



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH **ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Diplomová práce

Technické zhodnocení možných konstrukčních řešení pro robo-
tickou ruku

Autor práce: Bc. Martin Pajtinka

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Olšan, Ph.D.

České Budějovice
2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá technickým zhodnocením možných konstrukčních řešení pro robotickou ruku, ta by měla sloužit jako obsluha dojícího automatu. Práce byla vypracována v programu SolidWorks, který je dostupný studentům Jihočeské univerzity zdarma. Nejprve je popsán samotný modelovací program, následně systémy možného řízení robotických rukou a využití robotů v zemědělství. Ze získaných informací vyplývá porovnání vymodelované konstrukce s již dostupnými dojícími roboty.

Klíčová slova: modelování; SolidWorks; robotická ruka; automatické dojení

Abstract

The diploma thesis deals with the technical evaluation of possible design solutions for a robotic arm, which should serve as a milking machine operator. The work was prepared in the SolidWorks program, which is available to students of the University of South Bohemia free of charge. First, the modeling program itself is described, followed by systems of possible control of robotic arms and the use of robots in agriculture. The information obtained results in a comparison of the modeled structure with the already available milking robots.

Keywords: modeling; SolidWorks; robotic arm; automatic milking

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Mgr. Pavlu Olšanovi, Ph.D., za cenné rady a odborné vedení mé práce.

Obsah

Úvod.....	7
1 Literární přehled.....	8
1.1 Program SolidWorks	8
1.1.1 Práce s programem SolidWorks.....	8
1.2 Roboti	9
1.2.1 Typy a klasifikace robotů.....	10
1.2.2 Typy generované cesty.....	11
1.2.3 Robotické komponenty	11
1.2.4 Řídící systémy	12
1.2.5 Programování robotů metodami výuky.....	13
1.2.6 Stupně svobody	15
1.3 Využití robotiky v zemědělství	16
1.3.1 Rostlinná výroba	16
1.3.2 Živočišná výroba.....	24
1.4 Automatické dojení	30
1.4.1 Technické provedení základních funkčních částí automatu.....	33
1.4.2 Jednotlivý výrobci.....	35
1.4.3 Výhody robotického dojení.....	38
1.4.4 Nevýhody a úvahy o robotickém dojení	39
2 Cíl práce	41
3 Metodika	42
3.1 Postup modelování dílů v programu SolidWorks	42
3.2 Funkce skici.....	42
3.3 Funkce prvků	43
3.4 Sestava.....	43
4 Výsledky	45

4.1	Nosníky s podpěrami.....	45
4.2	Kolejnice	48
4.3	Vozík s kuličkami.....	49
4.4	Doraz	50
4.5	Pastorek	51
4.6	Ozubený hřeben.....	52
4.7	Podložka a stavěcí šroub	53
4.8	Deska pod ruku.....	54
4.9	Sestava.....	55
5	Diskuse.....	58
	Závěr	61
	Seznam použité literatury.....	62
	Seznam obrázků	68

Úvod

Ze zemědělství se rychle stává vzrušující high-tech průmysl, který přitahuje nové profesionály, společnosti a investory. Technologie se rychle rozvíjí, a to nejen pokrokem v produkčních schopnostech zemědělců, ale také pokrokem v robotické a automatizační technologii.

V zemědělství je omezená pracovní síla z důvodu městské migrace. Pracovní náročnost a vysoká míra populace na celém světě vtiskli rostoucí popularitu zemědělských robotů v celosvětovém měřítku. To je důvod proč robotika vkročila do oblasti zemědělství, aby poskytla efektivní řešení pracných a časově náročných úkonů v zemědělství jako je sklizeň nebo orba. Zemědělské roboti mohou vykonat lidskou práci rychleji, stále, s lepším řízením času a celkově přesněji. Běžné příklady zemědělských robotů zahrnují traktory bez řidiče, secí a sekací roboty, dojící roboty a automatizované sklízecí stroje.

Autonomní a poloautonomní zemědělské stroje jsou schopny vést nezávisle nebo polonezávisle přesné zemědělské úkony jsou-li vybaveny požadovaným nářadím. Spojení vozidla a konkrétního nářadí tvoří mechanickou strukturu zemědělské robotiky, která je ovládána externím počítačem, ručně lidským zásahem nebo samoučícím programem, který koordinuje činnosti vozidla a připojeného nářadí. Konkrétní nářadí a koordinační systém tvoří spolehlivý, efektivní a praktický robotický systém pro použití v zemědělství.

Zemědělské roboty různými způsoby zvyšují výnosy produkce pro zemědělce. Od dronů přes autonomní traktory až po robotická ramena se technologie nasazuje v kreativních a inovativních aplikacích.

Jádrem tohoto jevu je potřeba výrazně zvýšit produkční výnosy. Podle odhadů OSN se světová populace zvýší ze 7,3 miliardy dnes na 9,7 miliardy v roce 2050. Svět bude potřebovat mnohem více potravin a zemědělci budou čelit vážnému tlaku, aby udrželi krok s poptávkou.

1 Literární přehled

1.1 Program SolidWorks

S potřebou vyrábět kvalitnější výrobky, rychleji a za nižší cenu, vyžadují společnosti od svých návrhových nástrojů čím dál více. Rovněž musí propracovat funkční požadavky, které splňují designové cíle, jsou funkční a uspokojují požadavky zákazníků. SolidWorks a portfolio 3D EXPERIENCE WORKS poskytují širokou škálu konstrukčních a technických schopností, které pomohou přejít od konceptu k finální montáži (Vialva, 2019).

Schopnost spravovat informace v průběhu životního cyklu produktu je osvědčenou taktikou, kterou firmy používají k efektivnějšímu plánování, navrhování, výrobě a správě produktů. Díky řešením pro správu v portfolio 3D EXPERIENCE WORKS mohou společnosti zlepšit vývoj a dodávky produktů s pomocí efektivních, spolehlivých a opakovatelných procesů obsahující správné lidi ve správný čas na správném místě (All3dp.com, 2021).

S pomocí 3D simulace mohou společnosti posoudit výkon, spolehlivost a bezpečnost produktů již během jejich návrhů. Sloučením návrhářů, simulačních návrhářů a techniků získají přehled potřebný k rozhodování, která povedou ke zvýšení kvality produktu a snížení nákladů na prototypování a fyzické testování (Vialva, 2019).

Dokonce i ty nejinovativnější nápady selžou, pokud je nelze efektivně vyrobit. Společnosti požadují sady nástrojů, které umožňují souběžnou práci konstrukčních a výrobních týmů – od vývojářů až po dílnu. 3D EXPERIENCE WORKS komunikaci portfolia zefektivňuje mezi odděleními, identifikuje a snižuje počty chyb vyrobiteľnosti v jakékoliv fázi. Tím přispívá k urychlení propuštění produktu do výroby (Solidwork.com, 2021).

1.1.1 Práce s programem SolidWorks

SolidWorks je software, který je určený pro počítačové navrhování výrobků. Jedná se tedy o tzv. CAD systém, což znamená počítačem podporované konstruování. Program SolidWorks je z hlediska způsobu práce s digitálními daty parametrickým objemovým a povrchovým modelačním programem, který je postavený na technologii grafického jádra Parasolid, jehož tvorba modelů vychází z jednotlivých prvků (Cadtek.com, 2020).

Mimo běžných funkcí výkonného objemového modeláře pro strojírenské účely má i pokročilé funkce pro navrhování svařenců, plechů, forem a plastových dílů. Program podporuje též import a export dat jiných CAD systémů a univerzálních formátů. SolidWorks obsahuje nástroje určené pro práci s malými i velkými sestavami, s možností automatického generování výkresové dokumentace. Dále nabízí funkce pro simulace proudění plynů a kapalin, pevnostní analýzy, animace, fotorealistické renderování, navrhování elektrických schémat, plošných spojů a přípravu dat pro aditivní technologie výroby (Pagáč, 2017).

CAD systémy díky nepřetržitému intenzivnímu vývoji dospěly již před mnoha lety do podoby objemných 3D aplikací. Jejich výkon při vývoji výrobků nelze srovnávat s běžnými 2D programy. Od počátků až do dnes stále zůstává hlavním produktem CAD systémů technický výkres, s pomocí 3D řešení, jako je SolidWorks, díky tomu je vývoj výrobku přehlednější, jednodušší a rychlejší oproti postupům, než když konstruktéři pracovali jenom s 2D geometrií (Captechu.edu, 2021).

Schopnost vytvářet výrobek v prostoru, jednotlivé díly po detailně zpracované sestavy. Pomáhá zvyšovat kvalitu vyvíjených výrobků. Softwarové nástroje obstarávají, a to komplexně zahajovací etapy výrobního procesu, které se skládají z vývoje, konstrukce a technologické přípravy výroby (Solidwork.com, 2021).

Výroba modelu vzniká ze skici (náčrtu), zařazený v rovině (2D skica), eventuálně v prostoru (3D skica), jež zachycuje základní myšlenku konstruktéra. Skica předurčuje tvar budoucího modelu, který je následně vytvářen prostřednictvím prvků anebo povrchů. Základem pro výrobu a grafické zpracování informací je nutná výrobní výkresová dokumentace nebo 3D model. Více dílů, podsestav tvoří sestavu, ze které se následně formuje výrobní výkresová dokumentace sestavy s kusovníkem (Pagáč, 2017).

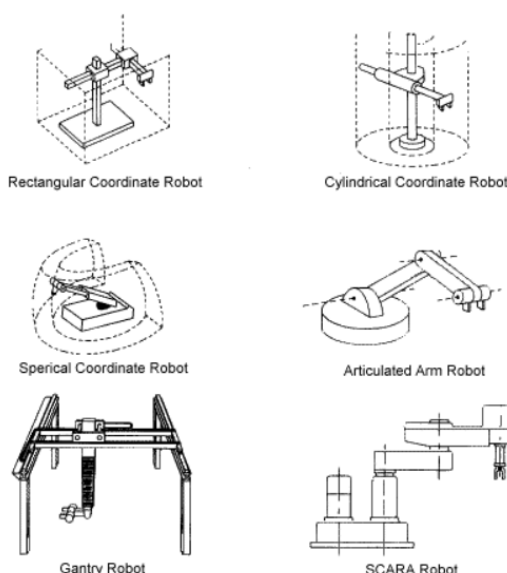
1.2 Roboti

Průmysloví roboti jsou programovatelná multifunkční mechanická zařízení, určena k pohybu materiálu, dílů, nástrojů nebo specializovaných zařízení prostřednictvím proměnných naprogramovaných pohybů k provádění různých úkolů. Systém průmyslových robotů zahrnuje nejen roboty, ale také jakákoli zařízení anebo senzory potřebné k tomu, aby robot mohl vykonávat své úkoly, stejně jako sekvenční nebo monitorovací komunikační rozhraní (Iso.org, 2012).

Roboti se obecně používají k provádění riskantních, nebezpečných, stále se opakujících a nepříjemných úkolů. Mají mnoho různých funkcí, jako je manipulace s materiálem, montáž, svařování elektrickým obloukem, odporové svařování, nakládání a vykládání obráběcích strojů, lakování, stříkání atd. Většina robotů je nastavena na techniku učení a opakování operací. V tomto režimu proškolený operátor nebo programátor obvykle použije přenosné ovládací zařízení, aby robota naučil svůj úkol ručně. Rychlost robota je během těchto programovacích prací nízká (Guarana, 2020).

1.2.1 Typy a klasifikace robotů

Průmysloví roboti jsou běžně dostupní v široké škále velikostí, tvarů a konfigurací. Jsou navrženi a vyrobeni s různými konstrukčními konfiguracemi, různým počtem os nebo stupňů volnosti. Tyto faktory konstrukce robota ovlivňují jeho pracovní prostor (rozsah nebo dosah). Schémata různých konstrukčních konfigurací robotů jsou znázorněna na obrázku – konfigurace designu robotického ramene (Osha.gov, 2015).



Obrázek 1: Konfigurace designu robotického ramene (Osha.gov, 2015)

Servo a Nonservo

Všichni průmysloví roboti jsou ovládáni buď servem, nebo nonservem. Servo roboti jsou řízeni s pomocí senzorů, které neustále monitorují osy robota a komponenty související s polohou a rychlostí. Tato zpětná vazba je porovnána s předběžnými informacemi, které byly naprogramovány a uloženy v paměti robota. Nonservo roboti nemají schopnost zpětné vazby. Jejich osy jsou řízeny s pomocí mechanických dorazů a koncových spínačů (Chaumette et al., 2006).

1.2.2 Typy generované cesty

Průmyslové roboty lze naprogramovat na dálku tak, aby prováděly požadované a předprogramované operace pomocí různých typů cest generovaných různými řídicími technikami. Tři různé typy generovaných cest jsou Cesta z bodu do bodu, Řízená cesta a Kontinuální cesta (Turek, 2011).

Cesta z bodu do bodu

Roboti programovaní a řízení tímto způsobem jsou naprogramováni tak, aby se pohybovali z jednoho samostatného bodu do druhého v pracovním prostoru robota. V automatickém režimu se bude přesná dráha robota mírně lišit v důsledku změn rychlosti, geometrie kloubů a prostorových poloh bodů. Tento rozdíl v trasách je obtížné předvídat, a proto může představovat potenciální bezpečnostní riziko pro personál a zařízení (Osha.gov, 2015).

Řízená cesta

Dráha nebo režim pohybu zajišťuje, že konec paže robota bude sledovat předpokládanou (řízenou) cestu a orientaci, když robot cestuje z bodu do bodu. Přeměna souřadnic potřebných pro tuto správu hardwaru jsou vypočítávány počítačem řídicího systému robota. Při pozorování tohoto typu programování byla zjištěna menší pravděpodobnost představující nebezpečí jak pro personál, tak pro zařízení (Turek, 2011).

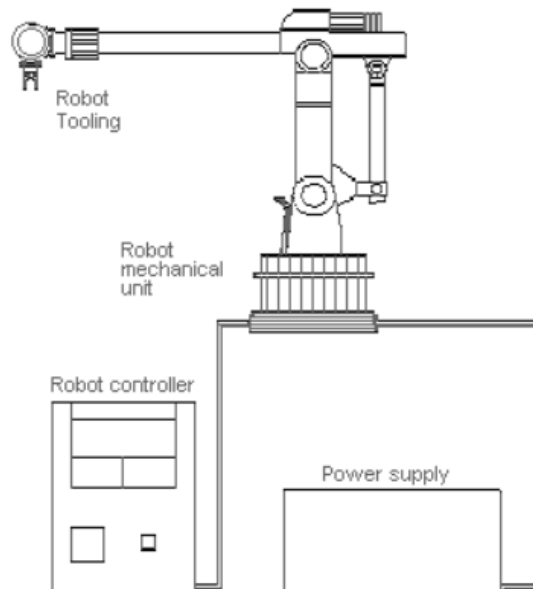
Kontinuální cesta

Robot, jehož dráha je řízena ukládáním velkého počtu bodů nebo jejich blízké posloupnosti do paměti během vyučovací sekvence se nazývá jako robot řízený kontinuální cestou. Během pohybu robota jsou souřadné body nepřetržitě sledovány v prostoru každé osy za přesně stanovený čas, např. 60 krát nebo i vícekrát za sekundu a jsou ukládány do paměti počítače řídicího systému. Když je robot uveden do automatického režimu provozu, program se přehraje z paměti a vygeneruje se duplicitní cesta (Kuka.com, 2020).

1.2.3 Robotické komponenty

Mechanická jednotka

Manipulační rameno robota je mechanická jednotka. Tato mechanická jednotka se skládá z vyrobeného konstrukčního rámu, který je opatřen podporou pro mechanické vazby a spoje, vedeními, akčními členy (lineárními nebo rotačními), regulačními ventily a senzory. Skutečné rozměry, design a schopnost nést váhu závisí na požadavcích aplikace (Bartlett et al., 2015)



Obrázek 2: Průmyslový robot: hlavní součásti (Osha.gov, 2015)

Zdroje energie

Energie se dodává různým akčním členům robotů a jejich ovladačům jako jsou pneumatická, hydraulická nebo elektrická energie. Pohony robota jsou obvykle mechanické kombinace poháněné těmito druhy energie (Liu et al., 2019). Výběr je obvykle založen na požadavcích aplikace. Například u robotů s nízkou hmotností se obecně používá pneumatická síla (nízkotlaký vzduch) (Osha.gov, 2015).

Hydraulický přenos síly (hydraulický olej) se obvykle používá u středních až vysokých hmotností nebo tam kde chceme dosáhnout plynulejšího řízení pohybu než u pneumatických systémů. Při použití ropných olejů je ale třeba vzít v úvahu potenciální nebezpečí požárů způsobených jejich únikem (Osha.gov, 2015).

Elektricky pohánění roboti jsou v průmyslu nejrozšířenější. K napájení elektromechanických motorů, ovládacích mechanismů a řídicích systémů se používá buď střídavý nebo stejnosměrný elektrický proud. Řízení pohybu je mnohem lepší a v případě nouze lze elektricky poháněného robota zastavit nebo vypnout bezpečněji a rychleji než ty s pneumatickým nebo hydraulickým pohonem (Liu et al., 2019).

1.2.4 Řídicí systémy

K téměř veškerému řízení průmyslových robotů se dnes používají buď pomocné počítače nebo vestavěné mikroprocesory. Ty provádějí všechny požadované výpočetní funkce i rozhraní, ovládají související senzory, úchopy, nástroje a další související periferní zařízení. Řídicí systém provádí nezbytné sekvenční a paměťové funkce pro on-

line snímání, větvení a spojení dalších zařízení. Programování řídicích jednotek lze provádět on-line nebo na vzdálených off-line řídicích stanicích, které jsou vybaveny elektronickým přenosem dat z programů za pomoci přenosného úložného zařízení nebo telefonního modemu (Rus a Tolley, 2015).

Schopnost autodiagnostiky při odstraňování problémů a údržbě výrazně snižuje prostoje robotického systému. Některé řadiče robotů mají dostatečnou kapacitu, pokud se jedná o výpočetní schopnosti, kapacitu paměti a schopnost vstupu a výstupu, aby sloužily také jako systémové řadiče a zpracovávaly mnoho dalších strojů a procesů. Programování robotických řadičů a systémů nebyl robotizačním průmyslem standardizován, proto výrobci používají své vlastní programovací jazyky, které vyžadují speciální školení personálu (Osha.gov, 2015).

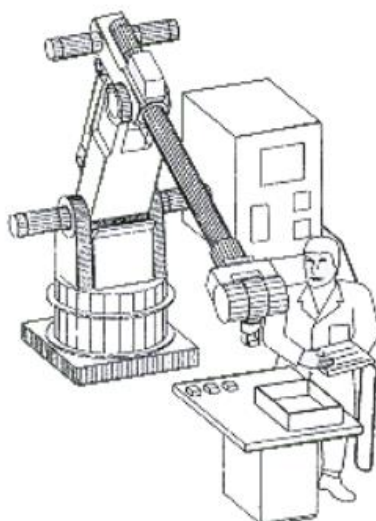
1.2.5 Programování robotů metodami výuky

Program se skládá z jednotlivých příkazových kroků, které uvádějí buď polohu nebo funkci, která má být provedena spolu s dalšími informačními údaji jako je rychlost, prodleva nebo doba zpoždění, vstupní zařízení vzorku, aktivace výstupního zařízení, provedení atd. (Rus a Tolley, 2015).

Při vytváření programu pro robota je nutné vytvořit fyzický nebo geometrický vztah mezi robotem a dalším vybavením nebo prací, kterou má robot obsluhovat. Pro přesné stanovení těchto souřadných bodů v pracovním prostoru robota je nutné jej ovládat ručně a fyzicky ho danou činnost naučit (Rus a Tolley, 2015). K tomu a také k určení dalších funkčních programovacích informací se používají tři různé techniky výuky nebo programování: lead-through (průběžné), walk-through (procházkové) a off-line (Osha.gov, 2015).

Lead-through

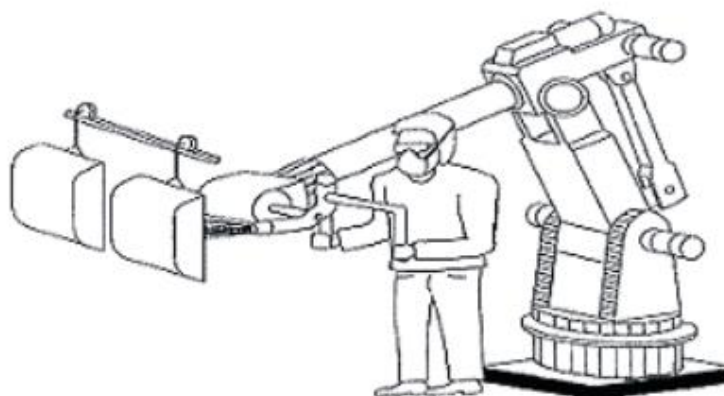
Tato metoda výuky využívá proprietární učící doplňkové zařízení (ovládání robota je přepnuto do režimu „učení“), který umožňuje vyškolenému personálu fyzicky vést robota požadovaným sledem událostí aktivací příslušného tlačítka nebo spínače doplňkového zařízení. Údaje o poloze a funkční informace se robot „učí“ a zapíše se tak nový program. Učící doplňkové zařízení může být jediným zdrojem, pomocí kterého je program vytvořen nebo může být použit ve spojení s další programovací konzolou anebo ovladačem robota. Při použití této techniky výuky nebo programování může být osoba provádějící funkci učení v pracovním prostoru robota s deaktivovanými nebo nefunkčními ochrannými prostředky (Ragaglia et al., 2016).



Obrázek 3: Lead-through programování (Osha.gov, 2015)

Walk-through

Osoba provádějící výuku má fyzický kontakt s ramenem robota. Ve skutečnosti má nad ramenem robota kontrolu a prochází s ním požadovanými pozicemi v pracovním prostoru. Během této doby řídicí jednotka robota skenuje a ukládá hodnoty souřadnic na pevně stanovený čas. Když je robot později uveden do automatického provozního režimu, tyto hodnoty a další funkční informace se přehrají a program se spustí tak, jak byl naučen (Ragaglia et al., 2016). u procházkové metody programování je osoba provádějící výuku v potenciálně nebezpečné poloze, protože provozní ochranná zařízení jsou deaktivována nebo jsou nefunkční (Osha.gov, 2015).

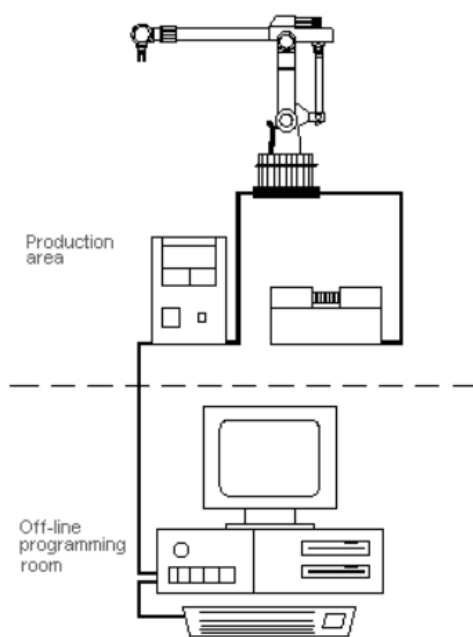


Obrázek 4: Walk-through programování (Osha.gov, 2015)

Off-line

Jedná se o programování stanovující požadovanou sekvenci funkčních a požadovaných pozičních kroků, které je napsáno na vzdáleném počítači. Jelikož je počítač vzdálen od robota a jeho řídicí jednotky, je třeba napsaný program přenést do řídicí jednotky robota a stanovit tak přesná polohová data, aby se dosáhlo skutečných souřadnicových informací pro robota a dalších zařízení. Program lze přenést přímo nebo na disku (Yang et al., 2018). Poté co byl program zcela přenesen do řídicí jednotky robota, lze pro získání skutečných informací o polohových souřadnicích pro osy robota použít techniku lead-through (průběžné) nebo walk-through (procházkové) (Osha.gov, 2015).

Při programování robotů pomocí kterékoli ze tří výše uvedených technik je obecně nutné program ověřit a provést drobné úpravy polohových informací. Tento postup se nazývá oprava programu a běžně se provádí v provozním režimu učení (Yang et al., 2018). Učitel vede robota ručně nebo naprogramovanými kroky. Opět zde existují potenciální rizika úrazu, pokud jsou ochranná zařízení deaktivována nebo nefunkční (Osha.gov, 2015).

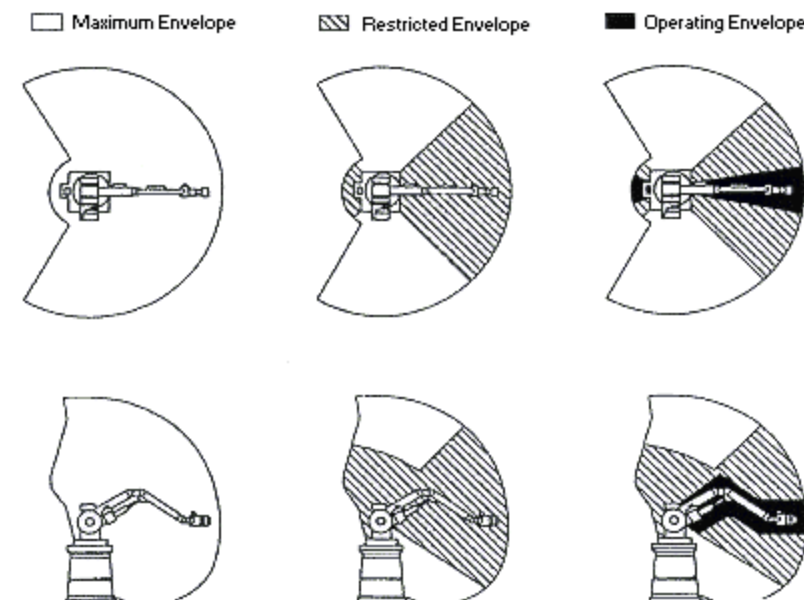


Obrázek 5: Off-line programování (Osha.gov, 2015)

1.2.6 Stupně svobody

Bez ohledu na konfiguraci robota bude mít pohyb podél každé osy za následek buď rotační nebo translační pohyb. Počet os pohybu (stupně volnosti) a jejich uspořádání spolu s jejich sledem činnosti a strukturou umožní pohyb robota do libovolného bodu

v jeho pracovním prostoru. Roboti mají tři pohyby paží (nahoru-dolů, dovnitř-ven, ze strany na stranu) (Kruse et al., 2015). Kromě toho mohou mít až tři další pohyby zápěstí na konci paže robota: vybočení (ze strany na stranu), rozteč (nahoru a dolů) a rotace (ve směru hodinových ručiček a proti směru hodinových ručiček) (Osha.gov, 2015).



Obrázek 6: Pracovní prostor ramene (Osha.gov, 2015)

1.3 Využití robotiky v zemědělství

V této kapitole se nejprve podíváme na využití autonomních robotů v rostlinné výrobě, kde zažívají obrovský rozvoj ve vývoji a využití. Následně hlouběji do živočišné výroby. Zde se roboti používají již několik let a jsou její neodmyslitelnou součástí.

1.3.1 Rostlinná výroba

Růst světové populace postavil zemědělské společnosti do obtížné situace. Musí vyrábět více potravin, aby nasýtily miliardy lidí, a přitom čelí závažným environmentálním a ekonomickým výzvám. Vlády a spotřebitelé stále častěji očekávají, že pěstitelé ovoce a zeleniny budou používat méně pesticidů. Přitom najímání sezónních zaměstnanců na farmách je každým rokem obtížnější. Ochromující nedostatek pracovních sil ohrožuje přežití zemědělců v mnoha zemích. Tváří v tvář těmto výzvám se zemědělství obrací k autonomním strojům jako k životaschopné alternativě lidských pracovníků (Slaughter et al., 2008).

Zájem zemědělců o nejnovější technologie přivedl zemědělské roboty a drony na trh. Nyní už mohou roboti provádět různé úkoly na otevřených polích a ve sklenících.

Od setí a sklizně až po odběr vzorků a postřik. Moderní zařízení pomáhají farmářům pěstovat zdravé plodiny, finančně a ekologicky udržitelným způsobem. Ačkoli jsme teprve na začátku tohoto trendu, existuje již mnoho příkladů, které ukazují na obrovský potenciál zemědělských robotů vyrábět potraviny (Hooiconk, 2019).

Autonomní mobilní roboty je možno použít při různých polních operacích. Lze je použít k usnadnění zaznamenání a zpracování velkého množství dat, mohou poskytnout funkce potřebné k provozu nejen na úrovni jednotlivých závodů, ale také na úrovni celého pole (Mousazadeh, 2013). Nejpoužívanější robotickou technologií v přesném zemědělství je vedení vozidel a systémy automatického řízení. Důvodem je, že ekonomické přínosy jsou snadno dosažitelné bez nutnosti zapojení dalších komponent nebo systémů pro podporu rozhodování (Roldán et al., 2017).

Skleníkové zemědělství

Skleníkové zemědělství je často vhodnou oblastí pro uplatnění technologií automatizace, výpočetní techniky a robotiky. Mezi příklady technologií uplatňovaných v produktivních sklenících patří kontrola teploty a vlhkosti, příprava půdy a přísun vody a živin. Roboti mohou provádět některé úkoly, jež lidé kvůli drsným podmínkám ve sklenících nemohou dělat, jako je monitorování a kontrola životního prostředí, monitorování plodin, zásobování a ošetření a detekce škůdců a chorob (Masuzawa et al., 2017).

Environmentální monitorování skleníků je zajímavé nejen pro kontrolu růstu plodin, ale také pro stanovení sledovatelnosti produktů. V dnešní době je většina systémů používaných pro monitorování prostředí ve sklenících založena na bezdrátových senzorových sítích. Přesto se roboti začínají používat jako mobilní východiska pro senzory.

Skleníky lze považovat za složité systémy s více vstupy a více výstupy. Literatura shromažďuje mnoho návrhů pro navrhování a řízení podmínek uvnitř skleníků. Někteří získávají modely skleníků s využitím analytických rovnic, zatímco ostatní identifikují procesní modely (Matsuo et al., 2019).

Dalším úkolem skleníkového zemědělství, kde mohou roboti hrát důležitou roli, je kontrola a ošetření plodin. Detekce plevelů, škůdců a chorob je možná přímými a nepřímými metodami. Přímé metody jsou založeny na získávání RGB a 3D obrázků a aplikaci technik počítačového vidění. Nepřímé metody vyžadují odběr vzorků ve skleníku a následnou analýzu v laboratoři. Pozemní roboti mohou být použiti

k ošetření a hnojení rostlin, aby se zvýšila přesnost a racionalizace produktu (Masuzawa et al., 2017).

Výsadba a sklizeň jsou sezónní úkoly, které vyžadují značné množství práce. Dále je uvedeno několik návrhů na automatizaci těchto úkolů. Tyto návrhy zohledňují různé typy robotů, senzory (hlavně RGB a 3D kamery, laserové skenery) a efektory (manipulátory a úchopy) (Roldán et al., 2017).

Setí a sklizeň

Z hlediska servisní robotiky se vědci pokouší vyhodnotit použití zemědělské mechanizace a její současné technologie a omezení pro účely velkého rozsahu. Studie ukazují rostoucí úroveň technologického pokroku v mapování polí a plodin, vzorkování půdy, mechanických secích strojů a sklízečů v zemědělských robotech. Výsledky studií dále poukazují na rostoucí zájem o autonomní a poloautonomní systémy pro snižování operací s nejvyšší pracovní zátěží: zpracování půdy, setí a sklizeň (Slaughter et al., 2008).

Za účelem podpory rostoucího vývoje robotů pro setí a sklizeň jsou v souvisejících plánech navrženy nové strategie pro řízení autonomního mobilního robota (Mousazadeh, 2013). Vzhledem k důležitosti manipulačních úkolů v procesech setí, přesazování a sklizně, je strategie pohybu manipulátorů velice diskutována několika autory. Obvykle však neurčují algoritmy plánování cesty, nejběžnějším postojem je přímý posun do požadované polohy koncového efektoru pomocí řízení založeného na poloze a vizuální zpětné vazbě. Strategii plánování úkolů studuje pouze několik výzkumníků (Slaughter et al., 2008). Úkol sklizně je obvykle omezen na sběr jednoho druhu ovoce, zatímco plánování sběru zbytku vyloučeno. Na tuto záležitost je však možné pohlížet ze dvou stran: plánování cesty pokrytou sběrem všech plodů nebo minimalizaci času pro přechod z ovoce do druhého. Detekci a vyhýbání se překážkám studuje stejně nízký počet autorů. Kromě algoritmů plánování cesty je řešení přidána velká složitost díky rozpoznávání překážek. Několik pojetí je založeno na detekci překážek pomocí kolizních senzorů v koncovém efektoru, rozpoznávání překážek s pomocí světelného zobrazování, detekcí a měření vzdáleností (LIDAR) a vizuálních technik (Mousazadeh, 2013).

Tohoto cíle lze dosáhnout pouze mnohotvárností a specializací robotických systémů. Abychom dosáhli lepších výsledků při sklizni, jsou zapotřebí novější a přesnější senzory. Výzkum ukazuje, jak může sloučení několika druhů technologií a spojení

senzorů zlepšit přesnost v činnostech rozpoznávání a lokalizace ovoce (Roldán et al., 2017).

Roboti pro setí

Německá firma zabývající se zemědělskými stroji Fendt a Ulmská univerzita aplikovaných věd se spojily a vyvinuly robota pro výsadbu semen s názvem Fendt Xaver. Díky financování poskytnutému Evropskou unií vytvořili technologii, která umožňuje farmářům umístit na pole roj malých robotů, kteří jsou pak připraveni vykonat přidělený úkol. Robotický systém se skládá z několika částí. Logistická jednotka zabudovaná do high-tech přívěsu, která je zodpovědná za nabíjení baterie, zásobování osivem a přesnou navigaci malých robotů přes cloud. Farmáři se při plánování úkolů a monitorování dat o setí spoléhají na tablet (Hooidonk, 2019).

Roboti také používají satelitní navigaci k určování své přesné polohy, což pomáhá farmářům zdokonalovat operace setí. Stroje jsou řízeny a optimalizovány pomocí algoritmu OptiVisor. Polní robotický systém firmy Fendt je energeticky efektivní díky nízké hmotnosti a nízké údržbě motorů. Akumulátory lze nabíjet z různých zdrojů energie jako je například veřejná rozvodná síť, vlastní bioplynové stanice farmářů, větrná energie nebo palivové články. Firma Fendt, která je považována za jednoho z průkopníků výroby zemědělských traktorů v první polovině 20. století doufá, že jeho nejnovější technologická řešení mohou pomoci zemědělství udělat další velký skok vpřed (Paulová, 2020).



Obrázek 7: Fendt Xaver (Paulová, 2020)

Robot pro sběr jahod

Producenti jahod mají novou podobu. Po pěti letech výzkumu a vývoje představila Belgická firma zaměřená na robotiku plně autonomního robota pro sběr jahod s názvem Rubion. Stroj prochází skleníky nebo vysoké zemědělské tunely, detekuje porost a sbírá zralé jahody. Ovoce je sbíráno bez otlaků. Systém poté jednotlivé kusy váží a umísťuje do určeného košíku. Rubion je schopen předpovídat sklizeň následujícího týdne analýzou plodin, pomáhá tak farmářům efektivněji plánovat další kroky (Picking.technology, 2021).

Ještě důležitější je, že zemědělci nyní budou moci sbírat jahody, když budou zralé, a ne až když budou k dispozici pracovníci. Roboti jsou však považováni za potenciální řešení, které může zvýšit množství a kvalitu konečných produktů. Spotřebitelé si budou moci všimnout rozdílu, protože jahody jsou čerstvější a nebudou mít tolik otlaků (Hooiconk, 2019).



Obrázek 8: Sběrací robot Octinion (Picking.technology, 2021)

Sbírání vzorků půdy na polích

Pěstování plodin na rozsáhlých otevřených polích představuje speciální výzvy. Zemědělci musí analyzovat vzorky půdy, proto aby určili množství živin potřebných v konkrétních částech pole. Použitím optimálního množství živin může zvýšit výnosy, snížit náklady a zabránit znečištění povrchových a podzemních vod. Ale při použití buď příliš velkého nebo příliš malého množství chemických látek může mít ničující účinek na výnosy plodin. Navzdory důležitosti tohoto procesu zemědělci obvykle odebírají

vzorky půdy ručně, což je neúčinná metoda s vysokou mírou chyb při odběru vzorků (Hooiconk, 2019).

Absolventi univerzity Purdue, přišli s lepším řešením pro analýzu půdy. Vyvinuli autonomního robota s názvem SmartCore, který se pohybuje po polích a odebírá vzorky z konkrétních míst. Robot je veden algoritmy, detekcemi překážek a GPS, aby každý rok odebíral vzorky ze stejných míst, což zemědělcům umožňuje sledovat, jak se jejich půda vyvíjí. Jakmile je vzorek odebrán, SmartCore jej přenesse na okraj pole pro odeslání do laboratoře. Výhodou tohoto robota je, že používá samočisticí hydraulický šnek, který dosahuje přesné hloubky, zajišťuje přesnost vzorků a odrážení složení půdy (Schumacher, 2019).



Obrázek 9: Sběr vzorků půdy (Schumacher, 2019)

Odplevelení polí

Autonomní robot Dino provádí okopávání a odplevelení a brání plevelům v odčerpávání vody a živin potřebných pro rostliny. Čtyřkolový robot o hmotnosti 800 kg je vybaven počítačovým kamerovým systémem, který detekuje řádky plodin a neustále přizpůsobuje své mechanické části tak, aby zajistil vysoce přesnou práci. Stroj je velmi účinný při odplevelení zeleniny pěstované na poli, a to jak na vyvýšených záhonech, tak v řadách, ve kterých se pěstuje například hlávkový salát, mrkev nebo cibule (Yamada et al., 2014).

Robot může pracovat bez ohledu na počasí. Sleduje přidělenou cestu díky svému navigačnímu systému GPS a dodržuje předem stanovené týdenní operace v odstraňování plevelů. Šetří tak farmářům čas a peníze, protože mohou řešit jiné složitější úkoly. Dino je mimo jiné také stroj šetrný k životnímu prostředí, protože je poháněn elektrickou energií a omezuje použití chemických přípravků na hubení plevelů. Díky výkonné baterii může pracovat až osm hodin bez zastavení, což je užitečné zejména pro velká pole (Hooidonk, 2019).



Obrázek 10: Odplevelovací robot Dino (Catinari, 2019)

Skenování plodin

Společnost Cambridge Consultants provádí řadu testů při vyvíjení autonomního robota s pohonem umělé inteligence zvaného Mamut, který mapuje rostliny. Pohybuje se mezi nimi s pomocí kamery, systému umělé inteligence, lidarů a kompasu. Zařízení je vybaveno inspekčními senzory a šesti 360-ti stupňovými kamerami, z nichž jedna je multispektrální zobrazovací kamera. Mamut se pohybuje po polích, aby sbíral optická data a vytvářel mapy, což pomáhá farmářům odhalit choroby, odhadnout výnosy plodin a zvolit optimální čas na sklizeň. Na rozdíl od dronů se robot pohybuje pod porostem a shromažďuje podrobnější data (Ruckelshausen et al., 2006).

Monitorování plodin je velmi náročný úkol, firma Cambridge Consultants stále trénuje umělou inteligenci. Robotu trvá přibližně 24 kilometrů 8 hodin, inženýři používají toto období k testování funkcí, jako je vyhýbání se kolizím, plánování a sledování trasy (Hooidonk, 2019).



Obrázek 11: Skenovací robot plodin Mamut (Ideaconnection.com, 2019)

Skenování a stříkání plevele

Švýcarský ecoRobotix zvolil způsob odstraňování plevelu chemickou cestou. Společnost vyvinula autonomního robota, který využívá technologii skenování a stříkání. Systém funguje tak, že software umělé inteligence analyzuje zdroj kamery, sleduje plevel na zemi, následně vyzve robota, aby do cílového místa dodal velmi malou dávku pesticidu (Ruckelshausen et al., 2006). Celý proces je plně automatizovaný, používá 20 krát méně pesticidů ve srovnání s tradičními metodami postřiku. Stroj postříká 3 hektary půdy denně. Horní část robota je pokryta fotovoltaickými solárními panely o velikosti přibližně dva metry čtvereční, které zajišťují stálý přísun energie (Hooi-donk, 2019).



Obrázek 12: Postřikový robot ecoRobotix (Ben-Ari, 2018)

1.3.2 Živočišná výroba

Nejvíce využívanými automatickými systémy v živočišné výrobě jsou dojící roboti, těm je věnována kapitola 1.4.

Automatický systém krmení

Míchací a dávkovací robot je samostatné vozidlo napájené z baterie, které je schopné automaticky dodávat samostatně namíchanou krmnou dávku (Lely.com, 2021c).

S minimálními pracovními nároky bez lidského zásahu, poskytuje čerstvé krmivo 24 hodin denně 7 dní v týdnu. Senzorovými čidly měří výšku krmiva na krmném stole a nezávisle na lidské obsluze na daný stav reaguje, výrazně se tak sníží zbytky krmiva. Každá skupina zvířat má svou vlastní krmnou dávku, přičemž se redukuje vliv dominantních krav u krmného stolu. Systém je řízený přes manažerský program, který šetří lidskou práci, zásoby stačí doplnit pouze jednou za 3 dny. Systém pracuje s minimálními náklady na energie (Agropartner.cz, 2021b).

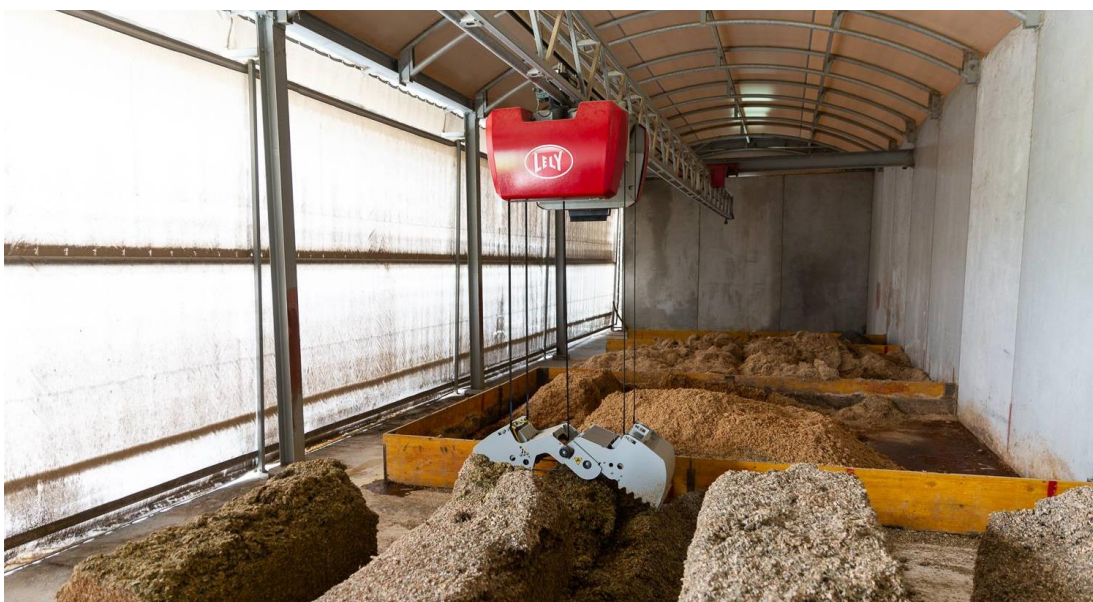
Krmná kuchyň je oblast, ve které je krmivo skladováno, vybíráno, sbíráno a naloženo do robota pro míchání. V přípravné místnosti je nainstalována jeřábová konstrukce s drapákem na krmivo. Ten je s pomocí laseru naváděn na nejvyšší místo daného krmiva, aby je vybral vždy celé.

Krmivo je zvířatům často předkládané, čerstvé a dobře promíchané. Zvířatům tak zaručíme vyšší příjem krmiva, lépe vyváženou krmnou dávku bez zbytků. Systém je čistý, tichý, úsporný a bezpečný. Automatický systém pracuje s větší flexibilitou při každodenních rutinních činnostech.

Častější krmení povzbuzuje požití krmiva, což přispívá ke zdraví, plodnosti a produkci zvířat. Jíst několikrát denně udržuje hodnotu pH bachoru konstantní a kravám tak umožňuje lépe využívat krmnou dávku. Zvířata se stávají aktivnějšími, což má za následek, že častěji navštěvují dojící zařízení a zvýší se tím produkce mléka (Lely.com, 2021c).



Obrázek 13: Krmný automat Lely Vector (Lely.com, 2021c)



Obrázek 14: Krmná kuchyně (Lely.com, 2021c)

Odklíz hnoje a kejdy ze stájových prostorů

Nejdůležitějším faktorem celkové funkce stáje je volba správného systému odklizu výkalů zvířat (Agrico.cz, 2019a).

- **Robotická vyhrnovací lopata**

Jedním z možných řešení je použití autonomní shrnovací robotické lopaty pro odklíz hnoje ve stájích pro skot. Je schopna obsluhovat velkokapacitní provozy s různým typem hnoje, jak bezstelivové, tak i hnůj s vysokým obsahem slámy. Zařízení je programovatelné, říditelné i vzdáleným přístupem přes aplikaci například z mobilního telefonu. Může vyklízet jednu i více hnojných chodeb, s různým konstrukčním řešením, se zatáčkami i širokými hnojnými chodbami. Robot je přátelský ke zvířatům, pracuje bez nutnosti jejich přehánění. Mechanické kydání stájí je velmi ekonomické a spolehlivé řešení (Agrico.cz, 2019b).



Obrázek 15: Shrnovací lopata Microbot 3.0 (Agrico.cz, 2019b)

- **Samojízdný vyhrnovací robot**

Plně automatizovaný, vysoce mobilní vyhrnovací robot pracuje pouze ve stájích s roštovými podlahami. Velmi usnadňuje plánování stáje, jelikož nejste omezováni speciálními požadavky v případě pevné shrnovací lopaty.

V manažerském programu si naprogramujete trasu nebo trasy, kde by se měl robot pohybovat. Otáčí se doleva nebo doprava, točí se u křížných chodeb, vyčistí každý roh, jede přímo rovně v dlouhých chodbách, neruší zvířata. Má zabudovaný systém bezpečnosti krav, je nenáročný na údržbu. Pojezdová rychlost je 4 metry za minutu,

je napájen přes baterii. Vyhrne výkaly až od 250 krav, stáj čistí pětkrát denně pak se hodinu dobíjí pro zahájení dalšího cyklu (Moso.cz, 2021b).



Obrázek 16: Vyhrnovací robot DeLaval RS250 (Moso.cz, 2021b)

- **Autonomní vysavač kejdy**

Pohybuje se samostatně ve stáji podle naprogramovaných tras a čistí pevné betonové podlahy v hnojných chodbách sbíráním kejdy do vnitřní nádrže. Ve stáji zaměřuje svou polohu pomocí dvou ultrazvukových senzorů, nárazového senzoru a elektronickým kompasem. Počet jízd je závislý na velikosti a uspořádání stáje, jeden robot zvládne max. 100 krav na ploše 500 metrů čtverečních. Jednoduché ovládání s pomocí chytrého mobilního telefonu. Robot vyjíždí na trasu v určený čas a v požadovaný interval (Agropartner.cz, 2017).

Při zahájení činnosti má naplněné vaky s vodou, která je požívána nejprve pro navlhčení vysávaného materiálu a následně k čištění plochy za robotem, jenž snižuje kluzkost vyčištěné podlahy. Když vysavač dokončí naprogramovanou trasu, vrací se zpět do nabíjecí stanice nad sběrný kanál. Tady si naplní vaky vodou a tím vytlačuje nahromaděnou kejdu z nádrže do kanálu (Lely.com, 2017).

Tento robot je vhodným řešením pro farmáře, kteří si nemohou dovolit pořídit instalaci jiného systému čištění hnojných chodeb a krmišť, ale mají vysoké požadavky na čistotu stáje a požadavky na pohodu svých zvířat (Lely.com, 2017). Zařízení je totiž

geniálně jednoduché, protože nepotřebuje instalovat do stáje žádné naváděcí prvky, vystačí si s ultrazvukovými čidly a elektronickým kompasem. Pro bezpečnost zvířat je vybaven nárazovými čidly a senzory otáček kol. Dokáže včas zareagovat na překážku, zvíře nebo změnu okolností během trasy (Agropartner.com, 2017).



Obrázek 17: Autonomní vysavač kejdy Lely Discovery 120 Collector (Lely.com, 2017)

Automatické přihrnovače krmiva

Plně automatický přihrnovač krmiva zajistí kravám přísun krmiva ve stanovených časech. Zajistí se tím přístup k čerstvému vysoce kvalitnímu krmení, i pro méně dominantní zvířata (Kamir.cz, 2021).

- **Odvalovací prstenec**

Stroj se automaticky pohybuje po krmné chodbě, na základě předurčených tras a vodících lišt připevněných v podlaze. Jeho odvalující se spodní prstenec přihrnuje krmivo směrem ke krmnému žlabu (Kamir.cz, 2021). Robot je vybaven inteligentním softwarem. Nezávisle měří vzdálenost k hrazení a určuje si tak optimální posuv krmiva. To je založeno na jeho množství na krmném stole. V praxi to znamená, že automatický přihrnovač nejede stále přímým směrem, ale přihrnuje krmivo podle jeho množství na krmném stole. Odjíždí a přijíždí zpět k hrazení podle vyhodnocených dat, tak aby zajistil co nejlepší odpor a tlačnou sílu. Krmivo je vždy dobře tlačeno, a to i mezi krmeními (Lely.com, 2021a).



Obrázek 18: Přihrnovač krmiva Lely Juno (Lely.com, 2021a)

- **Šnekový přihrnovač**

Předešlý systém robotických přihrnovačů je navržen tak, aby krmivo přihrnoval směrem ke krmnému stolu posuvným nebo otáčivým pohybem kolem své osy. Krmivo se stlačí, udusá, což mu nepřidává na kvalitě (Farmshop.cz, 2021). Šnekový podavač krmivo suně na krmný stůl rozvolněné, znovu jej promíchává a zanechává za sebou čistou trasu (Delaval.com, 2020). Na krmivo nepůsobí žádný tlak, naopak je rozvolněno a promícháno. Zůstává tak kvalitní a svěží jako po vysypání z krmného vozu. Přihrnovací robot není omezen žádnými vodíci lištami nebo nosnými konstrukcemi a může být tak použit ve více stájích bez jakéhokoliv použití, včetně venkovního. Robot se pohybuje pomocí malých magnetů, které jsou ukotvené v podlaze každé 2 metry. Řídící jednotka robota se vyznačené trasy naučí již první jízdou a poté pracuje samostatně (Farmshop.cz, 2021).



Obrázek 19: Šnekový přihrnovač krmiva DeLaval OptiDuo (Landais, 2018)

1.4 Automatické dojení

Automatické dojení se používá u mléčných zvířat, zvláště u mléčného skotu. Automatické dojící systémy dojení nazývané také jako dobrovolné systémy dojení byli vyvinuty na konci 20. století. Na trh byli poprvé uvedeny počátkem 90. let. Jádrem systémů, které umožňují plnou automatizaci při dojení je v podstatě druh zemědělského robota. Proto se také automatickému dojení říká robotické. Použité systémy se opírají o využití počítačů a speciálních programů pro správu stáda, kterým je možné sledovat i zdravotní stav krav (Omfara.gov.on.ca ,2021).

Robotické dojení umožňuje krávě se rozhodnout kdy bude podojena, místo toho, aby byla dojena společně se skupinou v daných časech dojení. Dojící robot je plně automatické dojící zařízení, a tak si zvíře může samo určit kdy bude podojeno.

Dojící jednotka robota se skládá z dojícího stroje, snímače polohy struku (nejčastěji laseru), robotického ramene pro automatické umístění a odstranění strukových násadců a systému bran pro řízený pohyb krav. Krávy mohou být trvale umístěné ve stáji, ale většinu času tráví odpočinkem nebo jezením v prostoru volného stání. Pokud jsou krávy paseny na pastvinách, nejprve jsou podojeny v dojícím robotu a následně selekční brankou propuštěny na vnější pastviny (Van den Pol-van Dasselaar et al., 2012).

Když kráva vstoupí do prostoru dojícího robota, identifikační čidlo načte transpondér zvířete a předá o něm informace do řídicího systému. Pokud byla kráva před nedávnem podojena, řídicí systém odešle informaci pro otevření automatické brány

a zvíře je propuštěno ven z jednotky. Jestliže je možné krávu podojit, zahájí se automatický proces. Nejprve je zvířeti nasypáno peletované krmivo pro to, aby se uklidnilo a následně proběhne automatické čištění struků, umístění strukového násadce, dojení a dezinfekce struků (Web.archive.org, 2005).

Stáj může být upravena způsobem, že zvíře má přístup ke krmnému stolu pouze průchodem přes dojícího robota. Toto uspořádání se nazývá jako nucený pohyb krav. Nebo může být stáj uspořádána tak, aby kráva měla neomezený přístup ke krmení, vodě a lehacím boxům. K návštěvě dojícího robota je motivována pouze uvolněním tlaku ve vemeni a chutným krmivem. Tento systém se nazývá jako volný pohyb krav (Bava et al., 2005).

Pokrokovou technologií v dojících robotech je manipulátor. Robotické rameno automatizuje úkoly čištění struků, nasazování strukových násadců, jejich odstraňování, dojení a následnou dezinfekci bez použití lidské manuální práce. Konstrukce ramene robota, připojených senzorů, čidel a ovládacích prvků dovoluje vysoký výkon bez dozoru. Od farmáře se jen žádá, aby kontroloval stav stáda a hlídal, zda se nějaké zvíře nebylo delší dobu podojit (Web.archive.org, 2005).

Obslužnost dojícího robota je 50–70 krav za den. Četnost dojení je 2-3 krát denně, jeden dojící robot, který obsluhuje 60 krav a dojí každé zvíře 3 krát za den má výkonnost 7,5 krav za hodinu. Pro tuto nízkou kapacitu není nutné používat drahé vysokorychlostní rameno a řídicí systém (Lely.com, 2021)

Od počátku 90. let jsou dojící roboti běžně dostupní. Při dojení metodou volného pohybu krav se osvědčili jako relativně zdařilé. Výzkum proběhl zejména v Nizozemsku, kde se nahází nejvíce farem s dojícími roboty (Web.archive.org, 2012).

Chování krav je značně ovlivněno dědičností a následně vnějším prostředím. Důvěra zvířete k lidem, kteří ho ošetřují se projevuje zvýšenou produkcí (Machálek et al., 2011b). Ošetřovatel, který se o zvíře stará by měl působit pozitivně tzn. mít dobrou náladu, dělat pomalé pohyby, vyvarovat se hlasitých projevů, navázat se zvířetem oční kontakt, používat stálé povely a náležitě pomůcky. Výsledkem je pak celková pohoda zvířete, častější návštěvy robota, dobrý zdravotní stav, vysoká užitkovost. Pokud se ke zvířeti chováme negativně, máme špatnou náladu, děláme prudké pohyby, křičíme a neúměrně používáme nevhodné pomůcky, vyvoláme u zvířete strach, nepohodu, snížení užitkovosti, zhorší se jeho zdravotní stav a odmítá vstoupit do robota (Machálek et al., 2011a).

Chování zvířete je ovlivněno fyziologickým stavem vnitřního organismu, vrozenými vlastnostmi a instinkty. Je-li narušena pohoda zvířete, projeví se to změnou chování. Zvíře například mění četnost návštěv robota, kulhá, je agresivní, podrážděné nebo má problémy se vstáváním (Machálek et al., 2011a).

Vztah krav k robotickému dojení

Impulzem zvířete pro vstup do robota je nějaká vnitřní potřeba například úleva od záteže nebo tlaku ve vemeni. Při praktických pokusech se zjistilo že toto není pro většinu dojnic dostačující. Proto byla použita další motivace, podávání jaderného krmiva uvnitř robota. Některá zvířata i přesto odmítají vstoupit do prostoru robota, proto je vhodné, aby při vstupu do automatu viděli ostatní dojnice (Machálek et al., 2011b). Není příliš vhodné kdy dojící automat je nedosažitelný a zvíře tak musí projít labyrintem dlouhých úzkých uliček (Driessen a Heutinck, 2015).

Návyk zvířat na robota

Tele vnímá dojící automat již v břiše matky. Mělo by vyrůstat ve stáji, která je konstrukčně podobná té produkční, to znamená volné ustájení a podobné technické prvky (napáječky, lehací boxy). Ošetřovatel by neměl zvířata moc rušit, měl by zde pobývat jen po dobu nezbytně nutnou (Machálek et al., 2011b).

Ve stáji pro jalovice je doporučeno umístit tzv. tréninkový box, do kterého se následně jalovice lákají na pamlsky. Ta zvířata, jež odmítají vstup dobrovolně pravděpodobně do něho nevstoupí ani v dospělosti. Násilné strkání zvířete do boxu zpravidla vykazuje opačný výsledek. Jestliže má jalovice kolem automatu volný prostor bez překážek učí se rychleji (Machálek et al., 2011b). Další možností je natrénovat vstupování do dojícího automatu přímo v produkční stáji kde telata tento proces okoukají od dojnic. Tuto metodu lze použít pouze tam, kde jsou dojnice a jalovice ustájeny pod jednou střešou (Driessen a Heutinck, 2015).

Prvotelku musí ošetřovatel doprovázet na dojení třikrát denně v pravidelných intervalech. Pokud byla naučena na tréninkový box již před laktací, nepotřebuje následně doprovod (Machálek et al., 2011a).

Dojnice si většinou automat velmi oblíbí, pokud je jim přístup k automatu odmítnut, mohou truchlit podobně jako když přijdou o tele. Vyskytují se dojnice, které odmítají vstoupit do robota. Každé zvíře je naučené vstupovat do robota buď z levé nebo pravé strany, proto je potřeba vést zvíře do automatu z jedné strany. Prostředí stáje také napomáhá motivovat dojnici ke vstupu automatu (Driessen a Heutinck, 2015). Dojnice by se měla ve stáji cítit co nejvíce pohodlně, měla by mít co nejvyšší stupeň

welfare. Minimálním požadavkem pro ochranu zvířat je potřeba zajistit kubaturu stáje, osvětlení, teplotu, větrání a dezinfekci stájového prostředí (Machálek et al., 2011a).

1.4.1 Technické provedení základních funkčních částí automatu

Řídicí systém

Je tvořen souborem senzorů, akčních článků, mechatronických zařízení a dalších komponentů průmyslové automatizace. Centrálním uzlem systému bývá v dnešní době PLC – programmable logic controllers, které jsou doplněné o další podřízené nebo nadřízené kybernetické systémy. Jimi jsou například dálkové ovládání s pomocí mobilního telefonu farmáře nebo dálkové připojení servisu (Maixner, 2006).

Vstupní brána

Některé dojnice vstupují do automatu vícekrát za den, je proto vhodné před vstup do automatu umístit vstupní selekční branku, která rozpozná konkrétní zvíře. Pro vysoké pořizovací náklady dojícího automatu je dobré zamezit častým návštěvám zvířat, čímž se sníží i jeho opotřebování. Vstupní branka může být vybavena systémem detekce říje, váhou a mechanickým zařízením, které donutí dojnici opustit prostor (Devir, 1996).

Identifikace zvířete

DMS – dairy management system je základní součástí dojícího robota pro konkrétní rozpoznání zvířete. Identifikaci zvířete zajišťují infračervené nebo rádiové transpondéry, které má zvíře upevněné na těle. Mohou být upevněny buď na obojku nebo na noze. Také se používají podkožně implantované transpondéry, bachorové bolusy či jiné systémy. Transpondéry mohou sloučovat i další funkce jako je přežvýkání, pohyb zvířete nebo zdravotní stav (Kitikov a Ternov, 2009).

Vnitřní prostor

Vnitřní prostor u zvířete někdy vyvolává stres či znehybnění. Proto je vhodné zde umístit posuvnou stěnu nebo klenutou podlahu, která udržuje zadní nohy zvířete dále od sebe. Tím zajistíme zvířeti přiměřenou svobodu (Gouws, 1994).

Čištění struků

Nejčastěji se používá rotační kartáč nebo čistící násadec. Může být také použita tryskající voda s následným vysušením vzduchem. Souřadnice pro nasazení strukového násadce se aktualizují při každém vstupu dojnice nebo jsou využity souřadnice z prvního vstupu zvířete do dojícího automatu. Systém by měl bránit šíření zánětů vemen. Pro detekci znečištěného vemene lze využít ultrazvukový signál (Kic a Nehasilová, 1997).

Stimulace struků

Stimulace je prováděna jako vedlejší účinek čištění vemene. Může být prováděna zesílenou frekvencí pulzů strukových násadců. Pro uvolnění hormonu oxytocinu stačí masírování pouze jednoho struku po dobu alespoň 32 sekund. Pokud se vynechá stimulace struků a vemene může se nejprve vydojit cisternové mléko a až později mléko alveolární (Rasmussen a Reinemann, 2010).

Nasazování strukových násadců

Nasazení strukových násadců je pro robota velmi náročné. Musí neustále upravovat polohu a tvar struků. Doba působení hormonu je časově omezena, proto je násadce nutné nasadit v co nejkratší době. Robot zvládne nasadit strukové násadce za 2 až 2,5 minuty, maximálně za 6 minut, uskuteční přitom 2 až 5 pokusů. Školený dojič ručně dokáže nasadit strukové násadce za 10 až 15 sekund, což je v porovnání s dojícím automatem velmi krátká doba (Machálek, 2011a).

Dojení

Fáze dojení: 1. nárůst toku, 2. rovnoměrný tok, 3. pokles toku, 4. předojování. Nové dojící stroje zohledňují rozdíly z jednotlivých čtvrtí vemene. Zadní čtvrtě mají vyšší nádoj a vyšší tok mléka než přední. Dojící robot samostatně odpojuje struky podle průtoku mléka, čímž se zabrání předojování a tím se sníží riziko zánětů struků (Rasmussen a Reinemann, 2010).

Rameno

Důležitá část dojícího automatu, na kterém jsou umístěny strukové a čistící násadce. Podstatná je masivnost ramene a odolnost vůči násilnému kontaktu s dojnící. Záměrem konstruktérů je snížit poškození ramene a poranění zvířete (Čihák, 2018).

Dávkovač jaderného krmiva

Během dojení je zvířeti podáváno několik druhů krmiva pro zklidnění a odbourání stresu ze stísněného prostoru (Machálek, 2011b).

Čištění stroje

Po dokončení dojení je prováděn proplach vodou. Jsou vydezinfikovány strukové násadce, omyty čistící kartáče a několikrát za den propláchnuto mléčné potrubí od dojícího automatu až k chladicímu tanku (Machálek, 2011a).

1.4.2 Jednotlivý výrobci

Lely

Nejpoužívanějšími dojícími roboty v České republice jsou od holandské společnosti Lely (Hankovec, 2014).

Pro pohánění kinetických součástí stroje jsou využívány pneumatické systémy. U těchto robotů je minimální počet pohybů při nasazování a snímání strukových násadců. Roboti jsou konstruováni tak, aby byli jednoduché na údržbu. Jestliže robot splní základní požadavek, kterým je jednoduchost, stává se rychlým a tím pádem nijak neovlivňuje produktivitu. Roboti potřebují maximálně 4 pravidelné údržby. Dojící automat Lely spotřebovává nejmenší množství vody na rozdíl od konkurence, zásluhou propracovaného čištění a díky tomu, že strukové násadce nemohou spadnout až na zem, není nutné stále očišťovat podlahu. Strukové násadce jsou umístěny na pohyblivém rameni a pomocí 3D kamery a laseru postupně nasazeny na struky (Agropartner.cz, 2021a).

Při přechodu na dojící roboty je důležitým prvkem to, jak snadno si dokážou zvířata na robota přivyknout. Proto dojící roboti Lely obsahují integrovaný žlab, díky kterému se zvířata nechávají ochotně podojit.

Společnost Lely si zakládá na systému „plug and play“, který známe spíše z elektronických zařízení z domácnosti. V souvislosti s dojícími roboty to ale znamená, že je možné robota umístit do jakékoliv stáje a zcela naprosto hned jej používat. Snaží se svými technologiemi odlišit od konkurence při navrhování nových robotů. Konstruktoři dojících robotů Lely proto vždy uvažují velmi důmyslně, aby eliminovali množství pohybujících se částí a tím snížili riziko vzniku poruch (Lely.com, 2021b).



Obrázek 20: Dojící robot Lely Astronaut A5 (Agropartner.cz, 2021a)

DeLaval

Švédská společnost De Laval je dalším u nás velmi rozšířeným výrobcem dojících robotů. Ramena robotů jsou poháněna hydraulicky na rozdíl od robotů Lely. Výrobce tak garantuje větší přesnost a snížení množství mechanických poruch. Pracovním prostředkem v hydraulickém systému je stlačený olej (Moso.cz, 2021a).

Automat využívá přípravu každého struku zvlášť. Nejprve jsou všechny struky jednotlivě očištěny prostřednictvím teplé vody a vzduchu, následně stimulovány, předdojeny a osušeny. Každý strukový násadec má individuální mléčné potrubí, tím se zamezí znečištění zbytku mléka. Roboti DeLaval používají obdobu 4 Effect, dojí každý struk zvlášť.

Pro navádění strukového násadce používá optickou kameru a dvojité laser. DeLaval má vlastní řídicí manažerský program dojících robotů, který rovněž poskytuje propojení s počítačem nebo jinými bezdrátovými technologiemi. Software DelPro slouží pro kontrolu kvality mléka. Na obojku krávy je umístěný pedometr, který slouží k její identifikaci (Delaval.com, 2021).



Obrázek 21: Dojící robot DeLaval VMS (Bvv.cz, 2019)

Fullwood

Dojící robot společnosti Fullwood pracuje s pneumaticky ovládaným ramenem, na kterém jsou umístěny strukové násadce a laser pro navádění na struky. Za účelem snížení poruchovosti svých strojů se společnost pokusila odstranit co největší množství pneumatických válců v obvodu. K čištění struku se používají válečky s nánosem dezinfekční kapaliny.

Pro identifikaci zvířat se používají transpondéry, jež mohou mít zvířata umístěné na krku, uchu nebo noze.

Manažerský systém používaný společností Fullwood se nazývá Crystal. Tento systém umožňuje, stejně jako konkurenční, online monitorování stáda, informace o jednotlivém zvířeti a stroji. K robotu lze dokoupit nástroj k analýze mléka s názvem CrystaLab (Fullwoodpacko.com, 2021).



Obrázek 22: Dojící robot Fullwood M²erlin (Fullwood-dev.yarrington, 2021)

GEA

Dosud jsme se zabývali roboty, kteří jsou schopné v jednu chvíli obsloužit pouze jednu dojnici, jsou nazvaní jako s tzv. monoboxovým stáním. Německá společnost GEA se rozhodla vydat cestou tzv. multiboxových robotů. Jsou skládány za sebou nebo vedle sebe. Dojící robot tedy může v jednu chvíli obsluhovat větší množství dojnic (Farmtec.cz, 2018).

Dojící robot Mlone je složen z jednoho dojícího stání, k němuž je možné postupně připojit až 4 další v řadě. Sérii stání je možné upravovat vzhledem k velikosti stáda (Farmtec.cz, 2018). Všechna stání jsou propojena jednou obslužnou chodbou a jedním robotickým ramenem. Při výpadku elektřiny nebo poruše ramene lze strukové násadce nasadit ručně a zamezit tak prostojům.

System Mlone je plně pneumatický podobně jako roboti Astronaut nebo Merlin. k rozeznání struků a strukových násadců využívá Mlone stejně jako Lely 3D kameru, to zjednodušuje jejich nasazení. Úplný proces čištění i dojení probíhá při jednom nasazení strukového násadce, zkracuje se tak čas, který zvíře stráví ve stroji (Gea.com, 2021a).



Obrázek 23: Dojící robot GEA DairyRobot R9500 (GEA.com, 2021b)

1.4.3 Výhody robotického dojení

Ulehčení práce

Farmář nemusí dojit zvířata a dodržovat harmonogram dojení, více času může věnovat dohledu nad zvířaty a ostatním pracím na farmě (Rotz et al., 2003).

Totožnost dojení

Proces dojení je stejný pro každou krávu a každou návštěvu. Není tak ovlivněn různými osobami, které dojení provádí. Čtyři samostatné dojící strukové násadce jsou odejmuty jednotlivě, to znamená že na prázdné čtvrti nezůstane připevněn, dokud se nedodojí ostatní. Minimalizuje se tak riziko zranění zvířat. Nejnovější dojící roboti mohou měnit rychlost pulzace a úroveň vakua na základě průtoku mléka z každé čtvrtě (Brocard et al., 2014).

Zvýšená frekvence dojení

Každá kráva může být podojena až 3krát za den, což může mít za následek menší namáhání vemene a zvýšení pohodlí pro krávu. Vyšší počet dojení zvyšuje výtěžnost mléka na zvíře, nicméně velká část tohoto nárůstu je spíše voda než sušina (Rotz et al., 2003).

Správa stáda

Použití počítačového řízení umožňuje farmáři získat více informací o stádu. Tyto informace umožňují zlepšit hospodaření prostřednictvím analýzy stáda, jako například reakci produkce mléka na změnu krmné dávky. Lze také zkoumat historii krav a nastavit výstrahy, jež farmáře budou varovat před mimořádnými změnami naznačující nemoc nebo zranění zvířete. Shromažďování informací o stádu dává dojícímu robotu přidanou hodnotu, akorát správné provedení a použití je závislé na dovednostech farmáře nebo přesnosti počítačových algoritmů (Castro, 2018).

1.4.4 Nevýhody a úvahy o robotickém dojení

Vyšší počáteční náklady

Jestli je ekonomicky výhodné investovat do pořízení automatického dojícího robota namísto do konvenční dojírny závisí na nákladech na stavbu, investicích do dojícího systému a nákladech na pracovní sílu. Vyjma nákladů na pracovní sílu je nutné vzít v úvahu také dostupnost pracovní síly. Obecně je automatický dojící robot výhodný pro menší farmy. Velké podniky obvykle levněji provozují konvenční dojírny (Rotz et al., 2003).

Zvýšené náklady na elektřinu

Pro provoz dojících robotů mohou být vyšší náklady na elektrickou energii, ale to je více než vyváženo pracovní silou (Brocard et al., 2014).

Zvýšená složitost

Složitost zařízení je nezbytnou součástí technologického pokroku. Složitost dojícího robotického zařízení oproti konvenčním systémům zvyšuje závislost na službách údržby ze stran výrobce. V případě úplného selhání systému je farmář odkázán jen na rychlou reakci poskytovatele servisu. V praxi se však dojící roboti osvědčili a ukázali jako robustní, s dobrými servisními sítěmi (Brocard et al., 2014).

Snížení kontaktu se stádem

Při konvenčním dojení jsou krávy v přímém kontaktu s lidmi, kteří je před připojením na dojící zařízení pozorují a hodnotí jejich stav. Automatické dojící systémy zkracují dobu, kdy má farmář blízký kontakt se zvířetem, kdy by mohl odhalit nemoc nebo jeho

poranění. Po delší dobu bez povšimnutí příznaků může utrpět na kvalitě nejen kvalita mléka, ale i zdraví zvířat. Senzory umístěné na mléčném potrubí se sice snaží detekovat změny v mléce způsobené infekcí, ale není to vždy úplně přesné a farmář tak musí být součástí stáda (Castro, 2018).

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je porovnat technická zhodnocení možných konstrukčních řešení pro robotickou ruku. Robotická ruka by následně měla sloužit jako obsluha dojícího automatu, pro čištění struků, jejich dezinfekci, aplikaci a sejmutí strukových násadců.

Práce bude utvořena formou literární rešerše. Nejprve stručné uvedení do problematiky a souvislosti s dalšími obory. Práce s programem SolidWorks, využití robotické ruky v zemědělství. Metodika a konstrukční řešení.

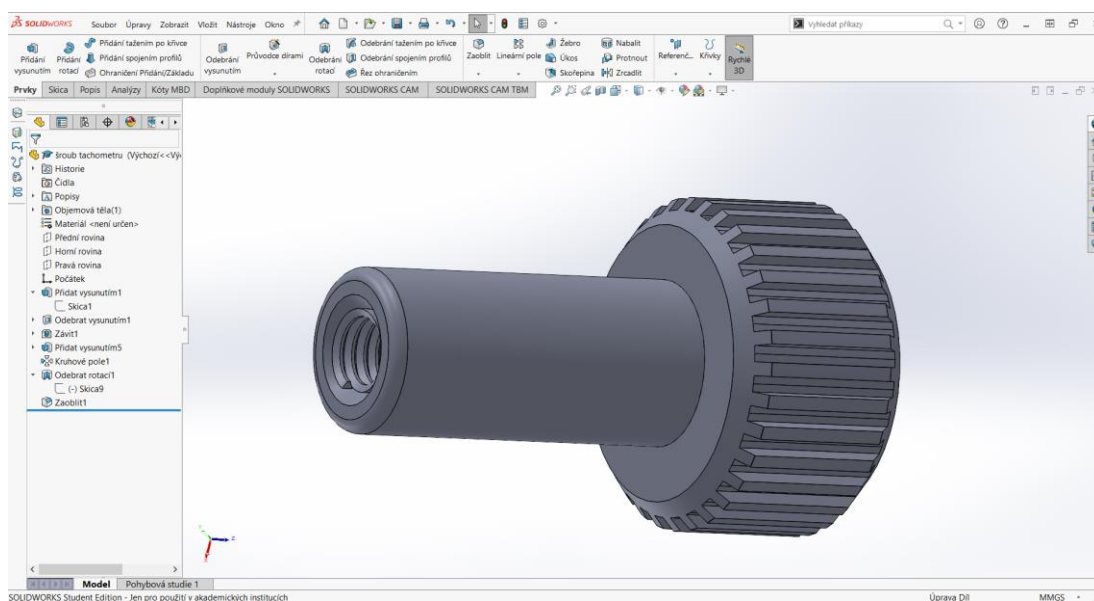
3 Metodika

Modelování konstrukce pro robotickou ruku bude probíhat v programu SolidWorks.

Robotická ruka má pracovní prostor (dosah) 3 metry, jelikož jsou navrhovány dojící boxy 3x3, tzn. 3 z každé strany ruky, je tedy nutný její posun po konstrukci. Na jeden dojící box budou počítány 3 metry, tím vyjde celková délka konstrukce 9 metrů.

3.1 Postup modelování dílů v programu SolidWorks

1. Po spuštění programu vybereme volbu nový díl
2. Výběr z předem definovaných rovin, většinou začínáme v rovině přední
3. Na vzniklou rovinu utvoříme skicu
4. Pomocí přímk, kružnic, obdélníků, mnohoúhelníků atd. vytvoříme obrys
5. Inteligentní kótou upravíme tvar skici do požadovaných rozměrů
6. Zaoblením nebo zkosením upravíme hrany skici
7. Entity přesahující obrys skici ořízneme
8. Ukončíme skicu a zvolíme záložku prvky
9. Prvky dají skici třetí rozměr (vysunutí, rotaci atd.)
10. Utvořený model uložíme do předem připravené složky



Obrázek 24: Modelovaná součást

3.2 Funkce skici

1. Převést entity: převede vybrané entity skici do stejných míst na novou skicu nebo rovinu
2. Odsadit entity: odsadí jednu nebo více entit o zadanou vzdálenost
3. Zrcadlit entity: zrcadlí vybrané entity kolem osy

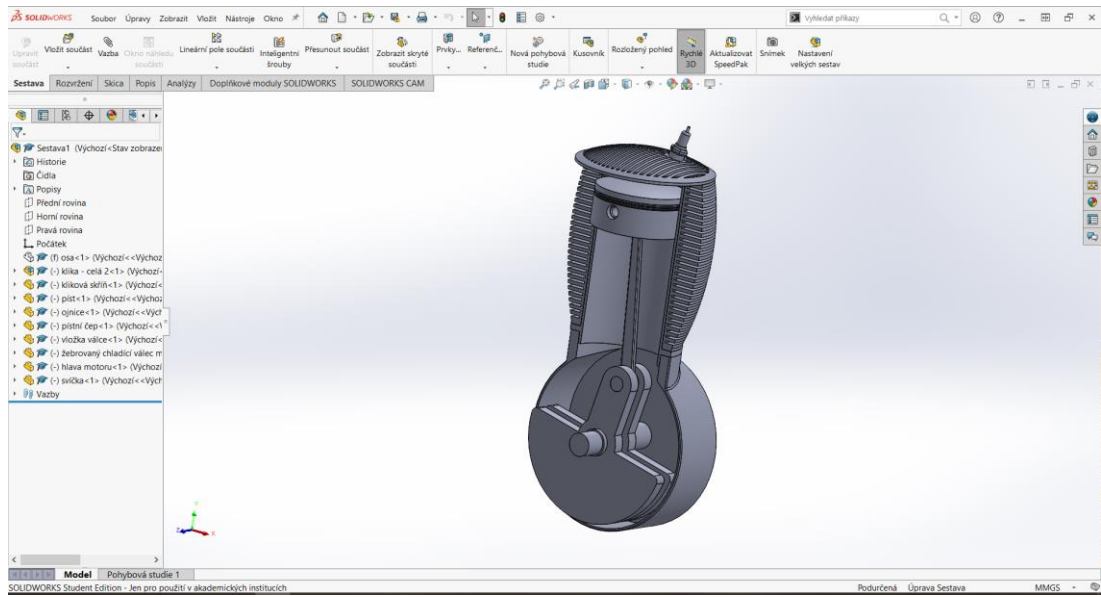
-
4. Přesunout entity: přesune entity skici a její popisy
 5. Kopírovat entity: kopíruje entity přes určitý bod

3.3 Funkce prvků

1. Vysunutí: vysune skicu nebo vybrané obrysy skici v jednom nebo více směrech a vytvoří se tak prvek těla
2. Přidání rotací: rotuje skicu, vybrané obrysy skici podél osy a vytvoří tak prvek těla
3. Přidání tažení po křivce: táhne uzavřený profil po utvořené křivce a utvoří se tak prvek těla
4. Odebrání vysunutím: odebere uzavřený profil v jednom nebo více směrech
5. Průvodce dírami: vloží přizpůsobené díry různých typů na objemové těleso
6. Odebrání rotací: odebere materiál z objemového tělesa rotací
7. Lineární pole: vytvoří více prvků, ploch a těl v jednom nebo více směrech
8. Kruhové pole: vytvoří kruhová pole symetricky nebo asymetricky ve dvou směrech z původního obrysu
9. Rovina: můžeme ji použít k vytváření skici, řezu modelu atd.
10. Kosmetické závitě: popisují atributy specifické díry, tím se nemusí do modelu přidávat závitě a může obsahovat i popis ve výkrese

3.4 Sestava

1. Trojrozměrné uspořádání dílů nebo jiných sestav
2. Po vložení součástí do sestavy je k sobě připevníme vazbami (sjednocená, rovnoběžná, kolmá, tečná, soustředná, zámek, vzdálenost, úhel)
3. Pohybová studie: rozpohybuje sestavu (např. otáčení klikové hřídele) nebo rozložení dílů již složené sestavy a zaznamenání na video



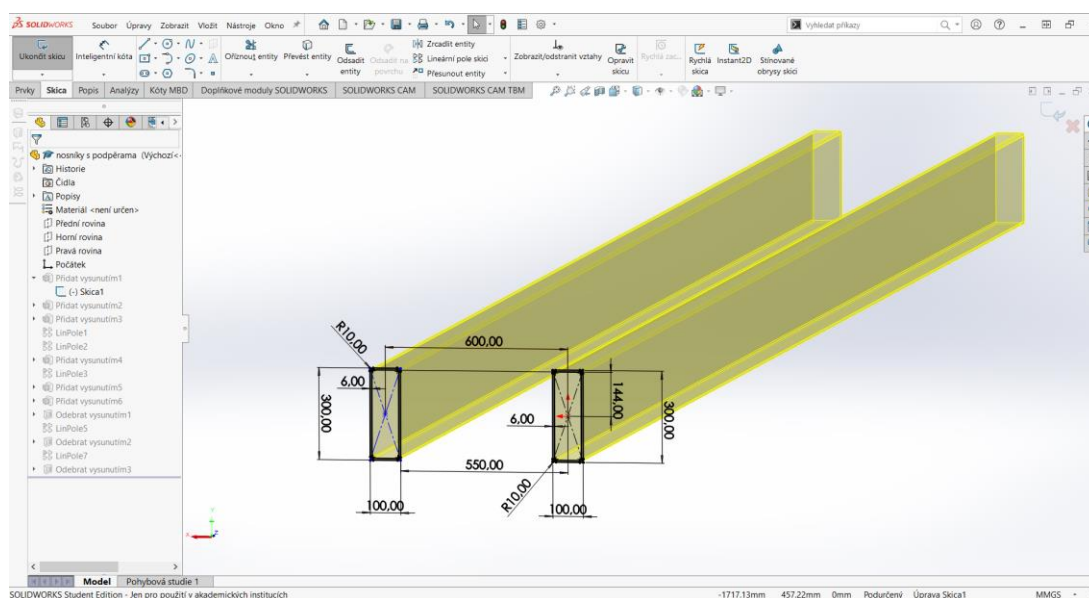
Obrázek 25: Sestava spalovacího motoru

4 Výsledky

4.1 Nosníky s podpěrami

Nosníky

Pro vytvoření dílu sestavy byla vybrána přední rovina, na kterou se následně načrtnula skica. Použitý je válcovaný profil jekl obdélníkový 300x100 mm s tloušťkou stěny 6 mm. Nakreslen obdélník s počátkem ve středu skici, okótován inteligentní kótou na dané rozměry, hrany zaobleny rádiusem R10. Pro vytvoření tloušťky objektu byla použita funkce osadit entity o 6 mm směrem dovnitř a tím se vytvořil dutý profil. Druhý profil vytvořen s pomocí funkce kopírovat entity. Přidáním vysunutí vytvořeny dva duté profily o délce 9000 mm.

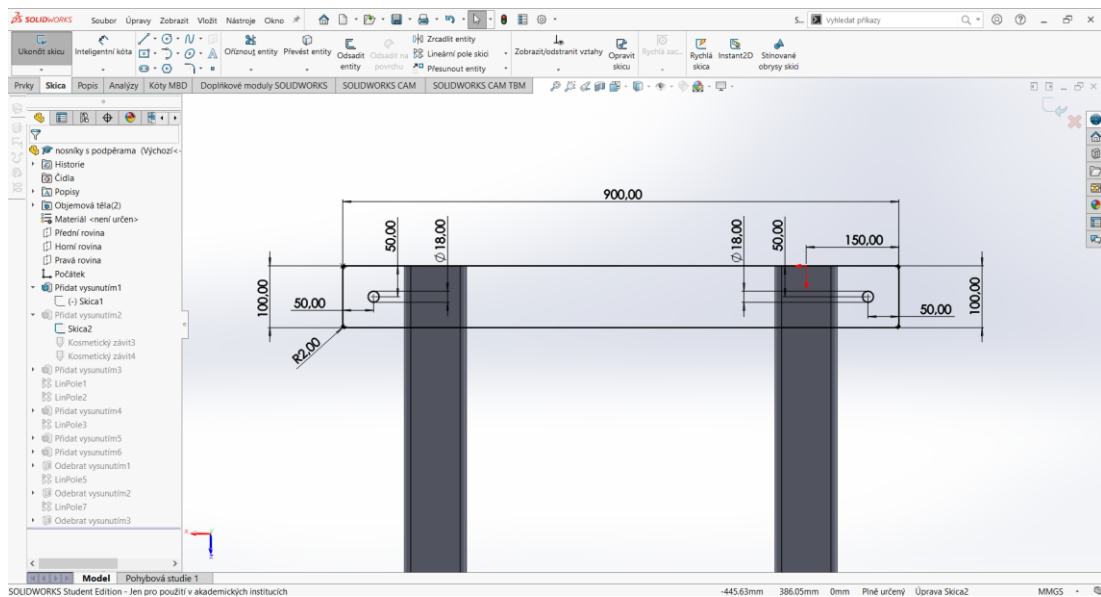


Obrázek 26: Skica nosníků s vysunutím

Podpěry

Svážou nosníky k sobě, vytvoří jim výztuhy, s nosníky jsou svařeny a umístěny na jejich spodní straně.

Nakreslen obdélník o rozměrech 900x100 mm, zarovnaný s čely nosníků a přesazený o 100 mm. Hrany podpěr zaobleny a vysunuty. Na přesazích nakresleny kružnice, ve kterých budou vytvořeny kosmetické závitky. Společně se stavěcími šrouby a podložkami utvoří rovinu celé konstrukce.

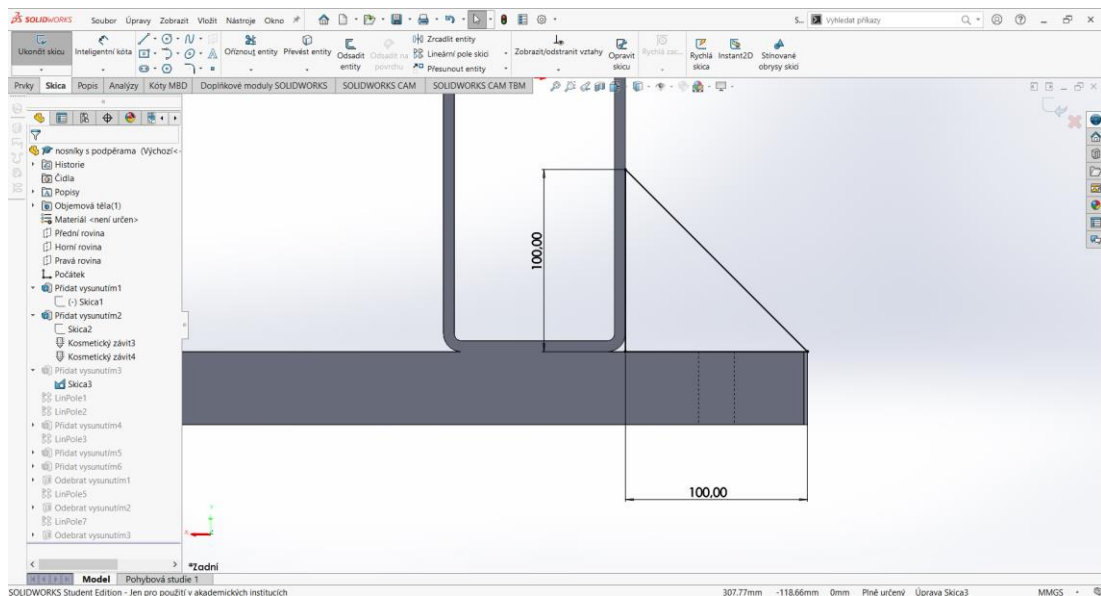


Obrázek 27: Skica podpěry

Výztuhy

Z boku nosníku nakreslen trojúhelník o délkách odvěsen 100 mm, následně přezrcadlen na druhou stranu. Skici vysunuty o 10 mm, funkcí lineární pole překopírovány.

Dalším lineárním polem kopírovány předešlé prvky a utvořeny tak všechny podpory.

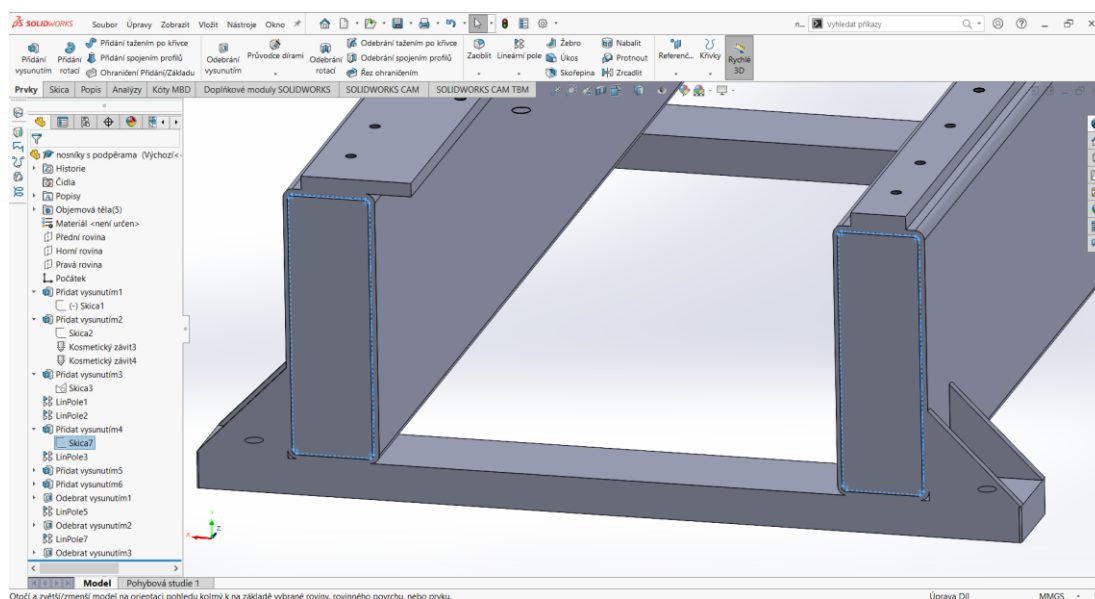


Obrázek 28: Skica výztuhy

Uzavření nosníků

Boky nosníků se pro větší pevnost uzavřely ocelovou deskou o síle 5 mm.

Na boku nosníků vytvořena nová skica. Funkcí převést entity převeden vnitřní obrys jeklu na novou skicu. Vysunut o 5 mm, tím se vytvořilo místo pro následný svár. Lineárním polem prvky překopírovány na zbylá čela nosníků.



Obrázek 29: Uzavření nosníků

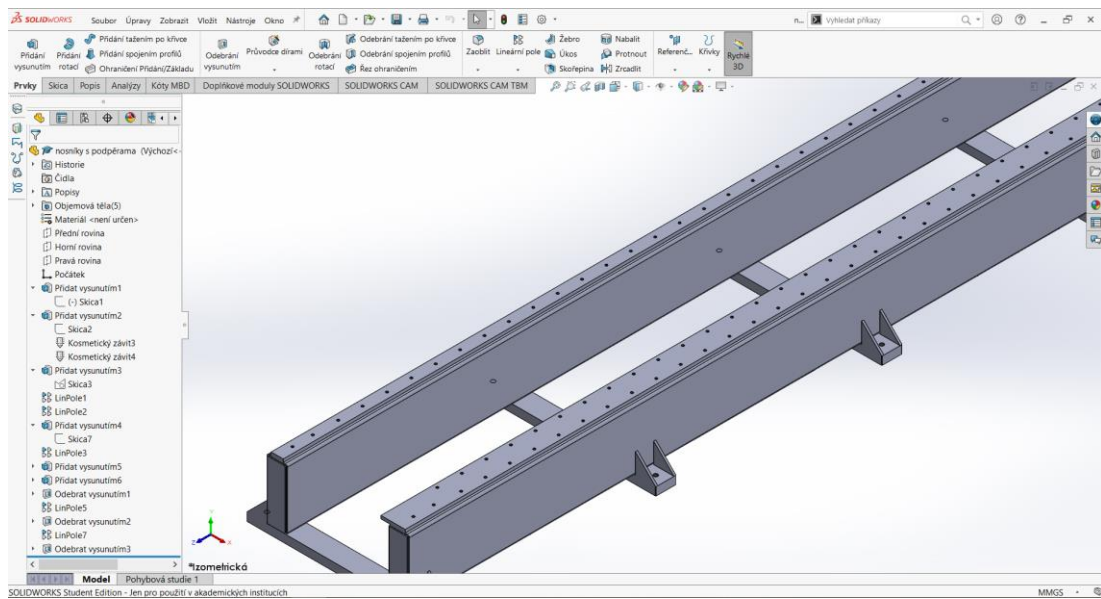
Horní zesílení

Slouží pro zesílení nosníků, uložení kolejnic a ozubeného hřebenu pro pohon desky robota. Zesílení je přivařeno k nosníkům.

Levé zesílení je umístěno uprostřed nosníku a bude použito pro přišroubování lineární kolejnice.

Pravé zesílení podstatně širší, jelikož je na něm připevněna i hřebenová tyč zajišťující posun desky po konstrukci.

V zesílení vytvořeny díry s kosmetickými závity pro umístění lineárních kolejnic, hřebenové tyče a dorazů desky.

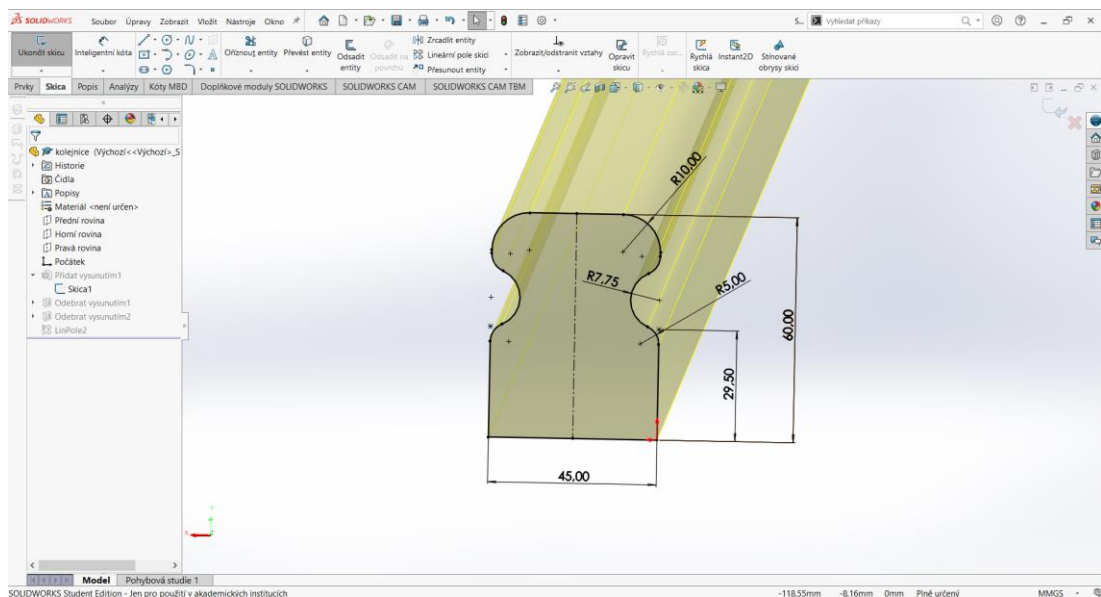


Obrázek 30: Model nosníků s podpěrami

4.2 Kolejnice

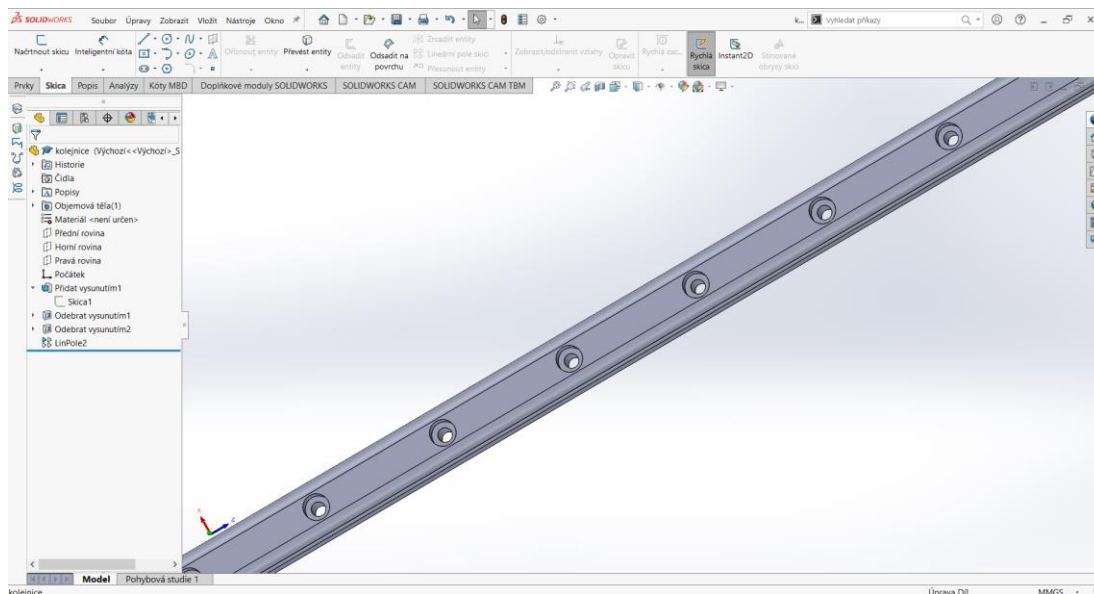
Kolejnice pro lineární vedení a ložisko pro prizmatické vedení budou zajišťovat posun desky robotické ruky.

V přední rovině vytvořena skica, na ní nakreslena polovina obrysu kolejnice. Druhá polovina vytvořena příkazem zrcadlit entity dle osy. Skica vysunutá o 8500 mm.



Obrázek 31: Skica lineární kolejnice s rovinou zrcadlení

Na vrchní rovině vzniklého modelu vytvořeny průchozí díry o průměru 12 mm a zároveň o průměru 22 mm, ty se odebrali vysunutím do hloubky 20 mm, pro ukrytí hlavy šroubu s vnitřním šestihranem, aby nevadili pohybu ložiska.



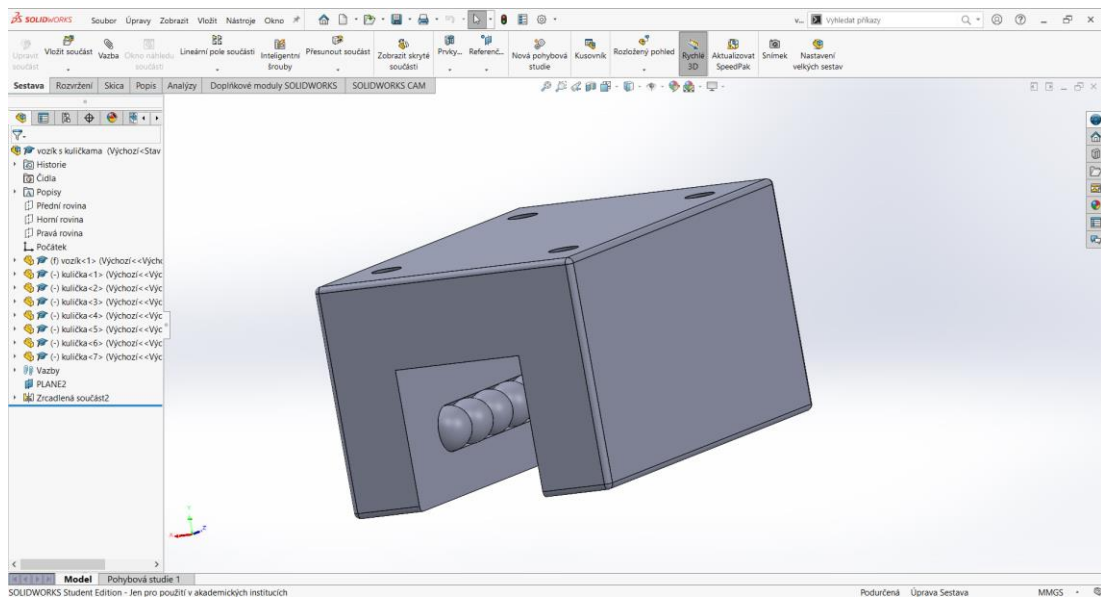
Obrázek 32: Otvory pro zapuštění šroubů v lineární kolejnici

4.3 Vozík s kuličkami

Uvnitř ložiska pro prizmatické vedení je vodící dráha, která umožňuje obíhání kuliček, tím se snižuje tření a opotřebení materiálu. Pro model bylo zjednodušeno a utvořena pouze jedna dráha, kde se kulička bude stýkat s kolejnicí.

Postup modelace obrysu vozíku byl podobný utváření kolejnice. Po vysunutí skici uzavřena kuličková dráha převedením entit, funkcí rotace a lineárním polem. Celý prvek následně zaoblen. Na vrchní straně obalu ložiska utvořeny díry se závitem, pro jeho připevnění k desce.

Kulička do ložiska vytvořena kruhem, jeho předělením přímkou, oříznutím entit a přidáním rotace.

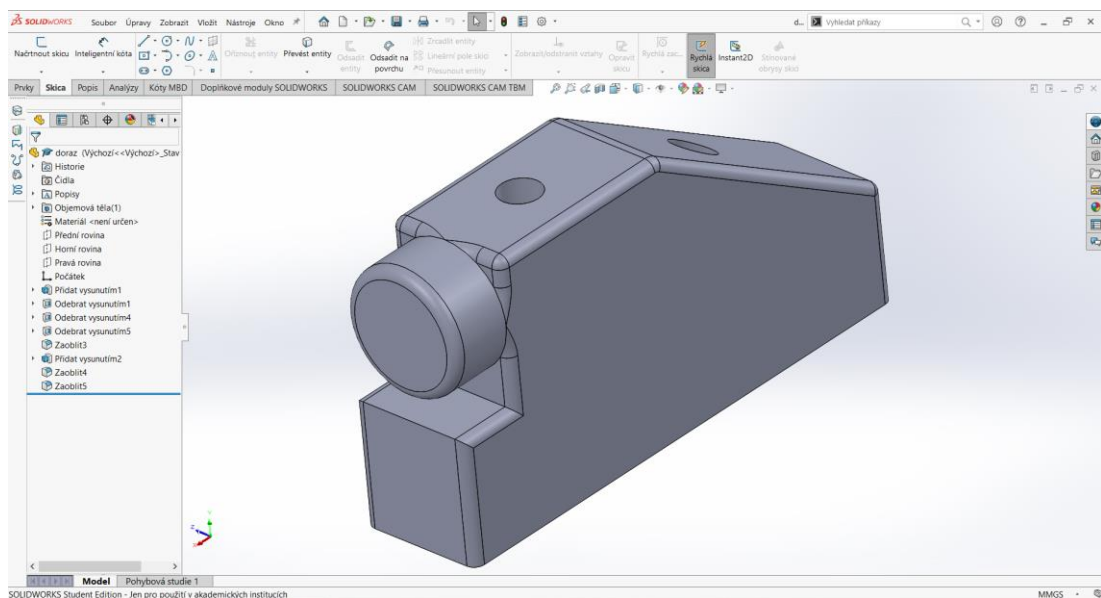


Obrázek 33: Sestavené ložisko pro lineární vedení

4.4 Doraz

Doraz bude na konstrukci upevněn na koncích jako koncový bod možného pojezdu desky.

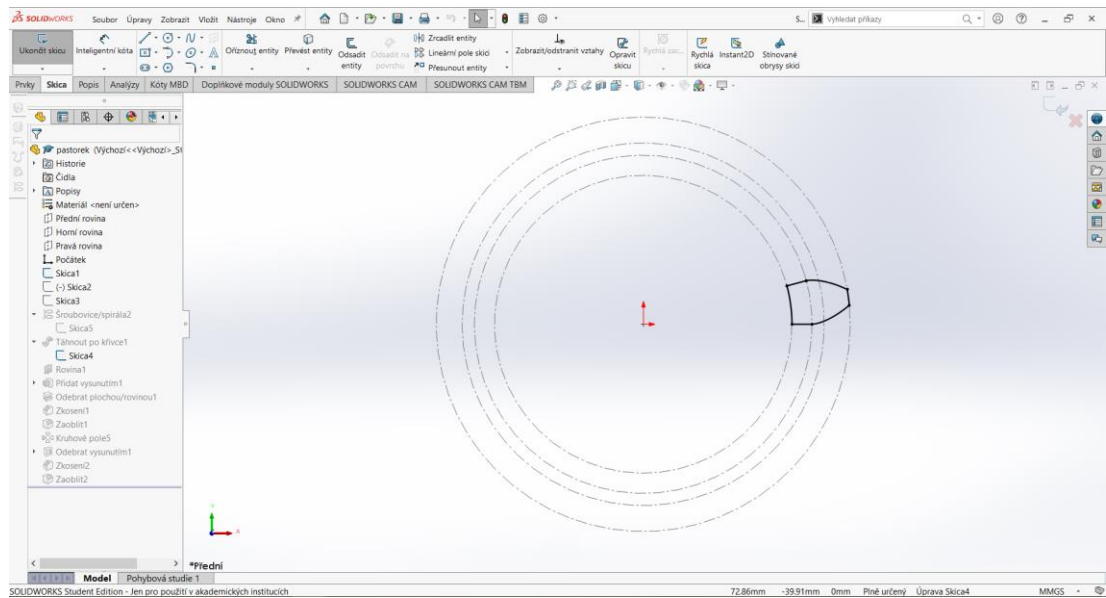
Nakreslen bokorys prvku, který byl vysunut. Ve vrchní části čela vytvořena kružnice, ta vysunuta a vytvořen tak pryžový doraz. Z vrchu prvku vytvořeny průchozí díry na upevnění k nosníkům. Celý prvek zaoblen rádiusem R5.



Obrázek 34: Vymodelovaný doraz desky

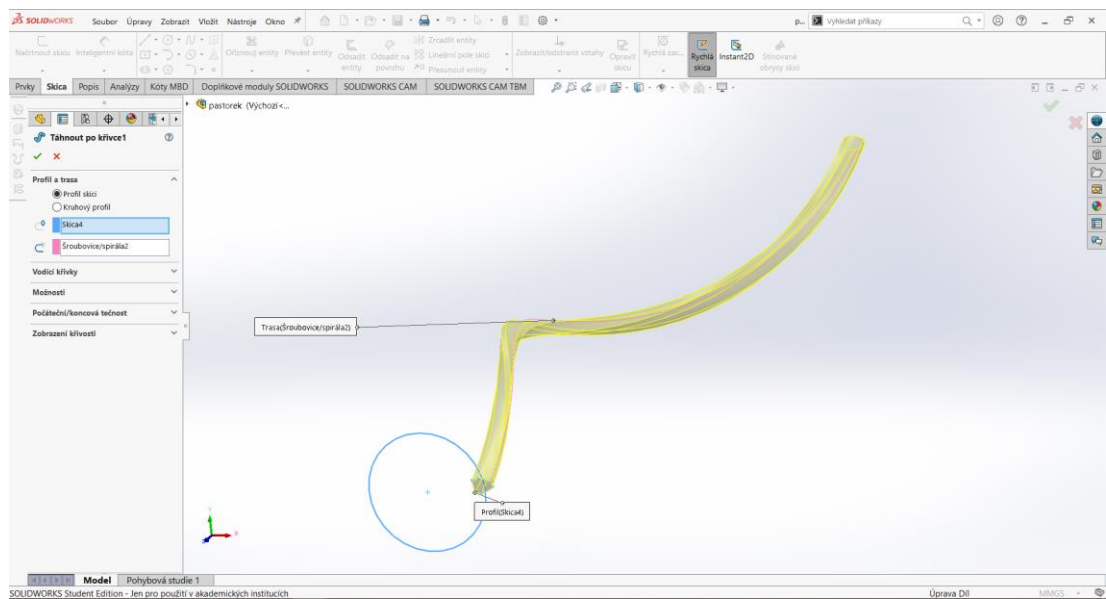
4.5 Pastorek

Pro tuto modelovou sestavu zvolen modul zubu 3 se šikmým ozubením, z důvodu větší styčné plochy mezi zuby než u zubů přímých. Nejprve bylo zapotřebí nakreslit pomocné kružnice, na které se následně v dalších skicích načrtávala křivka zubu, ta se tvořila s pomocí parametrické rovnice. Na třetí skicu převedeny entity křivky, vnějšího a vnitřního kruhu. Na čtvrtou převeden obrys zubu, jež vznikl na předchozí skice.



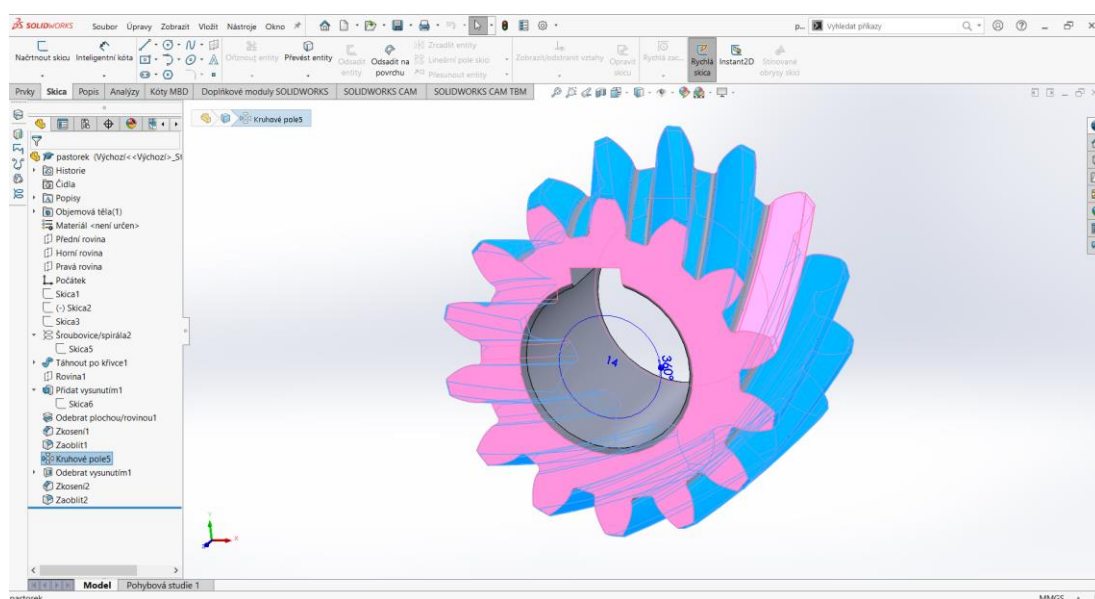
Obrázek 35: Skica zubu

Pátá skica je přenesený druhý vnější kruh, ze kterého následně vychází šroubovice/spirála. Obrys zubu je tažen po křivce, tu vytvořila předešlá šroubovice/spirála.



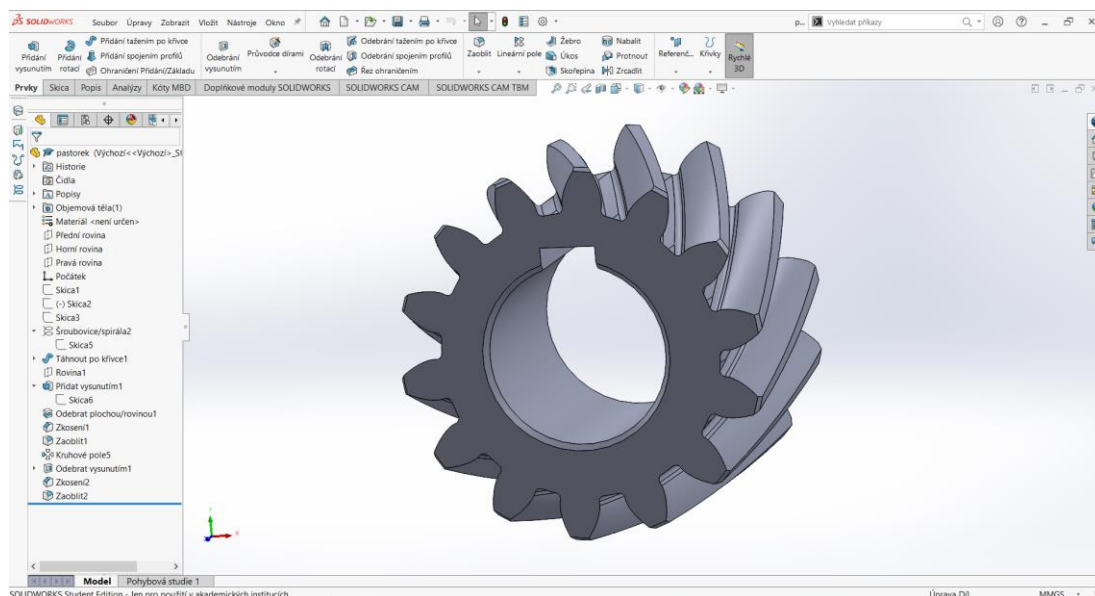
Obrázek 36: Zub táhnutý po šroubovici/spirále

Z vnitřní kružnice vytvořen válec a přebytečná šroubovice zubu odstraněna. Hrany zubu zkoseny a zaobleny. Vzniklý zub s pomocí kruhového pole rozmístěn po celém obvodu válce.



Obrázek 37: Rozmístění zubů po válci lineárním polem

Ve středu válce vytvořena díra s drážkou pro pero k zajištění proti otáčení na hřídeli elektromotoru. Hrany díry zkoseny o 1 mm s úhlem 45° .

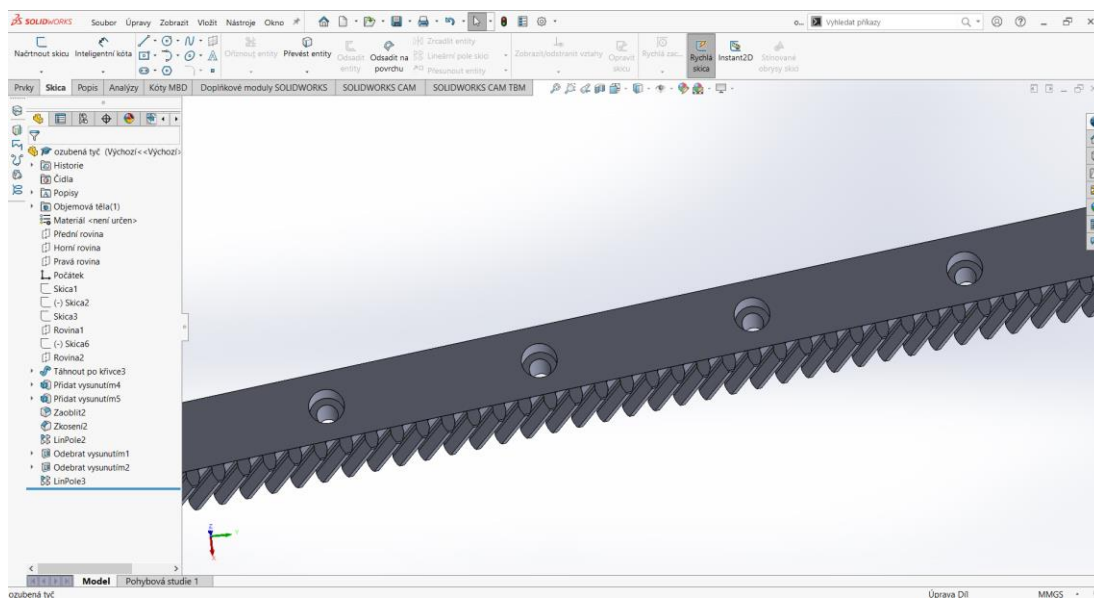


Obrázek 38: Model pastorku

4.6 Ozubený hřeben

Postup modelování zubu byl stejný jako u pastorku, pouze spodní strana je spojena přímkou. Na obrys skici zubu se na kolmo postavila nová skica, na ni nakreslena konstrukční čára do vzdálenosti 40 mm pod úhlem 20° . Funkcí tažením po křivce vytvořen

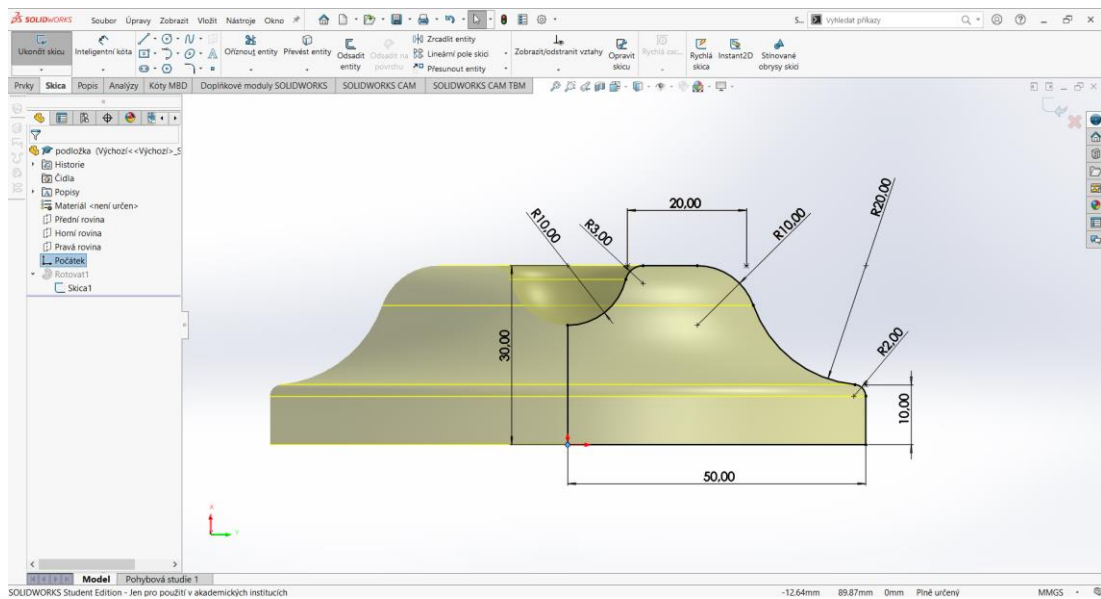
zub. Na spodní straně zubu vytvořen obdélník, poté vytažen. Tento vzniklý obdélník následně vytažen na celkovou délku 8560 mm. Hrany zubu zkoseny a zaobleny. Lineárním polem se zub rozmístil po celé délce tyče. Na horní straně vytvořeny průchozí díry o průměru 12 mm a 22 mm, ty se zahlubily pro hlavu šroubu s vnitřním šestihrannem.



Obrázek 39: Část hřebenové tyče se zapuštěnými dírami pro šrouby

4.7 Podložka a stavěcí šroub

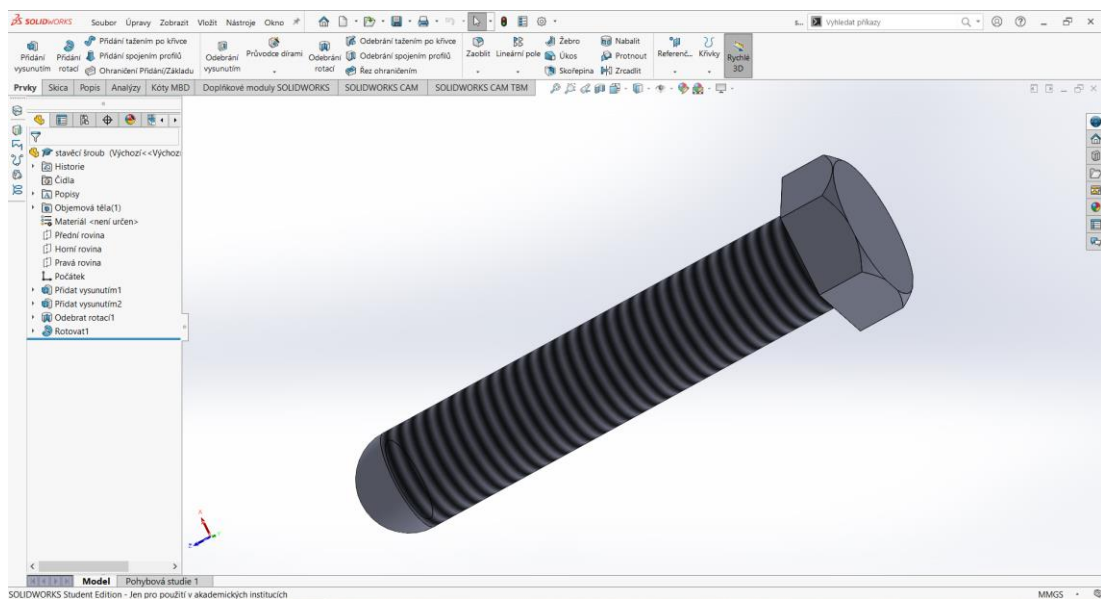
Na podložce bude ležet celá konstrukce přes stavěcí šroub, společně budou tvořit soustavu, jež bude zajišťovat postavení celé konstrukce do roviny. Podložky načrtnuta polovina s pomocí přímek a oblouků, celá skica následně orotována.



Obrázek 40: Skica podložky s následnou rotací

Mnohoúhelníkem nakreslena hlava šroubu M20. Na vysunuté části hlavy utvořena kružnice. Po jejím vysunutí na ni byl aplikován kosmetický závit. Konec závitu ukončen polokoulí.

Hrany hlavy šroubu odebrány rotací s pomocí trojúhelníku a osy šroubu.

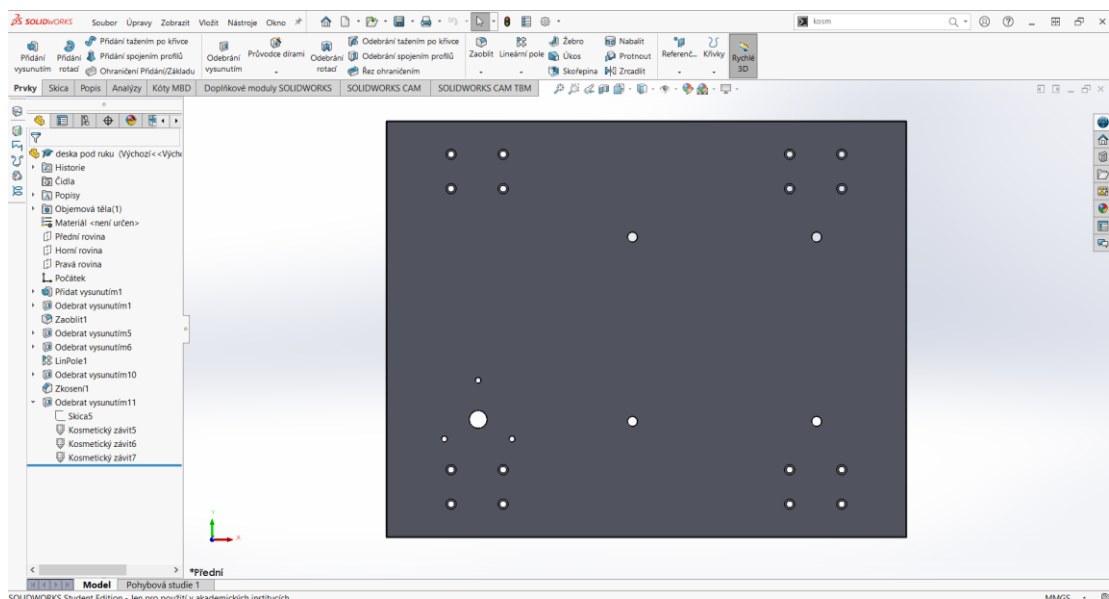


Obrázek 41: Model stavěcího šroubu

4.8 Deska pod ruku

Na desce bude připevněna robotická ruka s pomocí šroubů M16. Šrouby M12 se deska přichytí k prizmatickým lineárním vozíkům.

Desku pod robotickou ruku tvoří vytažený obdélník, do něhož jsou vytvořeny díry pro přichycení ruky, lineárních vozíků, upevnění elektromotoru a průchozí díry hřídele. Vnější hrany desky nakonec zaobleny.

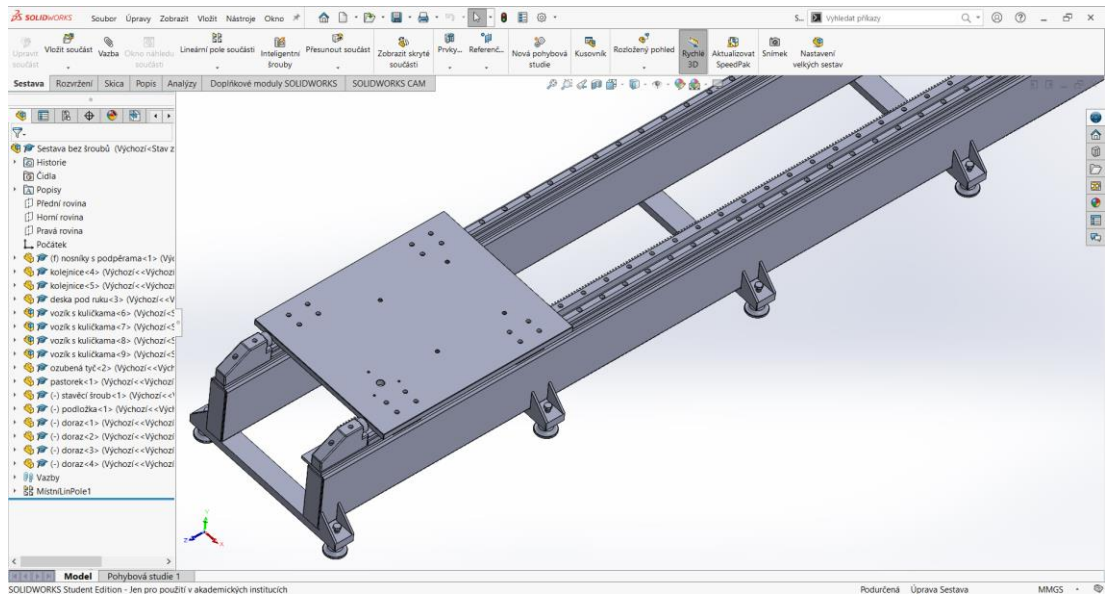


Obrázek 42: Horní pohled na model desky

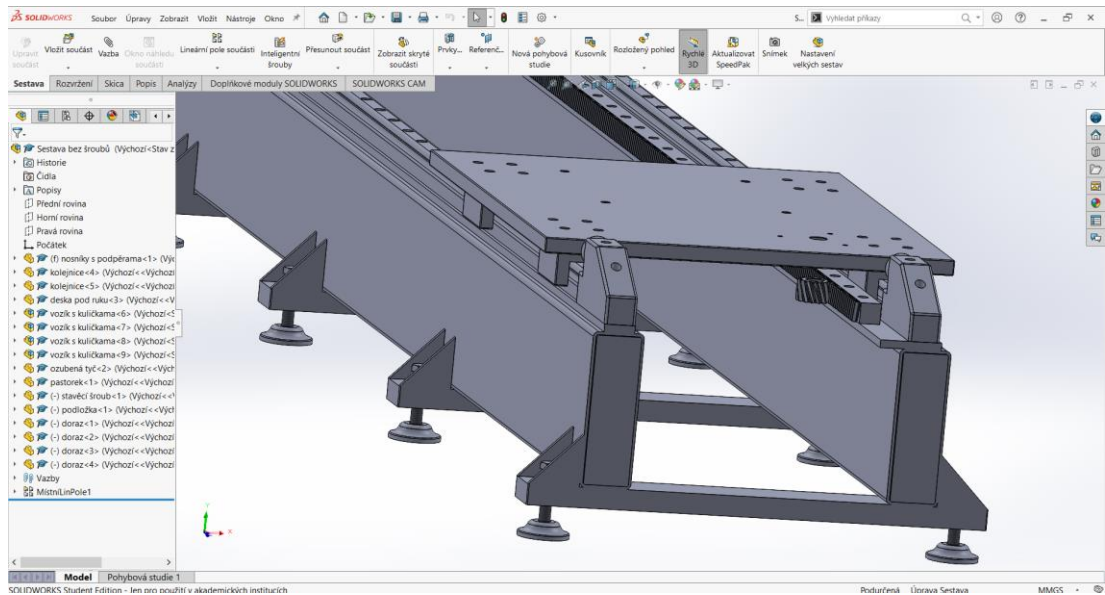
4.9 Sestava

Vymodelované součásti byli následně vloženy do sestavy, zde se s pomocí vazeb (sjednocená, rovnoběžná, kolmá, tečná, soustředná nebo vzdálenost) sestavili dohromady.

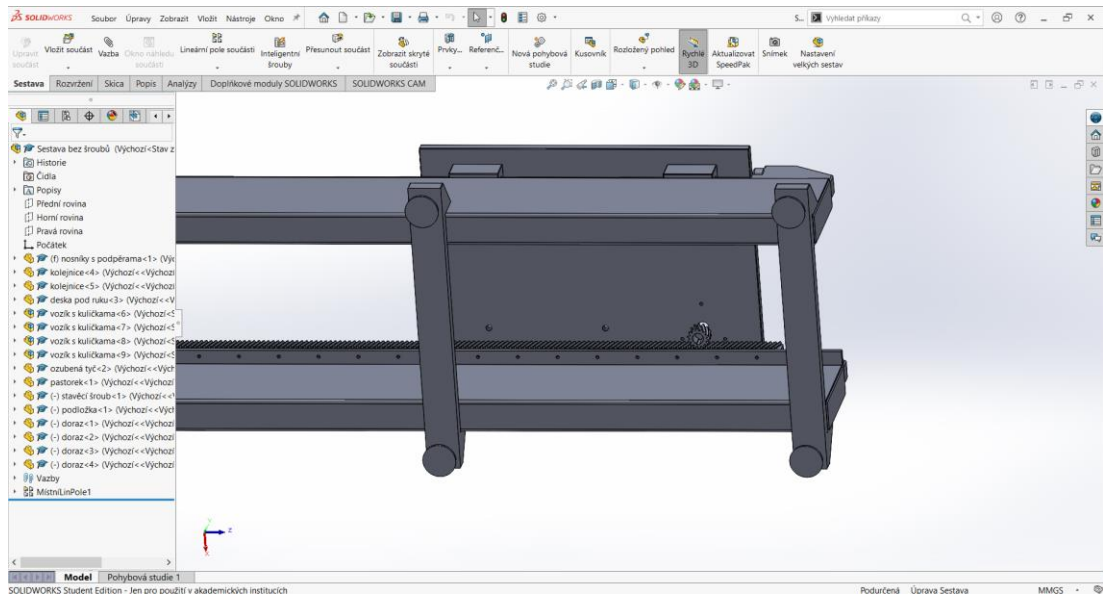
Nakonec celá soustava spojena imbusovými šrouby se zápusťnou hlavou, které se nacházejí pod příkazem inteligentní šrouby.



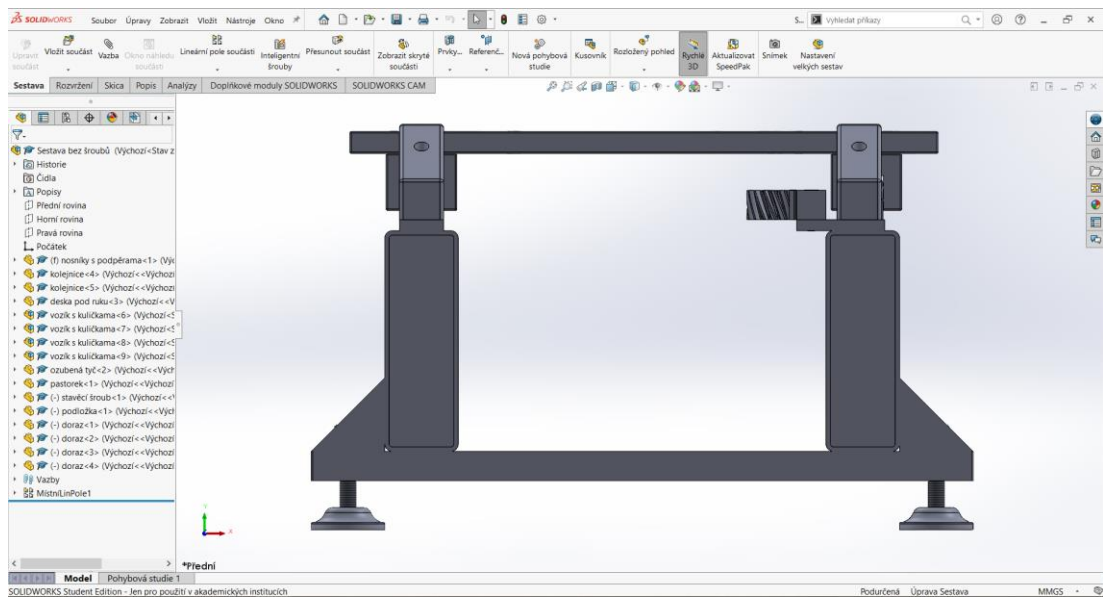
Obrázek 43: Sestava součástí



Obrázek 44: Boční pohled na sestavu



Obrázek 45: Spodní pohled na sestavu



Obrázek 46: Přední pohled na sestavu

5 Diskuse

V diskusi porovnáme běžně dostupné systémy automatického dojení vůči námi navrhovanému modelu. Systémy porovnáme dle těchto kritérií: konstrukce ramen, pohon ramene, konstrukce dráhy, porovnání pojezdu drah, navádění na struky, umístění čisticího prostředku, umístění strukových násadců před dojením, nasazování strukových násadců, sundávání strukových násadců, životnost stroje a poruchovost nového zařízení.

Konstrukce ramen: rameno u běžně dostupných dojících robotů je vyrobeno z nerezové oceli. Rameno je masivní a odolné vůči kontaktu se zvířetem, nemá problémy pracovat ve vlhkém a prašném prostředí, jeho součásti jsou na to uzpůsobeny.

Zatímco použitá robotická ruka je spíše pro průmyslové použití, má hliníkové obaly. Rameno je plné elektroniky, hlavně motorů, které zajišťují jeho pohyb.

Pohon ramene: běžně dostupná ramena robota jsou poháněna pneumaticky. Pneumatický systém není uzpůsoben pro přesné pohyby, ale při poruše některé části jeho vedení nevytvoří takové problémy jako při dalším používaném způsobu, kdy je použit systém hydraulický. Zde je totiž nejčastěji jako stlačované médium použit hydraulický olej, ten při poruše jeho vedení vyteče ven a způsobí ropnou skvrnu. Sice se jedná o přesnější systém ovládání ramene, ale není až tak dokonalý. Společnost LELY přišla s kombinovaným ovládáním ramene při použití elektropneumatických pístů, tento systém je přesnější a zároveň tišší.

Použité rameno je ovládáno pouze elektromotory, tím pádem je velmi přesné a má možnost více nastavení a ohybů.

Konstrukce dráhy: u běžných dojících automatů je rameno zavěšeno na konstrukci, to je lepší, protože lze celý automat instalovat najednou. Konstrukce je kombinací nerezové oceli a plastu.

V této práci ruka jezdí po samostatné dráze a je tak mimo automat. Konstrukce vyžaduje povrchovou úpravu (nejspíše pozinkování), jelikož bude ve velmi agresivním prostředí (vlhku). Části jako jsou kolejnice, ložiska, hřebenová tyč, pastorek vyrobeny z nástrojářské oceli, ty nemohou mít stejnou povrchovou úpravu jako podstava. Pokud by byla celá konstrukce z nerezové oceli, bude nejen velmi drahá, ale také těžká. Navíc dráha je několikanásobně těžší než konvenční a nejspíš ji bude nutné rozdělit na více dílů a ty složit až v místnosti robota.

Porovnání typů pojezdu drah: u konvenčních způsobů jezdí plastová kola s kuličkovými ložisky po horní hraně konstrukce robota, ve střední části jsou další kola zajišťující opírání ramene, aby se nezvrátilo.

V této sestavě rameno jezdí s pomocí kuličkových ložisek po lineární dráze.

Navádění na struky: běžně dostupné robotické zařízení má 3D kameru nebo laser umístěný na rameni, pro navádění strukových násadců na struky.

Na robotické rameno se bude muset vymyslet způsob, jak tento systém aplikovat.

Umístění čistícího prostředku: běžně dostupní roboti používají pro očištění struků před dojením dezinfekční roztok spolu s čistícími kartáčky nebo je čistí proudem vody nebo vodou a strukovými násadci.

U navrhovaného systému by bylo nejlepší využít dezinfekční roztok na čistících kartáčcích, kdy by si je rameno samo uchopilo a provedlo tuto operaci u každého dojícího boxu zvlášť.

Čištěním struků a vemene se spustí u zvířete hormon ovlivňující spouštění mléka, ten působí po dobu cca 5-7 minut, za tuto dobu musí být zvíře podojeno, jinak hrozí záněty vemene. Na to je třeba brát ohled při navrhování řídicího programu.

Umístění strukových násadců před dojením: u monoboxových, ale i multiboxových dojících robotů má každý box své dojící zařízení.

Určitě by nebylo vhodné použít pouze jedno dojící zařízení pro dojení všech 6-ti dojících stání, ale využít konvenčních dojících zařízení s možnou úpravou pro úchop robota.

Nasazování strukových násadců: u konvenčních způsobů jsou strukové násadce nejčastěji umístěny na rameni robotické ruky, pro snížení přejezdů. Nasazování násadců probíhá postupně, nejprve je systémem nalezena poloha struku a následně pokus o nasazení násadce. Zkušený dojič zvládne nasadit strukové násadce do 15 sekund, běžně dostupné robotické zařízení za 2 až 2,5 minuty, maximálně za 6 minut, uskuteční přitom 2 až 5 pokusů na jednom struku.

Nasazování násadců probíhá jednotlivě, jelikož robotická ruka nemůže uchopit více násadců najednou. Proto se neustále pohybuje mezi umístěním strukových násadců a prostorem pod vemene, což zvyšuje čas jejich nasazení. Po obslužení jednoho stání se robotická ruka přesune k dalšímu a tím šetří čas a snižuje prostoje.

Sundávání strukových násadců: běžně dostupní roboti mají zabudované zařízení proti předojování mléka, kdy při poklesu průtoku z jednotlivé čtvrtě násadec od-

padne. Společnost LELY má tento systém vyřešený tak, že jsou na spodní straně násadců připevněna lanka, ty je navedou zpět na původní pozici, tím pádem násadec nepadne na zem a není nutné jej po každém dojení čistit vodou. Automaty od této firmy se také vyznačují tím, že na rozdíl od konkurence spotřebují nejmenší množství vody. Společnost udává, že u nejnovějšího modelu Astronaut A5 je spotřeba vody na jedno dojení pouze jeden hrnek o objemu 250 ml.

Násadce jsou snímány robotickou rukou po systémovém příkazu, kdy systém vyhodnotí nižší průtok mléka z jednotlivých čtvrtí. Otázkou je, jak se bude ruka pohybovat pod vemenem, pokud bude muset být nejprve sejmuto z jejího pohledu zadní násadec. Dalším problémem je její schopnost přejíždění mezi dojícími stánými, pokud bude vyšší vytíženost boxů.

Životnost stroje: životnost je u takového zařízení velmi podstatná věc. Prodávání roboti jsou vždy v perfektní kondici a připraveni obsloužit co nejvíce kusů zvířat. Pokud se objeví problém, ve stáji je vyškolená obsluha. Jestliže ani ta si nedokáže pomoci, má každý výrobce servisní zástupce, kteří se snaží daný problém co nejdříve odstranit.

V této sestavě je rameno zatím ve vývoji, tím pádem se vyladují jisté problémy, které se při zkušebním provozu projevují.

Poruchovost nového zařízení: firmy vyrábějící automatické dojící roboty přichází po určité době na trh s řadou vylepšení. Za představením robota zákazníkům stojí roky vývoje a výzkumu na farmách. Vysoké finanční prostředky vložené do výroby a vývoje zaručují nové stroje vždy perfektně doladěné a plně funkční.

Dojící robotická ruka je ve vývoji, bude trvat ještě velmi dlouho, než bude plně funkční. Bude to stát mnoho úsilí, finančních prostředků a zejména času s přepisováním řídicího programu a zkoušení součástí pro perfektní provoz.

Závěr

V robotickém dojení bylo dosaženo mnoha výhod a získalo si skutečné místo na trhu dojících strojů. Ohledně otázky „bude to fungovat“ již neexistují žádné velké obavy, odpověď je velmi jasná „ano“. Mechanické problémy robotů jsou skoro již vyřešené, ale dojení je více než jen získávání mléka.

Robotické dojení si v současné době nachází cestu k farmářům. Zemědělci, kteří staví novou farmu nebo přestavují svoji dojírnu v zásadě zvažují o použití robotického dojení. Podle farmářů je přechod k robotickému dojení obrovským posunem vpřed, neboť se už delší dobu potýkají s nedostatkem pracovní síly. Lidé z okolí častěji preferují zaměstnání ve výrobních závodech u větších měst.

Robotické dojení vede ke zvýšení produkce mléka a lze využít ušetřený čas k jiné práci na farmě. Dojící automat se ukázal jako efektivní v menších stádech.

V této práci robotická ruka jezdí po samostatné dráze a je tak mimo automat. Konstrukce vyžaduje povrchovou úpravu (nejspíše pozinkování), jelikož bude ve velmi agresivním prostředí (vlhku). Části jako jsou kolejnice, ložiska, hřebenová tyč, pastorek vyrobeny z nástrojářské oceli, ty nemohou mít stejnou povrchovou úpravu jako podstava. Pokud by byla celá konstrukce z nerezové oceli, bude nejen velmi drahá, ale také těžká. Navíc dráha je několikanásobně těžší než konvenční a nejspíš ji bude nutné rozdělit na více dílů a ty složit až v místnosti robota. V této sestavě rameno jezdí s pomocí kuličkových ložisek po lineární dráze.

Použitá robotická ruka je spíše pro průmyslové použití, má hliníkové obaly. Rameno je plné elektroniky, hlavně motorů, které zajišťují jeho pohyb, tím pádem je velmi přesné a má možnost více nastavení a ohybů.

U navrhovaného způsobu robotického dojení by určitě nebylo vhodné použít pouze jedno dojící zařízení pro dojení všech 6-ti dojících stání, ale využít konvenčních dojících zařízení s možnou úpravou pro úchop robota.

Zhotovené dojící robotické rameno je teprve ve vývoji, bude trvat ještě velmi dlouho, než bude plně funkční. Bude to stát mnoho úsilí, finančních prostředků a zejména času s přepisováním řídicího programu a zkoušení součástí pro perfektní provoz.

Seznam použité literatury

- Agrico.cz, (2019a). *Odkliz kejdy a hnoje ve stájových prostorech*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.agrico.cz/odkliz-kejdy-a-hnoje-1-58.html>
- Agrico.cz, (2019b). *Shrnovací lopata Mirobot 3.0*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.agrico.cz/shrnovaci-lopata-mirobot-3-0-2-553.html>
- Agropartner.cz, (2017). *Robotický vysavač kejdy*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.agropartner.cz/agroblog/roboticky-vysavac-kejdy-52.html>
- Agropartner.cz, (2021a). *Automatický systém dojení – Lely Astronaut*. [online] [cit. 5. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.agropartner.cz/automaticky-system-dojeni-lely-astronaut-p252.html>
- Agropartner.cz, (2021b). *Automatický systém krmení – Lely Vector*. [online] [cit. 5. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.agropartner.cz/automaticky-system-krmeni-lely-vector-p255.html>
- Agropartner.cz, (2021). *Stájové technologie*. [online] [cit. 5. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.agropartner.cz/produkty/stajova-technologie.html>
- Autograssmilk.dk, (2021). *Work page*. [online] [cit. 6. 1. 2021]. Dostupné z: <http://autograssmilk.dk/results/>
- All3dp.com, (2021). *10 Best Free 3D Modeling Software for Beginners*. [online] [cit. 10. 3. 2021]. Dostupné z: <https://all3dp.com/1/best-free-3d-modeling-software-for-beginners/>
- Bartlett, N. et al. (2015). a 3D-printed, functionally graded soft robot powered by combustion. *Science*, 349(6244):161-165.
- Bava, L. et al. (2005). Milk ejection during automatic milking in dairy cows. *Italian Journal Of Animal Science*. 4:218-220.
- Ben-Ari, M. (2018). Creative Commons Attribution 4.0 International. [online] Research [cit. 20. 12. 2020]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Autonomous-mobile-robot-weeding-a-field-Courtesy-of-Ecorobotix_fig1_322177050
- Brocard, V. et al. (2014) Combining robotic milking and grazing. *In: EGF at 50: The Future of European Grasslands*. Grassland Science in Europe, 19 (559-562).
- Bvv.cz, (2019). *DeLaval systém automatického dojení VMS V300*. [online] [cit. 5. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/animal-tech/zlata-medaile-animal-tech/2019/prihlasene-exponaty/26-delaval-system-automatickeho-dojeni-vms-v300/>
-

Cadtek.com, (2020). *5 Reasons To Use SOLIDWORKS*. [online] [cit. 10. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.cadtek.com/5-reasons-use-solidworks/>

Castro, A. (2018). Long-term variability of bulk milk somatic cell and bacterial counts associated with dairy farms moving from conventional to automatic milking systems. *Italian Journal of Animal Science*. 17: 218–225. doi:10.1080/1828051X.2017.1332498

Catinari, M. (2019). Dino performs weeding on large open fields. [online] Ameri-cafem.com [cit. 27.12. 2020]. Dostupné z: <https://www.america-fem.com/2019/12/04/dino-performs-weeding-on-large-open-fields/>

Captechu.edu, (2021). *What is SOLIDWORKS?* [online] Blog [cit. 10. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.captechu.edu/blog/solidworks-mechatronics-design-and-engineering-program>

Čihák, P. (2018). Dojící roboti firmy Prolion. [online] BDTech [cit. 23. 2. 2021] Dostupné z: http://www.bdtech.cz/dojici_roboti_fy_prolion.html

Delaval.com, (2020). *Automatizované přihřnovače krmiva*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.delaval.com/cs/nae-eeeni/krmeni/automated-feed-pushers/>

Delaval.com, (2021). *Dojící cyklus robota DeLaval VMS 300*. [online] [cit. 3. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.delaval.com/cs/about-us/cs/vice-informaci/dojici-cyklus-robota-delaval-vms-v300/>

Devir, S. et al. (1996). Design and implementation of system for automatic milking and feeding. *Canadian agricultural engineering*. 38(2), s. 107-113.

Driessen, C. a Heutinck, L. (2015). Cows desiring to be milked? Milking robots and the co-evolution of ethics and technology on Dutch dairy farms. *Agric Hum Values*, 32:3-20.

Farmshop.cz, (2021). *Šnekový přihřnovač Butler GOLD*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.farmshop.cz/Snekovy-prihrnovac-Butler-GOLD>

Farmtec.cz, (2018). *Robotické dojení GEA*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.farmtec.cz/roboticke-dojeni-gea.html>

Fullwood-dev.yarrington, (2021). *Partner portal*. [online] [cit. 5. 3. 2021]. Dostupné z: <https://fullwood-dev.yarrington.app/>

Fullwoodpacko.com, (2021). *Robotic milking*. [online] [cit. 3. 3. 2021]. Dostupné z: https://fullwoodpacko.com/cz/reseni/roboticke-dojeni/?gclid=CjwKCAiAm-2BBhA-NEiwAe7eyFJyatGkta7kdSvJlv0VwJsmwFutYO6CIG2Z-RnK93qUEU-bGWP886DRoC8_0QAvD_BwE

-
- Gea.com, (2021a). *GEA DairyRobot R9500 Robotic Milking System*. [online] [cit. 4. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.gea.com/en/products/milking-farming-barn/dairy-robot-automated-milking/dairyrobot-r9500-robotic-milking-system.jsp>
- Gea.com, (2021b). *Monobox robotic milking systems in action*. [online] [cit. 4. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.gea.com/en/customer-cases/monobox-in-action.jsp>
- Guarana, (2020). The Top Six Types Of Industrial Robots In 2020. [online] [cit. 11. 3. 2021]. Dostupné z: <https://diy-robotics.com/blog/top-six-types-industrial-robots-2020/>
- Hankovec, T. (2014). *Technické aspekty robotického dojení*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta.
- Hooiconk, R. (2019). Top 10 agricultural robots that automate the business of growing food. [online] Blog [cit. 22. 12. 2020]. Dostupné z: <https://blog.richardvanhooiconk.com/en/top-10-agricultural-robots-that-automate-the-business-of-growing-food>
- Chaumette, F. et al. (2006). Visual servo control – Part I: Basic approaches. *Robotics & Automation Magazine*, 13(4):82-90.
- Ideaconnection.com, (2019). *Mamut Collects Massive Crop Data*. [online] [cit. 20. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.ideaconnection.com/new-inventions/mamut-collects-massive-crop-data-14038.html>
- Iso.org, (2012). *Robots and robotic devices*. [online] [cit. 10. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en>
- Kamir.cz, (2021). *Automatický Přihřnovač Frone*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.kamir.cz/web/dojici-zarizeni/ostatni-technologie-dojicich-zarizeni/automaticky-prihrnovac-frone>
- Kic, P. a Nehasilová, D. (1997). *Dojící roboty a jejich vliv na zdraví mléčné žlázy*. První vydání. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 2/97, 75 s ISBN 80–86153–32–0
- Kitikov, V. a Ternov, E. (2009). Comparative technical and economic analysis of complex dairy management system on the basis of radiofrequency and infra-red identification of animals for milking parlor of foreign manufacture. In: *Engineering for rural development*. Jelgava, Latvia, 28.-29.05.2009, s. 76–80
- Kruse, D. et al. (2015). A Sensor-Based Dual-Arm Tele-Robotic System. *Transactions On Automation Science And Engineering*, 12(1):4-18.
- Kuka.com, (2020). *O společnosti*. [online] [cit. 5. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/o-spole%C4%8Dnosti-kuka/strategie>
-

-
- Landais, G. (2018). L'OptiDuo de DeLaval arrive à l'auge. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.mon-cultivar-elevage.com/content/loptiduo-de-delaval-arrive-a-lauge>
- Lely.com, (2017). *Healthier hooves thanks to a unique manure robot designed for cleaning solid barn floors*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.lely.com/press/2017/06/10/Discovery-Collector/>
- Lely.com, (2021). *Brochures, photos and videos*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.lely.com/mediabank/>
- Lely.com, (2021a). *Lely Juno*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.lely.com/solutions/feeding/juno/>
- Lely.com, (2021b). *Milking*. [online] [cit. 3. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.lely.com/solutions/milking/>
- Lely.com, (2021c). *Vector*. [online] [cit. 8. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.lely.com/solutions/feeding/vector/>
- Liu, S. et al. (2019). Triboelectric nanogenerators enabled sensing and actuation for robotics. *Nano Energy*, 65(104005). DOI: 10.1016.
- Machálek, A. et al. (2011a). *Analýza a metodika hodnocení interakcí systému člověk – zvíře – robot na farmách dojnic*. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha. ISBN 978–80–86884–63–9.
- Machálek, A. et al. (2011b). *Příprava dojnic k robotickému dojení*. První vydání. Praha: výzkumný ústav zemědělské techniky, 2011. 21 s., ISBN 978-80-86884-64-6.
- Maixner, L. et al. *Mechatronika*. První vydání. Brno: Computer Press, 2006. 280 s. ISBN 80-251-1299-3
- Masuzawa, H. et al. (2017). Development of a Mobile Robot for Harvest Support in Greenhouse Horticulture – Person Following and Mapping. In: *IEEE/SICE International Symposium on System Integration*, Taipei, Taiwan, pp. 451-546.
- Matsuo, T. et al. (2019). Report of the 4th Tomato Harvesting Robot Competition. In: *International Conference on Artificial Life and Robotics (ICAROB)*, Japan, pp. 540-543.
- Moso.cz, (2021a). *Prodej, servis a služby*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: http://www.moso.cz/servis_prodej_sluzby/
- Moso.cz, (2021b). *Systémy vyhrnování kejdy*. [online] [cit. 14. 3. 2021]. Dostupné z: <http://www.moso.cz/sortiment/system-vyhrnovani-kejdy/>
-

-
- Mousazadeh, H. (2013). A technical review on navigation systems of agricultural autonomous off-road vehicles. *Journal Of Terramechanics*, 50(3):211-232.
- Omafra.gov.on.ca, (2021). *Robotic Milking of Dairy Cows*. [online] [cit. 5. 1. 2021]. Dostupné z: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/dairy/robotic/index.html>
- Osha.gov, (2015). *Industrial Robots and Robot System Safety*. [online] [cit. 20. 12. 2020]. Dostupné z: https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_4.html#2
- Pagáč, M. (2017). *Učebnice SolidWorks*. Vydavatelství Nová média, Brno. ISBN 978-80-270-0918-3
- Paulová, M. (2020). Seznamte se, Fendt Xaver druhé generace. [online] Mechanizaceweb.cz [cit. 27. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/seznamte-se-fendt-xaver-druhe-generace/>
- Picking.technology, (2021). *Rubion*. [online] [cit. 26. 12. 2020]. Dostupné z: <https://picking.technology/>
- Ragaglia, M. et al. (2016). Accurate sensorless lead-through programming for lightweight robots in structured environments. *Robotics And Computer-Integrated Manufacturing*, 39:9-21.
- Rasmussen, M. a Reinemann, D. (2010). Milk management. In: *IDF Mastitis Conference*. Christchurch, New Zealand, pp.655-698.
- Roldán, J. et al. (2017). Robots in Agriculture: State of Art and Practical Experiences. [online]IntechOpen [cit. 26. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/service-robots/robots-in-agriculture-state-of-art-and-practical-experiences#B1>
- Rotz, C. et al. (2003). Automatic milking systems, farm size and milk production. *Journal of Dairy Science*, 86(12):4167–4177. doi : 10,3168 / jds.S0022-0302 (03) 74032-6. PMID 14740859.
- Ruckelshausen, A. et al. (2006). Autonomous robots for weed control. In: *23rd German Conference on Weed Biology and Weed Control*, Stuttgart, Germany, pp. 173-180.
- Rus, D. a Tolley, M. (2015). Design, fabrication and control of soft robots. *Nature*, 521(7553):467-475. DOI: 10.1038.
- Schumacher, D. (2019). Autonomous robots enter fields to collect precise soil samples, help farmers improve yields, reduce environmental impact, save money. [online] Purdue [cit. 26. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.purdue.edu/newsroom/releases/2019/Q3/autonomous-robots-enter-fields-to-collect-precise-soil->
-

samples,-help-farmers-improve-yields,-reduce-environmental-impact,-save-money.html

Siegford, J. et al. (2013) The accuracy of activity monitors worn by dairy cows housed in a pasture-based robotic milking system. *Michigan State University*.

Gouws, J. (1994). Tegnologie vir ten voile geoutomatiseerdelmelking van koeie. *Tydskrif vir Naluunwetenskap en Tegnologie*. 13, no. 4, ISSN 0254-3486

Slaughter, D., et al., (2008). Autonomous robotic weed control systems: a review. *Computers And Electronics In Agriculture*, 61(1):63:78.

Solidworks.com, (2021). *Solutions*. [online] [cit. 21. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.solidworks.com/solutions>

Turek, F. (2011). Machine Vision Fundamentals: How to Make Robots „See“. [online] [cit. 11. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/supplements/it/features/articles/10531>

Van den Pol-van Dasselaar, A. et al. (2012). Combining grazing and automatic milking. In: *24th General Meeting of the European-Grassland-Federation*, Lublin, Polsko, 279-281.

Vialva, T. (2019). From solidworks to the 3dexperience. [online] [cit. 10. 3. 2021]. Dostupné z: <https://3dprintingindustry.com/news/from-solidworks-to-the-3dexperience-149002/>

Web.archive.org, (2005). *DeLaval Voluntary Milking System*. [online] [cit. 5. 1. 2021]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20090214194607/http://linuxdevices.com/articles/AT8308307720.html>

Web.archive.org, (2012). *Future Dairy Robotic Robot Launch*. [online] [cit. 5. 1. 2021]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20120322164042/http://www.future-dairy.com.au/media/robotic_rotary11Nov2010/FD-Robotic%20Rotary%20Fact%20Sheet%20Web.pdf

Yamada, Y. et al. (2014). Mechanical Weeding Using a Paddy Field Mobile Robot for Paddy Quality Improvement. In: *14th Annual Conference on Towards Autonomous Robotic Systems (Taros)*, Oxford, England, pp. 185-189.

Yang, C., et al. (2018). Interface Design of a Physical Human-Robot Interaction System for Human Impedance Adaptive Skill Transfer. In: *Ieee Transactions On Automation Science And Engineering*, 15(1):329-340.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Konfigurace designu robotického ramene (Osha.gov, 2015).....	10
Obrázek 2: Průmyslový robot: hlavní součásti (Osha.gov, 2015)	12
Obrázek 3: Lead-through programování (Osha.gov, 2015).....	14
Obrázek 4: Walk-through programování (Osha.gov, 2015)	14
Obrázek 5: Off-line programování (Osha.gov, 2015).....	15
Obrázek 6: Pracovní prostor ramene (Osha.gov, 2015).....	16
Obrázek 7: Fendt Xaver (Paulová, 2020).....	19
Obrázek 8: Sběrací robot Octinion (Picking.technology, 2021)	20
Obrázek 9: Sběr vzorků půdy (Schumacher, 2019)	21
Obrázek 10: Odplevelovací robot Dino (Catinari, 2019).....	22
Obrázek 11: Skenovací robot plodin Mamut (Ideaconnection.com, 2019)	23
Obrázek 12: Postříkový robot ecoRobotix (Ben-Ari, 2018)	24
Obrázek 13: Krmný automat Lely Vector (Lely.com, 2021c).....	25
Obrázek 14: Krmná kuchyně (Lely.com, 2021c).....	25
Obrázek 15: Shrnovací lopata Microbot 3.0 (Agrico.cz, 2019b).....	26
Obrázek 16: Vyhrnovací robot DeLaval RS250 (Moso.cz, 2021b).....	27
Obrázek 17: Autonomní vysavač kejdy Lely Discovery 120 Collector (Lely.com, 2017)	28
Obrázek 18: Přihrnovač krmiva Lely Juno (Lely.com, 2021a).....	29
Obrázek 19: Šnekový přihrnovač krmiva DeLaval OptiDuo (Landais, 2018)	30
Obrázek 20: Dojící robot Lely Astronaut A5 (Agropartner.cz, 2021a).....	35
Obrázek 21: Dojící robot DeLaval VMS (Bvv.cz, 2019)	36
Obrázek 22: Dojící robot Fullwood M ² erlin (Fullwood-dev.yarrington, 2021)	37
Obrázek 23: Dojící robot GEA DairyRobot R9500 (GEA.com, 2021b).....	38
Obrázek 24: Modelovaná součást	42
Obrázek 25: Sestava spalovacího motoru	44
Obrázek 26: Skica nosníků s vysunutím	45
Obrázek 27: Skica podpěry	46
Obrázek 28: Skica výztuhy	46
Obrázek 29: Uzavření nosníků.....	47
Obrázek 30: Model nosníků s podpěrami	48
Obrázek 31: Skica lineární kolejnice s rovinou zrcadlení.....	48

Obrázek 32: Otvory pro zapuštění šroubů v lineární kolejnici	49
Obrázek 33: Sestavené ložisko pro lineární vedení	50
Obrázek 34: Vymodelovaný doraz desky	50
Obrázek 35: Skica zubu	51
Obrázek 36: Zub táhnutý po šroubovici/spirále	51
Obrázek 37: Rozmístění zubů po válci lineárním polem	52
Obrázek 38: Model pastorku	52
Obrázek 39: Část hřebenové tyče se zapuštěnými dírami pro šrouby	53
Obrázek 40: Skica podložky s následnou rotací	54
Obrázek 41: Model stavěcího šroubu	54
Obrázek 42: Horní pohled na model desky	55
Obrázek 43: Sestava součástí	56
Obrázek 44: Boční pohled na sestavu	56
Obrázek 45: Spodní pohled na sestavu	57
Obrázek 46: Přední pohled na sestavu	57
