

UNIVERZITA PARDUBICE

Dopravní fakulta Jana Pernera

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2020

Ing. Jan Chum

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Modulové řešení terminálu kombinované přepravy
Diplomová práce

2020

Ing. Jan Chum

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Ing. Bc. Jan Chum**
Osobní číslo: **D17510**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Téma práce: **Modulové řešení terminálu kombinované přepravy**
Zadávající katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Analýza systému modulového řešení terminálu kombinované přepravy a kombinované přepravy
2. Technické, technologické a ekonomické aspekty modulového řešení
3. Zhodnocení a návrhy k modulovému řešení terminálu

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **50-60**
Rozsah grafických prací: **5-6**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. ŠIROKÝ, Jaromír. *Progresivní systémy v kombinované přepravě: studijní opora*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-582-3.
2. NOVÁK, Jaroslav, Václav CEMPÍREK, Ivan NOVÁK a Jaromír ŠIROKÝ. *Kombinovaná přeprava*. Vydání: páté rozšířené. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2015. ISBN 978-80-7395-948-7.
3. KOLÁŘ, Petr. *Intermodální přeprava se zvláštním zřetelem na její organizaci a řízení*. Praha: Wolters Kluwer, 2019. ISBN 978-80-7598-415-9.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **7. února 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **31. července 2020**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 6. února 2020

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 31. 7. 2020

Ing. Jan Chum

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Jaromírovi Širokému, PhD za cenné připomínky, vhodné návrhy a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat svým kolegům za pomoc a konzultace při sběru dat.

ANOTACE

Diplomová práce se věnuje analýze modulového řešení terminálu kombinované přepravy. Práce se zaměřuje především na technologické, technické a ekonomické aspekty modulového řešení terminálu kombinované přepravy. Cílem práce je navrhnout vhodné modulové řešení pro provozovatele terminálu kombinované přepravy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kombinovaná přeprava, modulové řešení terminálu, portálový jeřáb, kolový překladač, aspekty modulového uspořádání

TITLE

Modular solutions of an intermodal terminal

ANNOTATION

The diploma thesis deals with the analysis of the modular solution of the combined transport terminal. The work focuses mainly on technological, technical and economic aspects of the modular solution of the combined transport terminal. The aim of this work is to design a suitable modular solution for the operator of a combined transport terminal.

KEYWORDS

Intermodal transport, intermodal terminal modular solutions, rail mounted gantry crane, reach stacker, aspects of the modular solution

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ	8
SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	10
ÚVOD	11
1 Kombinovaná přeprava	13
1.1 Převážní jednotky	14
1.1.1 Kontejnery	15
1.1.2 Vnitrozemské kontejnery a výměnné nástavby	17
1.1.3 Silniční návěsy	19
1.2 Terminál kombinované přepravy	21
2 Aspekty modulového uspořádání	26
2.1 Technologické aspekty modulového uspořádání	27
2.2 Technické aspekty modulového uspořádání	29
2.3 Ekonomické aspekty modulového řešení	36
3 Kapacita terminálu	39
3.1 Modulové řešení s portálovými jeřáby	42
3.2 Modulové řešení s kolovými překladači	50
3.3 Porovnání variant	56
ZÁVĚR	61
POUŽITÁ LITERATURA	63
PŘÍLOHY	65

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 ISO 1 kontejner	16
Obrázek 2 Rocktainer- vnitrozemský kontejner pro přepravu sypkých hmot	17
Obrázek 3 Vnitrozemský cisternový kontejner s doplněným agregátem	18
Obrázek 4 Silniční intermodální návěs	20
Obrázek 5 Terminál kombinované přepravy	22
Obrázek 6 Průjezdny terminál	28
Obrázek 7 Spreader včetně kleštin.....	30
Obrázek 8 Terminálový traktor (tahač)	32
Obrázek 9 CVS Ferrari F500 v úpravě s kleštinami	33
Obrázek 10 Portálový jeřáb RMG	34
Obrázek 11 Složiště u RTG	35
Obrázek 12 RTG E-ONE na terminále METRANS	44
Obrázek 13 Modul obsluhovaný jeřáby	45
Obrázek 14 Složiště a obslužná komunikace pro kontejnerové návěsy	46
Obrázek 15 Ferrari typ 465 při manipulaci.....	51
Obrázek 16 Ukázka zpevněné plochy pro kolové překladače	53

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Rozměry kontejnerů	17
Tabulka 2 Počty přepravovaných prázdných a ložených kontejnerů	26
Tabulka 3 Technologické časy přistavení soupravy	27
Tabulka 4 Naměřené technologické časy jednotlivých operací portálového jeřábu	48
Tabulka 5 Naměřené technologické časy jednotlivých operací portálového jeřábu	54
Tabulka 6 Porovnání návrhů z technologického hlediska	57
Tabulka 7 Orientační náklady na zpevněné plochy	58
Tabulka 8 Orientační náklady na železniční infrastrukturu	59
Tabulka 9 Orientační náklady na manipulační techniku	60

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ARTG	automated rubber tyred gantry cranes / automatické kolové portálové jeřáby
ARMG	automated rail mounted gantry cranes / automatické kolejové portálové jeřáby
CFS	Container freight station / sklad na kompletaci zásilek
CPS	Container packing station / sklad na kompletaci zásilek
HC	high cube
HV	hnací vozidlo
HW	High cube palletwide
IT	informatika
PDA	personal digital assistant / osobní digitální pomocník
PW	palletwide
reach stacker	kolový překladač
RFID	Radio Frequency Identification / identifikace na rádiové frekvenci
RTG	rubber tyred gantry cranes / kolové portálové jeřáby
RMG	rail mounted gantry cranes / kolejové portálové jeřáby
TEU	Twenty-foot equivalent unit / ekvivalent jednoho dvacetistopého kontejneru

ÚVOD

Kontejnerizace mezinárodního obchodu s sebou přináší rozvoj kontejnerových překladišť a dep, kde se námořní kontejnery shromažďují a kde námořní kontejnery začínají svojí cestu po světě nebo naopak končí před doručením ke koncovému zákazníkovi. Společně s rozvojem kontejnerových překladišť se postupně rozvíjí celé odvětví a nyní nám moře a oceány křižují lodě schopné přepravit víc jak 20000 TEU. Nárůst kapacity je potřebný s ohledem na nárůsty počtů přepravovaných zásilek tedy kontejnerů. S rozvojem mezinárodního obchodu došlo k propojení národních trhů v trhy mezinárodní a na těchto trzích pak obtojí silní dodavatelé, jejichž sídlo nemusí být ve stejné zemi a ani na stejném kontinentu. Poptávka po přepravě zboží v posledních letech soustavně rostla a požadavky na další úspory podniků vedly k eliminaci skladů a zásob. Dodávky just in time, které najíždějí přímo z vykládacích ramp k výrobním linkám, jsou cílem mnoha plánovačů. Takovéto nároky pak kladou požadavky na spediční či rejdařské společnosti, které se snaží co nejrychleji přepravit kontejnery přes polovinu zeměkoule, aby bylo možné kontejnery s požadovaným zbožím přistavit k vykládce.

Ne vždy se plánování podaří a pak je potřeba objednané zboží někde uskladnit. V závodech často mají sklady omezenou kapacitu a tak kontejnery vyčkávají na pokyny zákazníků na kontejnerových překladištích, kam dorazily po cestě lodí z přístavu. Tyto požadavky pak kladou nároky na provozovatele kontejnerových terminálů. Poskytování této služby představuje v porovnání s ostatními provozovateli výhodu, která může zajistit dodatečné zakázky. Kromě kontejnerových přeprav se rozvíjí i přeprava po kontinentech a roste zájem omezit přepravu po silnici, takže kontejnerové terminály a překladiště dostávají další úkoly a příležitosti. Takovou příležitostí jsou intermodální silniční návěsy a výměnné nástavby. Na tento trend musí umět zareagovat i stávající terminály a pro některé naopak tento trend představuje příležitost, jak doplnit nevyužitou kapacitu.

Tyto změny v mezinárodním obchodě představují tlak na kapacitu terminálu nebo překladiště, kterou musí provozovatel při plánování terminálu řešit. Modulové řešení představuje jednoduché řešení pro plánování terminálu. Pokud bych si kapacitu odhadl špatně a je jedno, zda kapacitu odhadnu špatně směrem nahoru nebo dolů, přinese mně toto rozhodnutí ztráty nebo pokles možných zákazníků. Terminál kombinované přepravy představuje soubor manipulační techniky, zpevněných manipulačních ploch a železniční vlečky. Optimální pro plánování kapacity je zmapovat si technické, technologické

a ekonomické aspekty provozování terminálu kombinované dopravy. Na jejich základě pak provozovatel zvolí řešení, které bude provozovat. Součástí vyhodnocení aspektů by mělo být i rozhodnutí zda bude případně třeba terminál rozšířit, jak bude třeba rozšířit a zda si na toto rozšíření případně necháme rezervu. Modulové řešení pak představuje variantu jak jednotlivé fáze rozvoje terminálu naplánovat a v budoucnu propojit.

Cílem práce je navrhnout vhodné modulové řešení pro provozovatele terminálu kombinované přepravy a tento návrh doplnit výpočty překládkové kapacity a odhadem investičních nákladů na modul. Na základě zpracované analýzy kombinované přepravy, přepravních jednotek a terminálu kombinované přepravy budou analyzovány aspekty modulového řešení terminálu kombinované přepravy a navržena modulová řešení na základě vybrané manipulační techniky a zhodnocení vybraných variant.

1 Kombinovaná přeprava

Kombinovaná přeprava je jednou z možností přepravy zboží, která kombinuje několik druhů dopravy dohromady.

Dle definice „se kombinovanou přepravou rozumí přeprava zboží v jedné a téže přepravní jednotce při použití minimálně dvou druhů dopravy“ [1] a kombinovaná přeprava se díky tomu v současnosti stává alternativou pro plnění různých požadavků na „zelenou“ přepravu. Právě kombinace několik druhů přeprav je ideální pro snížení podílu oxidu uhličitého na přepravě. Výhodou kombinované přepravy jsou tyto čtyři body, které doplňují definici a představují výhodu tohoto druhu přepravy. [1]

- *Přepravní obal (přeprava zboží v unifikované přepravní jednotce, která může být zároveň obalem),*
- *Přepravní řetězec (přeprava zboží více druhy dopravy zúčastněných na jedné přepravě),*
- *Nepřerušovaná přeprava (při překládce zůstává v unifikované přepravní jednotce a manipulováno je s přepravní jednotkou jako celkem),*
- *Multimodalita (možnost zaměnitelnosti a schopnosti překládky unifikovaných přepravních jednotek mezi jednotlivými druhy dopravy a dopravními prostředky) [1].*

Samozřejmě, že o výhodě se může mluvit pouze u přeprav na vzdálenost alespoň 600 km, na kratších vzdálenostech kombinace několika druhů dopravy kýženou úsporu v čase a nákladech nepřinese. Proto také jeden z možných způsobů dělení kombinované přepravy je podle geografického hlediska na mezikontinentální a kontinentální. Toto rozdělení s sebou přináší nároky na přepravní jednotky. Přepravní jednotky na větší vzdálenosti jsou spíše voleny tak, aby odpovídaly unifikovaným rozměrům a nosnosti, naopak pokud se přepravují zásilky po kontinentu, mohou trochu slevit z požadavků na unifikované jednotky širší paletou možností toho, co použít. Kombinovaná přeprava se proto netýká jenom námořních kontejnerů, ale také výměnných nástaveb a intermodálních silničních návěsů. Tyto rozdílné přepravní jednotky pak mají vliv na požadavky na terminály, které zásilky přepravované v těchto přepravních jednotkách přijímají, odbavují a následně odesílají. Samozřejmě, že se jedná o standardizované přepravní jednotky, které mají dané rozměry a standardy, ale jejich vlastnosti kladou jiné nároky na manipulaci a skladování. Zájem o rozšíření kombinované přepravy roste společně se zájmem o snížení uhlíkové stopy jednotlivých společností. Podíl

silniční dopravy v rámci kombinované přepravy zůstává stejný, jenom se její podíl na celkovém počtu kilometrů výrazně snižuje. To odpovídá i dlouhodobým záměrům přenést větší část silniční dopravy na železnici a ulevit tak přetížené silniční síti i životnímu prostředí. Vše probíhá pod záštitou společné dopravní politiky EU, v jejímž rámci probíhá aktualizace směrnice pro kombinovanou přepravu tak aby byla konkurenceschopná i při plnění těchto úkolů.

Kombinovaná přeprava je většinou kombinací silniční a železniční dopravy a při zapojení námořní plavby kombinací silniční, železniční a vodní dopravy. Kombinace přeprav zahrnují samozřejmě silniční s vodní a železniční s vodní dopravou. Silniční doprava je v posledních letech dominantním způsobem přepravy nákladu a kombinovaná přeprava představuje řešení, které dokáže část nákladu na delších trasách přetáhnout mimo silnici. V současné době je železniční přeprava lákavá i s ohledem na nedostatek řidičů, kteří by měli zásilky převážet. Ucelená železniční souprava v kombinované přepravě představuje několik desítek řidičů v porovnání s jedním strojvedoucím, který vlak přepravuje. Pokud bychom se zaměřili na podmínky pro překonání evropského kontinentu po silnici, najdeme minimum překážek pro jízdu a použité soupravy. Při porovnání s nároky na železniční přepravu, se vyskytuje těchto překážek v podobě rozdílných způsobů napájení, zabezpečení rozchodů a dalších požadavků na vybavení a znalosti i licence mnoho. Posledním příkladem, který je aktuální, je přechod na nehlukné špalky pro brždění železničních vozidel. Omezování hlučnosti nákladních vozů pro silniční dopravu ještě nikoho nenapadlo. I toto je jeden z důvodů pro dominanci silniční dopravy. [1]

Kromě toho, je to i rozdílnost přepravních jednotek v kombinované přepravě. Kontejnery, výměnné nástavby či intermodální silniční návěsy mají odlišné požadavky na manipulace stohování a prostor při překládce. I toto pak musí provozovatel terminálu kombinované přepravy zohlednit při plánování provozu a jeho vybavení manipulační technikou. [6]

1.1 Přepravní jednotky

Autor se ve své práci bude přednostně zabývat přepravou námořních kontejnerů, protože spektrum přepravních jednotek pro kombinovanou přepravu široké. Jde převážně o tyto jednotky:

- ISO kontejnery,

- vnitrozemské (binnen) kontejnery,
- ACTS odvalovací kontejnery,
- výměnné nástavby,
- intermodální silniční návěsy [1].

Dalo by se doplnit ještě několik dalších variant pro kombinovanou přepravu, ale tyto jednotky pro uvažované modulové řešení terminálu kombinované přepravy představují komplikaci s ohledem na prostor i manipulační techniku. Autor se v práci bude přednostně věnovat ISO kontejnerům, případně překládce silničních intermodálních návěsů a dále se nebude zabývat ACTS odvalovacími kontejnery, které vyžaduje speciální řešení pro silniční i železniční přepravu. Systém výměnných nástaveb v současné době spoléhá na jasnou vazbu na silnici a rychlé překládky systémem výměny přistavených nástaveb v cíli. U některých provozovatelů pak výměnné nástavby stárnou a jejich obměna není tak plynulá. Navíc se do kontinentálních přeprav stále více tlačí standardizované 45PW a HW kontejnery. Jde o pallet wide kontejnery, které umožňují přepravy dvou europalet vedle sebe, umožňují stohování a jejich váha není, také s ohledem na speciální odlehčené návěsy pro 45, problém. Takto 45' stopé kontejnery vyrovnávají výhodu výměnných nástaveb. A 45' stopé kontejnery pak pro provozovatele terminálu představují příležitost využít jejich výhody stohovatelnost a rohových prvků pro manipulaci.[1]

1.1.1 Kontejnery

Kontejnery ISO 1, který je vidět na obrázku 1, dominují kombinované dopravě, jejich velkou výhodou je snadná manipulovatelnost a stohovatelnost. Kontejnery se mohou na sebe ukládat v prázdném i ložném stavu a díky tomu se šetří prostor potřebný pro jejich skladování. Kontejnery se dělají v několika variantách 20, 30, 40, 45 stop a pro potřeby amerického trhu existují i kontejnery rozměru 53 stop. Stopy se pak dají převést na metry a 20 stop odpovídá 6 metrům. Podle normy ISO mluvíme o kontejnerech řady 1 s jasně danými rozměry, které musí výrobci těchto kontejnerů dodržovat. Tato závaznost je nespornou výhodou pro všechny uživatele kontejnerů i výrobce silničních návěsů či železničních vozů, které jsou pak využívány k prevozu kontejnerů. Kapacita uložení nebo prevozu kontejnerů se udává v TEU. 6 metrový nebo 20 stopý kontejner je pak základem pro výpočet množství a 1 TEU představuje právě 1 twenty foot unit. [1]

Kontejnery jsou vyráběny v různých provedeních standartní boxy, které mají alternativní provedení ve zvýšeném boxu označovaném jako HC „high cube“. Dále se dělají ve verzích pro převoz zboží vyžadujícího kontrolované prostředí tedy termické nebo chladírenské kontejnery. [1]



Obrázek 1 ISO 1 kontejner¹

Pro nakládky, kde se zboží nakládá jeřáby, protože by neprošlo dveřmi, jsou v nabídce upravené standartní kontejnery. Takovéto kontejnery nesou označení open top, hard top, flatrack nebo platforma. Jde o kontejnery, které v prvních dvou případech mají plachtovou nebo snímatelnou střechou. Flatrack pak nemá žádnou střechu a boký a platforma nemá ani čelo. Tyto kontejnery umožňují přepravu i rozměrnějšího zboží na kontejnerových lodích kombinací těchto provedení kontejneru vede sebe. Na přepravu sypkých nebo tekutých látek jsou pak určeny bulk kontejnery a tank kontejnery. V těchto kontejnerech je možné přepravovat sypké a kapalné hmoty i díky různému vybavení návěsů pro přepravu kontejnerů. Tyto návěsy umožňují sklopení nebo obsahují zařízení pro ohřev či vytlačení kapalných látek z tanku. [12]

Hlavní prvek této přepravní jednotky jsou standardizované rozměry, které musí být dodržovány všemi jejich výrobci a díky tomu se na ně mohou spolehnout navazující producenti přepravní a manipulační techniky. Rozměry kontejnerů jsou definované ISO normami ISO 668:2013 a ISO 1496-1:2013. Vlastní hmotnost je jediným údajem, který není stanoven a nemusí se vejít do stanoveného rozměru včetně tolerancí. V tabulce 1 jsou uvedeny základní rozměry.

¹ https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61DfsjRHvAL._SL1500_.jpg

Tabulka 1 Rozměry kontejnerů ²

Typ kontejneru	20'	40'	40'HC
Technické údaje	20' × 8' × 8,6'	40' × 8' × 8,6'	40' × 8' × 9,6'
Vnější rozměry (d×š×v, mm)	6058 × 2438 × 2591	12192 × 2438 × 2591	12192 × 2438 × 2894
Vnitřní rozměry (d×š×v, mm)	5867 × 2330 × 2350	11980 × 2330 × 2320	11988 × 2330 × 2655
Kapacita	cca 33 m3	cca 67 m3	cca 70 m3

1.1.2 Vnitrozemské kontejnery a výměnné nástavby

Konstrukce těchto přepravních jednotek je podobná konstrukci námořních kontejnerů. Jejich rozměry a využití se často řídí potřebou zákazníků, kteří si je objednávají a využívají. Asi nejznámějším systémem vnitrozemských kontejnerů jsou kontejnery od společnosti InnoFreight. Za posledních pět let InnoFreight představuje i komplexní logistická řešení, která představují alternativu pro držitele železničních vagónů i koncové zákazníky. Základ je postaven na kontejneru a to tak, že se využívá standardizovaných prvků – vagon, překládací mechanika, kontejner. Velkou výhodou vnitrozemských kontejnerů oproti výměnným nástavbám je možnost stohování. Příklad takového řešení najdeme na obrázku 2.



Obrázek 2 Rocktainer- vnitrozemský kontejner pro přepravu sypkých hmot³

² <https://prodej-kontejnery.cz/content/types>

³ <http://www.cd cargologistics.cz/cs/nase-sluzby/system-innofreight/typy-kontejneru>

Innofreight se v nabídce svých kontejnerů spoléhá na širokou paletu kontejnerů, které propojuje se speciálními vagony určenými pro jejich přepravu. Zákazníkům nabízí dodávku, a sice řešení na klíč a pro případ propadu některých přeprav i snadnou výměnu kontejnerů a přezbrojení na jiný typ přepravy. [13]

I výměnné nástavby využívají k přepravě silnici a železnici, podle potřeby se mohou přeložit a transportovat na speciálním silničním návěse nebo na železničním podvozku. Výměnné nástavby mají stejně jako kontejnery svoji certifikaci a kódy, které ovlivňují, kam může tato nástavba zajet po silnici a kam může být dopravena po železnici. Mezi výměnné nástavby kvůli jejich konstrukci spadají i cisterny pro vnitrozemskou nebo „short see“ přepravu. Tyto cisterny používají rozměr rámu jako u standardní „deep see“ cisterny, ale obrys rámu překračují. Rám zajišťuje možnost manipulace a přepravy na návěsích a vagoněch pro přepravu standardních námořních kontejnerů. Tyto cisterny dokáží přepravit víc nákladu než standardní cisterny a navíc je možné je doplnit o příslušenství k vykládce nebo nakládce nákladu (kompresory či chladicí agregáty).[14]



Obrázek 3 Vnitrozemský cisternový kontejner s doplněným agregátem⁴

Uvedené řešení, jako je vidět na obrázku 3, nabízí zákazníkům výhodu pro přepravu zboží vyžadujícího řízenou teplotu nebo ohřev pro usnadnění vykládky. Takovéto výměnné nástavby pak putují mezi plnicí a stáčecí linkou po silnici i železnici a silniční doprava pak

⁴ <https://www.flickr.com/photos/125258141@N06/34012928355>

slouží pouze k přistavení na co nejkratší vzdálenost (cca 100 km). Proto musíme rozlišit mezi klasickými výměnnými nástavbami, které jsou lehké, nejsou stohovatelné, ale jejich výměna může za pomoci výklopných nohou být provedena bez přítomnosti manipulační techniky ve skladu či svozovém depu. Opakem jsou pak cisternové nástavby, které stohovat lze a jejich manipulace v místě vykládky bez přítomnosti manipulační techniky není možná. Tyto typy sice vypadají jako kontejnery, ale mezi kontejnery pro jejich atypický rozměr počítány být nemohou. Výměnné nástavby lze přepravovat i na železničních vozech, protože rozměrově jejich spodní rohové prvky odpovídají ISO kontejnerům a u silniční přepravy lze použít i návěs kontejnerový, ale existují i návěsy pro výměnné nástavby (přívěsové soupravy). [14]

1.1.3 Silniční návěsy

Silniční návěsy se vyrábějí ve dvou úpravách. Jednou je silničním návěs bez úpravy, ten musí být přepravován na speciálních železničních vozech, kam je natažen tahačem. Takový návěs neumožňuje překládku a není vybaven speciálními body pro jeho uchycení a naložení. Naopak verze umožňující překládku (tedy intermodální verze) má body pro uchycení manipulační technikou. Silniční intermodální návěs je možné přeložit z vagonu na vagon a zajistit jeho převoz mezi depy (terminály) nebo návěs naložit či vyložit pro silniční transport, který opět bývá co nejkratší. Pro terminál kombinované přepravy přichází v úvahu pouze druhá varianta silničního intermodálního návěsu. Návěs sice nejde stohovat, ale jde manipulovat stejnou technikou jako kontejnery či výměnná nástavby. Toto pak umožňuje, nabídnout i službu překládky návěsů společně s překládkou kontejnerů a výměnných nástaveb. V ČR samostatný terminál pro překládku výměnných nástaveb či silničních návěsů není, takže oba druhy přepravních jednotek se objevují jako doplněk terminálů změřených na kontejnery. Manipulace s nimi je prováděná stejnou manipulační technikou jako pro kontejnery s rozšířením pro manipulaci těchto přepravních jednotek. [1]

Na obrázku 4 je příklad silničního intermodálního návěsu.



Obrázek 4 Silniční intermodální návěs⁵

⁵ <http://www.lkw-walter.cz/cs/zakaznik/kombinovana-doprava/vozovy-park>

1.2 Terminál kombinované přepravy

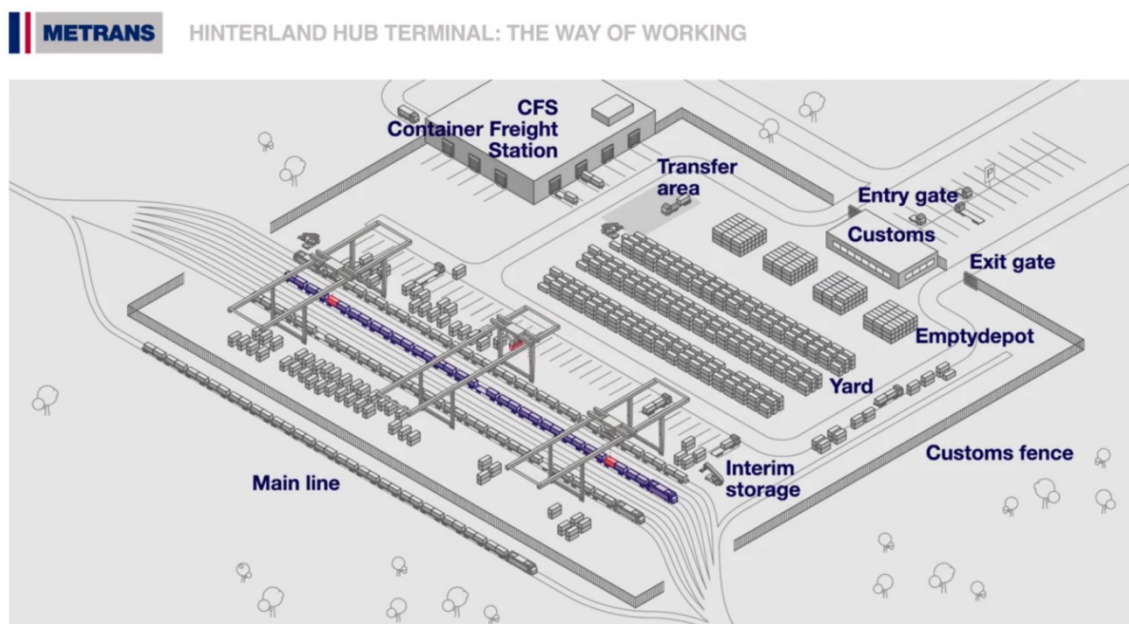
Hlavní službou terminálu kombinované přepravy je překládka nebo skladování přepravních jednotek podle požadavků zákazníků. Mezi základní činnosti a doplňkové služby patří:

- Překládka kontejnerů,
- skladování kontejnerů,
- deponijní služby,
- opravy kontejnerů,
- celní služby,
- celní kontroly,
- chlazení kontejnerů,
- ohřev kontejnerů.

Přepravní jednotky se na terminál dostanou dle jeho napojení na dopravní síť buď po silnici, železnici nebo případně vodní cestě. Takže pro potřeby terminálu je třeba mít napojení na silniční síť a železniční síť. Z těchto požadavků pak vyplývají požadavky na vybavení terminálu. [9]

Nejdůležitější pro chod terminálu jsou to zpevněné plochy pro pohyb manipulační kolové techniky, tahačů a personálu. Zpevněné plochy pak samozřejmě slouží k uskladnění prázdných a ložených kontejnerů, tyto úložné plochy pak vychází svým rozsahem z použité techniky pro překládky a kapacity. Dalším bodem jsou objekty, to znamená opravy kontejnerů a opravy překládací techniky, dále pak sklady a případně i čerpací stanice pohonných hmot. S ohledem na potřebu na napojení železniční vlečky na železniční síť a odbavení vagónů, je součástí infrastruktury i kolejiště. Rozsah a provedení kolejiště závisí na zvolených překládacích mechanismech, potřebě odstavit vagony a lokomotivy, včetně prostoru pro opravnu těchto kolejových vozidel. To, jaká je na terminále použita překládací technika, závisí na potřebách terminálu (počty TEU, přepravované jednotky). Manipulační technika pak také ovlivňuje to, jak je terminál prostorově uspořádán. Manipulační technikou rozumíme jeřáby, kolové překladače a terminálové tahače. Každý z těchto prostředků vyžaduje jiný prostor a prostorové uspořádání pro efektivní manipulaci. [1]

Na obrázku 5 je vidět jak by mohl terminál kombinované přepravy vypadat.



Obrázek 5 Terminál kombinované přepravy⁶

Main Line – hlavní trať (koridor) / Interim storage - sklad kontejnerů / Customs fence – celní prostor / YARD, Empty depo – depo pro prázdné kontejnery / Customs – celnice / Entry + Exit Gate – vstupní a výstupní brána / Transfer area – předávací místo / CFS Container Freight station - sklad

Základem vybavení terminálu jsou čistě technické věci jako manipulační plochy, vnitřní komunikace, úložné plochy (pro prázdné nebo ložené přepravní jednotky) a kolejiště. Zároveň do vybavení terminálu patří i budovy, ale jejich rozměr vychází z předchozích bodů. Budova CFS (tedy logistické středisko pro překládku kontejnerů) je zajímavý doplněk pro poskytované služby. CFS nebo CPS umožňují kompletaci drobných zásilek do kontejneru a zlevňují přepravu zboží pro zákazníka. Není nutné využívat dražší leteckou přepravu nebo posílat zbytečně poloprázdný kontejner. V případě napojení na terminál jsou kontejnery přistavovány manipulační technikou přímo ke skladu. Větší využití pro terminál mají vjezdová/výjezdová silniční brána a vlečkové brány, díky těmto vstupním a výstupním bodům se na terminál dostávají přepravní jednotky. [1]

Jelikož tématem diplomové práce jsou modulová řešení terminálu kombinované přepravy, bude se autor v další části věnovat struktuře modelu a vysvětlí řešení s manipulační technikou.

⁶ <https://hhla.de/en/photos-films/films/a-hub-in-the-hinterland.html>

Modulem se myslí prostor pro překládku přepravních jednotek mezi jednotlivými druhy dopravy. Modul se skládá z kolejiště a manipulační techniky a jsou dle prostorových možností nebo potřeb provozovatele umístěny za sebou nebo vedle sebe. Z mého pohledu se o modulové řešení jedná i v případě vytvoření dvou terminálů vedle sebe, kdy jeden terminál disponuje vlečkou s napojením na železniční síť a druhý funguje pouze jako road depo pro prázdné kontejnery. Odbavení probíhá pouze po silnici a kontejnery musí být na železniční terminál případně převezeny. Řešení, které autor popisuje, používá úspěšně Metrans a s^opro terminály, kde kapacita pro uspokojení poptávky přestane stačit a je nutné vytvořit prostor a zvýšit kapacitu. Modul pak vytváří kapacitu terminálu pro skladování a překládku přepravních jednotek. Pokud jsou přepravovány čistě kontejnery, které lze stohovat, je prostorová náročnost omezená. Pokud terminál ve svých modulech (v jednom či ve všech) chce překládat i jiné přepravní jednotky jako například intermodální silniční návěsy či výměnné nástavby, zvyšují se prostorové nároky i nároky na vybavení technikou. Základem pro jakékoliv rozhodnutí o vybavení technikou či rozšířením o další modul vychází z poptávky po službách terminálu a vyčerpaná kapacita současného řešení. [1]

Modul se proto může postavit na určitém typu manipulační techniky, aby mohl modul být obsluhován pouze portálovými jeřáby (RMG) nebo jeřáby na gumových kolech (RTG) a pokud dojde k rozšíření o další modul, je i v novém modulu použita stejná technika tedy jeřáby. Využití jeřábu zjednodušuje práci, snižuje počet technologických manipulací a využívá optimálně skladovací plochu, protože není třeba dělat prostor pro manipulační techniku. Nevýhodou řešení postaveného na jeřábech, je jejich pořizovací hodnota. Plusem je naopak ekonomická stránka a náklady na provoz a náklady na manipulaci. Pokud je naopak modul postaven na mobilních překladačích a plánu je i druhý modul na stejné technice, zvyšují si nároky na prostor potřebný k provozu modulu. Naopak se využívá výhod z levnějších pořizovacích nákladů mobilních překladačů a jejich rychlejšímu nasazení pokud se dá využít možnost nákupu například užitých strojů. Nároky na modul provozovaný pouze mobilními překladači jsou stejné jako na modul s jeřáby, jen je potřeba větší prostor pro manipulace a uskladnění kontejnerů. Kontejnery se sice mohou ukládat do vyšších vrstev, ale vzhledem k jejich ukládání roste počet technologických manipulací. V případě, že zákazník změní požadavek nebo pokud zákazník konečně dá dispozici k vykládce importních kontejnerů čekajících například na vyclení nebo vyřešení jiných formalit, dochází k nárůstu manipulací a nákladů. Samozřejmě je tu i možnost kombinace obou forem překládky, tedy že k modulu s jeřáby připojím další modul s mobilními překladači nebo obráceně modul

s mobilními překladači rozšířím o modul s jeřáby. S ohledem na ekonomickou náročnost je rozumné k budování nového modulu přistoupit, pokud je kapacita původního modulu vyčerpána nebo na hranici svých možností a stává se tak úzkým hrdlem pro další rozvoj terminálu. [1]

Dalším prvkem, který může případně hrát roli ve volbě manipulační techniky, je potřeba zajistit kapacitu pro manipulaci různých přepravních jednotek, protože mají různé přepravní jednotky různá omezení s vlivem na skladovací kapacitu a její využití, jak již v předchozí kapitole autor zmiňoval. Větší potřeba plochy pak s sebou přináší vyšší náklady na pozemky a stavební úpravy, obráceně využití jeřábu zase přináší vyšší počáteční investici do techniky.

Právě kapacita a to zda dostačuje či nikoliv je hlavním faktorem pro rozhodování o případném rozšíření. Modulové řešení představuje variantu pro rozšíření terminálu při zohlednění technologických, technických a ekonomických aspektů. Ekonomické aspekty jsou nejdůležitějším faktorem při rozhodování o tom, jakou variantu modulového řešení zvolím. Finanční náročnost budování i udržování chodu terminálu jsou náklady na pořízení technologií a výstavbu terminálu. Tyto technologie je pak nutné servisovat a udržovat dle návodů výrobce. To představuje podstatné náklady, na které si musí terminál svým provozem vydělat. Technologické aspekty jsou aspekty, které ovlivňují fungování a nastavení chodu terminálu. Technologické aspekty se musí zohlednit společně s technickými při tvorbě řešení a podkladů pro volbu řešení, protože na základě tohoto nastavení se pak vybere to, jestli se chod terminálu bude zajišťovat pomocí jeřábů nebo kolových překladačů nebo kombinaci kolových překladačů a jeřábů. Technologicky se nastaví, jak je potřeba pracovat, zda je vhodnější víc využívat překládku přes sklad kontejnerů nebo přímo bez skladování. To ovlivňuje potřebnou velikost skladu i požadavky na techniku. Správně vybraná technologie finanční prostředky ušetří, naopak při špatně zvolené technologii se prostředky plýtvá. Technické aspekty jsou nároky manipulační techniky na prostor a to jaké má manipulační technika parametry, které jsou pak využívány pro rozvržení jednotlivých modulů a skladu kontejnerů. Technikou je i vybavení terminálu, které pomáhá při plánování práce i ukládání přepravních jednotek. Postup v automatizaci má vliv i na techniku a technologii. Automatizace pak určitě ovlivňuje požadavky na terminál, protože se po terminále stále pohybují lidé, které je nutné ochránit před „volně“ se pohybující technikou. Technologické aspekty mají mnoho dopadů do dalších rozhodnutí, že se jim budu věnovat jako prvním.

Z pohledu vnitřního chodu terminálu představují prioritní aspekty při plánování modulů a volbě techniky.

2 Aspekty modulového uspořádání

V této kapitole se bude autor věnovat aspektům modulového uspořádání terminálu kombinované přepravy. Jedná se o tyto aspekty:

- Technologické,
- technické,
- ekonomické.

V tabulce 2 je vidět nárůst přepravovaných TEU za posledních 8 let v České republice. Aby bylo možné takovéto přírůstky zvládnout, musí provozovatel terminálu zajistit dostatečnou kapacitu nebo efektivně optimalizovat tu současnou. Takový nárůst s sebou přináší požadavky na provozovatele terminálů kombinované přepravy, které je nutné řešit právě na základě těchto aspektů. Je nutné zvážit jakou zvolit strategii a zda je nutné navýšit kapacitu rozšířením o další modul. Proto je nutné zvážit volbu techniky, technologie a vyhodnotit ekonomické parametry. Na základě takového hodnocení pak provozovatel může rozhodnout o dalším postupu.

Tabulka 2 Počty přepravovaných prázdných a ložených kontejnerů⁷

Přeprava velkých kontejnerů po železnici

	2010	2014	2015	2016	2017	2018
Počet přepravených ložených kontejnerů celkem	499 029	646 479	706 697	744 849	796 885	860 175
vnitrostátní	116 067	178 881	145 526	140 868	137 784	134 511
mezinárodní celkem	382 962	467 598	561 171	603 981	659 101	725 664
v tom: vývoz	157 725	217 685	260 087	269 129	287 425	300 275
dovoz	194 948	227 153	276 009	303 081	268 129	326 221
tranzit přes ČR	30 289	22 760	25 075	31 771	103 547	99 168
Počet přepravených prázdných kontejnerů celkem	180 211	215 700	212 077	213 580	217 092	245 699
vnitrostátní	77 038	120 366	83 626	81 611	78 024	76 595
mezinárodní celkem	103 173	95 334	128 451	131 969	139 068	169 104
v tom: vývoz	64 264	47 139	63 321	74 753	80 724	81 966
dovoz	31 067	35 021	49 991	44 764	36 211	37 742
tranzit přes ČR	7 842	13 174	15 139	12 452	22 133	49 396

⁷ https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2018.pdf

2.1 Technologické aspekty modulového uspořádání

Technologie jednotlivých terminálů se liší, protože je odlišná jejich rozloha, uspořádání kolejíště, napojení na dopravní síť a jejich vybavení manipulační technikou. Nejdůležitější je s ohledem na úspěšné provozování terminálu rozdílné vytížení a poptávaná kapacita terminálu. O budoucím uspořádání terminálu rozhoduje jeho umístění a plánovaná napojení terminálu na dopravní síť. Pokud je možné terminál stavět jako průjezdný z pohledu železničních vozidel zjednodušuje to manipulaci s vlaky, protože vlak najede do terminálu z jedné strany a vyjede z druhé. Terminál se železničním vjezdem i výjezdem se označuje jako oboustranně napojený. Pokud je terminál napojen na elektrifikovanou trať a má k dispozici řešení se zajištěním do terminálu elektrickým hnacím vozidlem, uspoří se na manipulaci a přistavení vlaku další drahocenné minuty. Toto řešení je z pohledu výstavby a údržby nákladnější, protože veškeré náležitosti kolejíště jsou duplicitní, a proto je při volbě řešení nutné zvážit i ekonomickou stránku s ohledem na předpokládané počty obsluhovaných vlaků. Terminály s jednostranným napojením jsou z pohledu provozu méně flexibilní, protože vagony se dostanou stejným vjezdem dovnitř i ven, což představuje potenciální úzké hrdlo pro obsluhu vlakových zásilek. [1]

Tabulka 3 Technologické časy přistavení soupravy⁸

činnost	čas (min)
odvěšení a odstoupení lokomotivy	5
přistavení posunové lokomotivy (postavení posunové cesty a přivěšení)	10
malá zkouška brzdy (zkouška průchodnosti)	15
posun do terminálu (postavení dopravní cesty jízda)	5
celkem	35

Pro porovnání koncového a průjezdného terminálu jsou v tabulce 3 uvedeny technologické časy, potřebné pro odbavení vlaku na vjezdu do terminálu bez využití posunu pro přistavení do terminálu. Traťové HV se na vjezdu může zdržet čekáním na postavení posunové cesty, ale většinou jde o zdržení kolem 1 minuty. Pro porovnání odbavení vlaku posunovým oddílem místo traťového HV zabere 35 minut. U 15 vlaků, které má terminál odbavit, jde o 525 minut. Tento čas pak zkracuje dobu na odbavení vlaku v terminálu.

⁸ Zdroj: Autor

Dalším úzkým hrdlem z pohledu železničních přeprav je kromě napojení na železniční síť i dostatečná kapacita odstavných kolejí, tedy těch kolejí, kde si terminál ponechá připravené vlaky na odjezd nebo vlaky na příjezdu, které se nedostanou v okamžiku příjezdu ihned dovnitř. Tyto koleje pak samozřejmě slouží k odstavení přebytečných nebo rezervních vozů, které pak terminál později využije na nakládku vlaků. Pokud není kapacita kolejiště ve stanici dostatečná, může toto působit jako úzké hrdlo zpomalující práci terminálu. Nejsou dostatečné kapacity pro vytažení již hotových vlaků na odjezd nebo jsou příjezdy brzděny na dojezdu. [10]

S ohledem na technologická hlediska je potřeba při výstavbě terminálu vycházet z požadavků na nákladní železniční dopravu, kde se počítá s minimální užitnou délkou 750 metrů. Pak není nutné soupravy dělit na několik kolejí a vlak je možné po soupise ihned začít odbavovat a tím minimalizovat dobu pobytu. [11]

Na obrázku 6 je vidět průjezdný terminál Metrans Česká Třebová.



Obrázek 6 Průjezdný terminál⁹

Dalším bodem k zohlednění je metoda provozní technologie terminálu. Jde o to, zda terminál využívá stacionární, výměnnou nebo smíšenou metodu. U stacionární metody zůstávají zásilky na železničních vagoncích a jsou postupně skládány a odváženy k příjemcům. Po jejich složení pak terminál začíná s nakládkou. Tato metoda blokuje kolejiště a vagony pro další nakládku nebo vykládku. Výměnná metoda představuje úplný opak

⁹ Zdroj: autor, Terminál Metrans Česká Třebová

metody předcházející a zásilky jsou složeny a jsou uloženy do bloku dle nastavení pro skladování daného terminálu. Počet manipulací, které terminál s jednotkami udělá je vyšší než u první metody, ale zase efektivně využívá přistavenou soupravu k nakládce jiného vlaku a uvolňuje si tak kolej pro další přepravy. Smíšená metoda představuje kombinaci obou předcházejících. V rámci této metody dochází ke složení zásilky, které se budou distribuovat jiný den a na vagoněch zůstávají zásilky, které se ještě ten den rozvezou. Metoda je náročná jak na čas, tak na organizaci práce. Smíšená a stacionární metoda jsou vhodné spíše pro koncové terminály, které mají kapacitu i prostor takto s vagony hospodařit a zásilky případně skládat postupně. [1]

Další přístupem, který nám ovlivní technologii terminálu je přímá či nepřímá překládka na silniční vozidla. Přímá překládka představuje jednoduchý systém, kdy tahač na vyzvání a po odbavení na bráně vjíždí do terminálu na složiště, kde si vyzvedne svoji zásilku. Je jedno zda se jedná o kontejner či výměnný návěs, protože tahač si pro zásilku jede přímo na určené složiště. Nepřímá překládka probíhá formou přípravy zásilek, které jsou přesunuty ze složiště na mezideponii, kde vyčkají na tahač. Takto například připravoval zásilky Polzug pro své dopravce. Na vlastní návěsy naložil kontejnery nebo přistavil intermodální návěsy a řidič si jen vyzvedl papíry (včetně technického průkazu k návěsu) a po odbavení odjel. Toto je časově i prostorově náročné. Zásilky jsou prakticky manipulovány několikrát a technologická manipulace při přípravě na návěs s sebou navíc přináší prevoz po terminále. Odstavná kapacita je opět náklad navíc a samozřejmě i prostor, který se mohl případně použít na sklad kontejnerů. [1]

2.2 Technické aspekty modulového uspořádání

Jestliže se zabýváme technickými aspekty modulového uspořádání terminálu kombinované přepravy, jde hlavně o manipulační techniku a požadavky na ní. Manipulační technikou jsou:

- Jeřáby,
- RTG,
- kolové překladače.

V případě, že upřednostníme čistě námořní nebo stohovatelné vnitrozemské kontejnery, lze lépe využít a vytížit prostor, který máme k dispozici. Výběr je určen tím, zda

plánujeme investovat víc prostředků do techniky nebo plochy. Pro potřeby kolových překladačů je důležitá plocha, po které se pohybují a ukládají manipulované kontejnery. Jeřáb naopak představuje počáteční investici, která se vyplatí jen díky vyššímu pravidelnému vytížení. [3]

V případě, že se odbavují i výměnné nástavby a silniční intermodální návěsy, musíme mít k dispozici techniku na tyto přepravní jednotky uzpůsobenou a vybavenou kleštinami pro jejich manipulaci. Toto samozřejmě zvyšuje finanční nároky na vybavení stroje a v neposlední řadě i na údržbu. Na obrázku 7 je vidět spreader s kleštinami pro překládku výměnných nástaveb a silničních intermodálních návěsů.



Obrázek 7 Spreader včetně kleštin¹⁰

Mezi technické aspekty se řadí i infrastruktura, tedy kolejiště a zpevněné plochy. Kromě toho i další IT vybavení terminálu, které usnadňuje komunikaci a zpracování zásilek. Tím mohou být například automatické váhy, kamerové systémy pro čtení čísel kontejnerů, vagónů či tahačů ve formě automatické průjezdové váhy. Pak by tam měla být zařazena i IT vybavení terminálu, jako jsou skenery, PDA či RFID čtečky. Tyto prvky usnadňují práci a zrychlují orientaci a vytvoření přehledu o tom, co kam patří a ke komunikaci mezi zaměstnanci terminálu. [2]

Zpevněné plochy jsou primárně určeny pro manipulační techniku, kontejnery a pak také tahače přivázející a odvázející zásilky. Plocha musí splňovat požadavky na nosnost pro

¹⁰ <https://www.kuenz.com/industries/container-handling/spreader/>

„těžké“ stroje, tedy ty co manipulují ložené kontejnery, a „lehké“ stroje, které naopak manipulují pouze prázdné kontejnery. Rozdíl v plochách je pak samozřejmě v únosnosti a nákladech na zhotovení. Kolejiště může být v průjezdném nebo koncovém provedení. Průjezdná verze znamená, že vlak jednou stranou vjede a druhou vyjede, usnadňuje to manipulaci a urychluje odbavení. Pokud jsou ještě zhlaví zatrolejovaná může do terminálu najet traťové HV a posun v terminále pak pouze řeší manipulaci s poškozenými nebo konkrétně vybranými železničními vagony pro potřeby naložení ucelených vlaků či jednotlivých zásilek. Koncové provedení kolejiště pak nese vyšší nárok na posun, ale i u těchto řešení je možné použít zatrolejování zhlaví a posun do a z terminálu dělat tratovým HV. Dalším technickým vybavením, kromě různých typů posunových lokomotiv, může být i kompresorová stanice pro vykonání úplné zkoušky brzd. Takováto stanice usnadňuje odbavování vlaků a urychluje jejich odjezd, protože vlak je možné odbavit bez ohledu na dostupnost HV na terminále a po příjezdu HV pak může vlak po splnění zkrácených formalit vyrazit na trať. [9]

Zmiňované IT vybavení (skenery, PDA, RFID čtečky) mají přesah do technologické části, protože usnadňují práci a přehled dispečerům i obsluhám manipulační techniky. Ty na svých počítačích vidí úkoly a postupně je odbavují a plní. Příkladem mohou být RFID čipy, které propojením s informačním systémem pošlou informaci, kdo se nachází na konkrétním složišti. [3]

Aby mohly být přepravní jednotky složeny, naloženy nebo přeloženy musí být použita technika, která takovou překládku umožní. Pro překládku jsou používány buď jeřáby, nebo kolové překladače. Tyto stroje umožňují plynulou překládku přepravních jednotek na silniční návěsy nebo železniční vagony. Volba typu použité manipulační techniky závisí na prostoru, který terminál zabírá nebo kapacitě, kterou terminál má nebo má mít. Do volby manipulační techniky samozřejmě zasahuje i prostorové uspořádání terminálu a to, zda bude zároveň obsluhovat nákladku na tahače nebo na vagony, případně zda bude obsluhovat i depo prázdných kontejnerů. Volbu manipulační techniky ovlivní i varianta využití automatických překládek, tedy bezobslužných jeřábů (ARMG) a ARTG, které toto na rozdíl od kolových překladačů nabízejí. Automatizace pak sníží personální náklady a zajistí nonstop provoz bez nutnosti přestávek a odpočinků. [6]

Kromě klasických příkladů jako kolové překladače nebo jeřáby patří do manipulační techniky i terminálové tahače. Tyto tahače na terminále přistavují a odvázejí silniční

intermodální návěsy nebo připravují klasické kontejnerové návěsy, pokud terminál využívá nepřímou překládku. Stejně jako u kolových překladačů i terminálové tahače (traktory) jsou vyráběny v různých provedeních a s různým vybavením dle potřeb konkrétního terminálu či uživatele. [7]

Na obrázku 8 je vidět terminálový tahač v akci při vykládce z trajektu.



Obrázek 8 Terminálový traktor (tahač)¹¹

Kolové překladače představují nejběžněji používanou manipulační techniku na terminálech. Provedení překladačů je velice různorodé a existuje několik variant jejich provedení. Jejich použití sice vyžaduje kvalitně připravenou plochu, ale ne všechny terminály takovouto plochou disponují. Z tohoto pohledu stroje představují ideální řešení pro rozjezd terminálu, kde není ještě známé, jaké vytížení a jaký bude mít investor úspěch s jeho provozem. Stroje, které je možné u nás zakoupit, jsou klasické stroje s teleskopickým hydraulickým ramenem s top spreadem nebo stroje postavené na vysokozdvíhacím vozíku. Druhá verze strojů je určena spíše pro manipulaci prázdných kontejnerů a mají tedy nižší nosnost než stroje se spreadem. Tyto stroje najdeme ve verzích pro ložené i prázdné kontejnery, kdy hlavním rozdílem je vlastní váha stroje. Ta slouží jako základ pro zvedání ložených kontejnerů a stroj má vždy k vlastní váze i odpovídající nosnost a zátěžové tabulky.

¹¹ <https://www.kalmarglobal.com/49cb85/globalassets/equipment/terminal-tractors/all-terminal-tractors/tr618i-trl618i-tt618i/tr618i-image-3.jpg?width=704&height=529&mode=crop&quality=86>

Stroje pak zvládnou s příslušným doplňkovým vybavení a nosností zvednout kontejner, výměnou nástavbu i silniční intermodální návěs. [8]

Na obrázku 9 je CVS Ferrari F500 jak pomocí kleštin manipuluje s výměnnou nástavbou.



Obrázek 9 CVS Ferrari F500 v úpravě s kleštinami¹²

Výrobci stroje nenabízejí pouze pro překládky přepravních jednotek kombinované přepravy, ale vyrábí je i v provedení pro překládky dřeva, svitků a dalších těžkých nákladových kusů. Stroje se vyrábí v několika provedeních i s ohledem na potřeby terminálu. Těžký model společnosti CVS Ferrari se prodává ve 4 verzích, kdy podstatným rozdílem je vlastní váha a zátěžový diagram. Ten stanovuje nosnost stroje pro jednotlivé řady. Přepravní jednotky jsou dle prostorového uspořádání ukládány do řad, manipulační koleje jsou vedle sebe, a proto je důležité kolik stroj zvládne zvedat v jednotlivých řadách. Podle přepravy a zvolené technologie ukládání a nakládky na manipulačních kolejích se hledá stroj s vyšší nosností. Různé verze stroje pak mají vliv na prostorové uspořádání většími nároky na manipulační prostor a prostor pro otočení stroje a to ovlivňuje uložení kontejnerů a komunikací. [8]

¹² <https://www.cvsferrari.it/web/wp-content/uploads/2017/11/CSV-FERRARI-F500-2-e1511956663279.jpg>

Jeřáby na rozdíl od kolových překladačů nepotřebují tak připravenou a velkou plochu jako stroje. Jejich podstatnou výhodou v porovnání se stroji je rychlost manipulace a nižší počet technologických manipulací. Pokud pro stroje ukládám kontejnery do bloků, představují technologické manipulace počet manipulací, abych se dostal na jednu konkrétní bednu v bloku. Podle hloubky bloku to může být i několik desítek manipulací (toto spíše hrozí u prázdných kontejnerů). U jeřábu je počet technologických manipulací vždy omezen na konkrétní řadu v bloku. Kontejnery jeřáb ukládá na sebe a dostane se k nim bezproblémově ze shora. Obvykle jeřáb ukládá 3 kontejnery na sebe. RTG může dát i víc kontejnerů, jde o formu kompenzace za chybějící možnost přesahu. Přesah může mít pouze portálový jeřáb na koleji, který tak obsáhne daleko větší pole působnosti než stroj. Záleží pak jen na počtu kolejí, které se do jeřábového modulu naplánují na úkor poloh pro přepravní jednotky nebo obráceně. Pro jeřáb hovoří rychlost, omezení technologických manipulací a rozsah. Opačně je jejich pořízení finančně a stavebně náročné. [4]

Na obrázku 10 je vidět modul s portálovými jeřáby na terminále Metrans v Praze Uhřetěvesi.



Obrázek 10 Portálový jeřáb RMG¹³

¹³ Zdroj: autor, Terminál Metrans Praha Uhřetěves

Portálové jeřáby si dokáží poradit i se zatáčkou, což je vidět na terminále v hamburském přístavu CTT, nebo například na terminále ve Wolfurtě. Jeřáb se pak stará jak o manipulaci na železniční straně, tak na silniční straně s tím, že kontejnery mohou i nemusí jít přes sklad. [4]



Obrázek 11 Složiště u RTG¹⁴

Druhou variantou jeřábu jsou RTG, tedy jeřáby jezdící na gumových kolech. Tyto jeřáby nepotřebují tak rozsáhlou stavební přípravu, a dodávají se jak v elektrické tak dieselové verzi. Je jen na provozovateli jakou verzi zvolí. Oba typy jeřábů najdeme ve verzi ARTG a ARMG, tedy v automatické verzi bez obsluhy v kabině. Omezením pro RTG je nutnost mít vše mezi koly stroje tedy kolejiště a složiště pro kontejnerové návěsy nebo terminálové tahače. Na obrázku 11 je vidět složiště u RTG pro kontejnerové návěsy a terminálové tahače. Jedna kompletní řada kontejnerů je nahrazena cestou, do které najíždí kamiony, které přiváží nebo vyzvedávají kontejnery. V porovnání s portálovými jeřáby jde o ztrátu několika desítek kontejnerů, které by šlo takto uložit. Pro představu jde u uvažované 700 metrů dlouhé koleje

¹⁴ https://www.kalmar.de/49d1e5/globalassets/newsroom/images/hires/rtg_eone2_vn11_014_print_43136.jpg

o cca 110 TEU v jedné řadě. To by pro 5 vrstev znamenalo ztrátu 550 TEU. U jeřábového složiště, které umístím kolmo na jeřábovou dráhu, ztratím cca 30 TEU na jedno složiště. [5]

2.3 Ekonomické aspekty modulového řešení

Ekonomické aspekty rozhodnutí o tom, zda zvolit modulové řešení a případně jakou variantu modulového řešení vybrat, jsou jednoduché. Jde o to položit si několik otázek a najít na ně odpovědi. Jaké dokáži s podmínkami, co mám k dispozici navrhnout prostorové uspořádání. Chci mít terminál průjezdný či nikoliv? Jaký typ překládky zvolím, záleží na tom, jestli se chci věnovat všem přepravním jednotkám nebo se zaměřím pouze na námořní případně vnitrozemské kontejnery. Toto vše budoucímu provozovateli terminálu nějakým způsobem ovlivňuje volbu použitých technických řešení, ze kterých vyjde nebo které bude již dopředu ovlivňovat zvolená technologie. Pořizovací hodnota stroje a jeřábu je možná X. Starý použitý stroj se dá také za nějakou cenu pořídit, ale použitý jeřáb asi nenajdeme.

Provozovatel bude vždy hodnotit základní ekonomické ukazatele, jako jsou ziskovost a návratnost investice. Bez zohlednění těchto ukazatelů nemůže podnik dlouhodobě fungovat. Dalšími zajímavými ukazateli jsou:

- Náklady na manipulaci,
- náklady na motohodinu,
- vytížení vlaku, terminálu,
- počet manipulací,
- počet odbavených tahačů,
- počet odbavených vagónů,
- počet odbavených TEU.

Náklady na manipulaci jsou snadno zjistitelné pomocí počtu prováděných manipulací v poměru ke spotřebě energií či nafty, opotřebením, nákladům na provoz terminálu a personálním nákladům. Náklady na manipulaci jsou pak podkladem pro cenu pro zákazníky. Náklady na motohodinu představují náklady na údržbu včetně spotřebovaných dílů a náhradních náplní v poměru k najetým motohodinám.

Vytížení vlaku je údaj, který si nastavím pro poskytované spojení podle nasazené soupravy. Metrans nasazuje typizované soupravy (stejná délka, složení a typ vozů) a dokáže tak nastavit přesný počet TEU na vlaku. Sledování vytížení pak ukazuje, jak úspěšná jsou nabízená spojení. Ostatní údaje jsou statistiky, ze kterých je možné vypočítat trendy a tyto trendy zakomponovat do technologie. Například ve špičkách nasazovat posilové stroje nebo dát na odbavení zásilek víc dispečerů.

Pokud nestavíme terminál na zelené louce a hned s dvěma moduly, půjde nejspíš o rozšíření stávajícího terminálu nebo změnu technologie terminálu. Proto je nutné vyhodnotit kapacitu terminálu a to jakou kapacitu chci v budoucnu nabízet.

Stroje potřebují pro manipulaci a nakládku návodem daný prostor, stejně tak bloky zaberou určitý prostor. Tato plocha musí být zpevněna, aby umožnila pohyb manipulační techniky a uskladnění kontejnerů. V porovnání s modulem založeným na jeřábech je plocha pro uskladnění kontejnerů a manipulaci větší právě o prostor určený pro pohyb stroje. Bloky pak nemůžou být nekonečně dlouhé a vysoké. Stroj sice může manipulovat 4 bedny na sebe, ale bez kvalitně nastaveného systému pro ukládání kontejnerů hrozí zbytečně velké množství technologických manipulací. Zvlášť u importních beden, tedy těch co jedou k zákazníkům na vykládku, se dispozice mění na poslední chvíli, to riziko technologických manipulací zvyšuje. Takže pořízení strojů je sice levnější řešení, ale kapacita terminálu bude nižší. Náklady na zpevnění ploch a vytvoření servisního zázemí včetně čerpací stanice nejsou také zanedbatelné. [9]

Obráceně plocha potřebná pro vytvoření modulu pro jeřáby je menší (v závislosti na plánované kapacitě). Pořizovací náklady na jeřáby a jeřábovou dráhu jsou vysoké, je k tomu nutno připočítat úpravu trafostanice. Ta musí zvládnout napájet portálové jeřáby s jejich velkou spotřebou energie. Plochy pod jeřábem není nutno nějak výrazně zpevňovat a pro obsluhu tahačů stačí několik složišť umístěných podél jeřábové dráhy. Pro pohyb tahačů je pak potřeba vytvořit komunikaci.

Náklady na kolejiště jsou identické, protože jak stroje, tak jeřáby by měly obhospodařovat kolejiště o délce jedné koleje 700 metrů. Náklady na kolejiště ovlivní to, zda bude terminál průjezdný či nikoliv. Pak je nutné stavět dvě zhlaví a odpovídající zabezpečovací zařízení. Zhlaví představují náklady v podobě kolejiště, které obsahuje šterkové lože, koleje, výhybky a zabezpečovací zařízení. Aby vlaky mohly najet na jednotlivé koleje je nutné na zhlaví zbudovat několik výhybek, které spojení kolejí a průjezd mezi nimi

umožní. Zabezpečovací zařízení umožňuje bezpečný přejezd mezi kolejemi a vjezd na vlečku. Pokud půjde o vlečku průjezdnou, je nutné vybudovat zhlaví dvakrát a to samozřejmě prodraží náklady. V případě zatrolejování zhlaví vzrostou náklady o zbudování trakčního vedení. Průjezdný terminál, ale zrychluje přistavení vlaků a jejich odvoz a zatrolejované zhlaví umožňuje vjezd vlaku přímo do terminálu společně s lokomotivou. Pokud je terminál vybaven zařízením pro provedení zkoušky brzdy, lokomotiva pouze přejede mezi kolejemi a může po rychlém odbavení s připraveným vlakem s minimálním zdržením odjíždět.

Pokud bude modul zajišťovat odbavení i dalších přepravních jednotek jako jsou výměnné nástavby nebo intermodální silniční návěsy, je potřeba počítat s nároky na technologické vybavení, které ovlivní výši ceny pořizovaných kolových překladačů. Jeřáby i kolové překladače je nutné vybavit kleštinami a pro převoz návěsů je třeba terminálový tahač. I plocha se musí přizpůsobit. Intermodální silniční návěsy zaberou víc místa než kontejnery a není možné je stohovat. Stejný problém se stohovatelností je u výměnných nástaveb, proto se většina z těchto přepravních jednotek rychle točí a nezůstává na terminále delší dobu.

3 Kapacita terminálu

Modulové řešení terminálu kombinované přepravy představuje způsob rozvoje a plánování růstu terminálu kombinované přepravy. Asi nikdo si nedovolí na zelené louce investovat stovky miliónů, aniž by měl jasnou vizi, odhad růstu přeprav a optimálního využití terminálu. Záleží na provozovateli, zda terminál zpočátku postaví na kolových překladačích, které dokáží zmanipulovat všechny kontejnery bez rozdílu velikosti a váhy. Nebo se rovnou vydá cestou RTG či RMG. RTG sebou přináší určité nevýhody spojené s konstrukčními omezeními RTG, ale některé jejich vlastnosti vyhovují potřebám výstavby a provozu terminálu. RMG představují z mého pohledu technologické i technické optimum s odpovídající cenou, která ale vždy musí být zasazena do odpovídajícího prostředí, aby se mohlo využít plně nabízeného potenciálu. V případě nasazení automatických strojů tedy ARTG a ARMG se nabízejí další možnosti v nepřetržitých provozech a systémových nastaveních ukládaných kontejnerů.

Kromě překládkových mechanismů je vhodné při plánování vyřešit, zda mám pro případné modulové řešení dostatečnou kapacitu plochy, kterou mám k dispozici. Vzhledem k tomu, že každá investice něco stojí a musí si na sebe umět vydělat, je nutné postupovat stejně u plánování terminálu. Proto nejspíš začne provozovatel stavbou jednoho modulu a depa, který by případně rozšířil o modul dva. Při plánování prvního a rezervy na druhý modul je dobré zvážit, zda plocha umožňuje paralelní nebo sériové umístění modulů. Z praktického hlediska je pro terminálové operace vhodnější varianta paralelního umístění. Sériové umístění, jako například terminál společnosti Metrans v Praze Uhřetěvesi, sebou přináší riziko obsazení kolejí při čekání na posun mezi moduly nebo dokončení nakládky či složení přistavené soupravy. Tato zdržení pak omezují kapacitu terminálu, protože stroje stojí a čekají na uvolnění kolejí. Toto by se dalo vyřešit průjezdností terminálu, když by souprava vjížděla do jednoho modulu a přes druhý by terminál opouštěla. Terminál Metrans v Praze Uhřetěvesi je koncový, takže vlaky vjíždějí a vyjíždějí přes jednu společnou kolej a v modulech se navíc musí dělit o společnou výtažnou a manipulační kolej. U paralelního terminálu je to zda jde o terminál koncový nebo průjezdný jedno, každý modul obsluhuje svoji část a vagony jsou mezi moduly přistavovány dle potřeby. Ideální řešením je terminál průjezdný, který má zatrolejovaná zhlaví a vlaky mohou vjíždět a vyjíždět přímo s traťovým hnacím vozidlem. To manipulaci v terminálu výrazně zjednodušuje a zrychluje, protože není nutné čekat na odstoupení HV a příjezd nového posunového HV, které přistaví soupravu do terminálu. Železnice ovlivní terminál ještě jednou a to užitnou délkou kolejí pro vlaky.

Ideálně by mělo jít o 700 až 750 metrů podle nové směrnice a doporučení pro délku nákladních vlaků. V reálu infrastruktura v ČR a okolí na většině hlavních tratí neumožňuje vozbu vlaku 700 a více metrů.

Pokud již máme postavený jeden modul, dostaneme se k potřebě rozšíření přes vytíženost. Žádná firma nebude čekat na 100% vytížení, které povede k odmítání přeprav prodlužování dodávek a zpožděním při výpadcích a technických problémech terminálové techniky. To, že manipulační technika jede na 100%, znemožňuje její kvalitní údržbu a servis. Takový postup vede k prodražování oprav a údržby, když z preventivních zásahů děláme nákladnější havarijní opravy. To zase vede k dalšímu prodloužení dodání čekajících zásilek a odmítnutých zákazníků. Každá firma si svůj odhad udělá sama a stanoví si svoje optimální řešení. Cesta k rozšíření může jít postupnými kroky nebo jednou velkou investiční akcí. Varianty jsou různé. Pokud mám k terminálu připojené depo, je možné depo doplnit o koleje, které použiji k nakládce prázdných kontejnerů nebo k rozšíření bloků pro ložené kontejnery. Pak provozovatel terminálu může v rozšiřování pokračovat dál a dál. Například přidáním koleje v přejezdové úpravě nebo doplnění o pasy pro pojezd RTG.

Pro potřeby své diplomové práce vycházím z terminálu vybaveného třemi RMG přes 6 manipulačních kolejí o délce 700 metrů. Pro rozhodnutí o budoucím rozvoji si pro takovýto terminál spočteme pomocí známých vzorců a měřitelných údajů jakou má modul kapacitu. Poté provedeme další plánování rozšíření a vybavení dalšího modulu terminálu. To jakou zvolíme techniku, bude do jisté míry záviset i na množství volných finančních prostředků. Vytížení nového modulu můžeme ovlivnit i rozšířením záběru manipulovaných přepravních jednotek. Nový modul se nemusí specializovat pouze na námořní kontejnery, ale může se věnovat i intermodálním návěsům a výměnným nástavbám. Toto sebou dozajista přinese vytížení, ale zároveň i požadavky na manipulační techniku a odstavné plochy na terminále.

Kapacitu budeme počítat pro modelový terminál se třemi portálovými jeřáby, šesti manipulačními kolejemi o délce 700 metrů. Což odpovídá řešení zvolenému Metransem v České Třebové. Kapacita ukládací plochy pod jeřábem je 8000 TEU. Pro modul s kolovými překladači to jsou 4 provozní překladače a 3 koleje. Výpočet roční kapacity terminálu budeme počítat s 15 odbavenými vlaky denně, navigačním obdobím 360 dní v roce a 90 TEU na vlaku. Počty se samozřejmě budou v průběhu roku měnit, protože existuje určitá nevyrovnanost mezinárodního obchodu, kdy pozorujeme pokles exportu a růst importu a naopak pokles exportu a růst importu. Tyto změny jsou ovlivňovány jednak rozdílnými

chody ekonomik a také různými výpadky v podobě svátků či přírodních vlivů. Počty 15 vlaků denně a 90 TEU na vlaku jsou průměrem na pozorování. Výpočet dle vzorce 1 stanoví roční kapacitu.

$$Q_C = P_d \cdot D_t \cdot t_n \quad [\text{TEU/rok}] \quad (1)$$

kde Q_C teoretická překládková kapacita terminálu [TEU/rok],

P_d počet zpracovaných vlaků za 24 h [-],

D_t průměrné množství TEU na 1 vlaku [TEU],

t_n navigační období (průměrná doba provozu terminálu) [den].

Po dosazení je roční kapacita terminálu:

$$Q_c = 15 \cdot 90 \cdot 360 = 486\,000 \text{ TEU}$$

Teoretická překládková kapacita terminálu za rok je tedy 486000 TEU. Tento údaj pak dále použijeme při výpočtu velikosti složiště. Velikost složiště pak vypočteme jak pro modul s kolovými překladači tak pro modul s jeřáby či RTG.

Tato teoretická kapacita je tedy pro nás orientačním bodem pro rozhodnutí o dalším vývoji terminálu. Na základě vlastních statistik i dalších údajů ohledně poptávky může pak společnost rozhodovat, jakou zvolí strategii. Pokud by kapacita terminálu byla dlouhodobě například nad 70% teoretické kapacity a v průběhu roku se vytvářeli provozní potíže v odbavení zásilek, bylo by z pohledu provozovatele terminálu ideální úzké hrdlo řešit případným rozšířením a na čas potřebný k překlenutí do dokončení nového modulu hledat další úspory v optimalizaci provozu.

Za posledních 8 let počty přepravovaných kontejnerů rostly, jak je vidět v tabulce 1, a potenciál pro další nárůst i s přihlédnutím k současné situaci je. Údaje z tabulky 1 představují pro rozhodování o rozšíření terminálu základní údaje o vývoji v množství přepraveného zboží. Stále ještě existuje velké množství zboží, které může být ze silničních návěsů převedeno do kontejnerů nebo výměnných nástaveb či silničních intermodálních návěsů. To vše pak ve spojení se snahou o uhlíkovou neutralitu představuje další zboží, které může směřovat na nový modul terminálu.

Tlak na „zelenou“ přepravu roste, protože k závazku snižovat uhlíkovou stopu, kterou vyjadřujeme v hodnotách CO₂, se přihlašuje stále víc společností. Uhlíková neutralita a snaha

o její dosažení, může stát za převedením některých přeprav na železnici. Nemusí jít pouze o kontejnerové přepravy, ale o další intermodální jednotky. Právě tyto přepravy pak mohou vytižít terminál a jeho nový modul. Ze statistiky přepravených velkých kontejnerů po železnici je vidět stále rostoucí počet přepravovaných jednotek. Železnice sice v současné době není uhlíkově neutrální, ale její snahou je nasazovat moderní stroje, jejichž výhodou bude právě omezení hluku a snížení spotřeby energie využití rekuperace a zvýšené efektivity využití spotřebované energie. Navíc například Siemens u lokomotiv Vectron garantuje recyklovatelnost stroje 98%. Stejně tak Maersk u svých Triple E lodí garantuje recyklovatelnost na konci životního cyklu lodě a dokumentuje veškeré použité materiály. Na základě těchto údajů bychom mohli při rozhodování o rozšíření o další modul vycházet a o tyto údaje bychom mohli opřít svoje kalkulace.

3.1 Modulové řešení s portálovými jeřáby

Řešení s portálovými jeřáby představuje variantu modulu se strojem, který dokáže pracovat bez větších omezení se všemi přepravními jednotkami, pokud je tedy jeřáb vybaven spreadrem umožňujícím jejich zvednutí a manipulaci. Varianty jeřábů jsou různé, stejně tak jejich rozpětí se liší podle požadavků objednatelů. Největší z nich mají rozpětí 90 m. Takovýto stroj si dokáže poradit s několika řadami kontejnerů a kolejí. V Evropě se potkáme s několika výrobci, z nichž v Čechách nejúspěšnější firmou je rakouský Künz. Jeho konkurencí jsou pak Konecranes, Liebherr nebo Kalmar se svými RTG. V současné době je možné objednat RTG jak v elektrické podobě tak dieselové. Tím RTG získávají na zajímavosti v omezených prostorech, kde není možné využít bočního přesahu klasických jeřábů (RMG). Kromě toho jsou v současnosti testovány automatizované varianty jeřábů, tato vlastnost představuje další zdroj potenciálních úspor. Jak jsem již v předchozí kapitole zmiňoval, portálové jeřáby se dodávají v provedení na koleji RMG, kdy jeřáb jezdí na koleji a je napájen elektrickou energií ze sítě přes své připojení. Nebo v provedení RTG, kdy kolej nahrazuje zpevněná plocha a RTG jezdí na gumové pneumatice. Oba tyto jeřáby nejde zaměňovat s jeřáby, které skládají kontejnery z námořních lodí. Jejich konstrukce a vybavení je úplně jiná. V přístavech používané tandemové spreadery by nenašli vzhledem k jejich uspořádání využití. Vnitrozemský terminál kombinované přepravy překládá vždy jeden konkrétní kontejner, protože železniční vagon nebo silniční návěs víc vedle sebe nevezou.

Nespornou výhodou jeřábu je dostupnost většího množství kontejnerů najednou, protože kontejnery jsou ukládány na pozici pod jeřábem. Mezi stojnými nohami a pod krakorcem (boční přesah) se můžou nacházet kromě obsluhovaných kolejí i uložené kontejnery do výšky 3 nebo 4 kontejnerů uložených na sobě. V České republice je moderními portálovými jeřáby vybavena pouze síť terminálů společnosti METRANS a na terminálech běžně ukládají pod jeřáby 3 kontejnery na sebe. RTG na terminále společnosti METRANS v Ostravě dokáže uložit 4 kontejnery na sebe. Rozpětí RTG je v porovnání s rozpětím RMG menší. U modelu Kalmaru jde o 35 metrů.

Nad uloženými kontejnery se pak pohybuje spreader jeřábu a transportované břemeno. Jeřáb tedy najíždí nad polohu uloženého kontejneru a podle počtu uložených kontejnerů udělá vždy maximálně dvě nebo tři uvolňovací manipulace, aby se dostal na kontejner uložený na zemi. Takto jsou prakticky dostupné všechny kontejnery, pokud nebudeme počítat situaci, kdy je jeřáb odstavený pro poruchu. Společnosti provozující kontejnerové terminály používají programy pro jejich řízení. Metrans pro provoz používá svůj vyvinutý informační systém, který řídí chod terminálu a umožňuje komunikaci mezi terminály a zákaznickým servisem. Tento informační systém pak řídí ukládání kontejnerů podle nastavených požadavků, aby minimalizoval uvolňovací manipulace a jeřábník bral bednu vždy jako první manipulaci. Přesto je nespornou výhodou jeřábu přístupnost kontejnerů ze shora, možnost otočení o 360° a hlavně rychlost přesunu mezi bloky, kolejí a tahačovým složištěm. To jak je výhodné otočení o 360°, můžeme ukázat na RTG. To tuto schopnost nemá a tak při překládce na silniční návěs musí tahače přijet ve směru, který umožní naložit dveře kontejneru na konec návěsu.

Na obrázku 12 je vidět modul s RTG na terminále Metrans v Ostravě.



Obrázek 12 RTG E-ONE na terminále METRANS¹⁵

Toto pak v terminálech vede případně k zastavování provozu a otáčení tahačů do protisměru. RTG totiž na rozdíl od RMG vyžaduje s ohledem na konstrukci umístění kontejnerů, kolejí i složišť mezi stojné nohy RTG.

Překládka z vagonu na vagon probíhá v modulu vybaveným jeřáby plynule mezi všemi kolejemi bez nutnosti přejíždět nebo objíždět kolejíště a překládat kontejner. Jeřáb bez problému najede nad vagon, zmanipuluje kontejner na další vagon a pokračuje dále v úkolech co má přidělené. Stejným způsobem probíhá manipulace ze skladu nebo do skladu. Pokud dochází k překládce na tahač, tak tahač s kontejnerovým návěsem přijede na určené složiště konkrétního jeřábu. Složiště pak může být jak podélně tak kolmo k jeřábové dráze. Jeřáb pak manipuluje kontejnery v přímé překládce mezi dopravními prostředky nebo nepřímé překládce přes sklad. Na obrázku 13 níže je vidět uložení kontejnerů i kolejíště, nad nimiž se pohybují portálové jeřáby.

¹⁵ Zdroj autor, terminál Metrans Ostrava Šenov, pohled od vjezdu na vlečku



Obrázek 13 Modul obsluhovaný jeřáby¹⁶

Jeřábový modul snižuje požadavky na obslužné komunikace a manipulační plochy. Pokud je terminál vybaven parkovištěm najíždí tahače na složiště po vyzvání a není potřeba, aby stály na obslužné komunikaci v koloně. Jeřábový modul nabízí daleko větší možnosti týkající se uložení kontejnerů a obsluhovaných kolejí, protože jediným omezením je maximální rozpětí jeřábu, které je cca 90 metrů a délka kolejiště. To znamená, že není třeba stavět zpevněné plochy pro pojezd těžkých reach stackerů a veškerou manipulaci provede portálový jeřáb. Pro pohyb tahačů je pak možné vystavět užší obslužné komunikace a několik složišť dle délky jeřábové dráhy. Složiště pak slouží k výměně kontejnerů mezi skladem a silničními návěsy, které se vracejí na terminál s již vydanou prací nebo přijíždějí, aby si práci vyzvedly. Optimální je z mého pohledu kolmé složiště k jeřábové dráze, které nezabírá tolik místa potřebného k uložení kontejnerů. Podle velikosti složiště pak jeřáb může plynule manipulovat na několika návěsách stojících vedle sebe na složišti. Na obrázku níže je vidět příklad složiště pro tři kontejnerové návěsy, kdy řidič musí vždy po přistavení načíst svůj tag u RFID čtečky. Čtečka ho upozorní, pokud by stál na špatném složišti a zároveň jeřábníka

¹⁶ Zdroj: autor, terminál Metrans Česká Třebová pohled z vjezdového zhlaví

v rámci priorit v práci upozorní na přistavení konkrétního tahače na složiště. Jeřábík pak zmanipuluje předepsaný kontejner a pokračuje v další předepsané práci.

Na obrázku 14 je vidět složiště s RFID čtečkou a obslužná komunikace pro kontejnerové návěsy



Obrázek 14 Složiště a obslužná komunikace pro kontejnerové návěsy¹⁷

Nevýhodou jeřábového modulu s kolnými složišti k jeřábové dráze je nutnost pojezdu jeřábu při manipulaci s kontejnerem. Kontejner se musí uložit nebo vyzvednout pro naložení na pozici, která může být vzdálenější od složiště. Jeřáb pak k místu přejíždí, což představuje ztrátu času. V případě, že by bylo složiště podélné, najede na potřebnou pozici tahač, a tak jeřáb může dále manipulovat a ke kontejneru najíždí tahač. V porovnání s kolnými překladači je pojezd jeřábu méně problematický, přejíždějící stroj s břemenem představuje riziko pro ostatní stroje, tahače na manipulační ploše a pro samotnou plochu. Stroj společně s převáženým kontejnerem představuje několik desítek tun zátěže pro plochu i pro gummy stroje. Z těchto důvodů je pojezd jeřábu méně komplikovaný, ale pouze za předpokladu že nepřekračuje hranici svého svěřeného území. Pokud je nutné převážet kontejner přes větší část jeřábové dráhy, omezuje přejíždějící jeřáb ostatní jeřáby a snižuje koeficient provozní schopnosti. Tento koeficient představuje časové výpadky stroje z provozu.

Provozní výkon jednoho stroje vypočteme pomocí vzorce:

¹⁷ Zdroj autor, terminál Metrans Česká Třebová

$$P_v^{kp} = 3600 \cdot \frac{n_{kc}}{t_c} \cdot k_{vc} \cdot k_{pr} \cdot k_{ps} \quad [TEU/hod] \quad (2)$$

kde n_{kc} počet přeložených kontejnerů v jednom cyklu [TEU],

t_c teoretická doba trvání jednoho pracovního cyklu [s],

k_{vc} koeficient využití teoretické doby cyklu [-],

k_{pr} koeficient doby překládky [-],

k_{ps} koeficient provozní schopnosti [-].

N_{kc} je v případě vnitrozemských terminálů vždy jedna, protože jeřáby i kolové překladače manipulují pouze s jedním kontejnerem. Na vnitrozemských terminálech nenajdeme systém twinlift spreadrů. Obdobou tohoto systému je možnost vzít dva kontejnery u kolových překladačů prázdných kontejnerů, ale jeřáb zatím něco podobného nemá.

K_{vc} tento ukazatel představuje produktivitu práce stroje v rámci jednoho pracovního cyklu. Společnost může efektivitu zvyšovat zapojením informačního systému do procesu řízení a plánování chodu terminálu.

K_{ps} skrývá čas kdy stroj je mimo provoz z důvodu střídání obsluh nebo údržby. Údržba stroje dle návodu výrobce zajišťuje stroje v chodu, ale u jeřábů není možné udržovat provozní zálohu. Provozní zálohou je stroj, který nasadím v okamžiku poruchy nebo odstavení na provedení údržby. U jeřábu za několik desítek miliónů není ekonomicky ani provozně možné takový jeřáb mít. Proto bude číslo u jeřábového modulu o trochu nižší než u strojového modulu.

K_{pr} na rozdíl od předchozího koeficientu představuje čas, kdy jeřáb čeká na přistavení soupravy nebo tahačů, na které má manipulovat. Přísun práce by měl být plánovaný tak, aby koeficient byl co nejbližší 1. Provozní situace nikdy nebude ideální a vlaky budou vždy dojíždět s nějakým drobným zpožděním. Omezení prostojů pak řeší průjezdnost terminálu nebo odstavné koleje, kam je možné dát hotové vlaky a pokračovat v práci na dalších. Průjezdnost terminálu umožní přistavení a odjezd soupravy ihned bez nutnosti vlak manipulovat nezávislou trakcí do a z terminálu. Pokud by byl terminál vybavený zařízením pro provedení zkoušky brzdy, urychlí se dále odbavení vlaku na odjezdu.

T_c je doba potřebná pro provedení jedné manipulace sledovaným strojem. V případě jeřábu sledujeme spuštění a vytažení spreadru, uchopení kontejneru, naložení a uvolnění

kontejneru a samozřejmě pojezd jeřábu. Při pojezdu celého jeřábu může jeřábník aktivovat pojezd kočky a dostat se do pozice na správnou řadu kontejnerů. Pojezd jeřábu jeřáb dopraví do správného bloku, i zde se projevuje automatizace a obsluha u nových jeřábů má možnost využít funkce auto pos. Auto pos, což je funkce jeřábů Kunz, dopraví jeřáb nad požadovaný kontejner za pomoci zaměření terminálu pomocí GPS sama. Jeřábník pouze spustí a vytáhne spreader a zachytí a uvolní kontejner. Zjištěná doba, která je uvedena v tabulce 2, je teoretická, protože v praxi je podstatný rozdíl ve zkušenosti a zručnosti obsluhy, nakládce na vagon a kontejnerový návěs a samozřejmě také přírodních podmínkách. Výsledný naměřený čas na jeřábu Künz v České Třebové uvádím v tabulce 4 níže.

Tabulka 4 Naměřené technologické časy jednotlivých operací portálového jeřábu¹⁸

Činnost	Vzdálenost [m]	Čas [s]
spuštění spreadru		21
nabrání kontejneru	-	25
zvednutí kontejneru/spreadru		37
pojezd celého jeřábu	100	72
spuštění spreadru		35
uvolnění kontejneru	-	1
vytažení spreadru		30
pojezd celého jeřábu	100	72
celkový čas jedné manipulace		191

Teoretická doba překládky byla naměřena na terminále METRANS v České Třebové a je $T_c = 191$ sekund. Po dosazení do vzorce $K_{vc}=0,9$, $K_{ps}=0,9$, $K_{pr}=0,95$, $N_{kc}=1$ nám vyjde:

$$P_v^{kp} = 3600 \cdot \frac{1}{191} \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,95 [TEU/hod]$$

$$P_v^{kp} = 14,5 [TEU/hod]$$

Pro zjištění kapacity terminálu použijeme dále denní propustnost polohy p_{dp}^{kp} . Tento údaj nám ukáže, jakou teoretickou kapacitu má jeden ze strojů v modulu. Kapacita polohy se vypočte z provozního výkonu jednoho stroje P_v^{kp} , pracovní doby (provozní doby) strojů t_p a koeficientu časového využití při odbavování vlaku k_{vp} . Získaný údaj je pak uváděn v TEU/den.

$$p_{dp}^{kp} = P_v^{kp} \cdot t_p \cdot k_{vp} [TEU/den] \quad (3)$$

¹⁸ Zdroj autor, terminál Metrans Česká Třebová

Doba provozu terminálu nonstop, tedy běh strojů 24 hodin a $k_{vp} = 0,9$, protože musíme počítat se střídáním a odstávkami.

$$p_{dp}^{kp} = 14,5 \cdot 24 \cdot 0,9 [TEU/den]$$

$$p_{dp}^{kp} = 313,2 [TEU/den]$$

Pokud pak získaný hodnotu p_{dp}^{kp} vynásobím počtem nasazených jeřábů, získám počet teoreticky přeložených TEU za jeden den. Celkový počet přeložených TEU se skrývá pod Q_d a n_{kt} je údaj o počtu strojů nasazených v modulu. -

$$Q_d = p_{dp}^{kp} \cdot n_{kt} [TEU/den] \quad (4)$$

$$Q_d = 313,2 \cdot 3 [TEU/den] = 939,6 [TEU/den]$$

Pro výpočet teoretické překládkové kapacity budeme muset zohlednit i podíl přímé nepřímé překládky. Pro provoz terminálu by bylo ideální, pokud by se kontejnery ihned překládaly na jiné železniční vagony nebo kontejnerové návěsy. Bohužel počet přivážených kontejnerů by vyžadoval takovou koordinaci a kapacitu, že to provozně není možné zajistit. Navíc zákazníci mají svojí představu o tom, kdy se k nim má kontejner přistavit a naopak rejdari mají svůj termín, na který musí být kontejner přistaven v přístavu. U kontejnerů směřujících do České republiky zase ovlivňují zpoždění lodí to, jak se k nám kontejner dostane a pak musí dojít ke spojení požadavku zákazníka (kapacita jeho skladu) a celních formalit. Při plánování modulu musí provozovatel počítat s dostatečnou kapacitou na dočasné uskladnění kontejneru a zohlednit tuto skutečnost při plánování teoretické překládkové kapacity terminálu. Ta by nám určila počty potřebných manipulačních prostředků.

Jako první si vypočteme počet přeložených TEU v nepřímé překládce, kdy Q_n je počet přeložených TEU, t_n navigační období a k_n koeficient nerovnoměrnosti přísunu kontejnerů. Navigační období nastavíme podle terminálů společnosti METRANS na 360 dní a koeficient nerovnoměrnosti je odhadem 1,2. Cílem je rovnoměrné vytížení terminálu a pravidelné příjezdy dle slotového systému na odbavení zásilek.

$$Q_n = \frac{Q_d \cdot t_n}{k_n} [TEU/rok] \quad (5)$$

$$Q_n = \frac{939,6 \cdot 360}{1,2} [TEU/rok] = 281\,880 [TEU/rok]$$

Údaj Q_n spíše odpovídá počtu přeložených kontejnerů než přeložených TEU, protože manipulační technice je jedno zda převáží 20' kontejner nebo 40' kontejner. Podíl 40' kontejnerů je vyšší a představuje cca 60% přepravovaných kontejnerů. Proto bychom měli vynásobit Q_n číslem 1,6, abychom dostali reálnější odhad TEU přeložených na terminále. Zároveň očištění od kontejnerů v nepřímé překládce není žádoucí, protože jde stále o kontejnery, které musí terminál pro své zákazníky ve standardním provozu přeložit a zpracovat. Například v rámci sítě terminálů společnosti METRANS dochází optimalizaci překládkových kapacit vhodným plánováním zátěže na vlaky, tak aby kontejnery nemuseli být překládány a pouze terminálem projely.

3.2 Modulové řešení s kolovými překladači

Na rozdíl od portálových jeřábů a RTG kolové překladače nejedí po speciální dráze nebo koleji a pohybují se po ploše terminálu. Plocha, ale musí svojí únosností odpovídat vlastní váze kolového překladače a to i s případným převáženým břemenem. Kolový překladač se tedy pohybuje po stejné ploše jako tahače s kontejnerovými návěsy a další manipulační technika. Na terminálech se pak můžeme setkávat s různými typy kolových překladačů. Proto se můžeme setkat s kolovými překladači na podobném základu, jako je paletový vozík nebo naopak s velkými stroji vybavenými teleskopickým hydraulickým ramenem. Překladače jsou pak stavěny pro přepravu prázdných nebo ložených kontejnerů. Na rozdíl od jeřábů tedy máme několik variant, které se věnují konkrétním úkolům a mají určité specifikace. Stroje i vzhledem ke svým vlastnostem spíše fungují jako doplněk terminálu vybaveného jeřáby pro odlehčení a zvýšení překládkové kapacity terminálu. Kolové překladače pro prázdné kontejnery najdeme na depu, kde manipulují s kontejnery na kontejnerové návěsy nebo je najdeme v opravnách kontejnerů při manipulacích mezi opravou kontejnerů a depem. Překladač pro prázdné kontejnery není tak masivní a jeho vlastní hmotnost je nižší. Důvod pro nižší hmotnost a menší rozměr je hmotnost přepravovaného břemene. Podle typu dokáže dát na sebe i víc jak 4 vrstvy prázdných kontejnerů, když čelní nebo vidlicové kontejnery operují do 4 vrstev a stroje vybavené ramenem nebo manipulátory se mohou dostat i na 9 vrstev kontejnerů na sebe. Přičemž snahou výrobců je nabízet stroje s co nejnižšími provozními náklady. A právě zde mají stroje

vybavené ramenem nevýhodu. Na kontejnerových terminálech najdeme stroje od výrobce CVS Ferrari, Hyster, Kalmar nebo Liebherr.

Na obrázku 15 je vidět CVS Ferrari 465 při manipulaci 40 HC do bloku.



Obrázek 15 Ferrari typ 465 při manipulaci¹⁹

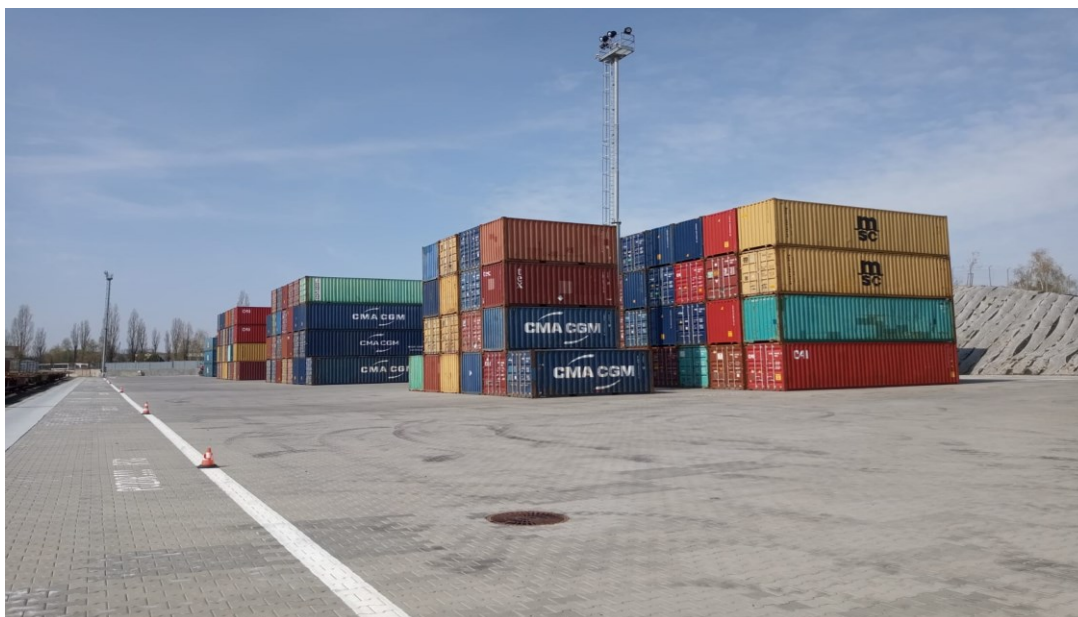
Ložené kontejnery zvyšují nároky na překladač, takže dochází k zvyšování vlastní váhy překladače a překladače ložených kontejnerů mají také robustnější stavbu. Důvodem je manipulovaná váha, která musí být při zvednutí vyvážena vlastní vahou stroje. Překladače dokáží manipulovat v první řadě, druhé i třetí řadě za sebou uložených kontejnerů. Proto je možné umístit vedle sebe dvě koleje s přístupem pouze z jedné strany. Pokud by terminál zvolil takové řešení, musí pořídit větší stroj, který umožňuje nakládat i vyšší váhy v druhé řadě. Případně tento faktor zohlednit při plánování nakládky a vykládky vlaků. Manipulace kontejneru v druhé a další řadě totiž představuje riziko pro překladač v podobě případného převrácení. Z tohoto důvodu musí být stroj masivnější a s dostatečnou vlastní zátěží. Jako podporu mají proto některé stroje výsuvné „packy“ jako klasické jeřáby, které tak zvýší stabilitu stroje i nosnost pro manipulaci v druhé řadě. Při manipulaci na hranici maximálních nosností kontejnerů se může jednat o 32 tun a u atypických kontejnerů i o váhy přes 32 tun. Toto pak prodlužuje manipulaci s kontejnerem a snižuje kapacitu stroje pro překládku

¹⁹ Zdroj autor, terminál Metrans v Ostravě Šenov

kontejnerů za hodinu. Vysunutí „pacek“ stojí čas a manipulace přes další kontejner jsou komplikované. Výrobci sice nabízejí možnost pořízení dálkového ovládní, ale při jeho použití musí řidič překladače vystoupit a jít k nakládanému železničnímu vagónu což opět představuje ztrátu času. Proto modul bude mít spíše méně kolejí, které využijí rychlost stroje při manipulaci a pojezdu. Komplikovanější manipulace v druhé řadě nepřinese takové úspory, a pokud již budu mít čtyři koleje vedle sebe s přístupem na dvě z každé strany, bylo by lepší uvažovat o pořízení jeřábu.

Kolový překladač má několik omezení, která určují to, jak případný modul bude vypadat. Na rozdíl od jeřábu potřebuje stroj manipulační plochu, tak aby přijel k vagónům nebo kontejnerovým návěsům. Pro manipulaci a pojezd s břemenem potřebují uličku o rozměru 15 metrů. Plocha pro uložení a pojezd musí být z větší části stejná, to znamená zpevněná. Náklady na zpevnění plochy pro kolové překladače není zanedbatelná a výrazně zvýší cenu modulu. Požadavek na plochu je na rozdíl od jeřábu daný vlastnostmi stroje, který při manipulaci musí najet přímo ke kontejneru. Jeřáb ke kontejneru sice najede také celý, ale opěrným bodem jsou dvě kolejnice. Takže při výstavbě stačí mít zpevněné pouze pasy pro rohové prvky kontejnerů a ostatní plocha může být pouze zem. Na rozdíl od toho plocha modulu postaveného na kolových překladačích bude z velké části zpevněna celá, tak aby překladač dojel skoro ke kontejneru. Navíc využitou plochu musím odvodnit a zajistit vsakování vody, která se hromadí na ploše terminálu. V některých zemích při tom musím respektovat opatření pro ekologii a znečištění z provozu překladačů. Tato opatření pak zase prodražují výstavbu modulu a provoz terminálu.

Na obrázku 16 je možné vidět ukázkou této plochy na kontejnerovém terminále.



Obrázek 16 Ukázka zpevněné plochy pro kolové překladače²⁰

Kolové překladače se vyrábějí v několika provedeních, pro manipulaci ložených se v České republice používají stroje s teleskopickým výložníkem, který manipuluje s kontejnery uloženými před ním. Další varianty vychází z vysokozdvizných vozíků a nákladné teleskopické výložníky nahrazuje jednodušší věží. Tato věž pak může být opět v několika provedeních a to se spreadem pro boční a horní uchopení nebo s vidlemi. Klasické horní uchopení kontejneru do všech čtyř rohových prvků je určeno pro ložené kontejnery. U většiny standartních 20' stopých kontejnerů najdeme na spodním rámu otvory pro vidle a tyto otvory se objevují i na některých 40' stopých kontejnerech. Kolové překladače mohou být vybaveny packami pro vyvážení kontejneru pro jeho manipulaci do druhé řady nebo na druhou kolej nebo dálkovým ovládním, ale v mém sledovaném případě byl použit klasický kolový překladač CVS Ferrari RS1.

Hlavní výhodou kolového překladače je možnost přijet přímo ke kontejneru, díky tomu dokáže pomocí vyrovnávacího systému na spreadru zmanipulovat i špatně naložené (jednostranně přetížené) kontejnery. Má vyšší nosnost jak jeřáby a dokáže si poradit se všemi typy kontejnerů, výměnných nástaveb a silničních intermodálních návěsů. Nevýhodou je způsob ukládání kontejnerů a větší nároky na manipulační prostor. Pro těžké kolové překladače je důležité mít vhodnou skladbu plochy, která si dokáže poradit s váhou stroje i váhou přepravovaného břemene, ale síly působící při manipulaci a pojezdu stroje se na ploše v dlouhodobém používání stejně projeví.

²⁰ Zdroj autor, terminál Metrans Ostrava Šenov

Naměřený čas manipulace je níže v tabulce 5.

Tabulka 5 Naměřené technologické časy jednotlivých operací portálového jeřábu²¹

Činnost	Vzdálenost [m]	Čas [s]
spuštění spreadru		20
nabrání kontejneru		40
zvednutí kontejneru/spreadru		25
přejezd stroje	100	35
spuštění spreadru		20
uvolnění kontejneru		40
vytažení spreadru		20
přejezd stroje	100	35
celkový čas jedné manipulace		235

Teoretická doba překládky byla naměřena na terminále METRANS v Praze Uhříněvsi se strojem CVS Ferrari RS1 a je $T_c = 235$ sekund. Pro dosazení do vzorce jen upravím koeficient K_{ps} , protože efektivita stroje je trochu vyšší než u jeřábu. Stroj je pro případné prohlídky vždy odstaven a obsluhu zajišťuje provozní rezerva. Takže pro vzorec použiji $K_{vc}=0,9$, $K_{ps}=0,95$, $K_{pr}=0,95$, $N_{kc}=1$.

$$P_v^{kp} = 3600 \cdot \frac{n_{kc}}{t_c} \cdot k_{vc} \cdot k_{pr} \cdot k_{ps} [TEU/hod] \quad (2)$$

$$P_v^{kp} = 3600 \cdot \frac{1}{235} \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,95 [TEU/hod]$$

$$P_v^{kp} = 12,4 [TEU/hod]$$

Pro zjištění kapacity terminálu opět použijeme denní propustnost polohy p_{dp}^{kp} . Kapacita polohy se vypočte z provozního výkonu jednoho stroje P_v^{kp} , pracovní doby (provozní doby) strojů t_p a koeficientu časového využití při odbavování vlaku k_{vp} . Získaný údaj je pak uváděn v TEU/den. Terminál běží nonstop (24/7) a k_{vp} si položíme rovnu 0,87, protože výpadky kvůli střídání a odstávkám jsou u jeřábů a strojů identické. Sice stroje mají provozní rezervu, ale na rozdíl od jeřábů musí pravidelně tankovat. Tento čas se tedy projeví v nižším koeficientu.

²¹ Zdroj autor, terminál Metrans Praha Uhříněves

$$p_{dp}^{kp} = P_v^{kp} \cdot t_p \cdot k_{vp} [TEU/den] \quad (3)$$

$$p_{dp}^{kp} = 12,4 \cdot 24 \cdot 0,87 [TEU/den]$$

$$p_{dp}^{kp} = 258,9 [TEU/den]$$

Celkový počet přeložených TEU (Q_d) lze u strojového modulu ovlivnit počtem nasazených strojů, protože stroje dokážou doplnit snáze než například jeřáby nebo RTG. Hodnotu p_{dp}^{kp} vynásobím pak jednoduše počtem nasazených strojů. V modulu budu uvažovat se 4 stroji.

$$Q_d = p_{dp}^{kp} \cdot n_{kt} [TEU/den] \quad (4)$$

$$Q_d = 258,9 \cdot 4 [TEU/den] = 1035,6 [TEU/den]$$

Pro výpočet překládkové kapacity strojového terminálu, platí obdobné předpoklady jako pro terminál jeřábový. Protože zákazníci a kontejnery nerozlišují manipulační prostředky a drží se stejných postupů a pravidel. Navigační období nastavíme podle terminálů společnosti METRANS na 360 dní a koeficient nerovnoměrnosti odhadneme na 1,2. Cílem je rovnoměrné vytížení terminálu a pravidelné příjezdy dle slotového systému na odbavení zásilek.

$$Q_n = \frac{Q_d \cdot t_n}{k_n} [TEU/rok] \quad (5)$$

$$Q_n = \frac{1035,6 \cdot 360}{1,2} [TEU/rok] = 310\,680 [TEU/rok]$$

Údaj Q_n spíše odpovídá počtu přeložených kontejnerů než přeložených TEU, protože manipulační technice je jedno zda převáží 20' kontejner nebo 40' kontejner. Podíl 40' kontejnerů je vyšší a představuje cca 60% přepravovaných kontejnerů. Proto bychom měli vynásobit Q_n číslem 1,6, abychom dostali reálnější odhad TEU přeložených na terminále.

3.3 Porovnáání variant

V této kapitole se autor bude věnovat porovnání jednotlivých variant a jejich náročnosti. Aby bylo možné varianty porovnat, musíme vypočítat plochu, kterou modul zabere. K výpočtu plochy složiště U_l použijeme vzorec:

$$U_l = \frac{Q_{np} \cdot k_n \cdot t_s \cdot S_k}{t_n \cdot p_v} [m^2] \quad (6)$$

kde: $Q_{np} = Q_c$ počet přeložených kontejnerů

t_n navigační období = 360 dní

k_n koeficient nerovnoměrnosti přísunu nákladu = 1,2

p_v počet vrstev, ve kterých se stohují kontejnery (překladače 4, jeřáby 3)

S_k plocha 20' kontejneru = 17,4

t_s doba skladování kontejneru = 5 dní

Po dosazení je plocha složiště:

$$U_l = \frac{486000 \cdot 1,2 \cdot 17,4 \cdot 5}{360 \cdot 3} = 46980 [m^2]$$

Pro modul s překladači je nutné ještě vzorec doplnit o manipulační uličku. U modulu s kolovými překladači nebudeme počítat variantu pro ukládání kontejnerů do 4 vrstvy. Ukládání kontejnerů do 4 vrstvy není možné u všech kontejnerů, protože jak již bylo v předchozích kapitolách zmíněno, u importních kontejnerů jsou požadavky dodávány se zpožděním. To pro terminál znamená hrabání, protože kontejnery nemohou být ukládány dle data odjezdu a je nutné je „vyhrabat“. Každý provozovatel terminálu se snaží uvolňovací manipulace minimalizovat, takže 4 vrstva nejde použít plošně. 4 nebo 5 vrstev bychom využili u exportních kontejnerů, které se většinou ukládají do bloku dle odjezdového vlaku. Proto pro další výpočet použijeme U_l se třemi vrstvami. Plochu včetně manipulačních uliček vypočteme pomocí vzorce:

$$F_{ul} = P_{mu} \cdot d \cdot S_{mu} + U_l [m^2] \quad (7)$$

kde: F_{ul} celková plocha složiště

P_{mu} počet manipulačních uliček

d délka překládkové koleje

S_{mu} šířka manipulační uličky

Po dosazení je celková plocha složiště:

$$F_{ul} = 3.700.15 + 46980 = 78480[m^2]$$

U jeřabového modulu bychom měli započíst přístupovou komunikaci pro kontejnerové návěsy, kterou se dostanou na složiště. Její plochu vypočteme stejně, jako manipulační uličku jen její šířka bude cca 9 metrů.

$$F_{ul} = 700.9 + 46980 = 56280[m^2]$$

Pokud porovnáme moduly z technologického hlediska, tak modul s jeřáby musí zvládnout manipulace všech kontejnerů. I prázdné kontejnery jsou nakládány na vagony jeřáby, protože kolové překladače nemají přístup ke kolejím. Řešením je zavedení koleje do depa a přímá nakládka tam. U modulu s jeřáby lze využít výhod zatrolejovaného průjezdného modulu, kterými jsou rychlé a přímé přistavení souprav a omezení zbytečných prostojů. U modulu s kolovými překladači může dojít k rozdělení úkolů mezi stroje z depa a stroje od překládky vlaků a ložených kontejnerů na tahače. Takže část prázdných kontejnerů na vlaky převezmou stroje z depa a tím se zvedne výkon „těžkých“ strojů. Modul s velkou pravděpodobností nebude průjezdný a také zatrolejovaný. To s sebou přináší zbytečné prostoje a čekání na výměnu souprav. Alternativou je zatrolejování hlavního zhlaví, ale pak musí stroje objíždět kolejiště pouze z jedné strany a připravují se o drahocenný čas popojížděním. S ohledem na časovou úsporu při přistavení ucelené soupravy traťovým hnacím vozidlem a omezení čekání jde o alternativu, která má své opodstatnění. V obou případech ale počítáme s úplným nebo částečným uskladněním prázdných kontejnerů mimo složiště na depu.

Plocha $46980[m^2]$ by měla být dostatečná pro uložení cca 8100 TEU. Porovnání variant najdeme v tabulce 6 níže.

Tabulka 6 Porovnání návrhů z technologického hlediska²²

varianta	kolej (m)	technika	plocha složiště (m ²)	roční překládková kapacita
modul kolové překladače	3x700	4x kolový překladač	78480	497088
modul jeřáb	6x700	3xjeřáb	56280	451008

²² Zdroj: Autor

Z ekonomického hlediska musíme rozlišit náklady na pořízení techniky, náklady na kolejiště a náklady na plochu. Pokud začneme náklady na plochu, tak řešíme zpevnění celé plochy pro kolové překladače a části pro jeřáby. Dražší je samozřejmě verze zpevnění celé plochy pro kolové překladače. Toto si ukážeme v tabulce 7. Zpevnění plochy lze provést pomocí zámkové dlažby, betonu nebo asfaltu. Pro potřeby terminálu je asfaltová plocha nejméně vhodná. Nejenom kvůli svým nákladům, ale hlavně kvůli svým vlastnostem. Letní období horka se na ploše nepříznivě projevují a ukládání kontejnerů zanechává pod rohovými prvky stopy. Zpevnění plochy betonem je další alternativou, ale pro její náklady a omezené možnosti opravy je tato varianta také méně vhodná. Řešení pokládky zámkové dlažby je z pohledu nákladů střední cenovou variantou a provozně s ohledem na opravy nejvýhodnější. Cena m² asfaltu je přibližně 2500 Kč, cena betonové plochy je 5500 Kč za m² a cena zámkové dlažby je 3000 m². V tabulce 7 jsou varianty nákladů za zpevněné plochy.

Tabulka 7 Orientační náklady na zpevněné plochy²³

modul	Plocha (m ²)	plocha asfalt	plocha beton	plocha dlažba
jeřábový – pouze manipulační cesta 700m	56280	15 750 000 Kč	34 650 000 Kč	18 900 000 Kč
kolové překladače	78480	196 200 000 Kč	431 640 000 Kč	235 440 000 Kč
kolové překladače 2/3 plocha 1/3 pasy	51796	129 490 000 Kč	284 878 000 Kč	155 388 000 Kč

Abychom minimalizovali náklady na plochu, je vhodné uložení kontejnerů naplánovat tak, aby část plochy byla pojízdná a část byla tvořena pasy s vsakováním. Tímto způsobem minimalizují náklady. Při plánování rozložení pasů je důležité ujasnit si, jakým způsobem se rozvrhnou bloky, tak abych využil optimálně kombinaci zpevněné plochy a plochy s pasy. Pas pro uložení kontejnerů bychom například dělali po délce kolejiště 700 m, šířka pasu 1 m a hloubka pasu 1 m. Cena za m³ betonu je přibližně 3000 Kč. Náklady na zhotovení jednoho pasu jsou 4 200 000 Kč, když bude pro jeřábový terminál třeba minimálně 6 pasů.

U jeřábového modulu je využití zámkové dlažby pro zpevnění celé plochy úplně zbytečné. Zpevněná je pouze plocha pro výměnu beden mezi jeřáby a kolovými překladači, které obsluhují depo, opravnu kontejnerů a plochu po které jezdí kontejnerové návěsy. Pro terminál je důležité šetřit místo, takže plocha pro tahače je minimální a plocha pro jejich

²³ Zdroj: Autor

parkování je také omezená. Tahače by na obou modulech měly po odbavení okamžitě odjíždět a na terminále čekají pouze po dobu nezbytně nutnou pro překládku. Plocha pod jeřábem je tedy tvořena výhradně betonovými pasy, na které se ukládají kontejnery.

Kromě nákladů na zpevněnou plochu najdeme v tabulce 8 níže i náklady na vybudování kolejiště. Kolejiště se skládá ze železničního svršku a spodku. Pro odlišení nákladů na průjezdný a koncový terminál doplníme do tabulky i náklady na výhybky a na trakční vedení. Pro výpočet nákladů na vybudování kolejiště použijeme cenu za kilometr, u trakčního vedení za metr a u výhybky je cena za kus. Autor se dále nebude zabývat náklady na zabezpečovací zařízení a na zbudování odstavných, vjezdových a odjezdových kolejí. Zabezpečovací zařízení zajišťuje bezpečný a plynulý železniční provoz vlečky. Odstavné, vjezdové a výjezdové koleje vycházejí z prostorových dispozic, potřeb provozovatele a napojení na stávající železniční síť. Podle umístění modulu terminálu může jít o pár metrů, ale také třeba kilometr.

Tabulka 8 Orientační náklady na železniční infrastrukturu²⁴

Typ modulu	vybavení	cena za kus/(m)	cena
průjezdný modul	překládková kolej 6x1000 m	20 000 000 Kč	120 000 000 Kč
	10 x výhybka	4 000 000 Kč	40 000 000 Kč
	trakční vedení zhlaví 300m	300 000 Kč	90 000 000 Kč
	celkem		250 000 000 Kč
koncový modul	překládková kolej 6x1000 m	20 000 000 Kč	120 000 000 Kč
	5xvýhybka	4 000 000 Kč	20 000 000 Kč
	celkem		140 000 000 Kč
koncový modul s trakčním vedením	překládková kolej 6x1000 m	20 000 000 Kč	120 000 000 Kč
	5 x výhybka	4 000 000 Kč	20 000 000 Kč
	trakční vedení zhlaví 150m	300 000 Kč	45 000 000 Kč
	celkem		185 000 000 Kč
modul kolové překladače			
	překládková kolej 3x1000 m	20 000 000 Kč	60 000 000 Kč
	3xvýhybka	4 000 000 Kč	12 000 000 Kč
	celkem		72 000 000 Kč

Nejdražší verzí je průjezdný modul se zatrolejovanými zhlavími. Tento modul provozovateli terminálu umožňuje zrychlit odbavení vlaků zajištěním traťové lokomotivy

²⁴ Zdroj: Autor

přímo do terminálu, čímž si zvyšuje kapacitu pro odbavení zásilek a snižuje prostoje manipulační techniky.

Náklady na manipulační techniku jsou poslední položkou rozpočtu. Případný investor řeší výběr z variant kolové překladače nebo jeřáby. Kolové překladače mají životnost do 20 000 motohodin, po této metě již dochází k nárůstu problémů a potenciálních oprav. Po hranici 20 000 motohodin již jde o opravy či spíš výměny motorů a toto je nákladná oprava. Zároveň dochází k opotřebování hydraulických částí, hlavně pak ramene, které nese největší zátěž společně s rámem stroje. Naopak jeřáby značky Kunz mají od výrobce garantovanou životnost 30 let a provozovatele terminálu bude spíš omezovat ukončení výroby některých náhradních dílů (karty, switche). Životnost jeřábu se počítá na cykly a například výrobce spreadru Elme dává garanci 2 000 000 cyklů na svůj výrobek. Navíc u jeřábů dochází k nahrazování hydraulických spreadrů za elektromechanické. Toto opatření opět prodlužuje životnost stroje a snižuje náklady. V tabulce 9 uvádím náklady na jednotlivé moduly a přidávám alternativu se záměnou za RTG.

Tabulka 9 Orientační náklady na manipulační techniku²⁵

	potřebný počet strojů	cena za kus	celkové náklady
modul jeřáby	3 jeřáby	100 000 000 Kč	300 000 000 Kč
modul stroje	4+2 strojů	9 000 000 Kč	54 000 000 Kč
modul RTG	3 RTG	60 000 000 Kč	180 000 000 Kč
depo - lehký stroj		7 000 000 Kč	

Při kalkulaci nákladů na zpevněné plochy, kolejiště a manipulační techniku autor používá orientačních cen, které při vyjednávání o nákupu či zadání zakázky mohou být nižší s ohledem na vyjednání slev. Kalkulaci na jednotlivý modul je možné dát dohromady z jednotlivých částí:

- nákladů na zpevněné plochy pro modul,
- nákladů na železniční infrastrukturu,
- nákladů na manipulační techniku.

Jednotlivé moduly si musí investor vybrat dle odhadovaného vytížení a plánovaného rozvoje terminálu kombinované přepravy.

²⁵ Zdroj: Autor

ZÁVĚR

V diplomové práci autor analyzoval modulové řešení terminálu kombinované přepravy a zaměřil se na aspekty modulového uspořádání. Technologické, technické a ekonomické aspekty modulového uspořádání ovlivňují rozhodování investorů a provozovatelů terminálu kombinované přepravy při plánování rozšíření nebo stavby terminálu.

V první kapitole autor analyzoval kombinovanou přepravu, přepravní jednotky a to, jak by měl vypadat a jaké úkoly by měl plnit terminál kombinované přepravy. Rozdílné vlastnosti jednotlivých přepravních jednotek mají vliv na plánování vybavení a uspořádání terminálu kombinované přepravy. Ve druhé kapitole autor rozebral aspekty modulového uspořádání terminálu kombinované přepravy. Technologické aspekty ovlivňují vzhled terminálu, jeho napojení na silniční a železniční síť. Kromě toho mají i vliv na prostorové uspořádání. Technické aspekty zahrnují vybavení terminálu vhodnou manipulační technikou, výpočetní technikou a jsou zásadní pro provoz a plynulý chod terminálu. Ekonomické aspekty představují finanční hodnocení chodu a efektivity terminálu, přičemž v rámci ekonomických aspektů sledujeme různé ukazatele, které nám toto umožňují.

Ve třetí kapitole autor rozebral kapacitu terminálu a jednotlivých modulů, při použití konkrétní manipulační techniky. Ve třetí podkapitole provedl srovnání jednotlivých variant a finančních nákladů na jejich vybudování.

Dle názoru autora jsou nejefektivnější a nejvýkonnější moduly s portálovými jeřáby. Náklady na jejich pořízení se vrací jejich dlouhou životností a nízkými náklady na provoz. Efektivitu tohoto řešení ještě zvýrazní náklady na složiště. Jednoduché řešení s pasy snižuje výrazně náklady v porovnání s plochou pro kolové překladače z dlažby či betonu. Pro potřeby terminálu kombinované přepravy není asfaltová plocha praktická a vhodná.

Modul s portálovými jeřáby, ale není vhodný pro všechny terminály a je třeba mít dostatečné vytížení, aby se náklady na pořízení (investici) vrátili. Řešení s portálovými jeřáby se proto v České republice objevuje hlavně u velkých terminálů. Menší terminály využívají pro svůj provoz kolových překladačů.

Výhodou terminálů s kolovými překladači je jejich rychlost a operativní možnost využití na celém terminále. Nevýhodou jsou náklady na plochu, které představují větší část nákladů. Kolejistiště modulu s kolovými překladači není rozsáhlé, protože manipulace přes

kolej je časově náročná a omezená maximální nosností pro druhou řádu u překladače. Modul s kolovými překladači může v rámci rozvoje terminálu fungovat jako mezistupeň mezi etapami. Modul kolových překladačů může být v druhé fázi rozvoje nahrazen modulem s jeřáby nebo modulem s RTG.

Modul s kolovými překladači má své využití u menších koncových terminálů a jako mezistupeň vývoje hlavního terminálu při rozvoji z jednoho na dva moduly. Při naplnění kapacity doplňkového modulu se terminál rozšiřuje o modul s portálovými jeřáby nebo jejich alternativou RTG.

POUŽITÁ LITERATURA

1. NOVÁK, Jaroslav, Václav CEMPÍREK, Ivan NOVÁK a Jaromír ŠIROKÝ. *Kombinovaná přeprava*. Vydání: páté rozšířené. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2015. ISBN 978-80-7395-948-7.
2. ŠIROKÝ, Jaromír. *Progresivní systémy v kombinované přepravě: studijní opora*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-582-3.
3. KOLÁŘ, Petr. *Intermodální přeprava se zvláštním zřetelom na její organizaci a řízení*. Praha: Wolters Kluwer, 2019. ISBN 978-80-7598-415-9.
4. Intermodal- & Barge Cranes. *www.kuenz.com* [online]. [cit. 2020-01-19]. Dostupné z: <https://www.kuenz.com/industries/container-handling/intermodal-barge-cranes/>
5. Kalmar hybrid RTG. *www.kalmarglobal.com* [online]. [cit. 2020-01-19]. Dostupné z: <https://www.kalmarglobal.com/equipment/rtg-cranes/hybrid-rtg/>
6. RODRIGUE, Jean-Paul. (2011). *Intermodal Terminals, Mega Ports and Mega Logistics. Engineering Earth: The Impacts of Megaengineering Projects*. 10.1007/978-90-481-9920-4_49.
7. Kalmar Heavy Terminal Tractors. *www.kalmarglobal.com* [online]. [cit. 2020-01-19]. Dostupné z: https://www.kalmarglobal.com/equipment/terminal-tractors_new/TR618i TT618i Heavy Terminal Tractor/
8. Catalogue-CVS-F500. *www.cvsferrari.it* [online]. [cit. 2020-01-19]. Dostupné z: https://www.cvsferrari.it/web/wp-content/uploads/2019/06/catalogue-CVS-F500_0619.pdf
9. Metrans. Interní materiály společnosti. [cit. 2020-01-19].
10. JOHÁNEK, Tomáš. Další rozvoj KD omezují úzká hrdla na železniční síti. *Dopravní noviny* [online]. [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.dnoviny.cz/kombinovana-doprava/dalsi-rozvoj-kd-omezuji-uzka-hrdla-na-zeleznicni-siti>
11. Technické normy a sny o sjednocené Evropské železniční síti. *Www.koridory.cz* [online]. [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.koridory.cz/technicke-normy-a-historie-sjednocene-evropske-zeleznicni-site/>

12. 16-types-of-container-units-and-designs-for-shipping-cargo. *Www.marineinsight.com* [online]. [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/know-more/16-types-of-container-units-and-designs-for-shipping-cargo/>
13. Popis systému Innofreight. *Www.cd cargologistics.cz* [online]. [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <http://www.cd cargologistics.cz/cs/nase-sluzby/system-innofreight/popis-systemu-innofreight>
14. Standard-tank-container. *Peacockcontainer.com* [online]. [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://peacockcontainer.com/standard-tank-container>

PŘÍLOHY

Příloha A – Portálový jeřáb Künz

Příloha B – Kolový překladač Ferrari RS1

Příloha C – Kolový překladač Ferrari RSE

Příloha A – Portálový jeřáb Künz



Vybrané technické parametry

nosnost spreadru	37 tun
rozchod kolejí	40 m
přesah vyložení	19 m
zdvih	12,6 m
max počet kontejnerů uložených na sebe	3 x 9'6"
příkon zdvihu	180 kW
rychlost otočení	1,5 otáčky/min
rychlost zdvihu při plném zatížení	0-18 m/min

Příloha B – Kolový překladač Ferrari RS1



Vybrané technické parametry

vlastní váha	68000 kg
Délka	12 m
výška	4,8 m
šířka	4,185 m
max počet kontejnerů uložených na sebe	6 x 8'6"
nosnost stroje v první řadě	46000 kg
nosnost stroje v druhé řadě	27000 kg
nosnost stroje v třetí řadě	13000 kg
úhel výložníku	0° - 60°

Příloha C – Kolový překladač Ferrari RSE



Vybrané technické parametry

vlastní váha	41700 kg
délka	10,82 m
výška	4,275 m
šířka	4,143 m
max počet kontejnerů uložených na sebe	6 x 8'6"
nosnost stroje v první řadě	12000 kg
nosnost stroje v druhé řadě	10000 kg
nosnost stroje v třetí řadě	5000 kg
úhel výložníku	0° - 65°