robot se dvěma manipulátory a zápěstími) a s **řídícími systémy** hardwarově a softwarově **rozšířenými tak**, aby umožňovaly jejich propojení s řídicím systémem PLC a s nadřizenými řídicími systémy na bázi osobního počítače, které musí umožňovat:
 - **měření** všech veličin, důležitých z hlediska kinematických a dynamických problémů systému,
 - přípravu a použití **vlastních programů** pro vytváření vlastních úloh.
- Z propojujícího systému **pohybu materiálu** umožňujícího experimenty s typovými modely **materiálového toku** mezi jednotlivými částmi výukového pracoviště, který bude zajišťovaný
 - a. **stacionárním dopravníkovým systémem** řízeným PLC a nadřizenými řídicími jednotkami jedné HW platformy s podporou programování ve vyšších programovacích jazycích (C, C++),
 - b. **kolovým servisním robotem** s možností autonomního pohybu po definovaném prostředí (ne plně autonomním) a s možností převážení materiálu do **5 kg** zátěže. Jeho programování musí umožňovat nadřizený řídicí systém stejné HW platformy s podporou programování ve vyšších programovacích jazycích (C, C++) jako u stacionárního dopravníku.

Řešení a jeho dodávka musí obsahovat:

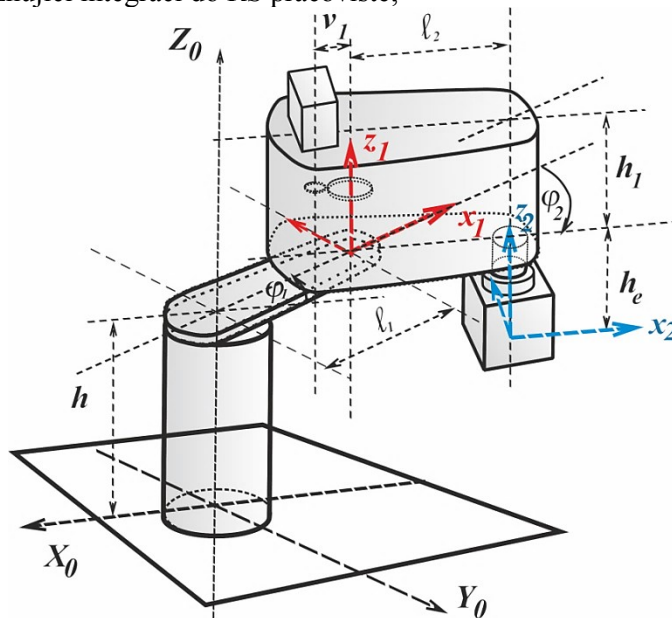
- a. **Samostatný podrobný technický projekt řešení zákaznického zadání, zajišťujícího plnou HW i SW podporu základních i nově vytvořených výukových úloh v různých úrovních vysokoškolského vzdělávání,**
- b. **následnou fyzickou dodávku hardware a software zařízení,**
- c. **instalaci kompletního zařízení do připraveného prostoru a jeho oživení,**
- d. **dodávku a demonstraci typového řešení jednotlivých výukových úloh (viz dále bod 7. Bc. a Ing. úroveň) včetně zdrojových forem programů a manuálů dokumentujících komplexní využitelnost a otevřenost dodaného systému pro účely výuky a nácviku dovedností různých úrovní vysokoškolského technického vzdělávání.**
- e. **technickou dokumentaci HW a SW s podrobnými zákaznickými příručkami** umožňujícími případné další HW i SW rozšíření pracoviště a vytváření nových úloh.

Požaduje se **kompletní realizace podle výše uvedených bodů.**

2. Všeobecná technická specifikace zařízení pracovišť 1 a 2.

Pracoviště č. 1 a č. 2 budou vybavena z edukačních důvodů podobnými hardwarovými a softwarovými prostředky. **Každé pracoviště bude obsahovat**

- **1 ks robot s kinematickou strukturou manipulátoru typu SCARA** s možností ručního i automatického ovládání a s rozhraním umožňující integraci do ŘS pracoviště,



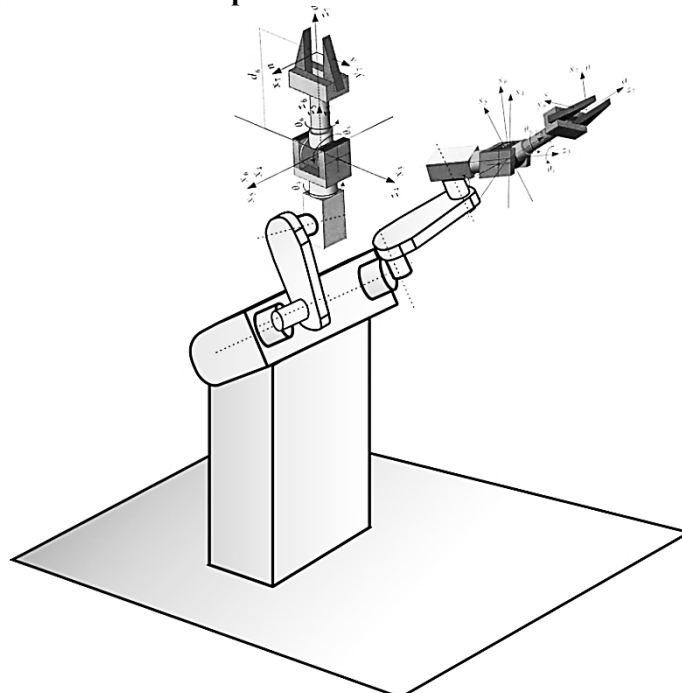
Obr. 4 Typové uspořádání robota s kinematickou strukturou SCARA

- efektor každého robota je tvořený **tříčelistovým uchopovacím zařízením** (gripper), řízeným pneumaticky nebo elektromagneticky,
- **karuselový zásobník,**
- **pracovní stůl** pro dva studenty s PC stanicí tvořící nadřizený řídicí systém s uživatelským prostředím,

- **kamerový systém** s možností uživatelského řešení úloh analýzy obrazu v 2D prostoru a přenosem výsledků analýzy (tvar, poloha resp. barva dílu) do ŘS robota resp. PLC za účelem navigace efektoru.

Pracoviště obsahují PC stanici pro možnost úpravy SW ŘS splňující minimálně dále podrobněji uvedené technické požadavky.

3. Všeobecná technická specifikace zařízení pracoviště č. 3.



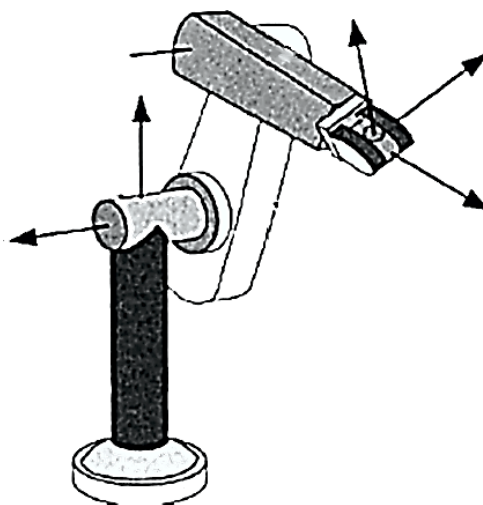
Obr. 5 Typové uspořádání požadovaného kolaborativního robota se dvěma manipulátory, zápěstími a efektoru

Pracoviště č. 3 bude vybaveno jedním kolaborativním robotem (robotem schopným spolupracovat v jednom pracovním prostoru s člověkem) se **dvěma manipulátory**, každý se třemi rotačními klouby (uspořádání rotační osa –ortogonálně rotační osa- paralelně rotační osa **R ■ R||R**) a **dvěma zápěstími R ■ R ■ R** s ortogonálními osami rotace protínajícími se v jednom bodě (úplně sférické zápěstí) na jedné základně.

Zařízení tedy musí tvořit dvě flexibilní paže, kamerový systém umístování součástek a řídicí systém. Řídicí systém kolaborativního robota musí být vybaven hardwarovými a softwarovými prostředky pro plnou integraci do PC- ŘS pracoviště (rozhraním **Ether CAT** a **Ether NET**).

4. Všeobecná technická specifikace zařízení pracoviště 4.

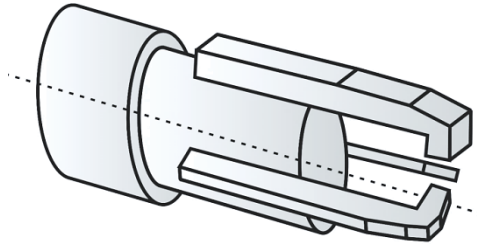
Robotické pracoviště je s dvojicí 6ti-osých robotů s poloměry pracovního prostoru min **650 mm** a zátěží hlav min **3,5 kg**.



Obr. 6 Typové uspořádání robota s antropomorfní kinematickou strukturou

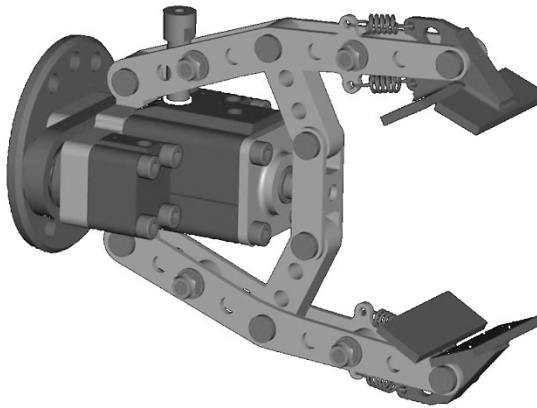
- Roboti jsou vybaveni ručními ovladači a rozhraním **Ether CAT** a **Ether NET** pro integraci do ŘS pracoviště.

- Každý robot je vybaven systémem pro ruční výměnu dvou uchopovacích nástrojů:
 - **Nástroj č. 1 - tříčelist'ový uchopovací systém** s minimální upínací silou **100N** a zdvihem min. **6 mm** pro každou čelist.



Obr. 7 Typové uspořádání tří čelist'ového uchopovacího systému (gripperu)

- **Nástroj č. 2 – dvoučelist'ový uchopovací systém** s minimální upínací silou **100N** a zdvihem min. **6 mm** pro každou čelist.



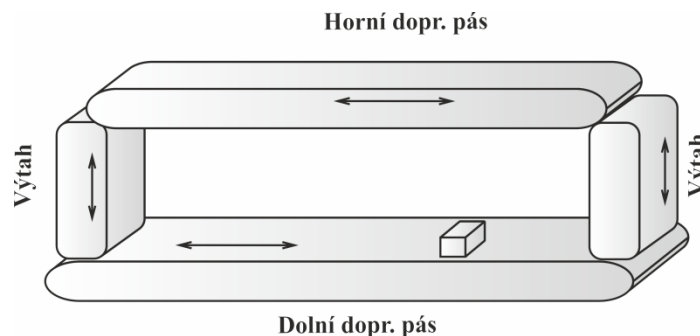
Obr. 8 Typové uspořádání dvoučelist'ového uchopovacího systému (gripperu)

- Pracoviště je vybaveno čtyřmi zásobníky pro manipulované díly, rozměr každého cca **400x400mm**.
- Technický návrh a provedení pracoviště odpovídá bezpečnostním normám.
- Pracoviště vybaveno pracovním stolem pro dva studenty s PC stanicí.

5. Všeobecná technická specifikace stacionárního dopravníkového systému

Předpokládaná topologie stacionárního dopravníkového systému je zobrazena na **Obr. 3**.

Stacionární dopravníkový systém je složený s **hlavního dopravníku** s vratnou motorizovanou větví a **dvěma výtahy** pro přepravu transportních paletek v uzavřeném systému. Vratná větev spolu s hlavním dopravníkem musí umožnit cyklický plynulý pohyb typového materiálu v prostředí linky (viz **Obr. 4**).



Obr. 9 Předpokládané uspořádání hlavního dopravníku

Na hlavní dopravníkový systém navazují **kolmo napojené dopravníky stejného typu bez vratných větví a výtahů**.

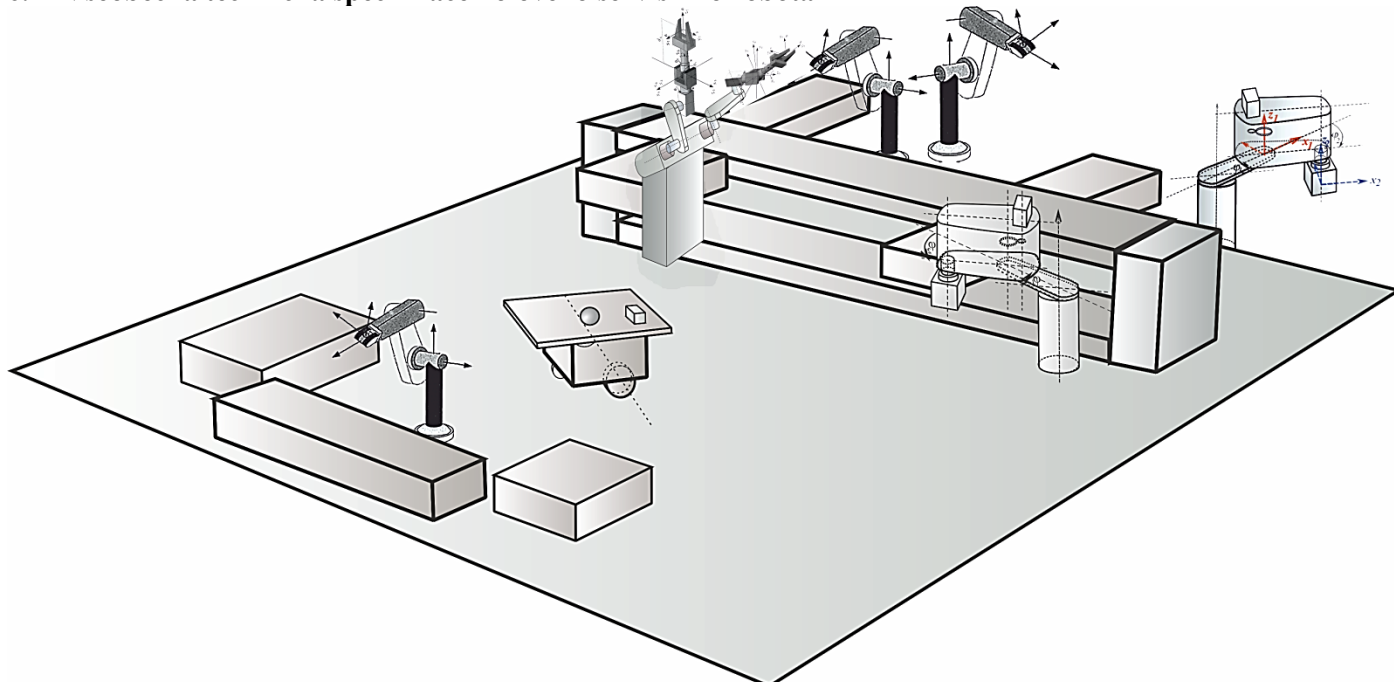
Všechny dopravníky mají **možnost obousměrného provozu**.

Na obou koncích hlavního dopravníkového systému je umístěn **výtah**.

Přechod mezi hlavním dopravníkem a kolmo napojenými dopravníky musí být zajištěno automatickými technickými prostředky (ne překládáním obsluhou).

Dopravníkový systém obsahuje uživatelský ŘS ve formě PC stanice pro možnost úpravy SW ŘS splňující minimálně dále podrobněji uvedené technické požadavky.

6. Všeobecná technická specifikace kolového servisního robota



Obr. 10 Typové použití kolového servisního robota

V projektu je požadován samonaváděcí pohyblivý kolový servisní robot (Autonomní vozidlo pro vnitřní prostory) určený pro dynamicky se pohybující materiál v prostředích, která mohou obsahovat omezené průchody, stejně jako v prostředích s výskytem pohyblivých lidí.

Na rozdíl od tradičních autonomně řízených vozidel (AGV) nesmí vyžadovat žádné úpravy prostředí, jako jsou vodící elementy v podlaze nebo navigační majáky.

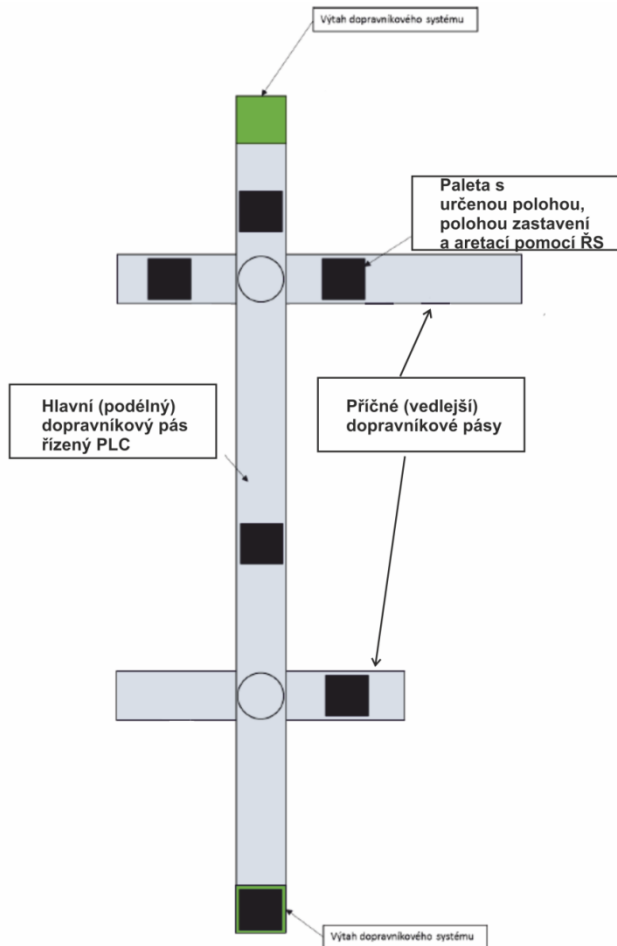
Součástí systému musí být vlastní software a ovládání umožňující inteligentní navigaci kolem lidí a neplánovaných překážek.

Řídicí systém servisního robota musí být vybaven hardwarovými a softwarovými prostředky pro programování prostřednictvím PC-ŘS pracoviště. Software musí umožnit zobrazení aktuální polohy robota na mapě pracovního prostoru pomocí sledování polohy a bezdrátové komunikace s řídicím pracovištěm.

Přepokládaná struktura a rámcový rozsah projektem Komplexní robotizované technologické linky požadovaných výukových úloh

A. **Bc úroveň úloh pro návrh a realizaci algoritmu řídicího kinematiku pohybu** – „naprogramování kinematického chování robotů a materiálu“ a spolupráci s karuselem a dopravníkem

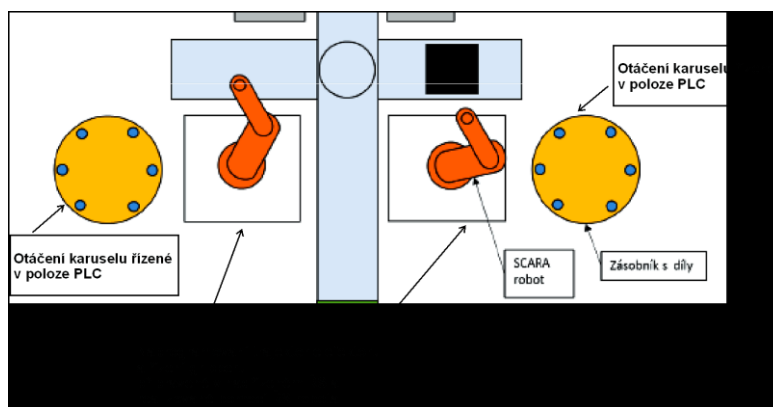
Tato třída úloh bude založena na využití znalostí z programování **PLC systémů** a různých úrovní **zpracování algoritmu řízení kinematiky robota** (časové sekvence požadovaných poloh efektoru – pohyby **z bodu do bodu** i **pohyby po trajektoriích** s definovaným časem polohy na trajektorii- interpolačně zadané trajektorie) pomocí 3D grafického prostředí instalovaného v nadřazeném řídicím systému jednotlivých robotů. (**interní poznámka**: Např. pro robota **ABB- Robot studio**, pro robota **STAUBLI- Staubli robotics Suit**)



- Pro ŘS z PC+ PLC řízení pásového dopravníku jsou úlohy formulované jako
 - **manipulace s typovým materiálem v paletkách** po hlavním a vedlejším pásovém dopravníku a s využitím výtahu, řízených PC+PLC. Úlohy řeší rovněž použití ŘS dopravníku pro **určení polohy, zastavení a aretaci paletky**.
 - **Záznam a zobrazení poloh paletek** pomocí PC+ŘS PLC.

Obr. 11 PLC řízení dopravníků a polohy paletek

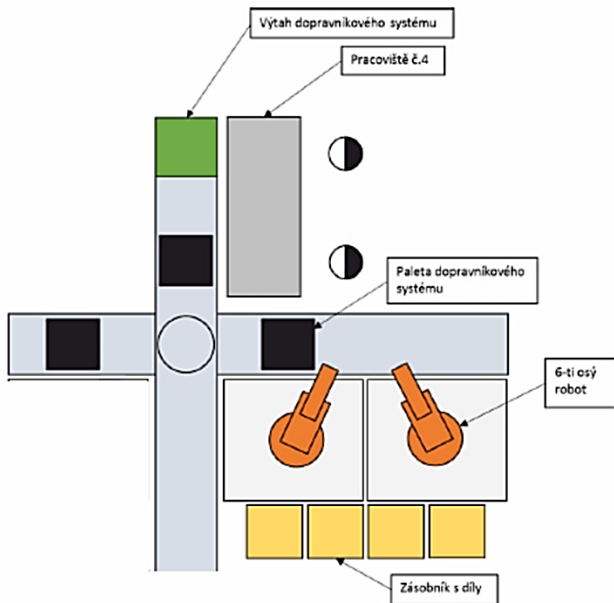
- Pro pracoviště 1 a 2 s roboty typu SCARA budou tyto úlohy formulované jako
 - **manipulace s typovým materiálem** z/do karuselového zásobníku řízeného PC+ŘS s propojenými informacemi mezi ŘS robota a PLC. Úlohy řeší rovněž SW interakcí ŘS karuselu a robota a programování trajektorie efektoru.
 - **Manipulace s typovým materiálem** z/do ŘS řízeného karuselového zásobníku a příčného pásového dopravníku (poloha objektu na pásovém dopravníku je daná pohybující se paletkou). Úlohy řeší interakci ŘS karuselu a robota s programováním trajektorie efektoru a dopravníku.
 - **Úlohy zpracování 2D obrazu** z cílem určení **tvaru**, resp. **barvy** typového materiálu.
 - **Manipulace s typovým materiálem** na příčném dopravníku s využitím rozpoznání **tvaru**, resp. **barvy** typového materiálu pro výběr z různých tvarů či barev.
 - **Záznam a zobrazení poloh paletek a poloh a rychlostí** kloubů robotů pomocí PC+ŘS PLC, resp. PC+ rozšířený HW ŘS při výše uvedených úlohách.



Obr. 12 Souvislosti při řešení úloh s programováním kinematiky SCARY, karuselu a dopravníku

- Pro pracoviště 3 s kolaborativním robotem jsou úlohy formulované jako:
 - Úlohy zpracování 2D obrazu z cílem určení tvaru, resp. barvy typového materiálu.
 - Manipulace s typovým materiálem na příčném dopravníku s využitím rozpoznání tvaru, resp. barvy typového materiálu pro výběr z různých tvarů či barev.
 - Základní úlohy spolupráce studenta a kolaborativního robota v jednom pracovním prostoru - student připraví objekt, robot provede jednoduchou montáž typu zasunutí do otvoru, zašroubování atd.
 - Záznam a zobrazení poloh a rychlostí kloubů robotů pomocí PC+ŘS PLC, resp. PC+ rozšířený HW ŘS při výše uvedených úlohách.

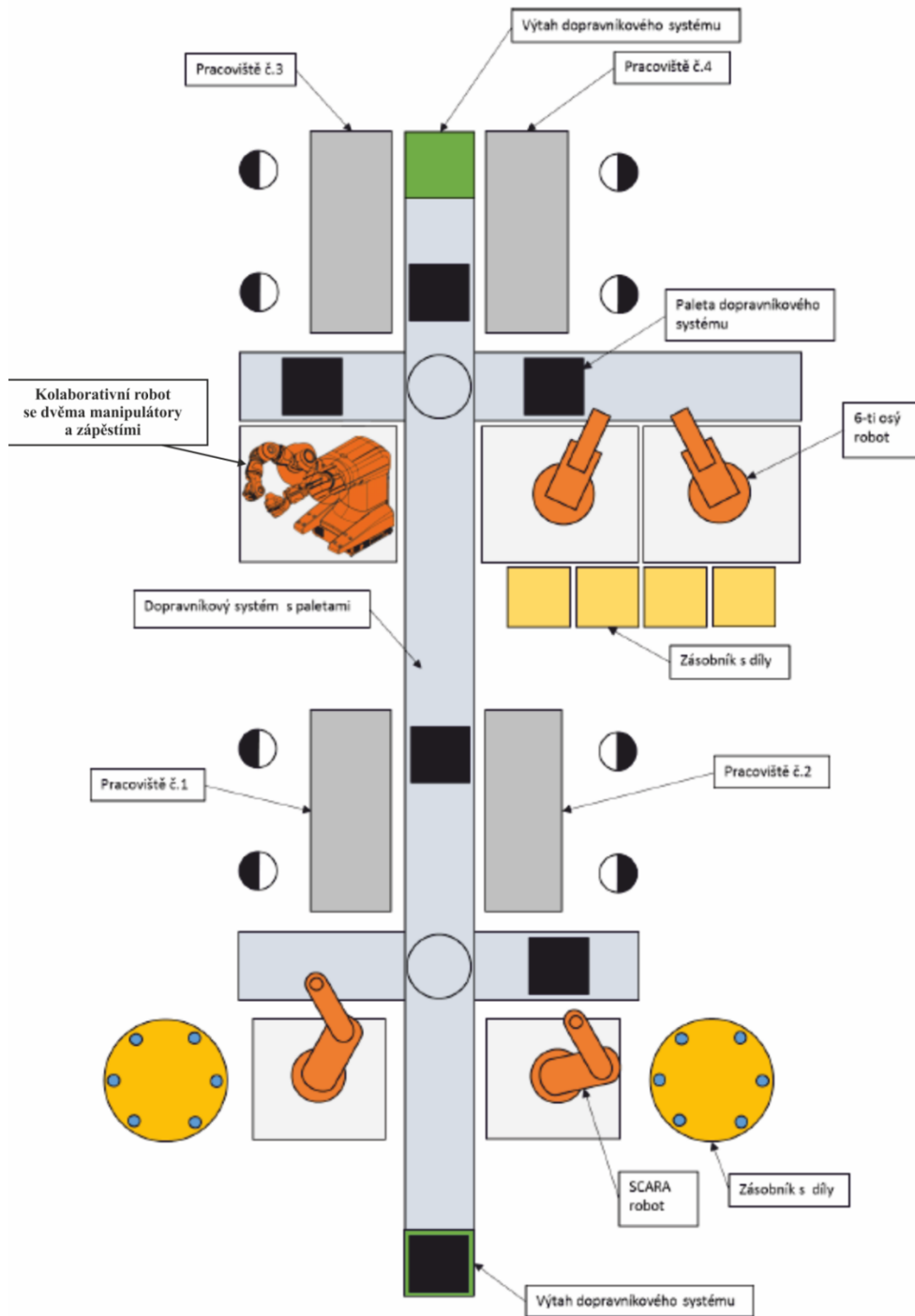
- Pro pracoviště 4 se dvěma robotickými rukami jsou úlohy formulované jako:



- manipulace s typovým materiálem ze/do zásobníku, z/na dopravník a přesun na/z pracoviště č. 3. Úlohy řeší rovněž spolupráci obou robotů a programování trajektorie efektoru.
- Úlohy výměny uchopovačů (gripperů).
- Základní jednoduché úlohy programování kinematiky při typových montážních úlohách.
- Záznam a zobrazení momentů (proudů v servopohonech v kloubech) poloh a rychlostí kloubů robotů pomocí PC+ŘS PLC, resp. PC+ rozšířený HW ŘS při výše uvedených úlohách.

Obr. 13 Souvislosti při řešení úloh s programováním kinematiky robotické ruky, zásobníku a dopravníku

- Pro kompletní spolupracující pracoviště č 1, 2, 4 budou úlohy komplexně formulované jako:
 - Manipulace s typovým materiálem z/do karuselového zásobníku řízeného PC+ŘS-em, podélného a příčného pásového dopravníku (poloha objektu na pásovém dopravníku je daná pohybující se paletkou) a zásobníkem s díly. Úlohy řeší SW interakci ŘS karuselu, robotů SCARA s programováním trajektorie efektorů a dopravníku a dvou robotických rukou (antropomorfní roboty se 6-tí stupni volnosti) s možností vzájemné spolupráce.
 - Záznam a zobrazení poloh paletek a momentů (proudů v servopohonech v kloubech) poloh a rychlostí kloubů robotů pomocí PC+ŘS PLC, resp. PC+ rozšířený HW ŘS při výše uvedených úlohách.
 - Manipulace s typovým materiálem při použití servisního kolového robota pro řízení materiálového toku mezi malým robotickým pracovištěm a komplexní robotizovanou technologickou linkou.
 - Je nezbytné, aby součástí dodávky byla navíc jedna typová úloha, která předvede kompletní cílevědomé pohyby celého systému včetně mobilního robota.

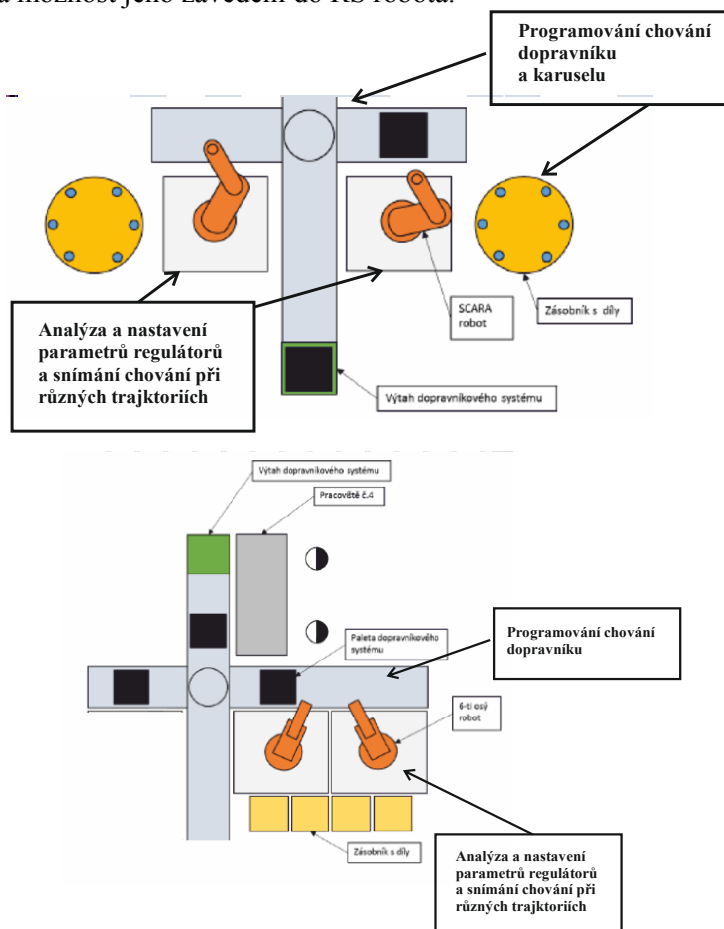


Obr. 14 Souvislosti při řešení úloh s programováním kinematiky robotů SCARA, robotických rukou, zásobníků a dopravníku

B. Ing. úroveň úloh pro návrh a realizaci řízení pohybu prostřednictvím servopohonů robotů a algoritmu pro vytváření žádaných hodnot kloubových souřadnic= inverzní kinematiky pohybu. T. j. „programování dynamického chování robotů“ ve spolupráci s karuselem a dopravníkem.

Tato třída úloh je založena na využití znalostí z použití **kinematických transformací mezi souřadnými systémy článků sériových struktur robota, včetně řešení inverzní kinematické úlohy** a chování **momentových, rychlostních a polohových servosystémů s elektrickými stroji** pro analýzu a zjištění reálného chování robota včetně jeho řízení po různých trajektoriích efektoru a řízení jeho orientace, vyhodnocení opakovatelné přesnosti pohybu a návrhu doplnění sensorického systému efektoru (snímač sil a momentů).

- Pro pracoviště 1 a 2 s roboty typu SCARA budou tyto úlohy formulované jako:
 - úloha spočívající v použití vlastního řešení inverzní kinematické úlohy naprogramované jako soustava časových vzorků **žádaných hodnot** pro klouby robota typu SCARA. Předpokládá se možnost programového zavedení žádaných hodnot kloubů pomocí nadstavbového ŘS na PC vytvořených jako **off-line řešení** (analytické i numerické) inverzní kinematické úlohy.
 - **Analýza manipulace s typovým materiálem** z/do karuselového zásobníku řízeného PC+ŘS s propojenými informacemi mezi ŘS robota a PLC, při různém nastavení parametrů regulace (?) kloubových souřadnic. Úlohy řeší hlavně vyhodnocení dynamického chování efektoru podél požadovaných typových trajektorií. Analyzuje se vliv nastavení parametrů regulačních struktur. **Sa-mozřejmě je možnost provést re-loading default parametrů.**
 - **Měření, záznam a zobrazení poloh a rychlostí** kloubů robotů pomocí PC+ŘS robota, resp. PC+rozšířený HW ŘS robota při výše uvedených úlohách.
 - Vyšetření vlivu proměnlivých hodnot matice setrvačnosti a hmotových interakcí (síly a momenty odstředivého a Coriolisova typu) při **různých rychlostech požadovaného pohybu** na kvalitu sledování požadované trajektorie a opakovanou přesnost.
 - Úlohy vedoucí k vytvoření vlastního algoritmu rozpoznání tvaru objektu manipulace v 2D prostoru a možnost jeho zavedení do ŘS robota.



Obr. 15. Souvislosti při řešení úloh s analýzou dynamiky pohybu robotů SCARA, robotických rukou, zásobníků a dopravníku

- Pro pracoviště 3 a 4 s kolaborativním robotem a roboty antropomorfního typu budou tyto úlohy formulované jako:
 - úloha spočívající v použití vlastního řešení inverzní kinematické úlohy naprogramované jako soustava časových vzorků **žádaných hodnot** pro klouby robota. Předpokládá se možnost programového zavedení žádaných hodnot kloubů pomocí nadstavbového ŘS na PC vytvořených jako **off-line řešení** (analytické i numerické) inverzní kinematické úlohy.
 - **manipulace s typovým materiálem** ze/do zásobníku, z/na dopravník a přesun na/z pracoviště č. 3 při různém nastavení parametrů regulace kloubových souřadnic. Úlohy řeší hlavně vyhodnocení

dynamického chování efektoru podél požadovaných typových trajektorií. Analyzuje se vliv nastavení parametrů regulačních struktur. **Samozřejmě je možnost provést re-loading default parametrů.**

- **Měření, záznam a zobrazení poloh a rychlostí** kloubů robotů pomocí PC+ŘS robota, resp. PC+rozšířený HW ŘS robota při výše uvedených úlohách.
- Vyšetření vlivu proměnlivých hodnot matice setrvačnosti a hmotových interakcí (síly a momenty odstředivého a Coriolisova typu) při **různých rychlostech požadovaného pohybu** na kvalitu sledování požadované trajektorie a opakovanou přesnost.

Technické parametry

Část 1: Pracoviště s roboty typu SCARA a dopravníkový systém

Č. kritéria	Parametr	Popis parametru	Hodnota	Závažnost	Hodnota nabízená uchazečem
Stacionární dopravníkový systém					
Mechanické vlastnosti hlavního dopravníku					
1.	Výška	Výška hlavního dopravníku nad podlahou laboratoře	900-1100mm	podmínka	
2.	Délka hlavního dopravníku	Délka pracovního rozsahu prodloužená o minimální délku danou případnou potřebnou doplňující konstrukcí	9- 10m	podmínka	
3.	Délka kolmo navazujících dopravníků	Délka pracovního rozsahu prodloužená o minimální délku danou případnou potřebnou doplňující konstrukcí	1,5-2m	podmínka	
4.	Šířka dopravníků	Šířka dopravníků umožňující použití paletek	≥350 mm	podmínka	
5.	Rychlost dopravníků	Požadovaný rozsah rychlost pohybu materiálu uloženého na dopravníku. <u>Systém pohybu musí umět řízeně zastavit (ne odpojením energie)!</u>	0-minimálně 15 m/min	podmínka	
6.	Maximální počet paletek na hlavním dopravníku	Počet paletek v provedení Electro Static Discharge – bezpečně z hlediska elektrostatického výboje (ESD) s kovovou základní deskou na hlavním dopravníku	10ks	podmínka	
7.	Maximální počet paletek na kolmo navazujících dopravnících	Počet paletek v provedení ESD s kovovou základní deskou na kolmo navazujících dopravnících	3ks	podmínka	
8.	Minimální počet stanic pro zastavení, aretaci a polohování paletek na každém dopravníku	Stanice pro zastavení, aretaci a určení polohy paletek	Min 1	podmínka	
9.	Způsob identifikace polohy paletek a poloh stanic pro zastavení na dopravníkovém systému	Určení polohy paletek a stanic pro zastavení na dopravníkovém systému	Řídicím systémem dopravníku	podmínka	
10.	Velikost transportních paletek	Paletky musí být menší, max. stejně velké jako šířka dopravníku.	max. 350x350mm	podmínka	
11.	Dovolené zatížení transportních paletek	-	≥ 5kg	podmínka	

12.	Vyjmutelnost paletok z dopravníkového systému	Paletky musí být vyjmutelné z dopravníku	ANO	podmínka	
13.	Bezpečnost	Celý systém stacionárního dopravníku musí vyhovovat platným bezpečnostním podmínkám	Splnění podmínek ČSN 260605, ČSN 26 0606	podmínka	
Vlastnosti řídicího systému stacionárního dopravníku					
1.	PC stanice jako ŘS	PC stanice pro možnost úpravy SW ŘS		podmínka	
a)	HW PC stanice	<p><u>Popis min. HW PC:</u> CPU s minimálním výkonem podle benchmarku SPEC CPU 2006, výsledky benchmarku musí být pro nabízený systém nebo odvozený model uvedeny na portálu www.spec.org</p> <p>CINT2006 base – min. 50 bodů CFP2006 base – min. 90 bodů CINT2006RATE base – min. 800 bodů CFP2006RATE base – min. 600 bodů</p>		podmínka	
		16GB RAM, HDD 2x512GB RAID1, monitor 24“, 2x LAN		podmínka	
b)	SW PC stanice	<u>Popis min. SW PC:</u> součástí jsou vývojové verze všech aplikací potřebných pro vývoj úloh s akademickou licenci OS WIN10 bude nainstalovaný z platné licence UTB		podmínka	
2.	HW ŘS	Komponenty ŘS umožňují řízení pohonů a sběru potřebných informací včetně řešení bezpečnostních obvodů v rámci jedné HW platformy		podmínka	
3.	SW ŘS	Software vyvíjený v programovacích jazycích splňující IEC 61131-3 s návazností na vyšší programovací jazyky C/C++ a podporu více jádrových procesorů		podmínka	
4.	Vývojové prostředí ŘS	Vývojové prostředí ŘS umožňuje implementaci SW pro následující technické prostředky: <ul style="list-style-type: none"> – Bezpečnostní obvody – Pohony dopravníků – Identifikaci poloh paletok – Ostatní akční členy – Grafické uživatelské rozhraní pro ovládací panely 		podmínka	
5.	Sběrníkový systém ŘS	ŘS podporuje sběrníkový systém EtherCAT a EtherNET s možností připojení grafické ovládací jednotky		podmínka	

6.	Připojení akčních členů stacionárního dopravníku	Akční členy musí disponovat digitálním rozhraním, primárně využívajícím sběrnice EtherCAT		podmínka	
7.	Celkový požadavek na ŘS stacionárního dopravníku	SW výbava dopravníkového systému splňuje minimálně ovládání celého dopravníkového systému včetně řízení pohybu, aretace a polohování transportních palet		podmínka	
8.	Základní aplikační SW výbava pracoviště	Součástí dodávky pracoviště je softwarové řešení zadaných úloh, které pracují se všemi zařízeními pracoviště za účelem ověření jejich funkcí		podmínka	

Zařízení pracovišť 1 a 2.

HW robotického pracoviště s roboty typu SCARA

1.	Robot s manipulátorem typu SCARA	Každé z obou pracovišť je vybaveno tímto typem robota		podmínka	
a)	Poloměr pracovního prostoru	Minimální poloměr je 600 mm	$600\text{mm} \leq \text{poloměr} \leq 700\text{mm}$	podmínka	
b)	Upínací síla efektoru	Upínací síla tříčelistového uchopovací systému	$\geq 100\text{N}$	podmínka	
c)	Zátěž efektoru	Minimální dovolená hmotnost zátěže efektoru	$\geq 1\text{kg}$	podmínka	
d)	Rychlosti jednotlivých os				
	1. Osa (rotace)	Min. rychlost je $90^\circ/\text{s}$	$\geq 90^\circ/\text{s}$	podmínka	
	2. Osa (rotace)	Min. rychlost je $120^\circ/\text{s}$	$\geq 120^\circ/\text{s}$	podmínka	
	3. Osa (translace)	Min. rychlost je 0.5 m/s	$\geq 0.5\text{ m/s}$	podmínka	
	4. Osa (rotace)	Min. rychlost je $120^\circ/\text{s}$	$\geq 120^\circ/\text{s}$	podmínka	
e)	Pracovní rozsahy				
	1. Osa (rotace)		$\geq \pm 120^\circ$	podmínka	
	2. Osa (rotace)		$\geq \pm 120^\circ$	podmínka	
	3. Osa (translace)		$\geq 150\text{ mm}$	podmínka	

	4. Osa (rotace)		$\pm 400^\circ$	podmínka	
Karuselový zásobník					
1.	Průměr karuselového zásobníku	Každé pracoviště je vybaveno karuselovým zásobníkem s průměrem zohledňující poloměr pracovního prostoru robota	≥ 600 mm	podmínka	
2.	Pohonný systém karuselového zásobníku	Pohyb karuselu je řízen servopohonem s převodovkou s obousměrným otáčením		podmínka	
3.	Rychlost otáčení karuselu	Požadovaná rychlost otáčení karuselu $45^\circ/\text{s}$ minimálně	$\geq 45^\circ/\text{s}$	podmínka	
4.	Přesnost polohování karuselu	Opakovaná chyba přesnosti polohování karuselu.	$\leq 0,05^\circ$	podmínka	
5.	Pracovní deska karuselu	Pracovní deska karuselu s předvrtanými montážními otvory pro 6 přípravků	-	podmínka	
6.	Nosnost pracovní desky karuselu	Nosnost pracovní desky karuselu na jeho obvodu	≥ 100 kg	podmínka	
Kamerový systém					
1.	Barevná kamera	Rozlišení barevné kamery s rozlišením min. HD pro sledování segmentu rotačního zásobníku, ze kterého se odebírají díly	min. HD	podmínka	
2.	Objektivy kamery	Kamera je vybavena sadou objektivu pro různá zorná pole	$\pm 5, \pm 10, \pm 25^\circ/\text{diagonála}$	podmínka	
3.	Rozhraní kamery	Respektovat obvykle používané rozhraní s ohledem na další podmínky na HW a SW	GigE Vision	podmínka	
4.	Osvětlovací panely	Součástí vybavení kamerového systému je sada 3 LED osvětlovacích panelů s bílým difuzním světlem s možností stroboskopií vč. nastavovacích a úchytných prvků.	-	podmínka	
5.	SW kamerového systému	SW kamerového systému umožňuje uživatelské řešení úloh analýzy obrazu v 2D prostoru a přenos výsledků analýzy (poloha resp. barva dílu) do ŘS robota resp. PLC za účelem navigace efektoru	-	podmínka	
Pracovní stůl a PC stanice jako nadřazený ŘS					
1.		Pracoviště je vybaveno pracovním stolem pro dva studenty s PC stanicí.	-	podmínka	
	PC stanice	PC stanicí pro výuku a vývoj SW v návaznosti na robotický, řídicí a kamerový systém splňující minimálně následující technické požadavky	-	podmínka	
a)	HW PC stanice	Popis min. HW PC: CPU s minimálním výkonem podle benchmarku SPEC CPU 2006, výsledky benchmarku musí být	-	podmínka	

		pro nabízený systém nebo odvozený model uvedeny na portálu www.spec.org CINT2006 base – min. 50 bodů CFP2006 base – min. 90 bodů CINT2006RATE base – min. 800 bodů CFP2006RATE base – min. 600 bodů			
		16GB RAM, HDD 2x512GB RAID1, monitor 24“, 2x LAN		podmínka	
b)	SW PC stanice	<u>Popis min. SW PC:</u> OS WIN10 bude nainstalovaný z platné licence UTB součástí jsou vývojové verze všech aplikací potřebných pro vývoj úloh s akademickou licencí: – SW nástroje pro simulace pohybů robota – SW vývojové prostředí pro programování robota – SW prostředí pro programování ŘS pracoviště – SW prostředí pro měřicí a vyhodnocovací úlohy na platformě jedné platformě – SW pro programování kamerových úloh na stejné platformě jako prostředí pro měření	-	podmínka	
Řídicí systém pracoviště					
1.	HW komponenty ŘS	HW komponenty ŘS systému umožňují řešení bezpečnostních obvodů, řízení pohonů, robota a sběru potřebných informací v rámci jedné HW platformy	-	podmínka	
2.	SW komponenty ŘS	SW vyvíjený v programovacích jazycích splňující IEC 61131-3 s návazností na vyšší programovací jazyky C/C++, LabView a podporu více jádrových procesorů	-	podmínka	
3.	Vývojové prostředí ŘS	Vývojové prostředí ŘS umožňuje implementaci SW pro následující technické prostředky:		podmínka	
a)	Pohony	Hlavní pohony pro řízení pohybu robota		podmínka	
b)	Ostatní akční členy	Řízení činnosti efektoru		podmínka	
		Všechny akční členy disponují digitálním rozhraním, primárně využijí sběrnice EtherCAT		podmínka	
c)	Identifikaci poloh, rychlostí	Monitoring a vyhodnocení výstupů z vnitřního sensorického systému robota		podmínka	
4.	Sběrníkový systém ŘS	ŘS podporuje sběrníkový systém EtherCAT a EtherNET s možností připojení grafické ovládací jednotky		podmínka	

5.	Bezpečnost	Celý systém stacionárního dopravníku vyhovuje platným bezpečnostním podmínkám	Splnění podmínek ČSN 260605, ČSN 26 0606	podmínka	
6.	Základní aplikační SW výbava pracoviště	Součástí dodávky pracoviště je software demonstračních úloh, které pracují se všemi zařízeními pracoviště za účelem ověření jejich funkčnosti		podmínka	

Část 2: Pracoviště s kolaborativním robotem

Č. kritéria	Parametr	Popis parametru	Hodnota	Závažnost	Hodnota nabízená uchazečem
Zařízení pracoviště č. 3					
HW robotického pracoviště s kolaborativním robotem					
1.	Kolaborativní robot se dvěma manipulátory a zápěstími typu robotické ruky	Pracoviště je vybaveno tímto typem robota (ne dva kolaborativní roboty)		podmínka	
	Počet stupňů volnosti kinematiky robota	Minimální počet kloubových souřadnic (DOF)	≥6	podmínka	
a)	Poloměr pracovního prostoru	Minimální poloměr je 600 mm	400mm≤poloměr≤700mm	podmínka	
b)	Manipulační hmota zátěže	Minimální dovolená hmota zátěže každého z obou ramen	≥0.5 kg	podmínka	
c)	Rozsah a typ pohybu	Požadovaný rozsah a typ pohybu jednotlivých os			
	Osa 1	Minimální rozsah pohybu	-150° až 150°	podmínka	
		Požadovaná rychlost pohybu	≥ 150 %/s	podmínka	
	Osa 2	Minimální rozsah pohybu	-130° až 30°	podmínka	
		Požadovaná rychlost pohybu	≥ 150 %/s	podmínka	
	Osa 3	Minimální rozsah pohybu	-120° až 75°	podmínka	
		Požadovaná rychlost pohybu	≥ 150 %/s	podmínka	

	Osa 4	Minimální rozsah pohybu	-250° až 250°	podmínka	
		Požadovaná rychlost pohybu	≥ 300 °/s	podmínka	
	Osa 5	Minimální rozsah pohybu	-75° až 120°	podmínka	
		Požadovaná rychlost pohybu	≥ 300 °/s	podmínka	
	Osa 6	Minimální rozsah pohybu	-180° až 180°	podmínka	
		Požadovaná rychlost pohybu	≥ 300 °/s	podmínka	
d)	Efektor	Požadovaný je multifunkční uchopovač pro manipulaci s materiálními díly. Uchopovač musí mít kromě základního servo modulu i další dva funkční moduly, podtlak a vidění. Tyto tři moduly musí umožnit konfigurace tak, aby poskytly různé kombinace pro uživatele v různých aplikacích.			
	Upínací síla efektoru				
		Velikost upínací síly gripperu	≥20 N	podmínka	
		Maximální užitečné podtlakového gripperu	≥150 g	podmínka	
	Specifikace kamery efektoru	Rozlišení	≥1 megapixel	podmínka	
	Osvětlení	Integrovaná LED s programovatelnou intenzitou		podmínka	
		Integrovaný systém zpracování obrazu v systému		podmínka	
e)	Hladina hluku	Hladina hluku ve vzduchu	< 70 dB	podmínka	
f)	Požadovaná kritéria bezpečnosti	Musí splnit následující požadavky:			
	EN ISO 12100	Požadováno splnění -Bezpečnost strojních zařízení - Obecné zásady pro návrh - Posouzení rizik a snížení rizika	Prokázat podle uvedené EN	podmínka	
	EN ISO 13849-1	Bezpečnost strojních zařízení, částí systémů řízení bezpečnosti - Část 1: Obecné zásady pro návrh	Prokázat podle uvedené EN	podmínka	
	EN ISO 13850	Bezpečnost strojního zařízení - Nouzové zastavení - Zásady pro návrh	Prokázat podle uvedené EN	podmínka	
	EN ISO 10218-1	Roboty pro průmyslová prostředí - Bezpečnostní požadavky – Část 1 Robot		podmínka	

	EN 574:1996 + A1:2008	Bezpečnost strojních zařízení - Dvouruční ovládací zařízení - Funkční aspekty - Principy návrhu		podmínka	
	Opatření v ŘS robota	V řídicím systému musí být následující bezpečnostní opatření, které přispívají k omezení výkonu a síly. Jsou certifikovány do kategorie B, výkonnostní úroveň b podle EN ISO 13849-1.	Prokázat podle uvedené EN	podmínka	
		<u>Kontrola kartézské rychlosti</u> musí být prováděna pro manipulátor i zápěstí		podmínka	
		<u>Ochranný stop</u> (bezpečnostní stop). ŘS musí mít elektrický vstup přístupný v režimu externích zařízení použitelný k zastavení robota, např. od bezpečnosti PLC. Funkce ochranného zastavení odpojí výkon od akčních členů a je zastavením kategorie 0 podle ISO 13850. Ochranný stop (bezpečnostní stop). V samostatném režimu je tlačítko nouzového zastavení na Flex-Pendant připojeno na tento vstup a využívá bezpečnostní funkci k zastavení robota.	Prokázat uvedené praktickou ukázkou	podmínka	
		<u>Detekce kolize</u> . V případě neočekávané mechanické poruchy, jako je kolize, se robot musí zastavit a pak se lehce odvrátí od polohy zastavení.	Prokázat uvedené praktickou ukázkou	podmínka	
Pracovní stůl a PC stanice jako nadřazený ŘS					
1.		Pracoviště je vybaveno pracovním stolem pro dva studenty s PC stanicí.		podmínka	
	PC stanice	PC stanicí pro výuku a vývoj SW v návaznosti na robotický, řídicí a kamerový systém splňující minimálně následující technické požadavky		podmínka	
a)	HW PC stanice	<u>Popis min. HW PC:</u> CPU s minimálním výkonem podle benchmarku SPEC CPU 2006, výsledky benchmarku musí být pro nabízený systém nebo odvozený model uvedeny na portálu www.spec.org CINT2006 base – min. 50 bodů CFP2006 base – min. 90 bodů CINT2006RATE base – min. 800 bodů CFP2006RATE base – min. 600 bodů		podmínka	
		16GB RAM, HDD 2x512GB RAID1, monitor 24“, 2x LAN			
b)	SW PC stanice	<u>Popis min. SW PC:</u> OS WIN10 bude nainstalovaný z platné licence UTB součástí jsou vývojové verze všech aplikací potřebných pro vývoj úloh s akademickou licencí:		podmínka	

		<ul style="list-style-type: none"> – SW nástroje pro simulace pohybů robota – SW vývojové prostředí pro programování robota – SW prostředí pro programování ŘS pracoviště – SW prostředí pro měřicí a vyhodnocovací úlohy na platformě jedné platformě – SW pro programování kamerových úloh na stejné platformě jako prostředí pro měření 				
Řídicí systém pracoviště						
1.	HW komponenty ŘS	HW komponenty ŘS systému umožňují řešení bezpečnostních obvodů, řízení pohonů, robota a sběru potřebných informací v rámci jedné HW platformy		podmínka		
2.	SW komponenty ŘS	SW vyvíjený v programovacích jazycích splňující IEC 61131-3 s návazností na vyšší programovací jazyky C/C++, LabView a podporu více jádrových procesorů		podmínka		
3.	Vývojové prostředí ŘS	Vývojové prostředí ŘS umožňuje implementaci SW pro následující technické prostředky:		podmínka		
a)	Pohony	Hlavní pohony pro řízení pohybu robota		podmínka		
b)	Ostatní akční členy	řízení činnosti efektoru		podmínka		
		Všechny akční členy disponují digitálním rozhraním, primárně využijí sběrnice EtherCAT		podmínka		
c)	Identifikaci poloh, rychlostí	Monitoring a vyhodnocení výstupů z vnitřního sensorického systému robota		podmínka		
d)	Grafické uživatelské rozhraní pro ovládací panely	Je požadováno násl. minimální operátorské rozhraní: Obrazovka/ dotykový panel	3.5 in TFT, barevná obrazovka	podmínka		
4.	Sběrníkový systém ŘS	ŘS podporuje sběrníkový systém EtherCAT a EtherNET s možností připojení grafické ovládací jednotky		podmínka		
5.	Bezpečnost	Celý systém stacionárního dopravníku vyhovuje platným bezpečnostním podmínkám	Splnění podmínek ČSN 260605, ČSN 26 0606	podmínka		
6.	Základní aplikační SW výbava pracoviště	Součástí dodávky pracoviště je software demonstračních úloh, které pracují se všemi zařízeními pracoviště za účelem ověření jejich funkčnosti		podmínka		

Část 3: Pracoviště s dvojicí antropomorfních robotů se šesti DOF

Č. kritéria	Parametr	Popis parametru	Hodnota	Závažnost	Hodnota nabízená uchazečem
Zařízení pracoviště č. 4					
HW robotického pracoviště s dvěma antropomorfními roboty					
1.	Dvojici 6-osých robotů	Pracoviště je vybaveno 2 ks těchto robotů		podmínka	
	Poloměr pracovního prostoru	Minimální poloměr je 500 mm	≥500 mm	podmínka	
	Upínací síla efektoru	Upínací síla dvou a tříčelistového uchopovací systému	≥100N	podmínka	
	Zátěž efektoru	Minimální dovolená hmotnost zátěže efektoru	≥2,5kg	podmínka	
	Přesnost polohování	Opakovaná přesnost polohování	chyba ≤ ±0.02 mm	podmínka	
	Rychlosti jednotlivých os				
	1. Osa (rotace)	Min. rychlost je 280°/s na obě strany	≥280°/s	podmínka	
	2. Osa (rotace)	Min. rychlost je 280°/s na obě strany	≥280°/s	podmínka	
	3. Osa (rotace)	Min. rychlost je 360°/s na obě strany	≥360°/s	podmínka	
	4. Osa (rotace)	Min. rychlost je 400°/s na obě strany	≥400°/s	podmínka	
	5. Osa (rotace)	Min. rychlost je 300°/s na obě strany	≥300°/s	podmínka	
	6. Osa (rotace)	Min. rychlost je 650°/s na obě strany	≥650°/s	podmínka	
	Pracovní rozsahy				
	1. Osa (rotace)		≥±100°	podmínka	
	2. Osa (rotace)		≥±120°	podmínka	
	3. Osa (rotace)		≥120 °	podmínka	
	4. Osa (rotace)		≥±200°	podmínka	
	5. Osa (rotace)		≥±120°	podmínka	
	6. Osa (rotace)		≥200°	podmínka	

Pracovní stůl a PC stanice jako nadřízený ŘS					
1.		Pracoviště je vybaveno pracovním stolem pro dva studenty s PC stanicí.	-	podmínka	
	PC stanice	PC stanicí pro výuku a vývoj SW v návaznosti na robotický, řídicí a kamerový systém splňující minimálně následující technické požadavky	-	podmínka	
a)	HW PC stanice	<u>Popis min. HW PC:</u> CPU s minimálním výkonem podle benchmarku SPEC CPU 2006, výsledky benchmarku musí být pro nabízený systém nebo odvozený model uvedeny na portálu www.spec.org CINT2006 base – min. 50 bodů CFP2006 base – min. 90 bodů CINT2006RATE base – min. 800 bodů CFP2006RATE base – min. 600 bodů	-	podmínka	
		16GB RAM, HDD 2x512GB RAID1, monitor 24“, 2x LAN			
b)	SW PC stanice	<u>Popis min. SW PC:</u> OS WIN10 bude nainstalovaný z platné licence UTB součástí jsou vývojové verze všech aplikací potřebných pro vývoj úloh s akademickou licencí: – SW nástroje pro simulace pohybů robota – SW vývojové prostředí pro programování robota – SW prostředí pro programování ŘS pracoviště – SW prostředí pro měřicí a vyhodnocovací úlohy na platformě jedné platformě – SW pro programování kamerových úloh na stejné platformě jako prostředí pro měření	-	podmínka	
Řídicí systém pracoviště					
1.	HW komponenty ŘS	HW komponenty ŘS systému umožňují řešení bezpečnostních obvodů, řízení pohonů, robota a sběru potřebných informací v rámci jedné HW platformy	-	podmínka	
2.	SW komponenty ŘS	SW vyvíjený v programovacích jazycích splňující IEC 61131-3 s návazností na vyšší programovací jazyky C/C++, LabView a podporu více jádrových procesorů	-	podmínka	
3.	Vývojové prostředí ŘS	Vývojové prostředí ŘS umožňuje implementaci SW pro následující technické prostředky:		podmínka	
a)	Pohony	Hlavní pohony pro řízení pohybu robota		podmínka	

b)	Ostatní akční členy	řízení činnosti efektoru		podmínka	
		Všechny akční členy disponují digitálním rozhraním, primárně využijí sběrnice EtherCAT		podmínka	
c)	Identifikaci poloh, rychlostí	Monitoring a vyhodnocení výstupů z vnitřního senzorického systému robota		podmínka	
d)	Grafické uživatelské rozhraní pro případné ovládací panely	Je požadováno násl. minimální operátorské rozhraní: Obrazovka/ dotykový panel	3.5 in TFT, barevná obrazovka	podmínka	
4.	Sběrníkový systém ŘS	ŘS podporuje sběrníkový systém EtherCAT a EtherNET s možností připojení grafické ovládací jednotky		podmínka	
5.	Bezpečnost	Celý systém stacionárního dopravníku vyhovuje platným bezpečnostním podmínkám	Splnění podmínek ČSN 260605, ČSN 26 0606	podmínka	
6.	Základní aplikační SW výbava pracoviště	Součástí dodávky pracoviště je software demonstračních úloh, které pracují se všemi zařízeními pracoviště za účelem ověření jejich funkčnosti		podmínka	

Část 4: Servisní kolový robot

Č. kritéria	Parametr	Popis parametru	Hodnota	Závažnost	Hodnota nabízená uchazečem
Mobilní kolový robot pro řízení materiálového toku					
Mobilní kolový robot					
1.	HW mobilního robota	Celá laboratoř je vybavena 1 ks tohoto robota		podmínka	
	Maximální zátěž	Maximální povolená zátěž	≥ 50kg	podmínka	
	Podmínky podlahy	Robot musí mít schopnost pohybu po plošném povrchu nebo betonu (bez vody, bez oleje, bez nečistot)		podmínka	
	Překročitelnost	<u>Max velikost překážky</u> , kterou musí robot překročit při rychlosti 200 mm/s. Při nižší rychlosti nesmí tento schod překročit tento krok.	10 mm	podmínka	
		<u>Překročitelná mezera</u> , kterou musí robot překročit při rychlosti 200 mm/s. Při nižší rychlosti nesmí tento schod překročit tento krok.	10 mm	podmínka	

	Stoupavost	Maximální sklon hladké podlahy	do 1:3	podmínka	
	Navigace	Požaduje se autonomní navádění založené na mapování okolí využívající např. skenování pomocí bezpečného laseru.		podmínka	
	Metoda vytváření mapy okolí	Scan prostředí je vytvářen při pohybu mobilního robota v prostředí a je zpracován pomocí vlastní (dodané) aplikace.		podmínka	
	Mobilita	Maximální rychlost	≥ 1000 mm/s	podmínka	
	Rychlost zatáčení	Maximální rychlost zatáčení	$\geq 100^\circ$ /s	podmínka	
	Požadovaná přesnost zastavení	Přesnost polohy zastavení	± 150 mm; $\pm 3^\circ$ při otáčení	podmínka	
	Hnané kolo	Nylon, pryž..., <u>nezanechávající stupu na podlaze, el. nevodivé</u>		podmínka	
	Výkon	Baterie	22-30 V ss	podmínka	
		Nominální kapacita baterie	≥ 60 Ah	podmínka	
		Čas provozu bez zátěže	≈ 15 hod	podmínka	
		Doba nabíjení	≈ 4 hod	podmínka	
		Počet nabíjecích cyklů	≈ 2000	podmínka	
	Bezpečnostní standardy	EN1525	ANO	podmínka	
	Bezdrátové připojení	IEEE 802.11 a/b/g	ANO	podmínka	
		Maximální rozsah měření vzdálenosti	≥ 10 m	podmínka	
		Zorné pole laseru	$\geq 250^\circ$	podmínka	
	Bezpečnostní stop	Požadovaný jeden na operátorském panelu		podmínka	
	Sonar	Alespoň jeden vzadu (měření TOF nebo Continuous- transmission frequency- modulated – CTFM)		podmínka	
		Požadovaný rozsah měření vzdálenosti	≥ 1.5 m	podmínka	
	Nárazníky	Požadován je přední nárazník se senzory dotyku		podmínka	
	Nízký přední laser	Nízký přední laser na základně třídy 1; bezpečnost podle ISO13849-1	Prokázat dokumentací podle uvedené ISO	podmínka	

		Maximální rozsah měření laserem	≥ 2 m	podmínka	
		Zorné pole laseru	$\geq 200^\circ$	podmínka	
	Operátorské rozhraní	Je požadováno násl. minimální operátorské rozhraní: Obrazovka/ dotykový panel	TFT, barevná obrazovka	podmínka	
	Reproduktor	Je požadován reproduktor pro zvukové upozornění		podmínka	
	Minimální uživatelské rozhraní				
		Ethernet port	1 × uživatelský LAN,	podmínka	
		Sériové rozhraní	RS-232 , CAN Bus	podmínka	
		Digitální I/O	16 vstupů, 16 výstupů	podmínka	
		Analogové I/O	4 vstupy, 4 výstupy	podmínka	
		Audio rozhraní	Digital Audio Out; Audio In / Audio Out	podmínka	