



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

**AUTOMATICKÝ STAVĚČ KUŽELEK – VÝTAH
A METAČ KOULE**

NINEPIN BOWLING AUTOMATA – ELEVATOR AND BALL THROWER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Robota

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav automatizace a informatiky
Student:	Bc. Jakub Robota
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Aplikovaná informatika a řízení
Vedoucí práce:	doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Automatický stavěč kuželek – výtah a metač koule

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Ve spolupráci s WNBA je již na ÚAI realizován automatický stavěč kuželek. Toto velmi komplexní zařízení vyžaduje součinnost více oborů. Zájemci v konstrukčním ohledu budou realizovat některé mechanické části, zájemci z automatizace či elektro budou realizovat řízení automatických mechanismů. Jde o komplexní a týmovou práci, kde každý najde své místo.

Cíle diplomové práce:

- Komplexní konstrukční a technologický návrh zařízení pro metání koulí sloužící pro validaci systému automatického stavěče kuželek.
- Praktická realizace výtahu koulí, vč. transportu k metači.
- Praktická realizace metače koulí.

Seznam doporučené literatury:

JOHN, Jiří, 2001. Bowling a kuželky. Praha: Grada. ISBN 80-247-9048-3.

MRŇÁK, Václav, 1961. Kuželky: příručky pro školení rozhodčích všech tříd. Praha: Sportovní a turistické nakladatelství. Učební texty (Sportovní a turistické nakladatelství).

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cieľmi tejto diplomovej práce bol návrh a vytvorenie výťahu pre kolkárske gule automatického stavača kolkov a vystreľovača kolkárskych gulí pre simulovanie zaťaženia a overenie funkčnosti daného stavača. Na prepojenie vystreľovača s výťahom bola vytvorená dráha pre gule. V teoretickej časti práce bol opísaný kolkársky šport a preskúmané pravidlá týkajúce sa ho. Následne boli prešetrené rôzne využiteľné riešenia ponúkané na trhu potýkajúce sa s problematikou automatických stavačov kolkov a ich výťahov a taktiež boli preskúmané dostupné vystreľovače gulí. Praktická časť práce spočívala v návrhu a konštrukcii vlastného riešenia výťahu, ktorý rozširoval už navrhnutý stavač kolkov. Následne bola navrhnutá a skonštruovaná transportná dráha pre gule a vystreľovač kolkárskych gulí, ktorého úlohou bolo napodobniť záťaž na stavač kolkov pri obvyklej hre.

ABSTRACT

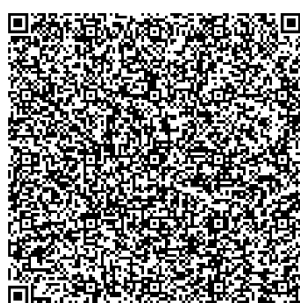
The goal of this master's thesis was to design and construct ninepin ball elevator for automated pin setter machine and ninepin ball launcher to simulate load and to verify correct function of the setter machine. Also, a ball track was designed as a means of transport for the ball from elevator to launcher. Theoretical part of thesis contains research into ninepin bowling, its rules and analysis of different applicable solutions found on the market that deal with automated pin setters and their ball elevators. Furthermore, a separate research into ball launchers was conducted. Practical part of thesis was comprised of own solution to design and construction of elevator, which extended already designed pin setter machine. After this, track for ball was designed and constructed together with ball launcher which imitates load that would the machine experience during usual game.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Automatický stavač kolkov, vystreľovač gulí, výťah kolkárskych gulí, kolkársky šport, vystreľovač kolkárskych gulí

KEYWORDS

Automated pin setter machine, ball launcher, ninepin ball elevator, ninepin bowling, ninepin ball launcher



2021

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

ROBOTA, Jakub. *Automatický stavěč kuželek – výtah a metač koule*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/135712>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky. Vedoucí práce Radomil Matoušek.

POĎAKOVANIE

Týmto by som chcel poďakovať doc. Ing. Radomilovi Matouškovi, Ph.D. za pripomienky a rady týkajúce sa spracovania tejto diplomovej práce.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, vypracoval som ju samostatne pod vedením vedúceho práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry.

Ako autor uvedenej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávnych dôsledkov.

V Brne dňa 21. 5. 2021

.....

Jakub Robota

OBSAH

1	ÚVOD.....	15
2	KOLKY AKO ŠPORT	17
2.1	Pravidlá a regulácie hry	17
2.1.1	Disciplíny.....	17
2.1.2	Stanovište kolkov	18
2.1.3	Kolky	19
2.1.4	Guľa.....	22
2.1.5	Hrací priestor	22
2.1.6	Hracia dráha.....	24
2.1.7	Automatický stavač kolkov	26
3	PRIESKUM TRHU	29
3.1	Automatické stavače kolkov	29
3.1.1	Brunswick A-2.....	29
3.1.2	Brunswick GS-X.....	30
3.1.3	QubicaAMF XLi.....	32
3.1.4	Qubica EDGE String	34
3.1.5	S.E.S. Kegelbahntechnik K800	34
3.2	Vystreľovače gulí	36
3.2.1	Princíp katapultu.....	36
3.2.2	Princíp praku.....	38
3.2.3	Nárazový vystreľovač.....	39
3.2.4	Remeňový vystreľovač	40
3.2.5	Princíp zotrvačníka	41
4	VLASTNÉ RIEŠENIE	45
4.1	Výt'ah kolkových gulí.....	45
4.1.1	Požiadavky výt'ahu	46
4.1.2	Konštrukčný návrh výt'ahu	50
4.1.3	Experimentálny variant výt'ahu	54
4.2	Vystreľovač gulí	55
4.2.1	Požiadavky na návrh vystreľovača gulí.....	56
4.2.2	Koncepčný návrh zotrvačnickového vystreľovača.....	56
4.2.3	Vystreľovač s pneumatickými piestami	57
4.2.4	Koncepčný návrh pákového vystreľovača.....	59
4.2.5	Konštrukčný návrh pákového vystreľovača	61
4.2.6	Pneumatický a logický obvod.....	66
5	ZÁVER	69
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	71
	ZOZNAM SKRATIEK	75
	ZOZNAM OBRÁZKOV	77
	ZOZNAM PRÍLOH.....	79
A.	VÝKRESOVÁ DOKUMENTÁCIA.....	81

1 ÚVOD

Kolky ako šport majú hlbokú, avšak relatívne nepreskúmanú históriu. Niektoré archeologické nálezy poukazujú na historické varianty podobné tomuto športu až do čias 3200 p. n. l. Šport sa do podoby, ktorá je aktuálne známa začal vyvíjať v strednej Európe v dobách stredoveku. Hlavný zmysel hry spočíva v zhodení deviatich kolkov rozmiestnených do štvorca s vrcholom smerujúcim k hráčovi pomocou gule hodenej hráčom a váľajúcej sa po dráhe. Kolky sa vyznačujú už spomínanými deviatimi kolkami a guľou s priemerom šesťnásť centimetrov. Tento šport zastrešuje organizácia World Bowling spolu s variantom bowlingu s desiatimi kolkami známejším v Amerike.

Na hranie kolkov je potrebné udržiavať kolkársku dráhu. Jedno zo zariadení na to určených je automatický stavač kolkov (ASK). ASK umožňuje automatické správne postavenie kolkov pred každým hodom a teda eliminuje nutnosť manuálneho stavania kolkov. Obvykle bývajú používané šnúrové ASK. Avšak spojenie kolkov so stavačom pomocou šnúr vedie k ovplyvneniu hry pri rôznych hodoch využívajúcich interakciu šnúr s kolkami.

ASK vyvíjaný na ústave automatizácie a informatiky v spolupráci s WNBA má vytvoriť možnosť stavať kolky bez použitia šnúr a teda zamedziť problémom, s ktorými sa šnúrové stavače potykajú. Táto práca sa na začiatku zameria na prieskum kolkového športu a jeho stanovených technických pravidiel. Následne preštuduje aktuálne ASK a ich používané riešenia výt'ahov kolkových gulí. Po prieskume boli vytvorené návrhy použiteľného výt'ahu a skonštruovaný kompletný výt'ah. Práca tiež preskúmava možnosti overenia funkčnosti ASK pomocou vystreľovača gulí, ktorý by dokázal replikovať veľké množstvo hodov, ktoré má ASK počas využitia ustáť a vždy byť schopný kolky správne a dostatočne rýchlo postaviť. Návrhy ako výt'ahu tak vystreľovača gulí boli vytvorené pomocou 3D modelov v prostredí programu Solidworks a ich realizácie boli skonštruované na fakulte FSI VUT v Brne.

2 KOLKY AKO ŠPORT

Kolky sa rozvíjali hlavne v dobách stredoveku v strednej Európe a tiež boli neskôr importované do Ameriky, kde boli ďalej upravené do variantu používajúcej desať kolkov v rozdielnom rozmiestnení namiesto klasických 9. V roku 1952 bola založená Fédération Internationale des Quilleurs (FIQ). Táto federácia zjednocovala ako kolky (ninepin) tak bowling (tenpin). V roku 1973 bola v Londýne založená organizácia spravujúca kolky World Ninepin Bowling Association (WNBA), ktorá má dnes 28 členských štátov na 3 kontinentoch. WNBA je členená do troch asociácií pre rôzne používané typy dráh. Kolkárne sú regulované a musia byť postavené podľa štandardov a pravidiel stanovených WNBA. Taktiež musia byť overené lokálnou asociáciou aby boli podmienky a stavy dráh celosvetovo zhodné. Pred medzinárodným použitím musia byť automatické stavače kolkov, herné dráhy, kolky a gule testované, aby mohli byť schválené pre hru od WNBA. WNBA je dnes spolu s World Tenpin Bowling Association (WTBA) združená pomocou organizácie World Bowling. Česká republika je členom WNBA a lokálne kolky zastrešuje Česká kuželkárska asociace (ČKA). [1,2,3]



Obr. 1: Logo organizácie WNBA [3]

2.1 Pravidlá a regulácie hry

Pravidlá hry sú presne stanovené v dokumente vydanom ČKA - Sportovne technické predpisy kuželkárskeho sportu - Pravidla kuželkárskeho sportu [4]. Taktiež Slovenský kolkársky zväz vydal Pravidlá kolkárskeho športu [5]. Technické parametre kolkárni sú stanovené WNBA v dokumente Technické predpisy WNBA [6] a tiež v Kolkárska dráha – technická časť, kolaudácie, miery a tolerancie [7]. Nasledovné upresňujúce informácie a regulácie k hre a kolkárňam sú čerpané z týchto dokumentov.

2.1.1 Disciplíny

V kolkárskom športe existujú 3 súťažné disciplíny:

- Plné – hráč hádže všetky hody do plného stavu deviatich kolkov.
- Dorážka – hráč hádže prvý krát do plného stavu kolkov a ďalšími hodmi zhadzuje kolky, ktoré ostali stát'. Po dorazení všetkých kolkov sa proces opakuje.
- Združené – hráč hrá polovicu hodov do plného stavu a polovicu hodov v dorážkovom režime.

V každej súťažnej disciplíne predstavuje každý regulárne zhodený kolok jeden bod. V pravidlách sú stanovené ako regulárne zhodené kolky také kolky, ktoré boli zhodené:

- priamo guľou,
- nárazom jedného kolku o druhý,
- závesnou šnúrou iného kolku.

Za neregulárne zhodené kolky sa považujú kolky:

- zvalené guľou odrazenou od zadnej odrazovej steny,
- zvalené guľou odrazenou od bočných mantinelov,
- v prípade, že guľa evidentne minie kolok, ale ten je svetelným ukazovateľom ASK zaregistrovaný,
- kolky zvalené v dobe kedy nebol ASK pripravený registrovať zvalené kolky,
- v prípade bezšnúrových ASK sú to tiež kolky zvalené časťami ASK.

Za regulárne zhodené kolky sa rátajú len kolky zhodené v stanovenom hernom čase. Ten je pre všetky herné disciplíny rovnaký a závisí od počtu hodov podľa tabuľky č.1.

Tab. 1: Hracia doba stanovená pravidlami

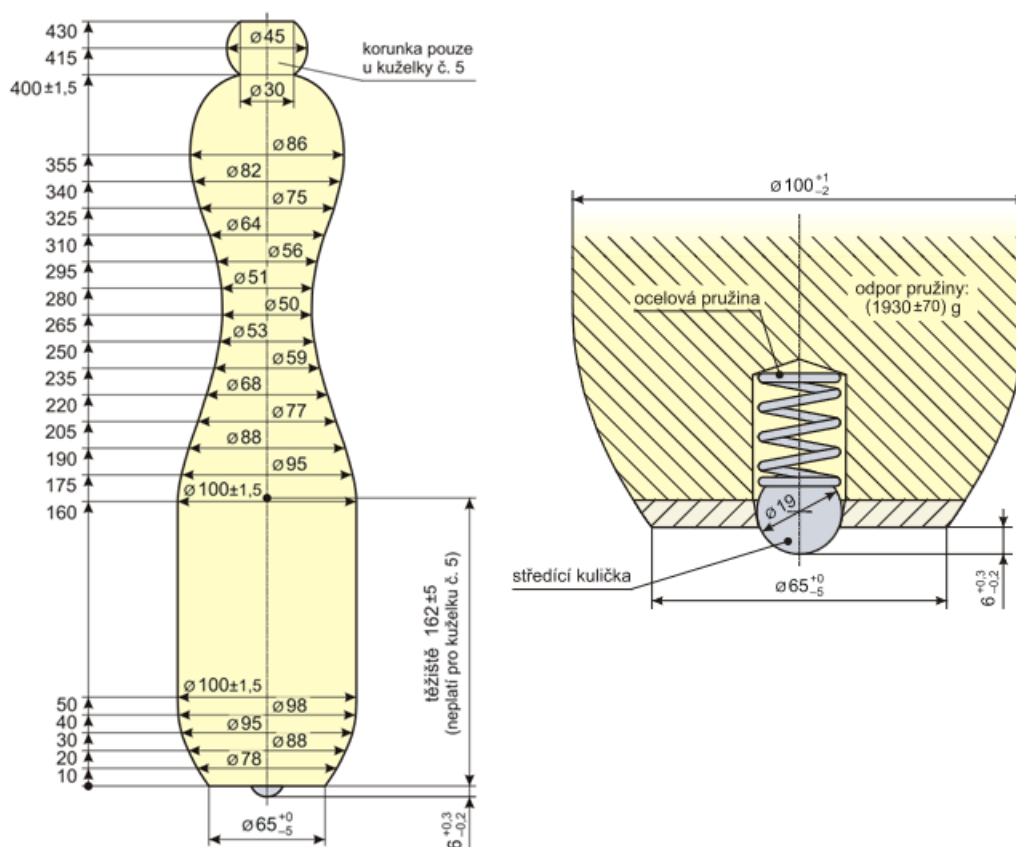
Počet hodov	50	40	30	20
Hracia doba	20 minút	16 minút	12 minút	8 minút

2.1.2 Stanovisko kolkov

Na hracej ploche sú kolky rozostavené tak, aby sa stredy ich ložísk nachádzali v strede, v štyroch stredoch strán a vo všetkých štyroch rohoch štvorca. Tento štvorec má uhlopriečku 1000 ± 2 mm. Štvorec je umiestnený tak, že jedna jeho uhlopriečka je kolineárna s osou súmernosti dráhy. Kolok číslo 5 musí byť umiestnený vždy v strede tohto štvorca. Presné rozmiestnenie kolkov je udané ložiskami zabudovanými do dráhy. Tieto ložiská sú zabudované tak, aby bolo možné kolky rozostaviť podľa geometrického usporiadania stanoveného v technických predpisoch WNBA [6]. Ložiská pre kolky musia byť v rovine s plochou stanovišťa kolkov a nesmú vyčnievať. Označenie kolkov a ich usporiadanie spolu s hodnotami kót a tolerancií je vyobrazené na obr. 2.

- V strede dolnej dosadacej plochy kolku musí byť umiestnená centrovacia odpružená guľička, ktorá vyčnieva, kolok teda nie je možné postaviť na rovný povrch, tak aby kolok zostal bez pomocne stát'.
- Centrovacia guľička musí byť vyrobená z oceli alebo z iného materiálu podobných vlastností. Tlak pružiny tlačiacej na guľičku v smere dole musí byť 1930 ± 70 g.

Starý tvar kolku je zobrazený spoločne s detailom na centrovaciu guľičku s pružinou na obr. 3.



Obr. 3: Tvar kolku a detail na centrovaciu guľičku [6]

Nový tvar kolkov (NF)

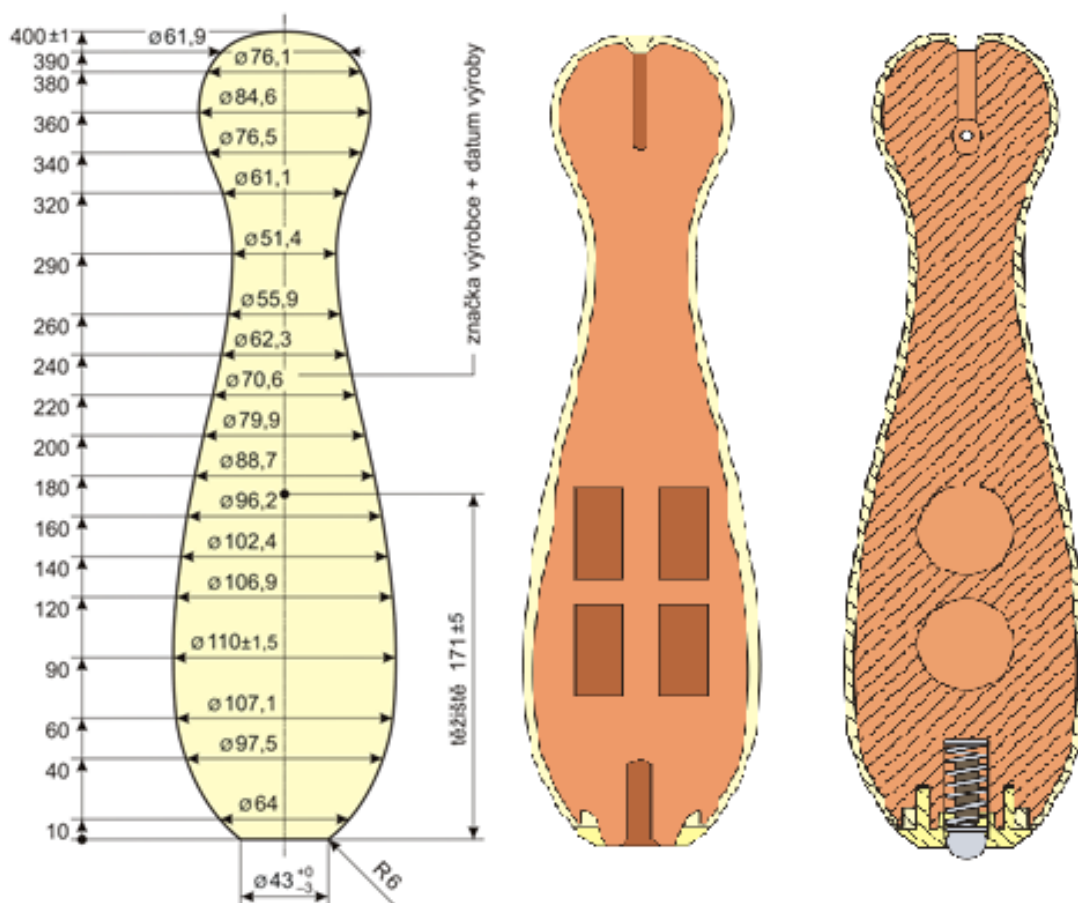
Sada kolkov nového tvaru obsahuje deväť kolkov identického tvaru. Tieto kolky opäť musia spĺňať špecifikácie stanovené WNBA.

Vybrané špecifikácie kolkov NF sú:

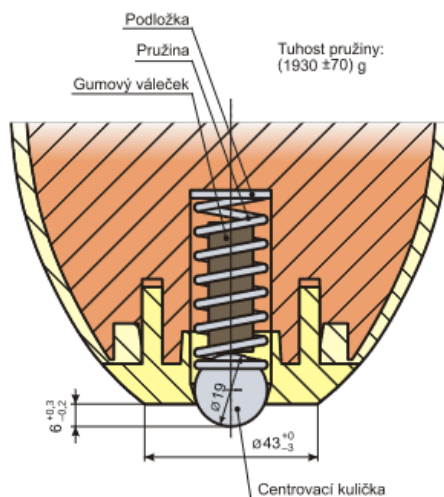
- Tvar kolku musí zodpovedať údajom zobrazených na obr. 4 a taktiež opotrebenie priemeru vo výške 80 mm nesmie byť menšie ako 107,5 mm.
- Hmotnosť kolku musí byť:
 - v prípade obyčajného kolku 1660^{+30}_{-60} g,
 - v prípade kolku s centrovacou guľičkou 1700^{+30}_{-60} g.

- Ťažisko kolku sa musí nachádzať vo výške:
 - v prípade obyčajného kolku 171 ± 4 mm,
 - v prípade kolku s centrovacou guľičkou 164 ± 5 mm.
- Pri teplote materiálu 20°C musí kolok vykazovať povrchovú tvrdosť 50 ± 5 stuňov Shore D.
- Dosadacia plocha kolku musí pevne stáť na povrchu základnej dosky, príp. ložiska a nesmie mať ostré hrany.

Existuje aj kolok typu NF1, ktorý má spomínané špecifikácie zhodné s typom NF. Avšak typ NF1 má drevené jadro a povrch z 2 mm hrubej tvrdennej umelej hmoty. NF1 môže mať opäť centrovaciu guľičku a vymeniteľnú doštičku na dosadacej ploche. Kolok s centrovacou guľičkou má rovnaké rozmery a hmotnosť ako NF1 bez guľičky a podlieha istej špecifikácii. Varianty kolokov NF1 sú zobrazené na obr. 4. Na obrázku je vľavo špecifikácia tvaru platná pre NF a NF1, v strede je zobrazený rez kolku NF1 bez centrovacej guľičky a vpravo rez NF1 s centrovacou guľičkou. Detail na kolok s guľičkou je na obr. 5.



Obr. 4: Špecifikácie tvarov NF a NF1 [6]



Obr. 5: Detail na kolok s centrovacou guličkou [6]

2.1.4 Gul'a

V medzinárodných kolkárňach a pre súťažné účely môžu byť použité len gule schválené WNBA.

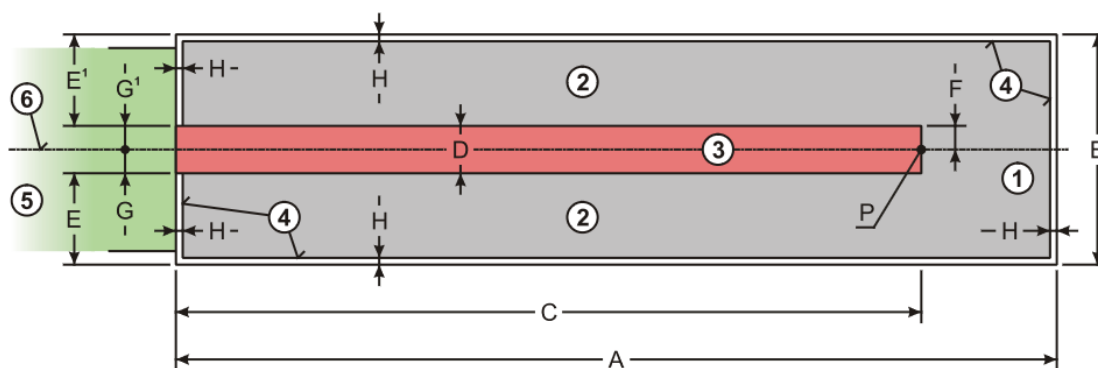
Gul'a má špecifikovanú hmotnosť a priemer:

- Sekcia klasik má definovanú hmotnosť $2818 \div 2871$ g a priemer $160 \pm 0,5$ mm.
- Pre žiakov môže byť gul'a:
 - s hmotnosťou $2310 \div 2350$ g a priemerom $150 \pm 0,5$ mm,
 - s hmotnosťou $1890 \div 1930$ g a priemerom $140 \pm 0,5$ mm.

Taktiež má gul'a mať vhodný povrch, ktorý sa nešmýka v dlani. Gul'a musí mať pri 20°C povrch o tvrdosti 75 ± 5 Shore D. Gule nemôžu byť zafarbené národnými farbami (napr. trikolóra Ruska), farebné prevedenie gúlí inak nie je regulované. Všetky gule musia byť označené buď logom výrobcu alebo držiteľom licencie na výrobu gule. Označenie gule nesmie presiahnuť 400 mm^2 , musí byť trvalo viditeľné a nesmie z neho odpadávať farba. Pre každú dráhu musia byť vždy prístupné aspoň tri overené gule. V prípade zdieľania podávača gúlí určeného pre dve dráhy musí byť prístupných aspoň päť gúlí.

2.1.5 Hrací priestor

Hrací priestor je vyobrazený a popísaný na obr. 6. Hrací priestor sa skladá z náhazovej dosky vyznačenej na obr. 6 pomocou čísla 3, táto doska je zo strán obklopená miestom pre rozbeh (2) a pred doskou je voľný priestor (1). Hranice hracieho priestoru sú vyznačené tak, že označenie (4) je celou šírkou vo vnútri hracieho priestoru. Ohraničenie na prechode s hracou dráhou je vyznačené pomocou čiary o šírke 50 mm. Táto čiara je čiarou prešľapu a je v strede dráhy prerušená náhazovou doskou v šírke 350 mm. Zvyšné strany hracieho priestoru sú označené pomocou svetlej čiary šírky 50 mm. Ohraničovacie čiary musia byť celou šírkou v hracom priestore a teda ich vonkajšia hrana je hranica hracieho priestoru.



Obr. 6: Hrací priestor [6]

Rozmery a tolerancie rozmerov hracieho priestoru sú popísané v Technických predpisoch WNBA a pre nové dráhy zhotovené podľa predpisov musia byť rozmery nasledovné:

$$\begin{aligned}
 A &= 6500 \pm 20 \text{ mm} & E &= 675 \pm 10 \text{ mm} \\
 B &= 1700 \pm 20 \text{ mm} & E^1 &= 675 \pm 10 \text{ mm} \\
 C &= 5500 \pm 20 \text{ mm} & F &= 0,5 \cdot D \pm 0,0 \text{ mm} \\
 D &= 350 \pm 5 \text{ mm} & H &= 50 \pm 2 \text{ mm} \\
 E - E^1 &= 0 \pm 2 \text{ mm} \\
 G - G^1 &= 0 \pm 2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Regulovaný je taktiež maximálny prípustný sklon náhadzovej dosky. Sklon kolmo na os symetrie dosky nesmie presiahnuť hodnoty 0,3% a sklon v smere osy symetrie dosky musí byť maximálne 0,1%.

Náhadzové dosky môžu byť zhotovené v týchto troch variantoch:

- Prevedenie A je zložené z viaceru hranolov o hrúbky minimálne 70 mm. Na spojených hranoloch je veľmi tvrdá doska z drevených vlákien s hrúbkou 5 mm. Na vrchu tejto dosky je linoleum alebo podobná umelohmotná krytina o hrúbke najmenej 3,2 mm.
- Prevedenie B môže použiť drevotrieskovú dosku hrubú aspoň 38 mm namiesto dosky z prírodného dreva.
- Prevedenie C sa skladá z jednej nosnej drevotrieskovej dosky s umelohmotnou vložkou vysokou minimálne 25 mm.

Povrch hracieho priestoru musí byť vodorovný a rovinný s najväčšími odchýlkami nie hlbšími ako 1,5 mm. Povrch náhadzovej dosky musí byť nekĺzavý a usporiadaný tak aby v prípade pádu hráča nespôsobil zranenie. Náhadzová doska sa nesmie pri hre prehýbať a jej povrch sa musí zreteľne odlišovať farebným prevedením.

2.1.6 Hracia dráha

Hracia dráha začína od hracieho priestoru a končí až stanovišťom kolkov. Kolkárske dráhy majú tri možné prevedenia:

- s mantinelmi,
- so žľabmi chybných hodov a umelohmotným povrchom,
- segmentové dráhy so žľabmi chybných hodov.

Všetky dráhy sú od konca hracieho priestoru po stred ložiska predného kolku dlhé 19500 ± 50 mm a sú v strednej časti široké 1500 ± 10 mm. Povrch hracej dráhy môže byť tvorený umelou hmotou alebo asfaltom, avšak asfaltový povrch dráhy nie je povolený pre medzinárodné súťaže a preto nebude tento povrch v práci opísaný.

Hracia dráha a jej základ alebo podložie musia byť vodorovné, rovinné. Dráha ďalej musí byť hladká a počas hry sa nesmie pod záťažou prehýbať, jej povrch nesmie oslňovať a jej farba by nemala byť krikľavá.

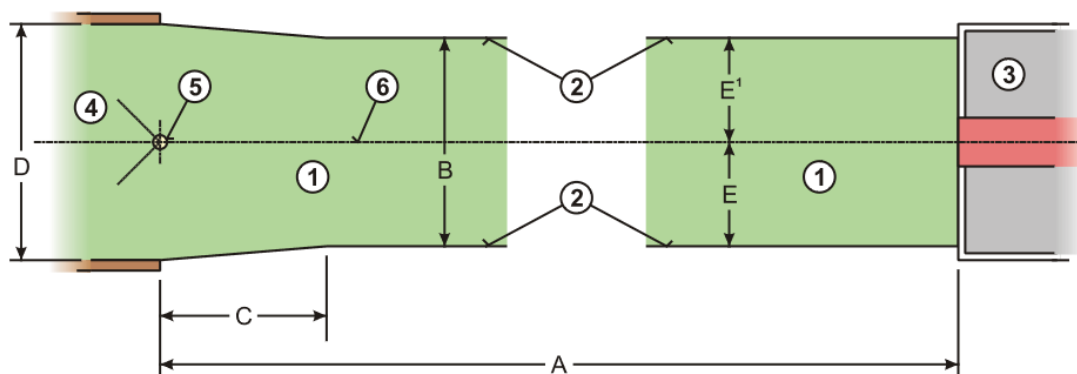
Dráhy s umelohmotným povrchom musia ďalej spĺňať nasledujúce predpisy:

- Povrch dráhy musí byť po celej ploche bez prasklín spojený zo spodnou vrstvou dráhy.
- Hrúbka umelohmotného materiálu musí byť aspoň 3,5 mm.
- Materiál musí vykazovať povrchovú tvrdosť 80 ± 10 Shore D pri teplote materiálu 20°C .
- Materiál musí mať dostatočnú teplotnú odolnosť aby bolo zabránené odlepeniu od spodnej vrstvy.
- Dráha musí byť usposobená na čistenie horúcou vodou.
- Dráha musí spĺňať predpisy umožňujúce hru pri rozsahu teplôt od 0°C až do 35°C .
- Umelohmotný povrch musí byť schopný odolávať vlhkosti a látkam používaných pri obvyklom chode kolkárne.
- Dráha nesmie vykazovať nebezpečie pre zdravie ľudí.

Ďalej sú zobrazené možné prevedenia hracej dráhy a ich krátky popis. Kompletné regulácie daných dráh je možné dohľadať v technických predpisoch WNBA [6].

Dráha s mantinelmi

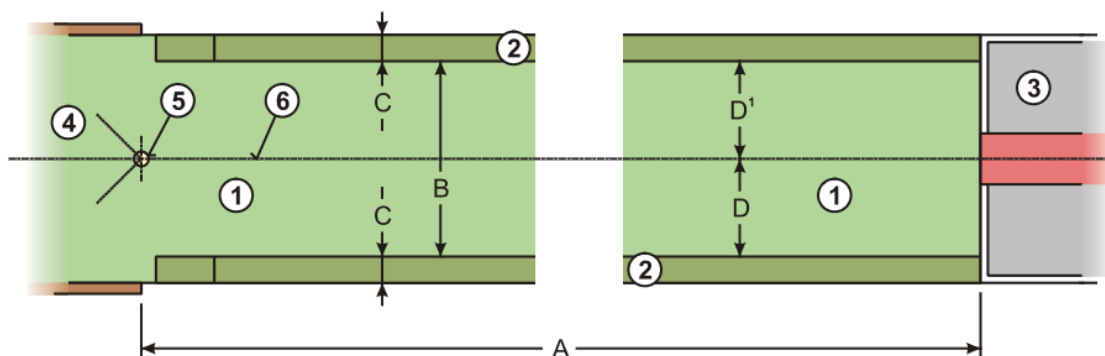
Pri dráhe tohto druhu sú po celej dĺžke dráhy použité bočné mantinely. Dráha s mantinelmi je vo väčšine jej dĺžky široká ako ostatné druhy dráh, ale je pred koncom dráhy, vo vzdialenosti $C = 1200 \pm 100$ mm od stredu ložiska predného kolku, rozšírená do šírky $D = 1700 \pm 10$ mm. Výška bočných mantinelov voči povrchu dráhy je 125 ± 25 mm. Mantinely (2) a popísané rozmery C a D sú vyznačené na obr. 7.



Obr. 7: Dráha s mantinelmi [6]

Dráha s bočnými žľabmi

Po boku dráhy sú použité žľaby pre chybné hody. Tieto žľaby sú hlboké minimálne 25 mm a široké $C = 180 \pm 0$ mm. Výška vonkajších líst dráhy je najmenej 35 mm. Dráha s bočnými žľabmi je zobrazená na obr. 8, žľaby sú na obrázku vyznačené číslom 2.



Obr. 8: Dráha s bočnými žľabmi [6]

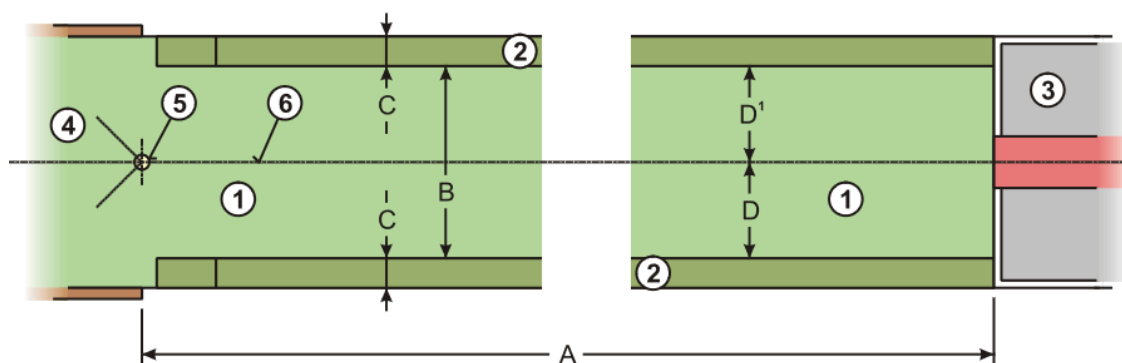
Segmentová dráha

Segmentové dráhy sú tvorené z viacerých častí, teda segmentov. Tieto spojené segmenty spolu vytvárajú celkovú dráhu. Segmentové dráhy musia navyše spĺňať ďalšie nariadenia:

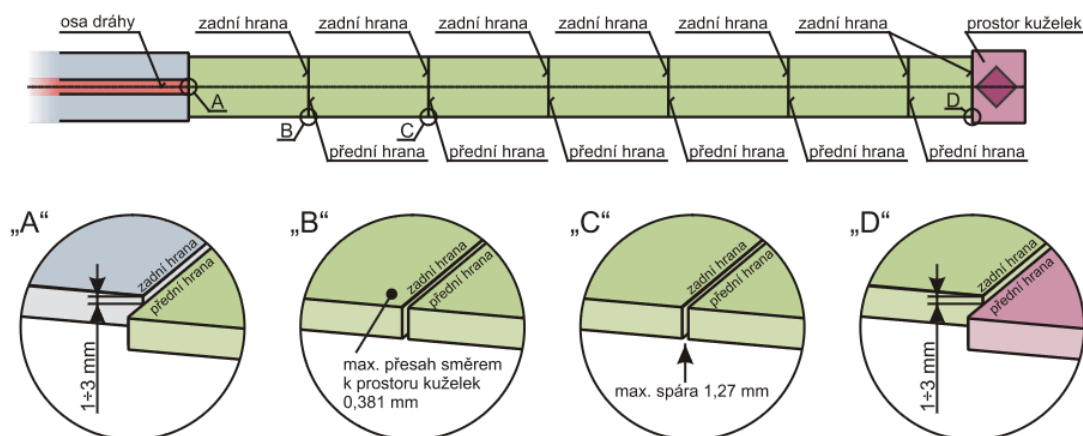
- Doska segmentu musí byť celou plochou upevnená na nosnú drevenú konštrukciu hrubú najmenej 22 mm.
- Spoje segmentov nesmú mať v smere osy dráhy prevýšenie.
- Hrúbka umelej hmoty musí byť aspoň 3,5 mm pri sendvičovom prevedení segmentov a 8 mm pri plných doskách.
- Povrch segmentu musí mať tvrdosť 90 ± 5 Shore D.
- Na prvej doske od hracieho priestoru musí byť umiestnený označovací štítok so špecifickými normovanými informáciami o majiteľovi licencie dráhy a číslom licencie od WNBA.

- Nápis s menom segmentu a čísлом licencie od WNBA musí byť vyznačené frézovaním alebo gravírovaním do každého segmentu na oboch vonkajších stranách. Tomuto označeniu podliehajú všetky dráhy prijaté po 1. 4. 2014.

Základný vzhľad segmentovej dráhy je zobrazený na obr. 9 a detail na dráhu s dovolenými presahmi je možné vidieť na obr. 10.



Obr. 9: Segmentová dráha [6]



Obr. 10: Detail segmentovej dráhy [6]

2.1.7 Automatický stavač kolkov

V kolkárnách je možné použiť automatický stavač kolkov so šnúrami, ale aj ASK bez šnúr. V kolkárskych prevádzkach určených na šport alebo na súťažné podujatia je povolené používať iba také ASK, ktoré boli schválené WNBA. Aby bol stavač schválený od WNBA musí spĺňať nasledovné podmienky:

- ASK musí umožňovať :
 - hrať do plných,
 - hrať do dorážky s možnosťou korekcie,
 - hrať do pozícií s možnosťou korekcie,
 - korekciu pri neplatnom hode,
 - korekciu pri hode do mantinelu.

- Po mechanickej a konštrukčnej stránke musí umožniť hranie kolkárskeho športu.
- ASK musí vykazovať bezporuchový chod.
- ASK musí umožniť odohrať série 20 hodov do plných aj združených behom 6 minút.
- ASK musí umožniť odohrať série 30 hodov do plných aj združených behom 9 minút.
- ASK musí umožniť odohrať série 50 hodov do plných aj združených behom 15 minút.
- Po zhodení kolkov nesmie ASK po dobu 4 sekúnd stavať kolky, behom týchto sekúnd musia byť všetky zhodené kolky zaznamenané a kolky, ktoré spadnú po tomto časovom limite sa už nemôžu rátať ako zhodené.
- Po otvorení čelnej steny ASK sa musí stavač automaticky vypnúť.
- ASK musí disponovať bezpečnostným vypínačom, ktorým je možné ho vypnúť. Taktiež musí mať dostupný vypínač v oblasti priestoru kolkov, tento vypínač umožňuje vypnúť motory na stavanie kolkov.
- Optické a akustické signály, pomocou ktorých ASK reaguje na zhodené kolky musia byť vypínateľné.
- Súčasťou ASK je aj výťah, ktorý však musí mať zaručenú nezávislú prevádzku od ASK.
- Súčasťou ASK je aj podávač gúl, ktorý vykonáva svoju úlohu bezporuchovo.

ASK využívajúce šnúry na stavanie kolkov sú podmienené ďalšími reguláciami, ktoré sú upresnené WNBA, tieto podmienky nebudú podrobnejšie opísané nakoľko je cieľom vyvinúť ASK bez použitia šnúr a teda tieto podmienky nie je nutné spĺňať.

3 PRIESKUM TRHU

Na trhu sú rôzne ponúkané riešenia pre automatické stavače kolkov a ich jednotlivé súčasti. Je teda vhodné preveriť existujúce stavače a ich výťahy guľí ako pre bowling tak pre kolky. Pre návrh vystreľovača guľí boli preskúmané viaceré mechanizmy na vystreľovanie predmetov tvaru gule ako sú napríklad tenisové alebo baseballové loptičky.

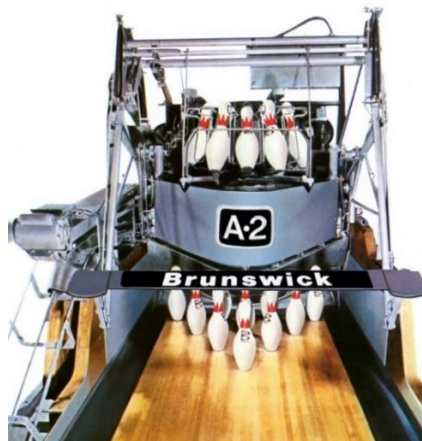
3.1 Automatické stavače kolkov

Pri automatických stavačoch kolkov je viacero prevalentných výrobcov v rámci bowlingu medzi nich patrí Brunswick s automatickými stavačmi A-2 a radou GS a QubicaAMF so stavačmi 82-30, XLi atď. Pri kolkoch je obmedzený počet schválených stavačov kolkov, medzi tieto patria stavače Vollmer KSA 10 A od firmy Ahlborn Kegel und Bowlingbahntechnik, K 800 od firmy S.E.S. Kegelbahntechnik, Pinsetter 500 S od Karl Funk atď. Celkový počet rôznych držiteľov licencií na výrobu stavačov kolkov schválených WNBA je 12. [6] Avšak všetky tieto licencie sú aktuálne vydané len pre stavače založené na používaní šnúr na stavanie kolkov.

Štúdiá vykonaná v USA pre bowlingovú asociáciu [8] preskúmavala rozdiely medzi ASK bez použitia šnúr voči stavačom používajúcich šnúry a našla značnú odlišnosť v počte padnutých kolkov a taktiež v počte jednotlivých hodov označených ako „strike“. Zistenia tejto štúdie potvrdzujú rozdiely v správaní kolkov počas ich pádu a taktiež určitý vplyv zamotania šnúr kolkov na ich padanie.

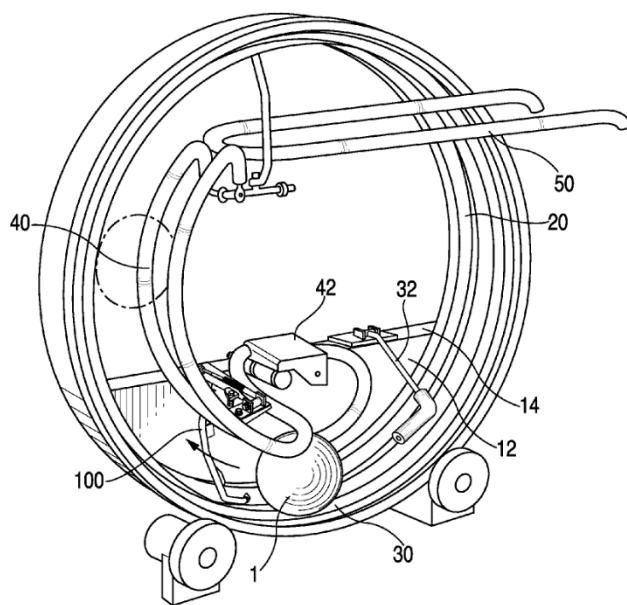
3.1.1 Brunswick A-2

Automatický stavač A-2 od firmy Brunswick je založený na patente US2973204A [9] podanom v roku 1958. Tento stavač je určený pre bowling a aj napriek veku tohto ASK je doteraz využívaný v bowlingových herniach. Predný pohľad na ASK je zobrazený na obr. 11.



Obr. 11: Stavač Brunswick A-2 [10]

Hlavnými funkčními částmi stavača A-2 sú zhrnovač kolkov, výtahy pre kolky a guľu, revolverový zásobník a rozmiestňovacia doska. Na začiatku cyklu sú guľou zhodené kolky, rozmiestňovacia doska je znížená dole a pomocou nej sa uchopia nezhrnuté kolky. Zhrnovačom sú zhrnuté všetky zvyšné kolky, ktoré spadnú spolu s guľou na pás, tento pás ich nasmeruje k bubnovému výtahu, príklad bubnového výtahu je zobrazený na obr. 12. Výtah v prednej časti oddeľuje guľu od kolkov pomocou kovovej dráhy a rotujúceho kolesa. Guľa sa vyvezie pri držaní trojbodového kontaktu s kovovou dráhou a rotujúcim kolesom nahor. Po oddelení gule nasleduje výtah pre kolky vo forme rotačného bubna, ktorý v sebe uchytí jednotlivé kolky a vyvezie ich nahor, kde sú ďalej privedené k revolverovému zásobníku. Guľa je medzitým odvedená kovovou dráhou do bočnej časti stavača, kde sa s guľou od susedného stavača pripojí na spoločnú dráhu. Gule sú do tejto dráhy púšťané striedavo zo stavačov na zamedzenie stretu a upchaniu dráhy. Guľa je na tejto dráhe urýchlená pásom a privedená na začiatok bowlingovej dráhy. Kolky sú nakoniec doplnené z revolverového zásobníka do rozmiestňovacej dosky, ktorá po zhodení kolkov môže byť opäť znížená a uvoľní kolky na ich správne miesta. [11]



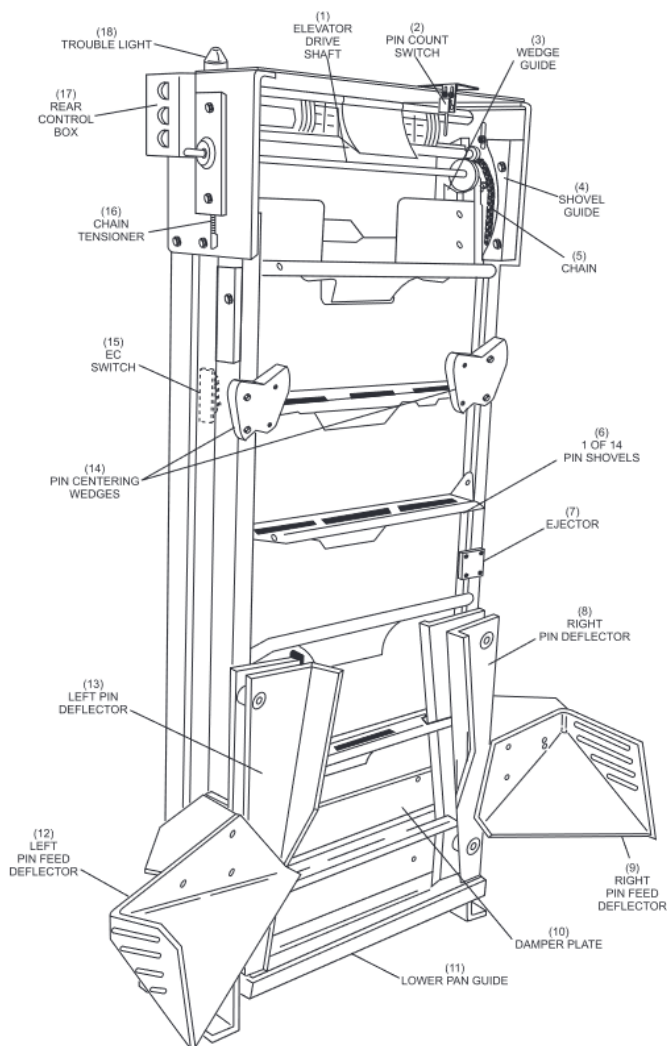
Obr. 12: Bubnový výtah s oddeľovačom gúľ [12]

3.1.2 Brunswick GS-X

Novší model stavača GS-X od firmy Brunswick prišiel s viacerými zmenami a inováciami voči predchádzajúcemu modelu A-2. Tento model sa vyznačuje rýchlosťou a malou poruchovosťou. Ich zaznamenaný priemer je jedno zastavenie stroja z dôvodu poruchy alebo nutnosti ľudskej manipulácie pri 8500 uhraných kolách.[13] Jednou z hlavnou inováciou je možnosť rozostaviť ľubovoľné postavenie kolkov požadované hráčom. Tento stavač je preto často využívaný pri tréningu profesionálov na tréning opakovaných hodov do jedinečných a ťažkých rozostavení. Brunswick GS-X sa taktiež vyznačuje schopnosťou zaznamenať zhodené kolky. GS-X pri detekcii zhodených kolkov

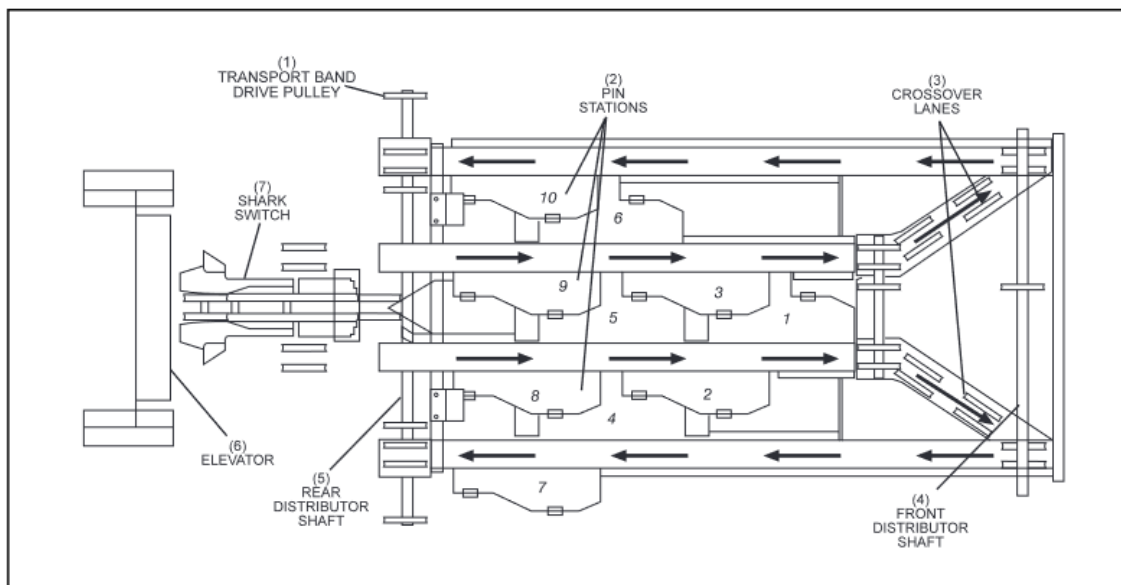
zavrhol použitie kamier pre ich nespoľahlivosť v problematickom osvetlení dráhy a okolitého prostredia, zhodené kolky sú preto detegované pomocou detekčných dosiek umiestnených na spúšťacej doske stavača.

Pri zhodení kolkov sú nespádnuté kolky uchytané čelúšťami na spodnej časti spúšťacej dosky a spadnuté sú zhrnuté na pás. Tu sú oddelené pomocou gummy, do ktorej naráža guľa a zhodené kolky. Táto guma posilnená o dosky, ktoré tlmia náraz, má v dolnej časti priestor, ktorým môžu kolky prejsť, ale pre guľu je tento priestor primálny. Guľa je teda otáčaním pásu dopravená až na jeho kraj, ďalej je pustená až pri otvorení dvierok, ktoré zamedzujú stred s guľou z vedľajšej dráhy. Guľa je tu vypustená na urýchľovač, ktorý guľu urýchli a dopraví k výťah. Ten guľu vyvezie pomocou plochého pásu do výšky odkiaľ je spustená a pomocou gravitácie privedená na začiatok bowlingovej dráhy. Kolky sú medzitým prepravené k samostatnému výťahu, ktorý má lopatky pre jednotlivé kolky, vid' obr. 13. Výťah viacerými doskami usmerní kolok do správnej polohy a vycentruje ju, na konci sa lopatka, na ktorej je kolka uložená preklopí a tak kolku vypustí do distribútora.



Obr. 13: Kolkový výťah [14]

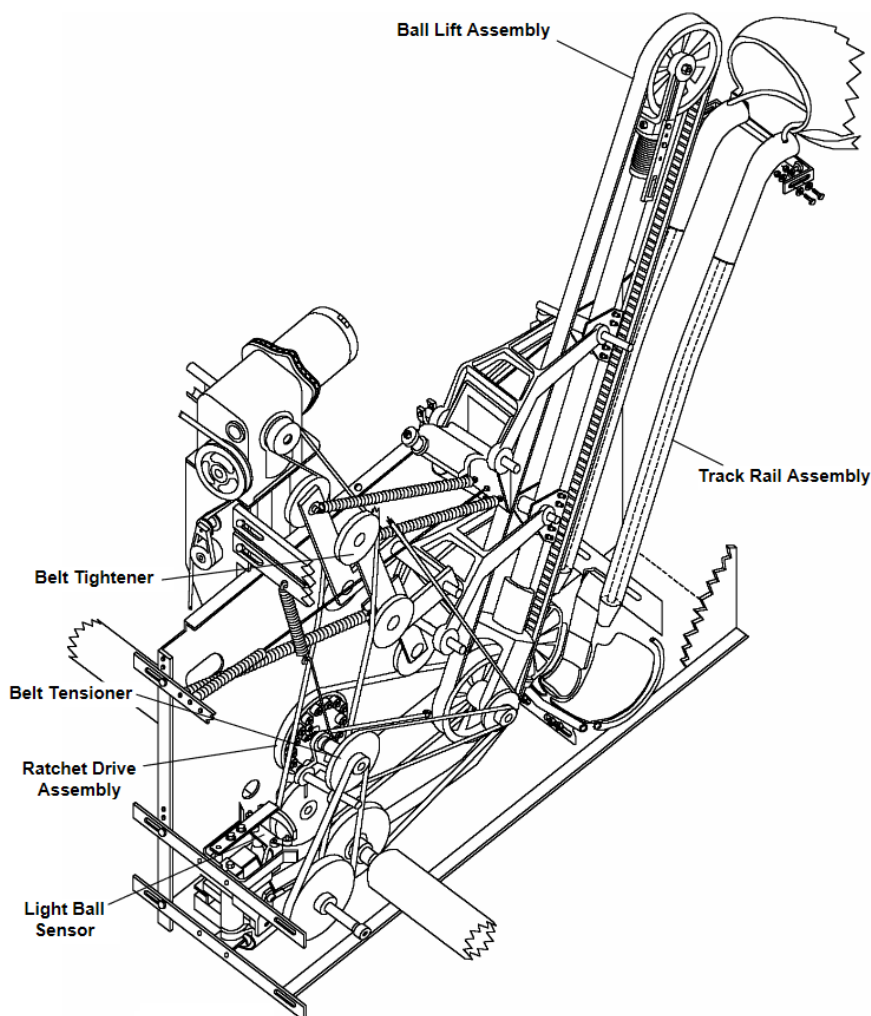
Na začiatku distribútora, vid' obr. 14, sú kolky pomocou usmerňovača orientované vždy spodnou časťou kolky smerom vpred. Vždy pri príchode sú kolky počítané a podľa toho sa mení pozícia tzv. žraločej plutvy alebo žraločieho prepínača, tento prepínač posielajú kolky do jednotlivých dráh v distribútore. Z dráh kolky zapadnú do voľných miest jednotlivých pozícií. Kolky, ktoré nenájdu voľné miesto v distribútore sa vrátia cestou späť a spadnú šachtou dole na dopravníkový pás. Z dopravníkového pásu sú znova recyklované cez kolkový výtah až pokým pre nich nie je miesto v distribútore. Distribútor je jedna z dvoch hlavných súčastí na spúšťacej doske. Druhou časťou je dolná doska, v ktorej sú uchytávacie čeľuste, ktorými sú nezhodené kolky zdvihnuté. Po zaplnení distribútora je znížená spúšťacia doska a je opäť možné postaviť kolky. Podľa obr. 14 je možné vidieť, že posledné obsadené pozície distribútora bývajú pozície 7 a 10, preto sú tieto pozície v štartovacom stave predvyplnené kolkami a tým je urýchlený cyklus plnenia distribútora. [14]



Obr. 14: Distribútor stavača GS-X[14]

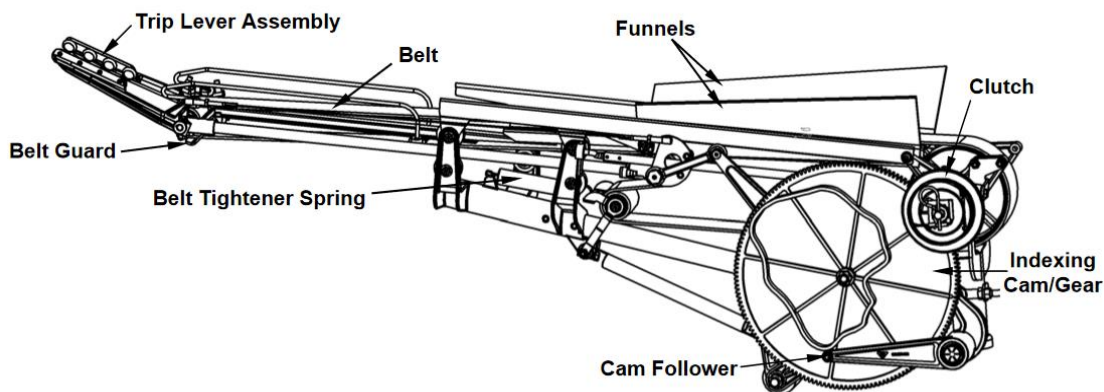
3.1.3 QubicaAMF XLi

Tento moderný model ASK sa vyznačuje používaním vynovenej verzie bubnového výtahu pre kolky, výtahu PBL a vačkového distribútora. Pri zhodení kolkov XLi podobne ako Brunswick GS-X oddelí guľu už na dopravníkovom pásu, táto cestuje do výtahu PBL (Positive Ball Lift), vid' obr. 15, ktorý dráha zdieľa s jednou susednou dráhou. Gule sú aj v tomto prevedení výtahu vpúšťané z dráh po jednej pomocou smerovej klapky.



Obr. 15: Výt'ah PBL [15]

Kolky sú k distribútoru privedené pomocou už spomínaného bubnového výt'ahu. Z neho sú vypustené a pomocou distribútoru sú uložené do jednotlivých košov prislúchajúcich jednotlivým pozíciám kolkov. Distribútor tentokrát však nie je distribučná dráha, po ktorej okruhu by kolky cestovali a zapadali do jednotlivých voľných miest ako to bolo v prípade stavača GS-X. Distribútor využívaný v XLi je súčasť, ktorá sa pohybuje ponad koše a kolky z distribútoru priamo padajú do jednotlivých košov. Kolky sú v distribútori usmernené a vedené na jeho koniec pomocou pásov. Samotný distribútor je riadený pomocou komplikovaného vačkového mechanizmu zobrazeného na obr. 16. Ten privedie mechanizmus k jednotlivým košom pre kolky a v správny moment je spustená koncová časť distribútoru a kolka tak padne do koša. [16]



Obr. 16: Distribútor stavača XLi [17]

3.1.4 Qubica EDGE String

Model EDGE String je šnúrový stavač pre bowling. Qubica predstavila tento model v roku 2002. Tento stavač je podobne ako iné šnúrové stavače veľmi kompaktný. Keďže tento stavač využíva šnúry na dvíhanie kolkov je tiež menej komplexný ako obvykle používané stavače v bowlingu, menším počtom pohyblivých častí je teda zmenšená jeho poruchovosť. Vďaka jednoduchosti tohto stavača je možná jednoduchá prevádzka a taktiež servisovanie, nižšia je nakoniec aj jeho cena. Po zhodení kolkov sú tieto pomocou šnúru opäť postavené. Guľa po zhodení kolkov padne do zadnej časti stavača odkiaľ je nasmerovaná do otvoru, za ktorým sa nachádza výtah určený pre 2 susedné dráhy. Týmto je vyvezená a spustená na začiatok dráhy.[18] Stavač je zobrazený na obr. 17.



Obr. 17: Qubica EDGE String [19]

3.1.5 S.E.S. Kegelbahntechnik K800

Jedným z výrobcov šnúrových automatických stavačov pre kolky je S.E.S. Kegelbahntechnik. Medzi ich schválené stavače WNBA na použitie v kolkárňach a pri športových podujatiach patrí rada Schmid K s K620, K720, K740 a K800.

Pri zhodení kolkov narazí guľa v zadnej časti stavača do gummy určenej na tlmenie nárazu, guľa je privedená šikmou plochou cez otvor do priestoru medzi dvomi stavačmi, kde je výtahom vyvezená do výšky, z ktorej je spustená na začiatok dráhy k hráčovi. Výtah používaný týmto stavačom využíva reťaze s unášačmi a je vyobrazený na obr. 18.



Obr. 18: Výtah guľí od firmy S.E.S. [20]

Kolky sú po zhodení pomocou nylónových šnúr pritiažené motorom naspäť a zapadnú do košov, v nich sú kolky usmernené presne nad ich pozíciou na hracej doske. Podľa vytiahnutia šnúry každého kolku je možné zistiť, ktoré kolky boli zhodené. V momente kedy majú byť kolky zdvihnuté je možné zabrzdiť šnúry zhodených kolkov ak sa už nemajú znova postaviť a tým zostanú uchytené v ASK mimo hru. Ďalej pomocou uvoľnením šnúr sa spustia nezabrzdené šnúry a tie zvezú kolky dole na hraciu plochu. Nakoľko je funkcia šnúrových stavačov principiálne rovnaká je možné tento popis funkcie stavača od firmy S.E.S použiť aj pri popise ďalších šnúrových stavačov pre kolky schválených WNBA. Na obr. 19 je možné vidieť jedného z predstaviteľov šnúrových stavačov schválených WNBA, a to stavač od firmy Vollmer. Na obrázku je možné vidieť pozičnú dosku, v ktorej sú umiestnené usmerňovacie koše, do ktorých kolky zapadajú a taktiež ich prepojenie so šnúrami.



Obr. 19: Vollmer Šnúrový ASK [21]

3.2 Vystreľovače gulí

Pre potrebu návrhu vystreľovača gule bolo nutné preskúmať viacero rôznych mechanizmov využívaných na vystreľovanie predmetov v tvare gule. Z prieskumu boli vynechané mechanizmy založené na výbušných reakciách pre nebezpečnosť ich použitia. Zvyšné stoje určené na vystreľovanie gulí bývajú zväčša využívané v športovom a zábavnom priemysle, príkladom môžu byť stroje na tenisové loptičky, nadhadzovače baseballových loptičiek, rôzne vrhače lôpt pre zvieratá atď. Tieto stroje pracujú s podobnými požiadavkami a to urýchliť a vypustiť predmet záujmu. S požadovanou rýchlosťou je v niektorých prípadoch od stroja vyžadovaná aj určitá trajektória pohybu predmetu ako napríklad pri nadhadzovacích strojoch pre baseball. Aj napriek podobným požiadavkám existuje mnoho prevedení využívajúcich rôzne princípy na urýchlenie požadovaného predmetu. V nasledovnej časti sú opísané viaceré z týchto princíпов spolu so strojmi, ktoré tieto princípy využívajú.

3.2.1 Princíp katapultu

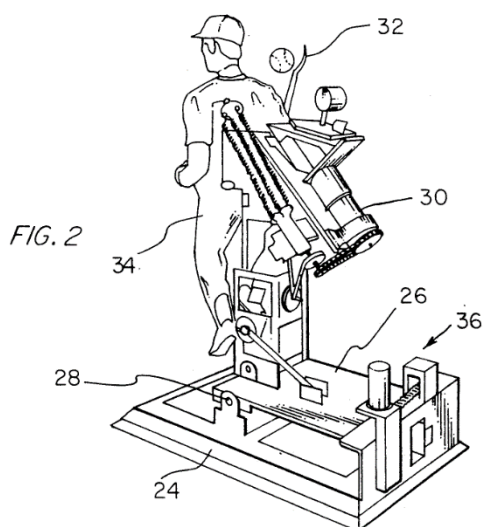
Katapult je známy stroj využívajúci postupné napínanie pružného materiálu a jeho nasledovné uvoľnenie na vyvrhnutie uchopeného predmetu vysokou rýchlosťou. Predmety sú vyvrhnuté nahor pod uhlom a nasledujú eliptickú trajektóriu šikmého vrhu.

Na tomto princípe je založený nadhadzovací stroj Catapult od firmy SKLZ [22], vid' obr. 20. Tento stroj je primárne určený na nadhadzovanie baseballových loptičiek pre hráča, ktorých ich môže odpáľkovať. Mechanizmus využíva relatívne malý motor a celý stroj je možné poháňať len pomocou batérií. Výšku letu a vzdialenosť dopadu nadhadzovanej loptičky je možné meniť. Loptičky sú uložené v špirálovom zásobníku, z ktorého sú pomocou gravitácie spúšťané na prichystanú lyžicu katapultu. Pomocou uloženej mechanickej energie je potom lyžica uvoľnená spolu s loptičkou, ktorá ďalej pokračuje sama.



Obr. 20: SKLZ Catapult [22]

Väčšie prevedenie stroja využívajúci podobný princíp je možné vidieť v patente US5174565A [23]. V tomto prípade sa stroj snaží napodobniť samotného hráča ako v hode tak aj v jeho samotnom vzhľade, mechanizmus je preto skrytý za falošnou postavou hráča. Trajektóriu loptičky je možné meniť pomocou natáčania podstavy, na ktorej je mechanizmus uchytený. Vrhanie loptičky opäť sprostredkúva rameno, označené číslom 32 na obr. 21., fungujúce podobne ako katapult. Tento krát je však rameno umiestnené vyššie a tiež využíva väčšieho polomeru otáčania a preto je možné dosiahnuť vyššiu výslednú rýchlosť loptičky.



Obr. 21: Nadhadzovač podľa US5174565A [23]

3.2.3 Nárazový vystreľovač

Verzia preskúmaného nárazového vystreľovača využíva rotačné rameno otáčané pomocou motora. Toto rameno je spojené pružinou s rámom vystreľovača. Pri otáčaní ramena pomocou motora je súčasne naťahovaná pružina, vo vratnom bode kružnice, tj. najvzdialenejší bod od základne pružiny, sa naťahovanie pružiny končí. Pri ďalšom otáčaní sa pružina začína uvoľňovať a koná silu, tak vytvára moment v smere otáčania a tým urýchli celé rameno. Rameno následne vo veľkej rýchlosti narazí do loptičky a vďaka tomu ju vystrelí. [26] Jednoduché prevedenie mechanizmu je možné vidieť na obr. 23.



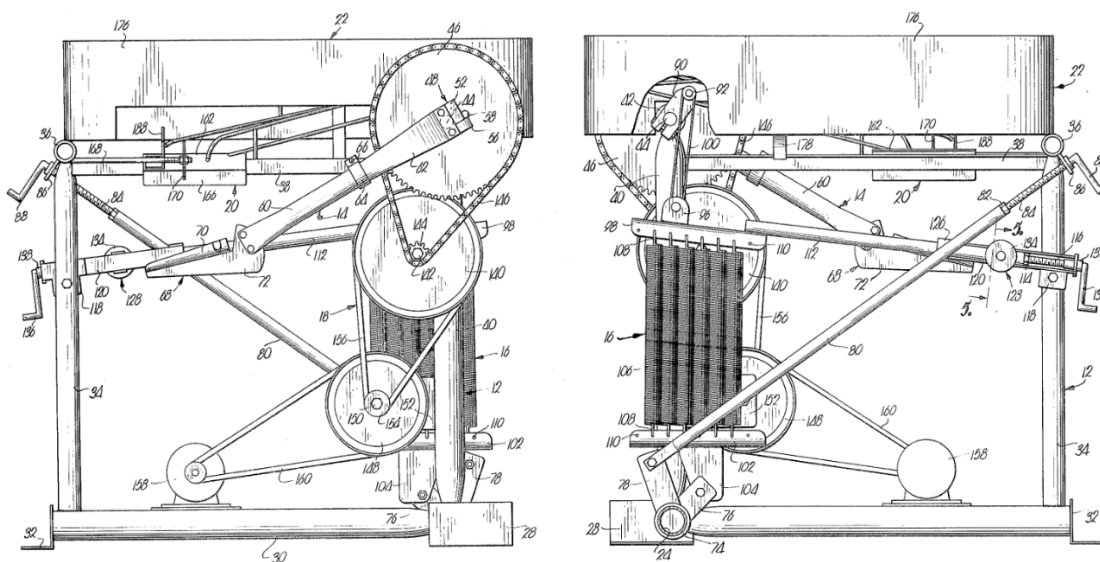
Obr. 23: Nárazový vystreľovač [26]

Tento vystreľovač je aj napriek jeho jednoduchosti a kompaktnosti schopný dosiahnuť vysokej rýchlosti a sily vystrelenia. Na popísanom mechanizme je založený vystreľovač loptičiek GoDogGo [27] určený pre psy, zobrazený na obrázku 24. Tento vystreľovač má vlastné vedro, do ktorého je možné uložiť loptičky. Loptička sa ďalej skotúľa dráhou na senzor, tento senzor spustí motor a opäť je nárazový element pomocou pružiny urýchlený a vyrazí loptičku mierne nahor a vpred.



Obr. 24: GoDogGo [27]

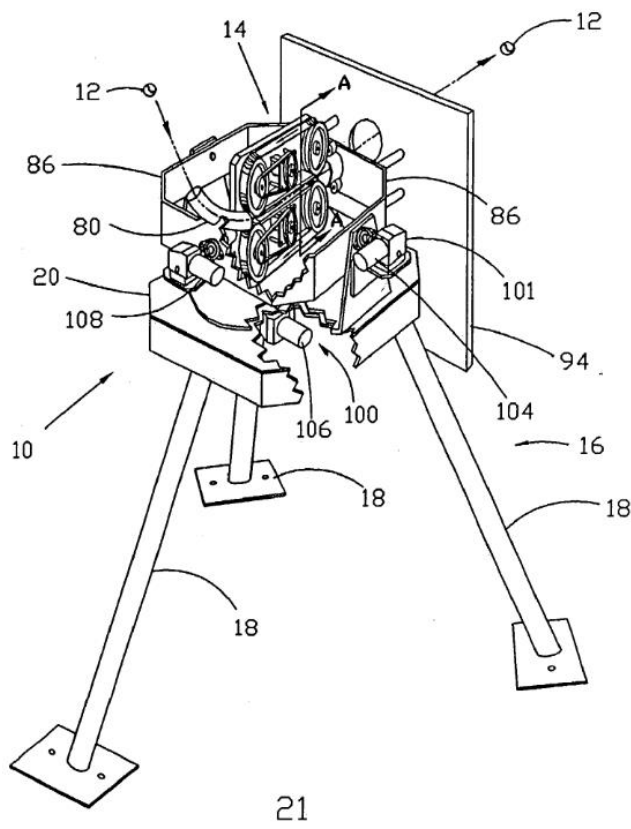
Ďalší variant využívající podobný princip vystřelovače s vratným bodem a pružinou, aj napriek tomu, že priamo náraz nevyužívá, je popísaný v patente US3252453A. [28] Tento vynález je zobrazený na obr. 25. Vystřelovač taktiež využíva rotáciu pomocou ktorej je natahnutá pružina až do vratného bodu odkiaľ začne zrýchľovať až uvoľní projektil vo vysokej rýchlosti. Hlavný rozdiel týchto mechanizmov je počet použitých pružín, lyžica, do ktorej sa loptička uchyťí a automatické naplnenie mechanizmu projektilmi zo zásobníka. Loptičky sú umiestnené do horného zásobníka vystřelovača odkiaľ sú dráhou pod sklonom privedené a uložené do lyžice. Lyžica je pomocou motora a ozubených prevodov ťahaná proti sile pružín uchytených na otáčajúcom sa kolese. Pri dosiahnutí vratného bodu uchytených pružín sa rameno s lyžicou začne silno urýchľovať vďaka energii uvoľňovanej z pružín a loptička je vymrštená trajektóriou napodobňujúcou hod nadhadzovača v baseballe.



Obr. 25: Vystřelovač podľa US3252453A [28]

3.2.4 Remeňový vystřelovač

Prístup vynálezcov z patentu US20030195061A1 [29] spočíval v urýchlení loptičky pri prechode medzi dvomi poháňanými pásmi, vid' obr. 26. Tento vystřelovač je určený predovšetkým pre baseball, kde je potrebné mať možnosť nadstaviť viaceré parametre vystřelovanej loptičky. Pri používaní tohto vynálezu je možné tieto parametre ako rotáciu, rýchlosť a trajektóriu vystřelovaných loptičiek meniť za chodu. Celý mechanizmus je uložený na podstavci, voči ktorému sa môže vo viacerých smeroch natáčať a tak meniť smer vystřelenia. Pomocou rýchlostí pásov je možné meniť výslednú rýchlosť loptičky a taktiež je možné pomocou vzájomného pomeru rýchlostí urýchľovacích pásov meniť rýchlosť rotácie loptičky.

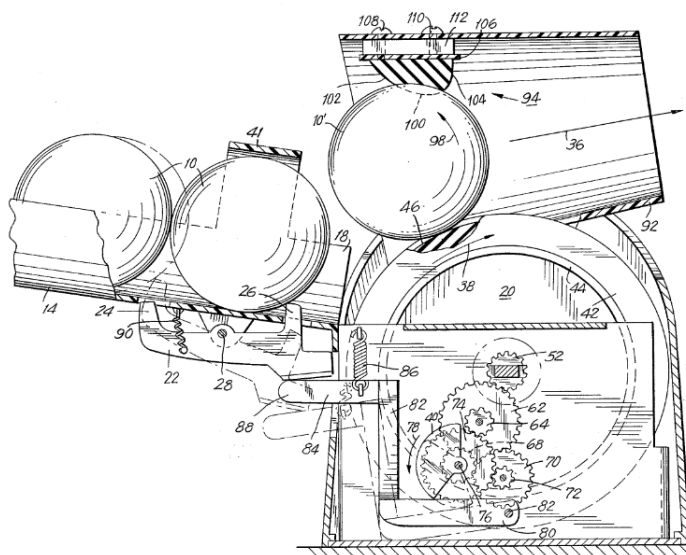


Obr. 26: Remeňový vystreľovač [29]

3.2.5 Princíp zotrvačníka

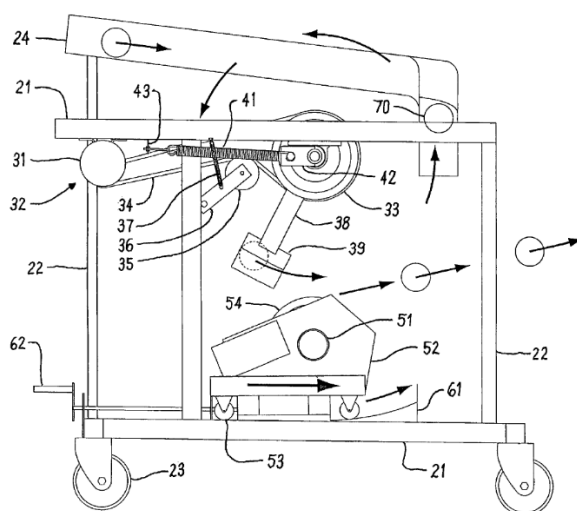
Vystreľovače využívajúce zotrvačníky ako hlavnú metódu urýchľovania projektílov sú v športovom priemysle najviac využívané. Používané vystreľovače dokážu byť dlhodobo v prevádzke. Sú ľahko plniteľné, či už za použitia zásobníka alebo manuálnej manipulácie. Pomocou natočenia roviny vstupu a zotrvačníka je možné určiť smer výstrelu v horizontálnej a vertikálnej rovine, ďalej je možné nastaviť rotačnú rýchlosť vystreľovanej loptičky a tým zmeniť trajektóriu, ktorú bude nasledovať po vystrelení. Existuje viacero používaných prevedení od variant používajúcich jeden zotrvačník až po varianty používajúce tri zotrvačníky naraz.

Jedno zotrvačníkový variant je uvedený v patente US4323047A [30]. Tento variant využíva jeden zotrvačník na urýchlenie loptičky avšak tento vynález je schopný udeliť silnú spätnú rotáciu vystreľovanej loptičke, vid' obr. 27. Vystreľované predmety sú sklonenou dráhou privedené k páčke (bod 22), ktorá je uchytená pružinou a tak zamedzuje pohyb loptičky nižšie. Interným časovacím mechanizmom je posúvané teleso (bod 84) nahor a nadol a tým vždy uvoľní prechod jednej loptičky do priestoru páčky a loptičku predtým držanú páčkou pustí k zotrvačníku. Pri kontakte so zotrvačníkom je loptička urýchlená a pri trení o nárazník, umiestnený nad zotrvačníkom, je loptička roztočená so spätnou rotáciou. Celý mechanizmus je riadený jedným motorom, ktorý poháňa zotrvačník a pomocou viacerých prevodov riadi časovací mechanizmus na púšťanie loptičiek.



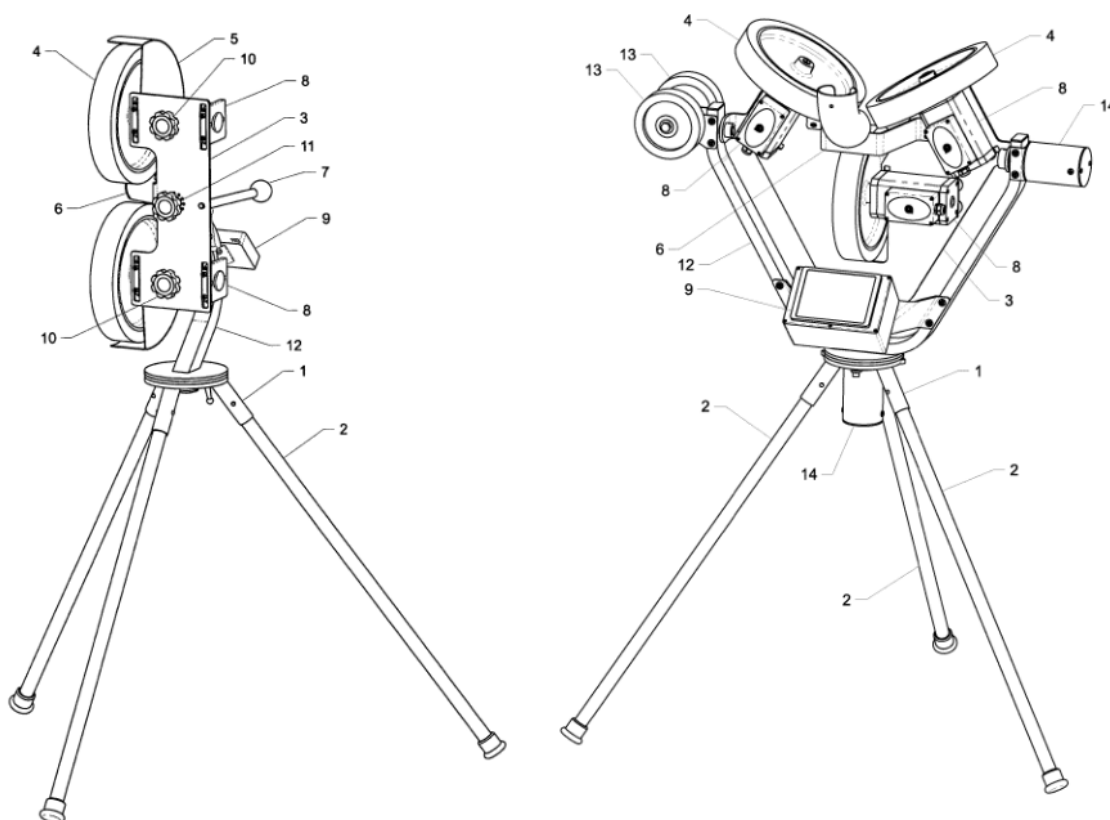
Obr. 27: Jedno zotrvačnickový variant so spätnou rotáciou [30]

Vystreľovač popísaný v patente US7806788B1 [31] využíva už predvedenú metódu urýchlenia loptičky pomocou vratného bodu rotačného telesa spojeného s pružinou, avšak používa navyše aj urýchlenie zotrvačnikom. Neskoršia pridaná rýchlosť od zotrvačníka pridá loptičke ako rýchlosť tak aj rotáciu. Mechanizmus navrhnutý v US7806788B1 je možné vidieť na obr. 28. Do rotujúceho tubusa s uzatvoreným koncom (bod 39) sa dostane loptička privedená dráhou (bod 24). Tubus je súčasťou ramena uchyteného k rotujúcemu remeňovému kolesu, ku ktorému je uchytená pružina. Po dosiahnutí vratného bodu je rameno pružinou urýchlené a v dolnej časti je ešte raz urýchlené pomocou rotujúceho zotrvačníka, a tým je loptička uvoľnená z držiaka a vystrelená von z mechanizmu. Rám časti mechanizmu so zotrvačnikom je uložený na kolieskach a je možné ho posúvať a zaistiť pomocou tyče (bod 62). Týmto posunom je možné meniť efekt zotrvačníka na výslednú rýchlosť a rotáciu loptičky, taktiež je možné meniť vertikálny smer vystrelenia vďaka rampe (bod 61).



Obr. 28: Vystreľovač s vratným bodom a zotrvačnikom [31]

Poslednými preskúmanými vystreľovačmi sú vystreľovače popísané v patente US9937400B2 [32]. Patent popisuje Vystreľovače zobrazené na obr. 29 s dvomi (vľavo) a tiež s tromi zotrvačníkmi (vpravo).

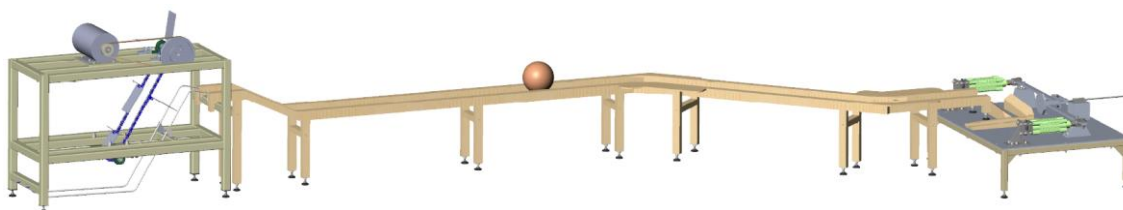


Obr. 29: Vystreľovače s dvomi a s tromi zotrvačníkmi [32]

Jednoduchší variant s dvomi zotrvačníkmi umožňuje nastaviť smer vystrelenia loptičky pomocou natočenia stroja. Taktiež je možné meniť rýchlosť vystrelenia loptičky a tiež jej smer a rýchlosť vlastnej rotácie. V prípade potreby rotácie loptičky okolo inej osy je možné natočiť celú rovinu strielania spolu so zotrvačníkmi a tým doceliť žiadanú rotáciu. Pri verzii s tromi zotrvačníkmi nie je potrebné meniť natočenie osy vystreľovania nakoľko pomocou vzájomnej synchronizácie a ovládania všetkých troch motorov je možné doceliť ľubovoľnú rotáciu, rýchlosť rotácie aj rýchlosť samotného vystrelenia loptičky. Tieto parametre sú v oboch prípadoch nastavované na ovládacom paneli stroja, ktorý je schopný doceliť týchto parametrov pomocou zmien rýchlostí motorov poháňajúcich zotrvačníky. Oba stroje nie sú plnené automaticky a je preto nutná obsluha na manuálne dopĺňovanie loptičiek na vystrelenie.

4 VLASTNÉ RIEŠENIE

Vlastné riešenie spočívalo v konštrukčnom návrhu vhodného výtahu kolkových gulí, ktorý by bol použitý v kombinácii s navrhovaným ASK. Tento výtah bol navrhnutý v súlade s technickými pravidlami a požiadavkami WNBA pre použitie v kolkárňach. Ďalšou úlohou bola tvorba prípravku na overenie správnosti funkcie ASK. Pre tieto účely bol navrhnutý vystreľovač gulí založený na pákovom mechanizme využívajúcom pneumatické piesty od firmy SMC. Tento vystreľovač slúži na pravidelné zhadzovanie kolkov, ktoré musia byť následne opäť správne postavené pomocou ASK. Pre pravidelné zásobovanie vystreľovacieho mechanizmu guľami bol vyvinutý nižší variant guľového výtahu spolu s drevenou dráhou spojujúcou tieto dva mechanizmy. Kompletné zostavenie výtahu s dráhou a vystreľovačom je možné vidieť na obr. 30.



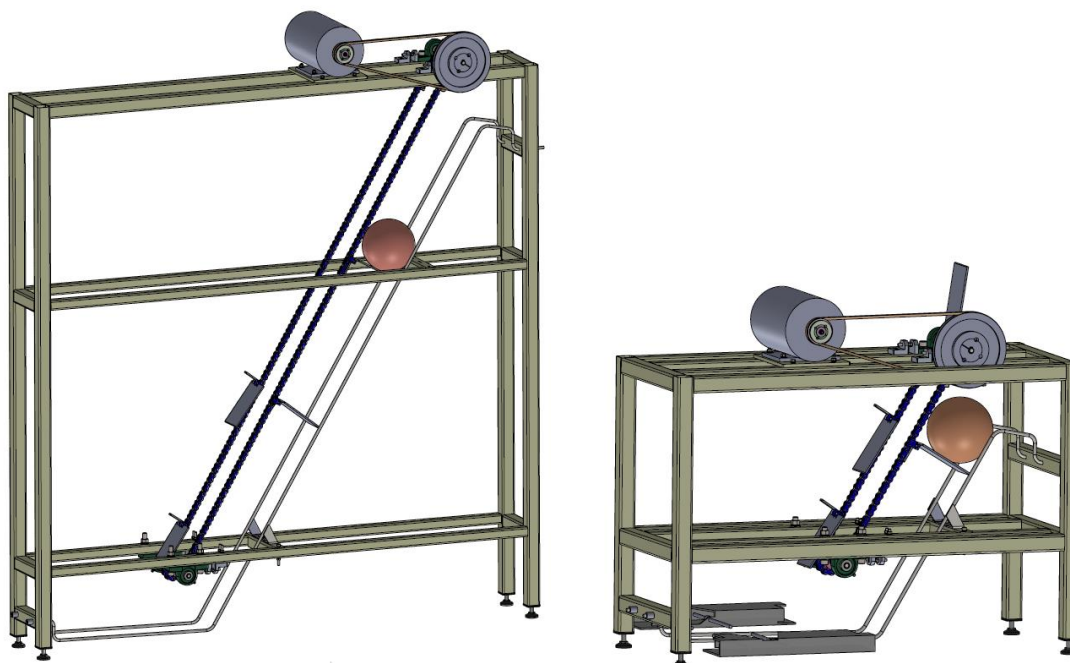
Obr. 30: Nižší variant kolkového výtahu s dráhou a vystreľovačom

4.1 Výtah kolkových gulí

Výtah bol navrhnutý tak aby spĺňal požiadavky zdvihu gule do požadovanej výšky za vhodný čas. Bolo nutné, aby výtah spĺňal všetky zadané špecifikácie rozmerov a bezporuchovosti stanovených WNBA. Pre použitie v kolkárni bol preto navrhnutý variant o dostatočnej výške potrebnej na dopravenie gule na začiatok dráhy až na vyvýšenú platformu, kde hráč guľu pohodlne odoberie. Tento variant výtahu má rám o výške 1670 mm, dĺžke 1640 mm a šírke 240mm.

Druhý výškovo menší koncepčný variant bol vytvorený pre účely experimentálneho overenia funkcie ASK v spojení s vystreľovačom. Nižší výtah je založený na rovnakých princípoch ako výtah pre použitie v kolkárňach. Účelom tohto variantu bolo dodať guľi dostatočnú energiu nutnú k jej dopraveniu k vystreľovaču. Pritom bolo možné overiť správnosť navrhnutého riešenia pre variantu použiteľnú v kolkárňach. Tento variant má nasledovné rozmery rámu: výška 670 mm, dĺžka 1040 mm a šírka 450 mm.

Na obr. 31 je možné vidieť oba varianty, na ľavej strane je vyobrazený variant vhodný na použitie v kolkárňach a na pravej strane je nižší variant použitý pri experimentálnom overení funkcie ASK a overení princípu mechanizmu výtahu pre kolkové gule.



Obr. 31: Kolkový výtah variant pro kolkárne a experiment

4.1.1 Požadavky výtahu

Kolkový výtah musí mať rozmery spĺňajúce technické pravidlá WNBA, v týchto technických podmienkach sú určené maximálne šírky priestoru na jednotlivé dráhy pri rôznych prevedeniach vid' tab. 2.

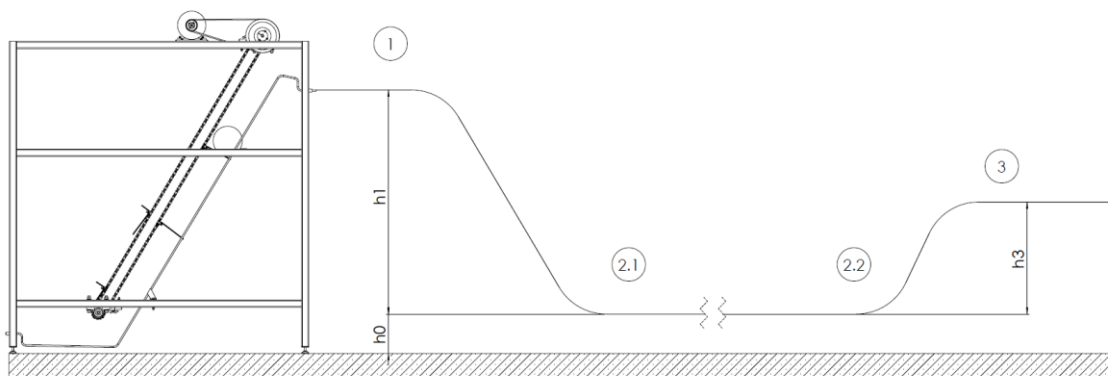
Tab. 2: Minimálna požadovaná šírka priestoru pre dráh [6]

Podľa šírky priestoru	Každá dráha s vlastným zbehom guľí	Vždy dve dráhy so spoločným zbehom guľí
Pre 4 dráhy	9,00 m + 1 m	8,00 m + 0,5 m
Pre 6 dráh	13,50 m + 1 m	12,00 m + 1 m
Pre 8 dráh	18,00 m + 1 m	16,00 m + 1 m

Z hodnôt tabuľky je možné vidieť, že pri priestore 4 dráh so spoločným zbehom guľí je najmenej využiteľného priestoru. Tieto rozmery boli preto použité na určenie maximálnej šírky navrhovaného výtahu guľí. Rozmer šírky rámu výtahu bol preto s ohľadom na šírku navrhovaného ASK zvolený 240 mm. Dĺžkový rozmer rámu výtahu nie je technickými pravidlami špecifikovaný ani inak limitovaný. Výškový rozmer bol obmedzený na výšku ASK, tj. 2 m od plochy dráhy.

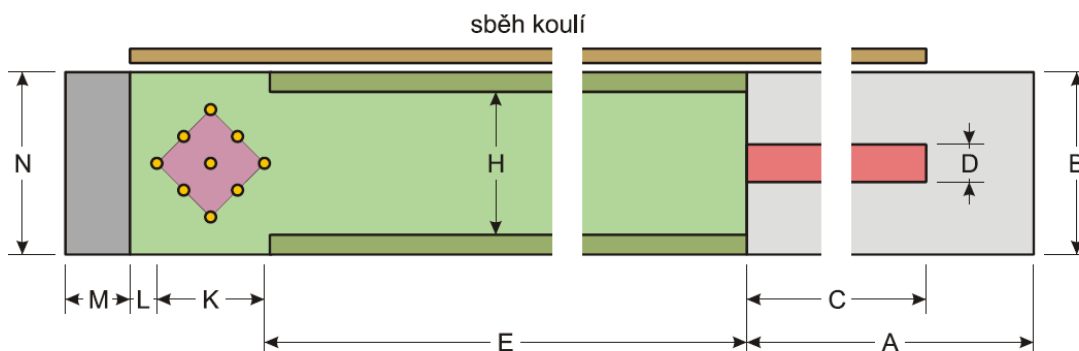
Základnou úlohou navrhnutého výtahu je dopraviť guľu do výšky, z ktorej môže byť spustená a dopravená gravitáciou na začiatok dráhy k hráčovi. Na konci dráhy musí byť guľa schopná vyjsť na vyvýšený pult, z ktorého ju hráči odoberajú. Existuje viacero prevedení pultu niektoré pulty začínajú plynulým prechodom z dráhy a dvihnú guľu v jej

smere cesty nahor. Naopak niektoré pulty využijú vyššej rýchlosti gule, tak že ju privedú za pult a potom dvihnú guľu nahor po trajektórii opisujúcej polkružnicu. Pri týchto vedomostiach bola zvolená koncová rýchlosť gule 5 km/h na pulte, tento pult bol uvažovaný, že vystupuje 0,7 m nad dráhu a tým boli kompenzované rozdiely typov pultov a ich rôznych výšok, nakoniec bolo tiež nutné počítať s celou dĺžkou dráhy, ktorá je 19,5 m. Tieto hodnoty boli použité pri výpočte potrebnej výšky vypustenia gule spolu so samotnou hmotnosťou gule, ktorá je v technických podmienkach stanovená na hodnoty $m = (2818 \div 2871) g$, táto hmotnosť bola zaokrúhlená na 3kg za účelom kompenzácie nekompletnosti znalostí o trecích a valivých vlastnostiach gule. Pri výpočte bola uvažovaná dráha gule z tuhého materiálu, a preto bol činiteľ valivého odporu c_R gule aproximovaný na hodnotu styku oceľového kolesa s oceľovou koľajnicou, tj. $c_R = 0,002$. Na ceste od výťahu po začiatok dráhy bolo uvažované spomaľovanie vplyvom valivého odporu a odporu vzduchu. Schematické znázornenie cesty gule a počítaných stavov je zobrazené na obr. 32.



Obr. 32: Dráha gule s vyznačenými stavmi

V obrázku je naznačená výška h_1 ako vzdialenosť od plochy dráhy po miesto vypustenia gule z výťahu, ďalej h_0 ako výška dráhy od zeme a nakoniec h_3 značí výšku koncového pultu na guľu pre hráčov. Celkovú dráhu, ktorú musí guľa prejsť je možné vidieť na obr. 33. Je zjavné, že guľa by mala prejsť celkovú dráhu s , ktorá je súčtom rozmerov $s = L + K + E + C$. Kde jednotlivé hodnoty rozmerov sú $L = 250 mm$, $K = 1000 mm$, $E = 19500 mm$ a $C = 5500 mm$. Avšak guľový výťah vypustí guľu v mieste blízkom prvého kolku a preto je uvažovaná dráha $s = E + C = 25000 mm$.



Obr. 33: Rozměry pro zbeh kulí [6]

Pri znalosti o výslednej rýchlosti a výške je možné zistiť potrebnú rýchlosť gule na vystúpanie do výšky h_3 . Potrebnú rýchlosť je možné získať pomocou zákona o zachovaní mechanickej energie. Kde porovnaním stavu 2.2 (pred pultom v rovine dráhy) a stavu 3 (na pulte pre hráča) získame rovnicu (1). Jednotlivé energie majú základné rovnice (2) a (3).

$$E_{k_{2.2}} + E_{p_{2.2}} = E_{k_3} + E_{p_3} \quad (1)$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2)$$

$$E_p = mgh \quad (3)$$

Výška v stave 2.1 (začiatok dráhy) a 2.2 (pred pultom v rovine dráhy) bola uvažovaná ako neutrálna hladina a preto bolo možné uvažovať $E_{p_{2.1}} = E_{p_{2.2}} = 0 J$, podľa stanovených požiadaviek výslednej výšky $h_3 = 700 mm$ a rýchlosti $v_3 = 5 km \cdot h^{-1} \sim 1,4 m \cdot s^{-1}$ je možné dosadiť do upravenej rovnice (4) a získať potrebnú rýchlosť $v_{2.2}$ gule pred pultom.

$$v_{2.2} = \sqrt{v_3^2 + 2gh} = 3,96 m \cdot s^{-1} \sim 4 m \cdot s^{-1} \quad (4)$$

Cestou po dráhe od výťahu po pult guľa stráca rýchlosť ako následok valivého odporu a odporu vzduchu. Tieto straty boli na častiach stúpania a klesania gule zanedbané nakoľko sú tieto časti o malej dĺžke prekonané rýchlo a je teda možné tieto silové pôsobenia zanedbať. Straty sú preto počítané na hlavnej časti dráhy vzdialenosti $s = 19,5 m$.

Hlavné sily spôsobujúce spomaľovanie gule sú sila odporu vzduchu F_{vzduch} (5) a sila valivého odporu F_V (6). V rovnici (5) je použitá hodnota činiteľa odporu $C_x = 0,47$ pre tvar gule [33], hustota vzduchu $\rho = 1,29 kg \cdot m^{-3}$ a pre účely plochy prierezu bol použitý polomer $r = 160 mm$. V rovnici (6) je použité rameno valivého odporu $\xi = 0,5 mm$ [34] spolu s hmotnosťou gule $m = 3 kg$. Z týchto rovníc je možné určiť rovnice príslušných zrýchlení a_{vzduch} (7) a a_V (8).

$$F_{vzduch} = \frac{1}{2} C_x \rho S v^2 \text{ [N]} \quad (5)$$

$$F_V = F_N \cdot \frac{\xi}{r} = m \cdot g \cdot \frac{\xi}{r} = 3 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,5}{160} = 0,092 \text{ N} \quad (6)$$

$$a_{vzduch} = \frac{1}{2} \frac{1}{m} C_x \rho S v^2 = k \cdot v^2 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}, \text{ kde } k = \frac{1}{2} \frac{1}{m} C_x \rho S \quad (7)$$

$$a_V = \frac{F_V}{m} = \frac{0,092}{3} = 0,031 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (8)$$

Nakoľko je zrýchlenie a_{vzduch} závislé na rýchlosti, je na zistenie potrebnej rýchlosti $v_{2,1}$ nutné použiť diferenciálne rovnice (9). Dosadené sú zrýchlenia s opačným znamienkom nakoľko je pohyb spomalený (10). Po dosadení za zrýchlenie spôsobené odporom vzduchu, ktoré je závislé na rýchlosti, je získaná rovnica (11), rovnica je zintegrovaná a upravená na rovnicu (12). Integrovaním je možné dostať rovnicu (13), následnou úpravou (14) a nakoniec dosadením za $s, v_{2,2}, k, a_V$ je možné vyčísliť $v_{2,1}$ v rovnici (15).

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dt} \cdot \frac{ds}{ds} = v \cdot \frac{dv}{ds} \quad (9)$$

$$-a_{vzduch} - a_V = v \cdot \frac{dv}{ds} \quad (10)$$

$$-kv^2 - a_V = v \cdot \frac{dv}{ds} \quad (11)$$

$$\int_0^s ds = \int_{v_{2,1}}^{v_{2,2}} \frac{v}{-kv^2 - a_V} dv \quad (12)$$

$$[s]_0^s = \left[-\frac{1}{2k} \ln|kv^2 + a_V| \right]_{v_{2,1}}^{v_{2,2}} \quad (13)$$

$$s = -\frac{1}{2k} (\ln|kv_{2,2}^2 + a_V| - \ln|kv_{2,1}^2 + a_V|) \quad (14)$$

$$v_{2,1} = \sqrt{\frac{e^{19,5 \cdot 2k + \ln|kv_{2,2}^2 + a_V|} - a_V}{k}} = 4,84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (15)$$

Po zistení rýchlosti na začiatku dráhy je možné dopočítať pomocou zákona o zachovaní mechanickej energie podľa rovnice (16) výšku, z ktorej má byť guľa vypustená. Nakoľko je možné rátať s nulovou rýchlosťou gule v stave 1 (vypustenie z výťahu) je $E_{k_1} = 0 \text{ J}$ a výška v stave 2.1 (začiatok dráhy) je neutrálna hladina, a preto

je možné uvažovať $E_{p_{2.1}} = 0 J$. Po dosadení do rovnice (16) a úprave je možné získať rovnicu (17) a z nej vyjadriť hľadanú výšku vypustenia gule h_1 , ktorá je vyčíslená v (18).

$$E_{k_1} + E_{p_1} = E_{k_{2.1}} + E_{p_{2.1}} \quad (16)$$

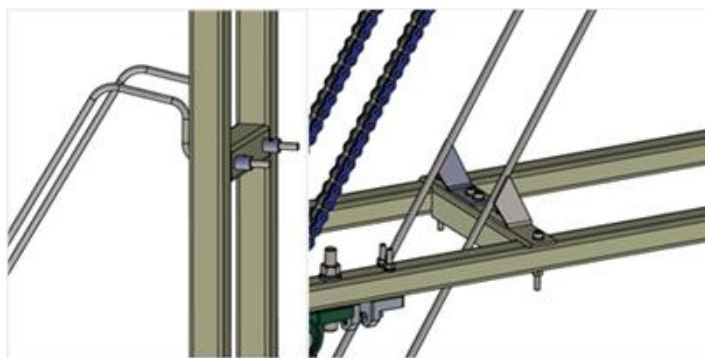
$$mgh_1 = \frac{1}{2}mv_{2.1}^2 \quad (17)$$

$$h_1 = \frac{1}{2g}v_{2.1}^2 = 1,17 \text{ m} \quad (18)$$

Miesto vypustenia gule z výtahu musí byť teda v minimálnej výške 1,17 m nad rovinou dráhy, miesto príchodu gule z ASK je 150 mm pod úrovňou dráhy, a preto musí výtah vyniesť guľu o 1,32 m nahor od miesta vypustenia z ASK po miesto napojenia na dráhu určenú na vrátenie guľí. Nakoľko miesto vypustenia gule z ASK je dopravníkový pás, ktorý je uložený na staviteľných nožičkách, preto je vhodné použitie takýchto nožičiek aj pre rám výtahu.

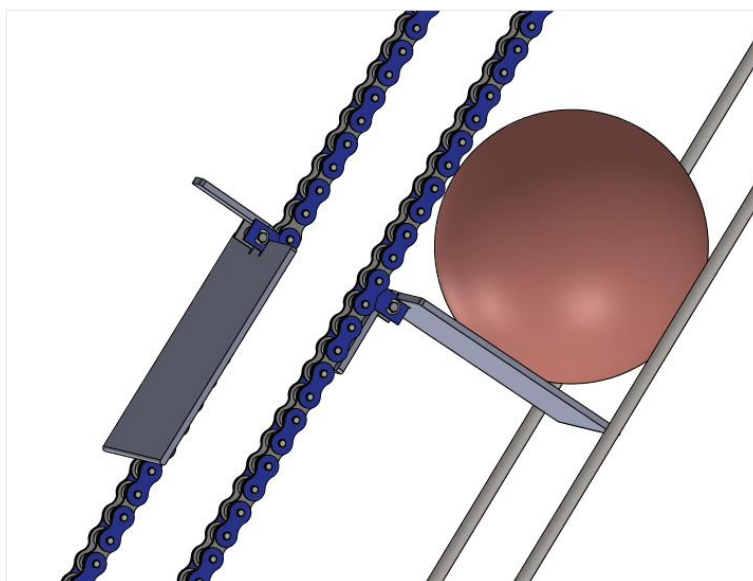
4.1.2 Konštrukčný návrh výtahu

Ako základ konštrukčného návrhu bola použitá znalosť o potrebnej výške vypustenia gule. Podľa tejto výšky bol navrhnutý zvarovaný rám z joklových profilov. Tento rám má výšku 1670 mm, dĺžku 1640 mm a šírku 240 mm, tak aby výtah spĺňal maximálne dovolené rozmery podľa technických podmienok WNBA. Do tohto rámu bolo možné uchytiť kovové dráhy pre guľu. Dráhy z guľatinovej ocele sú poohýbané tak, aby po vstupe do výtahu guľa spádom smerovala vpred, kde je nabraná reťazovým výtahom. Vzájomný rozstup dráh je volený na 120 mm pre možnosť použitia všetkých veľkostí guľí od 140 mm až po 160 mm. Tento rozstup je udržiavaný uchytením koncov dráh a taktiež na dvoch prídavných miestach, pri začiatku zdvihu gule a v polovici výšky výtahu. Konce dráh sú uchytené pomocou staviteľného krúžku, v ktorom je naskrutkovaný červík, prídavné úchyty sú priskrutkované na jokel a svojím tvarom a vyhotovením zamedzujú roztvoreniu dráh a nebránia gule v pohybe. Uchytenie konca je vidieť na ľavej strane a ukotvenie v strednej časti dráhy je na pravej strane obr. 34.



Obr. 34: Uchytenie dráh

Pre samotný zdvih gule bol volený princíp podobný výtahu od firmy S.E.S., a to použitie reťazového výtahu s unášačmi. V každom unášači je uchytená lopatka vo forme hrubšieho plechu, tento plech je ohnutý a na jednej strane má päť, ktorá je zapretá o reťaz a tým sa nemôže pod záťažou gule pretočiť. Takto sú po dĺžke reťaze rovnomerne rozmiestnené štyri lopatky pre gule. Pre výtah bola vybraná štandardná 1-radová valčeková reťaz DIN 8187 s označením 10 B-1 a rovnými unášačmi MK1/02 z oboch strán. Výber reťaze 10 B-1 bol podmienený veľkosťou dier v unášačoch, v tomto prípade sú diery v unášačoch s veľkosťou $\varnothing 5,2$ mm. Cez túto dieru je vedený čap, ktorý drží lopatku na jej mieste. Plech lopatky má v sebe zárezy, vďaka ktorým je schopný sa pri ceste späť pritlačiť k reťazi a na dolnej úvrati reťazi tak začne zaberat' do gule až v bode kde začína stúpanie dráhy. Plech lopatky s gulou je zobrazený na obr. 35.

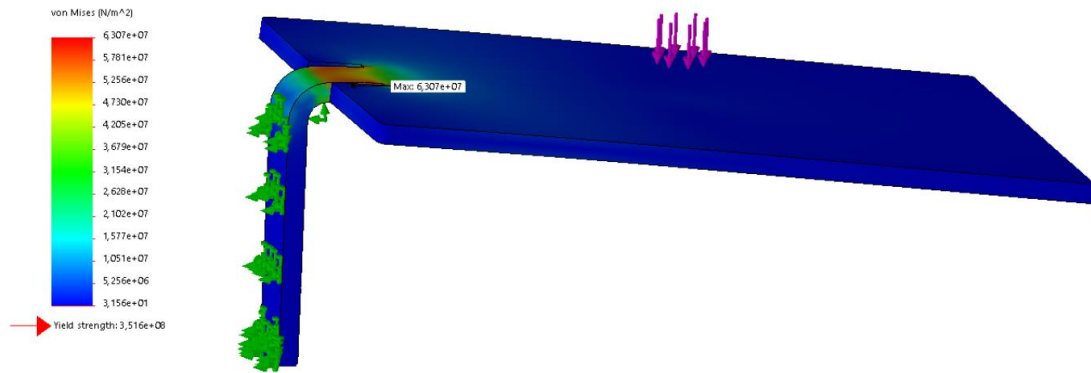


Obr. 35: Lopatka výtahu pre guľu

Návrh plechu lopatky bol pevnostne overený. Pri záťaži jednej gule s hmotnosťou $m = 2871$ g na ramene $r = 75$ mm pôsobí moment $M_o = 1,83$ Nm. Podľa výpočtov má tento moment maximálne pôsobenie v časti ohnutia päty a táto časť má najmenší modul prierezu v ohybe $W_o = 36$ mm³, je teda zjavné, že táto časť dielu je kritická. Pri použití vlastností oceli S355J2 a po dosadení do rovnice (19) je však vidno, že i pri tomto zaťažení je bezpečnosť uspokojivá.

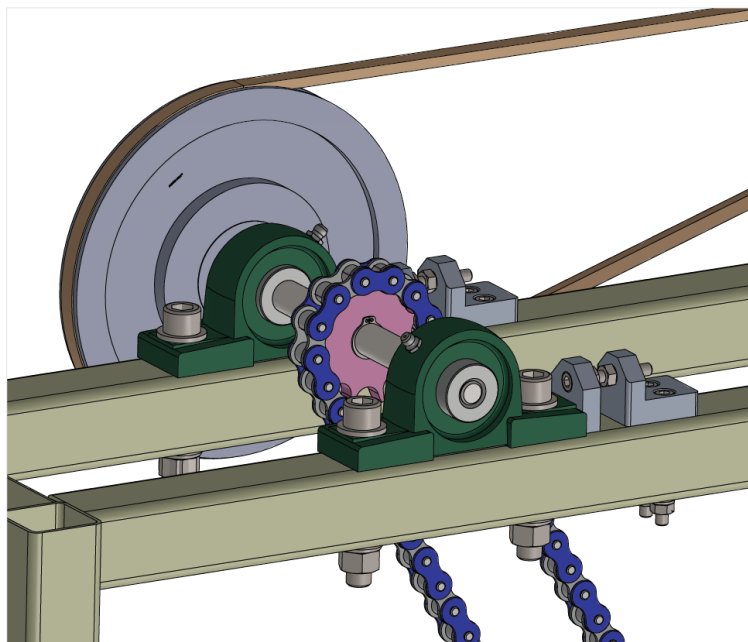
$$k = \frac{\sigma_k \cdot W_o}{M_o} = \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 36 \cdot 10^{-9}}{1,83} = 6,98 \quad (19)$$

Lopatky majú však taktiež zárezy pre možnosť zaklapnutia pri ceste nadol a tieto predstavujú koncentrátoory napätia, pre finálne overenie bezpečnosti bola teda použitá simulácia v prostredí Solidworks 2019. Obr. 36 zobrazuje simuláciu zaťaženia v programe Solidworks. Výsledky simulácie ukázali maximálne zaťaženie $\sigma = 6,3 \cdot 10^7$ MPa, čo vedie k bezpečnosti $k = 5,63$.



Obr. 36: Simulácia zaťaženia lopatky výtahu

Reťaz je na oboch koncoch uložená v reťazových kolesách na hriadeloch. Hriadele boli volené priemeru $\varnothing 16$ mm v mieste reťazového kolesa a s priemerom $\varnothing 12$ mm v mieste ložiskových domčekov a remenice. Reťazové kolesá boli preto volené pre veľkosť reťaze 10B-1 s dierou $\varnothing 16$ mm a počtom zubov 12. Dvíhanie gule je hnané horným hriadelom, pričom tento je poháňaný cez remeňový prevod motorom. Obe hriadele sú uložené v ložiskových domčekoch UCP 201. Napínanie ako remeňa tak reťaze je možné pomocou navrhnutých ťahovacích prvkov. Týmito prvkami je možné pomocou dotiahnutia skrutiek posunúť ložiskové domčeky a tak zmeniť vzájomnú vzdialenosť hriadelov a napnúť ako remeň tak aj reťaz. Toto napínanie je vyobrazené na obr. 37.



Obr. 37: Detail napínacieho systému

Na poháňanie celého mechanizmu bol volený motor tak, aby jeho rýchlosť bola čo najmenšia pre zamedzenie zaseknutia lopatky voči guli v dolnej časti výtahu. Bol preto volený trojfázový elektromotor s ôsmimi pólmi a teda otáčkami v počte $n =$

$700 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$. Taktiež bola uvažovaná rýchlosť vyvezenia gule, táto závisí od dĺžky reťaze l , frekvencii otáčok n a pri výpočte je použitý aj priemer rozstupnej kružnice reťazového kolesa $d_p = 61,34 \text{ mm}$. Guľa je vyvezená nahor po tom, ako koleso opíše polovicu dráhy reťaze, pomocou rovnice (20) je možné vypočítať potrebný počet otáčok reťazového kolesa na dvihnutie gule.

$$n_1 = \frac{\frac{l}{2}}{\pi \cdot d_p} = \frac{1859}{192,7} = 9,65 \text{ ot} \quad (20)$$

Pri prepočte otáčok motora by bola guľa dvihnutá za čas menší ako 1 sekunda. Avšak pri použití štyroch lopatiek na jednej reťazi by mohlo dôjsť k zaseknutiu gule o príliš rýchlo prichádzajúce nové lopatky v dolejšej časti výťahu. Na zamedzenie tohto zaseknutia bol čas navýšený pomocou prevodu 1:3, tzn. $i = 3$. Na tento účel bol volený remeňový prevod s klinovým remeňom typu CONTI-V v rozmere 10/Z a štandardnej dĺžke $l = 1170 \text{ mm}$ s použitými remenicami o priemeroch v rozmeroch 60 a 180. Remenice sú uchytené na hnaný hriadeľ a hriadeľ motora pomocou systému taper lock. Po tomto navýšení času zdvihu pomocou prevodu je guľa zdvihnutá za čas získaný z rovnice (21).

$$t = \frac{60 \cdot i \cdot n_1}{n} = \frac{1737}{700} = 2,48 \text{ s} \quad (21)$$

Po získaní potrebného prevodu z ohľadu rýchlosti je ďalej potrebné vybrať elektromotor s vhodným točivým momentom. Pri predpoklade dvíhaní dvoch gulí naraz, je možné uvažovať zaokrúhlenú spoločnú váhu gulí pôsobiacich na reťaz ako $2m = 6 \text{ kg}$ a uhol reťaze voči horizontálnej hladine je $\alpha = 60^\circ$, potom je možné vypočítať tangenciálnu silu pôsobiacu na reťazové koleso pomocou rovnice (22). Následne je možné vypočítať moment vyvolaný touto silou na ramene $\frac{d_p}{2}$ reťazového kolesa na hornom hriadeľi a po vydelení prevodovým pomerom i je získaný výsledný potrebný moment motora (23).

$$F_t = F_g \cdot \sin \alpha = 2mg \cdot \sin \alpha = 50,97 \text{ N} \quad (22)$$

$$M_k = F_t \cdot \frac{d_p}{2} \cdot \frac{1}{i} = 0,52 \text{ Nm} \quad (23)$$

Podľa vhodných otáčok $n = 700 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ a vypočítaného minimálneho momentu $M_k = 0,52 \text{ Nm}$ bol zvolený motor od firmy VYBO Electric - Elektromotor 0,09kW 1AL711-8. Tento osem pólový trojfázový motor má podľa špecifikácie výkon $P = 0,09 \text{ kW}$ pri točivom momente $M_k = 1,23 \text{ Nm}$ a otáčkach $n = 700 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$. Nakoľko tento motor dostatočne presahuje hranicu minimálneho točivého momentu je zjavné, že výpočty efektivity prenosu momentu prevodmi bolo možné zanedbať nakoľko neovplyvňujú schopnosť motora dodať potrebný moment.. Avšak pre nedostatok tovaru bol nakoniec zaistený motor označenia 1AL80S-8 s výkonom $P = 0,18 \text{ kW}$. Z dôvodu

zaobstarania iného modelu motora s rozdielnou veľkosťou rámu bolo upravené uchytenie motoru na rám.

Pri znalosti momentu motora 1AL80S-8 $M_k = 2,49 \text{ Nm}$ je možné overiť bezpečnosť navrhnutých pier. Pero DIN 6885 5x5x12 je použité pri reťazových kolesách na priemere hriadeľa $d_1 = \varnothing 16 \text{ mm}$. Druhé navrhnuté pero DIN 6885 4x4x10 je použité pre spojenie remenice, ktorá je uložená na priemere $d_2 = \varnothing 12 \text{ mm}$. Obe perá sú vyrobené z materiálu 1.0060, takže ich medza klzu je $R_e = 340 \text{ MPa}$ a základná hodnota tlaku $p_0 = 150 \text{ MPa}$. [35] Z týchto hodnôt je možné zistiť medzu klzu v šmyku R_{se} (24) a dovolenú hodnotu tlaku pre styk tesného pera p_D (25).

$$R_{se} = 0,557 \cdot R_e = 0,577 \cdot 340 = 196 \text{ MPa} \quad (24)$$

$$p_D = 0,8 \cdot p_0 = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ MPa} \quad (25)$$

Po zistení síl pôsobiacich na jednotlivé pero reťazového kolesa (26) a pero remenice (27) sú tieto sily a medzné napätia použité pri kontrole bezpečnosti pri strihu v rovniciach (28) a (29) pre reťazové koleso a rovniciach (30),(31) pre remenicu.

$$F_1 = \frac{2 \cdot M_k}{d_1} = \frac{2 \cdot 2,49}{0,016} = 311,25 \text{ N} \quad (26)$$

$$F_2 = \frac{2 \cdot M_k}{d_2} = \frac{2 \cdot 2,49}{0,012} = 415 \text{ N} \quad (27)$$

$$p_D \geq \frac{F_1}{t_{11}(l_1 - b_1)} \quad (28)$$

$$120 \geq \frac{311,25}{2,1 \cdot (12 - 5)}, 120 \geq 21,17 \quad (29)$$

$$p_D \geq \frac{F_2}{t_{21}(l_2 - b_2)} \quad (30)$$

$$120 \geq \frac{415}{1,6 \cdot (10 - 4)}, 120 \geq 43,23 \quad (31)$$

Po kontrole viac namáhaného pera remenice na strih v (32) a pri prihliadnutí na hodnoty tlakov je možné povedať, že zvolené perá na splnenie úlohy vyhovujú.

$$k_2 = \frac{R_{se} \cdot b_2 \cdot l_2}{F_2} = \frac{196 \cdot 4 \cdot 10}{415} = 18,89 \quad (32)$$

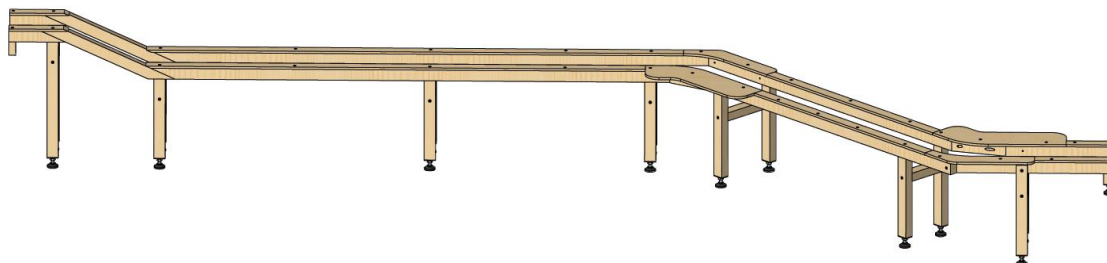
4.1.3 Experimentálny variant výťahu

Pre použitie na overenie ASK vystreľovačom guľí bol skonštruovaný nižší variant výťahu. Pre účely overenia ASK stačilo dopraviť guľu k vystreľovaču umiestneného priamo pred ASK a nebolo teda nutné dosiahnuť výšku vypustenia potrebnú v prípade

výtahu pre kolkáreň, taktiež nebolo nutné dodržať maximálnu šírku stanovenú pre priestor dráh v technických podmienkach. Výsledný variant má preto nasledovné rozmery: šírku rámu 450 mm, dĺžku rámu 1040 mm a výšku vypustenia gule 500 mm. V tomto prevedení výtahu sa líšia dráhy pre guľu a taktiež rám avšak boli použité rovnaké pohonné elementy ako pre navrhnutý variant do kolkárni. Vďaka použitiu rovnakých pohonných elementov bolo možné overiť funkciu mechanizmu.

Prechodná dráha

Pre účely dopravenia guľí od výtahu k vystreľovaču bola vytvorená dopravná dráha založená na drevenej konštrukcii. Táto dráha začína v mieste vypustenia gule výtahom odkiaľ guľu po miernom spáde na začiatku dráhy dopravila na jej koniec žľabom vytvoreným medzi dvoma drevenými hranolmi. Dráha bola navrhnutá tak aby šla pri bočnej strane ASK a následne sa pred ASK nasmerovala k vystreľovaču. Dráha je zložená s drevených hranolov, ktoré sú z hornej časti preložené preglejkou. Vnútorne hrany preglejky vytvárajú dráhu, v ktorej sa guľa valí. Vzájomná vzdialenosť vnútorných hrán preglejok je po celej dĺžke dráhy 125 mm. Celá dráha má staviteľné nohy, ktoré uľahčujú napojenie k výtahu a taktiež zamedzujú nepresnostiam privedeným drevenou konštrukciou. Dráha končí vypustením gule do záchytného žľabu umiestneného presne pod koncom dráhy na vystreľovači guľí. Dráha takto dopraví guľu do vystreľovača umiestneného pred ASK a vystredeného na stred hracej dráhy. Dráhu je možné vidieť na obr. 38.



Obr. 38: Prechodná dráha

4.2 Vystreľovač guľí

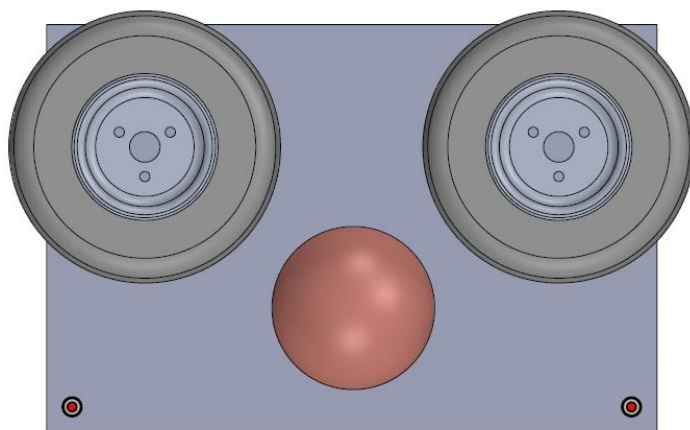
Vystreľovač guľí bol navrhnutý na základe potreby overiť správnosť funkcie ASK navrhovaného v rámci práce [36]. Tento automatický stavač je ďalej v rámci projektu ústavu automatizácie a informatiky upravovaný a rozširovaný. Po navrhnutí a samotnom skonštruovaní bude nutné overiť jeho schopnosť pravidelne správne stavať kolky. Na splnenie tejto úlohy bol navrhnutý vystreľovač guľí, ktorý je prechodnou dráhou napojený na výtah guľí stavača. Do tohto vystreľovača je po každom zhodení kolkov privedená guľa výtahom a dráhou. Túto guľu je možné pravidelne vystreľovať a tým opakovať tento cyklus.

4.2.1 Požiadavky na návrh vystreľovača guľí

Pri návrhu vystreľovača bola pôvodne uvažovaná rýchlosť guľe $45 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, ktorá by zodpovedala rýchlosti hodů profesionálneho hráča. Táto úvaha bola opustená nakoľko urýchlenie takto ťažkej guľe na dostatočnú rýchlosť by vyžadovalo nadmerne masívnu a komplikovanú konštrukciu. Nakoľko základným požiadavkom návrhu bolo len pravidelné zhadzovanie kolkov bol navrhnutý variant vystreľovača, ktorý by urýchlil guľu na rýchlosť okolo $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Vystreľovač by mal by schopný strieľať guľu pod rôznymi uhlami aby boli overené rôzne konfigurácie zhodených kolkov. Pre časté využitie v už overených vystreľovačoch bol ako prvý variant uvažovaný zotrvačnickový vystreľovač.

4.2.2 Konceptný návrh zotrvačnickového vystreľovača

Prvotný návrh bol založený na inšpirácii z preskúmaných zotrvačnickových vystreľovačov. Pre navrhovanú konštrukciu bolo uvažované použitie dvoch kolies z motokáry, ktoré by boli využité ako zotrvačníky. Tieto kolesá by boli poháňané motormi a po privedení guľe medzi ne by bola táto guľa po kontakte urýchlená na potrebnú rýchlosť. Prvotný návrh s kolesami je možné vidieť na obr. 39.



Obr. 39: Konceptný návrh zotrvačnickového vystreľovača

Pri takomto použití by však zotrvačníky strácali po urýchlení guľe príliš veľkú časť ich energie a bolo by teda nutné zvýšiť ich rotačnú energiu pomocou zaťaženia pridanou váhou, a tým by sa zvýšil ich moment zotrvačnosti, alebo zvýšením ich otáčok. Taktiež by pri tomto variante bolo nutné experimentálne overenie momentu zotrvačnosti kolies a trecích vlastností guľe a pneumatík. V závislosti od trenia je možné zistiť koľko energie by zotrvačníky stratili a guľa získala pri ich kontakte. Pri takomto type vystreľovača by bol nutný zdĺhavý experimentálny prieskum vlastností kolies a pneumatík a ich dôsledkov na kontakt s guľou. Tento variant bol teda nakoniec pre jeho nevhodnosť zavrhnutý.

4.2.3 Vystreľovač s pneumatickými piestami

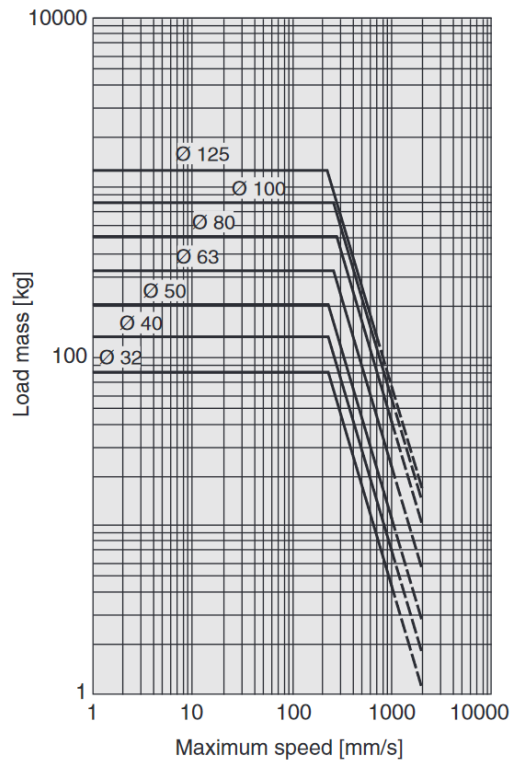
Po rozhodnutí o nevhodnosti zotrvačnickového variantu bol navrhnutý vystreľovač, ktorý by vystreľoval guľu pomocou pneumatických piestov. Tieto piesty by boli schopné dodať dostatočnú silu na urýchlenie guľe na žiadanú rýchlosť. Pre túto úlohu boli vybrané piesty typu CP96 od spoločnosti SMC [37]. Piestom dodaná sila súvisí s jeho priemerom a použitým tlakom, silu jednotlivých piestov je možné vidieť na obr. 40.

[N]

Bore size [mm]	Rod size [mm]	Operating direction	Piston area [mm ²]	Operating pressure [MPa]								
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
32	12	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804
		IN	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40	16	OUT	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257
		IN	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056
50	20	OUT	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963
		IN	1649	330	495	660	825	989	1154	1319	1484	1649
63	20	OUT	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117
		IN	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80	25	OUT	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027
		IN	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536
100	25	OUT	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7068	7854
		IN	7363	1473	2209	2945	3682	4418	5154	5890	6627	7363
125	32	OUT	12272	2454	3682	4909	6136	7363	8590	9817	11045	12272
		IN	11468	2294	3440	4587	5734	6881	8027	9174	10321	11468

Obr. 40: Sila jednotlivých piestov [37]

Od priemeru piestu a jeho zaťaženia závisí maximálna rýchlosť vysunutia piestu, táto závislosť je zobrazená na obr. 41. Je možné vidieť, že nie je možné dosiahnuť rýchlosť vyššiu ako $1,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pre dosiahnutie žiadanej rýchlosti $v = 18 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cong 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ je nutné použiť páky na zvýšenie výslednej rýchlosti vystreľovanej guľe.



Obr. 41: Maximálna rýchlosť piestu [37]

Pri použití páky s pomerom vzdialeností k osi otáčania 1:5 je možné docieľiť rýchlosť $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na dlhšom konci páky. Piest teda tlačí na kratší koniec páky silou F_1 a jeho rýchlosť vysúvania je v_1 , druhý koniec páky sa pohybuje rýchlosťou $v_2 = 5 \cdot v_1 = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a pôsobí na guľu silou $F_2 = \frac{1}{6} \cdot F_1$. Po zvolení piestu s normovaným vysunutím $s_{piest} = 50 \text{ mm}$ je dráha druhého konca páky $s_{páka} = 250 \text{ mm}$. Pri tejto dráhe a potrebnej rýchlosti je potrebné zrýchlenie získané použitím rovníc rovnomerne zrýchleného pohybu (33), (34) a (35). Po zistení potrebného zrýchlenia na konci páky je možné vypočítať potrebnú silu na urýchlenie gule s hmotnosťou $m_{guľa} = 2,871 \text{ kg}$ z rovnice (36).

$$v = a \cdot t \rightarrow t = \frac{v}{a} \quad (33)$$

$$s_{páka} = \frac{1}{2} a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \frac{v^2}{a} \quad (34)$$

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot s_{páka}} = \frac{5^2}{2 \cdot 0,25} = 50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (35)$$

$$F = m_{guľa} \cdot a = 2,871 \cdot 50 = 143,55 \text{ N} \quad (36)$$

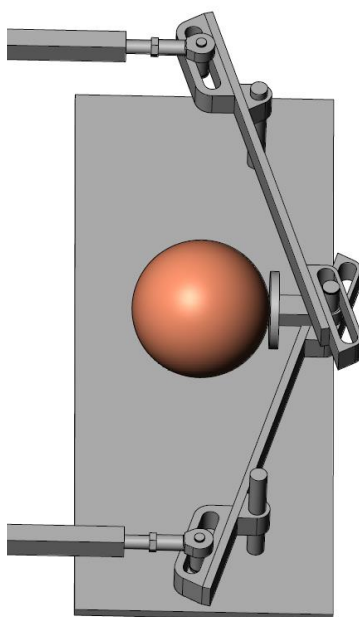
Pri použití páky je však aj zaťaženie piestu päťkrát väčšie, tj. $m = 5 \cdot m_{gule} = 14,355 \text{ kg}$. Podľa obr. 41 je možné vidieť nutnosť vybrať piest s priemerom aspoň $\varnothing 50 \text{ mm}$, aby bola pri tomto zaťažení udržiavaná rýchlosť $v_1 = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Taktiež je možné vidieť, že pri potrebe sily $F = F_2 = 143,55 \text{ N}$ na konci páky je nutné z dôvodu prevodu 1:5 vybrať piest schopný dodať aspoň päťkrát takú silu, tj. sila piestu $F_1 > 717,75 \text{ N}$. Podľa týchto parametrov bol zvolený dostupný piest CP96SDB50-100 od firmy SMC s priemerom $\varnothing 50 \text{ mm}$ a zdvihom 100 mm pre možnosť vyššieho zdvihu [37]. Tento piest bol ďalej využitý vo viacerých prvotných návrhoch vystreľovača. Taktiež pre ľahšie usmernenie gule a zníženie zaťaženie piestu boli v návrhu použité dva piesty namiesto jedného. Takto je zaručené symetrické zaťaženie rámu silami, zmenšená záťaž na piest a tým zvýšená potenciálna rýchlosť gule.

4.2.4 Koncepčný návrh pákového vystreľovača

Po výbere vhodných piestov a zistení potrebného pomeru pákového mechanizmu na dosiahnutie požadovaných rýchlostí boli navrhnuté viaceré varianty vystreľovačov založené na tomto princípe. Vo všetkých variantoch spolupracujú dva piesty uchytané v rôznych výškach na urýchlení gule pomocou pák. Pri pravidelnom vystreľovaní gule je možné celý rám s mechanizmom natočiť a tak overiť zhodenie kolokov pod inými uhlami.

Vystreľovač s drážkami na oboch koncoch páky

Prvotný návrh bol založený na použití koncovky typu KJ (ISO 8139) [37] pre piest a použitím vlastnej nadstavby tejto koncovky, ktorá by slúžila ako čap. Tento by jazdil v dráhe umiestnenej na páke, týmto pohybom by otočil pákou okolo jej osi. Na opačnom konci páky bola umiestnená druhá drážka pre čap spojený s tlačnou doskou. Celý popisovaný mechanizmus je zobrazený na obr. 42.

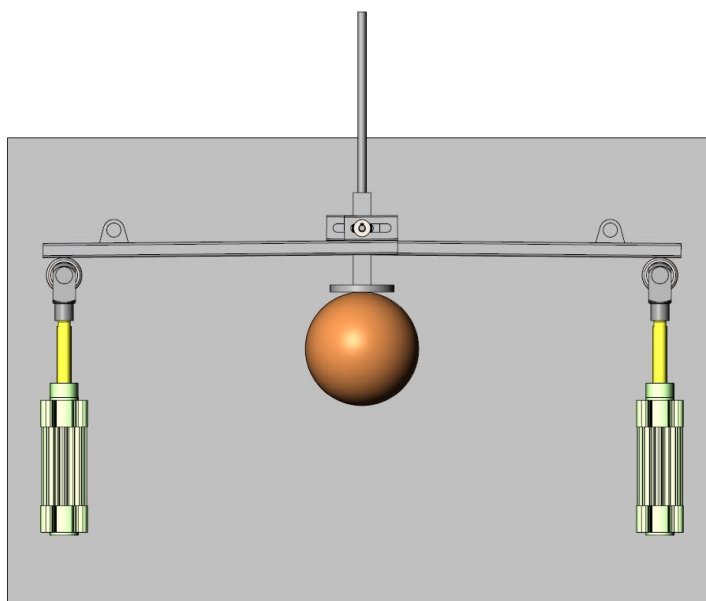


Obr. 42: Mechanizmus s dvomi drážkami

Pri použití tohto mechanizmu sú oba piesty pevne uchytené a ich vysunutím sa otáča páka okolo osi a tým tlačí tlačnú dosku spolu s guľou vpred. Tento návrh nebol použitý pre značné straty, ktoré by boli zapríčinené pôsobením trecích síl v drážkach. V tomto prípade by bolo taktiež nutné pridať lineárne vedenie pre tlačnú dosku a taktiež komplexnejšie uchytenie osi páky na zníženie trenia pri otáčaní.

Vystreľovač používajúci piesty ukončené kolieskami

Na zamedzenie trenia v drážke pri pieste boli použité kolieska vid' obr. 43.

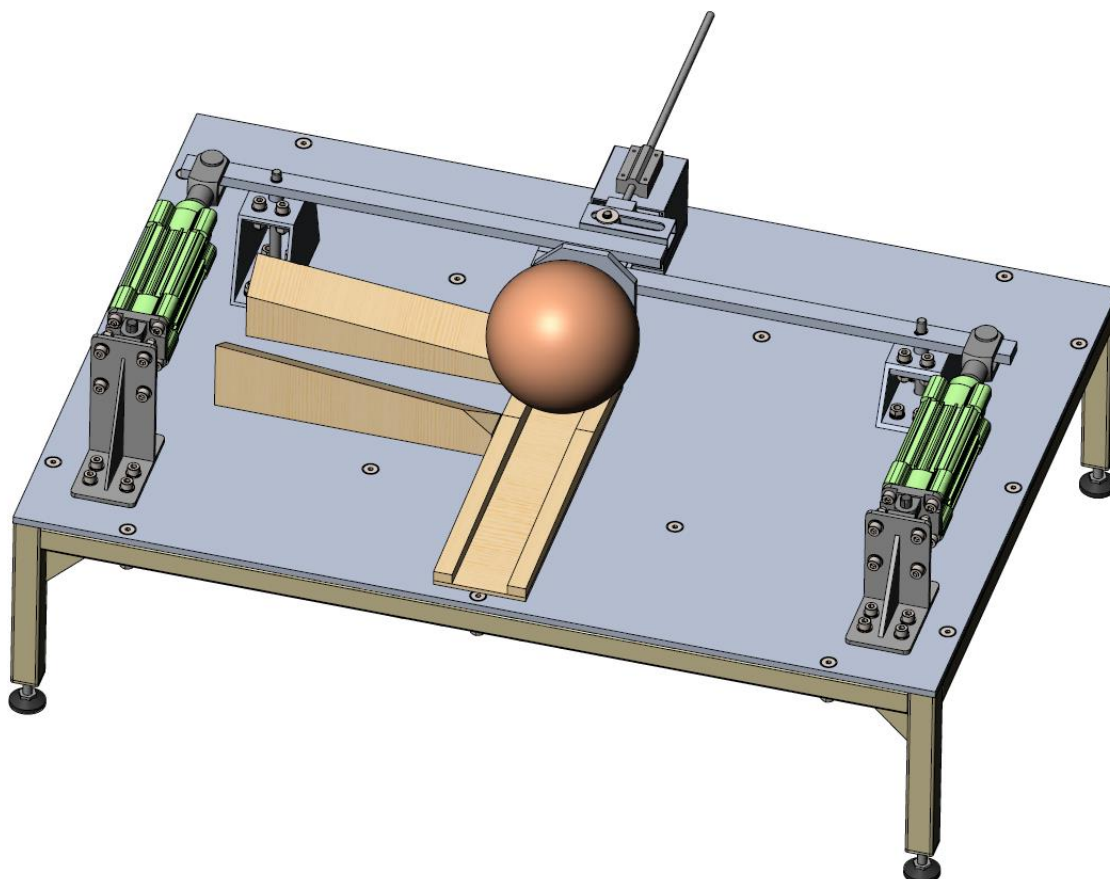


Obr. 43: Vystreľovač s kolieskami

Tieto kolieska je možné uchytiť v koncovke piestu typu GKM (ISO 8140) [37]. Pri vyvinutých silách piestu boli navrhnuté kovové kolieska, ktoré by ustáli nápor piestov. Taktiež bola navrhnutá zmena v drážkach pri tlačnej hlave, tieto drážky boli zmenené na joklov, do ktorých je vyfrézovaná drážka z hornej a dolnej strany pre čap. Do joklov sa umiestni koliesko z polyuretánu, ktoré môže voľne jazdiť po vnútorných stenách joklov. Tieto kolieska sú čapom prepojené s tlačnou hlavou, ktorá opäť pohybom páky a koliesok jazdí vpred. Na dodržanie lineárneho pohybu tlačnej hlavy je použitá vodiaca tyč. V tom prípade bolo opäť uvažované pevné pripojenie piestov k rámu. Tento variant bol uvážený ako nevhodný nakoľko by aj po použití koliesok bol nutný návrh časti mechanizmu určenej na vrátenie pák do ich pôvodnej polohy po každom výstrele. Toto by bolo možné docieľiť napríklad použitím torzných pružín, ktoré by po každom výstrele vrátili páky do pozície, z ktorej je opäť možné vystreliť. Pružiny by však pri každom vystrelení konali silu proti piestu a taktiež by po výstrele páky vždy silou narazili na koliesko piestu.

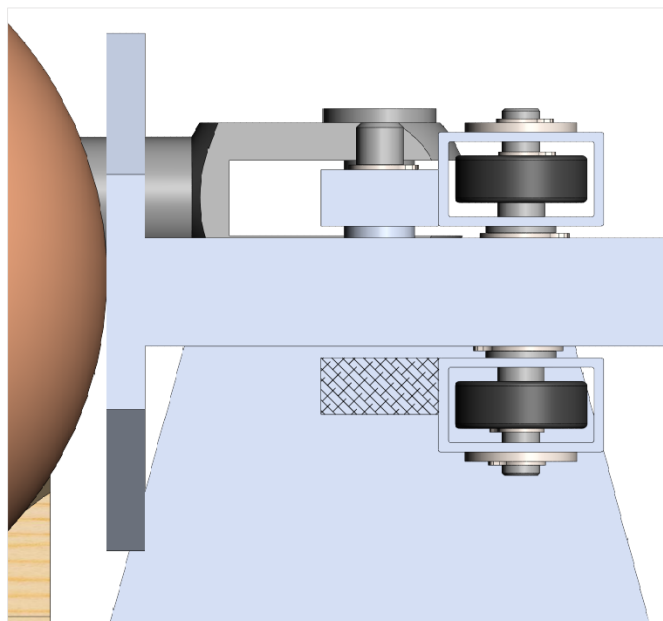
4.2.5 Konštrukčný návrh pákového vystreľovača

Do výsledného konštrukčného návrhu boli z koncepcného návrhu použité jokle s drážkami a kolieskami na konci pák spolu s čapom a tlačnou hlavou. K lineárnej tyči bol navrhnutý jokel s podložkou, na ktorom je umiestnené lineárne ložisko SMA8L držiace lineárnu tyč s priemerom $\varnothing 8 \text{ mm}$. Taktiež bola zmenená tlačná hlava z kruhovej na hranatú pre jednoduchosť výroby. Navrhnutý vystreľovač je zobrazený na obr. 44.



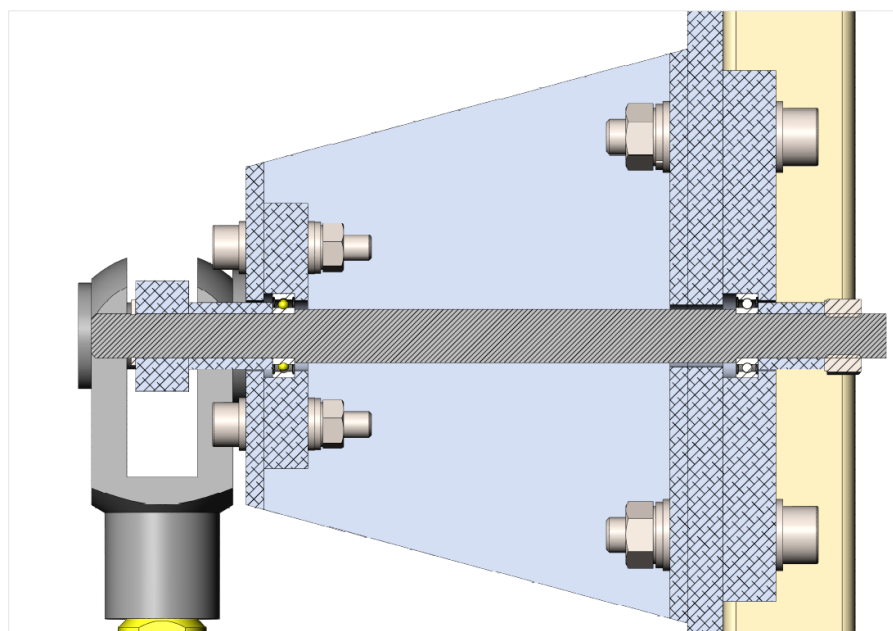
Obr. 44: Výsledný návrh pákového vystreľovača

Do vystreľovača je guľa privedená prechodnou dráhou od výtahu gulí. Z dráhy dopadne do pripraveného dreveného žľabu odkiaľ miernym sklonom zide do žľabu drevenej vystreľovacej rampy, táto je taktiež pod miernym uhlom a guľa sa odvalí smerom vzad až narazí na duralovú tlačnú hlavu a v tomto mieste je pripravená na vystrelenie ako zobrazuje obr. 44. Takto pripravená guľa je vystrelená pomocou tlačnej hlavy, ktorá je spojená čapom k polyuretánovým kolieskam jazdiacich po vnútorných stenách hliníkových joklov privarených k páke z hrubej pásoviny duralu. Detail uloženia koliesok v jokloch je zobrazený na obr. 45. Je možné vidieť, že kolieska majú miernu vôľu od oboch vnútorných stien jokla, drážka v jokli je širšia ako priemer čapu a preto sa pri pohybe dotkne koliesko steny a začne po nej jazdiť skôr, ako by čap začal drieť v drážke. Čap drží tlačnú hlavu v rovine a taktiež je uchytený v jeho pozícii pomocou poistných krúžkov a podložiek nad a pod joklami pák.



Obr. 45: Detail na kolieska v jokloch

Páky môžu konať rotačný pohyb okolo jednotlivých osí. Osi sú uložené na ložiskách umiestnených v navrhnutých jednoduchých ložiskových domčekoch z duralu, horný z domčekov je uchytený v jokle a druhý je priskrutkovaný zdola základnej dosky. Hliníkové jokle držiace ložiskové domčeky sú zrezané pod uhlom pre uľahčenie montáže dolných skrutiek. Ložiská sú na mieste držané pomocou osadenia na osi a vytvorenými dištančnými trubkami. Náhľad na uloženie osi vo vyššom jokli spolu s ložiskovými domčekmi je na obr. 46.



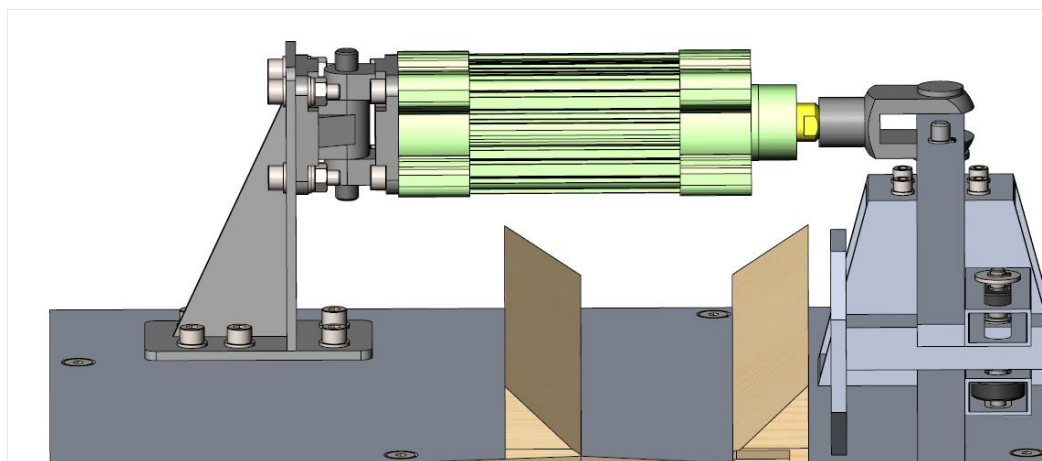
Obr. 46: Detail uloženia osi

Pri tomto uložení je vhodné overiť odolnosť ložísk pod zaťažením od piestu. Po použití momentovej vety a silovej rovnováhy je možné dokázať, že sila prenesená na čap je $F_{\text{čap}} = \frac{4}{5}F_1$, kde $F_1 = 982 \text{ N}$, predstavuje silu vybraného piestu pri strednej hodnote tlaku $0,5 \text{ MPa}$ a teda $F_{\text{čap}} = 785,6 \text{ N}$. Použité guľičkové ložiská sú typu 61800 2Z s hodnotou základného statického zaťaženia $C_0 = 0,83 \text{ kN}$. Pri znalosti týchto hodnôt je možné vypočítať bezpečnosť ložiska vyjadrenú podľa vzorca (37).

$$k = \frac{C_0}{F_{\text{čap}}} = \frac{830}{785,6} = 1,05 \quad (37)$$

Nakoľko je ložisko zaťažované pravidelne len na krátku chvíľu vždy pri vystrelení nie je možné využiť rovnice na dynamické zaťaženie. Pretože sú ložiská väčšinu času nezaťažované, je považovaná zistená bezpečnosť ako dostatočná.

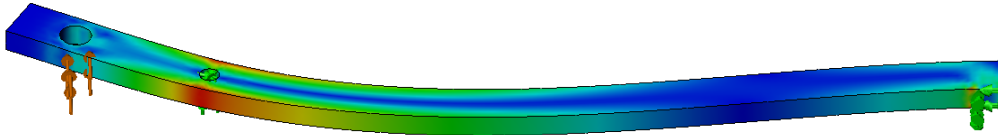
Piesty sú uchytené do páky priamo na čape koncového nastavcu GKM (ISO 8140). Druhý koniec piestu je uchytený pomocou kombinácie dodaných konzol Single clevis C50 a Double clevis D50 [37]. Kombináciou týchto úchytných konzol je umožnené otáčanie piestu, čo dovoľí jeho natáčanie aj pri uchytení k páke. Na piest je uchytená konzola Double clevis D50, táto je čapom pripojená k Single clevis C50, ktorý je priskrutkovaný k zvarenej oceľovej konzole. Uchytenie piestu je zobrazené na obr. 47.



Obr. 47: Uchytenie piestu

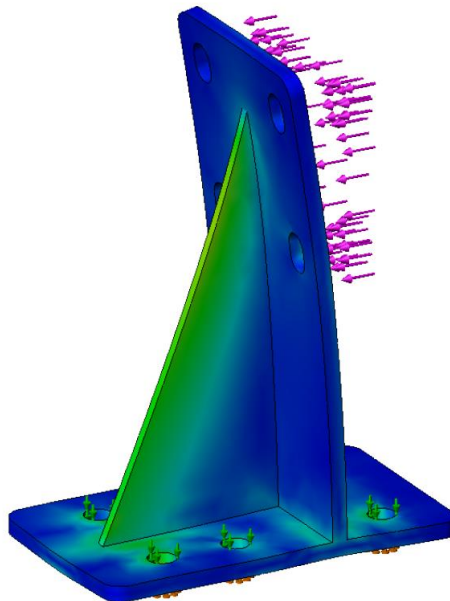
Celý vystreľovací mechanizmus je uchytený skrutkami na základovú dosku z hrubého tvrdeného hliníku o hrúbke 8 mm . Táto doska je priskrutkovaná k zvarenému rámu z oceľových joklov. Stojky rámu sú spevnené rebrami privarenými k horizontálnej časti rámu. Zdola každej stojky je privarený tenký plech s navarenou maticou. Do týchto matic sú pri montáži naskrutkované staviteľné nožičky, na ktorých rám stojí. Rám je navyše v smere vystreľovania guľe spevnený dvomi priečnymi joklami. Zvarený rám má v sebe s predvrtané otvory pre upevnenie základovej dosky.

Namáhání viacerých dielov bolo simulačne overené v programe Solidworks. Simulácia zaťaženia páky je zobrazená na obr. 48. Najviac namáhaná časť dielu je na obvode pri mieste otáčacieho čapu. V tomto mieste je súčasť pod zaťažením $\sigma = 21,34 \text{ MPa}$. Pri použití materiálu EN AW-6060 s medzou klzu $R_e = 60 \text{ MPa}$ je zjavné, že diel toto zaťaženie vydrží s dostatočnou bezpečnosťou $k = 2,8$.



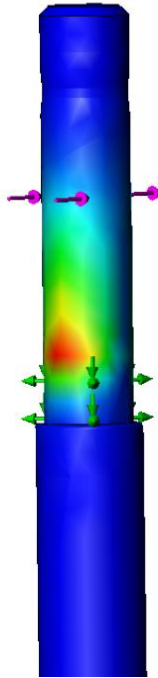
Obr. 48: Simulácia zaťaženia páky

Ďalšou simulovanou súčasťou bola zvarená konzola na uchytenie piestu. Diely tohto zvarenca sú z materiálu S355J2. Tento materiál má medzu klzu $R_e = 355 \text{ MPa}$, pri zaťažení piestom je podľa simulácie najväčšie dosiahnuté napätie $\sigma = 74,81 \text{ MPa}$ v miestach uchytenia skrutkami. Bezpečnosť súčasti je $k = 4,75$. Simulácia napätia konzoly je ukázaná na obr. 49.



Obr. 49: Simulácia zaťaženia konzoly

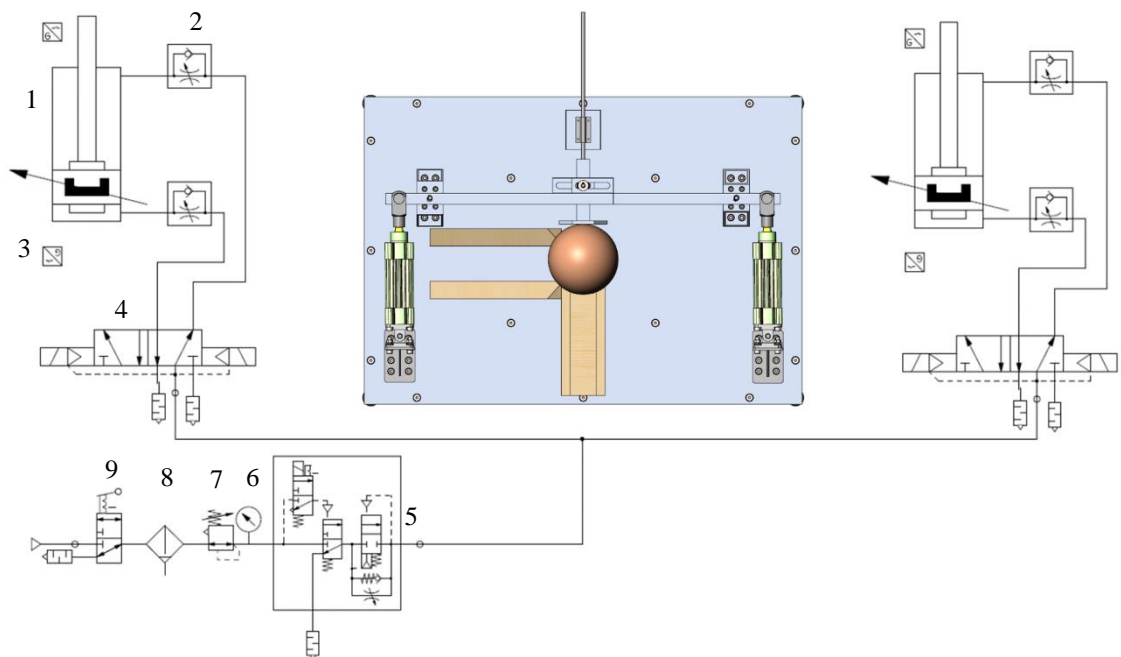
Na záver bola simulovaná záťaž osi, okolo ktorej sa otáča páka. Najväčšie namáhanie je v mieste horného ložiska, napätie simulované v tomto mieste je $\sigma = 159 \text{ MPa}$, pri takomto namáhaní je bezpečnosť súčasti $k = 2,1$. Náhľad simulácie z programu Solidworks je na obr. 50.



Obr. 50: Simulácia zaťaženia osi páky

4.2.6 Pneumatický a logický obvod

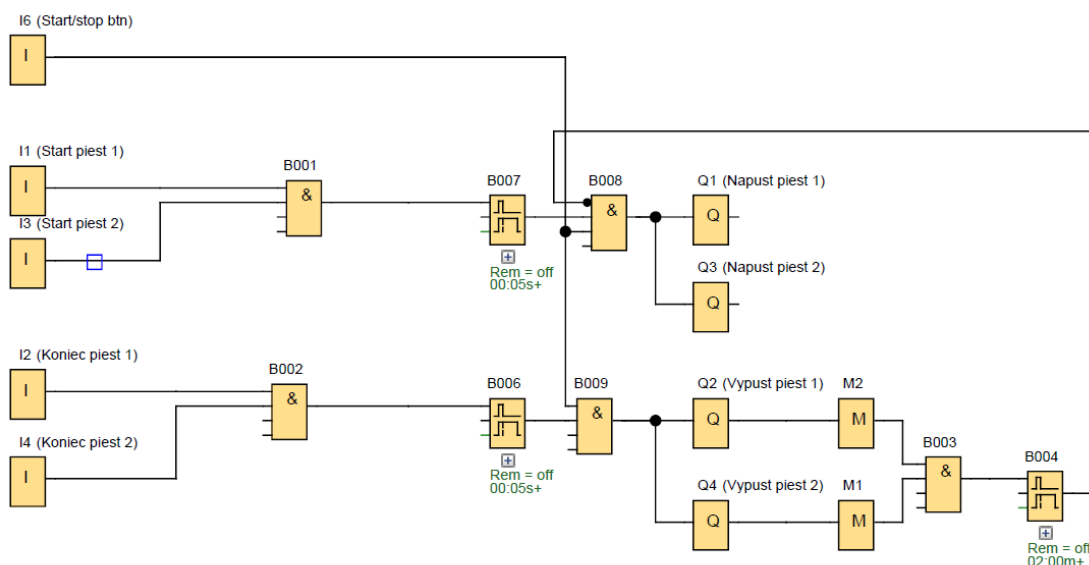
Pre použitie piestov bol vytvorený pneumatický obvod, ktorý pozostáva z niekoľkých hlavných prvkov. Do tohto obvodu je privedený stlačený vzduch zo vzdušníka, ktorý je napĺňaný kompresorom. Obvod, ktorý sa na vzdušník napojí je vyobrazený na obr. 51.



Obr. 51: Pneumatický obvod

Obvod na obr. 51 pozostáva z piestov CP96SDB50-100C (bod 1) do ktorých, je privádzaný stlačený vzduch škrtiacimi ventilmi AS2201FS-02-08S (bod 2). Na sledovanie polohy piestov sú využité senzory D-M9PL (bod 3), tieto senzory sú ďalej napojené ako vstupy pre PLC LOGO! od firmy Siemens. Tok stlačeného vzduchu do piestu je riadený pomocou bistabilného 5/2 elektromagnetického ventilu SY5220-5YO-C8F-Q SMC (bod 4). Poloha týchto ventilov je ovládaná pomocou výstupných signálov z PLC. Doteraz opísané časti bodov 1 až 4 sú použité pre oba piesty. Prívod vzduchu k bistabilným ventilom sa spája na spoločný a ide cez spúšťací ventil AV2000-F02-5YO-Q (bod 5), ktorý zaručí postupný nárast počiatočného tlaku v systéme. Bod 6 predstavuje manometer G36-10-01-L, pred ním sa nachádza pneumatický regulátor AR20-F02H-1-B (bod 7) ten je použitý v spojení s pneumatickým filtrom AF20-F02-A (bod 8). Na začiatku celého obvodu sa nachádza mechanický ventil 3/2 VHS20-F02B-S (bod 9).

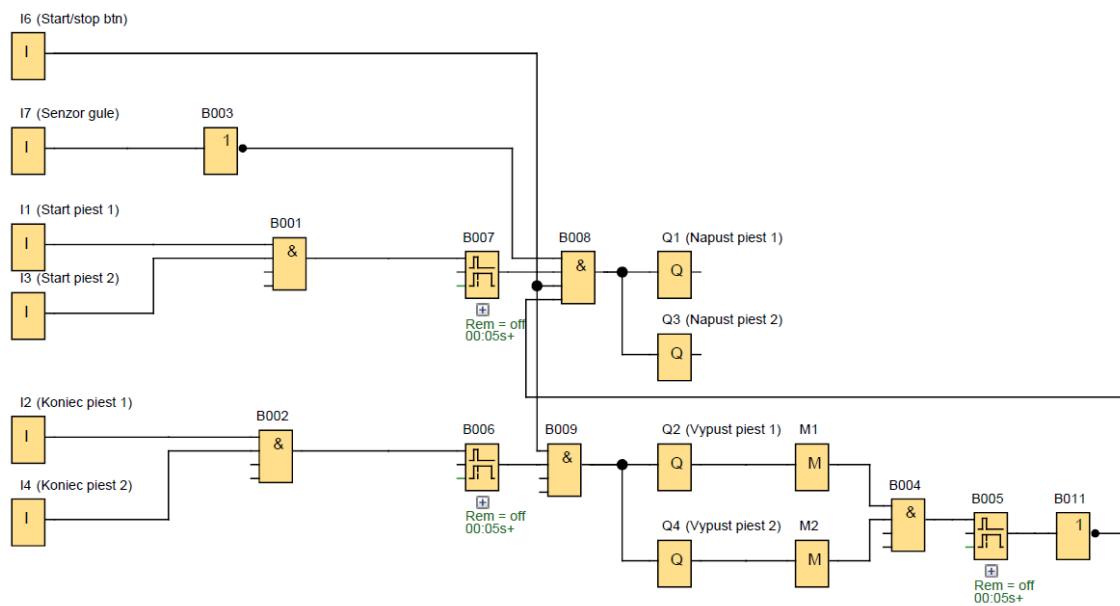
Popísaný pneumatický obvod usmerňuje a upravuje tok tlakového vzduchu do piestov. Funkcia tohto obvodu je založená na polohe bistabilných ventilov, ktoré umožňujú vysunutie a zasunutie piestu. Tieto ventily sú ovládané pomocou výstupu z PLC modulu LOGO! 24RCE. Tento PLC modul má štyri možné digitálne výstupy realizované pomocou relé, ktorými je možné ovládanie jednotlivých stavov oboch bistabilných ventilov. Návrh logického obvodu pre ovládanie piestov je na obr. 52.



Obr. 52: Logický obvod piestov

Vstup I6 je spínač zapnutia a vypnutia celého programu, ďalej vstupy I1 a I3 predstavujú signál senzorov D-M9PL v začiatkovej polohe piestov a vstupy I2 a I4 v koncovej vysunutej polohe. V momente, kedy sú oba piesty v zasunutej polohe, je možné vystreliť, aktiváciou oboch vstupov sa zopne člen & (B001), následne sa pri zopnutom spínači I6 vyšle cez výstupy Q1 a Q3 signál do oboch bistabilných ventilov, ktoré sa prepnú do polohy, v ktorej sa piesty vysúvajú. Po vysunutí piestov vyšlú senzory umiestnené na koncovej polohe piestu signál, ktorý príde na vstupy I2 a I4, pri oboch vstupoch aktívnych prejde signál cez členy B002 a B009 ďalej a výstupmi Q2 a Q4 vyšle informáciu o zmene stavu ventilov, ktoré sa presunú do polohy zasúvania piestov. Rovnako pri zasúvaní piestov príde signál k členu B004, ktorý ho udrží zapnutý po dĺžku nastavenej doby. V prípade zobrazenom na obrázku je nastavená hodnota dvoch minút. Počas týchto dvoch minút vstupuje signál do bloku & B008 a tým zamedzuje opätovnému vystreleniu. Táto doba je nastavená na čas príchodu novej gule. Túto hodnotu je možné v programe zmeniť na nižšiu pri použití viacerých guľí a taktiež pre rôzne potreby overovania stavania kolkov ASK. Pri dovolenej hracej dobe a času stavania kolkov pomocou ASK podľa WNBA pripadá na postavenie sady kolkov len 18 sekúnd od ich zhodenia. Na overenie rýchlosti stavača by bolo teda možné znižovať dobu, po ktorú udržuje člen B004 signál zapnutý, znižovať až na kontrolu limitov ASK. Pri takomto testovaní by však bolo nutné používať viacero sád kolkov a taktiež viacero guľí.

Ako možné vylepšenie je možné pridať navyše senzor čo predstavuje vstup I7 na obr. 53. Tento by umožňoval kontrolu prítomnosti gule a teda pripravenosť vystreľovača. Doba držania signálu členom B005 by však aj tak mala byť nastavená aspoň na takú hodnotu, aby sa stihla tlačná hlava vystreľovača vrátiť na jej východiskové miesto, inak by pri ceste späť mohla zopnúť senzor na prítomnosť gule.



Obr. 53: Logický obvod s pridaným senzorom gule

5 ZÁVER

V rámci diplomovej práce bol preskúmaný kolkársky šport, jeho pravidlá súvisiace s hrou a technické predpisy pre kolkárne stanovené WNBA. Za účelom navrhnutia výtahu pre kolkové gule bola vykonaná rešerš na najpoužívanejšie ASK pri bowlingu a tiež pri kolkoch. Medzi preskúmanými ASK boli novodobé, ale aj historické mechanizmy ako šnúrové tak aj bez šnúrové. Spolu s ASK boli preskúmané aj samotné možnosti výtahov pre kolkové gule. Následne bolo nutné pre návrh vystreľovača gulí preveriť využiteľné metódy vystreľovania gule dostupné na trhu. V tejto časti boli overené existujúce patenty a komerčné produkty založené na rozličných princípoch vystreľovania a urýchľovania gulí.

V praktickej časti práce boli navrhnuté dva varianty výtahu pre gule, jeden z týchto variantov bol navrhnutý za účelom použitia v kolkárňach. Výtah na zdvih gule využíva reťaz s unášačmi, na ktorých sú uchytené lopatky, tieto tlačia guľu po dráhe vymedzenej guľatinovou oceľou nahor. Dráha vymedzujúca cestu gule má rozmer, ktorý vyhovuje pre všetky tri veľkosti kolkových gulí. Celý mechanizmus výtahu je poháňaný motorom 1AL80S-8 firmy VYBO Electric o výkone 0,18 kW. Výtah pre kolkárne vynáša guľu do výšky 1,5 m odkiaľ je možné guľu pomocou gravitácie dopraviť na začiatok dráhy k hráčovi. Rám výtahu má šírku 240 mm, aby pri použití s navrhnutým ASK splňovali maximálne rozmery šírky dráh stanovené v technických predpisoch pre dráhy kolkárni. Druhý variant výtahu bol vytvorený s nižším rámom dostatočným na zdvih gule do výšky potrebnej k dopraveniu gule k vystreľovaču. Tento rám využíval mechanizmus založený na rovnakom princípe ako navrhovaný výtah pre kolkárne a bolo teda týmto spôsobom možné overiť jeho funkčnosť. Následne bola navrhnutá prechodná dráha pre transport gulí od tohto nižšieho výtahu k vystreľovaču gulí. Táto dráha bola navrhnutá a skonštruovaná s drevenou konštrukciou a staviteľnými nohami. Dráhou je guľa od vypustenia z výtahu privedená do záchytného žľabu umiestneného na vystreľovači.

Súčasťou praktickej časti bol taktiež návrh a realizácia vystreľovača gulí, ktorý je schopný zabezpečiť pravidelné zhadzovanie kolkov, a týmto spôsobom umožniť experimentálne overenie ASK. Týmto spôsobom je overená schopnosť správne a taktiež dostatočne rýchlo stavať kolky. Pri realizácii vystreľovača boli použité pneumatické piesty CP96SDB50-100C od firmy SMC, týmito piestami je cez pákový mechanizmus vystrelená guľa. Guľa je vystreľovaná smerom vpred na kolky, smer vystrelenia gule do kolkov je možné meniť natočením celým rámom. Pri potrebe častého menenia smeru by bolo vhodné navrhnuť systém na automatické natáčanie rámu. Piesty mechanizmu sú ovládané pomocou bistabilných ventilov, ktorých polohu určuje PLC modul LOGO! 24RCE. Toto PLC získava informácie o polohe piestu vďaka senzorum umiestnených na tele piestu a zabezpečuje synchronizáciu pohybu piestov a pravidelnosť výstreliv gule.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] History of Bowling. *The Bowling Museum & Hall of Fame* [online] ©2021 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.bowlingmuseum.com/Visit/Education/History-of-Bowling>.
- [2] NOVÁČKOVÁ, Pavla. Historie a vývoj techniky bowlingu ve světě a České republice [online]. České Budějovice, 2016 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: https://theses.cz/id/5frr5q/Bakal_sk-prce-finln_5.pdf. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Pedagogická fakulta. Katedra tělesné výchovy a sportu. Vedoucí práce RNDr. Petr Podlaha.
- [3] About us. *World Ninepin Bowling Association* [online] ©2021 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.worldbowling-ninepin.org/en/about-us>.
- [4] Pravidla kuželkářského sportu. Česká kuželkářská asociace [online] 2019 [cit. 2021-04-18] Dostupné z: <https://www.kuzelky.cz/dokumenty/predpisy/Pravidla-kuzelkarskeho-sportu.pdf>.
- [5] Pravidlá kolkárskeho športu. Slovenský kolkársky zväz [online] 2014 [cit. 2021-04-18] Dostupné z: <https://kolky.sk/wp-content/uploads/2019/09/pravidla-kolkarskeho-sportu.pdf>.
- [6] Technické předpisy WNBA. Česká kuželkářská asociace [online] 2015 [cit. 2021-04-18] Dostupné z: <https://www.kuzelky.cz/dokumenty/predpisy/Technicke-predpisy-WNBA.pdf>.
- [7] Kolkárska dráha – technická časť, kolaudácie, miery a tolerancie. Slovenský kolkársky zväz [online] 2009 [cit. 2021-04-24] Dostupné z: <https://kolky.sk/wp-content/uploads/2019/09/kolkarska-draha-technicka-cast-pre-kolaudaciu-miery-a-tolerancie-2009.pdf>.
- [8] String pinsetter research report. *United States Bowling Congress* [online] ©2020 [cit.2021-05-02] Dostupné z: http://usbcongress.http.internapcdn.net/usbcongress/bowl/equipandspecs/pdfs/2020_StringPinsetterResearchReport.pdf.
- [9] Automatic pinsetter. 1958. Spojené štáty americké. US2973204A. Udelené 1961-02-28. Zapísané 1958-01-27.
- [10] A2. *Brunswick* [online] ©2021 [cit.2021-05-01] Dostupné z: <https://brunswick.gr/portfolio-posts/a-2/>.
- [11] Automatic pinsetter service manual. *Brunswick* [online] 1963 [cit.2021-05-01] Dostupné z: https://brunswickbowling.com/uploads/document-library/Service-Manuals/Pinsetters/A2/BB_Service_Manuals_Brunswick-Automatic-Pinsetter-Service-Manual-R7-1962.pdf.
- [12] Bowling ball and pin separator. 2013. Spojené štáty americké. US9192851B2. Udelené 2015-11-24. Zapísané 2013-09-13.
- [13] GS-X Pinsetters. *Brunswick* [online] ©2021 [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://brunswickbowling.com/bowling-centers/equipment-parts-supplies/center-environment/pinsetters/gs-x-pinsetters>.
- [14] GS-Series Pinsetter Operation and Service Manual. *Brunswick Bowling and Billiards Corporation* [online] ©1999 [cit.2021-05-01] Dostupné z: <https://brunswickbowling.com/uploads/document-library/Service-Manuals/Pinsetters/GS/47-902728-complete.pdf>.
- [15] POSITIVE BALL LIFT (PBL). *QubicaAMF* [online] © 2004 [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: http://manually.bowlingservis.net/download/Positive_Ball_Lift_Manual.pdf.
- [16] 90XLi AUTOMATIC PINSPOTTER. *QubicaAMF* [online] © 2009 [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: http://schemm.com/pdf/90XLi_Pinspotter.pdf.

- [17] PIN DISTRIBUTOR MANUAL. *QubicaAMF* [online] © 2012 [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <http://manualy.bowlingservis.net/download/XLi-EDGE-Distributor.pdf>.
- [18] EDGE STRING. *QubicaAMF* [online] © 2019 [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://www.qubicaamf.com/brochure/catalogo-edge-string-low.pdf/download>.
- [19] A String of Success for QubicaAMF with the New EDGE String Pinspotter and Tech Wizard App. *QubicaAMF News* [online] © 2019 [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://www.qubicaamf.com/news-events/news/a-string-of-success-for-qubicaamf-with-the-new-edge-string-pinspotter-and-tech-wizard-app-1>.
- [20] Elevator. *String Pinsetter* [online] © 2021 [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://www.stringpinsetter.com/english/elevator/>.
- [21] Kegelbahnen für Spass, Spiel und Spannung. *Vollmer Sport* [online] © 2007 [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <http://www.sci.cz/ke-stazeni/prospekty/kuzelky.pdf>.
- [22] Catapult. *SKLZ* [online] © 2021 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://sklz.implus.com/products/baseball/sklz-catapult>.
- [23] Baseball pitching machine. 1991. Spojené štáty americké. US5174565A. Udelené 1992-12-29. Zapísané 1991-10-16.
- [24] Vat19. *Hyperdog Ball Launcher: Includes 2 balls*. In: *Youtube* [online] 26. 7. 2007,. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Yn6AyZyHUSI>.
- [25] Baseball pitching machine. 1992. Spojené štáty americké. US5657984A. Udelené 1997-08-19. Zapísané 1994-10-19.
- [26] SEGOVIS, Dean. *Fetch-O-Matic: Automatic Ball Launcher*. In: *Makezine* [online] 18. 12. 2012, [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://makezine.com/projects/fetch-o-matic/>.
- [27] Fetch Machine - G4. *GoDogGo* [online] 2020 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://godoggoinc.com/collections/frontpage/products/fetch-machine-g4>.
- [28] Baseball pitching machine. 1966. Spojené štáty americké. US3252453A. Udelené 1966-05-24. Zapísané 1962-12-26.
- [29] Pitching machine. 2003. Spojené štáty americké. US20030195061A1. Udelené 2003-10-16. Zapísané 2003-05-20.
- [30] Automatic ball pitching machine. 1982. Spojené štáty americké. US4323047A. Udelené 1982-04-06. Zapísané 1979-12-12.
- [31] Pitching machine. 2010. Spojené štáty americké. US7806788B1. Udelené 2010-10-05. Zapísané 2008-06-06.
- [32] Automatic ball pitching machine. 2018. Spojené štáty americké. US9937400B2. Udelené 2018-04-10. Zapísané 2015-12-31.
- [33] Wikipedia contributors. Drag coefficient [online]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2021 [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient.
- [34] Wikipedia contributors. Rolling resistance [online]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2021 [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Rolling_resistance.
- [35] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE, Richard G. (Richard Gordon) BUDYNAS, Martin HARTL a Miloš VLK. *Konstruování strojních součástí*. V Brně: VUTIUUM, 2010, xxv, 1159 s. : il. ; 26 cm. ISBN 978-80-214-2629-0
- [36] NEVORAL, Tomáš. Návrh konstrukce stavěče kuželek [online]. Brno, 2019, 47s. [cit.2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117289>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky. Vedoucí práce Radomil Matoušek.

- [37] Series CP96. *SMC* [online] 2020 [cit. 2021-05-18]. Dostupné z:
https://content2.smcetech.com/pdf/CP96-Bb_EU.pdf.

ZOZNAM SKRATIEK

ASK	Automatický stavač kolkov
WNBA	World Ninepin Bowling Association
ČKA	Česká kuželkárská asociace
AF	Alte Form
NF	Neue Form
PBL	Positive Ball Lift
PLC	Programmable logic controller

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1	Logo organizácie WNBA	17
Obr. 2	Označenie a geometrické usporiadanie kolkov	19
Obr. 3	Tvar kolku a detail na centrovaciu guličku	20
Obr. 4	Špecifikácie tvarov NF a NF1	21
Obr. 5	Detail na kolok s centrovacou guličkou	22
Obr. 6	Hrací priestor	23
Obr. 7	Dráha s mantinelmi	25
Obr. 8	Dráha s bočnými žľabmi	25
Obr. 9	Segmentová dráha	26
Obr. 10	Detail segmentovej dráhy	26
Obr. 11	Stavač Brunswick A-2	29
Obr. 12	Bubnový výt'ah s oddeľovačom gulí	30
Obr. 13	Kolkový výt'ah	31
Obr. 14	Distribútor stavača GS-X	32
Obr. 15	Výt'ah PBL	33
Obr. 16	Distribútor stavača XLi	34
Obr. 17	Qubica EDGE String	34
Obr. 18	Výt'ah gulí od firmy S.E.S.	35
Obr. 19	Vollmer šnúrový ASK	36
Obr. 20	SKLZ Catapult	37
Obr. 21	Nadhadzovač podľa US5174565A	37
Obr. 22	Prak podľa US5657984A	38
Obr. 23	Nárazový vystreľovač	39
Obr. 24	GoDogGo	39
Obr. 25	Vystreľovač podľa US3252453A	40
Obr. 26	Remeňový vystreľovač	41
Obr. 27	Jedno zotrvačnickový variant so spätnou rotáciou	42
Obr. 28	Vystreľovač s vratným bodom a zotrvačnikom	42
Obr. 29	Vystreľovače s dvomi a s tromi zotrvačníkmi	43
Obr. 30	Nižší variant kolkového výt'ahu s dráhou a vystreľovačom	45
Obr. 31	Kolkový výt'ah variant pre kolkárne a experiment	46
Obr. 32	Dráha gule s vyznačenými stavmi	47
Obr. 33	Rozmery pre zbeh gulí	48
Obr. 34	Uchytenie dráh	50
Obr. 35	Lopatka výt'ahu pre guľu	51
Obr. 36	Simulácia zaťaženia lopatky výt'ahu	52
Obr. 37	Detail napínacieho systému	52
Obr. 38	Prechodná dráha	55

Obr. 39	Koncepčný návrh zotrvačnickového vystrel'ovača	56
Obr. 40	Sila jednotlivých piestov	57
Obr. 41	Maximálna rýchlosť piestu	58
Obr. 42	Mechanizmus s dvomi drážkami	59
Obr. 43	Vystrel'ovač s kolieskami	60
Obr. 44	Výsledný návrh pákového vystrel'ovača	61
Obr. 45	Detail na kolieska v jokloch	62
Obr. 46	Detail uloženia osi	62
Obr. 47	Uchytenie piestu	63
Obr. 48	Simulácia zaťaženia páky	64
Obr. 49	Simulácia zaťaženia konzoly	64
Obr. 50	Simulácia zaťaženia páky	65
Obr. 51	Pneumatický obvod	66
Obr. 52	Logický obvod piestov	67
Obr. 53	Logický obvod s pridaným senzorom gule	68

ZOZNAM PRÍLOH

PRÍLOHA A. VÝKRESOVÁ DOKUMENTÁCIA

A. VÝKRESOVÁ DOKUMENTÁCIA

Tab. 1: Výkresová dokumentácia

Číslo výkresu	Názov	Popis
1104/02	Výtah s vystřelovačem komplet	Kompletná zostava výtahu, dráhy a vystřelovača
1004/14	Výtah komplet	Zostava výtahu pre experiment
2005/04	Výtah pro kuželny komplet	Zostava výtahu pre kolkárne
1004/10	Vystřelovač komplet	Zostava vystřelovača
1104/01	Dřevěná dráha komplet	Zostava dráhy