



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

VÝŠKOVÝ SKLAD PRO LAKOVANÉ KAROSERIE

HIGH-BAY WAREHOUSE FOR LACQUERED BODYWORK

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Patrik Bachorík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Lubomír Vašek, CSc.

BRNO 2018

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Bc. Patrik Bachorík
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce:	doc. Ing. Lubomír Vašek, CSc.
Akademický rok:	2017/18

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:

Výškový sklad pro lakované karoserie

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Materiálový tok v závodě ŠKODA AUTO a.s. v Mladé Boleslavi zahrnuje mj. i přepravu a manipulaci s lakovanými karoseriemi mezi lakovnou a montážní linkou. Součástí této přepravy může být i výškový sklad lakovaných karoserí. Náplní diplomové práce bude návrh vhodného výškového skladu a jeho začlenění do stávajících dopravníkových systémů v závodě ŠKODA AUTO a.s.

Cíle diplomové práce:

1. Zpracování rešerše z oblasti dopravníkové techniky používané v automobilním průmyslu.
2. Zpracování analýzy současného stavu manipulace s lakovanými karoseriemi mezi lakovnou a montážemi v a.s.ŠKODA AUTO.
3. Rozbor výškových skladů a možností jejich použití pro manipulaci s lakovanými karoseriemi.
4. Návrh variant řešení výškového skladu a jeho začlenění do materiálového toku v závodě ŠKODA AUTO a.s.včetně výběru optimální varianty.
5. Zpracování technických výpočtů a výkresové dokumentace vybrané varianty.

Seznam doporučené literatury:

POLÁK, J., SLÍVA, A.: Dopravní a manipulační zařízení III., 1. vyd., Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2004, 146 s.

GAJDŮŠEK, J. - ŠKOPÁN, M.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení. Skriptum VUT Brno 1988

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Cieľom diplomovej práce je návrh výškového skladu pre nalakované karosérie so zameraním na problematiku dopravníkových trás a jeho začlenenie do stávajúceho materiálového toku v spoločnosti Škoda Auto a.s.. Boli navrhnuté a popísané tri varianty návrhov skladu pre lakované karosérie. U nich bol vykonaný časový rozbor vyskladnenia karosérie. Práca bola ukončená komplexným zhodnotením všetkých variantov na základe zvolených kritérií, z ktorého bol určený najlepší. Ten bol bližšie spracovaný vo výkresovej dokumentácii.

ABSTRACT

The aim of this diploma work was a design of a high-bay warehouse for lacquered car bodywork with focus on the issue of a conveyer line and its incorporation into the existing material flow in company Skoda Auto a.s. Three variants of the warehouse for the lacquered car bodywork were proposed and described. For each one of them, a time analysis of car bodywork removal from the storage was carried out. The thesis was ended with a complex evaluation of the three variants according to chosen criteria, based on which the best variant was selected. That one was further depicted in layout documentation

KLÚČOVÉ SLOVÁ

dopravníková technika, výškový sklad, nalakovaná karoséria, Microstation

KEYWORDS

convoyer technique, high-bay warehouse, lacquered car body, Microstation

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

BACHORÍK, P. *Výškový sklad pro lakované karoserie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 90 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Lubomír Vašek, CSc..

POĎAKOVANIE

Týmto by som rád poďakoval predovšetkým doc. Ing. Lubomírovi Vaškovi, CSc. za cenné rady a príkladné vedenie pri vypracovaní diplomovej práce. Ďalej by som rád poďakoval firme Promus Katowice Sp. o.o. za poskytnutie modelov dopravníkových prvkov a zamestnancom oddelenia plánovania dopravníkov spoločnosti Škoda Auto a.s. za ich užitočné rady a pripomienky. Na záver by som rád poďakoval svojej priateľke a rodine za podporu a pomoc pri štúdiu na Vysokej škole.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že tato práca je mojím pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne pod vedením doc. Ing. Lubomíra Vaška CSc. a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 25.5.2018

.....
Bc. Bachorík Patrik

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	MOTIVÁCIA	17
3	PREHĽAD DOPRAVNÍKOVEJ TECHNIKY	19
3.1	Skidové dopravníky	19
3.1.1	Transportný rám	19
3.1.2	Valčeková dráha	20
3.1.3	Kyvňový a otočný stôl	21
3.1.4	Priečny pásový dopravník	23
3.1.5	Excentrický zdvíhací stôl	24
3.1.6	Priečny presuvný vozík	24
3.1.7	Zdvíhacie zariadenia	25
3.2	Podvesné dopravníky	26
3.2.1	Elektrické podvesné dráhy (EHB dopravníky)	26
3.2.2	Power and Free dopravník	27
3.3	Pozemné dopravníky	28
3.3.1	Doskový dopravník s trňmi	28
3.3.2	Gumový pásový dopravník	29
3.4	Šrotové dopravníky	30
4	AUTOMATIZOVANÉ VÝŠKOVÉ SKLADY	31
4.1	Výškové sklady pre krabice	31
4.2	Výškové sklady pre palety	32
4.3	Výškové sklady pre nalakované karosérie	34
5	ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU	35
5.1	Výrobný tok pri produkcii automobilov v spoločnosti Škoda Auto a.s.	35
5.1.1	Lisovňa	35
5.1.2	Zvarovňa	36
5.1.3	Lakovňa	37
5.1.4	Sklad pre nalakované karosérie	37
5.1.5	Montáž	37
5.2	Materiálový tok medzi dodávateľskými firmami a výrobným závodom	37
5.2.1	JIT (Just in Time)	38
5.2.2	Kanban	38
5.3	Materiálový tok medzi lakovňou a montážnymi linkami	39
5.3.1	Materiálový tok medzi lakovňou a montážnou linkou M1	39
5.3.2	Materiálový tok medzi lakovňou a montážnou linkou M13	40
6	NÁVRH PREPOJENIA NOVÉHO SKLADU SO SÚČASNÝM MATERIÁLOVÝM TOKOM	43
6.1	Vstupné požiadavky na navrhovaný sklad	43
6.2	Súčasný materiálový tok v mieste napojenia s navrhovaným sklado	44
6.2.1	Materiálový tok v moste D13	44
6.3	Napojenie navrhovaného skladu na súčasný materiálový tok v moste D13	47
6.4	Návrh mostu prepojujúceho navrhovaný sklad s mostom D13	49
7	VARIANTY NAVRHOVANÉHO SKLADU	51
7.1	Variant A	51

7.1.1	Logika dopravníkového systému v navrhovanom sklade	51
7.2	Variant B	53
7.2.1	Logika dopravníkového systému v navrhovanom sklade	53
7.3	Variant C	55
7.4	Časový rozbor vyskladnenia nalakovaných karosérií	58
7.4.1	Časový rozbor vyskladnenia karosérie v návrhu variantu A.....	59
7.4.2	Časový rozbor vyskladnenia karosérie v návrhu variantu B.....	63
7.4.3	Časový rozbor vyskladnenia karosérie v návrhu variantu C.....	67
8	KOMPLEXNÉ ZHODNOTENIE VARIANTOV SKLADU.....	73
8.1	Zhodnotenie jednotlivých variantov skladu podľa zvolených kritérií.....	74
9	DISKUSIA	77
9.1	Napojenie navrhovaného skladu na súčasný materiálový tok	77
9.2	Variety navrhovaného skladu	77
9.2.1	Variant A	77
9.2.2	Variant B	78
9.2.3	Variant C	78
10	ZÁVER	79
11	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	81
12	ZOZNAM SKRATIEK, SYMBOLOV, OBRÁZKOV A TABULIEK.....	83
12.1	Zoznam tabuliek	83
12.2	Zoznam obrázkov	83
12.3	Zoznam symbolov a skratiek.....	86
13	ZOZNAM PRÍLOH.....	89

1 ÚVOD

Spoločnosť Škoda Auto a.s. je najväčším výrobcom osobných automobilov v Českej republike. Sídlo spoločnosti sa nachádza v Mladej Boleslavi, kde je i najväčší výrobný závod. Je jednou z najstarších, doposiaľ fungujúcich, automobiliek vo svete. Už v roku 1905 začala mladoboleslavská spoločnosť výrobu automobilov modelom Voiturette A, ktorý vyvinuli zakladatelia spoločnosti Václav Laurin a Václav Klement. V roku 1991 sa stala súčasťou koncernu Volkswagen Group. Okrem ďalších dvoch závodov v Česku sa automobily značky Škoda vyrábajú i v šiestich krajinách sveta ako sú Slovensko, Rusko, India, Kazachstan, Ukrajina a Čína. V uplynulých rokoch sa tejto spoločnosti podarili historické predaje pričom v roku 2017 dodala zákazníkovi 1 200 500 kusov vozidiel. Práve veľký záujem o jej produkty spôsobuje hľadanie nových možností pri ich výrobe tak, aby čakacia doba na jednotlivé modely bola čo najkratšia. Riešením môžu byť napríklad rozširovanie výrobných kapacít či výstavba nového výrobného závodu. [1, 2]

Výroba automobilov je náročný technologicko – logistický proces vyžadujúci si presné plánovanie a riadenie výrobného toku. V súčasnosti sa v automobilovom priemysle kladie dôraz na logistiku výroby, zjednodušenie, zefektívnenie a automatizáciu jednotlivých procesov výroby, čo vedie k zvýšeniu výrobných kapacít. Moderné výrobné procesy zahŕňajú aj dopravníkové systémy, ktorých úlohou je pohyb rozpracovaného automobilu medzi jednotlivými výrobnými procesmi a operáciami v nich. Dopravníkovou technikou sú vybavené všetky časti výroby automobilu, od lisovne až po montáž. Dobře navrhnutým a skonštruovanými dopravníkovými trasami je možné zefektívniť výrobu a znížiť náklady s maximalizáciou výroby vo fabrike.

V Škoda Auto a.s. sa plánovaním dopravníkov zaoberá samostatné oddelenie - Plánovanie dopravníkov. Náplňou oddelenia je plánovanie výstavby nových dopravníkových trás, úprava existujúcich dopravníkov a optimalizácia kapacít a funkčnosti dopravníkov. Súčasťou práce je tiež plánovanie dopravníkových systémov v pobočných závodoch koncernu VW.

Diplomová práca vznikla v spolupráci s týmto oddelením. Hlavnou požiadavkou bolo vypracovať návrh výškového skladu pre nalakované karosérie so zameraním na problematiku dopravníkových trás v ňom. V tejto práci budú vypracované tri varianty návrhu takéhoto skladu, z ktorých bude po ich komplexnom zhodnotení vybraný najlepší variant. Pri realizácii návrhu bolo nutné vymyslieť a uplatniť nové nekonvenčné spôsoby uskladňovania a vyskladňovania karosérií. K riešeniu tejto úlohy pomohli výraznou mierou skúsenosti a znalosti získané z praktikantského pobytu na tomto oddelení.

2 MOTIVÁCIA

Najnovší trend predaja automobilov sa upriamuje na fakt, že výroba automobilu sa riadi špecifickými a individuálnymi požiadavkami zákazníka. Zákazník sa výraznou mierou podieľa na návrhu svojho automobilu, ktorý spĺňa jeho predstavy a požiadavky na komfort. Plánovanie výroby a celý výrobný proces sa riadi objednávkami od zákazníkov. Objednávky obsahujú požiadavky na jednotlivé komponenty výroby, ktoré sú na montáž dodávané len niekoľko hodín pred kompletizáciou montáže automobilu. To v praxi znamená, že komponenty sú od externých dodávateľov dodávané, logistickým princípom Just In Time [1].

Pre zabezpečenie paralelnej výroby (výroby, pri ktorej sa v malom časovom rozmedzí vyrába automobil vo výrobnom podniku a súčasne komponenty naň u externého dodávateľa) je potrebné vytvorenie nemennej sekvencie automobilov tak, aby sa každý automobil stretol na montážnej linke s komponentami určenými presne pre toto dané vozidlo. Nemenná sekvencia nalakovaných karosérií vzniká na výstupe mnou navrhnutého skladu. Proces vyskladnenia požadovanej sekvencie musí spĺňať takt výroby a musí byť presne riadený tak, aby z celého skladu karosérií bolo možné vyskladniť efektívne a presne požadovanú karosériu podľa objednávky.

Po zohľadnení vyššie uvedených faktov bolo potrebné spracovať viac variantov návrhu skladu pre lakované karosérie so zameraním na dopravníkové trasy. Z vypracovaných variantov bol na základe špecifikovaných kritérií vybraný najvhodnejší. Pomocou navrhnutých dopravníkových dráh v tomto sklade môže byť zefektívnená a maximalizovaná výroba na montážnej linke (konkrétne na montážnej linke v hale M13) vo výrobnom podniku v Mladej Boleslavi.

3 PREHLAD DOPRAVNÍKOVEJ TECHNIKY

Pohyb prvkov materiálového toku v častiach výrobného závodu ako sú zvarovne, lakovne, skladovacie priestory, či montážne linky je realizovaný pomocou dopravníkov. V nasledujúcich podkapitolách sú popísané vlastnosti a princíp fungovania základných prvkov dopravníkovej techniky využívanej vo výrobných závodoch spoločnosti Škoda Auto a.s.. Pre lepšiu predstavu a pochopenie rozvrhnutia prvkov dopravníkovej techniky vo výkresovej dokumentácii (ďalej len layout) v experimentálnej časti tejto práce bol pri každom skidovom dopravníku uvedený jeho model alebo obrázok spolu s jeho 2D zobrazeným, ktorým bol znázorňovaný na layoutoch.

Medzi základné logistické operácie s materiálovým tokom pomocou dopravníkovej techniky patria [3, 4]:

- preprava medzi výrobnými halami,
- manipulácia medzi jednotlivými pracoviskami,
- skladové operácie ako napr. uskladnenie alebo vyskladnenie,
- vytváranie zásob v materiálovom toku pred jednotlivými pracoviskami.

Dopravníkovú techniku podľa spôsobu prepravy častí materiálového toku môžeme rozdeliť na [3, 4]:

- skidové dopravníky,
- podvesné dopravníky,
- pozemné dopravníky,
- šrotové dopravníky,

3.1 Skidové dopravníky

Sú dopravníky slúžiace na prepravu karosérií, ktoré sú umiestnené na špeciálnych oceľových rámoch tzv. skidoch. Takýto druh dopravníkov nájde svoje uplatnenie najmä vo zvarovniach a lakovniach [3, 4].

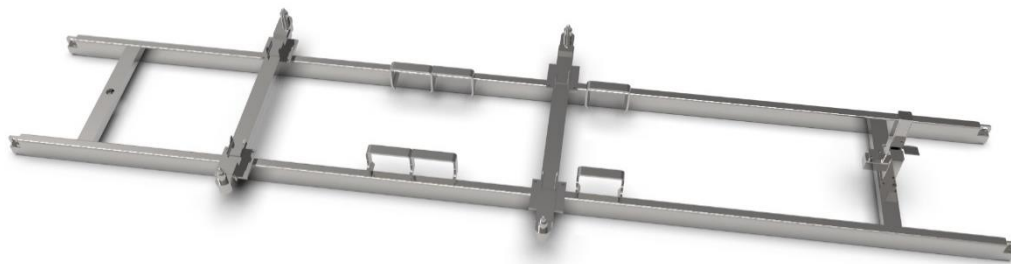
Medzi základné prvky skidových dopravníkov patria [3, 4]:

- skid,
- valčeková dráha,
- otočný a kyvný stôl,
- priečny pásový dopravník,
- priečny presuvný vozík
- zdvíhacie zariadenie.

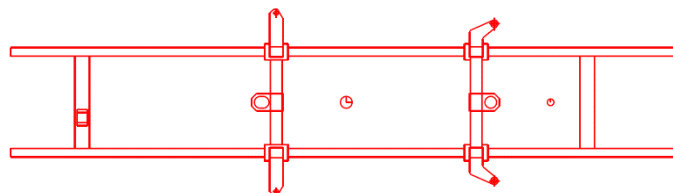
3.1.1 Transportný rám

Transportný rám (ďalej len „skid“) je špeciálny zvarovaný rám (viď obr. 1 a 2), ktorý sa spolu s karosériou automobilu pohybuje po dopravníkových dráhach. Karoséria je naň upevnená pomocou tŕňov, ktorých poloha je definovaná presnými RPS bodmi. Rozloženie tŕňov na skide je vo všetkých fabrikách VW jednotné, z dôvodu ich univerzálneho použitia [1, 5].

V lakovni je karoséria prevesená zo skidu používaného vo zvarovni na skid prepravujúci karosériu v lakovni. Jeho trne si vyžadujú špeciálnu úpravu, aby zabránili vyplávaniu karosérie po jej ponorení do lázne, v ktorej sú na karosériu nanášané rôzne ochranné vrstvy pred lakovaním. Takáto úprava spočíva v excentrických koncoch trňov, ktoré po ich pootočení špeciálnym mechanizmom o 90 stupňov slúžia ako zámok. Pre kontrolu správneho uzamknutia karosérie na skide je tento proces kontrolovaný skenerom [1, 5].



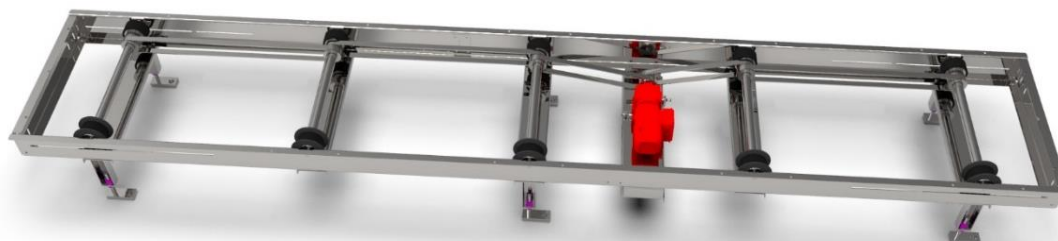
Obr. 1) Transportný rám (skid) [5].



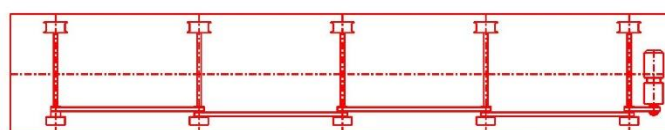
Obr. 2) Znáznornenie skidu na layoute [1].

3.1.2 Valčeková dráha

Valčeková dráha (viď obr. 3 a 4) slúži na pohyb karosérii priamym smerom rýchlosťou približne 36 m/min. Skladá sa z piatich párov valčekov, ktoré sú od elektromotoru vybaveného frekvenčným meničom poháňané pomocou ozubených remeňov. Rozmer valčekovej dráhy predstavuje jednu pozíciu, na ktorej môže skid zastaviť bez toho, aby svojimi rozmermi zaberol miesto na predchádzajúcej respektíve nasledujúcej valčekovej dráhe. V prípadoch, kde sa päťvalčekové dráhy rozmerovo nevojdú, sa používajú jedno až štvorvalčekové. Tie slúžia ako prejazdové čo znamená, že skid s karosériou nemôžu na nich zastaviť [1, 5].



Obr. 3) Valčeková dráha [5].

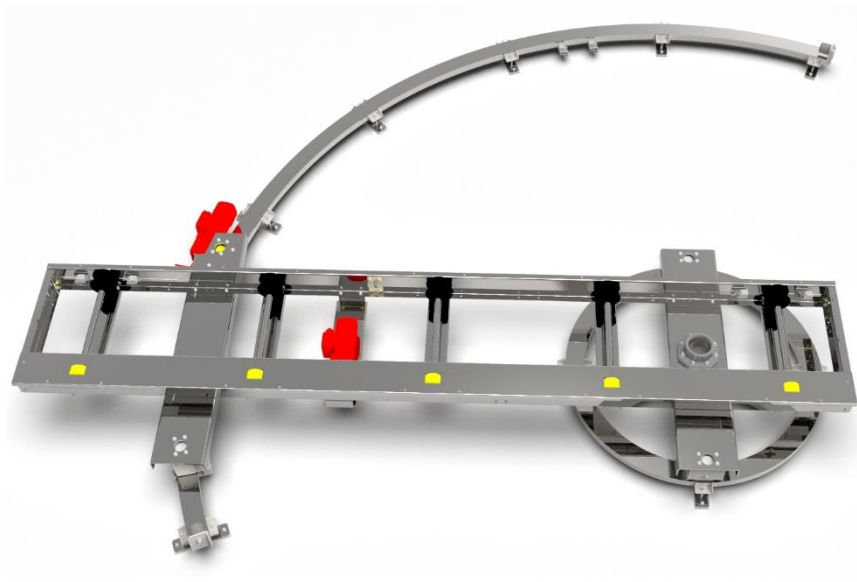


Obr. 4) Znáznornenie valčekovej dráhy na layoute [1].

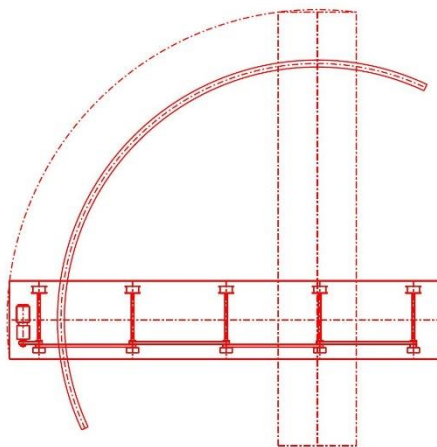
Okrem prepravy karosérií z jedného pracoviska na druhé môžu valčekové dráhy slúžiť ako medzioperačný FIFO zásobník pre vyrovnávanie materiálového toku. Napríklad v prípade keď zvarovňa pracuje v kratšom takte ako lakovňa. Vtedy sa v priebehu týždňa tento zásobník naplní zvarovnými karosériami, ktoré sa môžu nalakovať počas extra zmeny kedy už zvarovňa nevyrába [1, 5].

3.1.3 Kyvný a otočný stôl

Kyvné stoly (viď obr. 5 a 6) sú používané na zmenu smeru dopravovaných karosérií. Ich konštrukciu tvorí valčeková dráha, otáčajúca sa v rozmedzí od 10° do 90° . Stred jej otáčania sa nachádza na kraji stola. Ďalej sa skladá z dvoch motorov, pričom jeden z nich slúži ako pohon valčekov a druhý otáča valčekovú dráhu po koľajnici. Na konci stola sa nachádza mechanická zarážka. Tá slúži ako poistka proti pohybu skidu po valčekovej dráhe počas jej otáčania sa. Vo chvíli keď dosiahne polohu, kedy je v ose s nasledujúcou valčekovou dráhou, zarážka sa preklopí a ďalej nebráni skidu v pohybe [1, 5].

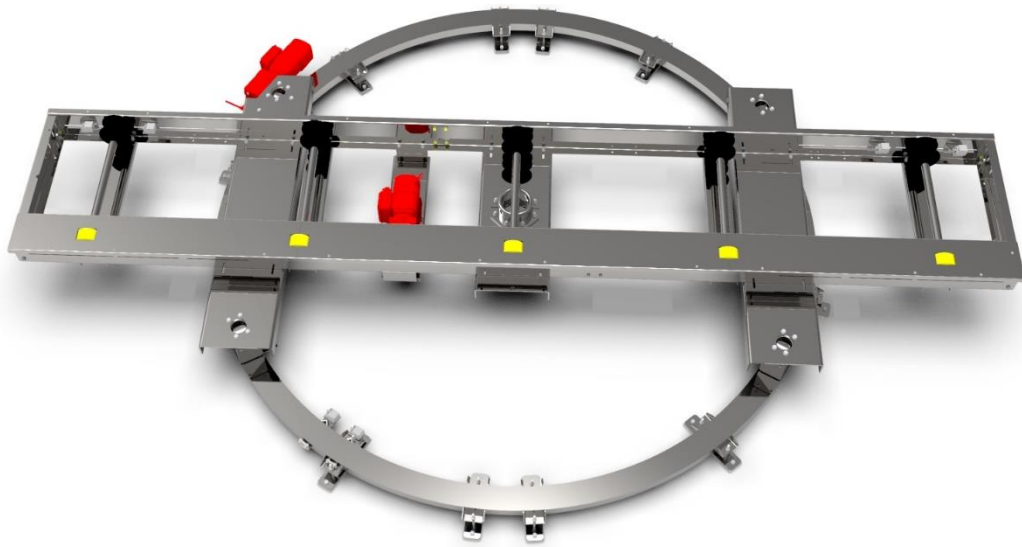


Obr. 5) Kyvný stôl [5].

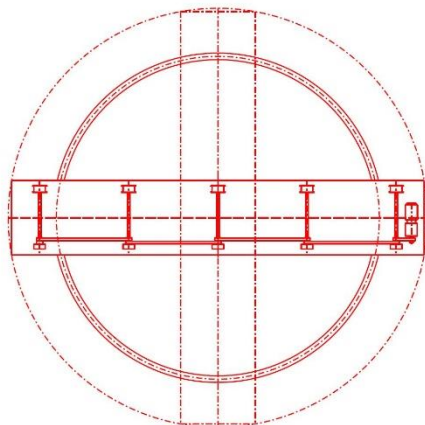


Obr. 6) Znáznornenie kyvného stola na layoute [1].

Otočné stoly (viď obr. 7 a 8) sú podobnej konštrukcie ako kynné s tým rozdielom, že valčeková dráha so stredom otáčania v jej strede sa môže otáčať až o 360° [1, 5].



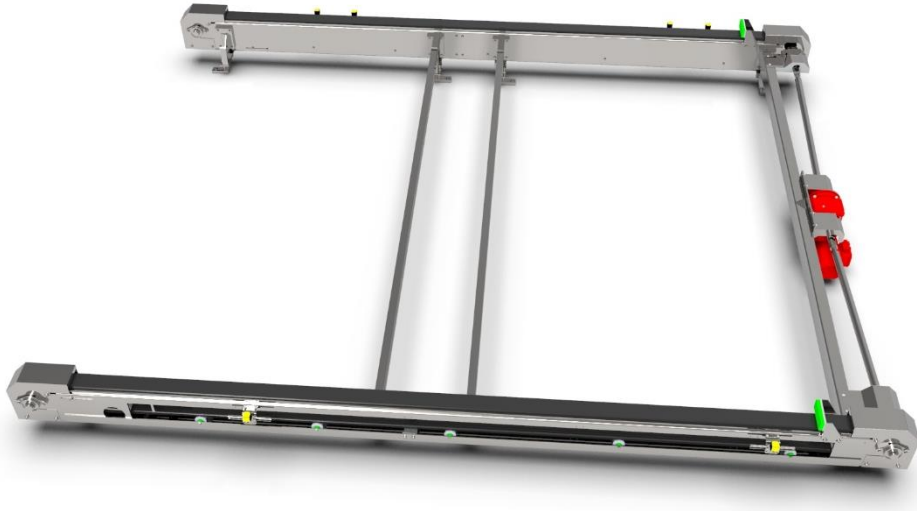
Obr. 7) Otočný stôl [5].



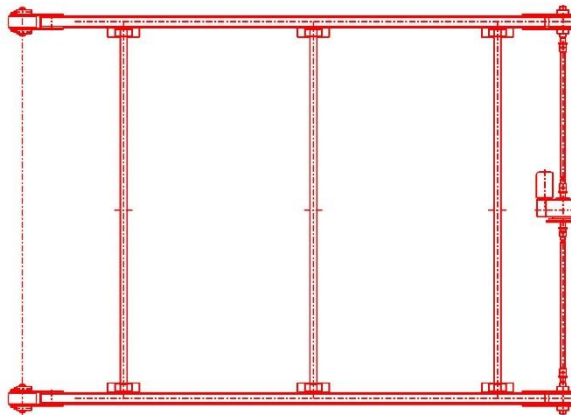
Obr. 8) Znáznornenie otočného stola na layoute [1, 5].

3.1.4 Priečný pásový dopravník

Priečný pásový dopravník (viď obr. 9 a 10) umožňuje zmenu smeru pohybu prepravovanej karosérie v priečnom smere. Najčastejšie v mieste, kde je potrebné premiestniť ju medzi rovnobežnými valčekovými dráhami. Skladá sa z dvojice plastových pásov medzi ktorými sú umiestnené excentrické stoly. Tieto pásy sú zložené z veľkého množstva plastových dielcov v závislosti na ich dĺžke. Takáto konštrukcia je výhodná najmä pri ich poškodení kedy namiesto celého pásu stačí vymeniť jeden diel. Pohon pásov je realizovaný pomocou elektromotoru cez prevodovku, ktorá prenáša krútiaci moment na dvojicu kardanových hriadeľov [1].



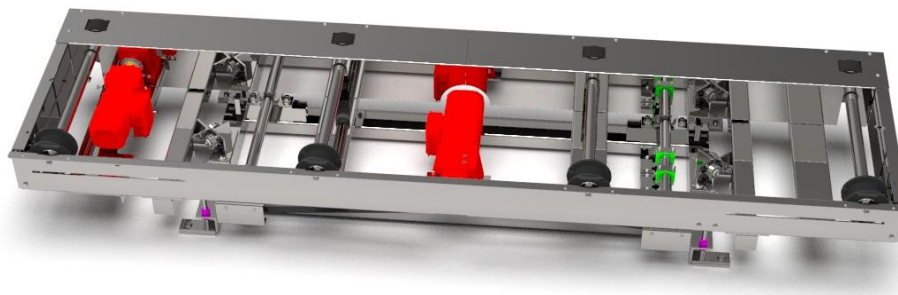
Obr. 9) Priečný pásový dopravník [5].



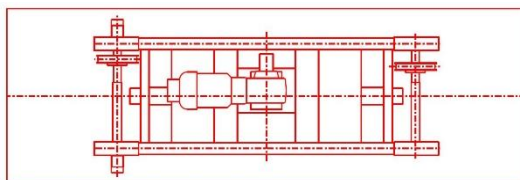
Obr. 10) Zobrazenie priečného pásového dopravníka na layoute [1].

3.1.5 Excentrický zdvíhací stôl

Excentrické stoly (vid' obr. 11 a 12) sa nachádzajú medzi pásmi priečneho pásového dopravníka. Umožňujú pomocou excentrického hriadeľa pridvihnúť karosériu nad dvojicu pásov priečneho dopravníka a jej následný pohyb v kolmom smere na pásový dopravník [1, 5].



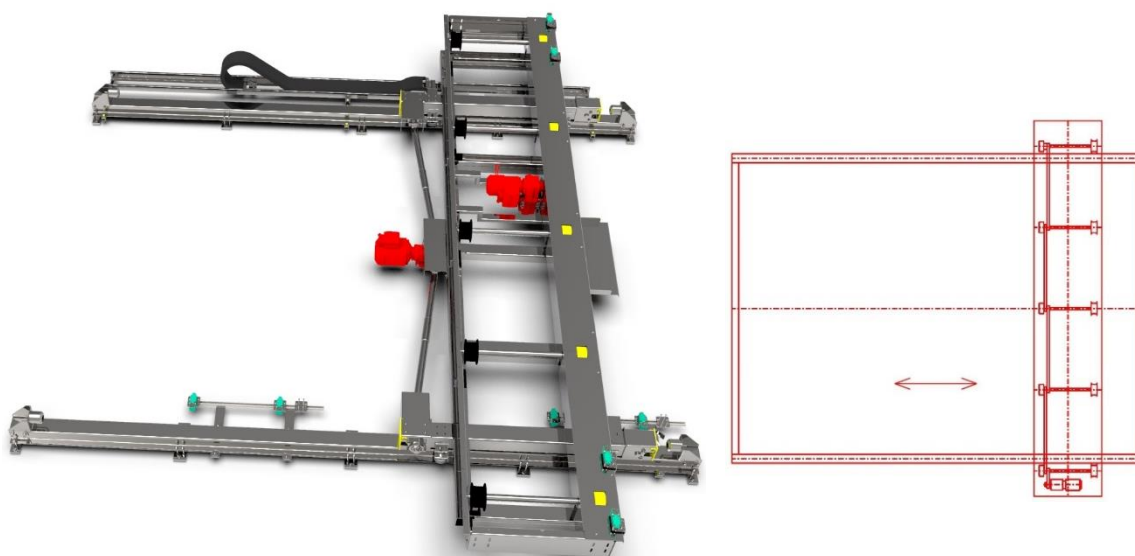
Obr. 11) Excentrický zdvíhací stôl [5].



Obr. 12) Znáozornenie excentrického zdvíhacieho stola na layoute [1].

3.1.6 Priečny presuvný vozík

Priečny presuvný vozík (vid' obr. 13) je druhou alternatívou priečneho pohybu karosérie u skidových dopravníkov. Zvyčajne sa využíva na kratšie prepravné vzdialenosti s vyššou rýchlosťou. Princíp spočíva v pohybe valčekovej dráhy po dvojici koľajníc pomocou elektromotoru s frekvenčným meničom [1, 5].



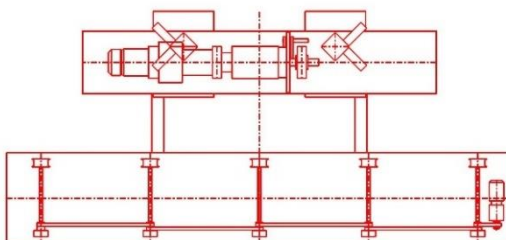
Obr. 13) Priečny presuvný vozík spolu s jeho znázornením na layoute [5].

3.1.7 Zdvíhacie zariadenia

Väčšina dopravníkovej techniky je umiestnená na oceľovej konštrukcii vo výške niekoľkých metrov nad montážnou linkou. Pre prekonanie týchto výškových rozdielov pri preprave karosérií sa používajú tzv. stĺpové zdviháky (viď obr. 14). Ich nosná časť je tvorená dvomi alebo štyrmi stĺpmi zo silno stenných štvorcových profilov. Po stĺpoch sa nahore a dolu pohybuje vozík, na ktorom je pripevnená valčeková dráha. Tá je podobne ako u kyvných stoloch na oboch stranách vybavená mechanickými zarážkami, aby sa predišlo pohybu skidu vo vodorovnom smere počas zdvihu. Pohonnou jednotkou je elektromotor, ktorý cez valec navíja dva gumové pásy pevne spojené s vozíkom zdviháku, čím umožňuje jeho pohyb v horizontálnom smere. Pre zníženie potrebného výkonu motora je na druhej strane pásov upevnené protizávažie. V prípade poruchy pohonnej jednotky je zdvihák vybavený ešte jedným záložným motorom [1, 5].



Obr. 14) Stĺpový zdvihák [5].



Obr. 15) Znázornenie stĺpového zdviháku na layoute [1].

3.2 Podvesné dopravníky

Dopravníky tvorené nosnou hliníkovou koľajou, po ktorej sa pohybujú závesy prepravujúce časti karosérií, sedadlá, motory, prevodovky alebo podvozky automobilu. Sú umiestňované pod oceľové konštrukcie v hale, čím využívajú i jej ťažko prístupné priestory [3].

Medzi dva základné typy podvesných dopravníkov patria [3]:

- elektrické podvesné dráhy (EHB dopravníky),
- reťazové Power and Free .

3.2.1 Elektrické podvesné dráhy (EHB dopravníky)

Hlavnou časťou EHB dopravníkov je elektrická podvesná dráha. Po nej sa pomocou elektromotoru pohybujú automatické závesy rýchlosťou až 120 m/min . Prenos energie a dát na vozíky je realizovaný pomocou zberných kartáčikov prostredníctvom vedenia nachádzajúceho sa priamo na profile koľajnice (viď obr. 16). V jednotlivých drážkach tohto vedenia sa nachádzajú napájacie, uzemňovacie a dátové vodiče, ktoré slúžia pre vzájomnú komunikáciu so závesmi [1, 6].



Obr. 16) Nosná koľajnica EHB dopravníka spolu s vedením [6].

Koľajnice sú podľa dráhy pohybujúcich sa závesov ohýbané do vertikálnych a horizontálnych oblúkov. Ich stúpanie môže byť až 60 stupňov avšak nad hodnotu desiatich stupňov musia byť tieto dráhy vybavené ťažnou či brzdiacou reťazou tzv. transferom. Pre zmenu smeru dráhy sa používa tzv. presuvna (viď obr. 17). Jedná sa o výhybku zloženú z dvoch presuvných koľajníc, z ktorých jedna je rovná a druhá má tvar požadovaného oblúku [1, 6].



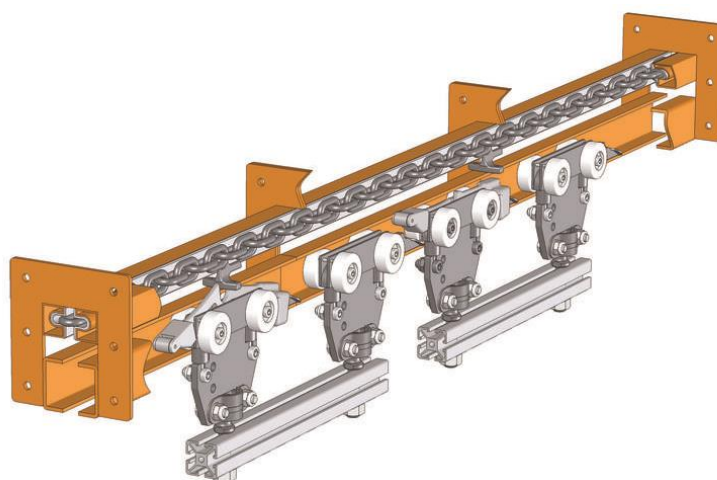
Obr. 17) Výhybka slúžiaca pre zmenu smeru dráhy EHB dopravníka [6].

Na nakladacích popripade vykladacích pozíciách, kde je potrebné aby záves klesol k robotu je nutné použiť výťahy. Ich konštrukciu tvorí dvoj alebo štvor stĺpový zdvihák, na ktorom je umiestnená časť koľajnice a aretačné zariadenie slúžiace pre plynulé napojenie dráhy bez nežiadúcich rázov, pri ktorých by hrozilo spadnutie bremena z vozíka [1, 6].

3.2.2 Power and Free dopravník

Základom Power an Free dopravníkov je dvoj - koľajnicový systém, ktorý poskytuje vysokú nosnosť, ale zároveň voľnosť pohybu prepravovaného bremena v linke [7].

Ako je vidieť na obr. 18 koľajnice sú umiestnené nad sebou. Na vrchnú, nazývanú tiež aj „Power“ je pripojená hnacia reťaz, ktorá je nepretržite v pohybe. Na spodnú koľaj „Free“ sú pripevnené vozíky prepravujúce dané prvky materiálového toku. Pozdĺž hnacej reťaze sa nachádzajú rovnomerne rozložené malé mechanické zariadenia, tzv. hnacie palce. Ich funkciou je tlačiť voľné vozíky v smere dopravovanej dráhy. Pri tomto pohybe je otáčajúca sa vačka umiestnená na spodnej koľaji pritlačovaná pomocou pružiny k tlačnému palcu. Pri narazení pohybujúceho sa vozíka na vozík nachádzajúci sa pred ním sa vačka preklopí, tlačný palec sa uvoľní a vozík zostane stáť. Preklopením vačky pomocou pneumatically alebo elektricky ovládanej zárazky môžeme doceliť zastavenie vozíka na ľubovoľnom mieste [7].



Obr. 18) Reťazový dopravník Power and Free [7].

Podobne ako u EHB dopravníkov môže prepravovaný predmet stúpať, klesať alebo pohybovať sa po vertikálnych a horizontálnych oblúkoch. V miestach, kde je potrebné prekonať výškový rozdiel medzi dráhami sa rovnako ako u predošlého typu dopravníku využívajú výťahy [7].

Medzi hlavné výhody Power and Free dopravníkov oproti EHB dopravníkom patria [8]:

- individuálne určenie vzdialeností transportných vozíkov a rýchlosť ich pojazdu,
- zastavenie vozíkov na ľubovoľnom mieste prepravovanej dráhy,
- nižšie investičné náklady (približne polovičné),
- jednoduchosť ovládania.

Nevýhodou tohto typu dopravníka je jeho náročná údržba a problematické zrýchľovanie [8].

3.3 Pozemné dopravníky

Pozemné dopravníky sa využívajú najmä na montážnych linkách, kde sú na karosériu automobilu postupne montované jednotlivé komponenty podľa konfigurácií zákazníkov [3].

Medzi dva základné typy týchto dopravníkov patria [3]:

- doskový dopravník s tŕňmi,
- gumový pásový dopravník.

3.3.1 Doskový dopravník s tŕňmi

Doskový dopravník s tŕňmi sa využíva na začiatku montážnej linky, kde ešte karoséria automobilu nie je vybavená kolesami. Karoséria je položená na tŕňoch pripevnených na pohybujúcich sa doskách. Tie sú výškovo nastaviteľné tak, aby boli schopné pridvihnúť karosériu za účelom zvýšenia ergonomie pri montážnych úkonoch na linke [1].



Obr. 19) Doskový dopravník s výškovo nastaviteľnými tŕňmi [1].

Dosky vyrobené z nehorľavého materiálu sa pohybujú po oceľových koľajniciach pomocou dvoch elektromotorov umiestnených na začiatku montážnej linky. Na konci linky sa nachádza brzdiaci člen, ktorý udržuje pohybujúce sa dosky pri sebe tak, aby sa medzi nimi netvorili rozostupy. Tie by mohli ohrozovať celkovú funkčnosť dopravníka, prípadne bezpečnosť operátorov výroby. Aby nedochádzalo k znečisťovaniu v oblasti pod dopravníkom, na jeho konci sú umiestňované kartáče zachytávajúce nečistotu alebo drobné mechanické časti [1].

V časti montážnej linky, kde je k automobilu pripevnený podvozok spolu s kolesami sa využívajú doskové dopravníky s pridvíhujúcim stredom (viď obr. 20). Princíp tohto dopravníka je obdobný s rozdielom, že automobil nie je posadený na trňoch, ale je položený kolesami v drážkach zamedzujúcich jeho pohyb pri montáži ďalších komponentov [1].



Obr. 20) Doskový dopravník s výškovo nastaviteľným stredom [1].

3.3.2 Gumový pásový dopravník

Gumový pásový dopravník (viď obr. 21) umožňuje súčasný pohyb pracovníkov spolu s automobilom. Nachádza sa na montážnej linke alebo vo zvarovni v časti slúžiacej pre kontrolu lícovania častí karosérií. Gumový pás je na začiatku linky poháňaný elektromotorom cez hnací bubon. Pohybuje sa po klzných doskách znižujúcich trenie, pričom je napínaný bubnom nachádzajúcim sa na konci dopravníka [1].

Gumový pás je čoraz viac nahrádzaný plastovým, zloženým z množstva plastových segmentov. Pri jeho pretrhnutí stačí vymeniť poškodený diel za nový čo je jeho veľkou výhodou oproti gumovému pásu, ktorého poškodenie si vyžaduje zdĺhavú opravu [1].



Obr. 21) Plastový pásový dopravník [1].

3.4 Šrotové dopravníky

Šrotové dopravníky sa nachádzajú v lisovniach a slúžia pre dopravu kovových odstrižkov z karosárskych lisov. Sú nimi prepravované k paketovaciemu lisu, kde sú vysokým tlakom stlačené na menšie rozmery pre ich lepšie uskladnenie a manipuláciu s nimi. Dnes sú už tieto dopravníky súčasťou karosárskych lisov a teda oddelenie plánovania dopravníkov sa nimi nezaobrá [1].

4 AUTOMATIZOVANÉ VÝŠKOVÉ SKLADY

Sú to sklady, ktoré pozostávajú zo súboru regálových konštrukcií, zakladačov a z obslužných predzón tvorených dopravníkovým systémom, slúžiacim na dopravu uskladňovaného materiálu k zakladačom. Vďaka vlastnému riadiacemu softwaru prebiehajú všetky logistické operácie v tomto sklade automaticky [9, 10].

V tejto kapitole sú popísané jednotlivé druhy automatických výškových skladov podľa materiálu, ktorý sa v nich uskladňuje. V závere kapitoly je rozobraný výškový sklad ako jeden z variantov uskladnenia nalakovaných karosérií medzi lakovňou a montážou.

4.1 Výškové sklady pre krabice

Slúžia na uskladnenie menších dielov uložených v nádobách či krabiciach. Príkladom takéhoto typu skladu je systém znázornený na obr. 22. Jeho základom sú centrálné uličky, v ktorých sa pohybujú regálové zakladače obsluhujúce dva rady regálov s krabicami. V prednej časti tohto skladu sa nachádza riadiaci systém s dopravníkmi kam zakladač položí tovar vyskladnený z regálov. Následne dopravníky krabicu dopravujú na pozíciu, kde ju operátor odoberie a ďalej s ňou pokračuje do výroby. Celý tento systém je riadený softwarom, ktorý dáva pokyny na manipuláciu s jednotlivými krabicami v závislosti od požiadavky obsluhy. Taktiež je schopný zaznamenávať pohyby materiálu v sklade a udržiavať jeho aktuálny stav v reálnom čase [9, 10].

Hlavnými výhodami tohto systému sú [9, 10]:

- úspora miesta v sklade,
- rýchla a priama prístupnosť k materiálu,
- automatizácia operácií príjem a výdaj materiálu,
- neustála aktualizácia skladu,
- eliminácia chýb vzniknutá ručnou správou skladu.



Obr. 22) Výškový sklad pre krabice [10].

Zakladače (viď obr. 23) sa v uličke medzi regálmi pohybujú po koľajnici rýchlosťou do 360 m/min. Po ich ráme jazdí zakladací člen, ktorý je tvorený malým pásovým dopravníkom s maximálnou rýchlosťou zdvihu 180 m/min, pričom môže obsluhovať regály s výškou až 18 metrov [9].

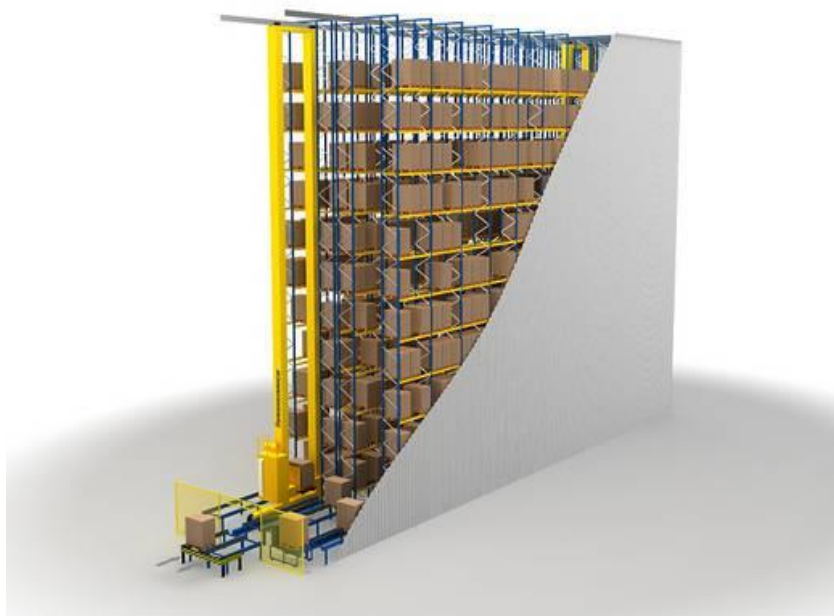


Obr. 23) Regálový zakladač pre krabice od firmy Meccalux [9].

4.2 Výškové sklady pre palety

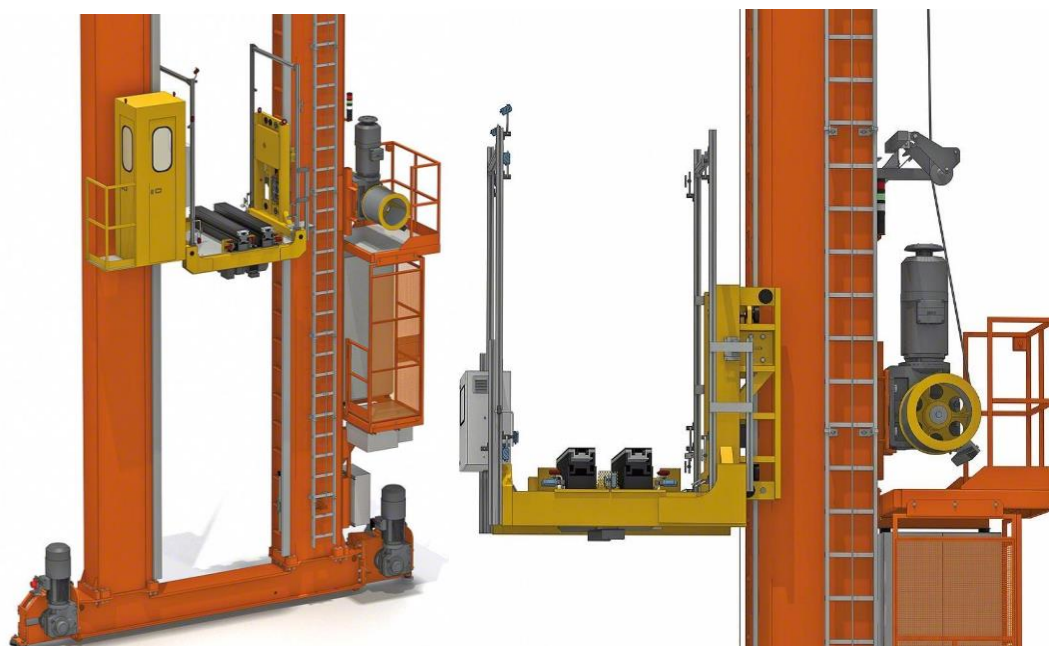
Slúžia na uskladnenie objemného materiálu uloženého na palete. Principiálne sú veľmi podobné skladom na krabice, pričom celá ich konštrukcia je vo väčšej mierke. Ich hlavné časti sú tvorené riadiacim softwarom, regálovými zakladačmi, dopravníkovým systémom a samonosnými regálovými konštrukciami typu „silo“, na ktoré sú pripevnené steny a strecha (viď obr. 24). Výška konštrukcie môže dosahovať až do 45tich metrov a nosnosť jedného úložného miesta do 7 000 kilogramov [9, 10].

Okrem výhod spomenutých pri výškových skladoch na krabice sa vyznačujú tým, že šetria náklady na stavbu haly, keďže steny a strecha tohto skladu sú pripevnené na regálové konštrukcie [9, 10].



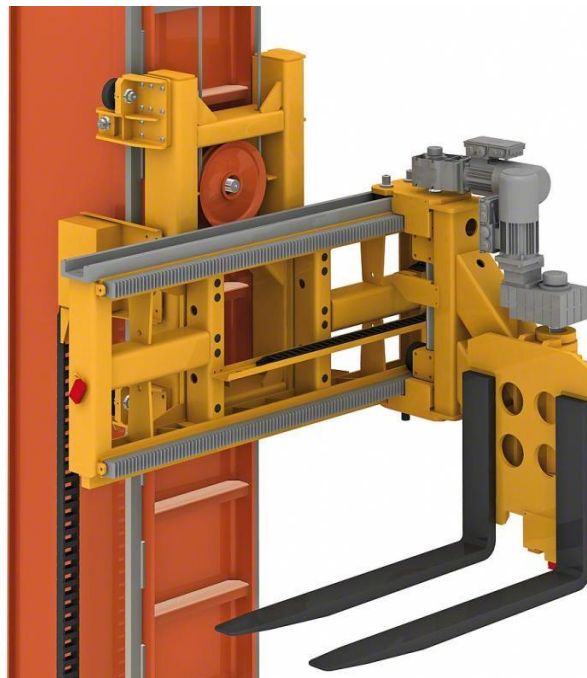
Obr. 24) Výškový sklad pre palety [10].

Zakladače v skladoch na palety (vid' obr. 25) sú žeriavovo – výťahové zariadenia pohybujúce sa po koľajniciach v uličke medzi regálmi rýchlosťou do 240 m/min. Po dvojici stĺpov sa nahor a dolu pohybuje zakladací člen rýchlosťou do 100 m/min. Ten je vybavený automaticky výsuvnými lyžinami pre naloženie a uskladnenie palety do úložnej bunky [9].



Obr. 25) Regálové zakladače pre palety firmy Meccalux [9].

Ďalším možným typom regálového zakladača je trojstranný paletový zakladač (viď obr. 26), ktorý vďaka systému otočnej hlavy umožňuje prenášať palety v troch pozíciách, v prednej a v dvoch bočných [9].



Obr. 26) Trojstranný regálový zakladač pre palety firmy Meccalux [9].

4.3 Výškové sklady pre nalakované karosérie

Sú špecifickým typom výškových skladov pre palety. Slúžia ako vyrovnávací sklad medzi lakovňou a montážou, kde sa do úložných buniek uskladňujú nalakované karosérie umiestnené na skidoch [1].

Výhodou takéhoto skladu je možnosť meniť poradie karosérií na vstupe do montáže nezávisle na výstupe z lakovne. To znamená, že karosérie môžu byť lakované po farebných blokoch (eliminácia procesného času na zmenu farby po každej karosérii) a nie v závislosti od objednávok zákazníka. Taktiež sa takouto zásobou vytvára časová rezerva na prípadné odstránenie poruchy v lakovni, ktorá by mohla zastaviť montážnu linku [1].

Na výstupe zo skladu sú karosérie radené v invariabilnej sekvencii podľa objednávok z montáže. V prípade, že na montáži chýbajú komponenty na istý typ auta, upraví sa objednávka a regálovým zakladačom je vyskladnený iný typ auta (na ktorý sú komponenty dostupné), čím sa predídne prestojom na montážnej linke [1].

Súčasťou skladu sú tiež obslužné zóny vo viacerých výškových úrovniach haly. Tie sú tvorené skidovými dopravníkmi a nachádzajú sa pred regálovými zakladačmi [1].

Zakladače pre uskladnenie karosérií v tomto sklade sú rovnakej konštrukcie ako u výškových skladoch pre palety viď obr. 25 s rozdielom v zakladačom člene, ktorý je upravený na rozmery skidov. Práve pre ich veľkosť sa nepoužíva typ so systémom otočnej hlavy, ktorý by si vyžadoval veľký pracovný priestor [1].

5 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

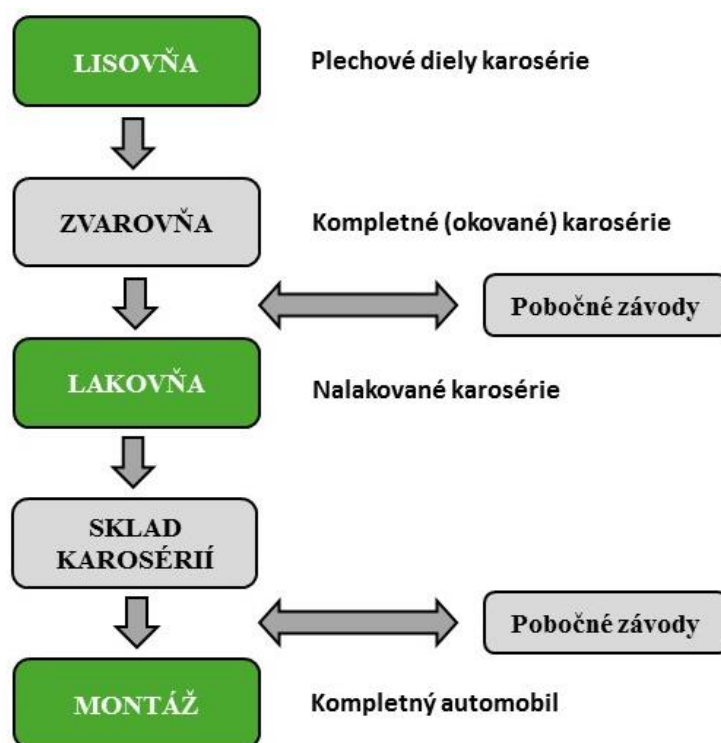
V nasledujúcich podkapitolách je popísaný súčasný stav niektorých materiálových tokov v spoločnosti Škoda Auto a.s, pri ktorých bolo poukázané na význam a umiestnenie skladu pre nalakované karosérie.

Postupne sú v tejto kapitole popísané nasledujúce toky:

- výrobný tok pri produkcii automobilov v spoločnosti Škoda Auto a.s.,
- materiálový tok medzi výrobným závodom a dodávateľskými firmami,
- materiálový tok medzi lakovňou a montážnymi linkami vo výrobnom závode v Mladej Boleslavi.

5.1 Výrobný tok pri produkcii automobilov v spoločnosti Škoda Auto a.s.

Tento výrobný tok bol schematicky znázornený na obr. 27 a ďalej bol podrobnejšie popísaný v jednotlivých podkapitolách.



Obr. 27) Schematické znázornenie výrobného toku pri produkcii automobilu v spoločnosti Škoda Auto a.s. [1].

5.1.1 Lisovňa

Proces výroby automobilu začína v lisovni. Tu vznikajú zo zvitkov plechu vonkajšie a vnútorné diely karosérie automobilu. Prácu človeka tu z veľkej časti nahradili obslužné roboty a lisovacie linky, ktoré poskytujú vysokú produktivitu a kvalitu vyrábaných dielov [11, 12].

Vo výrobnom závode v Mladej Boleslavi sa momentálne nachádzajú dve automatické lisovacie linky pričom najnovšiu z nich PXL 2 (vid' obr. 28) uviedli do prevádzky ešte len začiatkom roku 2017. Berany tejto linky pretvárajú plechy každé štyri

sekundy čo predstavuje za jeden deň pri dvoch dvanásť hodinových zmenách až 20 000 výliskov. Vďaka tomu zvláda lisovňa v Mladej Boleslavi zásobovať karosárskymi dielmi i pobočné závody v Kvasinách a v zahraničí. Jednotlivé diely sa vyrábajú v dávkach pričom raziace formy sa menia raz za dva až päť dní. Výhodou moderných lisovacích liniek je, že výmena foriem prebieha automaticky, s čím sa skrátil čas takejto operácie zo šesťdesiatich minút na štyri [1].



Obr. 28) Automatická lisovacia linka PXL 2 v závode v Mladej Boleslavi [1].

Výstupnou operáciou v lisovni je kontrola hotových dielov, ktorú taktiež postupne nahrádzajú roboty. Po tejto kontrole obsluhujú pracovníci linky uložia výlisky do paliet a následne smerujú do zvarovne [11, 12].

5.1.2 Zvarovňa

Vo zvarovni sa stretnú karosárske diely z lisovne s dielmi od externých firiem. Podobne ako v lisovni aj tu väčšinu práce ľudí nahradili stroje. Nachádzajú sa tu stovky robotov, ktoré bodovými zvarmi najskôr pripravujú podzostavy jednotlivých častí karosérie, ktoré následne zvaria a poskladajú v jeden celok [11, 12].

Ako prvý je pripravený podvozok automobilu. Následne sa k nemu pripojí predná a zadná časť, ďalej bočné postranice a na záver strecha. Celý tento proces, na ktorého konci je kompletná karoséria automobilu trvá približne 60 sekúnd. Na konci linky sa nachádza kontrolná stanica odkiaľ karosérie smerujú do lakovne [11,12].

Keďže kapacity lakovní niektorých pobočných podnikov nestíhajú výrobným kapacitám ich zvarovní, určité množstvo karosérií sa dováža lakovať do iného závodu než v akom bolo vyrobené. Po ich nalakovaní sa vrátia na montáž späť do závodu, kde boli karosérie vyrobené. Napr. denne sa určité množstvo karosérií vyrobených vo zvarovni v Kvasinách privezie nalakovať do Mladej Boleslavy odkiaľ sa následne vrátia späť na montáž v Kvasinách [1].

5.1.3 Lakovňa

Po príchode karosérie zo zvarovne je prevedené jej postupné odmastenie v lázni. Následne je aplikovaná antikorózna ochrana a nanesený základný lak. Karoséria v takomto stave je potom vysušená v sušičke a pripravená na nanášanie vrchného laku. Ten je podobne ako základný lak aplikovaný pomocou robotov, ktoré sú usposobené tak, aby dokonale naniesli farbu na všetky časti karosérie. Každá z týchto operácií si vyžaduje špeciálne podmienky ako napr. bezprašnosť, stabilnú vlhkosť vzduchu a teplotu, ktoré sú zabezpečované prostredníctvom špičkovej technológie a vzduchotechniky. Karoséria s naneseným vrchným lakom prejde sto percentnou kontrolou vo svetelnom tuneli a následne konzerváciou dutín odkiaľ už smeruje do skladu pre nalakované karosérie [1, 11, 12].

5.1.4 Sklad pre nalakované karosérie

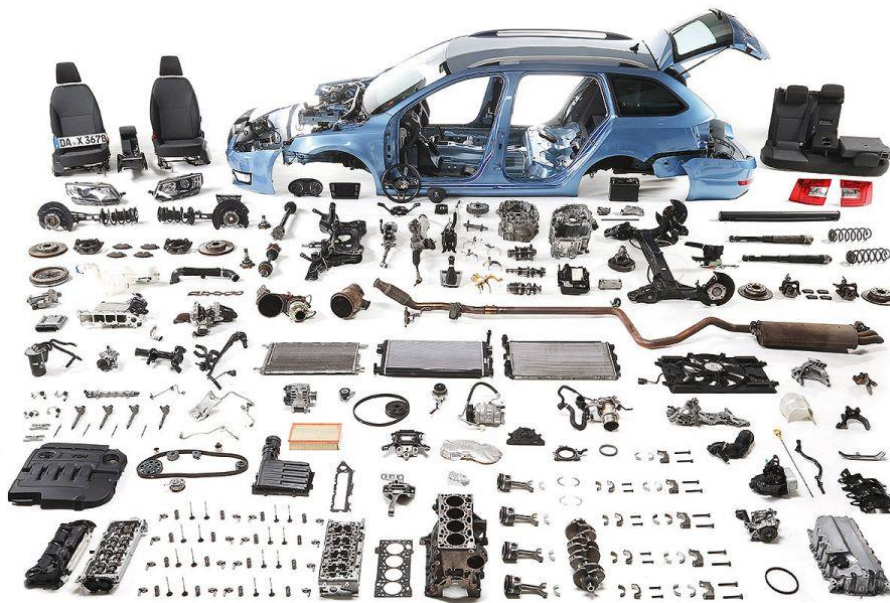
Ako už bolo uvedené v kapitole 4.3 tento sklad slúži ako vyrovnávací medzisklad medzi lakovňou a montážou, na konci ktorého sú karosérie radené v invariabilnej sekvencii podľa objednávok z montáže. Zo skladu ďalej putujú nalakované karosérie podľa modelu automobilu do jednej z dvoch montáží M1 alebo M13 [1].

5.1.5 Montáž

Na montážnych linkách prebieha montáž a skompletizovanie vozidla do finálnej podoby. Menšie diely sú na karosériu montované manuálne. Pri montáži väčších dielov ako napr. dvere, výfuk a nádrž sa používajú manipulátory, čo prispieva k menšej fyzickej námahe pri práci operátorov. Na nadrozmerné a citlivé diely ako napr. prístrojová doska a náprava sa využívajú plne automatizované roboty, ktoré zabezpečujú lepšiu efektívnosť a kvalitu montáže. Na záver každé zmontované vozidlo absolvuje skúšobnú jazdu polygónom a tým je pripravené k dodaniu konečnému zákazníkovi [11, 12].

5.2 Materiálový tok medzi dodávateľskými firmami a výrobným závodom

Každý automobil sa skladá z veľkého množstva dielov (vid' obr. 29) od plastových dielov cez elektrokomponty až po gumy či sklá. Keď si tieto diely vynásobíme počtom modelov, ktoré sa vo fabrike vyrábajú (len v Mladej Boleslavi je to šesť modelov) plus si uvedomíme, že každé auto je nakonfigurované presne podľa zákazníka je jasné, že nie je možné držať sklodom jednotlivé komponenty na niekoľko týždňov dopredu. Z tohto dôvodu sa diely od subdodávateľov dovážajú do fabрики v čo najkratší čas pred montážou daného vozidla. Tieto dodávky sa riadia dvoma základnými logistickými konceptmi a to JIT (Just In Time) a Kanban



Obr. 29) Hlavné komponenty modelu Škoda Octavia [13].

5.2.1 JIT (Just in Time)

Ide o najznámejšiu logistickú metódu, ktorej princípom je zabezpečiť jednotlivé materiálové subdodávky „práve v čas“ teda tak, aby boli k dispozícii presne v momente, kedy majú byť použité vo výrobnom procese. Dodávané je menšie množstvo materiálu v najbližšom možnom čase pred montážou, čím sa minimalizujú skladovacie náklady [14].

Najvyššou formou Just in Time používanou v automobilovom priemysle je Just in Sequence (JIS). Od JIT sa líši tým, že jednotlivé komponenty sú dodávané v presnom poradí, v akom budú použité na montáži. Od externého dodávateľa sú objednávané na základe informácií o výrobných sekvenciách z kontrolného bodu. Subdodávateľ potom vyexpeduje diely podľa farby a typu karosérie tak, aby sa na montážnej linke stretli s vozidlom, pre ktoré boli objednané [15].

5.2.2 Kanban

Systém Kanban bol vyvinutý Taichi Ohnom v závode Toyota v roku 1953. Názov pochádza z japonského slova kan (karta) a ban (signál). Tento koncept je úzko spojený so systémom výroby JIT a často býva s ním zamieňaný. Jeho podstata je založená na dodávaní materiálu do skladu alebo výroby, ktorý je potrebný v danom množstve a v danom čase tak, aby nevznikali žiadne prebytočné zásoby. V Škoda Auto sa používajú dva základné typy systému Kanban – interný a externý [1, 16].

Interný Kanban

Systém interného Kanbanu sa v spoločnosti Škoda Auto a.s. využíva v materiálovom toku medzi skladom a montážnou linkou. Popri montážnej linke sú rozmiestnené gravitačné regály, do ktorých sú pravidelne dovážané komponenty zo skladu, umiestnené v tzv. KLT prepravkách. Každá z týchto prepravok obsahuje tzv. kanbanovú kartu, ktorá nesie informácie ako napr. číslo a názov komponentov, počet kusov, umiestnenie palety v sklade alebo adresu miesta potreby na montážnej linke. Po vyprázdnení palety, výrobný pracovník túto kartu z prepravky odoberie a uloží na zberné miesto. Na týchto miestach sú karty v pravidelných intervaloch vyzdvihované pracovníkmi skladu, ktorí ich následne odovzdajú do skladu, kde je podľa nich pripravený ďalší materiál. Po vyskladnení tohto

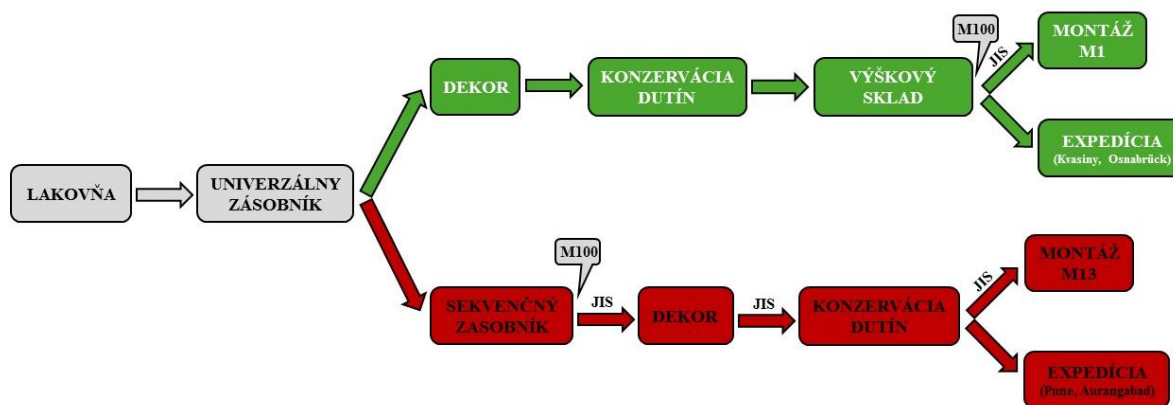
materiálu pracovník založí Kanbanovú kartu späť do prepravky a dopraví ju do príslušného regálu na montážnej linke. Nakoniec odoberie prázdne prepravky a celý cyklus sa opakuje [1].

Externý Kanban

Je logistický systém využívaný v materiálovom toku medzi fabrikou a externými firmami. Začína tam kde končí Interný Kanban, prázdnu prepravkou v sklade. Postup pre doplnenie zásob v sklade je nasledujúci. V predom dohodnutý čas logistika odošle externým dodávateľom e - mailovú objednávku obsahujúcu názov materiálu a jeho potrebné množstvo. Do tridsiatich minút po jej prijatí je dodávateľ povinný odoslať potvrdenie o jej splnení a následne požadovaný materiál doručiť do fabriky. Každý prepravca tejto objednávky obdrží od dodávateľa kanbanovú kartu s názvom dodávateľskej firmy a časovým kanbanovým oknom poskytujúcim informáciu o tom kde a kedy má tovar byť vyložený. Po vyložení tovaru sú odoslané prázdne obaly späť dodávateľovi a celý cyklus sa podobne ako u interného Kanbanu opakuje [1].

5.3 Materiálový tok medzi lakovňou a montážnymi linkami

Ako už bolo spomenuté, lakovňa vo výrobnom závode v Mladej Boleslavi v súčasnosti zásobuje nalakovanými karosériami dve montážne linky a to M1 (tzv. linka Fábie) a M13 (tzv. linka Octávie). Okrem toho sa v nej denne lakuje niekoľko karosérií pre pobočné závody v Kvasinách, nemeckom Osnabrücku, či Pune a Aurangabade v Indii. Tok nalakovaných karosérií medzi lakovňou a dvojicou montážnych liniek je schematicky znázornený na obr. 30 [1].



Obr. 30) Schematické znázornenie toku nalakovaných karosérií medzi lakovňou a dvojicou montážnych liniek vo výrobnom závode v Mladej Boleslavi.

5.3.1 Materiálový tok medzi lakovňou a montážnou linkou M1

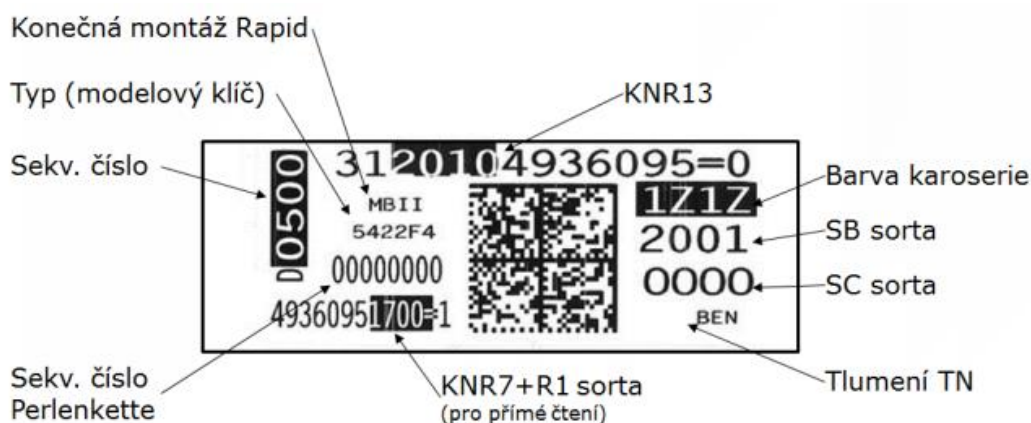
Všetky karosérie z lakovne sú najskôr umiestňované do **univerzálneho zásobníka**, odkiaľ v závislosti na modeli pokračujú na jednu z dvoch montážnych liniek. Ak budeme sledovať tok k montážnej linke M1 (znázornení na obr. 30 zelenou farbou), vidíme, že ďalšou zástavkou je linka dekoru [1].

Linka dekoru slúži pre montáž dekoratívnych dielov na karosériu, ako napr. logo fabriky, chrómový nápis označujúci model automobilu či rôzne chrómové lišty a doplnky. Následne auto pokračuje do tzv. konzervácie dutín [1].

Konzervácia dutín prebieha v špeciálne upravenom boxe s technológiou, ktorá vyplní dutiny karosérie voskom zahriatým na teplotu až 120 °C. Ide o poslednú technologickú operáciu pred montážou a takto upravené karosérie sa uskladnia do výškového skladu [1].

Výškový sklad slúži ako medzioperačný zásobník medzi lakovňou a montážou. Karosérie sú z neho vyskladňované na základe objednávok od montáže alebo distribuované do pobočných podnikov. Na jeho konci sa nachádza kontrolný bod nazývaný M100 [1].

Bod M100 je kontrolný bod, za ktorým sú karosérie pohybujúce sa na montáž usporiadané v nemennej sekvencii pomocou logistického princípu JIS (Just In Sequence). Základom tohto kontrolného bodu je kamera slúžiaca ako čítačka tzv. TPS štítkov (viď obr. 31) obsahujúcich základné informácie o karosérii ako napr. typ, farba a podobne. Tieto informácie sú následne porovnané s objednávkou od montáže, za účelom kontroly vyskladnenia správnej karosérie [1].



Obr. 31) TPS štítkov karosérie [1].

Montáž M1 je koncovým bodom tohto toku. Prebieha v nej montáž modelov Fabia a Rapid Spaceback [1].

5.3.2 Materiálový tok medzi lakovňou a montážnou linkou M13

Na rozdiel od predošlého toku, v tomto, znázornenom na obr. 30 červenou farbou, karosérie putujú z univerzálneho zásobníka rovno do sekvenčného [1].

Sekvenčný zásobník v tomto toku je princípom rovnaký ako výškový sklad pre uskladnenie karosérií. Karosérie sú v ňom uskladňované pomocou štvorice zakladačov do regálových konštrukcií. Avšak v tomto prípade sa nejedná o samostatne stojací sklad, ale iba o jedno podlažie vysoké približne 5,7 metrov. Na jeho výstupe sa nachádza kontrolný bod M100. Karosérie z tohto zásobníka v nemennej sekvencii a logistickým princípom JIS ďalej pokračujú cez linku dekoru a konzerváciu dutín na montážnu linku M13, poprípade sú distribuované do pobočných fabriek v Indií [1].

Montáž M13 slúži na skompletizovanie modelov automobilov Octavia, Rapid a Seat Toledo [1].

Hlavnou nevýhodou tohto toku je, že karosérie sa pohybujú v pevnej sekvencii už od výstupu zo sekvenčného zásobníka a teda ešte pred linkou dekoru a konzerváciou dutín. To znamená, že akákoľvek porucha na jednom z týchto dvoch pracovísk, by po minúti zásoby karosérií nachádzajúcich sa za nimi, spôsobila zastavenie montážnej linky. Práve

nedostatok a snaha o jeho odstránenie viedli k formulácii zadania tejto diplomovej práce, v ktorej je treba navrhnúť zásobník, ktorý by sa nachádzal tesne pred montážou, tak ako v toku lakovaných karosérií na montáž M1.

6 NÁVRH PREPOJENIA NOVÉHO SKLADU SO SÚČASNÝM MATERIÁLOVÝM TOKOM

V úvodnej kapitole experimentálnej časti mojej práce sú detailne popísané nevyhnutné vstupné požiadavky pre realizáciu navrhovaného skladu lakovaných karosérií, ktoré boli presne zadané oddelením plánovania dopravníkov spoločnosti Škoda Auto a.s.. Ďalej je tu popísaný súčasný materiálový tok v mieste, v ktorom sa má nový sklad napájať. V závere celej kapitoly je navrhnutý a popísaný dopravníkový uzol prepájajúci dopravníkovú techniku súčasného mostu s technikou nového mostu navrhovaného nového skladu (ďalej už len „navrhovaný sklad“).

6.1 Vstupné požiadavky na navrhovaný sklad

Hlavnými a nemennými požiadavkami na koncept navrhovaného skladu definované oddelením plánovania dopravníkov spoločnosti Škoda Auto a.s. sú:

1. Veľkosť: kapacita skladu má obsahovať minimálne 720 karosérií a ďalšie majú byť uskladnené v zásobníku s kapacitou 80 karosérií v koncovej časti skladu, radené už v nemennej sekvencii (tzv. JITové pozície).
2. Umiestnenie: nový sklad sa má nachádzať na ploche o maximálnych rozmeroch 65 m x 30 m (viď obr. 32). Jej veľkosť je limitovaná logistickými plochami a komunikáciami v jej okolí, ktoré musia byť zachované.

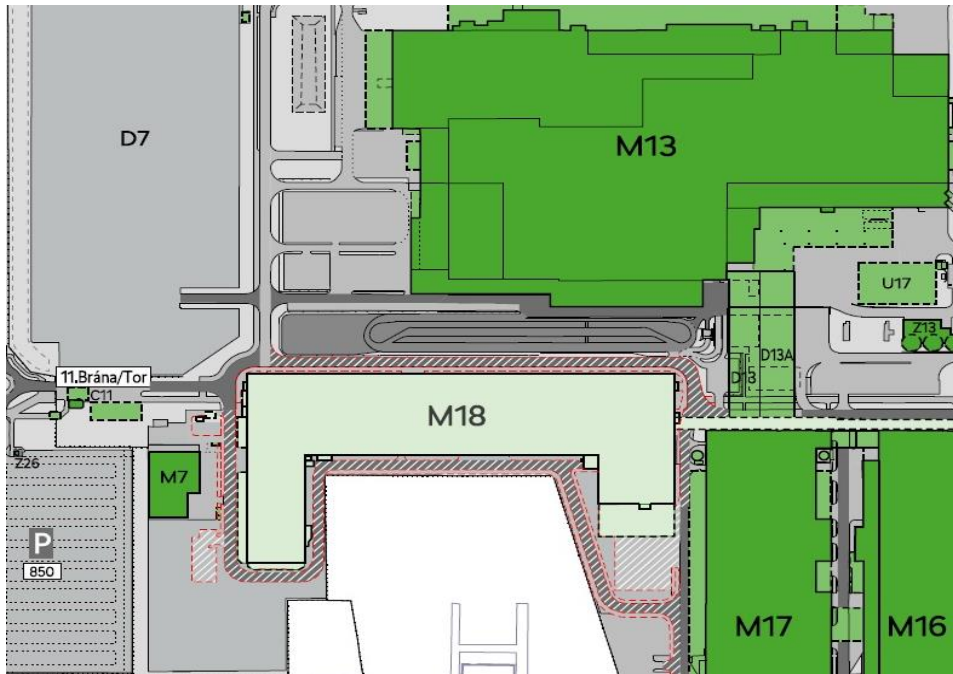


Obr. 32) Plocha na ktorej sa má podľa zadania nachádzať navrhovaný sklad [1].

3. Napojenie: nový sklad na lakované karosérie má byť napojený v mieste medzi lakovňou a montážou (v tzv. moste D13) tak, aby nenarušil súčasný materiálový tok. Prepojenie bude realizované pomocou nového mostu. Spôsob napojenia a požiadavky naň sú podrobnejšie rozobrané v nasledujúcich podkapitolách.

6.2 Súčasný materiálový tok v mieste napojenia s navrhovaným skladom

Na obr. 33 je zobrazená lakovňa M17 s montážou M13, ktoré sú prepojené pomocou mostu D13. Ten má byť miestom napojenia navrhovaného skladu so súčasným materiálovým tokom.



Obr. 33) Rozloženie lakovne M17, montáže M13 a mostu D13 na mape výrobného závodu v Mladej Boleslavi [1].

6.2.1 Materiálový tok v moste D13

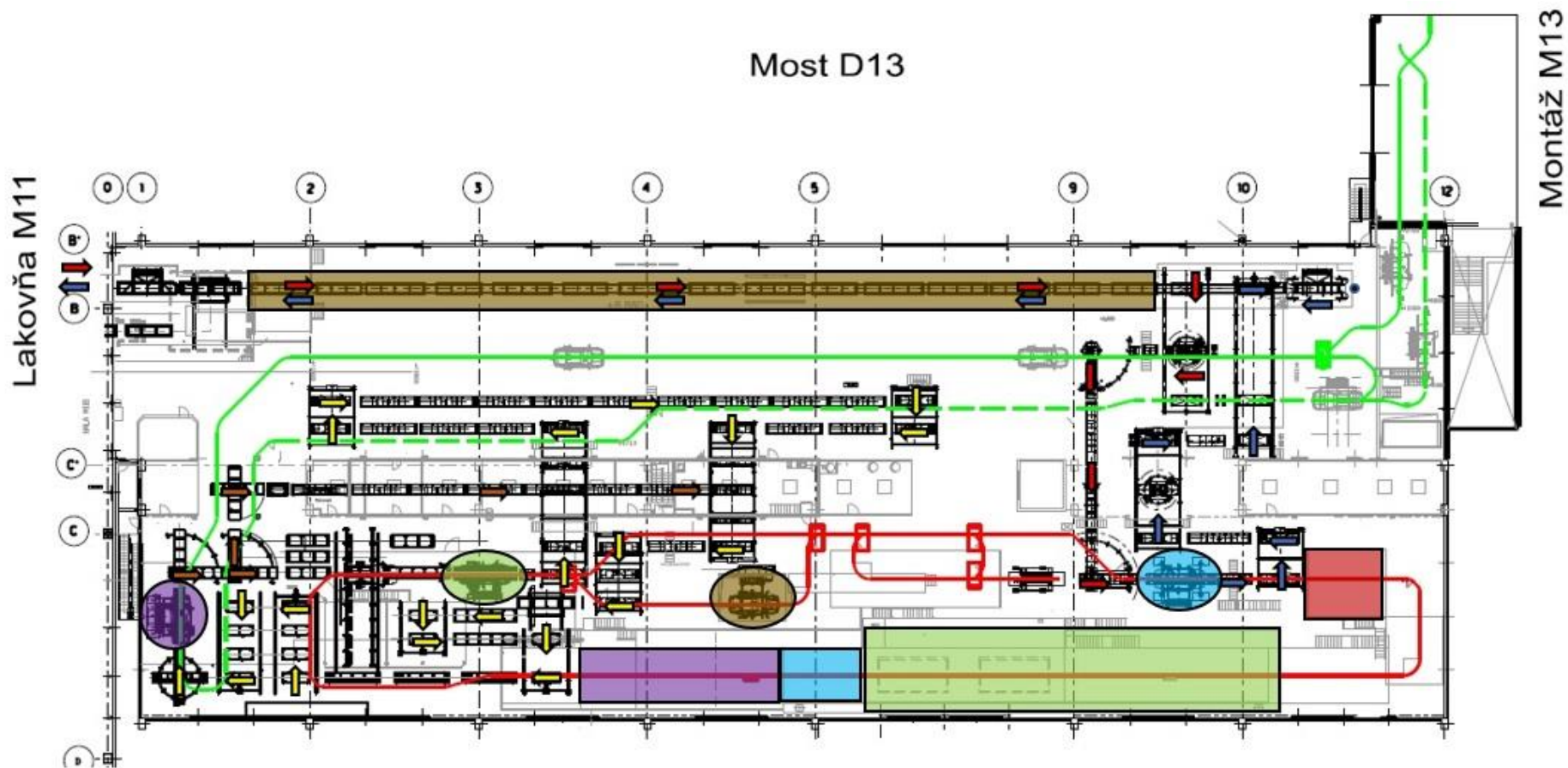
Materiálový tok v moste D13, ktorý bude detailne popisovaný v tejto podkapitole, je znázornený na layoute, obr. 34.

Karoséria umiestnená na skide v dopravníkovej úrovni 8 000 mm, vstupuje z lakovne do mostu a v smere červených šípok pokračuje linkou dekoru až k prevesovacej stanici I. Tu sa karoséria presune zo skidu na záves EHB dopravníka. Prázdny skid sa v smere modrých šípok vracia späť do lakovne. Karoséria umiestnená na závесе prejde pomocou EHB dopravníka (na obr. 34 znázornené plnou červenou čiarou) sériou technologických operácií. Ako prvé sa na pracovisku ručnej konzervácie dutín aplikuje vosk do ťažko dostupných miest karosérie automobilu. Odtiaľ karoséria pokračuje do komory na konzerváciu dutín, kde sa pomocou trysiek voskom vyplní oblasť podvozku. Ďalej nasleduje okvapkávanie a ručné utieranie prebytočného vosku.

Po týchto technologických operáciách pokračuje karoséria k prevesovacej stanici II. Tu je naspäť preložená z EHB závěsu na skid a v smere žltých šípok (viď. obr. 34) prejde zásobníkom až k prevesovacej stanici III.

Karoséria je opätovne premiestnená zo skidu na EHB záves a po toku plnej zelenej čiary sa dopraví až na montáž M13. Prázdne skidy po prevesení sa prepravujú v smere oranžových šípok do zásobníka na prázdne skidy, odkiaľ pokračujú späť k prevesovacej stanici II. Prázdne EHB závěsy sa z montáže M13 vracajú po smere toku zelenej prerušovanej čiary až k prevesovacej stanici III.

Na obr. 34 sa ešte nachádza prevesovacia stanica IV., ktorá slúži na vyskladnenie karosérií pripravených na montáž v pobočných závodoch v Indii.



Obr. 34) Layout súčasného materiálového toku v moste D13.

- Linka dekoru
 Ručná konzervácia dutín
 Konzervácia dutín
 Okvapkávanie vosku
 Utieranie prebytočného vosku
- Prevesovacia stanica I.
 Prevesovacia stanica II.
 Prevesovacia stanica III.
 Prevesovacia stanica IV.
- EHB dopravníková trasa
 EHB dopravníková trasa

6.3 Napojenie navrhovaného skladu na súčasný materiálový tok v moste D13

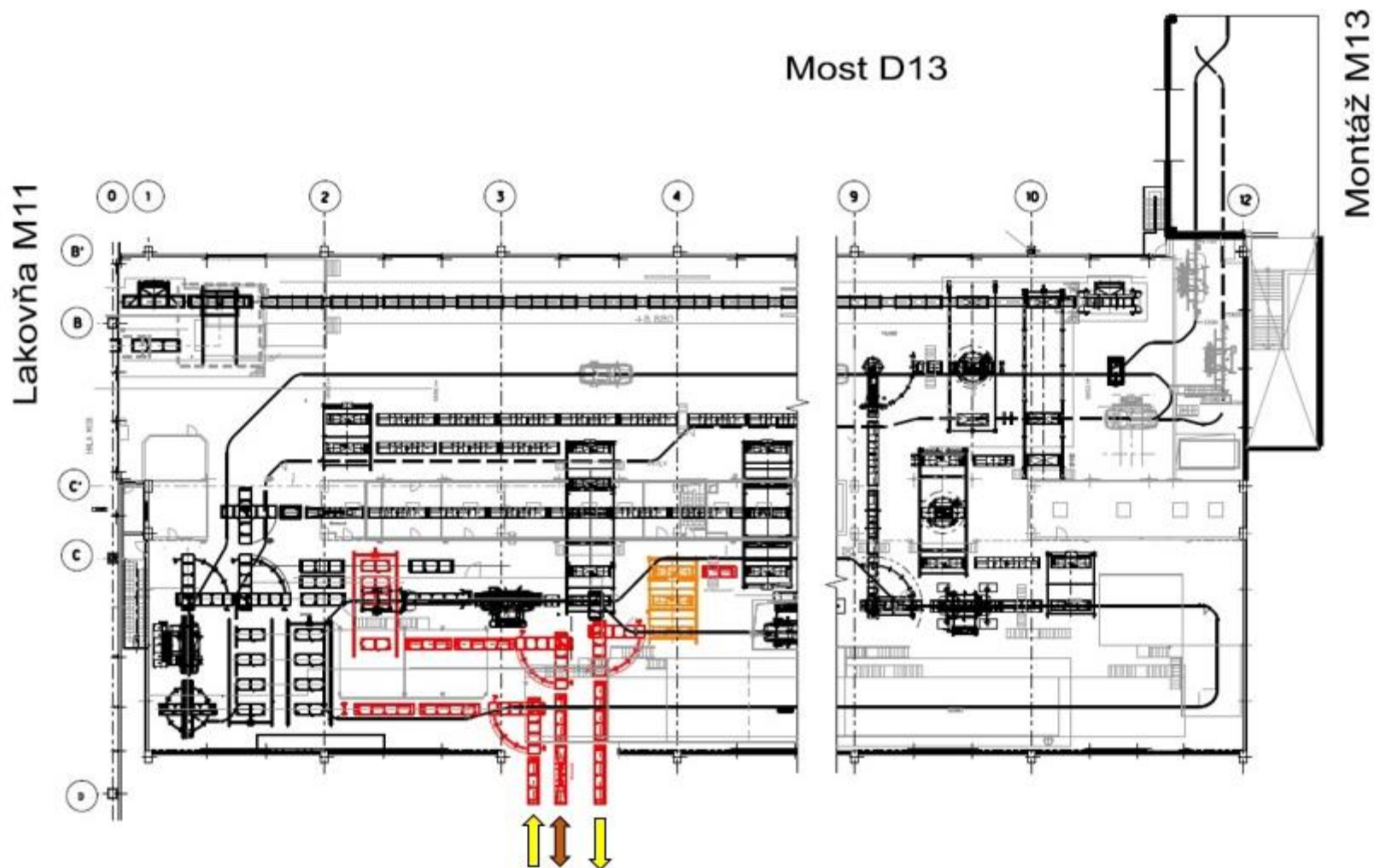
Nakoľko moja práca nie je iba teoretickým návrhom skladu, ale je veľmi pravdepodobná jeho realizácia v budúcnosti, bolo v rámci experimentálnej časti mojej práce nevyhnutné predurčené miesto skladu navštíviť a pomocou laserového merača overiť dané vzdialenosti a rozmery. Ďalej bolo nutné stanoviť dopravníkovú úroveň napojenia a zvoliť jeho vhodné miesto z hľadiska stavby mostu a súčasného materiálového toku v ňom. Takto určené miesto napojenia je znázornené na obr. 35.



Obr. 35) Miesto napojenia navrhovaného skladu s materiálovým tokom v moste D13.

V ďalšom kroku bolo potrebné v mieste napojenia navrhnuť dopravníkový uzol, ktorý by prepájal dopravníkovú techniku v starom moste D13, s technikou v moste navrhovaného skladu.

Pri návrhu tohto uzla bolo dôležité zachovanie súčasného materiálového toku, čo bolo vo veľkej miere aj dodržané. Zmeny toku nastali jedine v oblasti medzi tretím a štvrtým stĺpom v moste D13 vid' obr. 36. V tomto mieste bol prerušený tok pôvodného zásobníka (na obr. 34 vyznačený žltými šípkami) tak, že vznikli tri paralelné vetvy. Prvá vetva slúži ako vstup karosérií do nového skladu a druhá ako výstup z neho. Tretia vetva, ktorá je obojsmerná, slúži ako vstup a výstup prázdnych skidov po prevesení na prevesovacej stanici III vid' obr. 36. Celý dopravníkový uzol popísaný v tejto podkapitole je znázornený na layoute vid' obr. 36.



Obr. 36) Layout s návrhom dopravníkového uzla prepájajúceho navrhovaný sklad so súčasným materiálovým tokom v moste D13.

Červenou znázornené nové prvky dopravníkovej techniky

Oranžovou znázornené upravené prvky dopravníkovej techniky

↓ Vstup karosérií do skladu

↑ Výstup karosérií zo skladu

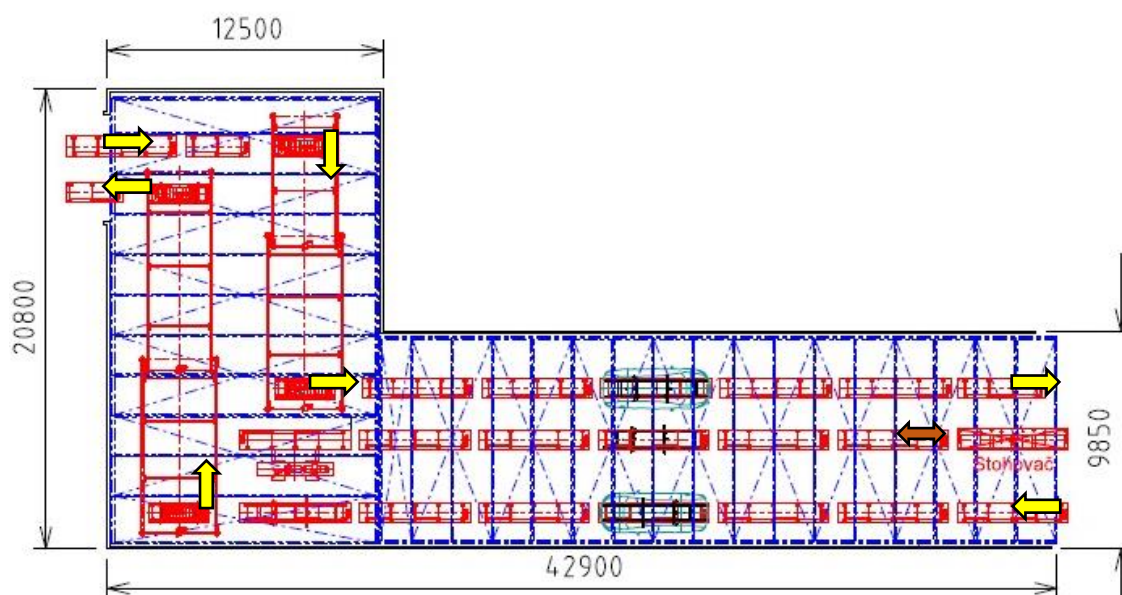
↕ Vstup a výstup prázdnych skidov do a z navrhovaného skladu

6.4 Návrh mostu prepojujúceho navrhovaný sklad s mostom D13

Ako už bolo viac krát spomenuté v predošlých podkapitolách, pred návrhom samotného skladu bolo nevyhnutné vypracovať koncept mostu, ktorý bude slúžiť ako prepojenie dopravníkového toku medzi navrhovaným skladoom a mostom D13.

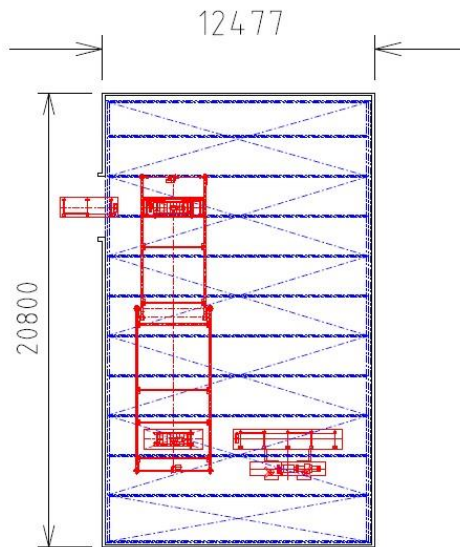
Pri návrhu mostu museli byť rešpektované logistické plochy a komunikácie v jeho okolí, pričom mohlo byť do nich zasiahnuté iba v minimálnej nevyhnutnej miere. Ďalej bolo nutné myslieť na to, že okrem nalakovaných karosérií bude slúžiť i na dopravu prázdnych skidov. S prihliadnutím na tieto skutočnosti bol vytvorený koncept mostu, ktorého logika dopravníkového toku je nasledujúca.

Dopravníkový tok v tomto moste je tvorený troma paralelnými vetvami v dopravníkovej úrovni 8 000 mm vid' obr. 37. Prvou vetvou (na obr. 37 úplne dole) prichádzajú cez valčekové dráhy nalakované karosérie na skide zo starého mostu D13 a ďalej pokračujú cez priečne pásové dopravníky do nového skladu. Dopravníková vetva na obr. 37 úplne hore slúži na vyskladnenie nalakovaných karosérií z nového skladu, ktoré sú ňou prepravované cez most D13 na montáž. Posledná vetva (na obr. 37 v strede) je určená pre tok prázdnych skidov. Na jej prvej pozícii sa nachádza stohovač, pomocou ktorého sú nastohované štyri prázdne skidy na seba.

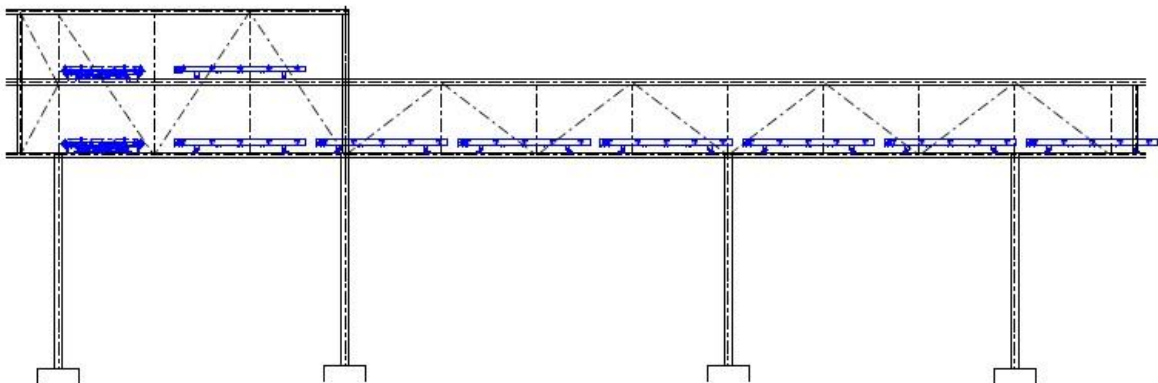


Obr. 37) Dopravníková úroveň 8 000 mm navrhnutého prepojovacieho mosta.

Stoh skidov pokračuje k zdviháku, ktorým sa dostanú na úroveň 10 000 mm (viď obr. 38), odkiaľ putujú do zásobníka pre prázdne skidy nachádzajúceho sa v novom sklade. Celá táto vetva, vrátane zásobníka, bude obojsmerná, čo znamená, že ňou budú prázdne skidy vrátené späť do materiálového toku v moste D13. Posledná vetva slúži na vyskladnenie nalakovaných karosérií z nového skladu, ktoré sú ňou prepravované cez most D13 na montáž. Navrhnutý prepojovací most je zobrazený v reze na obr. 39



Obr. 38) Dopravníková úroveň 10 000 mm navrhnutého prepojovacieho mosta.



Obr. 39) Rez navrhnutého prepojovacieho mosta.

7 VARIANTY NAVRHOVANÉHO SKLADU

Nalakované karosérie v materiálovom toku medzi lakovňou a montážou môžu byť uložené v sklade s rôznou koncepciou a logikou riadenia. Každý spôsob uskladnenia prináša výhody, ale aj nedostatky.

V tejto kapitole sú rozobrané tri možné varianty skladu pre lakované karosérie. V jednotlivých návrhoch je podrobnejšie popísaný tok nalakovaných karosérií a prázdnych skidov a tiež časový rozbor vyskladnenia nalakovanej karosérie. Layouty návrhov skladov a prepojovacieho mostu boli vytvorené v CAD software Microstation od firmy Bentley, používanom v celom koncerne Volkswagen Group.

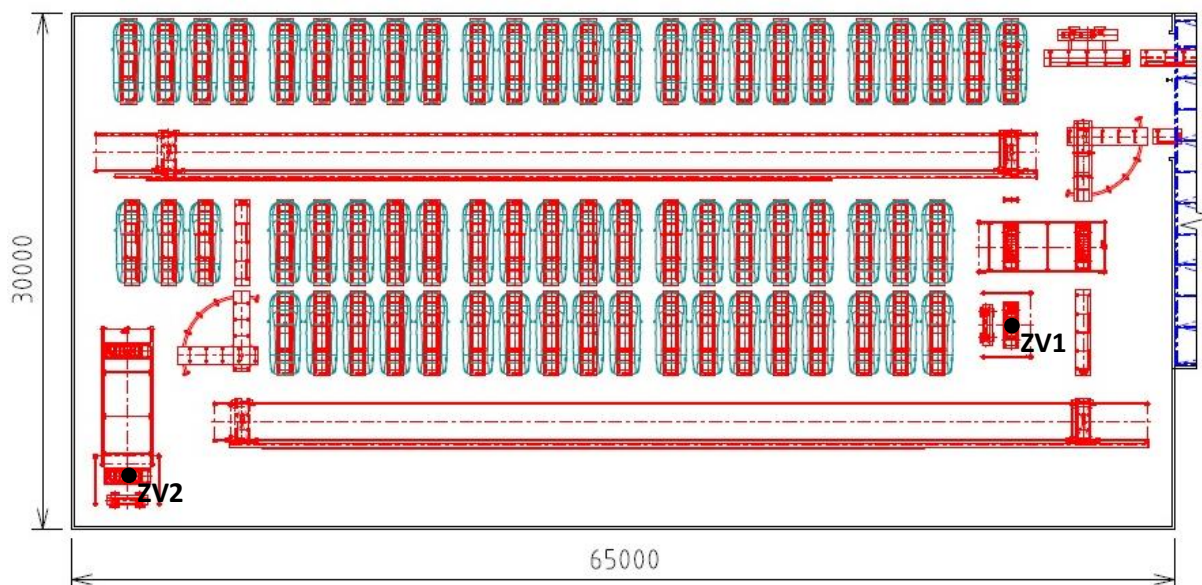
7.1 Variant A

Jedným zo spôsobov uskladňovania nalakovaných karosérií je využitie presuvného vozíka. Ten je bežne používaný pre zrýchlený priečny pohyb prepravovaných karosérií medzi dopravníkovými dráhami. Práve pre jeho rýchlosť pohybu môže byť v tomto prípade využitý ako zakladač, ktorý by uskladňoval nalakované karosérie do boxov tvorených valčekovými dráhami.

7.1.1 Logika dopravníkového systému v navrhovanom sklade

Dopravníková úroveň 8000 mm

Vstupom materiálového toku do nového skladu je most (navrhnutý v podkapitole 6.4) s dopravníkovou úrovňou 8000 mm. Z neho pokračujú nalakované karosérie k dvojici presuvných vozíkov (viď obr. 40) slúžiacich ako zakladače. Nimi sú uskladnené do úložných buniek, tvorených valčekovými dráhami, ktoré sa nachádzajú popri dráhe pohybu zakladačov. V prípade, že sú oba tieto zakladače obsadené, karosérie putujú k zdviháku (ZV1), ktorým sú prepravené na ďalšie dopravníkové úrovne.



Obr. 40) Dopravníková úroveň 8 000 mm návrhu skladu variantu A.

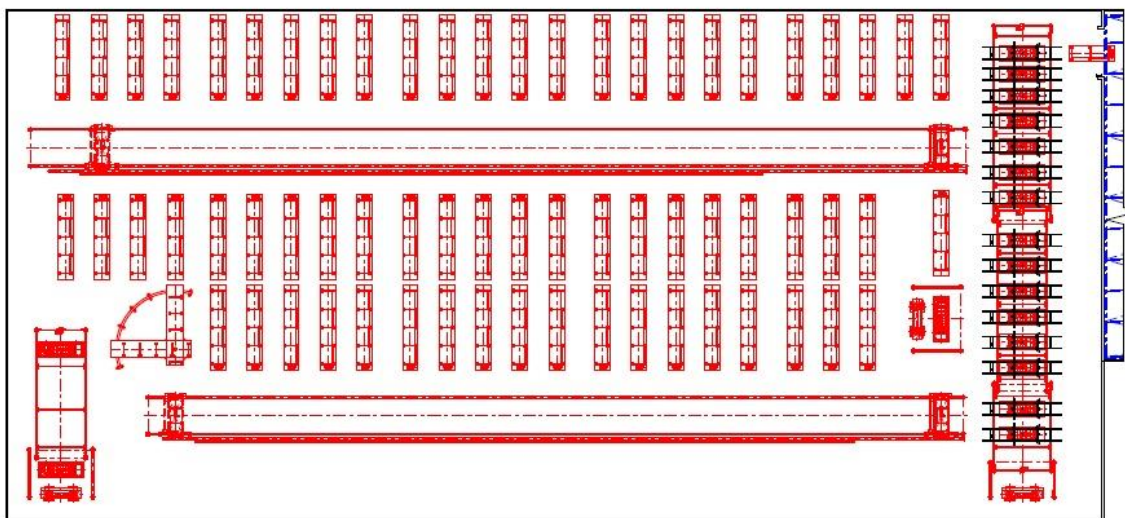
Maximálna kapacita uskladnenia na každej z týchto úrovni (na jednom poschodí skladu) je 63 nalakovaných karosérií. Aby tento sklad obsiahol 720 karosérií podľa zadania, musí pozostávať aspoň z dvanástich poschodí. Logika materiálového toku v každom z nich s výnimkou dvoch poschodí, kde sa nachádza zásobník na prázdne skidy (logika na týchto dvoch dopravníkových úrovniach je popísaná nižšie) je viac menej rovnaká. Rozdiel je iba pri vstupe. Zatiaľ čo vstupom materiálového toku na úrovni 8000 mm je most, na ostatných úrovniach je ním zdvihák ZV1.

Pri vyskladnení z jednotlivých úrovni karosérie putujú cez kyvný stôl a priečny pásový dopravník k zdviháku ZV2 (viď obr. 40). Ním sú následne dopravené na najvyššie poschodie skladu, ktoré je tvorené sekvenčným zásobníkom.

Dopravníková úroveň 10 700 mm

Na tejto úrovni je navrhnutý zásobník pre prázdne skidy (viď obr. 41). Tie ako už bolo popísané v kapitole 6.4 sú nastohované na začiatku nového mosta. Následne sú zdvihákom dopravené na úroveň 10 700 mm, odkiaľ pokračujú do uvedeného zásobníka. Ako je vidieť na obr. 41 zásobník je tvorený priečnym pásovým dopravníkom s excentrickými stôlmi. Každý z týchto stolov predstavuje jednu pozíciu na uskladnenie stohu prázdnych skidov. Na konci priečneho pásového dopravníka sa nachádza zdvihák, ktorým sa skidy dostanú o jednu dopravníkovú úroveň vyššie a teda na ďalšie pozície k uskladneniu prázdnych skidov. Celý tento dvojposchodový zásobník, tak ako aj dopravníková vetva pre prázdne skidy v novom moste, bude obojsmerný.

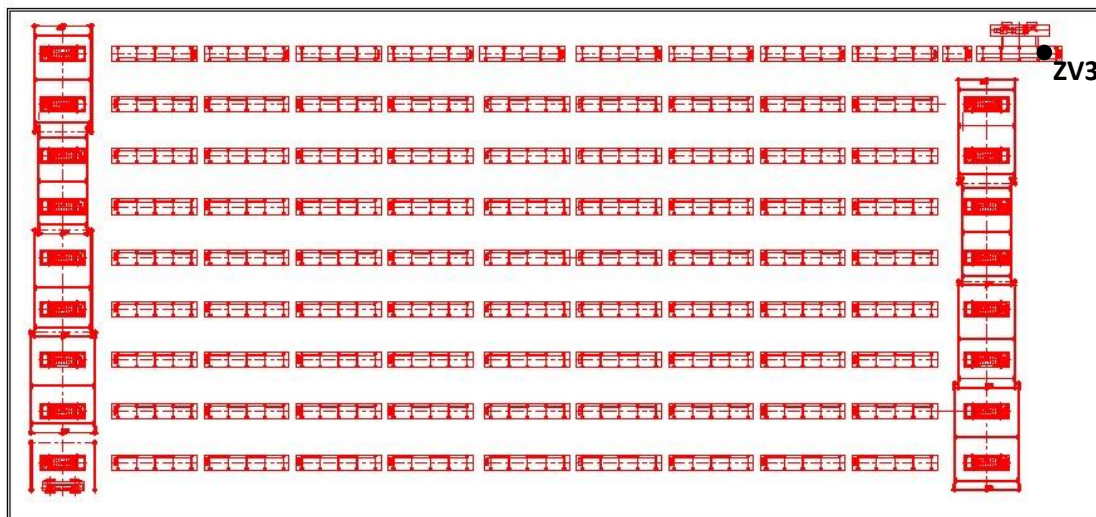
Výhodou zásobníka je, že prázdne skidy nie sú uskladňované na pozíciách v sklade určených pre karosérie. V opačnom prípade by sa tok nalakovaných karosérií v sklade spomalil a znížila by sa kapacita ich uskladnenia.



Obr. 41) Dopravníková úroveň 10 700 mm návrhu skladu variantu A.

Dopravníková úroveň 32 300 mm

Dopravníková úroveň 32 300 mm je najvyššou úrovňou v sklade. Nachádza sa tu tzv. sekvenčný zásobník (viď obr. 42) slúžiaci na radenie karosérií do nemennej sekvencie pred montážou. Podľa požiadavky z montáže sa z ľubovoľného poschodia v sklade vyskladní požadovaná karoséria a pomocou zdviháku ZV3 sa dopraví do tohto zásobníka. Na prvej pozícii za zdvihákom sa nachádza bod M100, odkiaľ budú karosérie radené v nemennom poradí. Z tohto bodu sa cez valčkové dráhy dostanú až k zdviháku ZV3, ktorým budú dopravené na úroveň 8000 mm a ďalej cez nový most a most D13 až na montáž.



Obr. 42) Dopravníková úroveň 32 300 mm návrhu skladu variantu A.

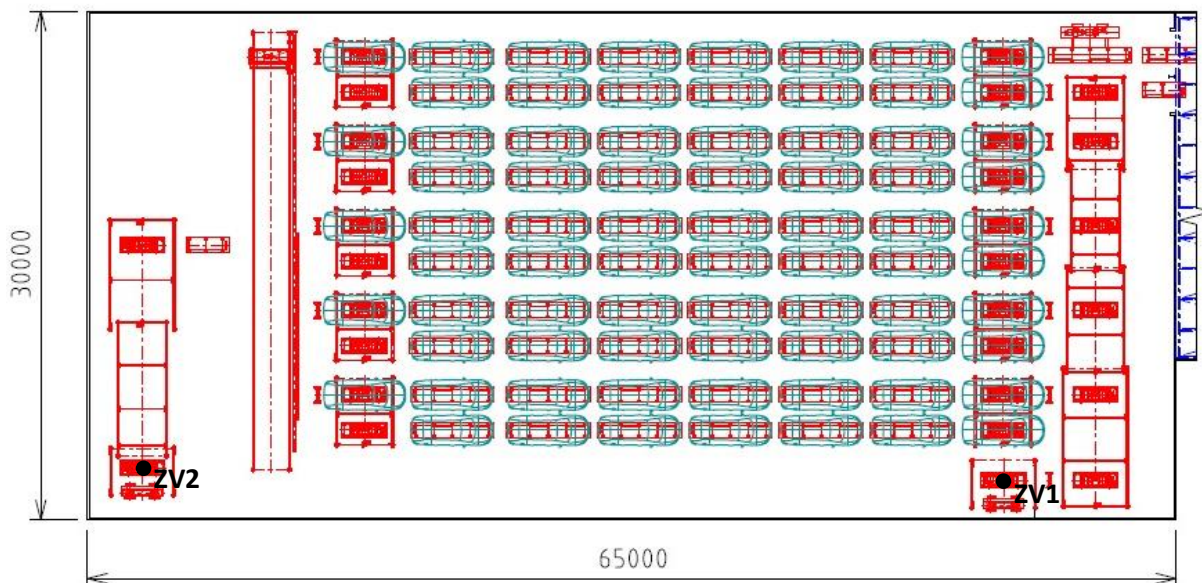
7.2 Variant B

Základom návrhu druhého variantu skladu je päť paralelne radených dopravníkových vetiev, pričom každá z nich je zložená z dvoch radov valčkových dráh. Každá samostatná vetva je riadená špecifickou logikou pretáčania karosérií tak, aby na výstupe z nej bola vyskladnená karoséria požadovaná montážou.

7.2.1 Logika dopravníkového systému v navrhovanom sklade

Dopravníková úroveň 8 000 mm

Nalakované karosérie prichádzajúce z nového mosta pokračujú do obslužnej predzóny zloženej z priečných pásových dopravníkov (viď obr. 43). Z nej sú uskladňované do paralelných dopravníkových vetiev. V prípade ich obsadenosti sa priečnymi dopravníkmi obslužnej zóny dostanú až k zdviháku ZV1, ktorým sú prepravené na ďalšie dopravníkové úrovne. Maximálna kapacita uskladnenia jednej úrovne je 75 karosérií, s výnimkou dvoch úrovní, kde sa nachádza zásobník pre prázdne skidy. V týchto dvoch úrovniach je maximálna kapacita 65 karosérií. Z tohto vyplýva, že na základe zadania (720 karosérií) musí takto navrhnutý sklad pozostávať aspoň z desiatich poschodí. Tak ako aj vo variante A logika materiálového toku v každom z týchto poschodí s výnimkou dvoch, kde sa nachádza zásobník na prázdne skidy je viac menej rovnaká. Rozdiel je iba pri vstupe. Zatiaľ čo vstupom materiálového toku na úrovni 8000 mm je most, na ostatných úrovniach je ním zdvihák ZV1.

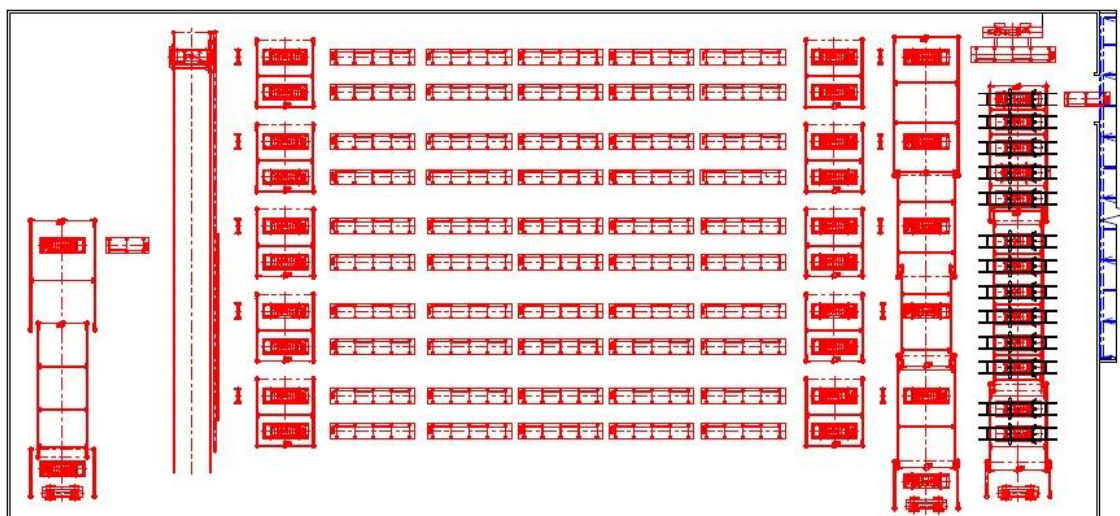


Obr. 43) Dopravníková úroveň 8 000 mm návrhu skladu variantu B.

Vyskladnenie požadovanej karosérie zo skladu na základe požiadavky z montáže je zabezpečené špecifickou logikou riadenia v paralelných vetvách. Každá z týchto dopravníkových vetiev tvorí uzatvorený okruh pozostávajúci z dvoch radov valčekových dráh a dvoch priečných pásových dopravníkov prepájajúcich tieto rady. Karosérie sa v tomto okruhu pretáčajú do tej doby, kým sa požadovaná karoséria na vyskladnenie nenachádza na pozícii, z ktorej pokračuje na presuvný vozík. Tým je cez priečný pásový dopravník prepravená až k zdvídku ZV2, ktorým pokračuje do sekvenčného zásobníka v najvyššom poschodí skladu na dopravníkovej úrovni 26 900 mm. Ten je identický so sekvenčným zásobníkom vo variante A a z tohto dôvodu nebude ďalej popisovaný.

Dopravníková úroveň 10 700 mm

Na dopravníkovej úrovni 10 700 mm sa nachádza zásobník pre prázdne skidy vid' obr. 44. Jeho koncepcia a tok skidov v ňom je totožná so zásobníkom v predchádzajúcom variante a funguje tak ako bolo popísané v kapitole 7.1.1.



Obr. 44) Dopravníková úroveň 10 700 mm návrhu skladu variantu B.

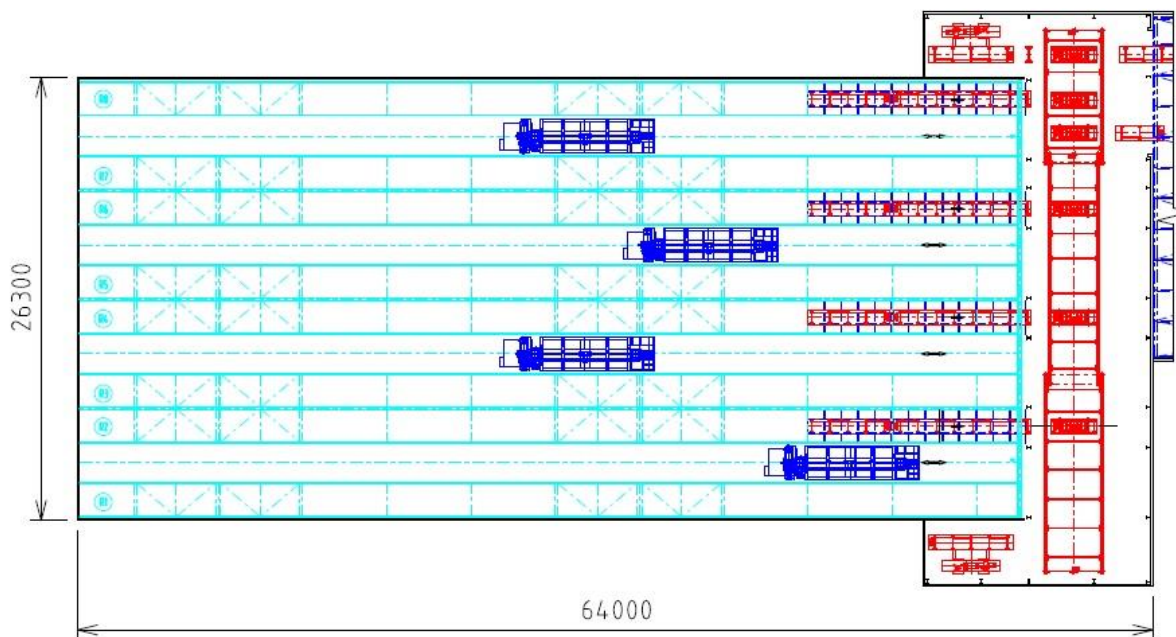
7.3 Variant C

V poslednom variante sú karosérie umiestnené na skide uskladňované do úložných buniek regálových konštrukcií pomocou štvorice regálových zakladačov, pohybujúcich sa medzi dvojicou regálov. Súčasťou tohto skladu sú obslužné predzóny tvorené dopravníkovou technikou. Tie slúžia na riadenie toku materiálu pri uskladňovaní a vyskladňovaní karosérií v sklade.

Dopravníková úroveň 8 000 mm

Rovnako ako v predošlých variantoch je táto dopravníková úroveň vstupom do skladu (viď obr. 45). Nalakované karosérie prichádzajú z nového mostu do obslužnej predzóny výškového skladu, ktorá je tvorená skupinou priečných pásových dopravníkov. Z nej pokračujú ku štvorici valčekových dráh, nachádzajúcich sa na začiatku regálových konštrukcií. Z nich sú následne pomocou štvorice regálových zakladačov s výsuvnými lyžinami uskladnené do ľubovoľnej úložnej bunky v regáloch.

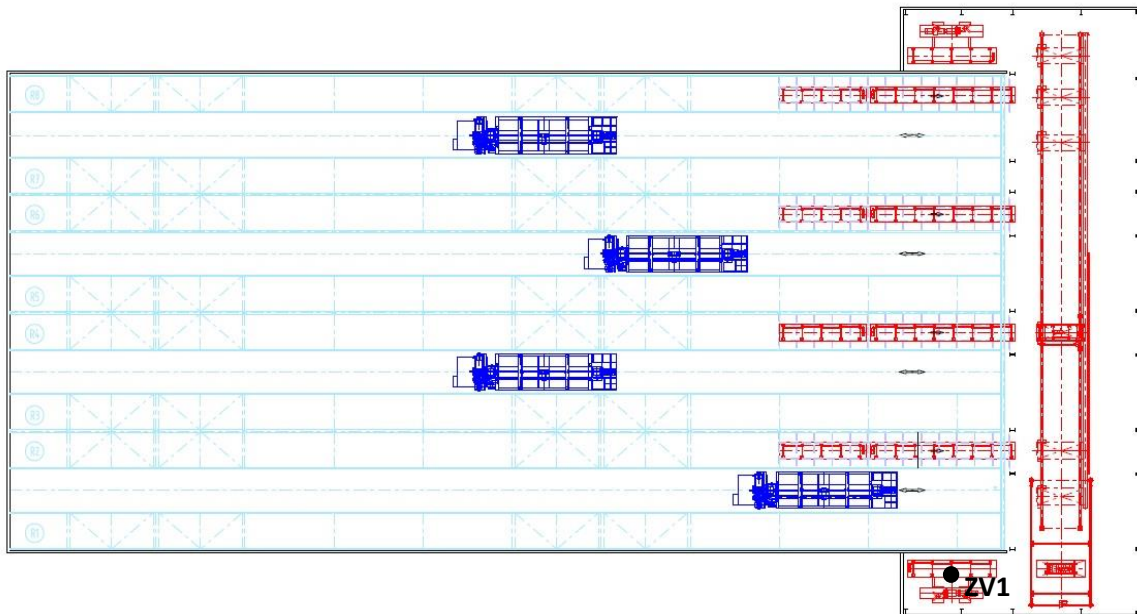
Navrhnutý výškový sklad pozostáva celkovo z ôsmych regálov. Každý z nich má kapacitu uskladnenia 100 nalakovaných karosérií. Treba však počítať s tým, že v štyroch z týchto regálov sa nachádzajú valčekové dráhy slúžiace ako vstup a výstup v sklade, čím dostávame maximálnu kapacitu skladu 760 karosérií.



Obr. 45) Dopravníková úroveň 8 000 mm návrhu skladu variantu C.

Dopravníková úroveň 16 700 mm

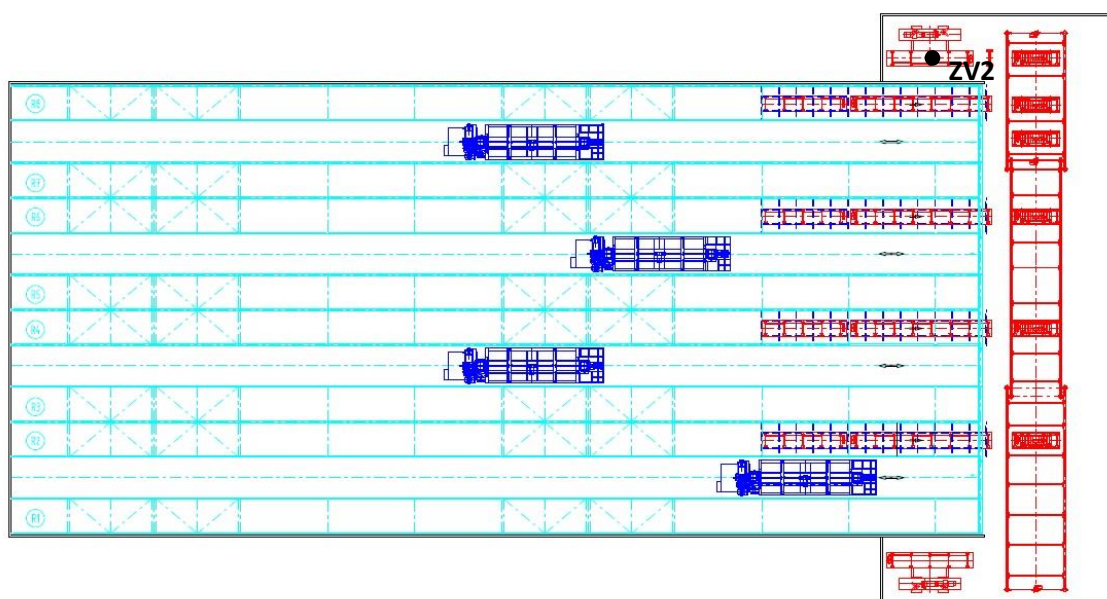
Na základe objednávok z montáže sa z regálov výškového skladu vyskladnia požadované karosérie, ktoré sú regálovými zakladačmi dopravené k presuvnému vozíku na úrovni 16 700 mm (viď obr. 46). Pomocou neho sú presunuté k zdviháku ZV1, ktorým pokračujú do sekvenčného zásobníka nachádzajúceho sa na dopravníkovej úrovni 23 600 mm.



Obr. 46) Dopravníková úroveň 16 700 mm návrhu skladu variantu C.

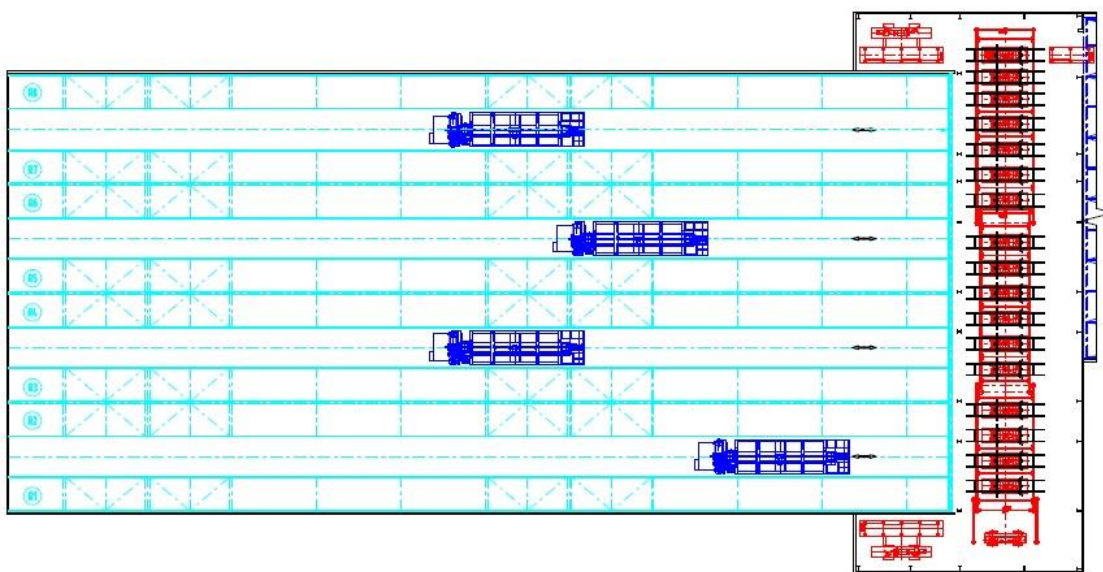
Dopravníková úroveň 19 600 mm

Obslužná predzóna na tejto úrovni slúži na vyskladnenie karosérií v prípade, že nemôžu pokračovať na montážnu linku. Napr. keď sa zistí, že je poškodená alebo je určená pre iný pobočný závod. Vtedy sú karosérie regálovými zakladačmi vyskladnená na túto obslužnú predzónu tvorenú priečnymi pásovými dopravníkmi. Odtiaľ pokračujú cez ne k zdviháku ZV2, ktorým sú dopravené na najnižšiu úroveň v sklade a následne sú z neho vybrané. Takéto vyskladnenie karosérie zo skladu je ojedinelé. V predošlých variantoch by v tomto prípade bola karoséria vyskladnená pomocou zdviháka prepravujúcim karosérie do sekvenčného zásobníka.

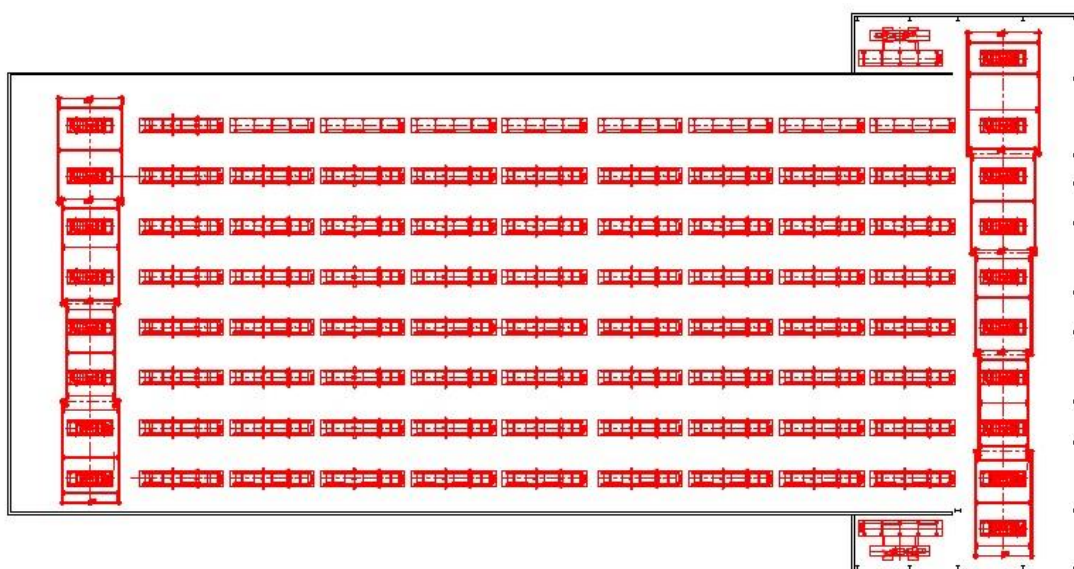


Obr. 47) Dopravníková úroveň 19 600 mm návrhu skladu variantu C.

Umiestnenie zásobníka na prázdne skidy (vid' obr. 48) a zároveň i sekvenčného zásobníka (vid' obr. 49) na dopravníkových úrovniach 10 700 mm a 23 600 mm zostáva rovnaký ako v predošlých dvoch variantoch.



Obr. 48) Dopravníková úroveň 10 700 mm návrhu skladu variantu C.



Obr. 49) Dopravníková úroveň 23 600 mm návrhu skladu variantu C.

7.4 Časový rozbor vyskladnenia nalakovaných karosérií

Takt time (TT) alebo doba taktu udáva rýchlosť akou sa majú vyrábať produkty, aby sa splnila objednávka. Jeho cieľom je presne zladit' výrobu s dopytom. [17].

V prípade, že proces výroby bude trvať dlhšie ako doba taktu nastáva nedostatok výrobkov. V opačnom prípade vznikne ich prebytok. Z tohto dôvodu sa doba taktu prispôsobuje objednávkam a to tak, že ak dopyt od zákazníkov dlhšiu dobu klesá, tak by sa mala doba taktu zvýšiť. Naopak, keď zákazník navýši objednávku, doba taktu by sa mala znížiť [17].

Aby mohol byť mnou navrhovaný sklad implementovaný do výrobného toku, doba taktu na jeho výstupe musí byť rovnaká alebo menšia ako doba taktu na montáži. Tá je v súčasnosti približne 60 sekúnd. V prípade, že by takt na výstupe zo skladu bol väčší, montáž by nebola zásobovaná dostatočným množstvom nalakovaných karosérií a došlo by k spomaleniu celkovej produkcie automobilov. Nižší takt na výstupe zo skladu nepredstavuje problém, v takom prípade by pred montážou vznikala zásoba nalakovaných karosérií, alebo by mohla byť spomalená rýchlosť jednotlivých dopravníkových prvkov, tak aby sa takty vyrovnali.

Pre určenie presnej doby taktu na výstupe zo skladu v jednotlivých variantoch návrhu by bolo nutné previesť simuláciu celého dopravníkového systému v sklade. Takáto simulácia by bola časovo a obsahovo veľmi náročná a navyše by si vyžadovala odborné znalosti z oblasti simulácie. Z tohto dôvodu sú jednotlivé varianty návrhov zhodnotené na základe trvania pohybu karosérie tromi zónami, ktorými pri vyskladnení musí prejsť. Prvú zónu tvorí samotné vyskladnenie nalakovanej karosérie z ľubovoľnej úložnej bunky v sklade. Druhá zóna zahŕňa pohyb karosérie medzi prvou a tretou zónou. Tretiu zónu tvorí zdvihák zabezpečujúci presun karosérie do sekvenčného zásobníka. Čas pohybu karosérie v týchto troch zónach je možné vypočítať na základe dráhy, ktorú nalakovaná karoséria pri vyskladnení prejde a na základe informácií o rýchlostiach jednotlivých prvkov dopravníkového systému. Vzhľadom k tomu, že pohyby v jednotlivých zónach prebiehajú do určitej miery paralelne a s využitím rôznych dopravných zariadení je možné počítať časy pre pohyby v jednotlivých zónach samostatne a porovnávať ich v tomto zjednodušenom výpočte s požadovaným taktom výroby (montáže) samostatne a to nasledovne:

V zóne jedna je treba vypočítaný čas porovnať s počtom výrobných cyklov, ktoré uplynú od dvoch po sebe idúcich vyskladneniach karosérie z rovnakého skladovacieho poschodia. Túto hodnotu je možné v tomto zjednodušenom výpočte s priemernými hodnotami položiť rovno počtu obsluhovaných poschodí (u variant A a B – rovnomerný odber z jednotlivých poschodí), respektíve počtu obslužných regálových zakladačov (u varianty C rovnomerný odber od jednotlivých regálových zakladačov).

V zónach 2 a 3 je situácia jednoduchšia – u nich porovnáваме manipulačné časy s jedným výrobným taktom.

Vypočítané časy môžeme považovať za priemerné hodnoty vyskladňovania v jednotlivých zónach konkrétneho poschodia skladu. Podrobnú a vierohodnú analýzu časových pomerov u celého skladu (s uvažovaním všetkých väzieb a súvislostí) môžeme previesť jedine s pomocou simulácie. Tá dokáže zohľadniť správanie celého dopravníkového systému. Sleduje paralelný pohyb karosérií vo viacerých dopravníkových

úrovních skladu v rovnaký čas a tým dokáže určiť presný výsledný takt na výstupe zo skladu.

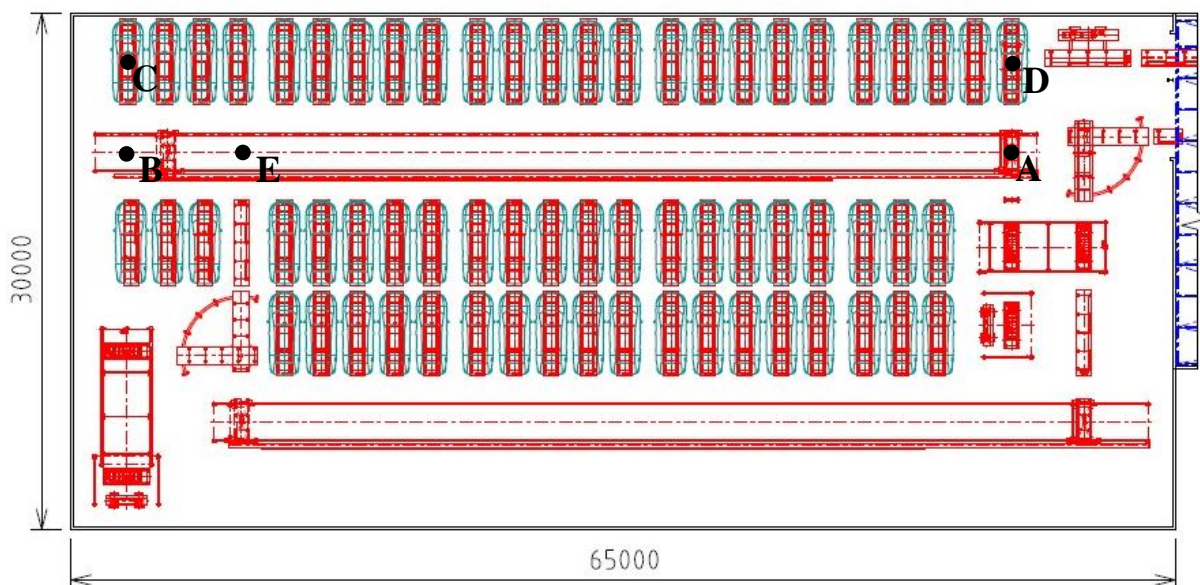
7.4.1 Časový rozbor vyskladnenia karosérie v návrhu variante A

Návrh skladu vo variante A pozostáva z 12-tich poschodí, pričom v každom z nich sa nachádzajú dva zakladače tvorené priečnymi presuvnými vozíkmi. Kapacita každej dopravníkovej úrovne v tomto variante skladu je 63 nalakovaných karosérií. Posledné poschodie (dopravníková úroveň 32 300 mm) je tvorené sekvenčným zásobníkom s kapacitou 107 karosérií radených v nemennom poradí.

Výpočet priemerného času pohybu nalakovanej karosérie v prvej zóne

Prvú zónu pri vyskladňovaní nalakovanej karosérie zo skladu tvorí jej samotné vyskladnenie z úložnej bunky pomocou zakladačov. Tie okrem vyskladnenia slúžia i na uskladnenie karosérií do týchto buniek. Nalakované karosérie sú vyskladňované z ľubovoľných pozícií v sklade, pričom kedy a z akej pozície budú vyskladnené záleží na objednávkach z montáže a v širších súvislostiach i na stratégií uskladňovania nalakovaných karosérií, ktoré budú realizované vyšším stupňom riadenia výroby. Z tohto dôvodu a na základe funkcionality zakladačov bol vypočítaný priemerný čas uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie zakladačom.

V prvom kroku bolo potrebné zistiť maximálny čas uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie zakladačom (t_{max}). Inak povedané čas, pri ktorom uskladnenie jednej karosérie a následne vyskladnenie druhej v sklade trvá najdlhšie. Táto manipulácia s karosériami je znázornená na obr. 50. Pri nej je najskôr nalakovaná karoséria prepravená presuvným vozíkom (zakladačom) z bodu A do bodu B. Následne je z tohto bodu uskladnená na valčekovú dráhu (bod C). Po uskladnení karosérie sa prázdny zakladač vráti späť do bodu A, kde je naň vyskladnená druhá karoséria z úložnej bunky nachádzajúcej sa v bode E. Tá je na záver prepravená do posledného bodu D, odkiaľ ďalej pokračuje do druhej zóny.



Obr. 50) Pohyb nalakovanej karosérie pri maximálnom čase uskladnenia a vyskladnenia v návrhu skladu variante A.

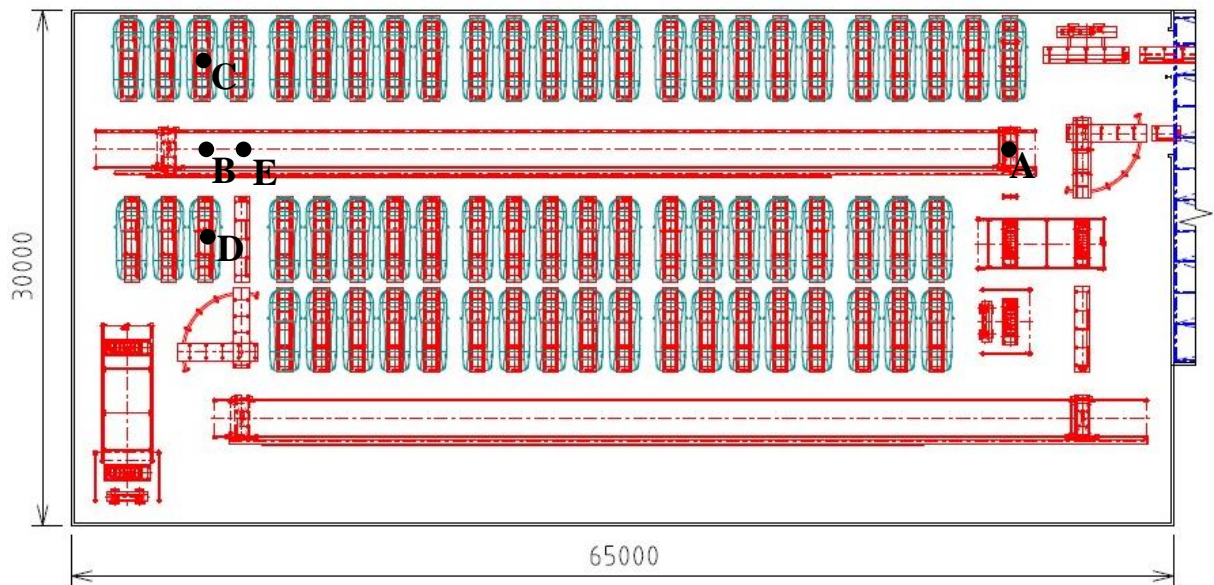
Maximálny čas uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie zakladačom t_{\max} bol vypočítaný podľa vzťahu (1).

$$t_{\max} = \frac{s_{A \rightarrow B}}{v_z} + \frac{s_{B \rightarrow C}}{v_{vd}} + \frac{s_{B \rightarrow A}}{v_z} + \frac{s_{D \rightarrow A}}{v_{vd}} + \frac{s_{A \rightarrow E}}{v_z} \quad (1)$$

kde: $s_{A \rightarrow B} = 51,6 \text{ m}$	Dráha pohybu zakladača pri uskladňovaní nalakovanej karosérie z bodu A do bodu B
$v_z = 0,4 \text{ m/s}$	Rýchlosť pohybu zakladača
$s_{B \rightarrow C} = 5,3 \text{ m}$	Dráha pohybu nalakovanej karosérie pri uskladnení z bodu B do bodu C
$v_{vd} = 0,3 \text{ m/s}$	Rýchlosť valčekovej dráhy
$s_{B \rightarrow A} = 51,6 \text{ m}$	Dráha pohybu zakladača z bodu B do bodu A
$s_{D \rightarrow A} = 5,3 \text{ m}$	Dráha pohybu nalakovanej karosérie pri vyskladňovaní z bodu D do bodu A
$s_{A \rightarrow E} = 45$	Dráha pohybu zakladača pri vyskladnení nalakovanej karosérie z bodu A do bodu E

$$t_{\max} = \frac{51,6}{0,4} + \frac{5,3}{0,3} + \frac{51,6}{0,4} + \frac{5,3}{0,3} + \frac{45}{0,4} = \frac{2435}{6} \doteq 405,8s$$

Ďalej bolo nutné vypočítať minimálny čas uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie zakladačom (t_{\min}). Teda čas, pri ktorom uskladnenie jednej karosérie a vyskladnenie druhej v sklade trvá najkratšie. Pohyb karosérií pri tejto manipulácii s nimi je znázornený na obr. 51. Nalakovaná karoséria je najskôr prepravená presuvným vozíkom z bodu A do bodu B. Z tohto bodu je následne uskladnená do úložnej bunky (bod C). Po uskladnení jednej karosérie sa z úložnej bunky na inej pozícii (bod D) vyskladní druhá karoséria, ktorá je presuvným vozíkom prepravená na začiatok výstupnej zóny (bod E).



Obr. 51) Pohyb nalakovanej karosérie pri minimálnom čase uskladnenia a vyskladnenia v návrhu skladu vo variante A.

Minimálny čas uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie zakladačom (t_{\min}) bol vypočítaný podľa vzťahu (2).

$$t_{\min} = \frac{s_{A \rightarrow B}}{v_z} + \frac{s_{B \rightarrow C}}{v_{vd}} + \frac{s_{D \rightarrow B}}{v_{vd}} + \frac{s_{B \rightarrow E}}{v_z} \quad (2)$$

kde: $s_{A \rightarrow B} = 47,4 \text{ m}$ Dráha pohybu zakladača pri uskladňovaní nalakovanej karosérie z bodu A do bodu B

$v_z = 0,4 \text{ m/s}$ Rýchlosť pohybu zakladača

$s_{B \rightarrow C} = 5,3 \text{ m}$ Dráha pohybu nalakovanej karosérie pri uskladnení z bodu B do bodu C

$v_{vd} = 0,3 \text{ m/s}$ Rýchlosť valčekovej dráhy

$s_{D \rightarrow B} = 5,3 \text{ m}$ Dráha pohybu zakladača z bodu D do bodu B

$s_{B \rightarrow E} = 2,2 \text{ m}$ Dráha pohybu nalakovanej karosérie pri vyskladňovaní z bodu B do bodu E

$$t_{\min} = \frac{47,4}{0,4} + \frac{5,3}{0,3} + \frac{5,3}{0,3} + \frac{2,2}{0,4} = \frac{478}{3} \doteq 159,3s$$

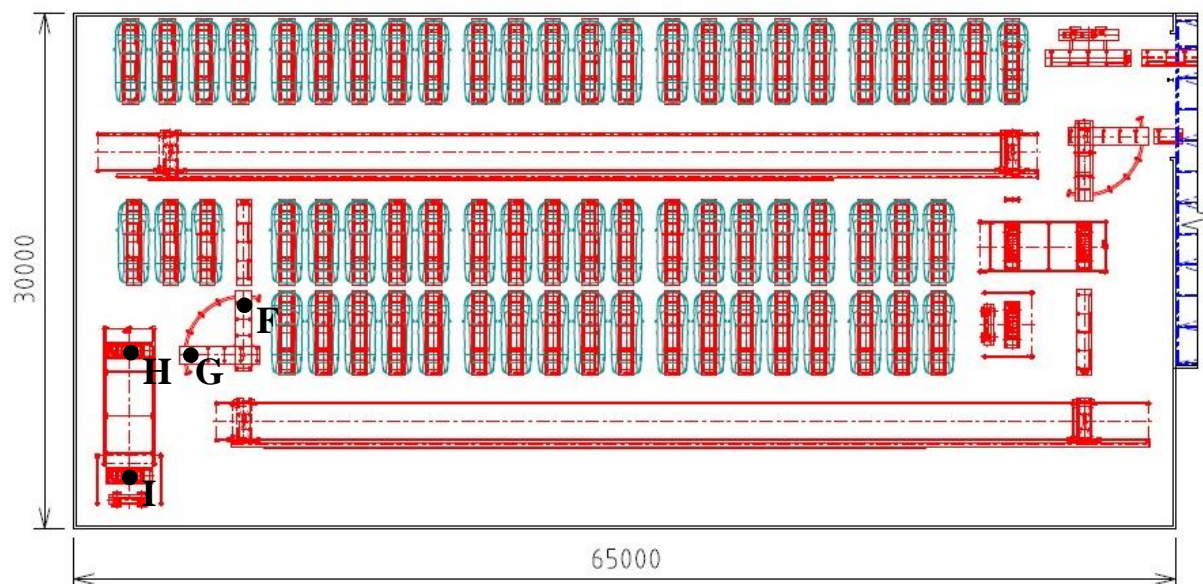
Po vypočítaní maximálneho a minimálneho času bol podľa vzťahu (3) určený priemerný čas uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie zakladačom, čo predstavuje priemerný čas pohybu nalakovanej karosérie prvou zónou.

$$t_1 = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2} = \frac{405,8 + 159,3}{2} \doteq \underline{\underline{282,6s}} \quad (3)$$

Priemerný počet výrobných taktov medzi dvoma vyskladneniami karosérie z rovnakého poschodia (k porovnaniu efektivity časového využitia) je 12, t.j. pri take výrobnéj operácie 60 s je porovnávací čas $t_p=720$ s.

Výpočet času pohybu nalakovanej karosérie v druhej zóne

V druhej zóne je karoséria prepravená skupinou dopravníkov, z miesta jej vyskladnenia zakladačom k zdviháku, ktorým je ďalej dopravená až do sekvenčného zásobníka. Dráha pohybu nalakovanej karosérie druhou zónou je znázornená na obr. 52. Karoséria po vyskladnení jedným z dvojice zakladačov pokračuje k otočnému stolu (bod F). Tým je otočená o 90° (bod G) a presunutá na priečny pásový dopravník (bod H), ktorým je prepravená k zdviháku nachádzajúceho sa v bode I.



Obr. 52) Pohyb nalakovanej karosérie v druhej zóne v návrhu skladu variantu A.

Čas pohybu nalakovanej karosérie v druhej zóne bol určený podľa vzťahu (4).

$$t_2 = t_{F \rightarrow G} + \frac{s_{G \rightarrow H}}{v_{vd}} + \frac{s_{H \rightarrow I}}{v_{ppd}} \quad (4)$$

kde: $t_{F \rightarrow G} = 4$ s

Čas otočenia otočného stola o 90°

$s_{G \rightarrow H} = 5,6$ m

Dráha pohybu nalakovanej karosérie z bodu G do bodu H

$v_{vd} = 0,3$ m/s

Rýchlosť valčekovej dráhy

$$s_{H \rightarrow I} = 6,8 \text{ m}$$

Dráha pohybu nalakovanej karosérie z bodu H do bodu I

$$v_{ppd} = 0,4 \text{ m/s}$$

Rýchlosť priečného pásového dopravníka

$$t_2 = 4 + \frac{5,6}{0,3} + \frac{6,8}{0,4} \doteq \underline{\underline{40s}}$$

Výpočet maximálneho času pohybu nalakovanej karosérie v tretej zóne

Poslednú zónu tvorí zdvihák prepravujúci vyskladnenú karosériu v ľubovoľnom poschodí do sekvenčného zásobníka. Aby takt na výstupe zo skladu bol menší ako 60 sekúnd čo je aktuálny takt montážnej linky, musí byť čas maximálnej dráhy zdviháka pri vyskladnení karosérie menší ako táto hodnota. V opačnom prípade by tento sklad nestíhal zásobovať montáž nalakovanými karosériami. Maximálnou dráhou zdviháka je pohyb, pri ktorom prázdny zdvihák zide z najvyššej dopravníkovej úrovne (zo sekvenčného zásobníka) do najnižšej kde je naň naložená karoséria, ktorú následne dopraví do sekvenčného zásobníka.

Čas maximálnej dráhy zdviháka pri vyskladnení karosérie a teda maximálny čas pohybu nalakovanej karosérie treťou zónou bol vypočítaný podľa vzťahu (5).

$$t_3 = \frac{s_{zv \max}}{v_{zv}} \quad (5)$$

kde: $s_{zv \max} = 63,6 \text{ m}$ Maximálna dráha zdviháka

$v_{zv} = 1,1 \text{ m/s}$ Rýchlosť zdviháka prepravujúceho nalakované karosérie do sekvenčného zásobníka

$$t_3 = \frac{63,6}{1,1} \doteq \underline{\underline{57,8s}}$$

Pretože tento čas je menší ako predpokladaná doba výrobného (montážneho taktu), nie je potrebné počítat minimálnu a priemernú dobu pohybu v tejto zóne.

7.4.2 Časový rozbor vyskladnenia karosérie v návrhu variante B

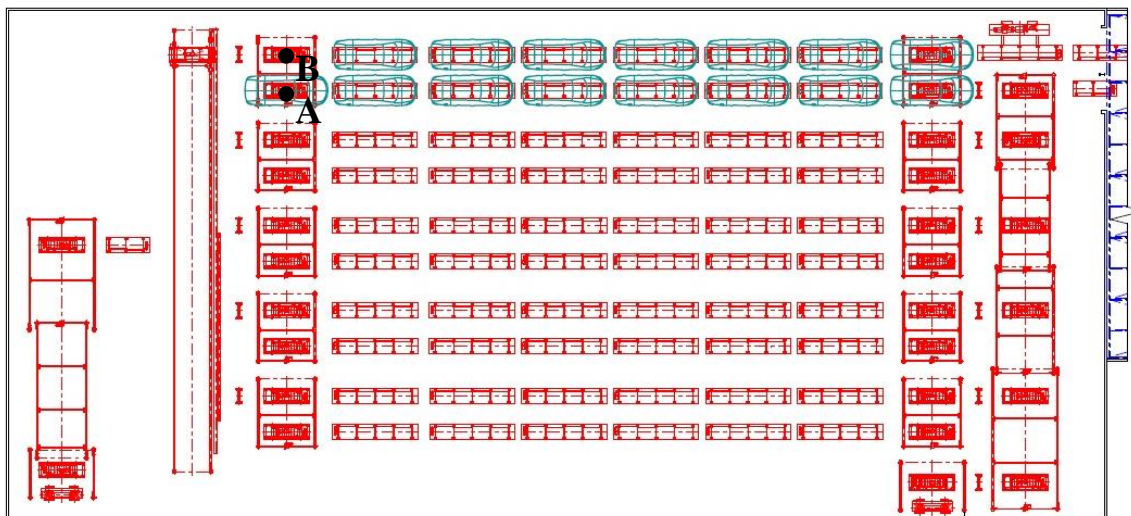
Sklad vo variante B obsahuje desať poschodí, v ktorých sú karosérie uskladňované a vyskladňované pomocou päťice uzatvorených paralelných dopravníkových vetiev. Kapacita na každom poschodí tohto skladu je približne 73 nalakovaných karosérií. Najvyššie poschodie skladu (na dopravníkovej úrovni 26 900 mm) je rovnako ako u variante A tvorené zhodným sekvenčným zásobníkom.

Pri výpočte časov v jednotlivých troch zónach v nasledujúcich dvoch variantoch návrhu skladu bolo postupované obdobným spôsobom ako v predošlom variante. Z tohto dôvodu nebude ďalej pri týchto výpočtoch zdôvodňované prečo bol počítaný priemerný alebo maximálny čas.

Výpočet priemerného času pohybu nalakovanej karosérie prvou zónou

Ako prvé bolo potrebné vypočítat maximálny čas vyskladnenia nalakovanej karosérie z uzatvorenej dopravníkovej vetvy (t_{\max}). Jedná sa o čas, za ktorý je vyskladnená nalakovaná karoséria z najvzdialenejšej pozície od výstupu v plne obsadenej uzatvorenej dopravníkovej vetve. Dráha pohybu karosérie pri jej vyskladnení z uzatvorenej

dopravníkovej vetvy (dráha od bodu A do bodu B) je znázornená na obr. 53. Karosérie sa v tejto vetve nepohybujú plynulo všetky naraz, ale postupne jedna po druhej.



Obr. 53) Pohyb nalakovanej karosérie pri jej vyskladnení z najvzdialenejšej pozície v plne obsadenej uzatvorenej dopravníkovej vetve v návrhu skladu variantu B.

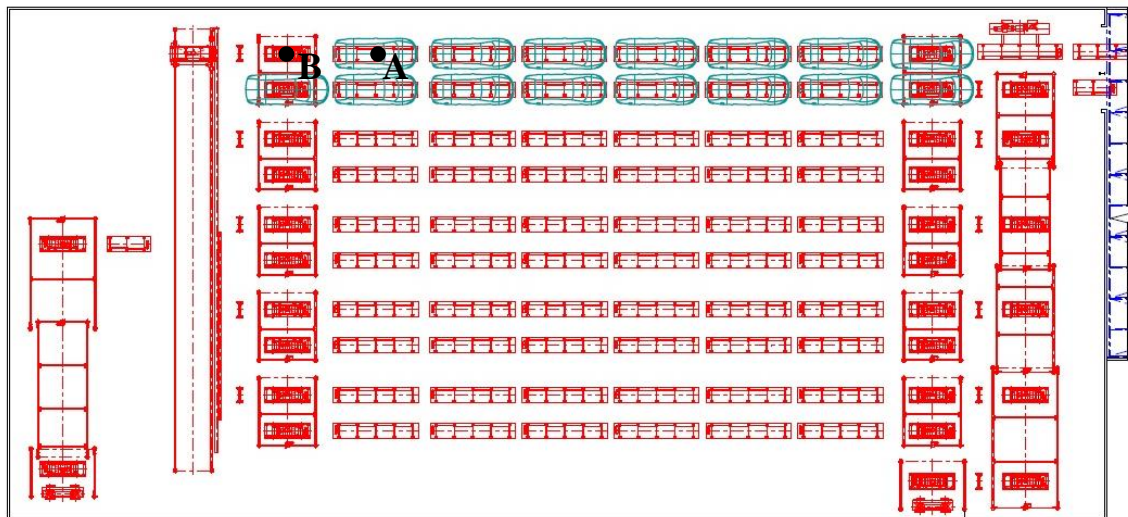
Maximálny čas vyskladnenia nalakovanej karosérie z uzatvorenej dopravníkovej vetvy bol vypočítaný podľa vzťahu (6).

$$t_{\max} = \left(\frac{s_{vd}}{v_{vd}} \cdot p_{vd} + \frac{s_{ppd}}{v_{ppd}} \right) \cdot p_p \quad (6)$$

- | | | |
|------|-----------------------------|---|
| kde: | $s_{vd} = 5,7 \text{ m}$ | Dráha pri pohybe nalakovanej karosérie z jednej valčekovej dráhy na druhú |
| | $v_{vd} = 0,6 \text{ m/s}$ | Rýchlosť pohybu valčekovej dráhy |
| | $p_{vd} = 14$ | Počet koľko krát musia karosérie dohromady prekonať vzdialenosť s_{vd} , aby sa všetky karosérie v dopravníkovej vetve posunuli o jednu pozíciu |
| | $s_{ppd} = 2,1 \text{ m}$ | Vzdialenosť medzi dvoma pozíciami v priečnom pásovom dopravníku |
| | $v_{ppd} = 0,4 \text{ m/s}$ | Rýchlosť priečného pásového dopravníka |
| | $p_p = 15$ | Počet pozícií, ktoré musí nalakovaná karoséria prekonať, aby sa dostala z bodu A na výstup z dopravníkovej vetvy (k bodu B) |

$$t_{\max} = \left(\frac{5,7}{0,6} \cdot 14 + \frac{2,1}{0,4} \right) \cdot 15 \doteq 2073,8 \text{ s}$$

Ďalej bol vypočítaný minimálny čas vyskladnenia nalakovanej karosérie z uzatvorenej dopravníkovej vetvy (t_{\min}). Čas, za ktorý je vyskladnená nalakovaná karoséria z najbližšej pozície od výstupu v plne obsadenej uzatvorenej dopravníkovej vetve. Dráha pohybu karosérie pri jej vyskladnení z uzatvorenej dopravníkovej vetvy (dráha od bodu A do bodu B) je znázornená na obr. 54.



Obr. 54) Pohyb nalakovanej karosérie pri jej vyskladnení z najbližšej pozície v plne obsadenej uzatvorenej dopravníkovej vetve v návrhu skladu variantu B.

Minimálny čas vyskladnenia nalakovanej karosérie z uzatvorenej dopravníkovej vetvy bol vypočítaný podľa vzťahu (7).

$$t_{\min} = \frac{s_{vd}}{v_{vd}} \quad (7)$$

kde: $s_{vd} = 5,7 \text{ m}$ Dráha pri pohybe nalakovanej karosérie z jednej valčekovej dráhy na druhú

$v_{vd} = 0,6 \text{ m/s}$ Rýchlosť pohybu valčekovej dráhy

$$t_{\min} = \frac{5,7}{0,6} = \underline{9,5s}$$

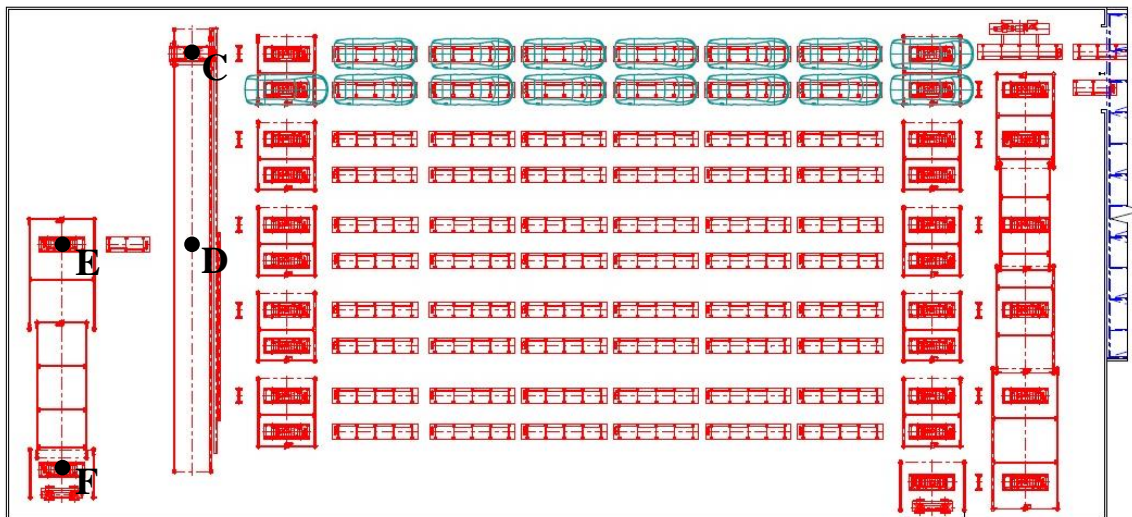
Z maximálneho a minimálneho času vyskladnenia nalakovanej karosérie bol následne pomocou vzťahu (8) vypočítaný priemerný čas pohybu nalakovanej karosérie v prvej zóne.

$$t_1 = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2} = \frac{2073,8 + 9,5}{2} = \underline{1041,5s} \quad (8)$$

Priemerný počet výrobných taktov medzi dvoma vyskladneniami karosérie z rovnakého poschodia (ku zrovnaniu efektivity časového využitia) je 10, t.j. pri takte výrobnej operácie 60 s je porovnávaci čas $t_p=600 \text{ s}$.

Výpočet času pohybu nalakovanej karosérie v druhej zóne

Predmetom výpočtu je čas potrebný k prejazdu karosérie od pozície vyskladnenia z uzatvorenej dopravníkovej vetvy k zdviháku, ktorým pokračuje do sekvenčného zásobníka (viď obr. 55). Karoséria po vyskladnení z uzatvorenej dopravníkovej vetvy pokračuje presuvným vozíkom z bodu C do bodu D. Z tohto bodu prejde na priečný pásový dopravník (bod E), ktorým je dopravená až k zdviháku (bod F).



Obr. 55) Pohyb nalakovanej karosérie v druhej zóne v návrhu skladu variantu B.

Čas pohybu nalakovanej karosérie v druhej zóne bol vypočítaný podľa vzťahu (9).

$$t_2 = \frac{s_{C \rightarrow D}}{2 \cdot v_{pv}} + \frac{s_{D \rightarrow E}}{v_{vd}} + \frac{s_{E \rightarrow F}}{v_{ppd}} \quad (9)$$

kde: $s_{C \rightarrow D} = 11,2 \text{ m}$ Dráha pohybu nalakovanej karosérie z bodu C do bodu D

$v_{pv} = 0,4 \text{ m/s}$ Rýchlosť pohybu presuvného vozíka

$s_{D \rightarrow E} = 7,6 \text{ m}$ Dráha pohybu nalakovanej karosérie z bodu D do bodu E

$v_{vd} = 0,3 \text{ m/s}$ Rýchlosť valčekovej dráhy

$s_{E \rightarrow F} = 13,2 \text{ m}$ Dráha pohybu nalakovanej karosérie z bodu E do bodu F

$v_{ppd} = 0,4 \text{ m/s}$ Rýchlosť priečného pásového dopravníka

$$t_2 = \frac{11,2}{2 \cdot 0,4} + \frac{7,6}{0,3} + \frac{13,2}{0,4} = \underline{\underline{72,3s}}$$

Výpočet maximálneho času pohybu nalakovanej karosérie treťou zónou

Tento výpočet zahŕňa čas, za ktorý prejde zdvihák pri vyskladnení karosérie maximálnu dráhu. Teda dráhu, pri ktorej prázdny zdvihák zide z najvyššej dopravníkovej úrovne (zo sekvenčného zásobníka) do najnižšej odkiaľ následne dopraví karosériu späť do sekvenčného zásobníka.

Maximálny čas pohybu nalakovanej karosérie treťou zónou bol vypočítaný podľa vzťahu (10).

$$t_3 = \frac{s_{zv \max}}{v_{zv}} \quad (10)$$

kde: $s_{zv \max} = 53,8 \text{ m}$ Maximálna dráha zdviháku prepravujúceho nalakované karosérie do sekvenčného zásobníka

$v_{zv} = 1,1 \text{ m/s}$ Rýchlosť zdviháka prepravujúceho nalakované karosérie do sekvenčného zásobníka

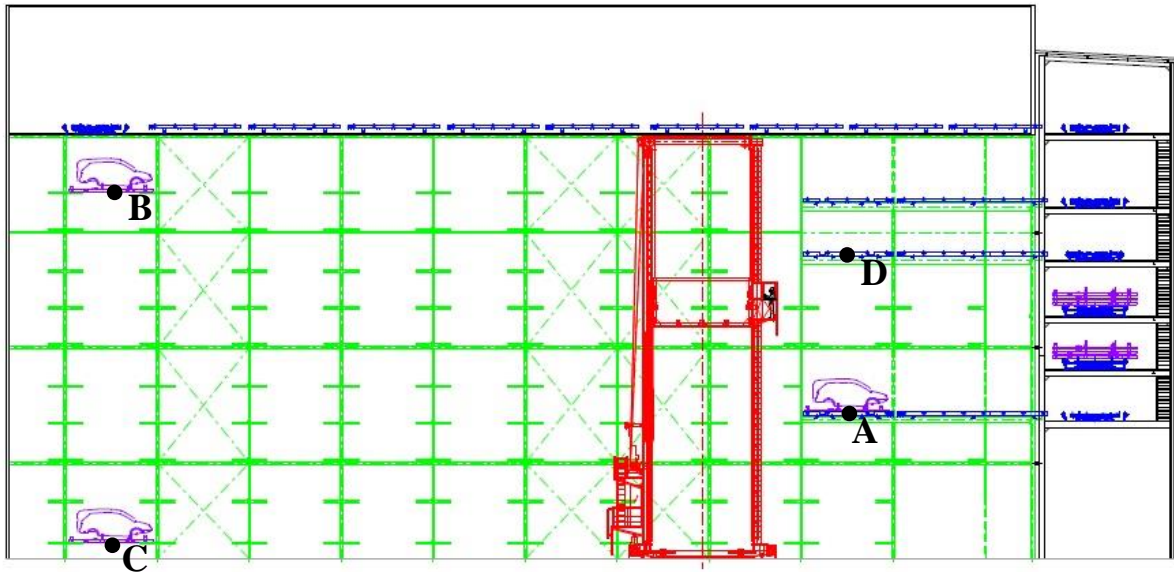
$$t_3 = \frac{53,8}{1,1} = \underline{\underline{48,9s}}$$

7.4.3 Časový rozbor vyskladnenia karosérie v návrhu variantu C

Posledným variantom návrhu bol výškový sklad, pozostávajúci z ôsmich radov regálových konštrukcií a štyroch regálových zakladačov slúžiacich pre uskladnenie a vyskladnenie karosérií. Každý regál má priemernú kapacitu 95 nalakovaných karosérií. Najvyššie poschodie skladu (na dopravníkovej úrovni 23 600 mm) je tak ako v predošlých variantoch tvorené sekvenčným zásobníkom.

Výpočet priemerného času pohybu nalakovanej karosérie prvou zónou

Rovnako ako v predošlých dvoch variantoch bolo ako prvé potrebné vypočítať maximálny čas uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie pomocou regálového zakladača (t_{\max}). Teda čas, pri ktorom uskladnenie jednej karosérie a následne vyskladnenie druhej karosérie v sklade trvá najdlhšie. Pohyb karosérií pri tejto manipulácii s nimi je znázornený na obr. 56. Regálový zakladač pomocou výsuvných lyží naberie nalakovanú karosériu v mieste bodu A a prepraví ju k miestu v bode B. V tomto bode je karoséria uskladnená do úložnej bunky regálovej konštrukcie. Po uskladnení karosérie, pokračuje prázdny regálový zakladač k bodu C, kde vyskladní druhú karosériu a následne ju prepraví k bodu D, odkiaľ pokračuje do druhej zóny.



Obr. 56) Pohyb nalakovanej karosérie pri maximálnom čase uskladnenia a vyskladnenia v návrhu skladu variantu C.

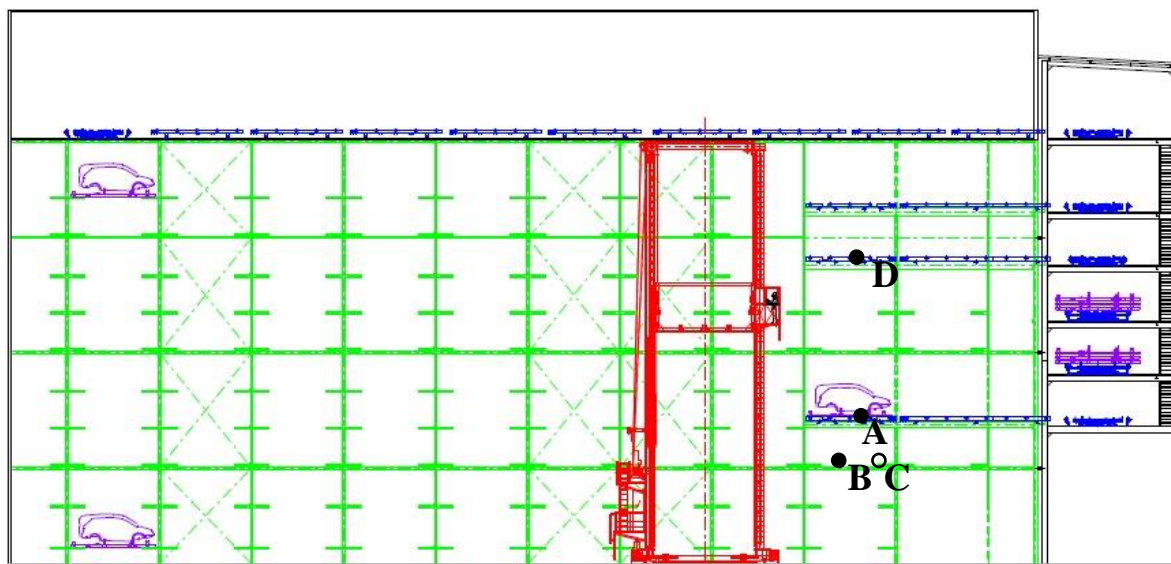
Maximálny čas uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie pomocou regálového zakladača bol vypočítaný podľa vzťahu (11).

$$t_{\max} = t_{uv} + \frac{s_{A \rightarrow B}}{v_{prz}} + t_{uv} + \frac{s_{B \rightarrow C}}{v_{zrz}} + t_{uv} + \frac{s_{C \rightarrow D}}{v_{prz}} + t_{uv} \quad (11)$$

kde: $t_{uv} = 25 \text{ s}$	Čas potrebný pre uskladnenie/vyskladnenie nalakovanej karosérie v/z úložnej bunke regálovej konštrukcie
$s_{A \rightarrow B} = 40 \text{ m}$	Dráha horizontálneho pohybu regálového zakladača pri uskladňovaní nalakovanej karosérie z bodu A do bodu B
$v_{prz} = 1,67 \text{ m/s}$	Rýchlosť pojazdu regálového zakladača
$s_{B \rightarrow C} = 19 \text{ m}$	Dráha vertikálneho pohybu regálového zakladača z bodu B do bodu C
$v_{zrz} = 0,58 \text{ m/s}$	Rýchlosť zdvihu regálového zakladača
$s_{C \rightarrow D} = 40 \text{ m}$	Dráha horizontálneho pohybu regálového zakladača pri vyskladňovaní nalakovanej karosérie z bodu C do bodu D

$$t_{\max} = 25 + \frac{40}{1,67} + 25 + \frac{19}{0,58} + 25 + \frac{40}{1,67} + 25 \doteq \underline{180,7 \text{ s}}$$

Pri minimálnom čase uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie pomocou regálového zakladača (t_{\min}) sa jedná o čas, pri ktorom uskladnenie jednej karosérie a následne vyskladnenie druhej v sklade trvá najkratšie. Pohyb karosérií pri tejto manipulácii s nimi je znázornený na obr. 57. Regálový zakladač pomocou výsuvných lyží naberie nalakovanú karosériu v mieste bodu A a prepraví ju o jednu úložnú bunku v regáli nižšie (bod B) a následne ju do nej uskladní. Potom prázdny regálový zakladač vyskladní druhú karosériu z bunky regálu nachádzajúceho sa z druhej strany zakladača (bod C) a následne ju prepraví k bodu D, odkiaľ pokračuje do druhej zóny.



Obr. 57) Pohyb nalakovanej karosérie pri minimálnom čase uskladnenia a vyskladnenia v návrhu skladu variantu C.

Minimálny čas uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie pomocou regálového zakladača bol vypočítaný podľa vzťahu (12).

$$t_{\min} = t_{uv} + \frac{s_{A \rightarrow B}}{v_{zrz}} + t_{uv} + t_{uv} + \frac{s_{C \rightarrow D}}{v_{zrz}} \quad (12)$$

kde: $t_{uv} = 25 \text{ s}$

Čas potrebný pre uskladnenie/vyskladnenie nalakovanej karosérie v/z úložnej bunke regálovej konštrukcie

$s_{A \rightarrow B} = 2,3 \text{ m}$

Dráha vertikálneho pohybu regálového zakladača pri uskladňovaní nalakovanej karosérie z bodu A do bodu B

$s_{C \rightarrow D} = 11 \text{ m}$

Dráha horizontálneho pohybu regálového zakladača pri vyskladňovaní nalakovanej karosérie z bodu C do bodu D

$v_{zrz} = 0,58 \text{ m/s}$

Rýchlosť zdvihu regálového zakladača

$$t_{\min} = 25 + \frac{2,3}{0,58} + 25 + 25 + \frac{11}{0,58} \doteq 97,9s$$

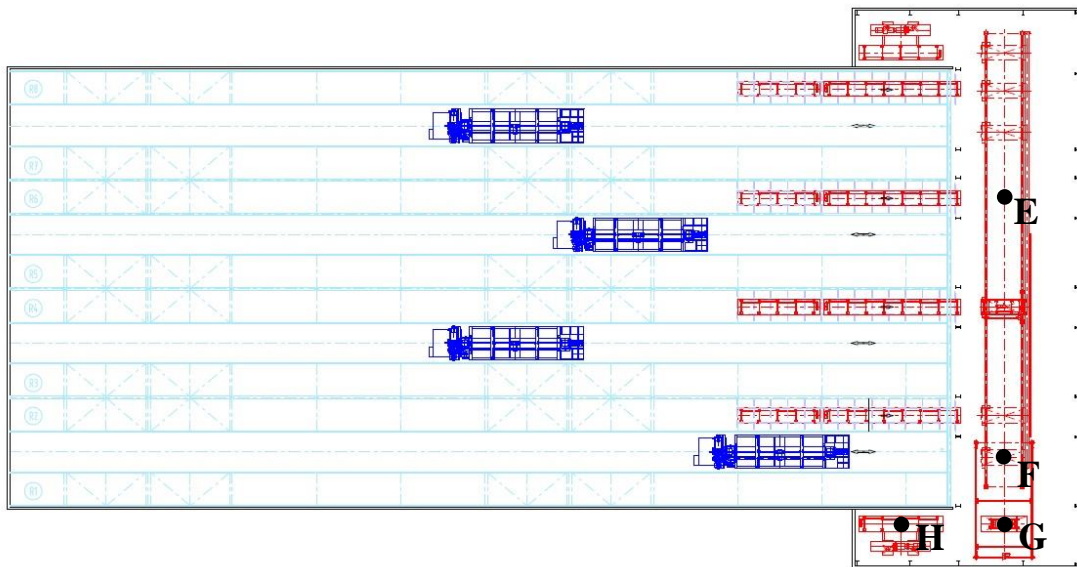
Na záver bol podľa vzťahu (13) z tohto maximálneho a minimálneho času vypočítaný priemerný čas pohybu nalakovanej karosérie v prvej zóne.

$$t_1 = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2} = \frac{180,7 + 97,9}{2} = \underline{\underline{139,3s}} \quad (13)$$

Priemerný počet výrobných taktov medzi dvoma vyskladneniami karosérií od rovnakého regálového zakladača (k porovnaniu efektivity časového využitia) je 4, t.j. pri takte výrobnej operácie 60 s je porovnávaci čas $t_p=240$ s.

Výpočet času pohybu nalakovanej karosérie v druhej zóne

Výpočet predstavuje čas potrebný k prejazdu karosérie od pozície vyskladnenia regálovým zakladačom k zdviháku, ktorým ďalej pokračuje do sekvenčného zásobníka (viď obr. 58). Karoséria po vyskladnení regálovým zakladačom pokračuje presuvným vozíkom z bodu E (zámerne vybraný stredný bod dráhy presuvného vozíka v tejto zóne) do bodu F. V tomto bode prejde z presuvného vozíka na priečny pásový dopravník, ktorým pokračuje k bodu G. Nakoniec sa z bodu G prepraví k zdviháku (bod H), ktorým sa dostane až do sekvenčného zásobníka.



Obr. 58) Pohyb nalakovanej karosérie vo výstupnej zóne v návrhu skladu variantu C.

Čas pohybu nalakovanej karosérie v druhej zóne bol vypočítaný pomocou vzťahu (14).

$$t_2 = \frac{s_{E \rightarrow F}}{v_{pv}} + \frac{s_{F \rightarrow G}}{v_{ppd}} + \frac{s_{G \rightarrow H}}{v_{vd}} \quad (14)$$

kde: $s_{E \rightarrow F} = 15,4$ m Dráha pohybu nalakovanej karosérie z bodu E do bodu F

$v_{pv} = 0,4 \text{ m/s}$	Rýchlosť pohybu presuvného vozíka
$s_{F \rightarrow G} = 4 \text{ m}$	Dráha pohybu nalakovanej karosérie z bodu F do bodu G
$v_{ppd} = 0,4 \text{ m/s}$	Rýchlosť priečného pásového dopravníka
$s_{G \rightarrow H} = 6,2 \text{ m}$	Dráha pohybu nalakovanej karosérie z bodu G do bodu H
$v_{vd} = 0,3 \text{ m/s}$	Rýchlosť valčekovej dráhy

$$t_2 = \frac{15,4}{0,4} + \frac{4}{0,4} + \frac{6,2}{0,3} \doteq \underline{\underline{69,2s}}$$

Výpočet maximálneho času pohybu nalakovanej karosérie treťou zónou

V tejto variante návrhu skladu sú karosérie vyskladňované na jednu dopravníkovú úroveň, z ktorej sú neskôr zdvihákom prepravené do sekvenčného zásobníka. Maximálnu dráhu zdviháka tvorí jeho pohyb zo sekvenčného zásobníka na úroveň určenú pre vyskladnenie karosérií a následný pohyb späť.

Maximálny čas pohybu nalakovanej karosérie treťou zónou bol vypočítaný podľa vzťahu (15).

$$t_3 = \frac{s_{zv \max}}{v_{zv}} \quad (15)$$

kde: $s_{zv \max} = 13,8 \text{ m}$ Maximálna dráha zdviháka prepravujúceho nalakované karosérie do sekvenčného zásobníka

$v_{zv} = 1,1 \text{ m/s}$ Rýchlosť zdviháka prepravujúceho nalakované karosérie do sekvenčného zásobníka

$$t_3 = \frac{13,8}{1,1} \doteq \underline{\underline{12,5s}}$$

Výsledné hodnoty časov pohybu vyskladňovanej karosérie tromi zónami v jednotlivých variantoch návrhov skladu sú uvedené v tab. 1

Tab 1) Výsledné hodnoty časov pohybu vyskladňovanej karosérie tromi zónami

Variant návrhu skladu	Priemerný čas pohybu karosérie v prvej zóne <i>t₁ [s]</i>	Porovnávací čas pre čas pohybu v prvej zóne <i>t_p [s]</i>	Čas pohybu karosérie v druhej zóne <i>t₂ [s]</i>	Maximálny čas pohybu karosérie v tretej zóne <i>t₃ [s]</i>
A	282,6	720	40	57,8
B	1041,5	600	72,3	48,9
C	139,3	240	69,2	12,5

8 KOMPLEXNÉ ZHODNOTENIE VARIANTOV SKLADU

Aby bolo možné z predošlých troch variantov návrhu skladu pre lakované karosérie vybrať tú najlepšiu bolo nutné vykonať ich relevantné zhodnotenie. Za týmto účelom bola použitá jedna z metód multikritériálneho hodnotenia, ktorej princípom je posúdenie niekoľkých variantov daného problému podľa zvolených kritérií a stanovenie poradia variantov [18].

Postup hodnotenia touto metódou je následne prakticky popísaný pri hodnotení mojich variantov skladov pre nalakované karosérie. Ako prvé bola zvolená hodnotiacia stupnica, pomocou ktorej bola priradená váha hodnotiacim kritériám kladeným na nový sklad. Zvolené váhy jednotlivých kritérií tak ako sú uvedené v tab. 2 sú mojím subjektívnym rozhodnutím vychádzajúcim z vlastných skúseností, úsudku, technického názoru a z názoru zamestnancov oddelenia plánovania dopravníkov v spoločnosti Škoda Auto a.s. Každé kritérium bolo hodnotené bodmi (viď tab. 3) v rozsahu intervalu od 10 do 100 a následne bolo korigované váhovou hodnotou z tabuľky 2.

Celkové dosiahnuté hodnotenie pri jednotlivých návrhoch skladu bolo určené pomocou vzťahu (16).

$$\text{celkové_hodnotenie} = \sum_{i=1}^{\infty} \text{hodnotenie_kritéria}_i (10 \div 100) \cdot \text{váha_kritéria}_n \quad (16)$$

Tab 2) Tabuľka rozhodovacích váhových hodnôt.

číslo kritéria <i>i</i>	váha kritéria <i>n</i>	popis hodnotiacich kritérií
1	0,27	náklady na dopravníkovú techniku v sklade
2	0,22	náklady na stavbu skladu
3	0,21	časový rozbor vyskladnenia nalakovanej karosérie
4	0,17	náročnosť vyskladnenia ľubovoľnej karosérie zo skladu
5	0,10	náročnosť na údržbu a spoľahlivosť dopravníkového systému v sklade
6	0,03	kapacita skladu pri dosiahnutí minimálnej požadovanej kapacity 720 karosérií
-	1,0	celková suma hodnôt

Váha hodnotiacich kritérií v tabuľke 2 je rozdelená na dve časti. Takmer polovica je priradená nákladom na stavbu skladu a dopravníkovú techniku, čo dohromady tvorí 49 % váhy všetkých hodnotiacich kritérií. Z toho je zrejmé, že výška investícií je dôležitým kritériom, avšak nie jediným rozhodujúcim. Zvyšných 51 % váhy je priradených kritériám posudzujúcim sklad z technického hľadiska.

Najdôležitejším hodnotiacim kritériom z hľadiska technického zhodnotenia by bol takt na výstupe zo skladu. Avšak jeho presnú hodnotu, ako už bolo spomenuté v kap. 7.4 je možné určiť iba na základe simulácie. Z tohto dôvodu boli vypočítané časy pohybu vyskladňovaných karosérií troma zónami skladu. Pomocou nich bolo možné urobiť aspoň hrubý odhad pre posúdenie variantov skladu z hľadiska taktu na ich výstupe. Pri dĺžke pohybu karosérie treťou zónou je podmienkou splnenia požadovaného taktu, aby maximálny čas pohybu karosérie v tejto zóne netrval viac ako takt montážnej linky (60 sekúnd). Táto podmienka bola splnená u všetkých variantov, čo bolo dokázané výpočtami

pohybu nalakovanej karosérie v tretej zóne. Čas pohybu vyskladňovaných karosérií v druhej zóne sa líšil vo variantoch B a C minimálne a v porovnaní s variantom A v dvoch desiatkach sekúnd. Najväčší rozdiel medzi časmi pohybu vyskladňovanej karosérie u jednotlivých variantoch návrhu bol v prvej zóne a to až v stovkách sekúnd. Na základe toho sa môžeme domnievať že práve čas tejto zóny a teda spôsob uskladňovania a vyskladňovania, by takt na výstupe zo skladu ovplyvnil najviac. Pri aplikácii úvah, uvedených v kap. 7.4 sa však pri porovnaní časov pohybu s tam vypočítanými hodnotami priemerných porovnávacích časov dostaneme na zrovnateľné a použiteľné hodnoty. Ich vierohodnosť sa však musí overiť simuláciou celého skladu s väzbou na riadenie celého výrobného a montážneho procesu.

Štvrté hodnotiace kritérium hodnotí flexibilitu vyskladnenia karosérie z ľubovoľnej pozície skladu. Napríklad vyskladňovanie požadovanej karosérie z pretáčajúcich sa vetiev je náročnejšie a zdĺhavejšie ako pri vyskladňovaní zakladačmi.

Z hľadiska údržby dopravníkového systému v sklade je hodnotiacim kritériom spoľahlivosť celého systému. Pri nej platí, že čím menej prvkov celý dopravníkový systém obsahuje, tým klesá počet možných závad a porúch. Taktiež zložitou riadenia materiálového toku sa zvyšuje náročnosť na údržbu a prípadné odstránenie chyby.

Hodnotiacim kritériom s najnižšou váhou je dosiahnutá kapacita skladu pričom je zabezpečená minimálna kapacita podľa zadania (720 karosérií). Ak by bol sklad navrhnutý na presne požadovaný počet pozícií na uskladnenie, určitá časť skladu by bola nevyužitá. Z tohto dôvodu toto kritérium hodnotí koľko pozícií vznikne navyše od požadovaného minima, pri plnom využití plochy skladu.

8.1 Zhodnotenie jednotlivých variantov skladu podľa zvolených kritérií

Zhodnotenie variantu A podľa:

- **1. kritéria** - sklad pozostáva z veľkého množstva štandardnej dopravníkovej techniky a presuvných vozíkov s atypicky dlhou dráhou pojazdu slúžiacich. Touto dopravníkovou technikou je vybavených až 13 poschodí skladu.
- **2. kritéria** - stavba skladu pozostáva z 13-tich poschodí, čiže je to najvyššia stavba zo všetkých variantov.
- **3. kritéria** - vypočítaný priemerný čas pohybu karosérie v prvej zóne je druhý najkratší a tiež je kratší ako jeho porovnávací čas.
- **4. kritéria** - vyskladnenie ľubovoľnej karosérie z radov valčekových dráh pomocou zakladačov tvorených presuvnými vozíkmi je rýchle a efektívne riešenie.
- **5. kritéria** – vzhľadom na poznatky uvedené pri prvom kritérií, tento variant je náchylný na veľké množstvo potencionálnych porúch a vyžaduje rozsiahlejšiu údržbu.
- **6. kritéria** – pri plnom využití plochy skladu vznikne navyše od požadovaného minima 12 pozícií na uskladnenie nalakovaných karosérií.

Zhodnotenie variantu B podľa:

- **1. kritéria** – sklad rovnako ako pri prvom variante pozostáva z veľkého množstva štandardnej dopravníkovej techniky, avšak bez nejakých atypických prvkov. Táto dopravníková technika sa nachádza na 11-tich poschodiach skladu.

- **2. kritéria** – stavba skladu pozostáva z 11-tich poschodí, čo je o dve poschodia menej ako v predošlej variante.
- **3. kritéria** – vypočítaný priemerný čas pohybu karosérie v prvej zóne vyšiel zo všetkých variantov najhoršie a navyše je i vyšší ako jeho porovnávaci čas.
- **4. kritéria** – vyskladnenie ľubovoľnej karosérie z uzatvorenej dopravníkovej vetvy pomocou jej pretáčania je najmä pri jej väčšom zaplnení karosériami problematické a zdĺhavé.
- **5. kritéria** – rovnako ako v predošlý variant i tento je náchylný na veľké množstvo potencionálnych porúch. Možná chyba v tak zložitom riadiacom systéme, aký je implementovaný v tomto variante predstavuje veľké riziko na jej odstránenie.
- **6. kritéria** - pri plnom využití plochy skladu vznikne navyše od požadovaného minima 10 pozícií na uskladnenie nalakovaných karosérií.

Zhodnotenie variantu C podľa:

- **1. kritéria** - v tomto sklade je veľká časť dopravníkovej techniky z predošlých variantov nahradená štvoricou zakladačov a regálovými konštrukciami slúžiacimi ako pozície na uskladnenie nalakovaných karosérií. Štandardné prvky dopravníkovej techniky sa nachádzajú iba v obslužných predzónach. Vzhľadom na vysokú cenu regálových zakladačov sú náklady na dopravníkovú techniku porovnateľné s nákladmi na túto techniku v predošlých variantoch.
- **2. kritéria** - výhodou výškových skladov je, že steny a strecha skladu sú pripevnené na regálové konštrukcie. Stavbu klasického skladu si vyžaduje iba priestor pre päť poschodí slúžiacich ako obslužné predzóny.
- **3. kritéria** - vypočítaný priemerný čas pohybu karosérie v prvej zóne je najkratší a je kratší i ako jeho porovnávaci čas.
- **4. kritéria** - vyskladnenie ľubovoľnej karosérie z úložných buniek regálov pri správnom riadení zakladačov z predošlého kritéria je vyhovujúce. Navyše všetky karosérie sú vyskladňované na jednej dopravníkovej úrovni a pri doprave z tejto úrovne do sekvenčného zásobníka musia prekonať výškový rozdiel iba jedného poschodia.
- **5. kritéria** - vzhľadom na menší počet štandardných prvkov dopravníkovej techniky v tomto sklade, nepredstavuje tento variant riziko v podobe veľkého množstva porúch. Najväčšie riziko tvorí porucha jedného z regálových zakladačov. Pri nej totiž zostane blokových približne dve stovky nalakovaných karosérií, čo je podstatne viac ako pri predchádzajúcich variantoch (cca 60 karosérií jedného poschodia).
- **6. kritéria** - pri plnom využití plochy skladu vznikne navyše od požadovaného minima 40 pozícií na uskladnenie nalakovaných karosérií

Tab 3) Hodnotenie variantov návrhov skladov pre nalakované karosérie.

Variant návrhu skladu	Hodnotenie jednotlivých vlastností skladu podľa kritérií v tab. 2						Celkové hodnotenie podľa vzťahu (16)
	1	2	3	4	5	6	
A	75	45	50	80	75	70	63,85
B	90	60	10	30	55	65	52,15
C	80	95	90	95	80	85	88,1
Ideálny sklad	100	100	100	100	100	100	100

Po zhodnotení a prevedení jednotlivých variantov skladov v tabuľke 3 je zrejmé, že najlepším riešením pre uskladnenie nalakovaných karosérií je výškový sklad variantu C. Toto riešenie je najvýhodnejšie ako po finančnej tak i po technickej stránke a preto bude brané ako finálne riešenie, ktoré bude podrobnejšie rozobrané vo výkresovej dokumentácii.

Celkové hodnotenie tohto prevedenia skladu pre lakované karosérie je potom podľa vzťahu (16) po zaokrúhlení na jedno desatinné miesto rovné 88,1 z maximálne možnej dosiahnuteľnej hodnoty 100 bodov, ktorú bolo možno dosiahnuť len teoreticky.

9 DISKUSIA

9.1 Napojenie navrhovaného skladu na súčasný materiálový tok

Pred samotným vypracovaním jednotlivých návrhov skladu bolo potrebné navrhnuť jeho prepojenie so súčasným materiálovým tokom v moste D13. To si vyžadovalo stanoviť vhodnú dopravníkovú úroveň napojenia. Pre tento účel bolo nevyhnutné navštíviť miesto realizácie tohto skladu a pomocou laserového merača overiť dané vzdialenosti a rozmery. Vzhľadom na určenú dopravníkovú úroveň bolo potrebné vybrať konkrétne miesto napojenia v materiálovom toku v moste D13. V tomto mieste bol navrhnutý dopravníkový uzol prepájajúci súčasný materiálový tok s materiálovým tokom v navrhovanom sklade. Pri jeho návrhu bolo nutné dbať na to, aby súčasný materiálový tok bol zachovaný v čo najväčšej miere. Keďže navrhovaný sklad sa nenachádza v tesnej blízkosti mostu D13, bolo potrebné vytvoriť prepojenie materiálových tokov v týchto dvoch oblastiach. Z tohto dôvodu bol vytvorený koncept mostu, ktorý prepája navrhovaný sklad so súčasným mostom D13. Pri jeho návrhu museli byť rešpektované logistické plochy a komunikácie v jeho okolí, pričom potencionálne zásahy mohli byť vykonané iba v minimálnej miere. Taktiež bolo potrebné myslieť na skutočnosť, že okrem nalakovaných karosérií bude tento most slúžiť i na dopravu prázdnych skidov.

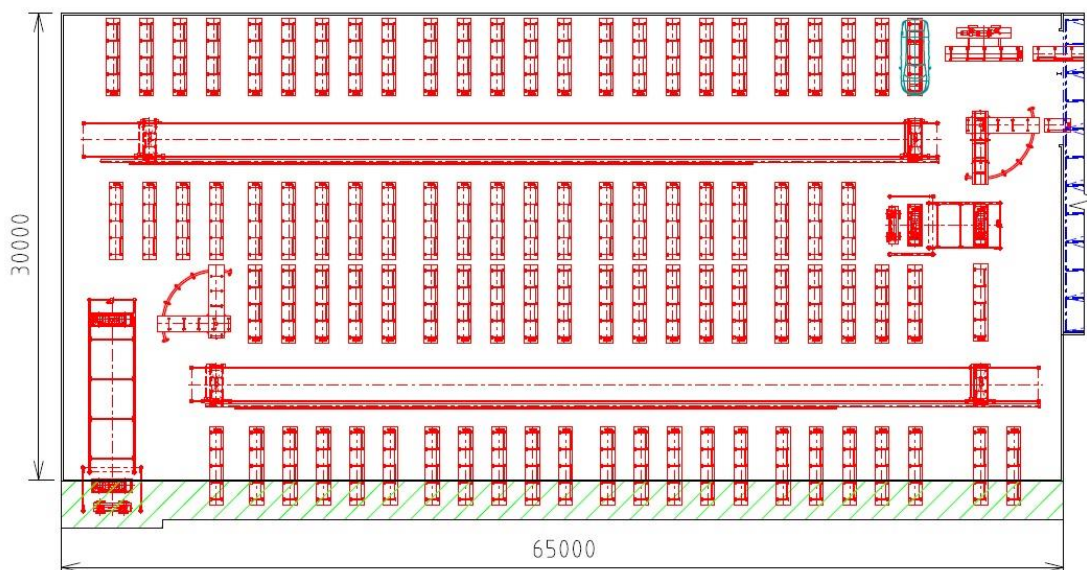
9.2 Varianty navrhovaného skladu

Pri vypracovaní jednotlivých variantov skladu pre nalakované karosérie bolo nevyhnutné rešpektovať požiadavky určené oddelením plánovania dopravníkov spoločnosti Škoda Auto a.s. Jednalo sa najmä o jeho kapacitu, umiestnenie a napojenie na súčasný materiálový tok.

9.2.1 Variant A

Návrh skladu vo variante A pozostáva z dvanástich poschodí, pričom v každom z nich sa nachádzajú dva zakladače tvorené priečnymi presuvnými vozíkmi. Kapacita každej dopravníkovej úrovne v tomto variante skladu je 63 nalakovaných karosérií. Posledné poschodie (dopravníková úroveň 32 300 mm) je tvorené sekvenčným zásobníkom s kapacitou 107 karosérií radených v nemennom poradí.

Podľa komplexného zhodnotenia všetkých návrhov variantov skladu v závere tejto práce vyšiel tento ako druhý najlepší. Uskladňovanie a vyskladňovanie nalakovaných karosérií pomocou presuvného vozíka je rýchly a efektívny spôsob. To bolo potvrdené i výpočtom priemerného času pohybu vyskladňovanej karosérie prvou zónou. Avšak za najväčší nedostatok tohto variantu považujem, že jeden zakladač na každom poschodí obsluhuje úložné bunky iba na jednej strane, pozdĺž dráhy jeho pohybu. To je zapríčinené podmienenou maximálnou plochou, na ktorej sa môže sklad nachádzať (65x30m) vid' obr. 58. Ak by sa nachádzali úložné bunky i po druhej strane tohto zakladača, kapacita uskladnenia nalakovaných karosérií by sa na každom poschodí zvýšila o 25 pozícií (s výnimkou dvoch poschodí, v ktorých sa nachádza sklad na prázdne skidy, v nich by sa kapacita zvýšila o 23 pozícií). Takouto úpravou by sa navrhovaný sklad znížil z trinástich na deväť poschodí, čím by sa výrazne znížili náklady na stavbu.



Obr. 59) Navýšenie kapacity vo variante A.

9.2.2 Variant B

Sklad vo variante B obsahuje desať poschodí, v ktorých sú karosérie uskladňované a vyskladňované pomocou päťice uzatvorených paralelných dopravníkových vetiev. Kapacita na každom poschodí tohto skladu je približne 73 nalakovaných karosérií. Najvyššie poschodie skladu (na dopravníkovej úrovni 26 900 mm) je rovnako ako vo variante A tvorené zhodným sekvenčným zásobníkom.

Tento variant skladu vyšiel v komplexnom hodnotení najhoršie. Jeho najväčším nedostatkom je spôsob vyskladňovania a uskladňovania nalakovanej karosérie v uzatvorených dopravníkových vetvách. Totiž pretočenie tejto vetvy tak, aby sa na jej výstup dostala požadovaná karoséria je veľmi zdĺhavé, čo bolo potvrdené aj výpočtom času pohybu karosérie v prvej zóne. Takto navrhnutý dopravníkový systém by som odporúčal implementovať do materiálového toku s nižším požadovaným taktom, v ktorom by plnil funkciu zásobníka iba na jednej dopravníkovej úrovni.

9.2.3 Variant C

Posledným variantom návrhu bol výškový sklad pozostávajúci z ôsmich radov regálových konštrukcií a štyroch regálových zakladačov slúžiacich pre uskladnenie a vyskladnenie karosérií. Každý regál má v priemere kapacitu 95 nalakovaných karosérií. Najvyššie poschodie skladu (na dopravníkovej úrovni 23 600 mm) je podobne ako v predošlých variantoch tvorené sekvenčným zásobníkom.

Výškový sklad vo variante C vyšiel v komplexnom hodnotení zo všetkých troch variantov skladu najlepšie. Výpočtom priemernej dĺžky pohybu nalakovanej karosérie prvou zónou bolo potvrdené, že vyskladňovanie a naskladňovanie karosérií pomocou regálových zakladačov je zo všetkých navrhnutých spôsobov najrýchlejšie. Taktiež flexibilita vyskladnenia ľubovoľnej karosérie spomedzi všetkých uskladnených je vysoká. Ďalšou výhodou tohto variantu je úspora nákladov na stavbu, keďže steny a strecha sú pripevnené priamo na regálové konštrukcie. Z vyššie uvedených faktov usudzujem, že tento variant skladu pre uskladnenie nalakovaných karosérií je ako po finančnej tak i po technickej stránke zo všetkých navrhnutých variantov najlepším riešením.

10 ZÁVER

Náplňou diplomovej práce bol návrh výškoveho skladu pre nalakované karosérie so zameraním na problematiku dopravníkových trás a jeho začlenenie do stávajúceho materiálového toku v spoločnosti Škoda Auto a.s..

V prvých kapitolách tejto práce, v rešeršnej časti, boli popísané vlastnosti a funkcie jednotlivých dopravníkových prvkov používaných v spoločnosti Škoda Auto a.s.. Následne boli v nej spracované typy automatizovaných výškových skladov podľa materiálu, ktorý je v nich uskladňovaný. Jedným z nich bol výškový sklad pre nalakované karosérie ako jedna z možností ich uskladnenia pred montážou.

V ďalšej časti, v analýze súčasného stavu, boli postupne rozobrané tri materiálové toky, pri ktorých bolo poukázané na význam a umiestnenie skladu pre lakované karosérie. Prvým bol výrobný tok pri produkcii automobilov v spoločnosti Škoda Auto a.s.. Pri ňom boli popísané jednotlivé časti výroby a v nich prebiehajúce procesy. Druhým bol tok medzi dodávateľskými firmami a výrobným závodom. Tu boli popísané jednotlivé logistické metódy, ktoré sú v ňom uplatňované, s cieľom poukázať na význam vytvárania zásoby nalakovaných karosérií pred montážnou linkou. Posledným popísaným bol materiálový tok medzi lakovňou a montážnymi linkami, v ktorom bola upriamená pozornosť na umiestnenie navrhovaného skladu.

V úvode experimentálnej časti boli zadefinované požiadavky na návrh skladu pre nalakované karosérie, požadované oddelením plánovania dopravníkov v spoločnosti Škoda Auto a.s.. Následne bol vypracovaný návrh prepojenia navrhovaného skladu so súčasným materiálovým tokom v moste D13. Za týmto účelom bolo nutné vytvorenie nového dopravníkového uzlu v existujúcom moste a konceptu nového mostu, ktorý by tieto dva materiálové toky prepájal.

V ďalšej kapitole experimentálnej časti boli navrhnuté tri varianty skladu pre nalakované karosérie. V nich bol navrhnutý a bližšie popísaný dopravníkový systém spolu so spôsobom uskladňovania a vyskladňovania nalakovaných karosérií a prázdnych skidov v sklade. V závere tejto kapitoly bol prevedený časový rozbor vyskladnenia nalakovaných karosérií za účelom porovnania taktu na výstupe z jednotlivých variantov skladu s požadovaným taktom výroby.

V poslednej kapitole boli na základe stanovených kritérií komplexne zhodnotené všetky varianty skladov. Týmto hodnotením bolo zistené, že najvýhodnejším spôsobom ako po finančnej, tak i po technickej stránke uskladňovania nalakovaných karosérií pred montážou je ich uskladnenie v regálových konštrukciách výškoveho skladu pomocou regálových zakladačov. Tento variant skladu bol následne podrobnejšie rozpracovaný vo výkresovej dokumentácii.

11 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] Škoda Auto a.s. *Interní materiály*. Mladá Boleslav, 2018.
- [2] Škoda Auto. In: *ŠKODA dosáhla v roce 2017 nových prodejních a finančních rekordů* [online]. 2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.cz/novinky/novinky-detail/2018-03-21-vyrocní-tisková-konference>
- [3] GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Brno: Vysoké učení technické, 1988.
- [4] POLÁK, Jaromír a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení III*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0963-X.
- [5] Promus s.r.o. *Interní materiály*. Mladá Boleslav, 2018.
- [6] Conductix-Wampfler. *Elektrické podvěsné dráhy* [online]. c2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://www.conductix.cz/cz/aplikace/elektricke-podvesne-drahy?reference_id=10738#tab-references
- [7] Ultimation Industries. *Power and Free Conveyors* [online]. c2017 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.ultimationinc.com/products/conveyors/jervis-webb-power-and-free-conveyors/>
- [8] Conductix-Wampfler. *Podvěsné dráhy* [online]. c2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.conductix.cz/cz/produkty/manipulacni-technika/podvesne-drahy>
- [9] Mecalux. *Dopravníkové systémy pre krabice a prepravky* [online]. c2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.mecalux.sk/automaticky-sklad-krabice/dopravnik>
- [10] Jungheinrich. *Automatizované sklady pro drobné zboží - mini load* [online]. c2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.jungheinrich.cz/produkty/automaticke-systemy/automat-sklad-drobne-zbozi-mini-load/>
- [11] Vše o autech. *Jak se vyrábějí auta?* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.vseoautech.eu/automobily/jak-se-vyrabeji-auta.htm>
- [12] Žena v autě. *Výroba automobilu krok za krokem* [online]. 2014 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.zenavaute.cz/vyroba-automobilu-krok-za-krokem/>
- [13] Auto Bild Slovensko. *Výroba automobilu krok za krokem* [online]. 2014 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.zenavaute.cz/vyroba-automobilu-krok-za-krokem/>
- [14] Management Mania. *JIT (Just-in-time)* [online]. c2016 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://managementmania.com/sk/jit-just-in-time>
- [15] Schenker. *Metódy dodávok na linku JIT / JIS* [online]. 2017 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://logisticsesluzby.sk/metody-dodavok-linku-jit-jis/>

[16] Svět produktivity. *Metódy dodávok na linku JIT / JIS* [online]. c2012 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.htm>

[17] Štíhla výroba. *Takt time* [online]. 2013 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://www.stihlavyroba.sk/2013/04/takt-time.html>

[18] Fakulta bezpečnostného inžinierstva. *Viackriteriálne rozhodovanie* [online]. 2016 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://www.fsi.uniza.sk/ktvi/leitner/2_predmety/OA/Semester/EX01_PRIKLADY_VHV.pdf

12 ZOZNAM SKRATIEK, SYMBOLOV, OBRÁZKOV A TABULIEK

12.1 Zoznam tabuliek

TAB 1) VÝSLEDNÉ HODNOTY ČASOV POHYBU VYSKLADŇOVANEJ KAROSÉRIE TROMI ZÓNAMI	72
TAB 2) TABUĽKA ROZHODOVACÍCH VÁHOVÝCH HODNÔT.....	73
TAB 3) HODNOTENIE VARIANTOV NÁVRHOV SKLADOV PRE NALAKOVANÉ KAROSÉRIE.....	76

12.2 Zoznam obrázkov

OBR. 1) TRANSPORTNÝ RÁM (SKID) [5].....	20
OBR. 2) ZNÁZORNENIE SKIDU NA LAYOUTE [1].....	20
OBR. 3) VALČEKOVÁ DRÁHA [5].....	20
OBR. 4) ZNÁZORNENIE VALČEKOVEJ DRÁHY NA LAYOUTE [1].....	20
OBR. 5) KYVNÝ STÔL [5]	21
OBR. 6) ZNÁZORNENIE KYVNÉHO STOLA NA LAYOUTE [1].....	21
OBR. 7) OTOČNÝ STÔL [5].	22
OBR. 8) ZNÁZORNENIE OTOČNÉHO STOLA NA LAYOUTE [1, 5].	22
OBR. 9) PRIEČNY PÁSOVÝ DOPRAVNÍK [5].	23
OBR. 10) ZOBRAZENIE PRIEČNEHO PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKA NA LAYOUTE [1].	23
OBR. 11) EXCENTRICKÝ ZDVÍHACÍ STÔL [5].....	24
OBR. 12) ZNÁZORNENIE EXCENTRICKÉHO ZDVÍHACIEHO STOLA NA LAYOUTE [1].	24
OBR. 13) PRIEČNY PRESUVNÝ VOZÍK SPOLU S JEHO ZNÁZORNENÍM NA LAYOUTE [5].....	24
OBR. 14) STĽPOVÝ ZDVIHÁK [5].....	25
OBR. 15) ZNÁZORNENIE STĽPOVÉHO ZDVIHÁKU NA LAYOUTE [1].....	25
OBR. 16) NOSNÁ KOĽAJNICA EHB DOPRAVNÍKA SPOLU S VEDENÍM [6].	26
OBR. 17) VÝHYBKA SLUŽIACA PRE ZMENU SMERU DRÁHY EHB DOPRAVNÍKA [6].....	27
OBR. 18) REŤAZOVÝ DOPRAVNÍK POWER AND FREE [7].	27
OBR. 19) DOSKOVÝ DOPRAVNÍK S VÝŠKOVO NASTAVITEĽNÝMI TRŇMI [1].	28

OBR. 20) DOSKOVÝ DOPRAVNÍK S VÝŠKOVO NASTAVITELNÝM STREDOM [1].	29
OBR. 21) PLASTOVÝ PÁSOVÝ DOPRAVNÍK [1].	30
OBR. 22) VÝŠKOVÝ SKLAD PRE KRABICE [10].	31
OBR. 23) REGÁLOVÝ ZAKLADAČ PRE KRABICE OD FIRMY MECCALUX [9].	32
OBR. 24) VÝŠKOVÝ SKLAD PRE PALETY [10].	33
OBR. 25) REGÁLOVÉ ZAKLADAČE PRE PALETY FIRMY MECCALUX [9].	33
OBR. 26) TROJSTRANNÝ REGÁLOVÝ ZAKLADAČ PRE PALETY FIRMY MECCALUX [9].	34
OBR. 27) SCHEMATICKÉ ZNÁZORNENIE VÝROBNÉHO TOKU PRI PRODUKCIÍ AUTOMOBILU V SPOLOČNOSTI ŠKODA AUTO A.S. [1].	35
OBR. 28) AUTOMATICKÁ LIŠOVACIA LINKA PXL 2 V ZÁVODE V MLADĚJ BOLESLAVI [1].	36
OBR. 29) HLAVNÉ KOMPONENTY MODELU ŠKODA OCTAVIA [13].	38
OBR. 30) SCHEMATICKÉ ZNÁZORNENIE TOKU NALAKOVANÝCH KAROSÉRIÍ MEDZI LAKOVŇOU A DVOJICOU MONTÁŽNYCH LINIEK VO VÝROBNOM ZÁVODE V MLADĚJ BOLESLAVI.	39
OBR. 31) TPS ŠTÍTOK KAROSÉRIE [1].	40
OBR. 32) PLOCHA NA KTOREJ SA MÁ PODĽA ZADANIA NACHÁDZAŤ NAVRHOVANÝ SKLAD [1].	43
OBR. 33) ROZLOŽENIE LAKOVNE M17, MONTÁŽE M13 A MOSTU D13 NA MAPE VÝROBNÉHO ZÁVODU V MLADĚJ BOLESLAVI [1].	44
OBR. 34) LAYOUT SÚČASNÉHO MATERIÁLOVÉHO TOKU V MOSTE D13.	46
OBR. 35) MIESTO NAPOJENIA NAVRHOVANÉHO SKLADU S MATERIÁLOVÝM TOKOM V MOSTE D13.	47
OBR. 36) LAYOUT S NÁVRHOM DOPRAVNÍKOVÉHO UZLA PREPÁJAJÚCEHO NAVRHOVANÝ SKLAD SO SÚČASNÝM MATERIÁLOVÝM TOKOM V MOSTE D13.	48
OBR. 37) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 8 000 MM NAVRHNUTÉHO PREPOJOVACIEHO MOSTA.	49
OBR. 38) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 10 000 MM NAVRHNUTÉHO PREPOJOVACIEHO MOSTA.	50
OBR. 39) REZ NAVRHNUTÉHO PREPOJOVACIEHO MOSTA.	50
OBR. 40) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 8 000 MM NÁVRHU SKLADU VARIANTU A.	51
OBR. 41) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 10 700 MM NÁVRHU SKLADU VARIANTU A.	52

OBR. 42) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 32 300 MM NÁVRHU SKLADU VARIANTU A.	53
OBR. 43) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 8 000 MM NÁVRHU SKLADU VARIANTU B.	54
OBR. 44) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 10 700 MM NÁVRHU SKLADU VARIANTU B.	54
OBR. 45) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 8 000 MM NÁVRHU SKLADU VARIANTU C.	55
OBR. 46) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 16 700 MM NÁVRHU SKLADU VARIANTU C.	56
OBR. 47) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 19 600 MM NÁVRHU SKLADU VARIANTU C.	56
OBR. 48) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 10 700 MM NÁVRHU SKLADU VARIANTU C.	57
OBR. 49) DOPRAVNÍKOVÁ ÚROVEŇ 23 600 MM NÁVRHU SKLADU VARIANTU C.	57
OBR. 50) POHYB NALAKOVANEJ KAROSÉRIE PRI MAXIMÁLNO M ČASE USKLADNENIA A VYSKLADNENIA V NÁVRHU SKLADU VARIANTE A.	59
OBR. 51) POHYB NALAKOVANEJ KAROSÉRIE PRI MINIMÁLNO M ČASE USKLADNENIA A VYSKLADNENIA V NÁVRHU SKLADU VO VARIANTE A.	61
OBR. 52) POHYB NALAKOVANEJ KAROSÉRIE V DRUHEJ ZÓNE V NÁVRHU SKLADU VARIANTU A.	62
OBR. 53) POHYB NALAKOVANEJ KAROSÉRIE PRI JEJ VYSKLADNENÍ Z NAJVZDIALENEJŠEJ POZÍCIE V PLNE OBSADENEJ UZATVORENEJ DOPRAVNÍKOVEJ VETVE V NÁVRHU SKLADU VARIANTU B.	64
OBR. 54) POHYB NALAKOVANEJ KAROSÉRIE PRI JEJ VYSKLADNENÍ Z NAJBLIŽŠEJ POZÍCIE V PLNE OBSADENEJ UZATVORENEJ DOPRAVNÍKOVEJ VETVE V NÁVRHU SKLADU VARIANTU B.	65
OBR. 55) POHYB NALAKOVANEJ KAROSÉRIE V DRUHEJ ZÓNE V NÁVRHU SKLADU VARIANTU B.	66
OBR. 56) POHYB NALAKOVANEJ KAROSÉRIE PRI MAXIMÁLNO M ČASE USKLADNENIA A VYSKLADNENIA V NÁVRHU SKLADU VARIANTU C.	68
OBR. 57) POHYB NALAKOVANEJ KAROSÉRIE PRI MINIMÁLNO M ČASE USKLADNENIA A VYSKLADNENIA V NÁVRHU SKLADU VARIANTU C.	69
OBR. 58) POHYB NALAKOVANEJ KAROSÉRIE VO VÝSTUPNEJ ZÓNE V NÁVRHU SKLADU VARIANTU C.	70
OBR. 59) NAVÝŠENIE KAPACITY VO VARIANTE A.	78

12.3 Zoznam symbolov a skratiek

2D	[-]	Dvojdimenzionálny
a.s.	[-]	Akciová spoločnosť
atď.	[-]	A tak ďalej
cca.	[-]	Cirka/približne
CAS	[-]	Computer Aided Design
EHB	[-]	Elektrohängebahnen
JIT	[-]	Just In Time
JIS	[-]	Just In Sequence
kap.	[-]	Kapitola
n	[-]	Váha kritéria
napr.	[-]	Napríklad
obr.	[-]	Obrázok
p _p	[ks]	Počet pozícií
p _{vd}	[ks]	Počet vzdialeností <i>s_{vd}</i>
RPS	[-]	Reference Point System
S _{ppd}	[m]	Vzdialenosť medzi dvoma pozíciami v priečnom pásovom dopravníku
S _{vd}	[m]	Dráha pohybu nalakovanej karosérie z jednej valčekovej dráhy na druhú
S _{zvmáx}	[m]	Maximálna dráha zdviháku
<i>s_{A→B}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi A a B
<i>s_{A→E}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi A a E
<i>s_{B→C}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi B a C
<i>s_{B→E}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi B a E
<i>s_{C→D}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi C a D
<i>s_{D→A}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi D a A
<i>s_{D→B}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi D a B
<i>s_{D→E}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi D a E
<i>s_{E→F}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi E a F
<i>s_{F→G}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi F a G
<i>s_{G→H}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi G a H
<i>s_{H→I}</i>	[m]	Dráha pohybu medzi bodmi H a I
t ₁	[s]	Priemerný čas pohybu nalakovanej karosérie v prvej zóne
t ₂	[s]	Čas pohybu nalakovanej karosérie v druhej zóne

t_3	[s]	Maximálny čas pohybu nalakovanej karosérie v prvej zóne
t.j.	[-]	To jest
t_{\max}	[s]	Maximálny čas uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie
t_{\min}	[s]	Minimálny čas uskladnenia a vyskladnenia nalakovanej karosérie
t_{uv}	[s]	Čas potrebný pre uskladnenie/vyskladnenie nalakovanej karosérie v/z úložnej bunke regálovej konštrukcie
t_z	[s]	Porovnávací čas pre čas pohybu v prvej zóne
t_{zv}	[-]	Takzvaný
$t_{F \rightarrow G}$	[s]	Čas otočenia otočného stola z bodu F do bodu G
v_{ppd}	[m/s]	Rýchlosť priečneho pásového dopravníka
v_{prz}	[m/s]	Rýchlosť pojazdu regálového zakladača
v_{pv}	[m/s]	Rýchlosť presuvného vozíka
v_{vd}	[m/s]	Rýchlosť valčekovej dráhy
v_z	[m/s]	Rýchlosť zakladača
v_{zv}	[m/s]	Rýchlosť zdviháka
v_w	[-]	Volkswagen

13 ZOZMAM PRÍLOH

Príloha 1:	Layout	MOST_D13_SÚČASNÝ
Príloha 2:	Layout	MOST_D13_UPRAVENÝ
Príloha 3:	Layout	MOST_8000
Príloha 4:	Layout	MOST_10700
Príloha 5:	Výkres rezu	MOST__REZ_A-A
Príloha 6:	Layout	VARIANT_A_8000
Príloha 7:	Layout	VARIANT_A_10700
Príloha 8:	Layout	VARIANT_A_13400
Príloha 9:	Layout	VARIANT_A_32300
Príloha 10:	Layout	VARIANT_B_8000
Príloha 11:	Layout	VARIANT_B_10700
Príloha 12:	Layout	VARIANT_B_13400
Príloha 13:	Layout	VARIANT_B_26900
Príloha 14:	Layout	VARIANT_C_8000
Príloha 15:	Layout	VARIANT_C_10700
Príloha 16:	Layout	VARIANT_C_13800
Príloha 17:	Layout	VARIANT_C_16700
Príloha 18:	Layout	VARIANT_C_19600
Príloha 19:	Layout	VARIANT_C_23600
Príloha 20:	Výkres rezu	VARIANT_C_REZ_B-B
Príloha 21:	Výkres rezu	VARIANT_C_REZ_C-C
Príloha 22:	Výkres rezu	VARIANT_C_REZ_D-D
Príloha 23:	Layout	VARIANT_C_PREPOJENIE

