



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ PRO DOPRAVU KUSOVÝCH PŘEDMĚTŮ

CONVEYING MACHINES FOR TRANSPORT OF PIECE GOODS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Libor Barcuch

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Bc. Libor Barcuch
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Automobilní a dopravní inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.
Akademický rok:	2016/17

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:

Transportní zařízení pro dopravu kusových předmětů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vypracování rešeršní části obsahující přehled transportních zařízení používaných pro dopravu kusových předmětů, jejich detailní rozbor principů funkcí, technické parametry a použití.
Vypracování praktické části zaměřující se na návrh dopravníkového systému pro distribuční centrum.
Vypracování výkresové dokumentace.

Cíle diplomové práce:

Vypracovat rešeršní přehled transportních zařízení používaných pro dopravu kusových předmětů.
Vypracovat příkladovou studii dopravníkového systému distribučního centra.
Vypracovat výkresovou dokumentaci návrhu včetně výrobní dokumentace u vybraných celků dle dohody s vedoucím práce.

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

KOVÁČ, Milan a Vladimír KLAPITA. Manipulácia s materiálom v doprave. 1. vyd. V Žiline: EDIS, 2003. ISBN 8080701741.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

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

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá transportními zařízeními sloužícími pro dopravu kusových předmětů. Práce je rozdělena na část rešeršní a praktickou. V první části je vypracován přehled nejpoužívanějších zařízení. Druhá část práce je zaměřena na vytvoření návrhu dopravníkového systému pro distribuční centrum s požadovanou průchodností linky.

Klíčová slova

transportní zařízení, dopravník, kusová doprava, distribuční centrum, simulace, průchodnost

Abstract

This master's thesis is dealing with the conveying machines used for transport of piece goods. The thesis is divided into theoretical and practical part. In the first part is performed overview of the most widely used conveyors. Second part of this thesis is focused on creating design of conveyor system for distribution centre with required line throughput.

Keywords

conveying machines, conveyor, piece goods, distribution centre, simulation, throughput

Bibliografická citace

BARCUCH, L. Transportní zařízení pro dopravu kusových předmětů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 74 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. května 2017

.....

Bc. Libor Barcuch

Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za odborné rady a zaměstnancům firmy LOGSYS za poskytnuté materiály a cenné připomínky při vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při studiu na vysoké škole.

Obsah

Úvod	9
1 Transportní zařízení	10
1.1 Válečkové tratě	11
1.1.1 Válečkové tratě nepoháněné	13
1.1.2 Válečkové tratě poháněné	16
1.2 Pásové dopravníky	23
1.2.1 Pásové dopravníky s pryžovým pásem	24
1.2.2 Pásové dopravníky s modulárním pásem	30
1.3 Řetězové dopravníky	34
1.4 Karuselový dopravník	35
1.5 Třídící zařízení	37
1.5.1 Přesuvna	37
1.5.2 Otočný stůl	39
1.5.3 Výklopný shrnovač	41
1.5.4 Tlačka	42
1.5.5 Kolečkový třídič	43
1.5.6 Botičkový třídič	44
1.5.7 Příčný pásový třídič	45
1.5.8 Sklápěcí třídič	47
2 Návrh dopravníkového systému pro distribuční centrum	49
2.1 Současný stav a princip fungování distribučního centra	49
2.1.1 Příjem zboží	49
2.1.2 Uskladnění zboží	50
2.1.3 Princip vychystávání objednávek	51
2.2 Plánovaný princip funkce vyskladňovací linky	52
2.2.1 Vyskladnění zboží	52
2.2.2 Balicí linka	52
2.2.3 Expedice zásilek	52
2.3 Návrh vyskladňovací linky	53
2.3.1 Vyskladnění	53
2.3.2 Balicí linka	60
2.3.3 Expedice	68
Závěr	69
Použité informační zdroje	70
Seznam použitých zkratk a symbolů	73
Seznam příloh	74

Úvod

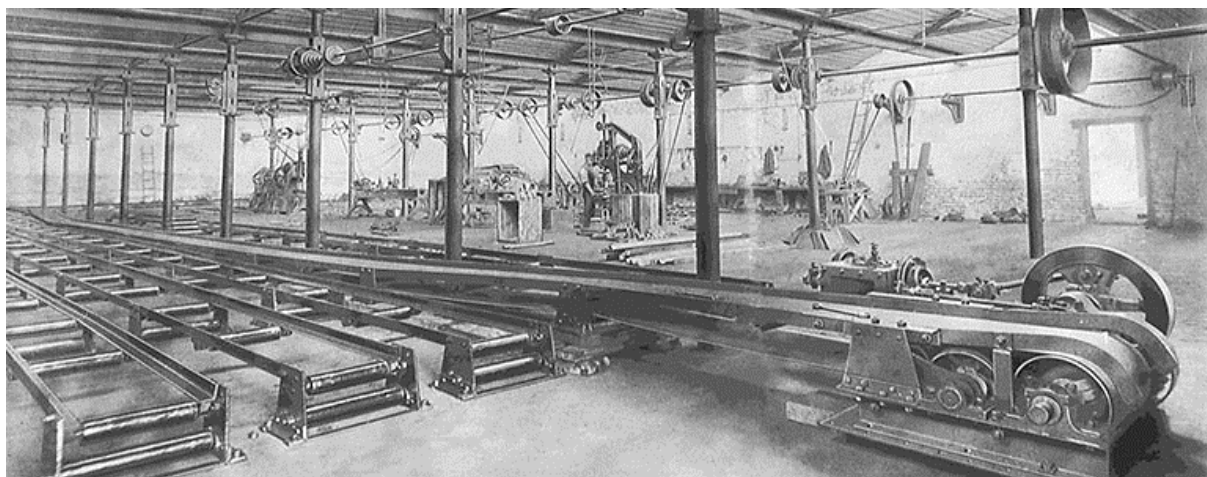
Potřeba zvedat, dopravovat a umístit břemeno na potřebné místo, sahá do samotného počátku existence lidstva. K těmto účelům sloužila různá zařízení využívající systémy pákových a kladkových převodů, efektu nakloněné roviny, náhrady smykového tření valivým, pohybových šroubů apod. Oproti předindustriálnímu období, kdy se po celá staletí k pohonu využívalo síly zvířat, lidí nebo přírodních živlů jako je vítr a voda, jsou dnešní dopravní stroje a zařízení z velké části mechanizovány výhradně elektromotory. Avšak podobné principy, leč ve změněné podobě, se používají dodnes.

V současné době jsou stroje a zařízení dopravní a manipulační techniky nevyhnutelnou součástí všech odvětví průmyslové výroby, přičemž své využití mají i v obchodním, respektive zásobovacím procesu. Jejich použití se odvíjí od druhu přepravovaného materiálu a požadovaného způsobu pohybu. Tato znalost umožňuje navrhnout optimální konstrukční variantu dopravního zařízení pro konkrétní případ.

Obsah této práce je rozdělen do dvou kapitol. V první části je proveden přehled nejpoužívanějších dopravních zařízení uplatňovaných v přepravě kusových předmětů. Druhá část práce je zaměřena na návrh dopravníkového systému pro distribuční centrum s požadovanou průchodností linky. Součástí práce je i výkresová dokumentace některých konstrukčních celků.

1 Transportní zařízení

Transportní, resp. dopravní zařízení (zkr. dopravníky) jsou dle ČSN 260001 zařízení určené k vodorovnému a svislému přemísťování nákladu, který je na zařízení přiveden jiným mechanismem nebo ručně. [1]



Obr. 1 Historický snímek dopravních zařízení z konce 19. století. [2]

Dopravníky tvoří základní prvek dopravy ve výrobních linkách a patří k nejpoužívanějším a nejuniverzálnějším zařízením vůbec. Jejich použití usnadňuje a zrychluje práci při výrobě, montáži a skladování. Přepřavovaným subjektem může být sypká hmota nebo kusový materiál, a to na vzdálenost několika metrů až desítky kilometrů. Zařízení se mohou podle potřeby kdykoliv zastavit a znovu uvést do chodu.

Podle konstrukce se dopravníky rozdělují na: [4]

- **dopravníky s tažným elementem** – dopravovaný předmět nevykonává žádný relativní pohyb vzhledem k tažnému elementu (např. pásové, řetězové dopravníky)
- **dopravníky bez tažného elementu** – dopravovaný předmět vykonává relativní pohyb vzhledem ke hnacímu prvku (např. válečkové tratě)

Mezi nejrozšířenější dopravní zařízení používané k přepravě kusových předmětů uvnitř distribučních center, skladů apod. patří:

- *válečkové tratě*
- *pásové dopravníky*
- *řetězové dopravníky*
- *karuselové dopravníky*
- *třídící zařízení (přesuvny, otočné stoly, shrnovače apod.)*

1.1 Válečkové tratě

Válečkové tratě (zkr. VT), jsou dopravní zařízení, jejichž typickým znakem jsou řady válečků otočných kolem svých os, uložených kolmo na směr dopravy ve stabilních nebo přemístitelných rámech. Jsou určeny na přepravu různých typů kusových předmětů, jako např. palet, krabic, přepravků apod. Rozteč válečků musí být zvolena tak, aby přepravovaný předmět ležel vždy alespoň na dvou válečcích. Někdy jsou válečky nahrazeny kladičkami nebo kotouči. Protože se tyto součásti liší od válečků (nehledě na jejich provedení) pouze v odlišném poměru jejich délky k průměru, avšak nikoliv funkcí, zahrnují se do pojmu válečkové tratě také. Mohou být přímé nebo obloukové (zatačky), vodorovné nebo se sklonem. V případě zataček se používají kuželové válečky s povrchovými přímkami v rovině tratě – obvodová rychlost roste úměrně s rostoucí vzdáleností od středu křivosti oblouku. Často mají boční vedení, zamezující výjezd dopravovaného předmětu z dopravní dráhy. [4][5][6]



Obr. 2 Válečková trať – přímý úsek a oblouk. [3]

Podle druhu a způsobu pohonu dělíme válečkové tratě na [5]:

a) nepoháněné, které dělíme opět na tratě:

1. vodorovné, kde se předmět pohybuje buď lidskou silou (postrkem) nebo tlačným orgánem.
2. spádové čili gravitační, kde se předměty po trati pohybují vlivem pohybové složky své vlastní tíhy. U vyšších úhlů stoupání se často nazývají válečkovými skluzy.

b) poháněné, po nichž se předmět pohybuje působením otáčejících se válečků, přičemž mohou být poháněny všechny válečky nebo jen část válečků.

Válečky jsou nejčastěji vyráběny z oceli, hliníku nebo plastu. Povrch válečků bývá zpravidla pozinkován, případně může být obalen pryžovým nebo PVC povlakem s cílem zvýšit součinitel tření mezi válečkem a dopravovaným předmětem. Z hlediska konstrukce se válečky dělí na gravitační a poháněné. Poháněné válečky jsou o něco složitější, protože obsahují části převodů sloužících k jejich pohonu. Tyto prvky bývají umístěny na koncích válečků viz obr. 3. [6][8]



Obr. 3 Série dopravníkových válečků firmy Interroll. [8]

Mezi největší výrobce dopravníkových válečků (a dopravníkového příslušenství vůbec) patří firma Interroll. Ta ve svém katalogu nabízí válečky rozdělené do serií. Nejprodávanější typ je ze série 1700. U některých válečků je možnost zakoupení varianty s pružným uložením šestihřanné hřídele jako je na obr. 4. Jejich montáž je pak obzvláště rychlá.



Obr. 4 Válečky Interroll s pružně uloženou šestihřannou hřídelí. [9]

Jak už bylo zmíněno, místo válečků může být použito kladiček, které jsou charakteristické tím, že jejich délka je menší než průměr. Jsou vyráběny z oceli, plastu nebo jejich kombinací. Provedení je ve dvou variantách. Buď jsou klasického válcového tvaru (hladké kladičky), nebo mají jeden okraj rozšířený a vznikne tzv. nákokem (kladičky s nákokem). Prodávají se i kompletní kladičkové lišty jako například na obr. 5. [8]



Obr. 5 Kladičkové lišty firmy Interroll:
a) kladička hladká, b) kladička s nákokem. [8]

1.1.1 Válečkové tratě nepoháněné

Patří mezi nejjednodušší dopravní zařízení. Nejčastěji se používají při přepravě mezi jednotlivými pracovišti (manipulace, kompletizace, montáž, balení) nebo ve skladech. Často jsou také kombinovány ve výrobě s jinými typy dopravníků, hlavně při mezioperační přepravě. [10][6]

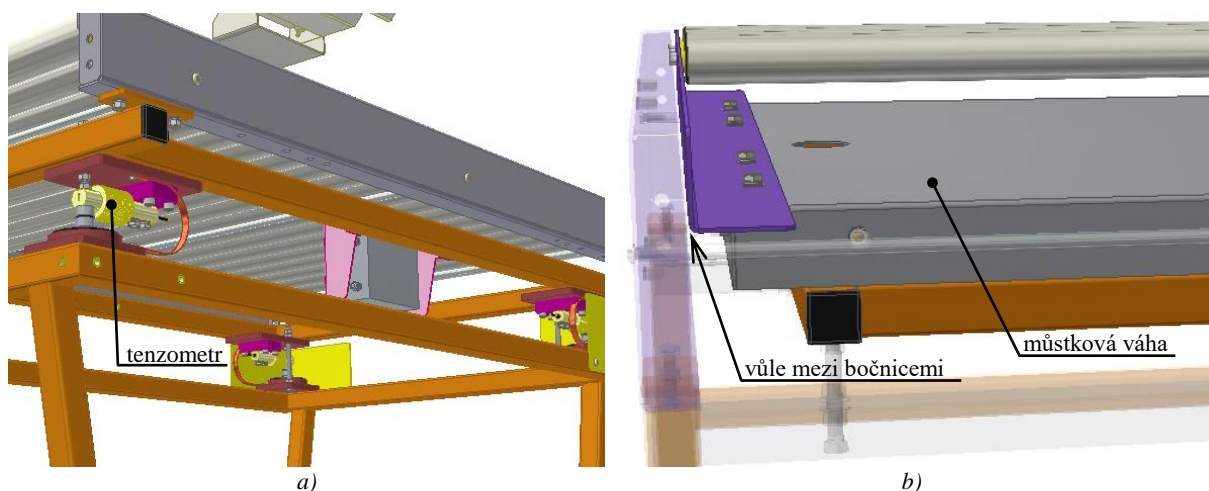
Vodorovné tratě

Jak už bylo řečeno na str. 11, pohyb předmětu na vodorovné válečkové trati se může provádět ručně nebo tlačným orgánem (tzv. tlačky).

Ruční postrk je vhodný nejčastěji pro mezioperační dopravu. Má-li se někdy přemísťovat po VT těžký předmět, dává se trati mírný sklon aby přesun byl snadný, ale předmět se sám od sebe nerozběhl a po přemístění se sám zastavil. [5]

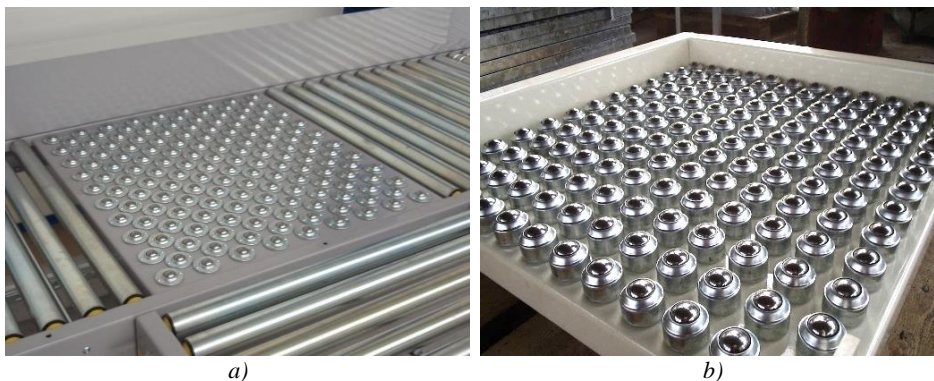
V některých aplikacích se vodorovné tratě používají jako zásobníky nahromaděného materiálu, který je tlačén předmětem příjíždějícím z poháněné trati. V případě, že je zásobník zaplněn, hnací motor poháněné tratě se vypne – řízeno např. optickým snímačem na konci zásobníku. Odebráním prvního předmětu z řady se motor opět aktivuje.

V distribučních centrech, depech přepravců a jiných skladů se navíc můžeme setkat s vodorovnou válečkovou tratí položenou na váze. Takové zařízení (na obr. 6) slouží pro kontrolu obsahu zboží v přepravce, případně pro jiné účely.



Obr. 6 Vážicí válečková trať:
a) položená na tenzometrech, b) položená na můstkové váze. [3]

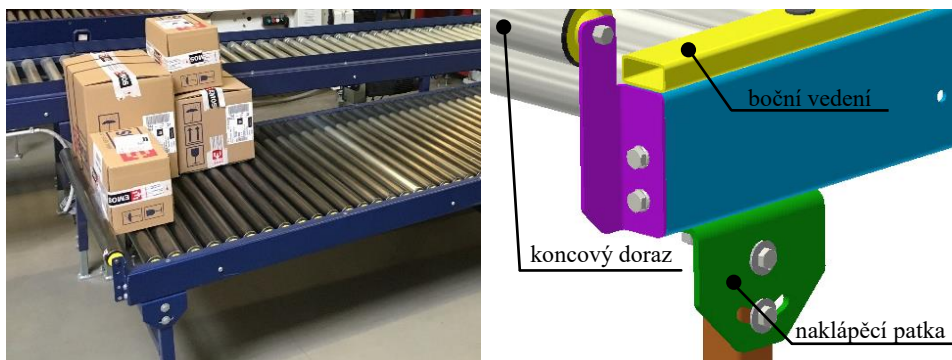
Ve většině literatur jsou do válečkových tratí zahrnovány i tzv. kuličkové stoly. Jedná se o desky, v nichž jsou v řadách na sebe kolmých umístěny jednotky s kuličkami. Vyčnívající vrchlík kuličky nese dopravované předměty libovolným směrem. Tyto stoly se většinou používají v místech křížení tratí, samostatně na různých pracovištích, nebo při ručním přenosu do linky a z ní zpět. Práce při ruční manipulaci je omezena čepovým a valivým třením. Mezi velké výrobce kuličkových jednotek patří firma Omnitrack. [5]



Obr. 7 Kuličkové stoly pro: a) malé zatížení, b) velké zatížení. [3]

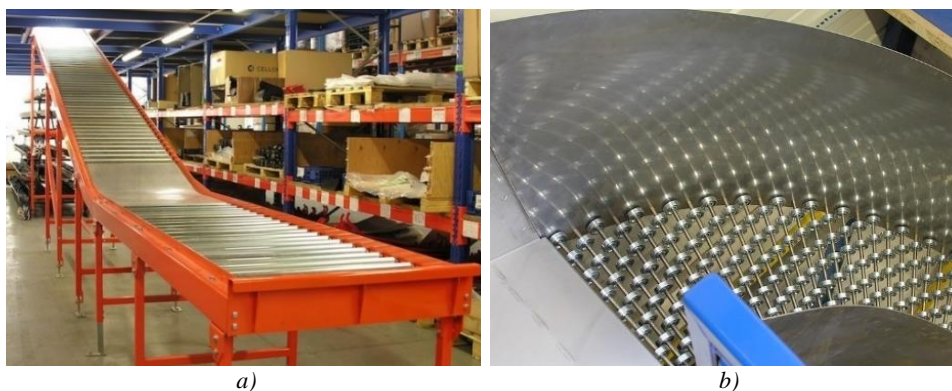
Gravitační tratě

Posun předmětu na spádových (gravitačních) tratích je samočinný vlivem složky tíhy předmětu ve směru spádové přímky. Na rozdíl od vodorovné tratě se předmět sám na gravitačních tratích nezastaví a je-li to požadováno, musí být zastaven dorazem. Sklání se o určitý úhel od vodorovné roviny, o úhel odpovídající odporu tratě, hmotnosti předmětu a výkonu tratě – spád je nutno přesně na trati nastavit. V praxi to tedy znamená, že stojany VT musí být konstruovány tak, aby bylo možné jejich výšku přizpůsobit. Pro orientaci, dle literatury se může sklon gravitačních tratí pohybovat v rozsahu 2-5 % délky tratě v závislosti na typu a hmotnosti dopravovaného předmětu. [5]



Obr. 8 Gravitační trať a její konstrukční prvky. [3]

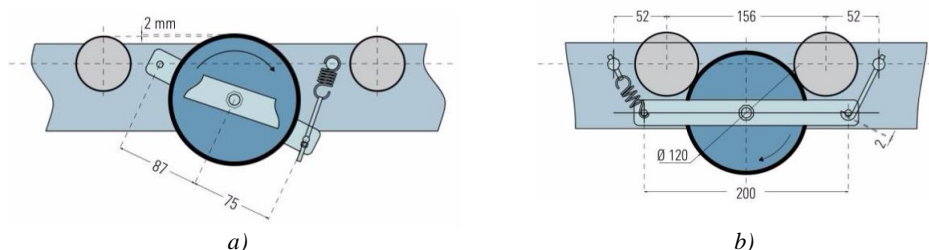
V některých případech, např. kdy je nedostatek prostoru v hale nebo je třeba urychlit dopravu, se používají válečkové skluzy, charakteristické velkým úhlem sklonu.



Obr. 9 Gravitační skluz: a) válečkový, b) kladičkový. [3]

Předměty se po skluzech pohybují rychlostí, kterou je nutné korigovat. K tomuto účelu se v praxi používají tzv. brzděné válečky umožňující omezení obvodové rychlosti pláště válečku. Tím se zamezí nedovolené rychlosti pohybu předmětu na válečcích. V minulosti se používaly např. válečky se zvětšeným odporem proti otáčení, válečky s kluznými ložisky (případně válečky s menším průměrem), nebo spojením určitého počtu válečků pomocí řemínků – dosažení značného ztížení chodu válečku, neboť odpor řemínku lze volbou profilu a počtu současně spřažených válečků libovolně nastavit. Protože předmět by po brzděných válečcích mohl klouzat, je na místě použití válečků s pryžovým povlakem. [5]

V dnešní době se k regulaci rychlosti používají speciální válečky jako je na obr. 10. Novinkou je například brzděný váleček od firmy Interroll, který pracuje na principu vířivých proudů.



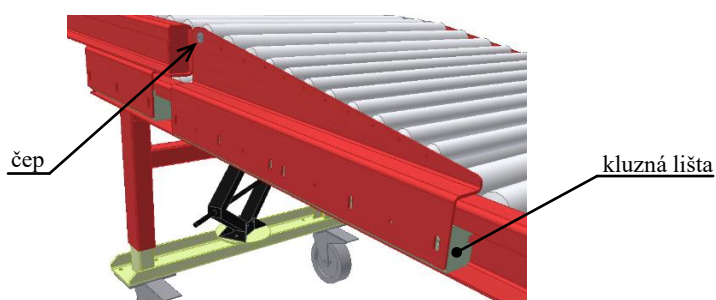
Obr. 10 Způsoby brzdění od firmy Euroroll:
a) přímé brzdění, b) nepřímé brzdění. [11]

Na obr. 11 je teleskopický válečkový dopravník používaný při vykládkách zboží z kamionu. Jeho nastavení do požadované výšky se provádí ručním zvedákem s klikou. Je plně pojízdný, opatřený průmyslovými koly s brzdou.



Obr. 11 Teleskopický válečkový dopravník: a) složený b) rozložený. [3]

Výsuvné části jsou opatřeny kluznými lištami vyrobenými ze silonu.



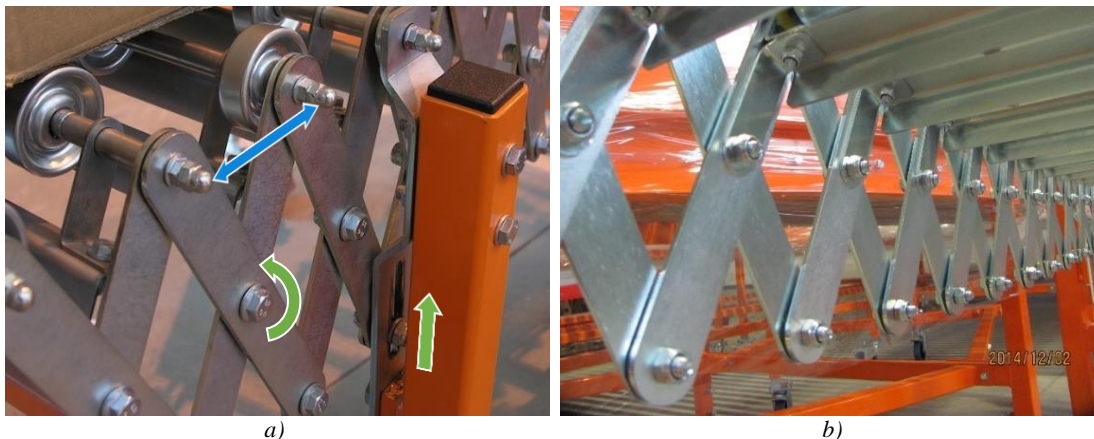
Obr. 12 Pohled na spojení výsuvných částí teleskopického gravitačního dopravníku. [3]

V mezioperační přepravě, kdy vzniká požadavek dopravovat předměty pouze v určitém časovém rozmezí, je výhodné použití tzv. nůžkového dopravníku viz obr. 13. Jeho přednost spočívá v plné mobilitě, možnosti složení (úspora místa) a snadné manipulaci. Je možné nastavit jeho pracovní výšku, délku (až 5x větší oproti složenému stavu) sklon a trajektorii pohybu. Existuje ve variantě s použitím kladiček nebo válečků.



Obr. 13 Nůžkový dopravník ve variantě s kladičkami:
a) složený b) rozvinutý. [3]

Jedná se v principu o osy s navlečenými kladičkami, oddělenými od sebe navzájem ocelovou (nebo plastovou) trubkou, uložené v nosných rámech, které jsou kloubově spojeny norimberskými nůžkami. Změna délky je způsobena rozevíráním nůžek, čímž se mění osová vzdálenost jednotlivých řad kladiček (viz obr. 14a). V případě obloukového zakřivení se nosiče kladek na vnitřním oblouku o tolik přiblíží, oč se vzdálí nosiče na oblouku vnějším. [5]



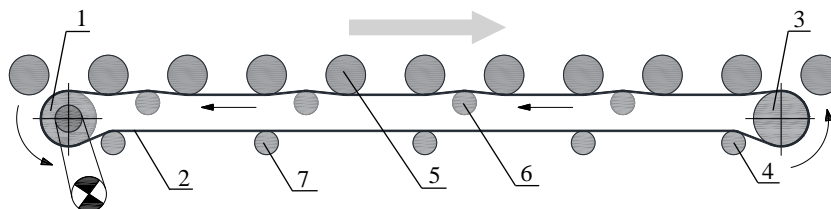
Obr. 14 Detailní pohled na funkční prvky nůžkového dopravníku:
a) směry pohybů součástí při rozevírání nůžek, b) pohled na nůžky z vnitřní strany. [3]

1.1.2 Válečkové tratě poháněné

Jako poháněné válečkové tratě lze nazvat takové tratě, u kterých je otáčení válečků zajištěno vnější silou, a tak je překonán odpor, který klade válečková trať pohybu předmětu. Pohon válečků musí být zajištěn dostatečně dimenzovaným pohonem s vhodným převodem (řetězem, ozubeným či pásovým řemenem, řemínkem, nebo může být váleček poháněn vlastním elektromotorem). Válečky mohou být poháněny všechny, nebo periodicky se opakující skupina. [12]

Pohon válečků pásem

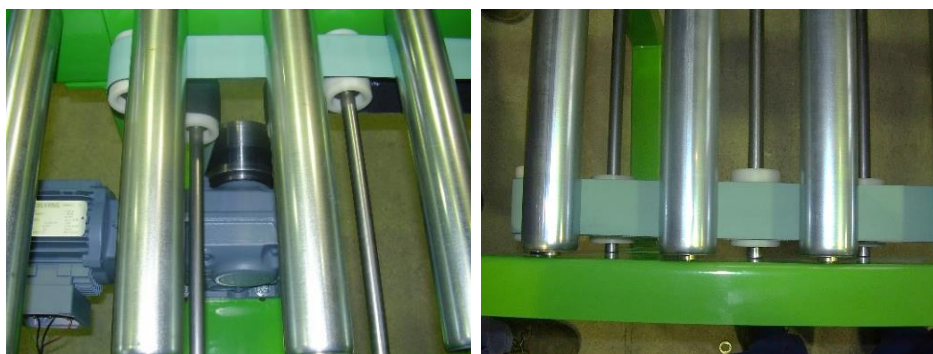
Je řešen pomocí pásu umístěného pod dopravními válečky (viz schéma na obr. 15), se kterými je v kontaktu a pomocí tření na ně přenáší hybnou sílu. U některých konstrukčních variant nejsou krajní válečky poháněny pásem, nýbrž kruhovými řemínky od pásem poháněné sekce. Tento způsob pohonu je vhodný pro dopravu lehkých až středně těžkých předmětů. [6]



Obr. 15 Schéma pohonu válečků pásem. [6]

(1 – hnací buben, 2 – plochý pás, 3 – vratný/napínací buben, 4 – přítlačný váleček, 5 – nosný váleček, 6 – podpěrný váleček, 7 – vratný váleček)

Dopravní a podpěrné válečky mohou být přímo pod sebou, a tím jejich osová vzdálenost dovolí těsný průchod pásu mezi nimi, nebo je podpěrný váleček umístěn mezi dva dopravní válečky. Tento způsob je výhodnější pro snazší montáž, neboť podpěrný váleček může být umístěný výše než v prvním případě. Hnací motor je vždy umístěn na konci tratě. [5]



Obr. 16 Pohon VT plochým pásem. [3]

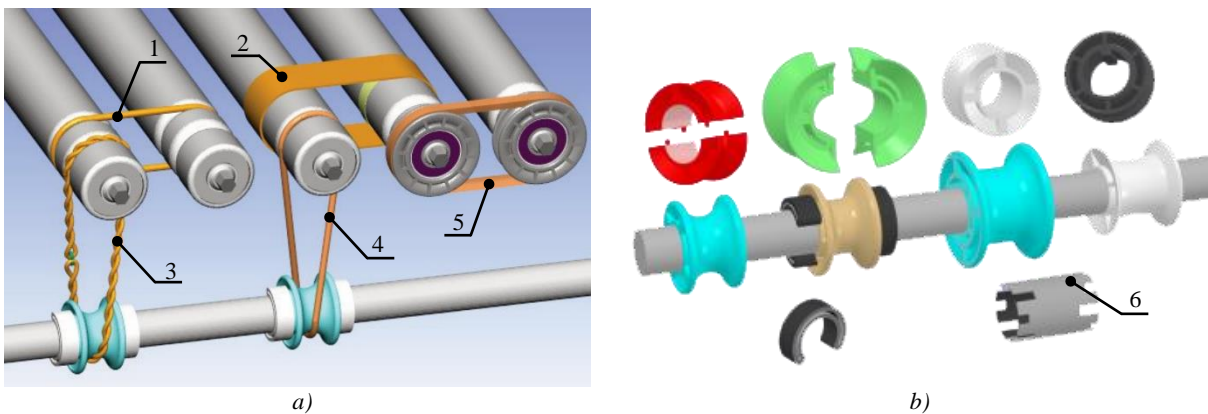
Pohon pásem lze využít i k bezkontaktní akumulaci např. použitím tzv. aktuátoru od firmy Interroll. Jedná se o kompaktní zařízení obsahující váleček, který je motoricky přítlačován k pásu. Místo pásu se často používají i řemeny (klínový na obr. 17, nebo člankový tzv. Power Twist). Řemen je podepírán kladkami a krajní válečky jsou poháněny kruhovými řemínky.



Obr. 17 Pohon válečkové zatáčky klínovým řemenem. [3]

Pohon válečků pomocí řemíků

Řemíkový pohon je speciálním typem pásového pohonu, který používá velice úzký pás s kruhovým, obdélníkovým, lichoběžníkovým tvarem průřezu, případně ozubený řemínek. V některých případech je řemíkový pás tvořen dvojicí zkroucených řemíků, jejichž koncové spojení je rozzebíratelné (obr. 18a). Díky tomu není nutné při výměně řemíků sundávat hřídel ani válečky. Je však nutné zohlednit, že zkroucené řemíky se podobně jako pružiny více natahují. Většina kruhových řemíků se natáhne přibližně o 10 %, zatímco řemíky zkroucené obvykle o 17 %. Z tohoto důvodu by tedy měli být zkroucené řemíky o 7 % kratší. Řemíky mají své hlavní opodstatnění u hřídelového pohonu (tzv. driveshaft) nebo u válečkových tratí poháněnými motorovým válečkem. [6][13]

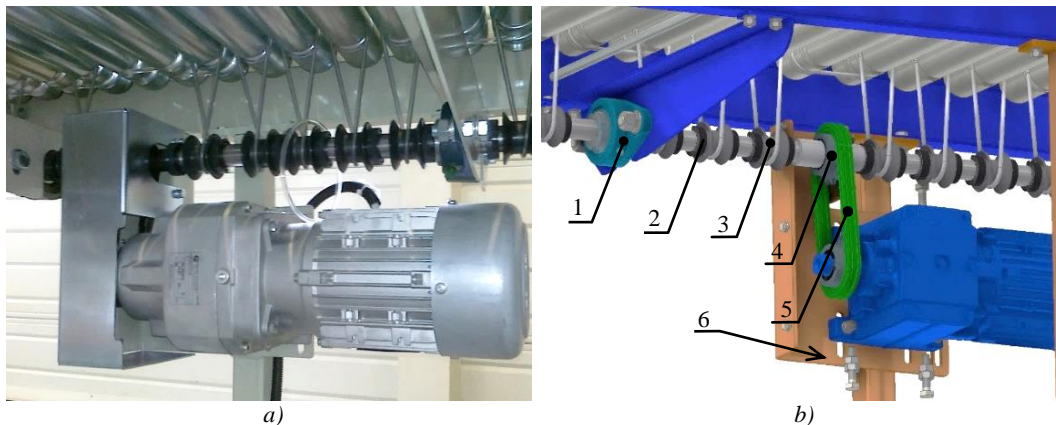


Obr. 18 Produkty firmy Durabelt:

a) různé kombinace řemíkových/pásových pohonů válečků, b) hřídelové kladky a příslušenství. [13]
 (1 – kruhový řemínek (tzv. O-kroužek), 2 – plochý pás, 3 – zkroucený řemínek, 4 – dutý/plný kruhový řemínek, 5 – Poly-V řemínek, 6 – spojka kladek)

a) hřídelový pohon (driveshaft)

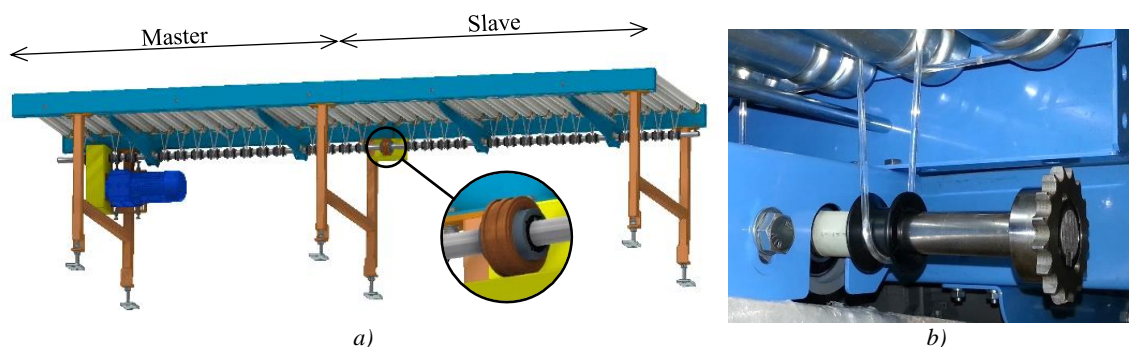
Princip funkce VT typu driveshaft (viz obr. 19) spočívá v pohánění dopravníkových válečků kruhovými řemíky z hnací hřídele. Hřídel, uložená v ložiskových tělesech pod válečkama, směřuje ve směru pohybu dopravovaného materiálu. Na hřídeli jsou nasunuty plastové kladky, jejichž posuv a rozteč jsou vymezeny plastovými pojistkami (tzv. distančníky). Kroutilí moment je na hřídel přenášěn řetězovým převodem z čelního převodového motoru. Dopravní rychlost této konkrétní tratě je $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Obr. 19 Detailní pohled na konstrukční prvky motorové sekce VT typu driveshaft:

a) pohled z vnější strany, b) pohled z vnitřní strany. [3]
 (1 – ložiskové těleso, 2 – distančník, 3 – kladka, 4 – řetězové kolo, 5 – řetěz, 6 – napínání)

Toto konstrukční provedení dovoluje částečnou akumulaci dopravovaného materiálu, a to díky volnému uložení kladek, které pod velkým zatížením (např. najetí předmětu na koncový doraz) začnou na hřídeli prokluzovat. Používá se pro dopravu lehkých až středně těžkých předmětů [6]. Napojení nepoháněné sekce (tzv. Slave) na motorovou sekci (tzv. Master) se provádí vzájemným spojením jejich hřídelí pomocí řetězových kol a řetězu (viz obr. 20).



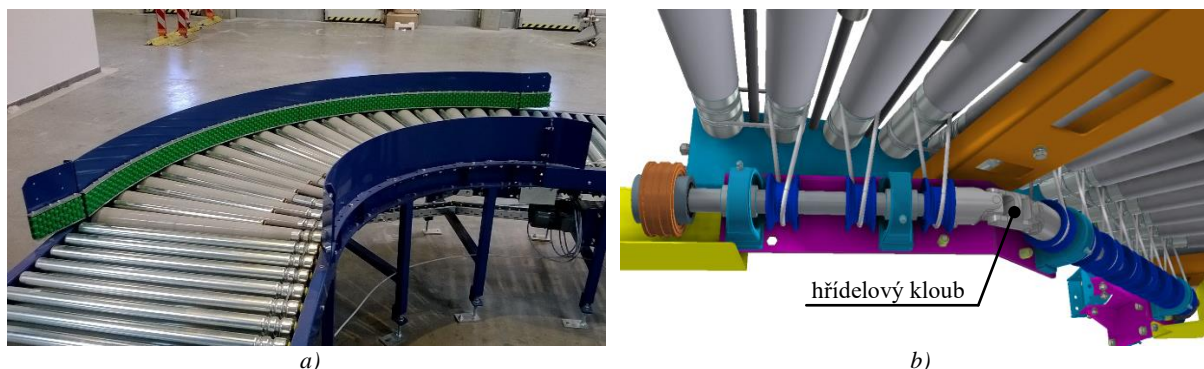
Obr. 20 Spojení motorové a nepoháněné sekce VT driveshaft:
a) pohled na spojení, b) pohled na konec hřídele Masteru. [3]

Na obr. 21 jsou znázorněny způsoby sloučení dvou VT, a to kolmým napojením, nebo pod úhlem. Pro spolehlivý přesun je roh tratě opatřen průmyslovým kolem (např. značka Tente).



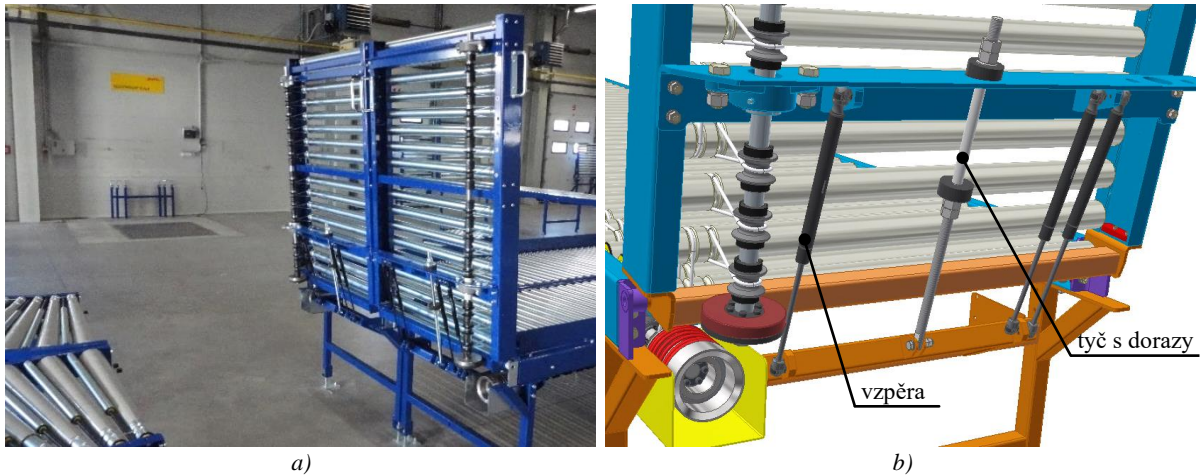
Obr. 21 Slučování VT driveshaft: a) kolmé napojení, b) napojení pod úhlem (tzv. Merge). [3]

Válečkové oblouky typu driveshaft se oproti přímé verzi moc neliší. U oblouku je hřídel rozdělena na několik částí, které jsou k sobě spojeny hřídelovými klouby viz obr. 22b. Jejich počet závisí na úhlu oblouku. Předměty se pohybují po kuželových válečcích, mezi kterými je prostor vyplněn přechodovými válečky s malým průměrem.



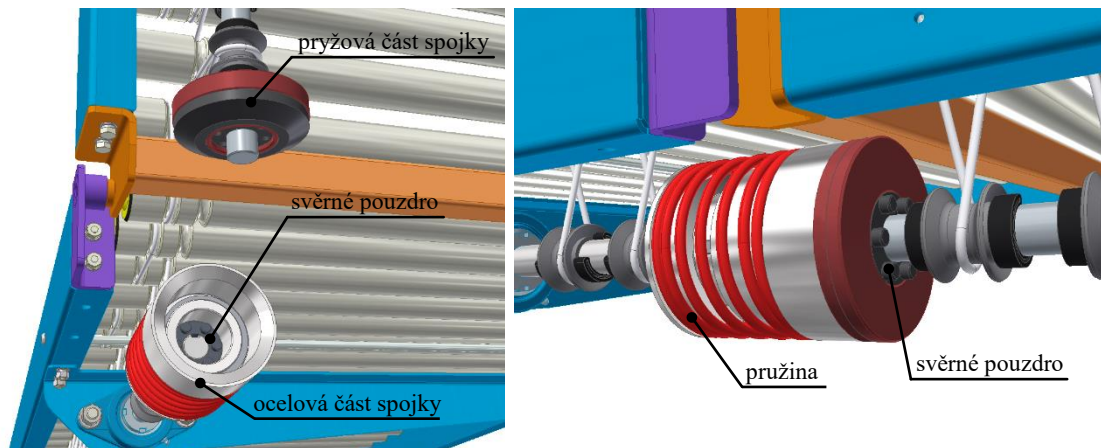
Obr. 22 Válečkový oblouk driveshaft: a) součást linky, b) detailní pohled na konstrukční prvky. [3]

Je-li trať umístěná tak, že překáží chůzi a dopravě (při projektování je snaha se tomu vyhnout) nebo znesnadňuje-li přístup, popř. přísun materiálu k pracovištím, je nutno tratě vybavit zařízeními umožňujícím průchod nebo průjezd (můstky, příp. vrata apod.). Zpravidla se tyto zařízení umísťují do přímých tratí, neboť se dají snadněji zvedat (případně vyvážit) a jsou výrobně jednodušší. Na obr. 23 je varianta sklápěcího průchodu (resp. můstku). [5]



Obr. 23 Sklápěcí průchod VT driveshaft:
a) umístění v lince, b) detailní pohled na konstrukční prvky. [3]

Při jeho sklopení dojde ke spojení obou částí spojky a vzniku třecí síly mezi ocelí a pryží. Ta umožní otáčení hřídele a následně válečků. Obecně lze můstky využít i pro nakládání a vykládání kamionů u expedičních ramp.



Obr. 24 Spojka průchodu válečkové trati driveshaft. [3]

Blokuje-li trať dopravní cestu pro vozíky, nákladní auta atd., a použití můstku nevystačí (ani v případě dvou umístěných můstků naproti sobě), tak se obvykle do tohoto prostoru vestavějí tratě otočné (podobné jednokřídlovým i dvoukřídlovým vratům). [5]



Obr. 25 Válečková vrata. [3]

b) pohon motorovým válečkem

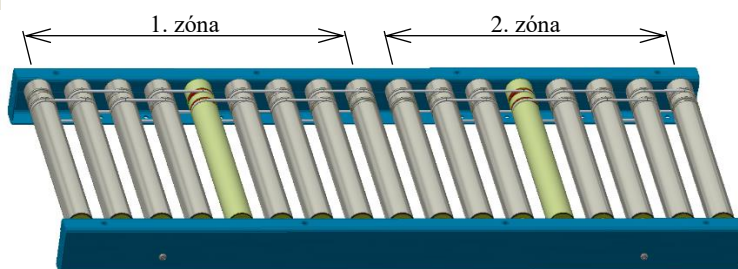
Jedná se o pohon, kdy hnacím prvkem dopravníku je elektromotor zabudovaný do dopravníkového válečku. Mezi nejznámější výrobce motorických válečků patří firma Interroll, která svoje produkty označuje jako pohony Rollerdrive, Pallet drive anebo Interroll Drum. [8]

Hlavní výhodou tohoto provedení je možnost rozdělení válečkové tratě na dílčí zóny, kde každá zóna má svůj individuální pohon (nejčastěji jeden) s jeho nezávislým zapínáním a vypínáním. Díky tomu lze u válečkové tratě dosáhnout bezkontaktní akumulace předmětů. Ve srovnání s centrálně řízenými dopravníky (např. typ driveshaft) lze snížit spotřebu energie až o 50 % [8].

Pohyb z motorového válečku na ostatní dopravníkové válečky v zóně je přenášen řemínky (viz obr. 26b). [8]



a)



b)

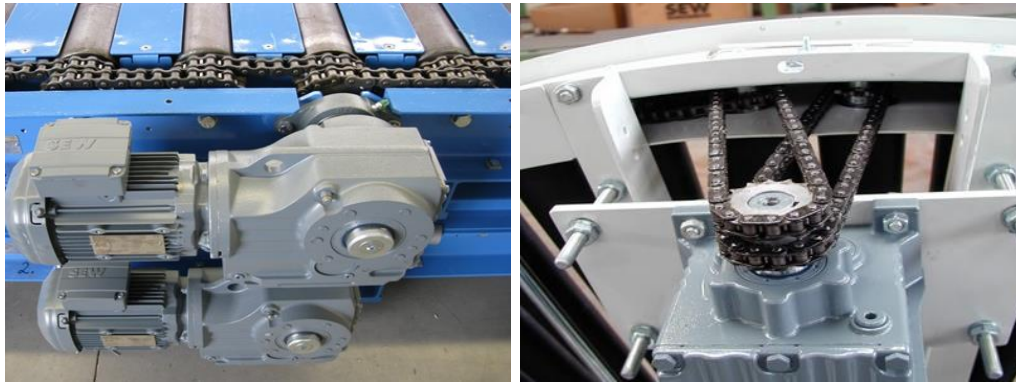
Obr. 26 Válečková trať s pohonem Rollerdrive:
a) bezkontaktní akumulace předmětů, b) vyznačené zóny. [3]

Pohon válečků řetězem

Na pohon se používá masivní kloubový (zpravidla válečkový) řetěz, který je vedený přes řetězová kola nebo korunky válečků. Rozdíl mezi řetězovým kolem a korunkou je pouze v poměru průměru ozubených kol k průměru válečku. Je-li je průměr válečku menší než průměr ozubeného kola, nazývají se kola korunkami. V opačném případě se jedná o řetězová kola. Tento způsob pohonu je výhradně používán pro přepravu středně těžkých až těžkých předmětů. Jeho výhodou je vysoká účinnost. Nevýhodou je nutnost údržby a vyšší hlučnost při provozu. Dle způsobu vedení řetězu rozeznáváme pohon spráženým a oběžným řetězem. [6]

a) pohon spřaženým řetězem

Každý váleček má na jednom konci dvě řetězová kola těsně vedle sebe (nebo na obou stranách po jednom kole). S těmito řetězovými koly zabírají dva samostatné válečkové řetězy, které spojují řetězová kola sousedních válečků z obou stran. Tento způsob pohonu umožňuje přenášet velký krouticí moment a také pohánět tratě s proměnným spádem, nebo dokonce stoupající obloukové tratě. [5]



Obr. 27 Pohon válečků spřaženým řetězem. [14]

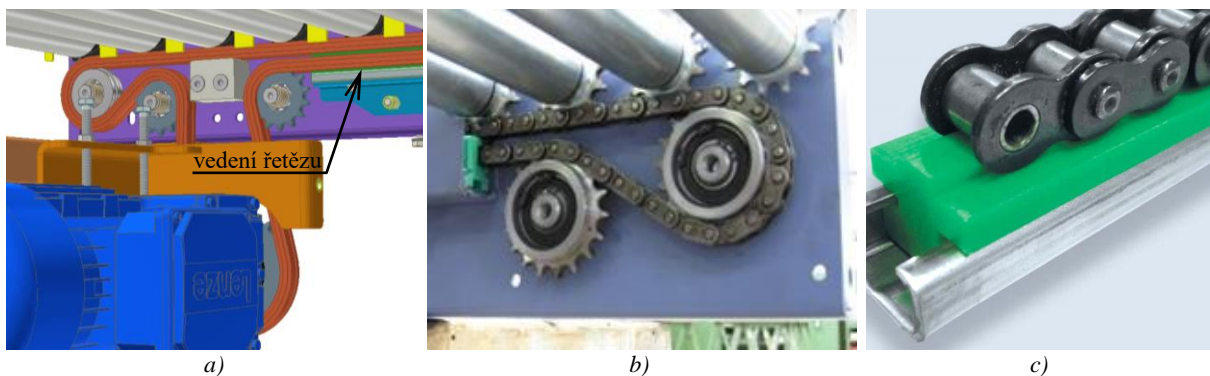
Rozteč dopravníkových válečků závisí na rozteči řetězu a vyžaduje přesné tolerance.

Tab. 1 Tolerance pro rozteč válečků s pohonem spřaženými řetězy. [8]

Schéma	Rozteč řetězu P		Tolerance rozměru t
	["]	[mm]	[mm]
	3/8	9,52	0 až -0,4
	1/2	12,70	0 až -0,5
	5/8	15,88	0 až -0,7
	3/4	19,05	0 až -0,8
	1	25,40	0 až -1,0

b) pohon oběžným řetězem

Pohon všech válečků je zajištěn jedním řetězem, který tangenciálně zabírá s ozubeným kolem umístěným na válečku. Řetěz se pohybuje podél spodní nebo horní strany válečku v kluzném vedení, které zároveň znemožňuje vysmeknutí řetězu z kola. Rozteč válečku u tohoto způsobu je libovolná, avšak je zapotřebí přesné umístění vedení řetězu. [8]



Obr. 28 Konstrukční prvky pohonu VT oběžným řetězem:

a) hnací část [3], b) vratná část [14], c) příklad kluzného vedení řetězu od firmy Habasit [15].

1.2 Pásové dopravníky

Pásové dopravníky (zkr. PD) patří mezi nejpoužívanější dopravní zařízení určené na přepravu sypkých, ale i kusových materiálů různých tvarů a rozměrů. Je to dopravník, jehož unášecím a tažným prvkem je nekonečný pás, obíhající mezi hnacím a vratným bubnem, nebo mezi dvěma vratnými bubny a spodní poháněcí smyčkou (viz obr. 32). Pás je zesponu podepřen válečky nebo pevnou podložkou (kluznou deskou), které jsou připevněné v nosném rámu. [12]



a) vodorovný s PU pásem, b) šikmý konkávní s modulárním pásem. [3]

Obr. 29 Pásový dopravník:

V kusové dopravě mají své opodstatnění při překonávání výškových rozdílů nebo přepravě drobných předmětů, kde nemůže být použito válečkových tratí. Z hlediska směru dopravy mohou být přímé nebo obloukové, vodorovné nebo šikmé, konvexní¹ nebo konkávní (ve výjimečných případech kombinované tzv. „Z“). [6]

Kromě klasických pryžových dopravních pásů (obr. 30) se v praxi často používají i tzv. modulární pásy (obr. 31).



Obr. 30 PVC pás Flexam EM. [16]

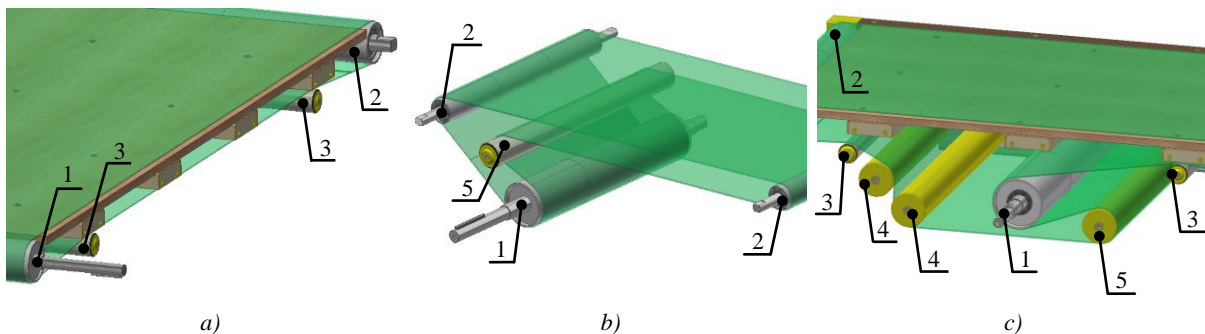


Obr. 31 Modulární pásy. [17]

¹ konvexní (resp. konkávní) dopravníky – přechod mezi vodorovnou a šikmou částí je proveden ve tvaru konvexní (resp. konkávní) křivky.

1.2.1 Pásové dopravníky s pryžovým pásem

Pásové dopravníky s pryžovým pásem používají pro svou funkci dopravní pás vyrobený nejčastěji z PVC nebo PU. Mezi známé výrobce dopravních pásů patří firma Ammeraal Beltech a Habasit. K pohonu PD se nejčastěji používá převodový motor, ovšem v některých případech i bubny s integrovaným motorem podobně jako u válečkových tratí. Na obr. 32 jsou zobrazeny konstrukční varianty poháněcích smyček PD a jsou popsány jednotlivé bubny, resp. válečky.

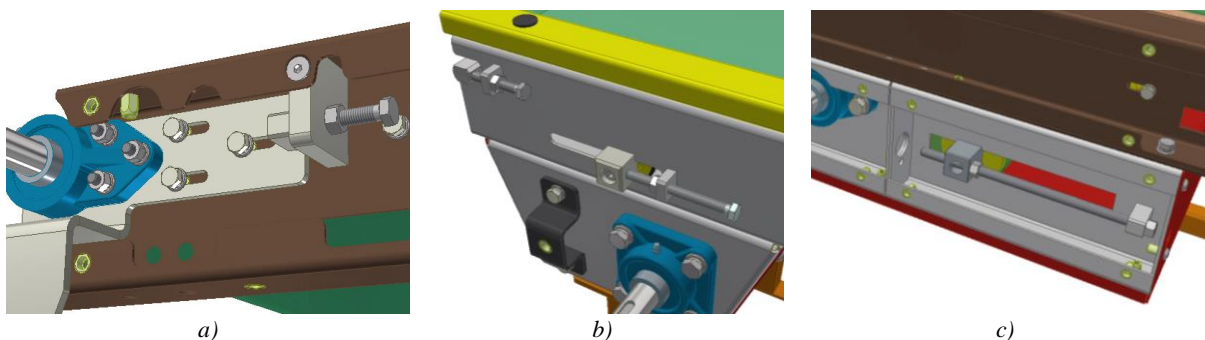


Obr. 32 Konstrukční řešení poháněcích smyček PD s popisem funkce jednotlivých válečků:

a) bez poháněcí smyčky, b) poháněcí smyčka na kraji PD, c) poháněcí smyčka uprostřed PD. [3]
(1 – hnací bubne², 2 – vratný bubne³, 3 – vodící váleček⁴, 4 – převáděcí bubne⁵, 5 – napínací bubne⁶)

Bubne patří mezi základní konstrukční prvky pásového dopravníku. Většinou se používají s rovným nebo mírně klenutým (tzv. bombírovaným) povrchem. Klenutý tvar zabezpečuje, aby dopravní pás nesjížděl z bubny. Sjíždění pásu může mít ale i více důvodů, jako například nesprávné spojení pásu, nepřesná výroba či montáž bubny, nebo nerovnoměrné zatížení. V takovém případě se vybočování pásu zamezí mírným vyosením některých válečků, a to ručně nebo mechanismem řízeným automaticky. Bubny mohou být lité, nejčastěji však svařované. [6]

Na obr. 33 jsou zobrazeny příklady napínání bubny šroubem. Tento způsob napínání je spíše vhodný pro krátké dopravníky, nebo pro oblast kusové přepravy s malým zatížením.



Obr. 33 Konstrukční řešení napínání dopravního pásu pomocí šroubu:

a) bez poháněcí smyčky, b) poháněcí smyčka na kraji PD, c) poháněcí smyčka uprostřed PD. [3]

² bubne měnící kroutící moment pohonu na tažnou sílu, kterou přenáší na dopravní pás. [1]

³ bubne umístěný ve vratné části dopravníku, který způsobuje změnu smyslu pohybu dopravního pásu. [1]

⁴ váleček, který usměrňuje chod pásu. [1]

⁵ bubne používaný pro změnu směru pohybu dopravního pásu, popř. zvětšení úhlu opásání. [1]

⁶ bubne přenášející napínací sílu na dopravní pás. [1]



a)

b)

Obr. 34 Pásový dopravník šikmý:
a) poháněný převodovým motorem, b) poháněný motorovým bubnem (Interroll Drum). [3]

Podobně jako u válečkových tratí existují i pásové oblouky a slučovače. Jejich konstrukce je oproti přímým verzím mírně odlišná, resp. složitější.

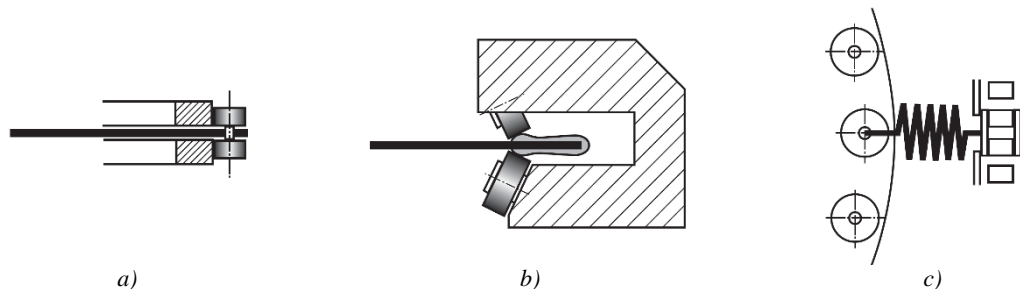


Obr. 35 Pásový oblouk. [18]



Obr. 36 PD merge. [19]

U pásových zataček vznikají vzhledem k povaze zakřiveného pásu silné příčné síly, směřující do středu křivosti oblouku, které způsobují vybočování dopravního pásu z bubnů. Firmy vyrábějící dopravní zařízení řeší tento problém vedením pásu po vnějším poloměru oblouku, a to nejčastěji způsoby vyznačenými na obr. 37. [20]



a)

b)

c)

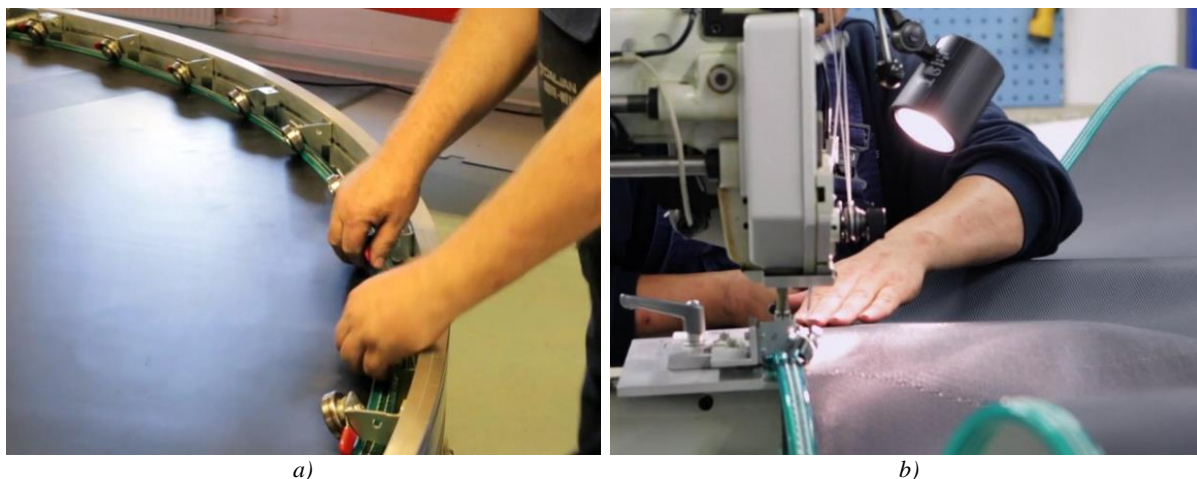
Obr. 37 Způsoby uchycení pásu oblouku:
a) pás osazen rolnami opírající se o vedení, b) profilovaný plastový lem pásu sevřený rolnami, c) přichycení pásu k řetězu. [20]

U varianty na obr. 37a jsou příčné síly jsou kompenzovány dvojicemi roln, namontovanými na obou stranách vnějšího kraje pásu, odvalujícími se po zakřiveném vedení. Tato metoda vyžaduje vysokou přesnost výroby pásu (s přesně umístěnými otvory pro rolny) a rámu. [20]



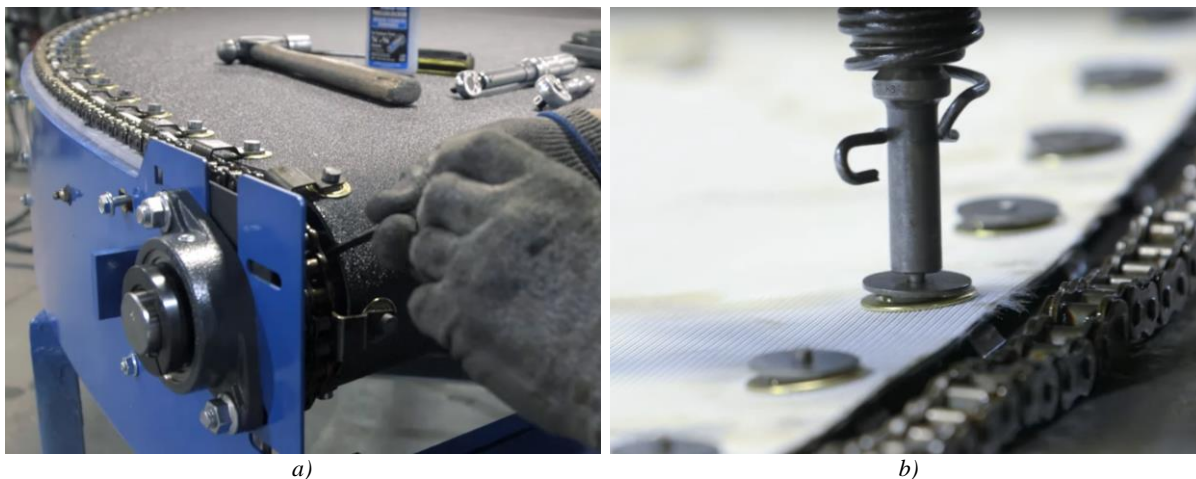
Obr. 38 Pásový oblouk od firmy Cermac. [21]

Na obr. 37b je ke kraji pásu přišit nebo přivařen plastový lem, sevřený proti sobě umístěnými rolnami, mezi kterými se odvaluje. Tento způsob vyžaduje přesné upevnění lemu. Za zmínku stojí říct, že na rozdíl od vysokých výrobních nákladů jsou vyšší i provozní energetické ztráty, způsobené odporem vzniklým při ohýbání plastového lemu. Výhodou tohoto provedení je tichý chod a jednoduchá výměna pásu. [20] Tento způsob používá firma Transnorm a Caljan.



a) b)
Obr. 39 Uchycení pásu sevřením rolnami:
a) montáž dopravního pásu, b) šití lemu k pásu. [22]

Firma Interroll používá u svých zatáček způsob na obr. 37c. Řetěz, jehož unášecí prvky (kovové svorky, případně pružiny) jsou připevněny nýty ke kraji pásu, se pohybuje ve směru dopravy v kluzném vedení. Hnací i vratný buben (osazený řetězovým kolem viz obr. 41) je kuželového tvaru stejně jako u válečkových oblouků. U této varianty je nepravděpodobné, že by malé nepřesnosti způsobovali problémy. Jelikož pohon dopravníku probíhá tvarovým stykem (řetězovým převodem) nikoliv třecím, umožňuje tak nízké předpětí pásu na bubnech. V závislosti na přesnosti a opotřebenosti jednotlivých prvků, může být nevýhodou o něco vyšší hlučnost. [20]

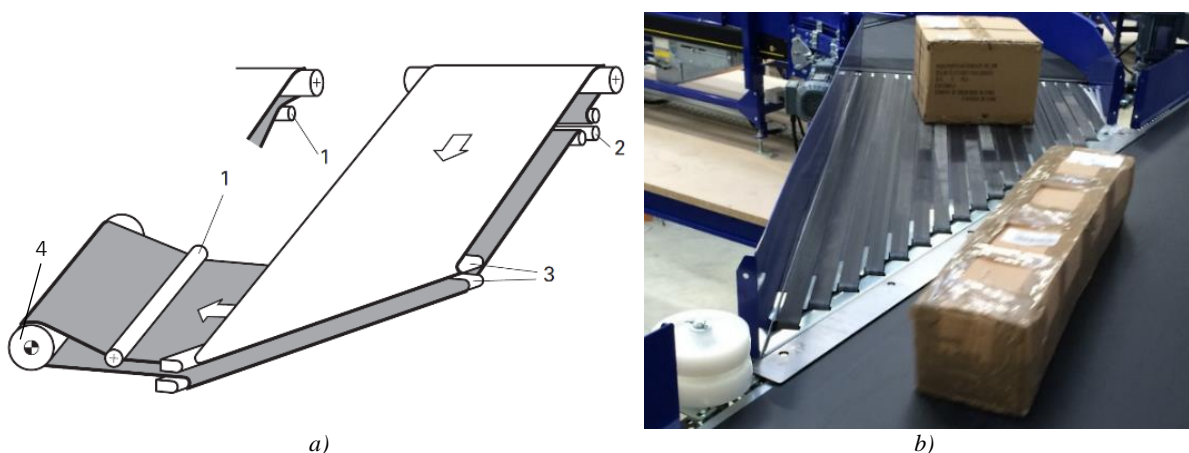


Obr. 40 Uchycení dopravního pásu řetězem:
a) montáž dopravního pásu, b) spojení pásu a řetězu nýtováním. [23]



Obr. 41 Navlečení řetězového kola na kuželový buben pásového oblouku. [23]

U slučovače existují konstrukční varianty jak s jedním pásem, tak s několika pásy umístěnými paralelně vedle sebe. U první zmíněné varianty je dopravní pás veden přes zkosenou příď na převáděcí váleček směřující rovnoběžně se směrem dopravy (obr. 42). Druhá varianta funguje na stejném principu jako běžné přímé pásové dopravníky, přičemž kvůli své jednoduchosti je v praxi rozšířenější.



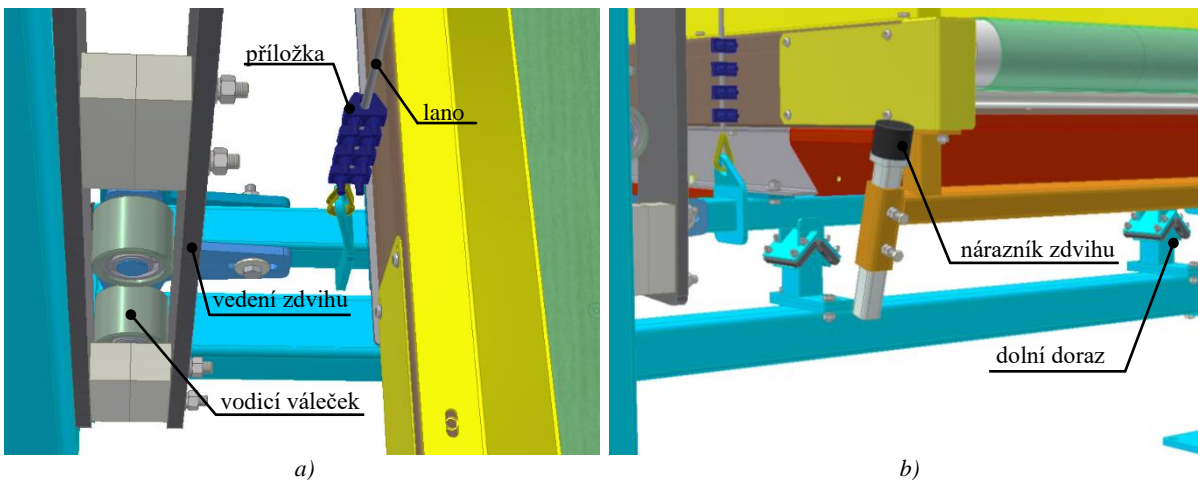
Obr. 42 Pásový dopravník – úhlové napojení (merge):
a) s jedním pásem [20], b) s více pásy vedle sebe [3].
(1 – vodící váleček, 2 – přídavný převáděcí váleček, 3 – pevně uložené čelo, 4 – hnací váleček)

Na obr. 43 je zvedací PD používaný pro dopravu balíků do různých výškových hladin. Zdvih dopravníku se provádí stacionárním řetězovým kladkostrojem od značky ABUS.

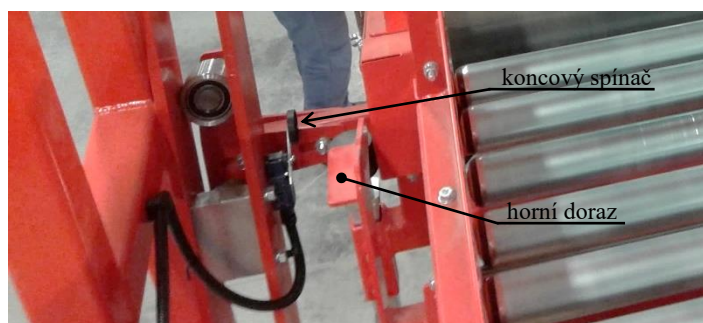


Obr. 43 Pásový dopravník zvedací: a) pohled ve směru dopravy, b) pohled z boku. [3]

Příčné vybočení při zdvihu je zamezeno vodicími válečky odvalujícími se ve vedení. Poloha těžiště PD je v příčném směru ovlivněna vlastní hmotností motoru. To je kompenzováno závažím na protější straně pod dopravníkem viz obr. 43b. Na obr. 45 lze rozpoznat koncový spínač s nárazníkem zajišťující požadovanou výšku zdvihu.



Obr. 44 Detailní pohled na konstrukční prvky zvedacího pásového dopravníku: a) pohled na vedení zdvihu, b) pohled na dolní doraz. [3]



Obr. 45 Pohled na koncový spínač a horní doraz zvedacího PD. [3]

Zařízením, speciálně určeným pro nakládku a vykládku zboží z kamionu, je teleskopický pásový (existuje i ve variantě s válečky) dopravník od firmy Caljan, která se právě na tyto zařízení specializuje.



Obr. 46 Teleskopický pásový dopravník firmy Caljan: a) výškově stavitelný, b) umístěný na pevných stojanech. [3]

Firma ve svém sortimentu nabízí různé provedení těchto dopravníků a jejich cena se odvíjí od stupni výbavy, délce vyložení (až 21 metrů), maximální nosnosti (až 100 kg/m), pracovní šířce apod. Na přídí se nachází osvětlení a ovládací panel dopravníku. Zařízení může být vybaveno například obslužnou plošinou nebo sklápěcí přídí.



Obr. 47 Příslušenství teleskopického dopravníku: a) plošina, b) sklápěcí přídí. [24]

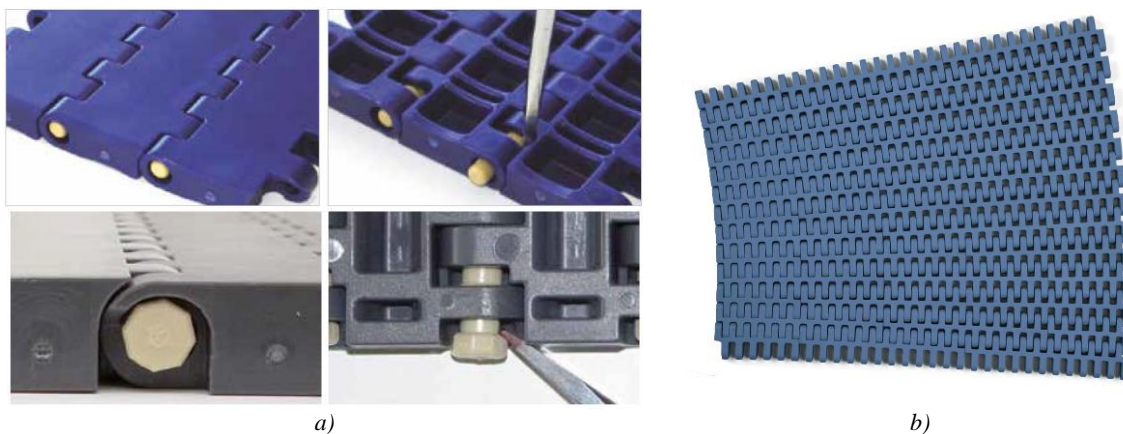
Na přídí dopravníku je umístěn optický snímač, který v případě přerušení paprsku vypne pohon.



Obr. 48 Pohled na ovládací panel teleskopického pásového dopravníku. [24]

1.2.2 Pásové dopravníky s modulárním pásem

Modulární pás je pás skládající se z plastových modulů, které jsou k sobě navzájem spojeny plastovými čepi. Pásové dopravníky s modulárním pásem, často nazývané jako modulární dopravníky, jsou používány především k dopravě uvnitř výrobních závodů (nejčastěji potravinářský průmysl), kde je zapotřebí dopravních pásů různých tvarů, zvýšené odolnosti vůči vyšším teplotám a mechanickému poškození anebo prodyšnosti pásu. Modulární pásy se vyznačují vysokou životností (při jeho poškození se mění jen jeho poškozené moduly) a velkou variabilitou provedení. Jsou vyráběny z různých materiálů tak, aby jejich chemická odolnost odpovídala potřebám prostředí, ve kterém mají pracovat. Systém modulů je propracován do sebemenších detailů. Dovoluje pás upravit dle vlastních potřeb přidáním různých prvků jako například unášecí profily, boční vedení atp.



Obr. 49 Modulární pásy firmy Habasit:
a) rozpojení pásu vysunutím čepu, b) flexibilní pás. [25]

Modulární pásy existují i ve flexibilní variantě, umožňující vést dopravní dráhu po křivce. Doprava předmětů do výrazných výškových hladin se řeší pohybem pásu po šroubovici. Minimální poloměry oblouků jsou dány samotnou konstrukcí pásu a pohybují se standardně od 600 mm. Je nutné si uvědomit, že příliš velké napínání modulárního pásu může vést k jeho poškození. K jeho pohonu se proto využívá tvarový styk, na rozdíl od klasických pásových dopravníků, kde se využívá třecí síla mezi hnacím bubnem a pásem (od předpětí pásu).



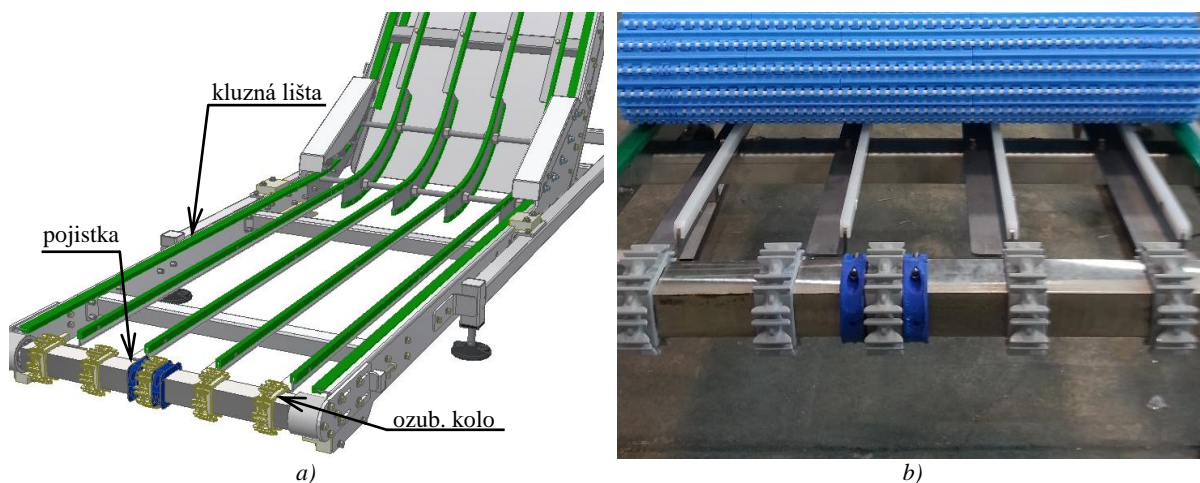
Obr. 50 Modulární dopravník:
a) s flexibilním pásem, b) s pevným pásem. [3]

Na obr. 51 je šikmý konvexní modulární dopravník, určený pro potravinářský průmysl. Pro přepravu vzhůru je použit destičkový pás s unášecím profilem, který je při přechodu do šikmé části veden a přitlačován kladkami.



Obr. 51 Šikmý konvexní modulární dopravník. [3]

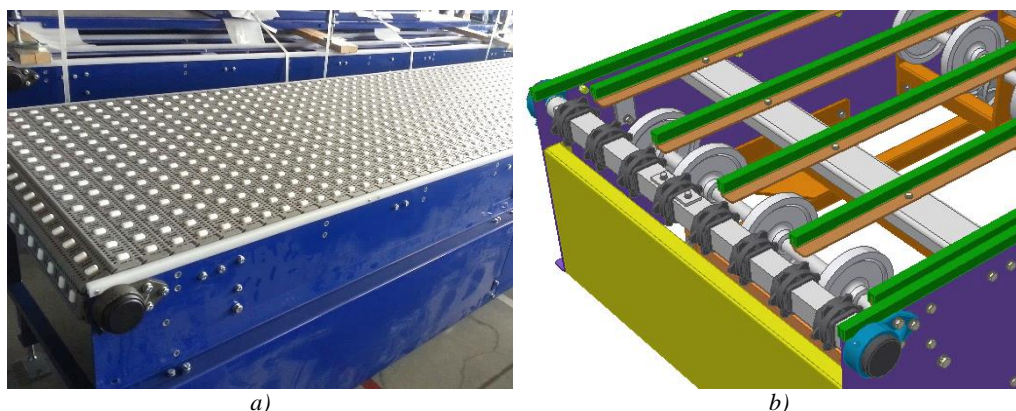
Pás je na všech styčných plochách podepřen silonovými kluznými lištami, které jsou ke konstrukci přinýtovány. Pohon modulárního pásu je v koncové části dopravníku. Vratná i hnací hřídel je tyč čtvercového průřezu (rozměr 40 mm) s navlečenými ozubenými koly, které jsou zajištěny proti posunutí (zpravidla pouze jedno kolo) pojistnými kroužky (obr. 52b) případně šroubem s podložkou (obr. 53b). Díky tomuto zajištění zůstává dopravní pás ve stále stejné poloze. Ozubená kola a pojistné kroužky jsou k dostání jako příslušenství přímo výrobcem pásu.



Obr. 52 Konstrukční prvky šikmého konvexního modulárního dopravníku:
a) kluzné vedení pásu (zelená), b) pohled na ozubená kola a spodní stranu pásu. [3]

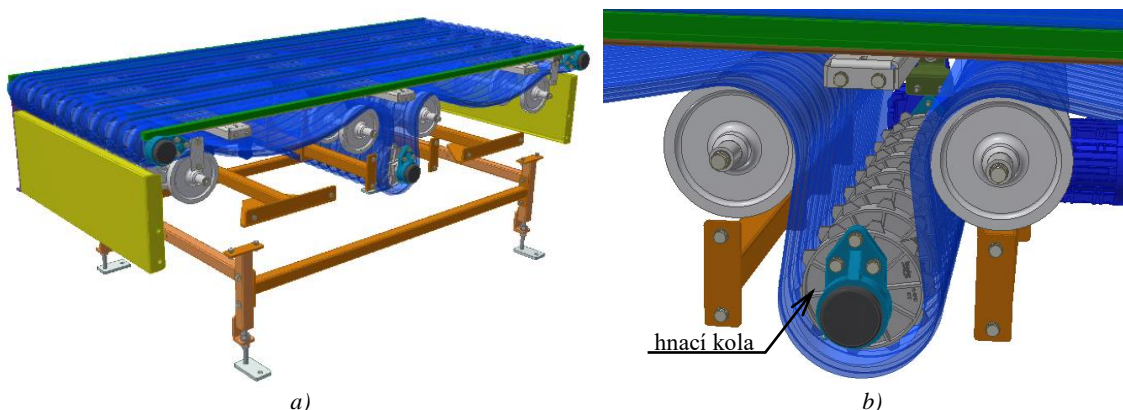
V potravinářském a chemickém průmyslu, uvnitř výrobního závodu, je často požadováno, aby byly dopravníky omývateľné. Z tohoto důvodu bývá jejich konstrukce včetně spojovacího materiálu vyrobená z korozi vzdorné oceli.

Na obr. 53 je modulární dopravník s válečkovým pásem. Tento pás je vhodný zejména na pracovišti, kde se ručním postrkem přesouvá zboží na sousední trať (jako na obr. 50b).



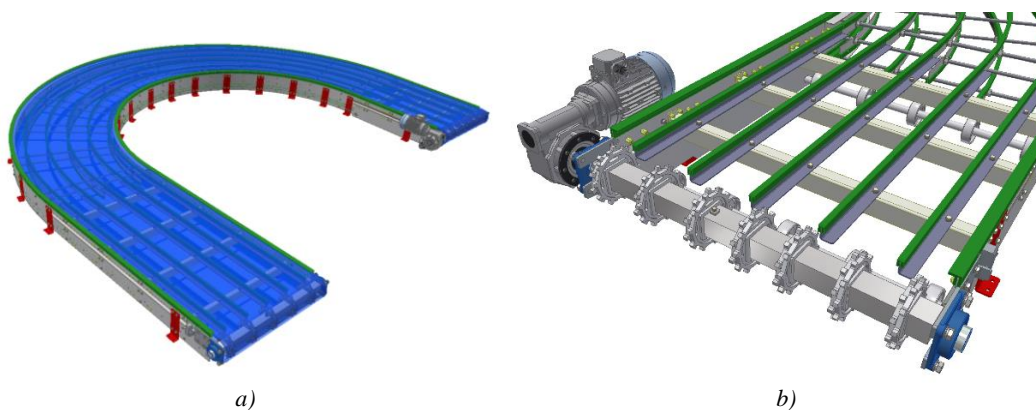
Obr. 53 Modulární dopravník s válečkovým pásem: a) pohled na pás, b) pohled na kluzné lišty. [3]

Pás (od firmy Intralox) je ve vratné větvi podepřen plastovými koly. Uvnitř pásu jsou malé díry obdélníkového tvaru, které jsou určeny k vniknutí zubů ozubených kol. Vratné i hnací hřídele jsou stejných tvarů jako v předchozím případě (ostatně jako u všech modulárních dopravníků).



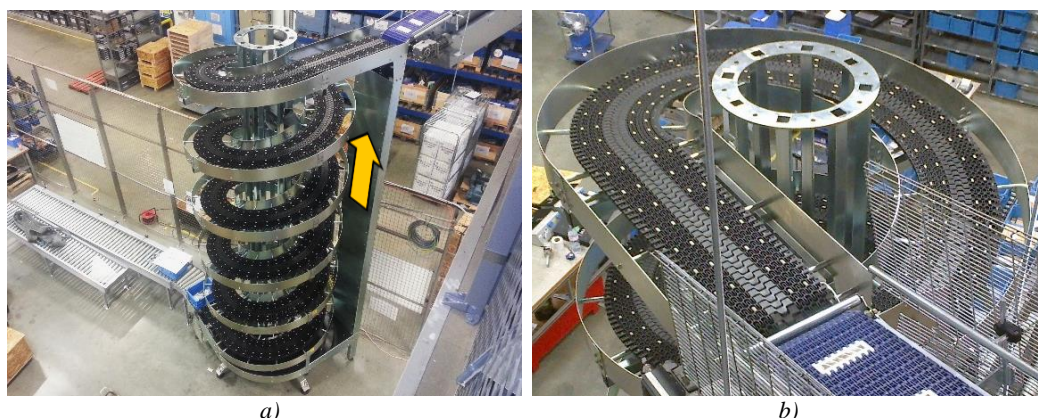
Obr. 54 Pohled na vedení pásu modulárního dopravníku ve vratné větvi:
a) pás podepřen koly, b) pohled na hnací hřídel s ozubenými koly. [3]

Mezi přímým úsekem a obloukem není v konstrukci dopravníku velkých rozdílů (kromě použitého pásu – u oblouku musí být pás s boční flexibilitou (viz obr. 49b).



Obr. 55 Modulární oblouk: a) pohled na zařízení, b) pohled na hnací hřídel. [3]

Flexibilitu modulárních pásů lze dále využít při dopravě předmětů po spirále jako na obrázku níže. Mezi výrobce těchto spirál patří nizozemská firma Jonge Poerink.



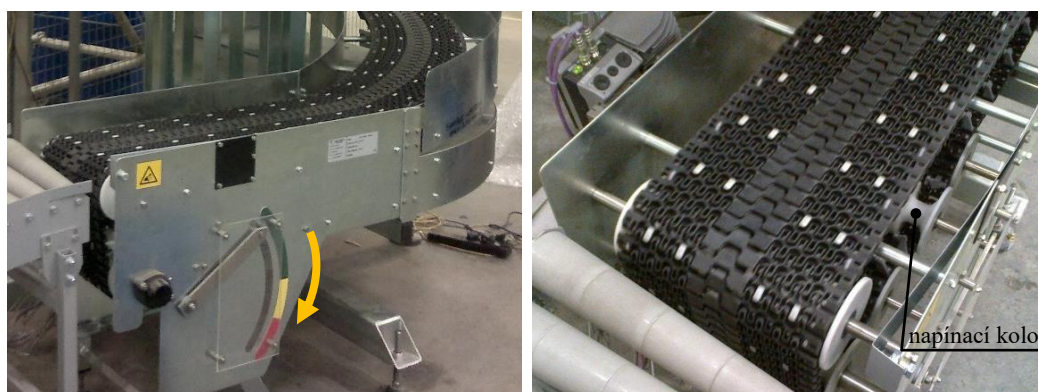
Obr. 56 Spirála modulárního dopravníku (šipka ukazuje směr pohybu pásu ve vratné větvi):
a) pohled na celé zařízení, b) vstup spirály. [3]

Dopravní pás, smýkající se po kluzných lištách, má během provozu tendenci se posunovat do středu křivosti spirály, respektive se nadzdvíhat. Tyto nežádoucí pohyby pásu jsou zamezeny rolnami odvalujícími se po boční (vnější) straně prostřední vodící lišty, respektive zespedu krajních lišt plnící funkci kolejnice.



Obr. 57 Modulární pás spirály: a) spodní strana pásu, b) vedení pásu. [3]

Pás se během své životnosti natahuje, a proto je opatřen pneumatickým napínacím zařízením.



Obr. 58 Automatické napínání pásu (šipka ukazuje směr napínání). [3]

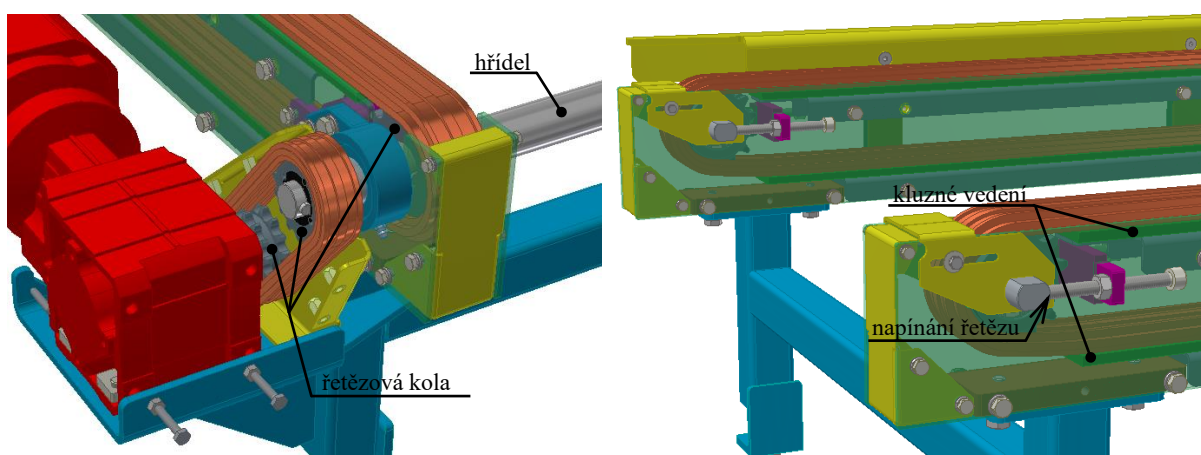
1.3 Řetězové dopravníky

Řetězové dopravníky (zkr. ŘD), nazývané i jako článkové dopravníky, jsou zařízení jejichž tažným prostředkem může být jeden, dva nebo i více uzavřených paralelních řetězů, které obíhají kolem koncových řetězových kol. Řetěz je nejčastěji vedený kluzně (případně valivě soustavou podpěrných kladek) v nosných rámech konstrukce a přenáší tahové síly způsobené pohybovými odpory. Nosnou funkci plní články řetězu. Používají se na přepravu sypkých i kusových materiálů. V kusové dopravě nacházejí uplatnění především při přepravě palet, beden apod. Palety či technologické podložky s dopravovaným břemenem mohou ležet přímo na řetězech nebo na příčkách pevně spojených s unašeči řetězu. Dopravníky mohou přepravovat materiál ve vodorovné, šikmé, případně svislé rovině. Výhodou těchto dopravníků je jednoduchá konstrukce a možnost přepravy horkých (např. svařky) a abrazivních materiálů. Nevýhodou je nižší rychlost, vyšší hlučnost a energetická náročnost (z důvodu vyšších odporů proti pohybu). [12] [6] [4]



Obr. 59 Řetězový dopravník. [3]

Pohon paralelně umístěných řetězů se provádí převodovým motorem pohánějící hřídel, na které jsou umístěná hnací řetězová kola jednotlivých smyček. Řetězy (zpravidla víceřadé) se pohybují v kluzném vedení.



Obr. 60 Pohled na konstrukční prvky řetězového dopravníku. [3]

1.4 Karuselový dopravník

Karuselové dopravníky (karusely) jsou zařízení, sloužící k přepravě materiálu po dráze ve tvaru uzavřené smyčky. Nejčastěji se s nimi můžeme setkat na letištích, kde se používají pro dopravování zavazadel do haly. Na obr. 61 je karusel firmy LOGSYS.

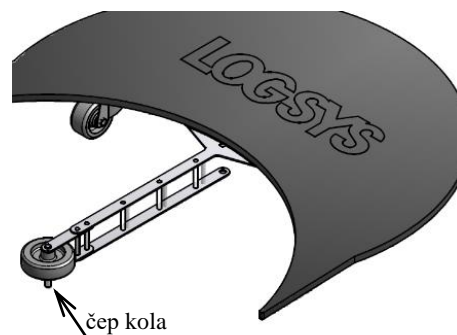


Obr. 61 Deskový karusel pro odbavení zavazadel:
a) pohled na celé zařízení, b) pohled na kolečka segmentů. [3]

Skládá se ze segmentů – desek pohybujících se na kolečkách, které jsou valivě vedeny mezi ližinami rámu. Všechny segmenty jsou k sobě spojeny (čepem) v jednu souvislou řadu.

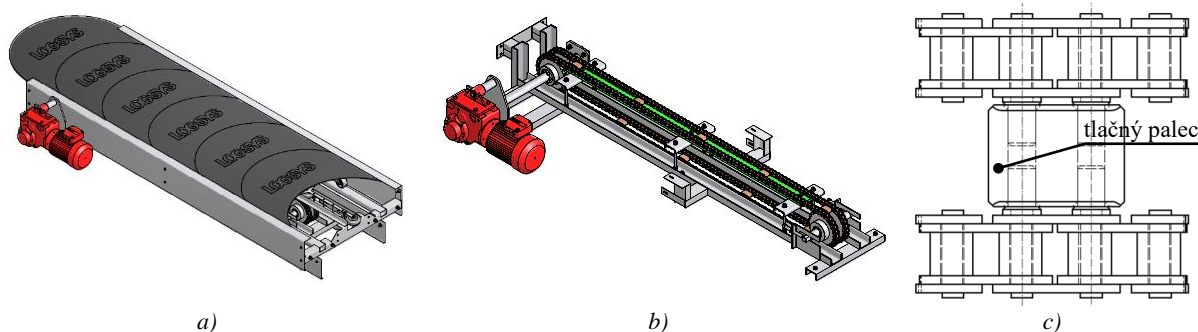


Obr. 62 Rám oblouku karuselu. [3]

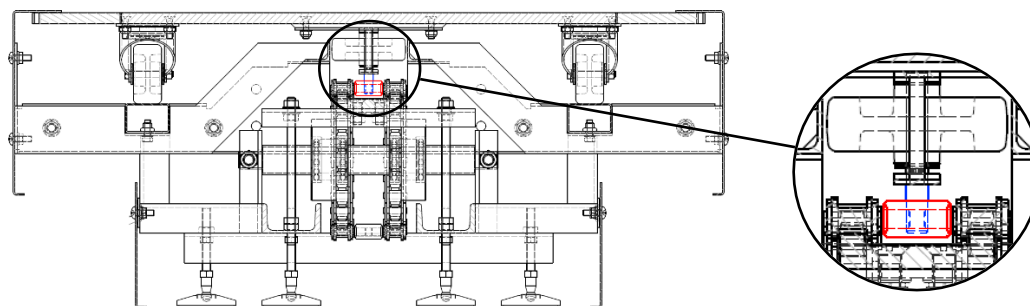


Obr. 63 Segment karuselu. [3]

Karusel je poháněn stanicí – řetězovým dopravníkem, jehož řetězy jsou k sobě spojeny unašeči (tlačnými palci viz obr. 64c). Palce se zachytí o čepy kol a tím jsou segmenty tlačeny dopředu jako na obr. 65. Počet hnacích stanic závisí na délce karuselu (resp. zatížení).



Obr. 64 Hnací stanice karuselu s řetězovým pohonem:
a) zakrytována, b) řetězový dopravník, c) detail řetězu. [3]



Obr. 65 Řez hnací stanici karuselu. [3]

Karusely se většinou vyskytují v provedení s rovnými segmenty (jako na předchozích obrázcích), anebo s překládanými pásy (viz níže). Fungují však vždy na podobném principu. Na obr. 66 je karusel využívající třecího pohonu – tažný řetěz karuselu je z obou stran sevřený řemenem, který je k řetězu přitlačován řemenicemi.

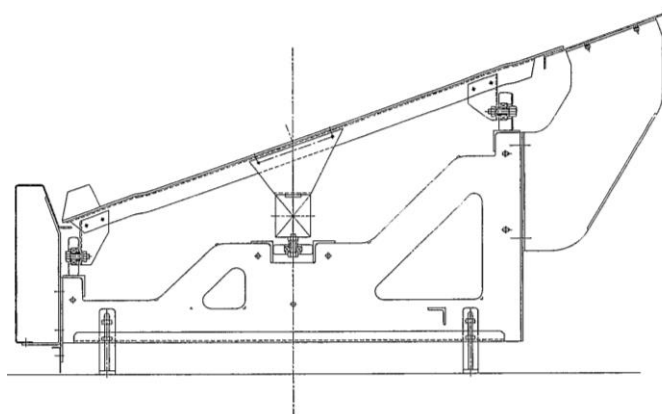


a)

b)

Obr. 66 Karusel s třecím pohonem:
a) pohled na odkrytý karusel, b) hnací stanice. [26]

Karusely mohou být vodorovné i nakloněné. V případě nakloněného karuselu se konstrukce nijak významně neliší. Z funkčního hlediska je na segmentu u níže položené hrany umístěn doraz sloužící k tomu, aby zavazadlo zůstalo bezpečně na pohybujících se segmentech.



Obr. 67 Schéma nakloněného karuselu. [27]

1.5 Třídící zařízení

Třídící zařízení (tzv. sortery) jsou zařízení, určené k přemísťování dopravovaného materiálu v případě potřeby na jinou trať, za účelem přepravit ho do požadované cílové destinace. Lze je rozdělit dle průchodnosti do tří skupin – nízká (přesuvny, shrnovače, tlačky, otočné stoly), střední (kolečkové třídiče) a vysoká (botičkové, pásové a sklápěcí třídiče). [28]

Tab. 2 Rozdělení třídících zařízení dle průchodnosti. [28]

Průchodnost sorteru	Počet roztříděných kusů za minutu (PPM)
Nízká	do 20
Střední	20 až 60
Vysoká	60 a víc

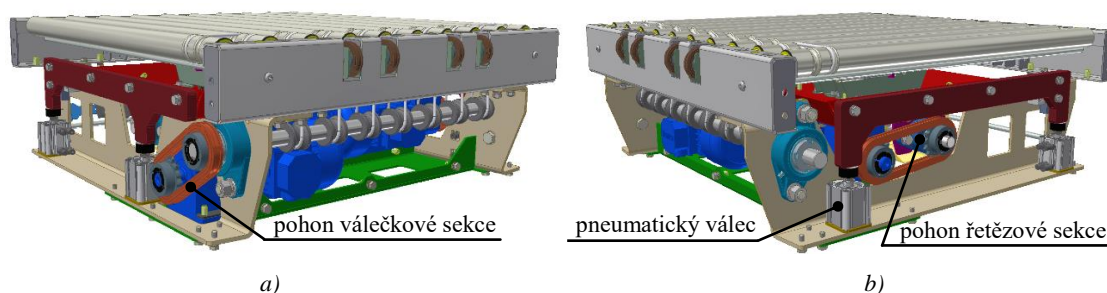
1.5.1 Přesuvna

Jedná se o 2 dopravníky tvořící jeden konstrukční celek, jejichž dopravní směry jsou na sebe kolmé. V praxi je to nejčastěji kombinace válečkové tratě a řetězového (případně řemenového) dopravníku. Používá se pro přemístění materiálu na vedlejší trať směřující rovnoběžně nebo kolmo na trať původní.



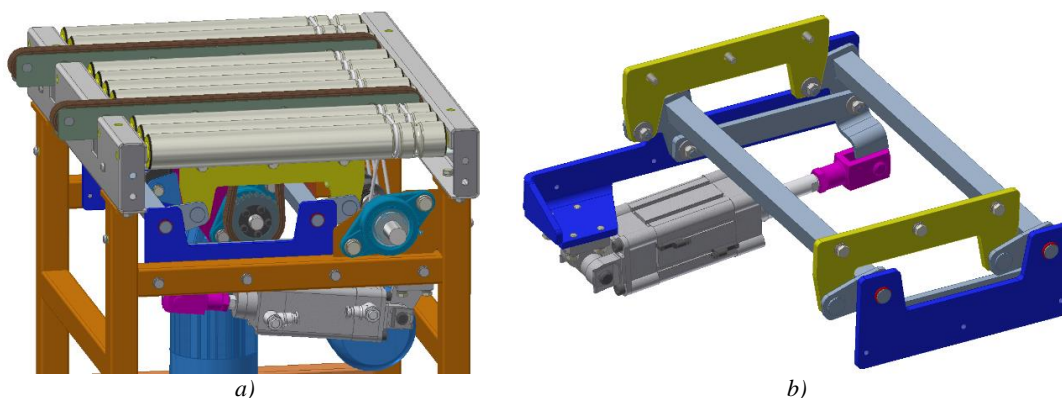
Obr. 68 Přesuvna: a) přesunutí řetězem, b) přesunutí řemenem. [3]

Materiál přijíždí po válečcích na přesuvnu, kde se nadzdvihne společně s řetězovým (resp. řemenovým) dopravníkem přesuvny a pomocí něj přemístí na vedlejší trať. Poté je materiál spuštěn zpět na válečky a jimi přepravován dál. Zdvih se nejčastěji provádí pneumatickými válci (nutná přítomnost zásobníku stlačeného vzduchu), případně elektromotory (klikovým mechanismem). Na obr. 69 lze vidět pohony válečkové (typ driveshaft) a řetězové sekce přesuvny, a také systém zdvihu.



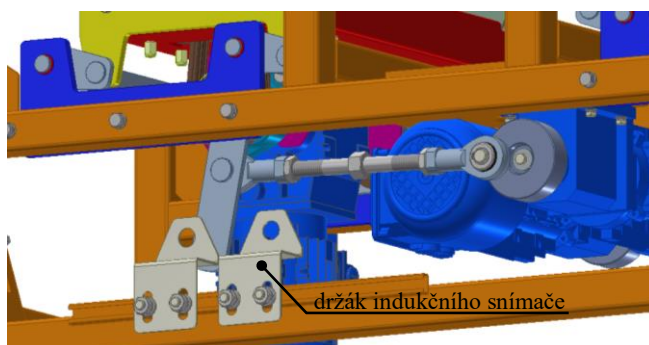
Obr. 69 Pohled na přesuvnu z obou stran: a) pohon válečků, b) pohon řetězů. [3]

Na předchozím obrázku je zdvih řetězového dopravníku řešen čtyřmi pneumatickými válci (dva na každé straně). Lze ovšem použít i jeden válec.



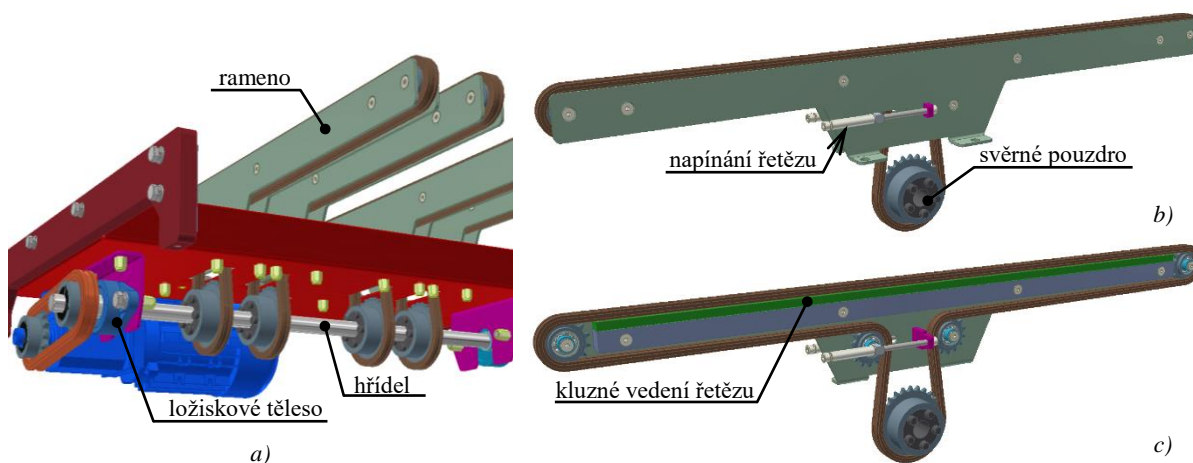
Obr. 70 Přesuvna s kývavým zdvihem:
a) přesuvna, b) mechanismus zdvihu. [3]

Další způsob zdvihu je na obr. 71, využívající převodového motoru a klikového mechanismu. Výška zdvihu je vymezena indukčními snímači.



Obr. 71 Zdvih přesuvny převodovým motorem s klikovým mechanismem. [3]

Ramena řetězové sekce jsou poháněna řetězovými koly, uloženými svěrnými pouzdry (tzv. taper lock) na společné hřídeli, kterou pohání převodový motor.

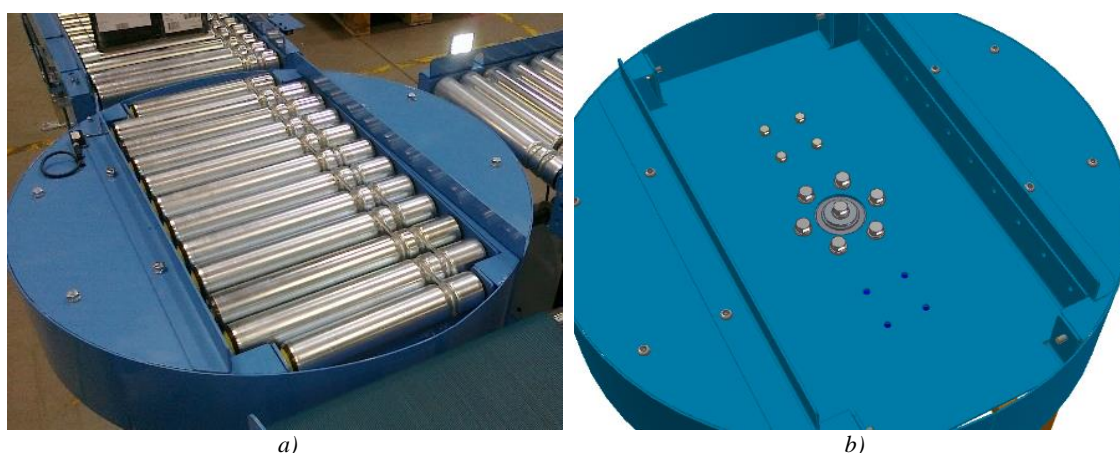


Obr. 72 Konstrukční prvky řetězové sekce přesuvny:
a) řetězová sekce, b) rameno řetězové sekce, c) řetězová smyčka ramene. [3]

1.5.2 Otočný stůl

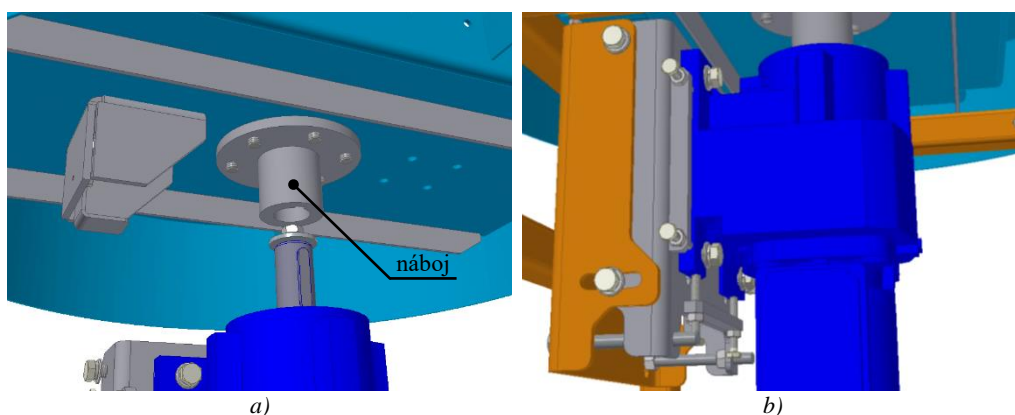
Otočný stůl, též nazývaný jako točna, je zařízení sloužící ke změně směru dopravy materiálu, přičemž se zachovává jeho původní orientace (na rozdíl od přesuvny). Otočné stoly mají obecně menší průchodnost než přesuvny. Hlavní částí točny je rám a otočný dopravník (válečkový, řetězový, řemenový, pasový atd.), který může být otáčen mnoha způsoby.

Na obr. 73 je válečková točna, jejíž dopravní válečky jsou poháněny motorickým válečkem Rollerdrive. Otáčení zajišťuje převodový motor, jehož hřídel je spojena těsným perem s nábojem přišroubovaným v točně. Je tedy zatěžována tíhou dopravníku a přepravovaného předmětu. Tento způsob je vhodný spíše pro přepravu lehkých předmětů, z důvodu ohybového namáhání hřídele a axiálního zatížení ložisek pohonu. Častěji bývá točna položena na kolečkách jako na obr. 78. V tomto případě pak síla od tíhy točny a materiálu působí na kolečka.



Obr. 73 Válečková točna: a) zařízení v lince, b) točna bez válečků. [3]

Důležité je upevnění motoru tak, aby byla točna v jedné rovině s podlahou. To je řešeno stavěcími šrouby (na obr. 74b). Koncové polohy točny jsou vymezeny indukčními snímači a pryžovými nárazníky.



Obr. 74 Pohled na točnu z vnitřní strany:
a) spojení točny s pohonem, b) upevnění motoru. [3]

Zajímavý způsob pohonu otoče je na obr. 75, využívající třecí kolo odvalující se po rámu kruhového tvaru. Vedle je pohon řetězovým převodem.

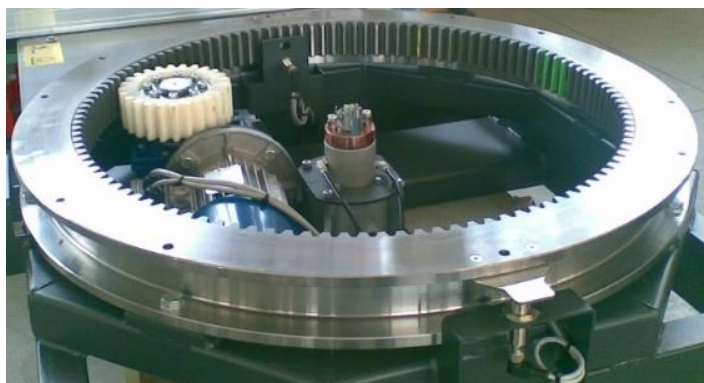


Obr. 75 Třecí pohon otoče. [29]



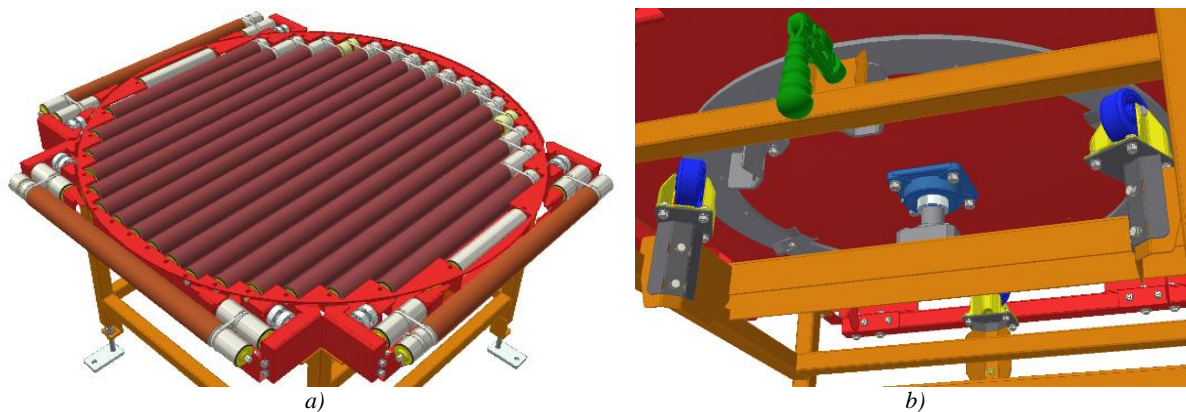
Obr. 76 Řetězový pohon otoče. [30]

U přepravy těžkých předmětů se otoč pohání záběrem pastorku po ozubeném věnci, anebo se používají otočné jednotky skládající se z ložiska, ozubeného věnce a pastorku tvořící jeden celek. Mezi výrobce těchto jednotek patří firma IMO.



Obr. 77 Pohon otoče ozubeným převodem. [31]

Příklad ručního otáčení je na obr. 78. Točna, v jejímž středu se nachází ložisko, je uložena na hřídeli (tvořena trubkou jejímž středem prochází kabeláž k pohonu válečků) a odvaluje se po kolečkách umístěných v rámu. Aretace je řešena upínkou s trnem.



Obr. 78 Válečková točna s ručním pohonem otáčení:
a) pohled na zařízení, b) pohled na otáčecí mechanismus. [3]

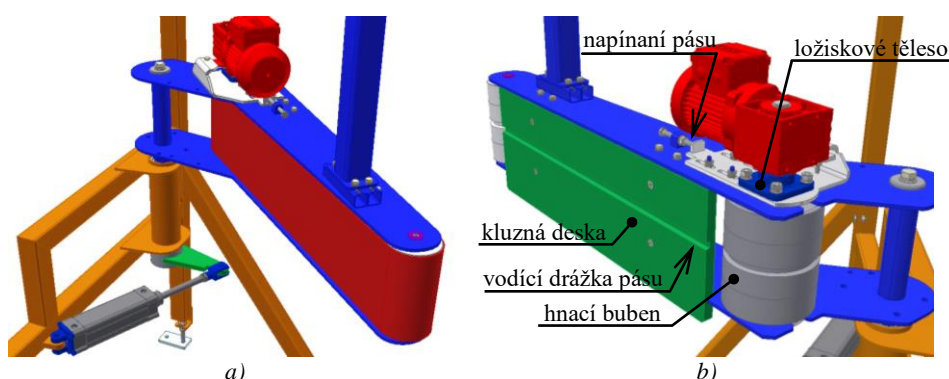
1.5.3 Výklopný shrnovač

Slouží k přeměření materiálu na vedlejší trať. Aby byl zajištěn spolehlivý přesun, používají se k tomuto účelu pásové dopravníky. Vyklopení dopravníku může být řešeno pohonem (obr. 79a) anebo ručně (obr. 79b).



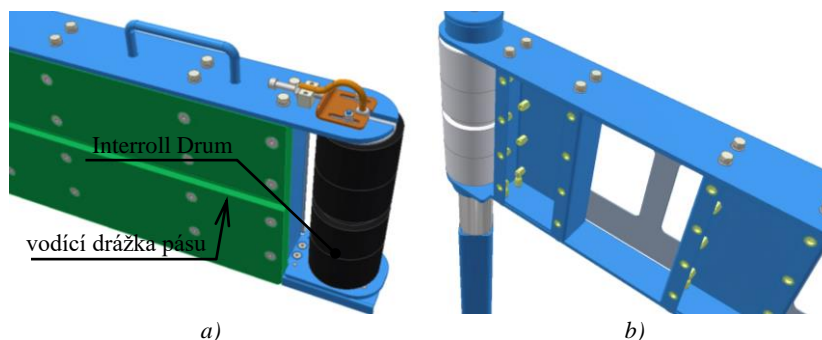
Obr. 79 Výklopný pásový shrnovač:
a) pohon převodovým motorem, b) pohon válečkem Interroll Drum. [3]

Na obr. 79a se shrnovač vyklápí pneumatickým válcem. Síla od vlastní hmotnosti shrnovače je zachycována v horním rámu odvalující se rolnou. Vybočování dopravního pásu je zamezeno vodicím profilem umístěným na vnitřní straně pásu, který se pohybuje v drážce kluzné desky a obou bubnech.



Obr. 80 Konstrukční prvky výklopného pásového shrnovače:
a) pohled na pneumatický pohon vyklápění, b) konstrukční prvky shrnovače. [3]

Na obr. 81 je pásový dopravník shrnovače poháněn motorickým válečkem Interroll Drum.



Obr. 81 Konstrukční prvky pásového shrnovače s pohonem Interroll Drum:
a) pohled na kluznou desku a Interroll Drum, b) rám PD. [3]

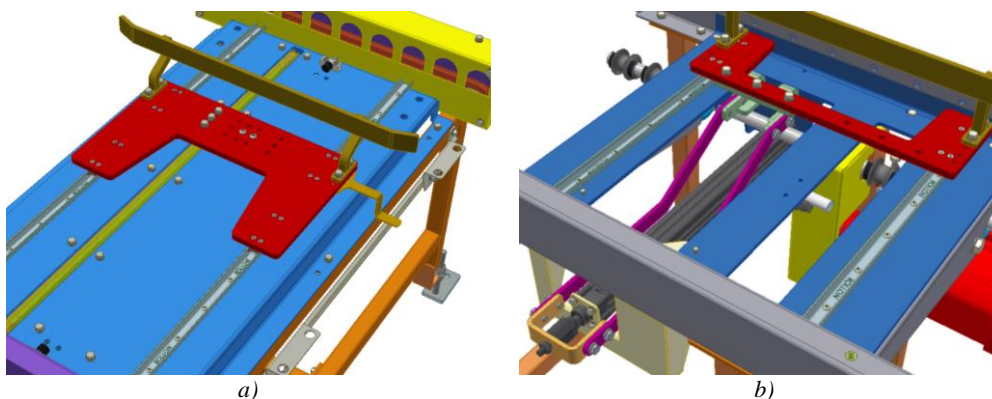
1.5.4 Tlačka

Tlačka, posunovač nebo tzv. pusher je zařízení sloužící k přesunutí materiálu na vedlejší trať. Na rozdíl od přesuvny, kde se předmět pohybuje na tažném elementu, je pohyb způsoben zarážkou tlačící na bok předmětu. Ten se pak na vedlejší trať pohybuje smykem. Výhoda tlaček spočívá v jednoduché konstrukci. Nevýhodou může být to, že předmět při vytrídění utrpí náraz.



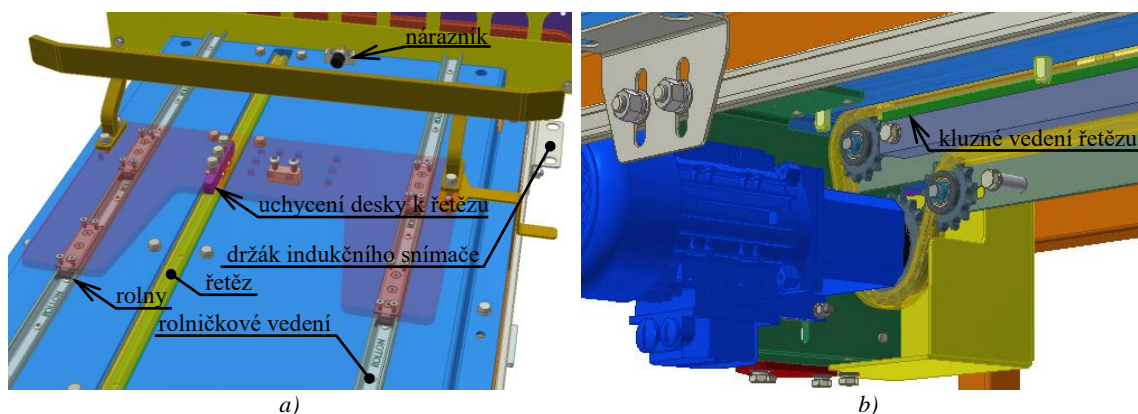
Obr. 82 Tlačka: a) na válečkové trati [3], b) na pásovém dopravníku. [32]

Na obr. 83 jsou dvě tlačky, z nichž jedna je poháněna řetězem a druhá pneumatickým válcem.



Obr. 83 Tlačka poháněná: a) řetězem, b) pneumatickým válcem. [3]

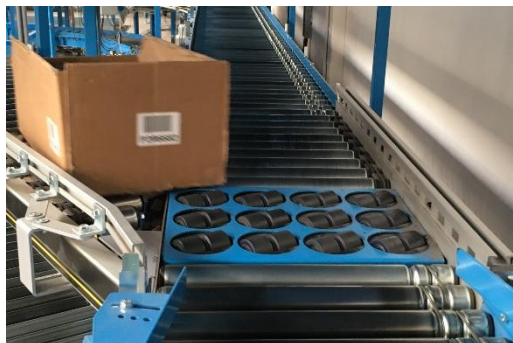
Deska, na které je připevněna tlačící zarážka, se pohybuje v rolničkovém vedení (výrobce Rollon) a je poháněna řetězem. Koncové polohy jsou zajištěny indukčními snímači – u pneumatického válce je pozice pístu snímána přes stěnu válce.



Obr. 84 Konstrukční prvky tlačky poháněné řetězem: a) vedení tlačky, b) pohon řetězu. [3]

1.5.5 Kolečkový třídič

Kolečkový třídič (angl. Pop-up sorter nebo Wheel sorter) slouží k odvádění kusového materiálu s rovným dnem v různých úhlech doprava nebo doleva. K třídění se využívají různé typy poháněných kladek, válečků nebo koleček, které se vychylují do požadovaného směru.



Obr. 85 Kolečkový třídič v lince. [3]



Obr. 86 Kolečkový třídič od firmy Interroll. [3]

Na obr. 86 je kolečkový třídič od firmy Interroll. Kladky jsou poháněny kruhovými řemínky z válečku, který je připevněný na hřídeli. Řemínek je na válečku vedený v drážce.



a)



b)

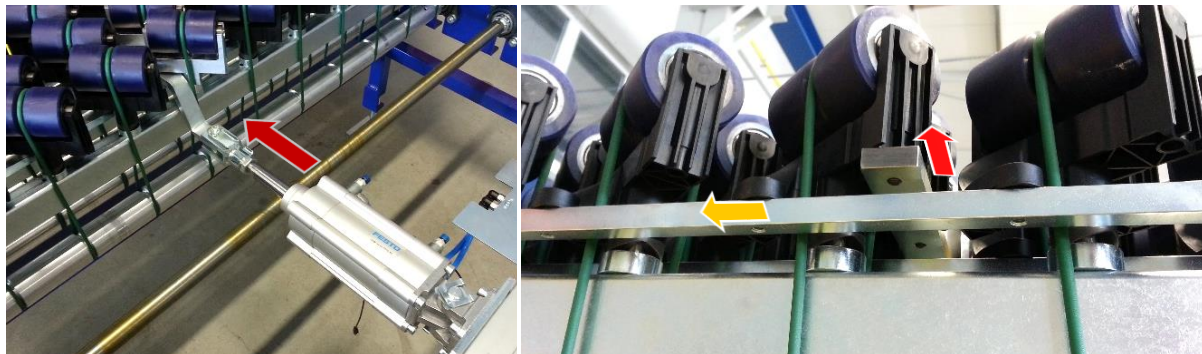
Obr. 87 Konstrukční prvky kolečkového třídiče: a) kladka, b) váleček na hřídeli. [3]

Přenos kroutícího momentu na hřídele je z hnací řemenice přenášén ozubenými řemeny na obou stranách jako na obr. 88.



Obr. 88 Pohled na pohon a rozvody kolečkového třídiče. [3]

K otáčení kladek je použit pneumatický válec – vysunutím pístu se pákovým mechanismem otočí prostřední sloupec kladek, který je přes příčná táhla spojený s ostatními kladkami v řadě (tím pádem se otočí také). Válec při vysunutí pístu vykonává kyvný pohyb, a proto je uložen na čepu dovolující jeho otáčení.



Obr. 89 Směry pohybů součástí kolečkového třidiče. [3]

1.5.6 Botičkový třidič

Botičkový třidič (angl. Sliding shoe sorter) je třídící zařízení s vysokou přepravní kapacitou a spolehlivostí, určené pro širokou škálu a kombinaci dopravovaných předmětů. Tažným elementem je pás – tvořený dvěma páry řetězů s unašeci (plochými lamelami) vytvářející rovný povrch. Lamely mají na sobě posuvný prvek (tzv. botičku). Jakmile balík dosáhne na dopravníku místa vytřídění, aktivují se botičky, které ho navedou směrem na vedlejší trať.

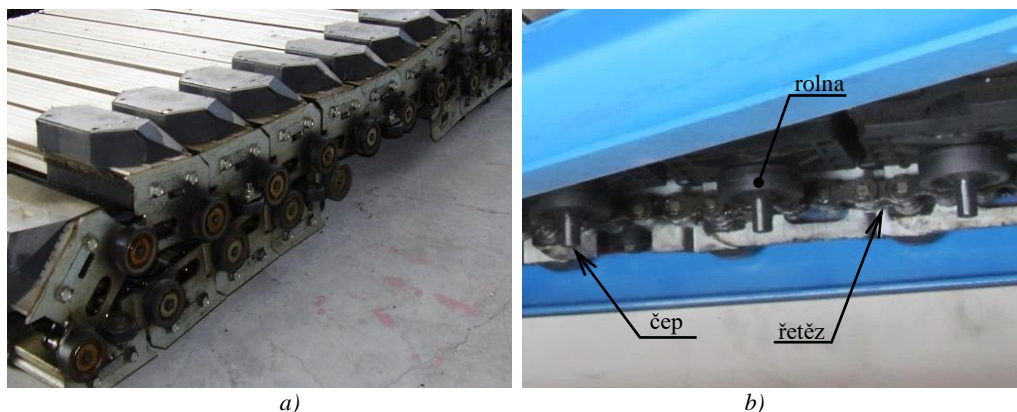


Obr. 90 Botičkový třidič. [33]

Dopravník je poháněn záběrem řetězových kol s řetězy pásu. Na lamelách, případně řetězech, jsou umístěny rolny, které se odvalují po nosném rámu.



Obr. 91 Hnací stanice botičkového třidiče: a) pohon pásu, b) řetězová kola. [3]



Obr. 92 Pás botičkového třídiče: a) pohled na rolny pásu, b) pohled zespodu na botičky. [3]

Botička sorteru se na lamele posouvá smykem. Na spodní části botičky je vodící čep a rolna. Při příčném (třídícím) posuvu se čep botičky pohybuje ve vodící liště, která směřuje diagonálně k dané konkrétní výstupní lince. Vstup do diagonální lišty je řízen výhybkou (obr. 94), která je řízena pneumaticky. Po vytřídění balíků se botičky dostanou zpět do výchozí polohy přes vodící lištu umístěnou ve vratné větvi.



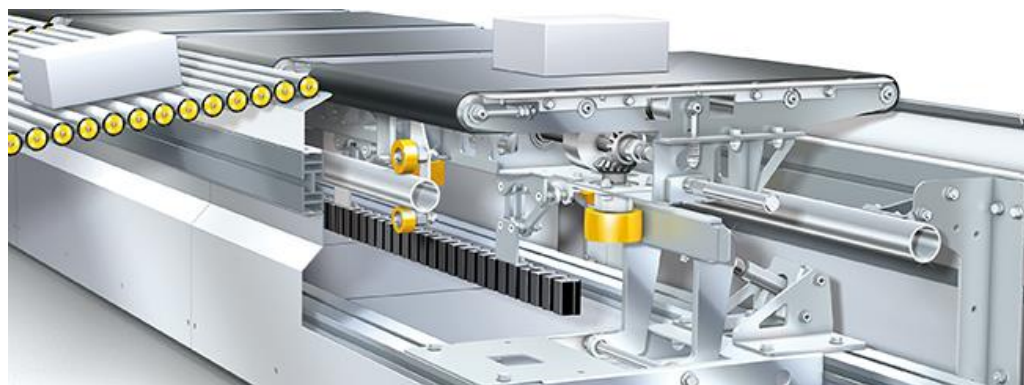
Obr. 93 Vodící lišta botičky. [3]



Obr. 94 Pneumatická výhybka. [3]

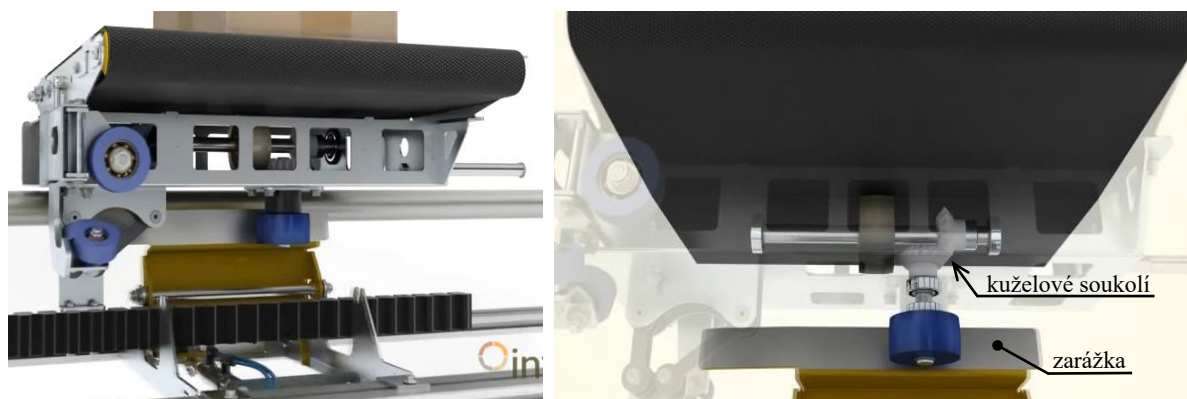
1.5.7 Příčný pásový třídič

Příčný pásový třídič (angl. Crossbelt sorter) je ve své podstatě karusel, jehož pohybující se segmenty jsou pásové dopravníky orientované kolmo na směr pohybu. Balíky jsou karuselem unášeny do místa vytřídění, kde se pásovými dopravníky přesunou na vedlejší trať.



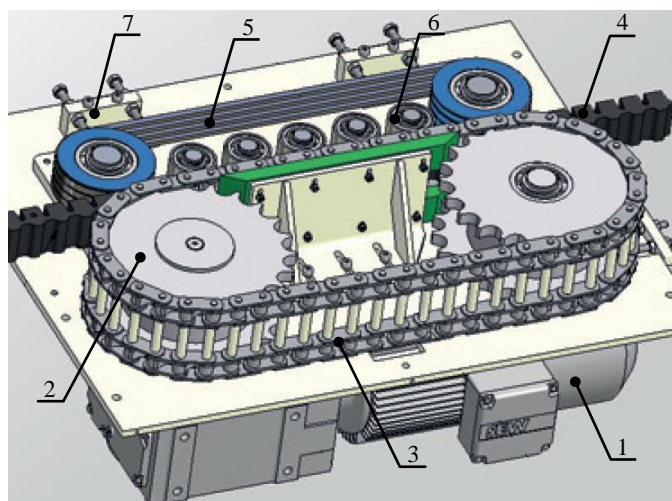
Obr. 95 Řez příčným pásovým třídičem. [8]

Pásové dopravníky se pohybují na kolečkách po vedení a jsou uchyceny k tažnému řetězu – pryžový blokový řetěz s ocelovými vlákny. Jakmile PD dosáhne místa vyřídění, tak se pneumatickým válcem zdvihne zarážka, která dojde do kontaktu s horizontálně umístěným kolem. Kolo se po zarážce začne odvalovat a přenášet kroutící moment přes kuželové soukolí na kolo pohánějící pás.



Obr. 96 Mechanismus pohonu pásu příčného pásového třídiče. [34]

Zarážky se umísťují u každého výstupu a jejich počet není omezen. Karusel sorteru je poháněn hnací stanicí (obr. 97). Tažný řetěz karuselu je sevřen mezi přítlačný řemen a unašeče hnacího řetězu. Hnacíh stanic může být v sorteru více v závislosti na délce karuselu a umístěny mohou být kdekoliv.



Obr. 97 Hnací stanice příčného pásového třídiče. [8]

(1 – elektromotor s převodovkou, 2 – řetězové kolo, 3 – hnací řetěz, 4 – pryžový blokový řetěz, 5 – řemen, 6 – přítlačná kladka, 7 – přítlačné zařízení)

Volba šířky a délky pásového dopravníku se odvíjí od rozměrů největšího dopravovaného předmětu. Výše zmíněný mechanický způsob pohonu pásu výrazně snižuje energetickou náročnost a zvyšuje spolehlivost. Sorter je nenáročný na údržbu a díky modulární konstrukci je adaptabilní na případné rozšiřování linky. Dokáže vyřadit až 15 000 balíků za hodinu (250 PPM). Nevýhodou jsou vysoké počáteční investice. [8]

1.5.8 Sklápěcí třídič

Sklápěcí třídič (angl. Tilt tray sorter) pracuje na podobném principu jako příčný pásový třídič. Místo pásových dopravníků jsou pro třídění použity desky (podnosy), případně korýtka, které se sklápějí do stran. Po sklopení desky se zboží vlivem působení gravitační síly přepraví na vedlejší trať. Rozdíl mezi deskovým a korýtkovým provedením je v tom, že u deskové varianty se jednotlivé desky pohybují v horizontální poloze a sklápí se až když dorazí ke svému místu vytřídění. Na rozdíl od korýtek, které se sklopí ještě před vstupem do třídící linky a u místa vytřídění se pouze otevrou krajní dvířka korýtka. Sklápěcí třídiče jsou obecně levnější než třídiče pásové.

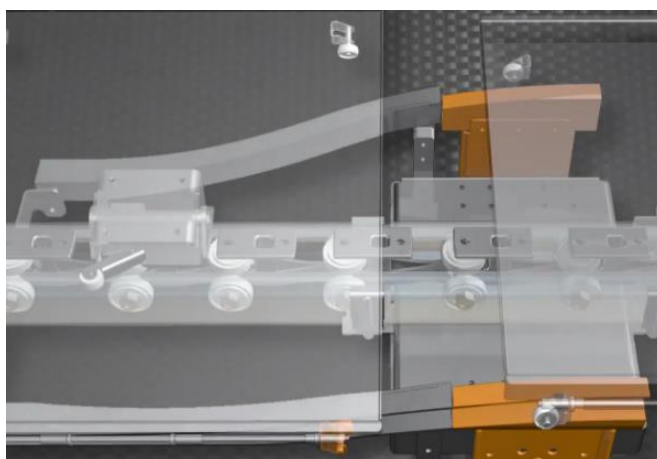


Obr. 98 Sklápěcí třídič: a) deskový [35], b) korýtkový [36].

Na obr. 99 je zobrazen princip naklápění desky. Pneumatickým válcem se nasměruje vodící rampa tak, že dojde do styku s kolem pohybujícího se segmentu. To způsobí, že se deska naklopí na protější stranu. Způsob naklápění korýtka je podobný. Zadní kolo korýtka najede do posuvné výhybky, která kolo přesměruje do zakřivené kolejnice.

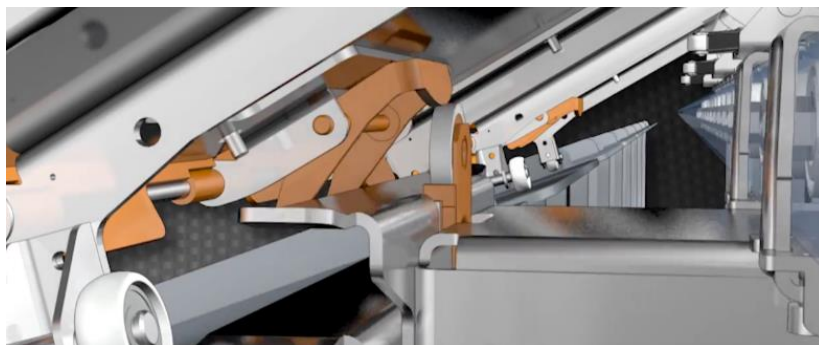


Obr. 99 Sklápění desky. [37]



Obr. 100 Sklápění korýtka. [36]

Otevírání korýtka dochází najetím otevírací páky na vertikálně výsuvné kolo.



Obr. 101 Otevírání korýtky sklápěcího třidiče. [36]

Mezi sklápěcí sortery patří i tzv. propadový sorter (angl. drop tray sorter, nebo bomb bay sorter). Jakmile korýtko (v němž se nachází zboží) přijede k místu vytrídění, otevře se jeho dno (jako dvířka bombardovacího letadla) a zboží se volným pádem dostane na skluz směřující například do přepravky.

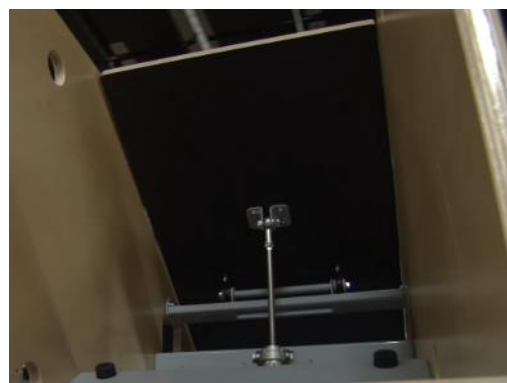


Obr. 102 Propadový třidič: a) pohled na třidič, b) pohled na skluzu. [38]

Skluzy jsou pneumaticky překlápěcí – dovoluje třídít zboží na obě strany sorteru.



Obr. 103 Otevřené dno korýtky. [39]



Obr. 104 Překlápěcí skluz. [38]

Propadový třidič je ze skupiny karuselových třidičů nejlevnější. Naproti tomu tříděné předměty utrpí náraz, což u některého zboží může být nepřijatelné. Používá se především v distribučních centrech zaměřených na textilní průmysl.

2 Návrh dopravníkového systému pro distribuční centrum

Praktická část této práce se zabývá návrhem dopravníkového systému pro distribuční centrum (zkr. DC). Jedná se o internetový obchod s drobným zbožím. Předmět návrhu spočívá v řešení vyskladňovací dopravníkové linky – doprava do jednotlivých podlaží skladu, k balícím linkám a expedici. V této kapitole bude zjednodušeně rozebrán současný stav a princip fungování DC, dále plánovaný způsob funkce navrhované vyskladňovací linky a požadavky na ní kladené. Ve zbylých částech práce bude popsán vytvořený návrh s potřebnými výpočty.

2.1 Současný stav a princip fungování distribučního centra

V této části je popsán proces příjmu zboží, jeho uskladnění a vychystávání objednávek.

2.1.1 Příjem zboží

Proces uskladnění se dělí na 3 hlavní části (kontrola zboží, jeho vložení do systému a přeprava do skladu).

Zboží přichází od dodavatele umístěné na paletách. Palety se nejprve rozeberou na jednotlivé položky a poté proběhne jejich vizuální kontrola – poškození, správnost, množství, požadovaná kvalita a datum expirace. Po kontrole se zboží umístí do přepravek a položí na dopravník, který je odváží do druhé části a tou je příjem.



Obr. 105 Doprava zboží v přeprávkách k příjmu. [40] Obr. 106 Příjem – skenování a ukládání zboží do krabic. [40]

Zaměstnanci na příjmových pracovištích naskenují zboží v přeprávkách a vloží do uskladňovací krabice – systém (WMS⁷) určí, které produkty je výhodné uložit spolu. Zohledňuje se velikost, hmotnost, datum expirace a barevnost produktu. Díky tomu lze eliminovat například poškození zboží při společné manipulaci, ulehčí se ve skladu výběr produktu s nejbližší expirační dobou, a také oddělí produkty s podobným vzhledem případně barvou.

⁷ Warehouse Management System – systém řízeného skladu, umožňující plnou automatizaci skladovacích procesů od objednání zboží až po jeho expedici.

Krabice se po naplnění položí na dopravník, který ji odveze do příslušného nadzemního podlaží (zkr. NP) skladu.



*Obr. 107 Válečkové tratě odvázející krabice. [40]
(horní trať přivází prázdné krabice k příjmovým pracovištím, spodní trať odváží zaplněné krabice k uskladnění)*



Obr. 108 Odebírání krabic v příslušném podlaží skladu. [40]

2.1.2 Uskladnění zboží

Samotný sklad je řešen mezaninovou konstrukcí se třemi podlažími s policovými regály. Zboží je rozděleno do několika kategorií (metodou ABC), ve kterých se posuzuje prodejnost, cena zboží, zisk, skladovací podmínky atd. Zboží, které například vydává největší zisk nebo patří mezi často odebírané (kategorie A), se uskladní co nejbližší místa expedice. Toto řešení minimalizuje vzdálenosti, které musí překonávat dopravní zařízení. [41]

Uličky mezi regály jsou označeny čísly za účelem přesné orientace ve skladu. Jsou jednosměrné a jejich šířka je navržena tak, aby umožňovala plynulý pohyb a zároveň nedocházelo ke zbytečnému snižování kapacity skladu. Krabice uvnitř regálu mají na čelní straně štítek s čárovým kódem. V hlavní části haly u příjmu je i výškový paletový regál sloužící k uskladnění balicího materiálu a zásob zboží.



a)



b)

*Obr. 109 Mezaninový sklad s policovými regály:
a) pohled na uličky, b) pohyb uvnitř uličky. [42]*

2.1.3 Princip vychystávání objednávek

Vychystávání zboží se provádí individuálně do komisních krabic (dále komisky), do kterých se umísťuje několik objednávek. Provádí to pracovník (tzv. picker) s pomocí vozíku, do kterého se vleze 8 komisek. Vychystávání začíná obvykle v prvním podlaží. Po naplnění vozíku krabicemi je picker naskenuje. WMS tímto každé krabici přiřadí objednávky a určí nejkratší trasu napříč skladem.

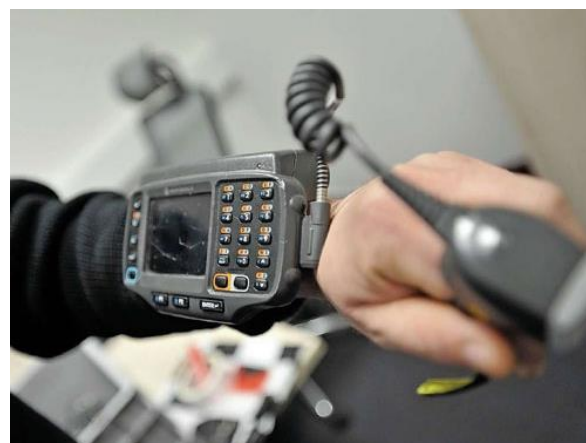


Obr. 110 Přiřazení objednávek skenováním. [42]

Následně picker projíždí uličkami, které obsahují potřebné zboží, a odebírá jej do konkrétní komisky. Číslo uličky, regálu a police je u vychystávaného zboží zobrazeno vždy na terminálu pickera.



Obr. 111 Vychystávání zboží s pomocí ručního vozíku. [40]



Obr. 112 Ruční skenovací terminál pracovníka vychystávající objednávky ve skladu (snímač uchycený na prstu). [43]

Po naplnění komisek zbožím v tomto podlaží musí být každá krabice přepravena do takového podlaží, ve kterém se má nějaké zboží doplnit. Po vyprázdnění vozíku se celý proces opakuje. Objednávky se však mohou začít vychystávat mimo první podlaží i v jiných podlažích. V takovém případě dá WMS pickerovi pokyn na terminál, aby vzal prázdnou komisku.

2.2 Plánovaný princip funkce vyskladňovací linky

V této kapitole bude popsán zamýšlený princip funkce vyskladňovací linky distribučního centra, tzn. přepravu komisek do jednotlivých podlaží skladu, dále k balícím pracovištím a expedici. Požadavkem celé linky je schopnost dosáhnout přepravní kapacity 200 komisek za hodinu.

2.2.1 Vyskladnění zboží

Požadavkem při vyskladňování zboží je automatizovaná přeprava vychystávaných komisek uvnitř skladu, k balícím pracovištím, a také přeprava prázdných komisních krabic z balící linky zpět do skladu.

Rozměry komisní krabice jsou: délka 600 mm, šířka 300 mm a výška 200 mm.

WMS na základě dlouhodobého sledování objednávek a optimalizace přiřazuje komisním krabicím objednávky v následujících dvou variantách a množstvích:

Tab. 3 Varianty přiřazení objednávek komisním krabicím. [3]

Varianta přiřazení	Procent. množství	Velikost expediční krabice		
		malá	střední	velká
1	37,5 %	6	2	0
2	62,5 %	0	0	1

2.2.2 Balící linka

Činnost na balírnách je plánovaná následovně: Přijíždějící komisku si odebere volný pracovník. Oskenováním čárového kódu na krabici zjistí, kolik objednávek se v ní nachází, které zboží do konkrétní objednávky patří a kterou expediční krabici má použít k zabalení objednávky. Rozměry expedičních krabic jsou společně s jejich hodnotami balících časů (získány od firmy jako vstupní data) v tab. 4.

Tab. 4 Rozměry expedičních krabic a hodnoty balících časů. [3]

Expediční krabice	Rozměry [mm]			Balící čas [s] (rovnoměrné rozdělení)
	délka	šířka	výška	
malá	200	150	100	45–65
střední	350	225	250	70–120
velká	500	300	400	310–370

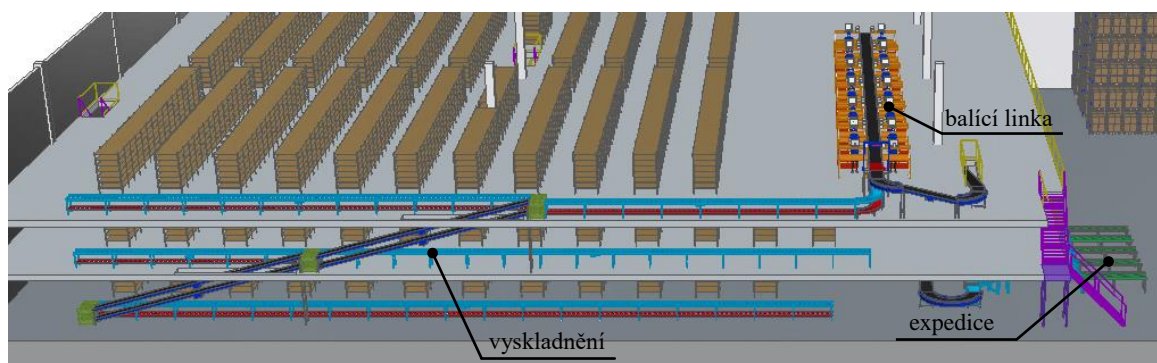
Zabalené objednávky (zásilky) budou položeny na dopravník, který je přes kontrolní váhu přepraví do přízemí k expedici. Zásilky budou na kontrolní váhu přepravovány jednotlivě, kde se bude zjišťovat reálná hmotnost zásilky a následně dojde k porovnání s hodnotou předpokládanou – součet hmotnosti zboží v balíku a odhadované hmotnosti balícího materiálu. Tato kontrola slouží k odhalení zásilek s chybným obsahem (chyba pracovníka v balírně). Vyprázdněné komisky se budou přepravovat zpět do skladu.

2.2.3 Expedice zásilek

V přízemí budou přijíždějící zásilky načítány čtečkou na dopravníku a následně tříděny do 5 expedičních linek – každá linka určená jinému přepravci. Na konci všech linek budou pracovníci zásilky odebírat a pokládat na palety.

2.3 Návrh vyskladňovací linky

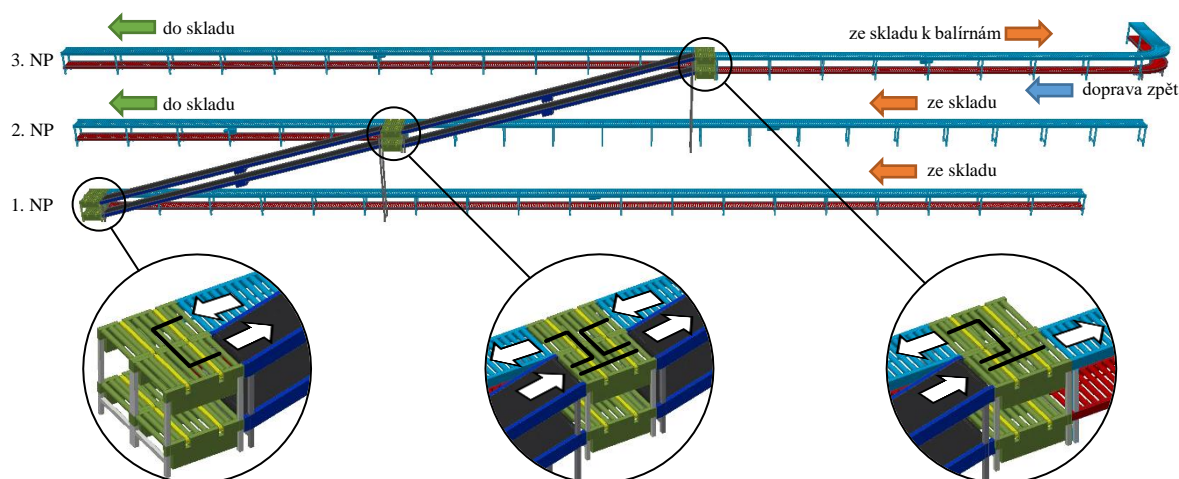
Na obrázku níže je pohled na navrhnutou vyskladňovací dopravní linku v distribučním centru. Je rozdělena na 3 části, které budou v jednotlivých podkapitolách popsány detailněji a to: *vyskladnění* (přeprava komisních krabic uvnitř skladu), *balicí linka* (přeprava komisních krabic k balícím pracovištím) a *expedice* (přeprava zabalených zásilek k expedici).



Obr. 113 Pohled napříč distribučním centrem s navrhnutou vyskladňovací linkou.

2.3.1 Vyskladnění

Na obr. 114 je výsledné navrhnuté řešení dopravníkového systému. Skládá se ze dvou pater dopravníkových tratí umístěnými nad sebou. Horní trať (modrá) slouží k přepravě vychystávaných komisek. Spodní trať (červená) slouží k přepravě prázdných komisek z balicí linky zpět do skladu. K horizontální dopravě jsou použity válečkové tratě typu driveshaft, k šikmé pak pásové dopravníky. Přemístění komisek na vedlejší trať je v každém podlaží zajištěno dvojicí přesuvů. Pohyb komisek na přesuvnách při vyskladňovacím procesu je naznačen na obrázku níže.



Obr. 114 Návrh linky vyskladnění a směry pohybu komisek na přesuvnách v jednotlivých podlažích při vyskladňovacím procesu.

Po doplnění zboží v prvním podlaží skladu, jsou komisky položeny na horní válečkovou trať, která je převáží až na konec linky k dvojici přesuvů. Přesuvny všechny komisky přeměrují na vedlejší linku, kde pokračují na pásové dopravníky do druhého podlaží.

Po příjezdu do 2. NP je čtečkou načten čárový kód krabice. Tím se zjišťuje, zda se má v tomto podlaží krabice doplnit zbožím. Pokud ano, tak je krabice přesuvnými přemístěna na vedlejší trať směrem do skladu (zelená šipka na obr. 114) – poté se komisky pokládají na válečkovou trať, která je přepravuje ve směru oranžové šipky. Pokud k doplnění v tomto podlaží dojít nemá, krabice pokračuje na pásovém dopravníku do 3. podlaží.

Ve třetím podlaží je chování přesuven stejné. V případě, že je nutné komisku doplnit zbožím, je přemístěna na trať dopravující ji do skladu. V opačném případě směřuje k balící lince.

Prázdné komisioní krabice, které přijíždějí od balící linky (modrá šipka na obr. 114), se přerозdělují do všech podlaží skladu rovnoměrně – řízeno optickými snímači na tratích.

Výpočet šířky válečkové tratě

Pracovní šířka je volena tak, aby šířka přímých úseků byla stejná jako šířka zatáček. Je vypočítána na základě rovnice pro výpočet vnějšího poloměru oblouku – šířka vnitřního poloměru je u všech zatáček firmy LOGSYS stejná (825 mm). Tento výpočet je důležitý pro spolehlivý a plynulý pohyb krabice v obloucích. Silně se odvíjí od rozměrů přepravovaného předmětu.

$$R_{ext} = \sqrt{(R_{in} + b_k)^2 + (l_k/2)^2} \quad [8] (1)$$

$$R_{ext} = \sqrt{(825 + 300)^2 + (600/2)^2}$$

$$R_{ext} = 1164,31 \text{ mm}$$

kde:

R_{ext}	[mm]	vnější poloměr válečkového oblouku.
R_{in}	[mm]	standardizovaný vnitřní poloměr válečkových tratí firmy LOGSYS.
b_k	[mm]	šířka komisioní krabice.
l_k	[mm]	délka komisioní krabice.

Z výpočtu vnějšího poloměru oblouku a standardu vnitřního poloměru je spočítána teoretická šířka tratě:

$$b_t = R_{ext} - R_{in} \quad (2)$$

$$b_t = 1164,31 - 825$$

$$b_t = 339,31 \text{ mm}$$

Tab. 5 Standardizované parametry firemních válečkových tratí driveshaft. [3]

Standardizované parametry firemních VT driveshaft		
Dopravní šířka	910, 810, 710, 660, 560, 460	[mm]
Rozteč válečků	50 a 75	[mm]
Průměr válečků	50	[mm]
Dopravní rychlost	v_{DS} 0,5	[m·s ⁻¹]
Maximální zatížení	50	[kg·m ⁻¹]

Z vypočítané teoretické šířky je zvolena dopravní šířka tratě dle firemního standardu 460 mm a rozteč válečků 75 mm.

Dopravní šířka a sklon pásových dopravníků

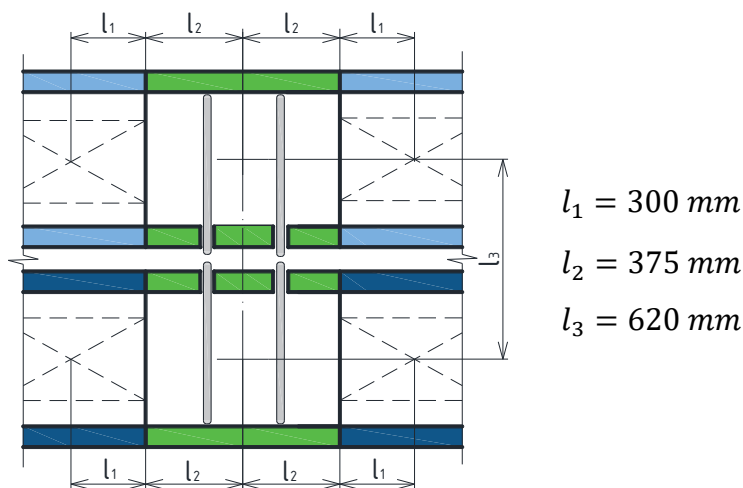
Dopravní šířka pásových dopravníků je volena stejná jako u válečkových tratí. Zvolený úhel sklonu je úhel -18° (dle většiny literatur považován jako mezní).

Kontrola průchodnosti úzkých míst

Aby byla splněna přepravní kapacita systému 200 komisních krabic za hodinu, musí být ověřeno, zda je této průchodnosti schopna linka dosáhnout. Z obr. 114 je zřejmé, že nejkritičtějším místem celé linky je dvojice přesuven ve 2. podlaží (horní trať). A to z toho důvodu, že se přes ně přepravují komisky ze dvou vstupů (z 1. NP a ze skladu ve 2. NP). Z toho vyplývá, že musejí být schopné odbavit 400 komisních krabic za hodinu, tedy $Th_{2Pmin} = 400 \text{ hod}^{-1}$.

Komisky přijíždějící z prvního podlaží mohou jet rovně směrem do třetího podlaží (**situace 1**), nebo do skladu ve druhém podlaží k doplnění zboží (**situace 2**) – oba směry jsou naznačeny na obr. 114. Průchodnost tedy bude muset být spočítána pro obě situace. Výpočet bude proveden analyticky s předpokladem, že se vstupy budou mezi sebou střídát.

Na obrázku níže jsou schematicky naznačeny vzdálenosti, které komisky z obou vstupů musejí při odbavení překonat – vzdálenosti odpovídají skutečným hodnotám. Pro tyto vzdálenosti společně s parametry jednotlivých dopravních zařízení (tab. 5 a tab. 6) bude proveden výpočet průchodnosti.



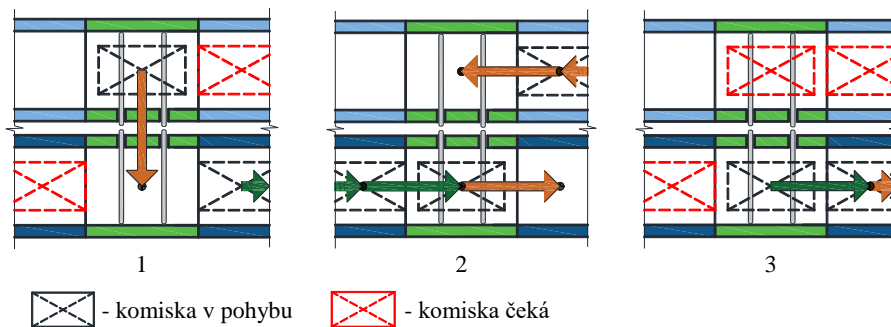
Obr. 115 Vzdálenosti z obou vstupů, které komisky při odbavení překonávají.

Tab. 6 Technické parametry firemní přesuvny a pásového dopravníku. [3]

Parametry přesuvny			
Rychlost válečkové sekce přesuvny	v_{PV}	0,5	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$
Rychlost řetězové sekce přesuvny	v_{PR}	0,5	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$
Průměrná doba zdvihu/spuštění řetězové sekce	t_{PZ}	0,3	[s]
Parametry pásového dopravníku			
Rychlost pásového dopravníku	v_{PD}	0,5	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$

a) výpočet výstupního taktu pro situaci 1

Logika odbavování komisek na přesuvnách je schematicky naznačena na obr. 116, který je rozdělen na tři části. Obrázek znázorňuje pohyb komisek (ve směru šipek) z obou vstupů v jednotlivých krocích – události v dílčím kroku probíhají současně. Ve třetím kroku se po přesunutí komisek ve vyznačených směrech cyklus opakuje.



Obr. 116 Pohyb komisek krok po kroku na přesuvnách ve 2. NP v situaci 1 (zelená šipka znázorňuje směr pohybu komisky jedoucí z 1. NP, oranžová šipka znázorňuje směr pohybu komisky jedoucí ze skladu).

Na základě schématu výše si lze všimnout, že výstupní takt přesuven bude v čase nabývat dvou hodnot – v závislosti na tom, ze kterého vstupu komiska zrovna přijela. Výsledný výstupní takt bude tedy jejich aritmetický průměr.

Dle obr. 116 je tedy výstupní takt přesuven, pro komisky přijíždějící ze skladu:

$$t_{2Ps1_1} = t_{PZ} + \frac{l_3}{v_{PR}} + t_{PZ} + \frac{l_2}{v_{PV}} + \frac{l_1}{v_{PD}} \quad (3)$$

$$t_{2Ps1_1} = 0,3 + \frac{0,62}{0,5} + 0,3 + \frac{0,375}{0,5} + \frac{0,3}{0,5}$$

$$t_{2Ps1_1} = 3,19 \text{ s}$$

Dále výstupní takt přesuven pro komisky přijíždějící z 1. NP:

$$t_{2Ps1_2} = \frac{l_2}{v_{PV}} + \frac{l_1}{v_{PD}} \quad (4)$$

$$t_{2Ps1_2} = \frac{0,375}{0,5} + \frac{0,3}{0,5}$$

$$t_{2Ps1_2} = 1,35 \text{ s}$$

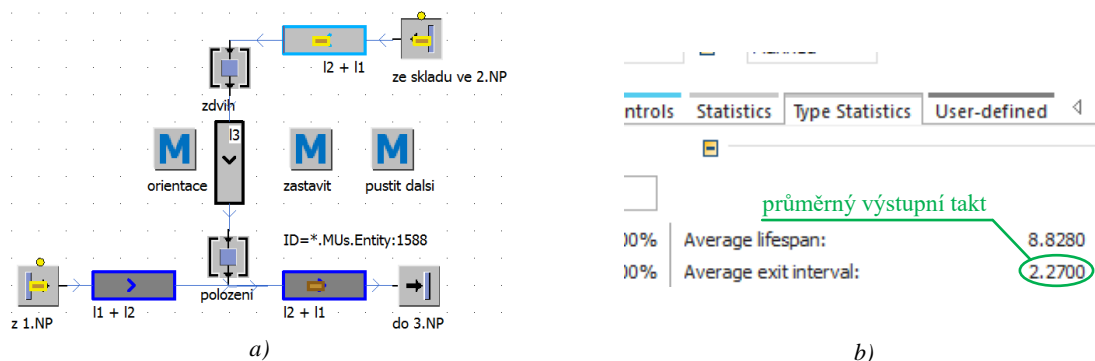
Průměrný výstupní takt přesuven pro situaci 1:

$$t_{2Ps1} = \frac{t_{2Ps1_1} + t_{2Ps1_2}}{2} \quad (5)$$

$$t_{2Ps1} = \frac{3,19 + 1,35}{2}$$

$$t_{2Ps1} = 2,27 \text{ s}$$

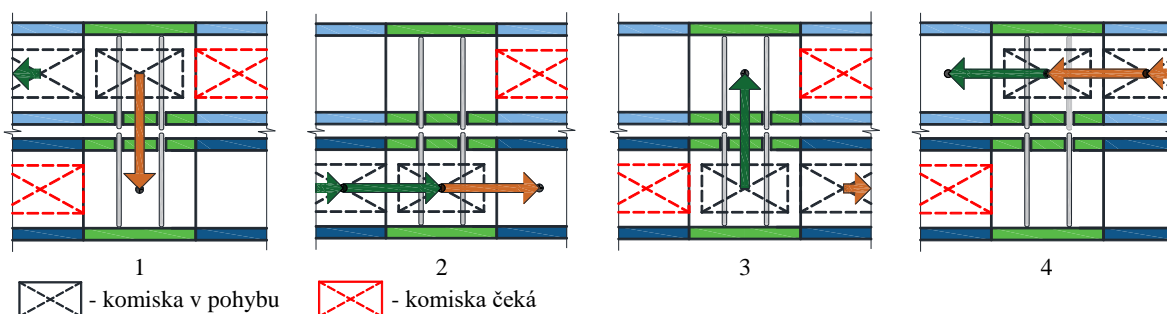
Výsledek spočítaný úvahou výše byl překontrolován v softwaru Plant Simulation, kde simulací byl zjištěn průměrný výstupní takt přesuven 2,27 s, což přesně odpovídá analytickému výpočtu.



Obr. 117 Simulační model pro výpočet průměrného výstupního taktu přesuven ve 2. NP pro situaci 2: a) simulační model, b) statistiky prvku Drain.

b) výpočet výstupního taktu pro situaci 2

Logika odbavování komisek na přesuvnách je schematicky naznačena na obr. 118, který je rozdělen na čtyři části. Obrázek znázorňuje pohyb komisek (ve směru šipek) z obou vstupů v jednotlivých krocích – události v dílčím kroku probíhají současně. Ve čtvrtém kroku se po přesunutí komisek ve vyznačených směrech cyklus opakuje.



Obr. 118 Pohyb komisek krok po kroku na přesuvnách ve 2. NP v situaci 2 (zelená šipka znázorňuje směr pohybu komisky jedoucí z 1. NP, oranžová šipka znázorňuje směr pohybu komisky jedoucí ze skladu).

Vzhledem k tomu, že komisky z obou vstupů překonávají stejné vzdálenosti, bude výstupní takt přesuven v čase konstantní – nezávisle na tom, ze kterého vstupu komiska přijela.

Dle obr. 118 je tedy výstupní takt přesuven pro situaci 2:

$$t_{2Ps2} = t_{PZ} + \frac{l_3}{v_{PR}} + t_{PZ} + \frac{l_2}{v_{PV}} + \frac{l_1}{v_{PD}} \tag{6}$$

$$t_{2Ps2} = 0,3 + \frac{0,62}{0,5} + 0,3 + \frac{0,375}{0,5} + \frac{0,3}{0,5}$$

$$t_{2Ps2} = 3,19 \text{ s}$$

c) výpočet průchodnosti přesuven

V tab. 7 jsou uvedeny průchodnosti přesuven, v závislosti na procentuálním množství komisek, jedoucích z 1. NP: k doskladnění nebo do třetího podlaží. Postup výpočtu je ukázán na příkladu níže.

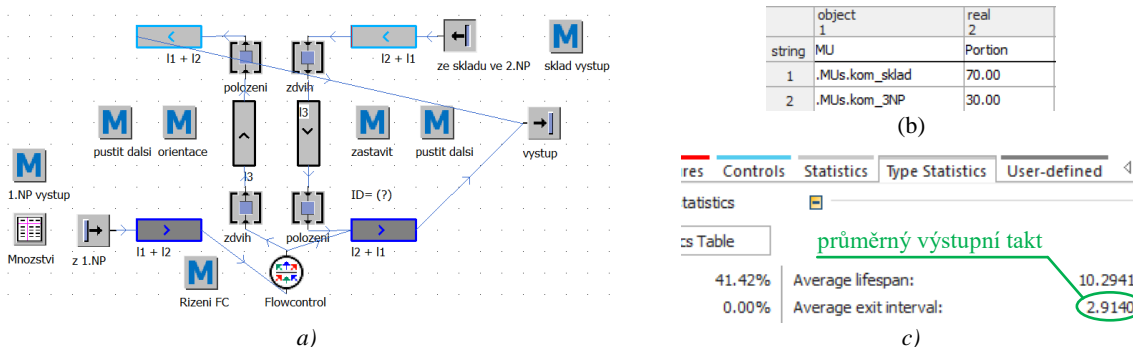
Výstupní takt přesuven např. pro řádek 15 tab. 7:

$$t_{2P_r15} = 0,7 \cdot t_{2Ps2} + 0,3 \cdot t_{2Ps1} \tag{7}$$

$$t_{2P_r15} = 0,7 \cdot 3,19 + 0,3 \cdot 2,27$$

$$t_{2P_r15} = 2,91 \text{ s}$$

Výsledky analytických výpočtů byly ověřeny simulací (viz obr. 119), jejichž získané hodnoty jsou v tabulce zapsány taktéž.



Obr. 119 Simulační model pro výpočet výstupního taktu přesuven ve 2. NP: a) simulační model, b) procentuální rozdělení komisek, c) statistiky prvku Drain.

Dále pak průchodnost přesuven pro řádek 15 tab. 7:

$$Th_{2P_r15} = \frac{3600}{t_{2P_r15}} \tag{8}$$

$$Th_{2P_r15} = \frac{3600}{2,91}$$

$$Th_{2P_r15} = 1235,41 \text{ hod}^{-1}$$

Tab. 7 Průchodnost přesuven ve 2. NP.

	Množství komisek, jedoucích z 1. NP:		Výstupní takt spočítaný:		Průchodnost [hod ⁻¹]
	k doskladnění (situace 2)	do 3. NP (situace 1)	analyticky [s]	simulací [s]	
1	0 %	100 %	2,27	2,27	1 585,90
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
15	70 %	30 %	2,91	2,91	1 235,41
16	75 %	25 %	2,96	2,96	1 216,21
17	80 %	20 %	3,00	3,00	1 197,60
18	85 %	15 %	3,05	3,05	1 179,55
19	90 %	10 %	3,09	3,09	1 162,04
20	95 %	5 %	3,14	3,14	1 145,03
21	100 %	0 %	3,19	3,19	1 128,52

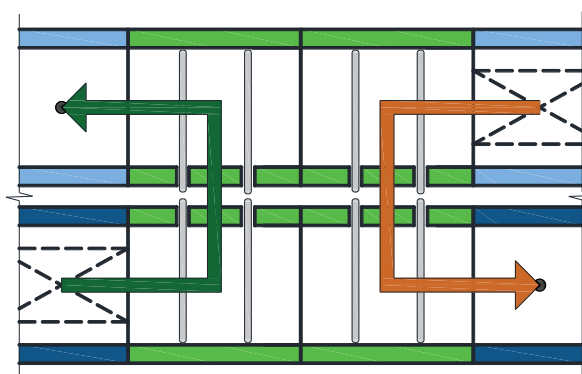
d) zhodnocení

Nejmenší průchodnost přesuven je v situaci 2, tedy když všechny komisky z prvního podlaží se odbavují na vedlejší trať k doskladnění zboží, a to 1 128,52 hod⁻¹.

$$Th_{2Pmin} < Th_{2Ps2} \tag{9}$$

400 < 1 128,52 → **průchodnost přesuven je dostatečná**

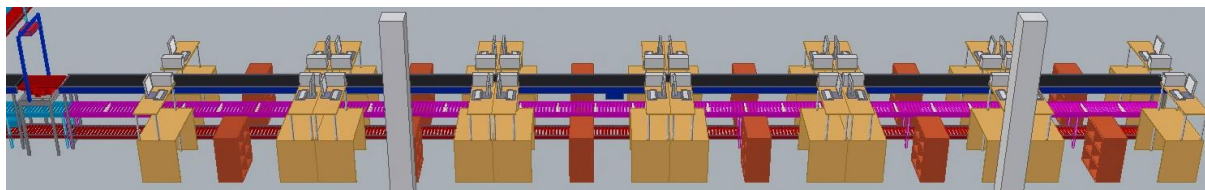
Z rovnice výše je patrné, že požadovaná přepravní kapacita vyskladnění je splněna. V případě že by průchodnost přesuven nebyla dostačující, dala by se navýšit přidáním další dvojici přesuven – každá dvojice sloužící pro jeden směr odbavení jako na obrázku níže.



Obr. 120 Možné řešení navýšení průchodnosti ve druhém podlaží přidáním další dvojici přesuven.

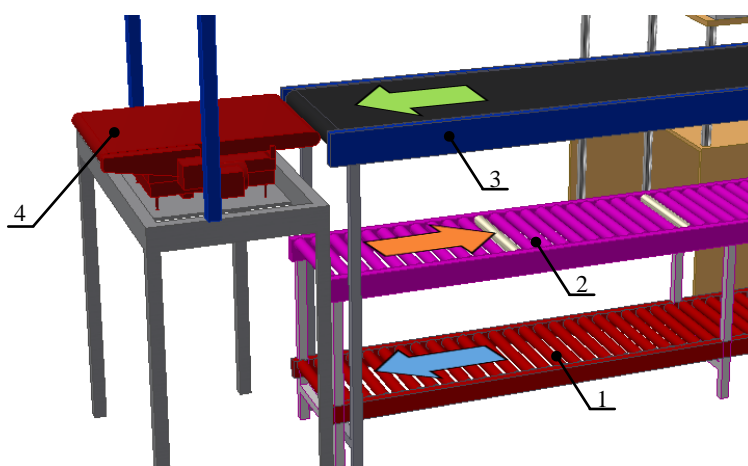
2.3.2 Balící linka

Linie balících pracovišť se skládá ze tří pater dopravníkových zařízení.



Obr. 121 Návrh balící linky.

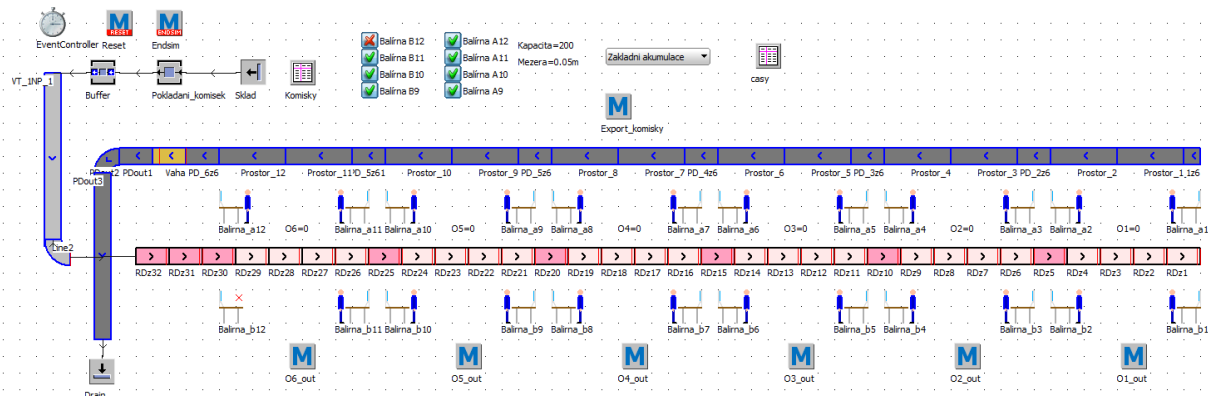
Zavážení komisek k pracovištím je realizováno prostředním patrem, které je složeno z válečkových tratí s pohonem Rollerdrive (viz obr. 26 na str. 21). Toto řešení dovoluje na lince bezkontaktní akumulaci komisek. K odvozu zásilek slouží pásový dopravník umístěné v horním patře. Každá zásilka se pásovým dopravníkem dopraví samostatně na váhu, kde dochází ke kontrole zboží v balíku (popsáno na str. 52). Po zvážení putuje zásilka k expedici. Vyprázdňené komisioní krabice se pokládají na spodní válečkovou trať typu driveshaft (na obr. 122 červená trať) a jsou dopravovány zpět do skladu, kde jsou znovu použity.



Obr. 122 Směr dopravy v jednotlivých patrech balící linky
(zelená šipka znázorňuje směr pohybu zásilek, oranžová šipka směr pohybu vychystaných komisek a modrá šipka směr pohybu vyprázdňených komisek).
(1 – VT driveshafts, 2 – VT Rollerdrive, 3 – pásový dopravník, 4 – PD položený na váze)

Určení počtu balících pracovišť

Počet balících pracovišť musí být takový, aby balírny byly schopné odbavit požadovanou přepravní kapacitu komisek (200 hod^{-1}) přijíždějících ze skladu. Jejich počet byl zjištěn simulací. V následujících částech bude zjednodušeně popsána logika simulačního modelu a na závěr výsledky simulace.



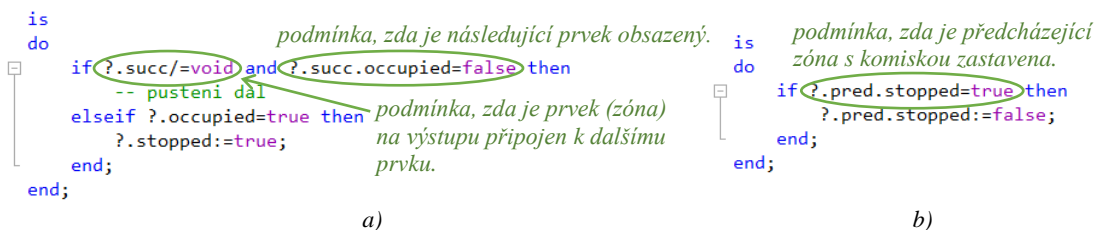
Obr. 123 Simulační model balící linky.

a) logika simulačního modelu

Vychystané komisky se na trať pokládají z vozíku v taktu 5 s, což je průměrný čas pickerů při pokládání komisek na válečkovou trať. Takt mezi příjezdy pickerů s vozíky k pokládacímu místu je spočítán tak, aby výsledná přepravní kapacita činila požadovaných 200 komisek za hodinu – tj. 109 s. V simulačním modelu není zahrnut příjezd komisek ze druhého podlaží skladu, jelikož je bráno v úvahu, že ve třetím podlaží skladu dochází k doplnění zboží v drtivé většině případů (jelikož je zde zboží kategorie A). Dále je zanedbán odvoz prázdných komisek zpět do skladu, jelikož na výsledky simulace to má zanedbatelný vliv.

Komisky se dopravují přes oblouk k akumulacním zónám (na obr. 123 úseky RDz). Na konci oblouku se metodou zjišťuje, zda je zóna 32 (RDz32) volná. Pokud ano, tak komiska na ni najíždí a stejným způsobem se odvolává na zónu 31. Pokud ne, tak dojde k zastavení příjezdové linie. Jakmile se komiska ze zóny 32 přesune na následující zónu, tak se zapne pohon příjezdové linie a na zónu 32 se přepraví další komiska.

Zastavení v zóně je řešeno senzorem, umístěným na prvku v takové vzdálenosti, aby se komiska na něm nacházela uprostřed – vzdálenost 675 mm. Jakmile komiska najede na senzor, vyvolá se metoda, která se dotazuje na obsazenost následujícího připojeného prvku (obr. 124a). Po vyjetí ze zóny se na výstupu spustí metoda, která pouští komisku z předchozí zóny (Obr. 124b).



Obr. 124 Metody řídicí zastavování a spouštění akumulacních zón:
a) metoda umístěná na senzoru odvolávající se na obsazenost následujícího prvku,
b) metoda umístěná na výstupu zóny, která spouští předchozí zónu.

Na obr. 123 si lze všimnout, že akumulacní zóny mají na různých úsecích jiné zbarvení. Tmavší červený odstín znázorňuje zóny, kde se předměty pouze akumulují (např. RDz30). Světlejší červený odstín znázorňuje zóny, ze kterých se komisky odebírají k balení (např. RDz29). Po přijetí komisky na zónu 29 se spustí metoda, která se odvolává na pracovní stav balíren A12 a

B12. Je-li je některá z těchto balíren volná, komiska se na tuto balírnu přemístí a spustí se předcházející zóna.

```

is
do
  Export_komisky;
  if ?.succ/=void and ?.succ.occupied=false then
    -- pustení dal
  elseif ?.occupied=true then
    ?.stopped:=true;
  end;
end;
end;
    
```

a)

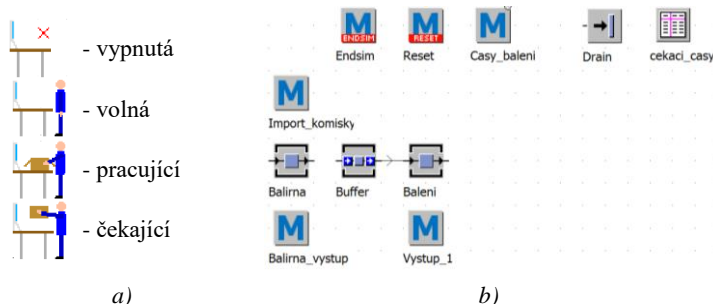
```

is
do
  if ?.Balirna_A.occupied=false and ?.Balirna_A.f
    @.insert(?.Balirna_A.Balirna);
    ?.stopped:=false;
    ?.pred.stopped:=false;
    if ?.RDz1 or ?.RDz2 or ?.RDz3 or ?.RDz4 the
      O1:=O1-1;
    elseif ?.RDz5 or ?.RDz6 or ?.RDz7 or ?.RDz8 or ?.RDz9
    
```

b)

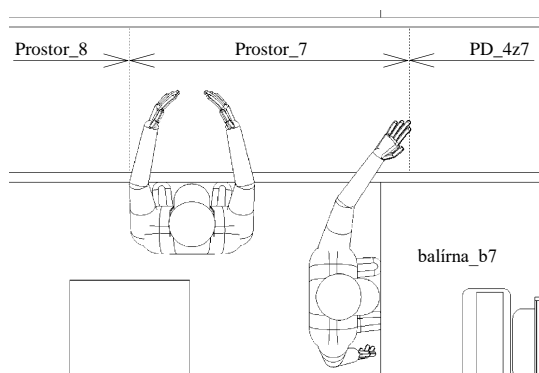
Obr. 125 Export komisky do balírny:
a) metoda umístěná na senzoru, b) část metody odvolávající se na obsazenost balíren.

Po přesunutí komisky do balírny se spustí balící proces. V simulaci se toto provede vytvořením několika entit v bufferu plnicí funkci zásilek. Buffer je napojen na prvek „Singleproc“ (na obr. 126b pod názvem Baleni) a podle druhu a velikosti zásilky se v něm nastaví balící čas.

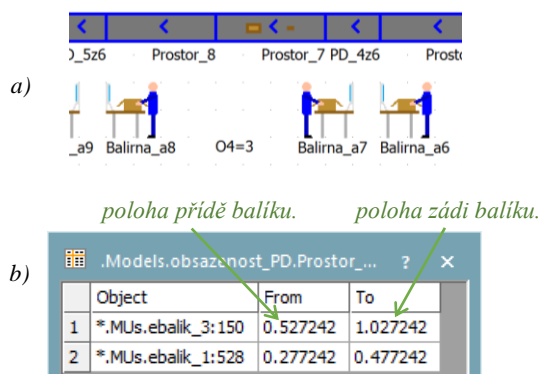


Obr. 126 Simulační model balírny:
a) popis jednotlivých stavů balírny, b) vnořený model balírny.

Jakmile je zásilka „zabalena“, spustí se metoda (na obr. 126b pod názvem Vystup_1), která se dotazuje, zda je na pásovém dopravníku dostatek místa pro položení zásilky – u každé balírny je na pásovém dopravníku vyhrazený úsek pro pokládání zásilek, např. pro balírny A7 a B7 je tento úsek pojmenován „Prostor_7“ (viz obr. 128a). Velikost a poloha těchto úseků je vyměřena tak, aby byly ergonomické vůči pracovníkům v jednotlivých balírnách.



Obr. 127 Schéma s vyznačeným úsekem na PD, určeným pro pokládání zabalených zásilek.



Obr. 128 Poloha a počet balíků na pokládacím úseku balírny A7:
a) detail na úsek, b) tabulka ContentList.

Při dotazu na dostatek místa na pokládacích úsecích se využívá tabulky „ContentsList“. V tabulce je uveden počet entit (zásilek) a jejich poloha (příd' a zád') od začátku úseku po jeho konec ve směru přepravy. Metoda „Vystup_1“ tedy spočítá volné mezery mezi všemi zásilkami, které se už na pokládacím úseku nacházejí a postupně (od nejbližší umístěné mezery po nejvzdálenější) u každé vyhodnotí, zda se právě zabalená zásilka do ní vleze – v potaz se bere i nutný manipulační prostor 50 mm z každé strany (kvůli správné funkci senzorů a také pro pohodlné položení zásilky na PD). Pokud ano, tak je zásilka položena na PD.

```

civ, lokální proměnná = počet mezer mezi zásilkami na PD.
elseif .models.obsazenost_PD.Prostor_7.numMUParts>0 then
    Pocet_mezer=.models.obsazenost_PD.Prostor_7.numMUParts+1;
    for i:=1 to Pocet_mezer loop smyčka, prověřující velikost všech mezer – do první dostačující mezery se zásilka vloží.
        if i=1 then
            if .models.obsazenost_PD.Prostor_7.contentslist[2, .models.obsazenost_PD.Prostor_7.numMuparts]>=vkladaci_delka_1 then
                if .models.obsazenost_PD.Prostor_7.stopped=true then
                    .models.obsazenost_PD.Prostor_7.stopped=false;
                    @.insert(.models.obsazenost_PD.Prostor_7, @.length);
                    .models.obsazenost_PD.Prostor_7.stopped=true;
                    zhodnocení, zda první mezera je dostačující, pokud ne, tak se zkoumá další mezera.
                else
                    @.insert(.models.obsazenost_PD.Prostor_7, @.length);
                    end;
                    exitloop nastane-li přesunutí, ukončí se smyčka.
                end;
            elseif i<=Pocet_mezer-1 then zkoumání další mezery.
                if .models.obsazenost_PD.Prostor_7.contentslist[2, i+1, .models.obsazenost_PD.Prostor_7.contentslist[2, i],vkladaci_d

```

Obr. 129 Část metody, která vyhodnocuje velikost mezer mezi zásilkami jedoucí na PD.

V případě že je pokládací prostor (opět např. Prostor_7) na PD zaplněný, tzn. že na něm není dostatek místa pro položení zabalené zásilky, tak se čeká až se místo vytvoří. Čekání pomocí příkazu „waituntil“ obecně není vhodné. Mnohem inteligentnější je řešit to z obou stran problému – tj. jednak z pohledu balírny, která se metodou odvolává, zda může zásilku odložit, a z druhé strany, tj. z pohledu pásového dopravníku, který v případě uvolnění prostoru pro další krabici kontroluje, zda v balírně nečeká krabice na položení. V simulačním modelu je tedy čekání simulováno tak, že se na pokládacím úseku vytvoří senzor ve vzdálenosti odpovídající délce zásilky včetně manipulačního prostoru. Jakmile zásilka, dopravující se na PD, najede zádí na tento senzor, spustí se metoda, která překontroluje zda se za touto zásilkou nenachází další. Pokud ne, znamená to, že je prostor dostatečně velký a zabalená zásilka se může přemístit z balírny na tento senzor. Pokud ano, nic se neprovede a vyčkávání pokračuje.

b)

```

a)
vzdalenost_1:=?.sensorid(1).position-mezera;
if ?.contentslist[1, ?.numMUParts]=@ and ?.cekani_1=void then
    if ?.stopped=true then
        ?.stopped=false;
        ?.cekani_1.cont.insert(?, vzdalenost_1);
        ?.stopped=true;
    else
        ?.cekani_1.cont.insert(?, vzdalenost_1);
    end;
    ?.deletesensor(1); smazání senzoru.
    ?.cekani_1.location.Import_komisky;
    ?.cekani_1:=void;
elseif ?.cekani_1=void then
    debug;
end;
end;

```

c)

Obr. 130 Čekání na uvolnění místa na PD:
 a) část metody, která vytváří senzor na pokládacím místě, b) detail simulačního modelu s čekající balírnou, c) část metody spouštějící se na senzoru.

Zásilky putují na konec PD, kde se spustí metoda zjišťující obsazenost váhy. Pokud je váha volná, je na ní vpuštěna právě jedna zásilka. Zásilka na váze najíždí k senzoru. Senzor spustí metodu vypínající pohon váhy a příkazem „wait“ (s hodnotou 1 s) se simuluje proces vážení. Po zvážení se zásilky přepravují do prvku „Drain“. Je-li váha obsazená, PD se zastaví.

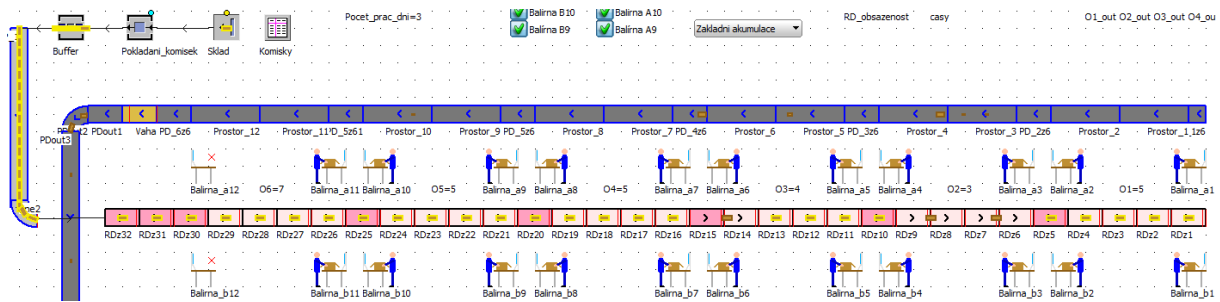
```

@.stopped:=true;    -- zastavení
wait 1;             -- vážení
@.stopped:=false;   -- spuštění
if ?.pred.stopped=true then -- podmínka, zda je PD vypnut
    .PD_go;         -- zapnutí PD
else                -- metoda, která spustí všechny části PD.
    ?.status:="volno";
end;
end;
    
```

Obr. 131 Část metody spouštějící se na senzoru váhy.

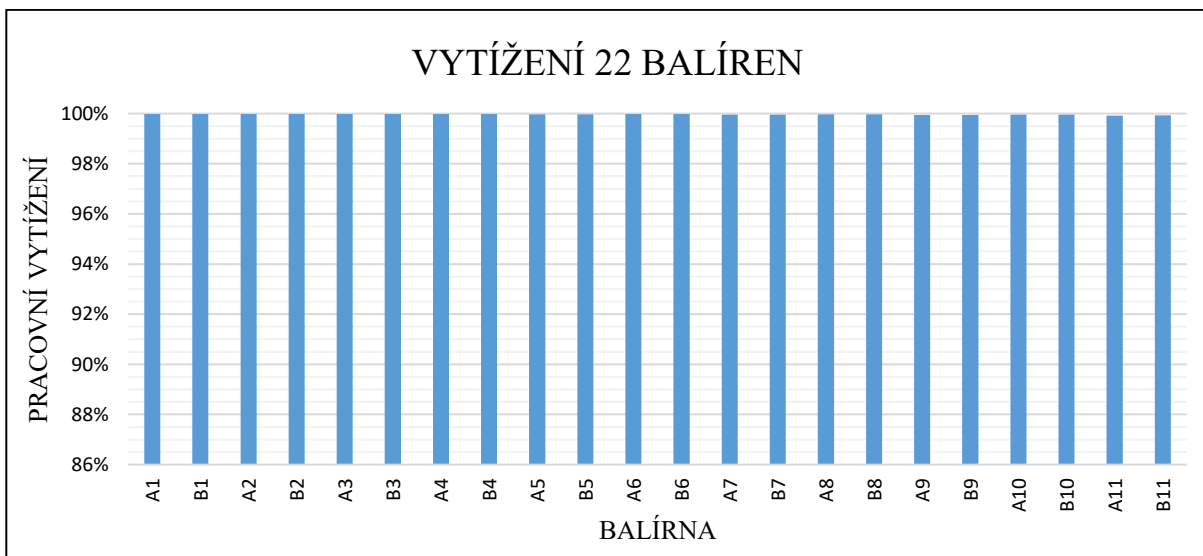
b) výsledky simulace

Ke splnění požadované přepravní kapacity systému je nutné, aby balírny byly schopné odbavit minimálně stejné (nebo větší) množství komisek, než je požadovaná přepravní kapacita. Pokud by tomu tak nebylo, balící linie by byla úzkým místem a docházelo by k zahlcení celého systému, což je nežádoucí.



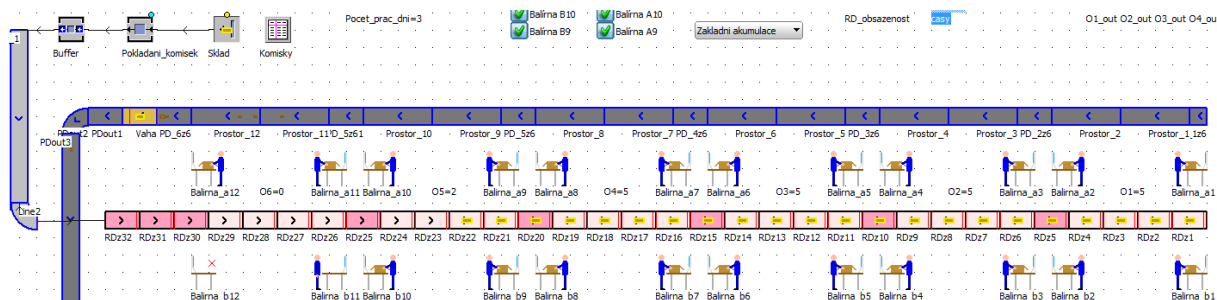
Obr. 132 Ukázka zahlcení linky při počtu balíren 22.

V simulačním modelu se postupně přidávali balící pracoviště a následně ověřovalo, zda je jejich počet dostatečný. Balící linie s počtem 22 balíren byla stále nedostačující, tedy docházelo k zahlcení linky navzdory tomu, že všechny balírny byly vytíženy maximálně (viz obr. 133).



Obr. 133 Pracovní vytížení 22 balíren.

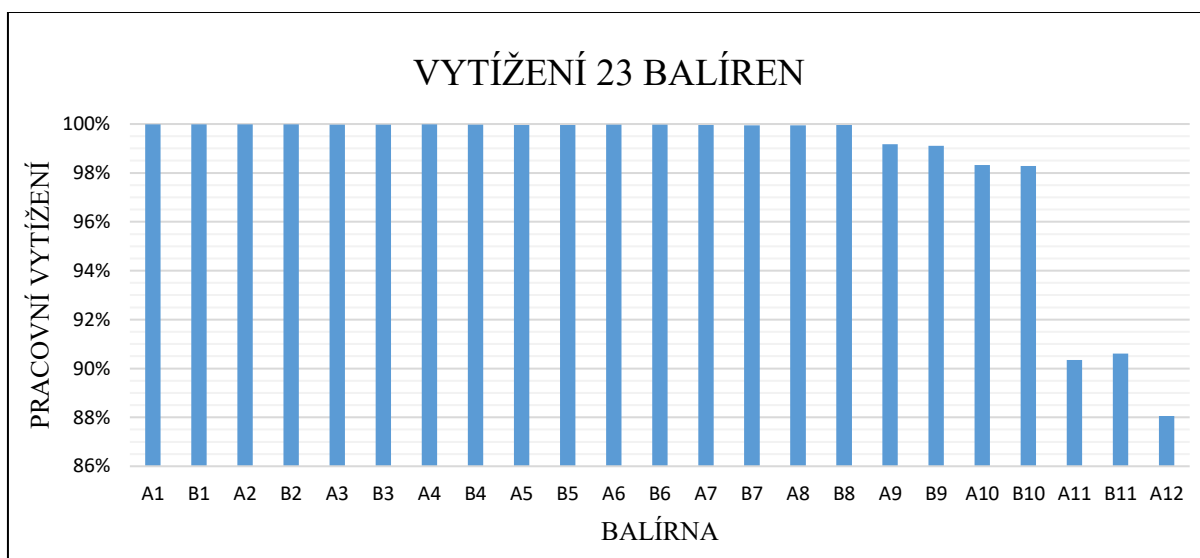
Teprve 23 balíren dokázalo odbavit požadovanou přepravní kapacitu.



Obr. 134 Simulační model balící linky se 23 balírny.

Z grafu vytížení jednotlivých balíren na obrázku níže lze pozorovat velký rozdíl ve vytížení posledních tří balíren (tj. A11, B11 a A12) oproti zbytku.

Pozn.: Pro ujasnění významu tohoto grafu: např. balírna A11 pracovala 90,3 % veškerého času. Zbytek času strávila čekáním na příjezd komisky ze skladu.



Obr. 135 Pracovní vytížení 23 balíren.

Příčina tohoto výrazného „skoku“ ve využitosti spočívá ve způsobu akumulace komisních krabic na příjezdové linii – na konci linky v řadě za sebou. Touto akumulací dochází ke zbytečně velkému množství akumulovaných komisek v místech, kde nemohou být odebírány. To má za následek špatné zásobování balíren na začátku linky. Jako řešení se přímo nabízí vytvoření algoritmu, který bude akumulaci komisek řídit v závislosti na počtu komisek nacházejících se na akumulaciční linii.

c) zhodnocení

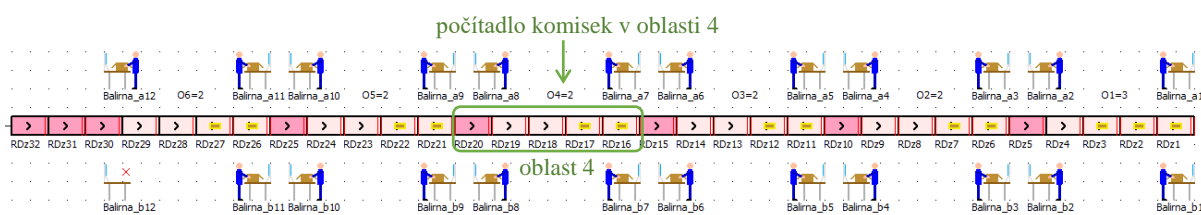
Na základě experimentu provedeného v simulaci bylo zjištěno, že ke splnění požadované kapacity musí být součástí balící linky 23 balících pracovišť. Z grafu využitosti balíren vyplývá, že balící linka je teoreticky schopna dosáhnout i vyšší kapacity. Menší počet balíren by ovšem ke splnění požadavku nestačil.

Testování inteligentního způsobu akumulace komisních krabic

S cílem dosažení lepšího zásobování balíren byl upraven akumulací režim komisních krabic. V této části bude popsána logika zásobování v simulačním modelu a na závěr výsledky získané simulací.

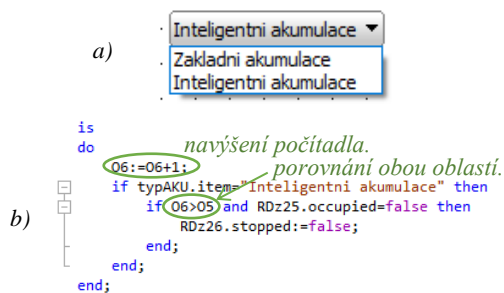
a) logika zásobování v simulačním modelu

Akumulační zóny balící linky jsou rozděleny do šesti oblastí. V každé oblasti je vytvořeno počítadlo komisek, které se v této oblasti nacházejí – např. na obr. 136 se v oblasti 4 nachází 2 komisky. Systém akumulace je vytvořen tak, aby v každé oblasti (pokud je to možné) byly vždy aspoň 2 komisky. Pokud je toto splněno a ze skladu přijíždějí další, tak se komisky z oblastí přemístí způsobem, aby v každé oblasti zůstali opět 2 komisky a zbytek se akumuloval na konci linky.



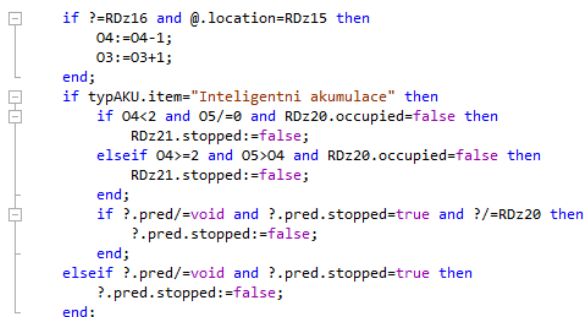
Obr. 136 Simulační model s inteligentní akumulací komisek.

Jakmile se komiska jedoucí ze skladu dostane do oblasti 6, spustí se metoda, která porovnává počet komisek v této oblasti s počtem komisek v oblasti 5. Je-li počet komisek v oblasti 6 větší, tak komiska je ze zóny 26 přepravena do oblasti 5 – po vstupu této komisky do oblasti 5 proběhne porovnání s oblastí 4 atd. Nastane-li situace, že si např. balárna B7 odejme z oblasti 4 komisku, tak se spustí metoda, která se dotazuje kolik komisek v této oblasti zbylo. Pokud méně než 2, přepraví se sem komisky z páté oblasti.



Obr. 137 Vstup do oblasti 6:

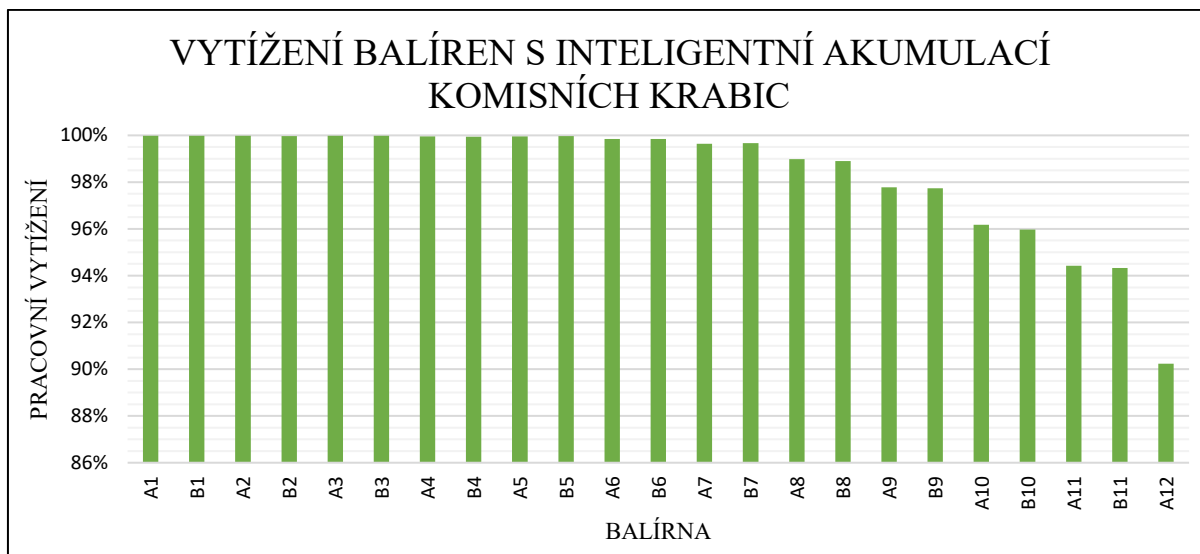
- a) rozbalovací seznam s typem akumulace,
- b) metoda spouštějící se při vstupu do oblasti.



Obr. 138 Metoda spouštějící se při výstupu komisky z oblasti 4.

b) výsledky simulace

Z výsledků simulace vynesných v grafu lze pozorovat lepší rozdělení práce mezi ostatní balárny. Oproti základní akumulaci je přechod mezi hodnotami plynulejší.



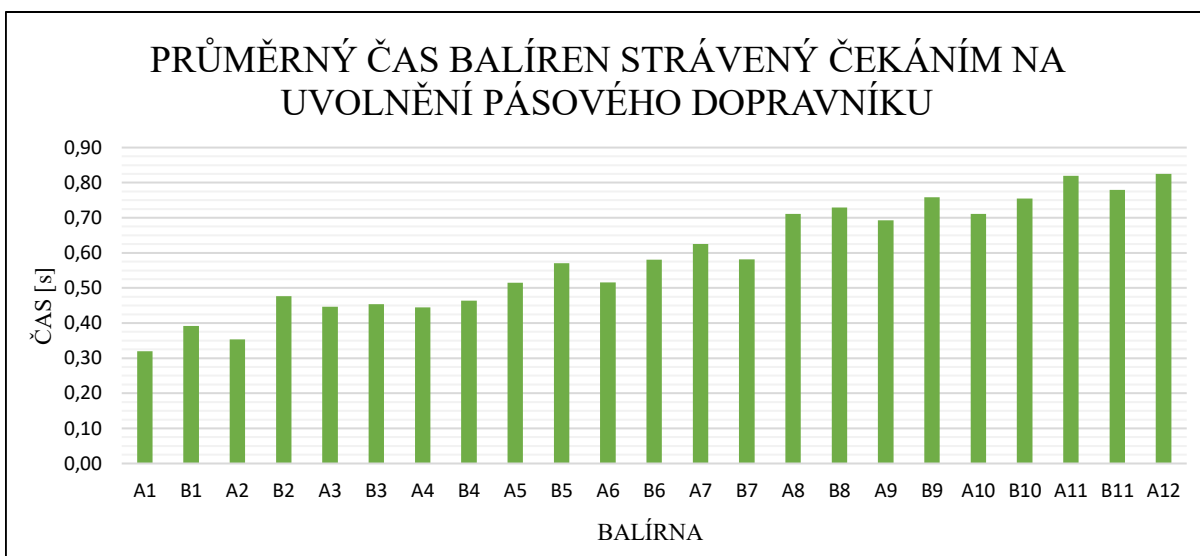
Obr. 139 Pracovní vytížení 23 balíren s inteligentní akumulací komisních krabic.

c) zhodnocení

Z grafu výsledku je patrné rovnoměrnější rozdělení práce mezi balírny, a proto je tento způsob akumulace zvolen jako výchozí.

Sledování obsazenosti PD

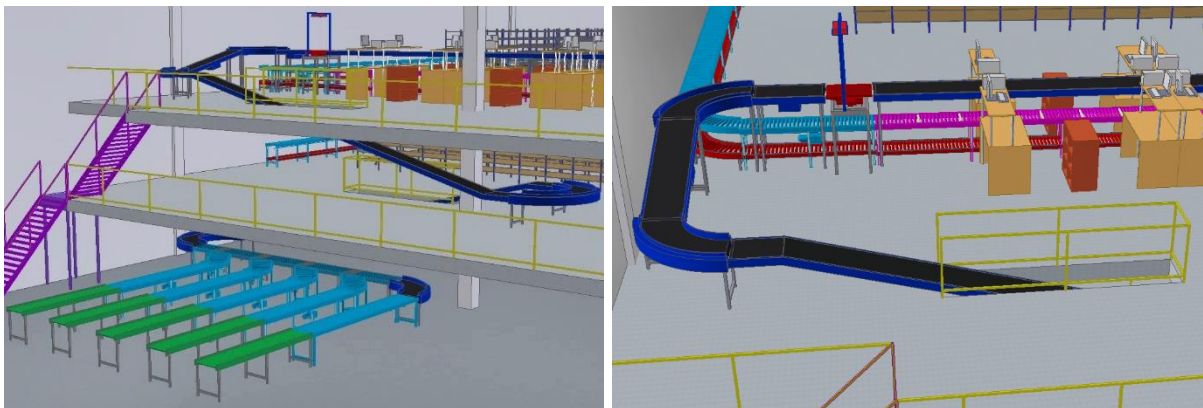
Součástí práce je i kontrola, zda pracovník balírny při pokládání zabalené zásilky nečeká příliš dlouho na uvolnění místa na pásovém dopravníku. Simulací bylo zjištěno, že nejvíce je omezen pracovník na balírně A12, a to u pokládání 0,6 % zásilek s průměrným čekacím časem 0,82 s – což odpovídá vzhledem k tomu, že se balírna nachází na konci PD. Výsledky jsou považovány za přijatelné.



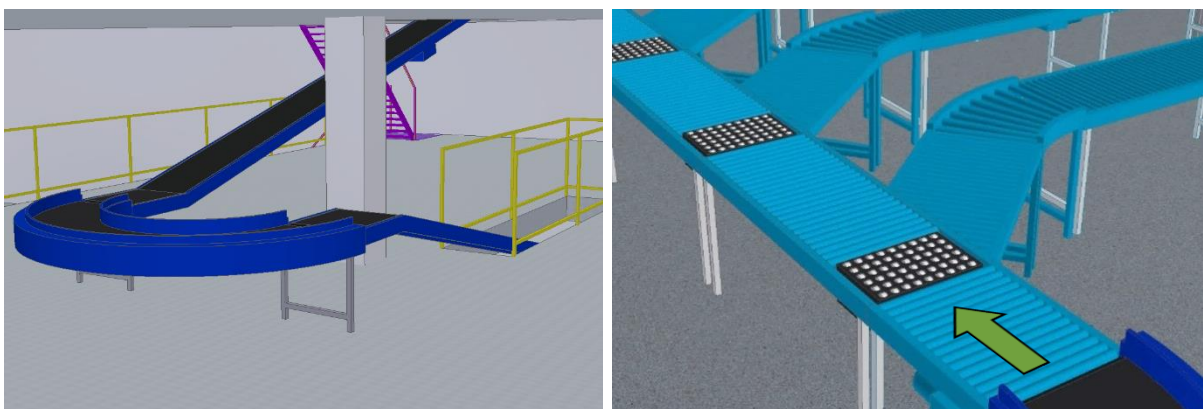
Obr. 140 Graf znázorňující průměrný čas balíren strávený čekáním na uvolnění pásového dopravníku.

2.3.3 Expedice

Zásilky se pohybují na pásových dopravnících od balících pracovišť směrem do prvního podlaží, kde se třídí (pomocí pop-up wheel sorteru firmy Interroll) do 5 požadovaných expedičních linek.



Obr. 141 Expediční linka.



Obr. 142 Expediční linka.

Tab. 8 Parametry kolečkového třidiče firmy Interroll. [8]

Parametry kolečkového třidiče		
Dopravní rychlost	1,4	[m·s ⁻¹]
Doba otočení o 90°	0,3	[s]

Takt dopravovaných zásilek musí být takový, aby kolečkový třidič byl schopen se vychýlit, přesměrovat zásilku a vrátit se do výchozí polohy dříve, než přijede další zásilka. Z tab. 8 vyplývá, že čas potřebný k vychýlení třidiče o 45° a navrácení do výchozí polohy je 0,3s.

Ze simulačního modelu balící linky (obr. 123) byla zjištěna nejnižší hodnota taktu zásilek, a to 1,36s. Vzhledem k tomu že dopravní rychlost kolečkového třidiče je 1,4 m·s⁻¹, tak i po odečtení výše zmíněné doby zůstává stále dost času k přesměrování zásilky, a tedy dopravní linka vyhovuje.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vypracovat rešeršní část, obsahující přehled transportních zařízení používaných pro dopravu kusových předmětů, a praktickou část, zabývající se příkladovým návrhem dopravníkového systému pro distribuční centrum.

V rešeršní části práce byly představeny převážně zařízení, které jsou svým konstrukčním řešením v praxi nejrozšířenější, nebo se jedná o zařízení, které vyrábí firma LOGSYS. Při jejich popisu a rozboru funkce bylo použito velké množství těžko dostupných obrázků. Velká část z nich je doplněna o popis vyobrazených konstrukčních prvků zařízení. Jsou zde rozebrány válečkové tratě, pásové dopravníky, řetězové dopravníky, karuselové dopravníky a na závěr třídící zařízení.

Ve druhé části práce, zabývající se návrhem dopravníkového systému, je nejprve popsán současný stav, včetně principu fungování distribučního centra, a následně požadavky kladené na návrh. Předmět návrhu spočívá v řešení vyskladňovací linky, tj. doprava do jednotlivých podlaží skladu, k balící lince a následně k expedici. V návrhu jsou k přepravě materiálu použity dopravníky firmy LOGSYS, zejména válečkové tratě a pásové dopravníky s rychlostí $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Třídění komisních krabic ve vyskladňovací části probíhá soustavami přesuven, zatímco v expediční části jsou zabalené zásilky tříděny kolečkovými sortery. Obsahem práce je zejména kontrola úzkých míst navrženého řešení s cílem dosáhnout požadované průchodnosti linky, a to 200 komisních krabic za hodinu. K této kontrole bylo využito jak analytického výpočtu, tak i simulačního modelu vytvořeného v programu Plant Simulation od firmy Siemens. Z výpočtu průchodnosti bylo ověřeno, že nejužší místo ve vyskladňovací části vyhovuje požadavkům. Dále byl na základě firemních vstupních dat vytvořen simulační model balící linky, pomocí kterého byl zjištěn potřebný počet balících pracovišť ke splnění požadované přepravní kapacity. Z výsledků simulace vyplývá, že počet balících pracovišť musí být nejméně 23. Další důležitou kontrolou bylo sledování obsazenosti trati, na kterou se pokládají zabalené zásilky směřující k expedici. Simulací bylo zjištěno, že nejvíce je při pokládání zásilek omezen pracovník balírny A12, který čeká na uvolnění trati u 0,6 % zásilek s průměrným časem 0,82 s – tyto hodnoty byly klasifikovány jako přijatelné. Expediční část návrhu byla na základě nejnižší hodnoty taktu zásilek a parametrů kolečkového třídíče, vyhodnocena jako vyhovující.

V příloze práce je výkres návrhu dopravníkového systému balící linky společně s některými konstrukčními celky.

Použité informační zdroje

- [1] ČSN 26 0001. *Dopravní zařízení. Názvosloví a rozdělení*. Praha: Český normalizační institut, 1987.
- [2] History. In: *Sutcliffe Play* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.sutcliffeplay.co.uk/about-sutcliffe-play/history-sutcliffe-play/>
- [3] Interní materiály firmy LOGSYS, spol. s r. o., Hraniční 1397, 691 41 Břeclav.
- [4] BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. *Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení*. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012, 356 s. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 978-80-553-1187-6.
- [5] MALÍK, Vratislav. *Válečkové tratě v teorii a praxi: určeno pro konstruktéry a projektanty dopravních zařízení, hlavní mechaniky a studenty vysokých škol*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. Řada strojírenské literatury.
- [6] GAŠPARÍK, Miroslav a Milan GAFF. *Manipulační a dopravní technika I*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2016, 112 s. ISBN 978-80-213-2619-4.
- [7] POLÁK, Jaromír, Karel BAILOTTI, Jiří PAVLISKA a Leopold HRABOVSKÝ. *Dopravní a manipulační zařízení II*. Skriptum VŠB-TU Ostrava, 2001.
- [8] *Interroll* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.interroll.cz/>
- [9] New Interroll gravity conveyor roller. In: *Picclick* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://picclick.ca/6-New-InterRoll-Gravity-Conveyor-Rollers-281413164357.html>
- [10] STEHLÍK, Jaroslav. *Dopravníky*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-888-4.
- [11] Katalog: Material handling components. In: *Euroroll* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.euroroll.net/catalogue.html>
- [12] *Dopravníky: Dokumenty* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://strand.cz/>
- [13] *Durabelt* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.durabelt.com/>
- [14] Roller conveyor. In: *System Fördertechnik Bornheim* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://sfb-foerdertechnik.de/en/conveyor-solutions-products/roller-conveyor/>
- [15] Katalog: Guides and profiles. In: *Habasit* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.habasit.com/en/wear-strips-and-guides.htm>
- [16] PVC/PU pásy. In: *KLEMENT dopravní pásy* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.dopravnipasy.cz/dopravni-pasy/pvcpu-pasy>
- [17] Modular plastic belting. In: *Intralox* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.intralox.com/>

-
- [18] Powered transnorm flat belt curve conveyor. In: *Excessequip* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.excessequip.com/Conveyor/Curves/belted-curves/34-w-spiral-powered-transnorm-flat-belt-curve>
- [19] Merge Conveyor. In: *Glidepathgroup* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.glidepathgroup.com/en/baggage-handling/45-degree-merge-conveyor/>
- [20] Katalog: Engineering guide fabric conveyor. In: *Habasit* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.habasit.com/en/conveyor-belts.htm>
- [21] Cermac. In: *Direct industry* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/cermac/product-56548-746291.html>
- [22] Powered curve conveyors built for durability by Caljan Rite-Hite. In: *Youtube* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=efNOwbFyL-s>
- [23] Let's get ready to rumble (Interroll Belt Curve) Trailer. In: *Youtube* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=TT7JGyuGF1w>
- [24] *Caljan* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://caljan.com/products-for-logistic-applications/telescopic-belt-conveyors/>
- [25] Katalog: Engineering guide HabasitLINK modular belts. In: *Habasit* [online]. [cit. 2017-05-20]. <http://www.habasit.com/en/modular-belt-design-en.htm>
- [26] Baggage reclaim carousel. In: *RRC* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.rongfagroup.com/sale-9368295-baggage-reclaim-carousel-flat-carousel-flat-plate-carousel-plane-baggage-carousel-horizaontal-claim-.html>
- [27] Conveyer system with an offset bush. In: *Google* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.google.com/patents/US7611007>
- [28] Sortation systems. *Trifactor* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.trifactor.com/Material-Handling-White-Papers/Selecting-a-Sortation-System>
- [29] Industrial Conveyor Turntables. In: *Industrial kinetics* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.iki.com/conveyors/turntables>
- [30] Conveyor turntable ALFOTEC. In: *Bpress* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.bpress.cn/im/author/algous/page/41988/>
- [31] Rotating turnable. In: *Maillis group* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.maillis.com/products/ws46/#prettyPhoto>
- [32] Pusher standard. In: *Teltek* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.teltek.se/en-GB/products/rejects-31718573>
- [33] Sliding shoe sorter. In: *Direct industry* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/vanderlande-industries/product-5796-575011.html>

-
- [34] Interroll Sorter (Animation). In: *Youtube* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=wSoPBGIRIas>
- [35] Tilt tray sorters. In: *Bastian solutions* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.bastiansolutions.com/solutions/technology/conveyor-systems/sortation/conveyor/tilt-tray-sorter>
- [36] Denisort - sorter technology by Denipro. In: *Youtube* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=VEjVtAEj_Fo
- [37] Tilt Tray Sorter (Loop Sorter). In: *Invata intralogistics* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.invata.com/warehouse-automation/sortation-systems/tilt-tray-sorter-loop-sorter/>
- [38] EuroSort Bomb-bay Sorter. In: *Youtube* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=vIhk3wn2mQs>
- [39] Split tray sorters. In: *Eurosort* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.eurosort.com/Sorter-systems/Split-Tray-sorter/index.html>
- [40] Jak to chodí na skladě Notina. In: *Youtube* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=FDYSP9jZMw8&t=1s>
- [41] VANĚČEK, Drahoš a Dalibor KALÁB. *Logistika*. 1. díl, Úvod, řízení zásob a skladování. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2003. ISBN 80-7040-652-6.
- [42] 50 000 voňavých dárků každý den. In: *Youtube* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=GfSk_UcwWQQ&t=5s
- [43] Nové distribuční centrum Parfums.cz. In: *Logistika* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://logistika.ihned.cz/c1-61886050-nove-distribucni-centrum-parfums-cz>

Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratky

<i>DC</i>	distribuční centrum
<i>NP</i>	nadzemní podlaží
<i>PD</i>	pásový dopravník
<i>PU</i>	polyuretan
<i>PVC</i>	polyvinylchlorid
<i>ŘD</i>	řetězový dopravník
<i>VT</i>	válečková trať
<i>WMS</i>	warehouse management system

Symboly

b_k	šířka komisioní krabice	[mm]
b_t	teoretická šířka tratě	[mm]
l_k	délka komisioní krabice	[mm]
l_1	vzdálenost, kterou komisioní krabice urazí na přesuvně	[mm]
l_2	vzdálenost, kterou komisioní krabice urazí na přesuvně	[mm]
l_3	vzdálenost, kterou komisioní krabice urazí na přesuvně	[mm]
R_{ext}	vnější poloměr válečkového oblouku	[mm]
R_{in}	standardizovaný vnitřní poloměr válečkových tratí firmy LOGSYS	[mm]
Th_{2Pmin}	minimální nutná průchodnost přesuven ve 2. nadzemním podlaží	[hod ⁻¹]
Th_{2PS2}	průchodnost přesuven ve 2. NP pro situaci 2	[hod ⁻¹]
Th_{2P_r15}	průchodnost přesuven ve 2. NP pro řádek 15 Tab. 7	[hod ⁻¹]
t_{PZ}	průměrná doba zdvihu/spuštění řetězové sekce přesuvny firmy LOGSYS	[s]
t_{2PS1}	průměrný výstupní takt přesuven ve 2. NP pro situaci 1	[s]
t_{2PS2}	výstupní takt přesuven ve 2. NP pro situaci 2	[s]
t_{2PS1_1}	výstupní takt přesuven ve 2. NP pro situaci 1 pro komisioní krabice přijíždějící ze skladu	[s]
t_{2PS1_2}	výstupní takt přesuven ve 2. NP pro situaci 1 pro komisioní krabice přijíždějící z 1. NP	[s]
t_{2P_r15}	výstupní takt přesuven ve 2. NP pro řádek 15 Tab. 7	[s]
v_{PD}	rychlost pásového dopravníku firmy LOGSYS	[m·s ⁻¹]
v_{PR}	rychlost řetězové sekce přesuvny firmy LOGSYS	[m·s ⁻¹]
v_{PV}	rychlost válečkové sekce přesuvny firmy LOGSYS	[m·s ⁻¹]

Seznam příloh

Výkresová dokumentace

02-151949-0	BALÍCÍ LINIE
02-151949-03	VÁLEČKOVÁ TRAŤ DS-L9000
RD-3000-0460-075	VÁLEČKOVÁ TRAŤ RD-L3000
02-151949-08	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK-L9000
DSM-3000-0460-075	VT DS MASTER-L3000
02-151949-21	STOJAN S MOTOREM
DS-HRIM-3000-075	HŘÍDEL MOTOROVÁ-L3000
DS-3000-0460-075	VT DS SLAVE-L3000
DS-BOCN-75-3000	BOČNICE-L3000-P75