

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

JEŘÁBOVÁ DRÁHA MOSTOVÉHO JEŘÁBU
TRAVELLING TRACK OF PORTAL CRANE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ivo PETRÁŠ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Jaroslav KAŠPÁREK

BRNO 2008



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a koncepcí skladové haly a jeřábové dráhy, jejímž cílem je vytvořit venkovní a vnitřní skladovací prostor pokrytý mostovým jeřábem. Dále se zabývá konstrukcí a pevnostním výpočtem jeřábové dráhy a logistickým uspořádáním venkovního prostoru s možností nakládky na kolovou i kolejovou dopravu.

Klíčová slova

skladovací hala, jeřábová dráha, mostový jeřáb

Annotation

This diploma thesis handles with a draft and conception of the warehouse hall and crane track where the main goal is the creation of outside and inside storage space which is covered by the trolley crane. Next point is about construction and stress calculation of the crane track and logistic ordering of the outside space with option of loading on wheel and rail transport.

Key words

warehouse hall, crane track, trolley crane



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

Bibliografická citace mé práce

PETRÁŠ, I. *Jeřábová dráha mostového jeřábu.*

Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 71 s.

Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslav Kašpárek.



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce pána Ing. Jaroslava Kašpárka a s použitím uvedené literatury.

V Brně dne

.....



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

Poděkování

Za účinnou podporu, obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce děkuji vedoucímu diplomové práce, pánu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, a také konzultantu, pánu Ing. Vladimíru Dankovi. Také děkuji svým rodičům za podporu při studiu na Vysokém učení technickém v Brně.

Obsah

Obsah	6
1 Úvod	7
2 Skladová hala	7
2.1 Typ haly a základní popis její konstrukce	7
2.2 Vlastní konstrukce haly	13
3 Jeřábová dráha	16
3.1 Technologické a konstrukční požadavky jeřábové dráhy	16
3.2 Návrh konstrukce jeřábové dráhy	18
3.2.1 Určení zatížení jeřábu na jeřábovou dráhu a ostatních vlivů	19
3.2.2 Jeřábová dráha v hale	26
3.2.2.1 Předběžný návrh velikosti profilu HEA	27
3.2.2.2 Kontrola profilu HEA pomocí programy ANSYS	29
3.2.3 Jeřábová dráha na venkovním prostoru skladu	31
3.2.3.1 Předběžný návrh velikosti profilu HEA	32
3.2.3.2 Kontrola profilu HEA pomocí programu ANSYS	34
3.2.3.3 Úprava sloupů použitých pro venkovní sklad	36
3.2.3.4 Úprava profilu HEA pro vyrovnání výškového rozdílu jeřábové dráhy	38
3.2.3.5 Upevnění profilu HEA 600 pro přenos příčných sil	40
3.2.4 Upevnění profilů HEA k patkám pro jeřábovou dráhu	41
3.2.5 Návrh jeřábové kolejnice a jejího upevnění	42
3.2.6 Úprava profilů HEA 400 a HEA 600 pro konce jeřábové dráhy	46
3.2.7 Konstrukce a upevnění narážek jeřábové dráhy	47
3.3 Revizní plošina	48
3.4 Tolerance a úchytky pro konstrukci jeřábové dráhy	49
3.5 Rektifikace jeřábových drah	52
3.6 Elektroinstalace pro jeřábovou dráhu	53
4 Vlečková kolej a silnice venkovního prostoru	54
4.1 Průjezdny profily	55
4.2 Bezpečnostní značení a šrafování	57
4.3 Bezpečnostní zábradlí nakládací rampy a schodiště	57



5	Další možná konstrukční řešení a návrhy.....	58
5.1	Návrh mostového jeřábu.....	58
5.2	Uzavírání haly.....	58
6	Závěr.....	59
7	Seznam použitých zdrojů.....	60
8	Seznam použitých symbolů a zkratek.....	62
9	Seznam příloh.....	64
10	Přílohy.....	65

1 Úvod

Cílem diplomové práce je vypracovat koncepci skladové haly a jeřábové dráhy. Tato bude zajišťovat skladování i expedici výrobků průmyslového závodu. Skladování bude jak v hale tak i ve venkovních prostorech, kde se bude nacházet vlečková kolej a silnice pro kolejovou a kolovou dopravu zajišťující expedici výrobků. Jeřábová dráha v hale bude umístěna na sloupech jenž jsou přizpůsobeny jejímu upevnění. Pro venkovní část jeřábové dráhy budou sloupy upraveny taky, aby byl vyrovnán terénní výškový rozdíl. Model skladovací haly a venkovního skladu bude vytvořen programem Autodesk Inventor Professional 9. Jeřábová dráha bude navržena pevnostním výpočtem a ověřena výpočtovým programem ANSYS WORKBENCH v.11. Skladovací hala bude hala HARD PJ 8,7 – 18m postavená firmou SEMONT spol. s.r.o.

2 Skladová hala

Dle zadání diplomové práce bude skladová hala otevřená a nezateplená, v II. sněhové oblasti. Otevřením je myšlena část haly kudy bude vyjíždět jeřáb po jeřábové dráze z haly ven a dále bude pokračovat na venkovní skladovací plochu a na stanoviště kolové a kolejové nakládky a vykládky výrobků.

2.1 Typ haly a základní popis její konstrukce

Jelikož je tato diplomová práce tvořena nepřímo pro firmu SEMONT s.r.o, jenž je výrobcem a stavitelem hal typu HARD, bude zvolena z tohoto důvodu pro skladovací halu hala HARD a dále budou použity sloupové prvky haly HARD pro venkovní část skladové plochy.

Haly HARD byly typizované haly dle dřívějších platných zákonů o typizaci stavebních objektů. Byly vyráběny v letech 1976 – 1994 v národním podniku RD JESENÍK. Název HARD vznikl jako zkratka *haly RD* Jeseník.

Haly HARD jsou určeny pro výrobní, skladovací a pomocné objekty různého účelu a využití. Jsou vhodné pro vytápěné i nevytápěné objekty kde vnitřní vlhkost nepřekročí 75%. Jednotlivé prvky soustavy jsou dimenzovány tak, aby snesly zatížení sněhem ve III. nebo i IV. sněhové oblasti dle normy ČSN 73 0035, tj. pro zatížení stavebních konstrukcí sněhem 1,7 kN/m².

Sortiment typové řady hal HARD byl určen tak, aby pokryl požadavky běžných objektů pro výrobu a skladování, v provedení bez jeřábu nebo s mostovým jeřábem o nosnostech 3 200 kg pro menší a až 12 000 kg pro větší haly. Systém umožňoval také provádění vícelodních sestav objektů, pro tyto se vkládala mezi jednotlivé lodě 750 mm široká vložka, která vytvářela místo pro mezistřešní žlab a svody dešťové vody.

Řada rozpětí: 12, 15, 18, 24, (30) m

haly P – bez jeřábů: 4.2, 5.7, 7.2 m – světlosti interiéru

haly PD – s jeřáby 3 200 a 5 000 kg: 5.7, 7.2 m – světlosti interiéru

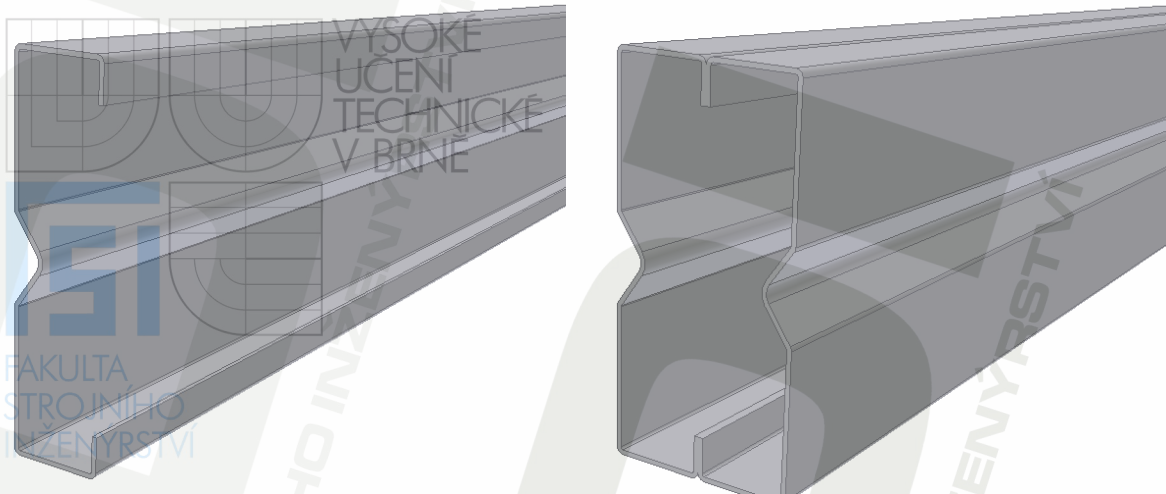
haly PJ – s jeřáby 8 000 a 12 000 kg: 8.7, 10.2 m – světlosti interiéru



Obr. 1 Hala HARD

Statické působení soustavy nosné vazby je řešeno jako trémový tříkloubový vazník s táhlem, uloženým na příčně vetknutých sloupech. Vrcholový styk trámu a připojení táhla jsou excentrické, aby vlivem vnášeného momentu bylo optimalizováno ohybové napětí namáhání trámů vazníku.

Pro HARD systém byly vytvořeny speciální tenkostěnné nosné profily tvarované za studena. Obdélníkový profil velkého rozměru je vytvořen svařením dvou profilů C tak, aby tvořily uzavřený profil. Šířka je vždy 160 mm a výška 240 mm nebo 320 mm pro tloušťky stěny 4 mm, a výška 400 mm a 480 mm s tloušťkou stěny 5 mm. Z těchto čtyř profilů se sestavila příčná vazba pro celý sortiment výrobků hal HARD.

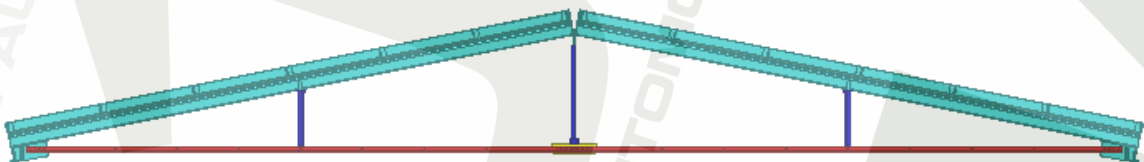


Obr. 2 TP profily HARD [1]

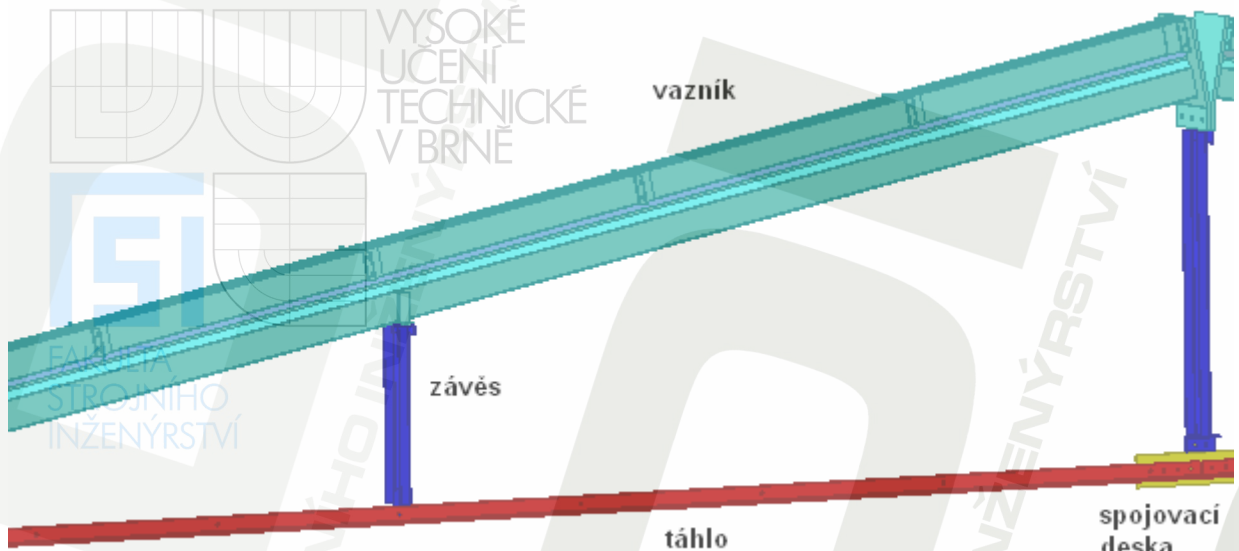
Tenkostěnné profily mají při malé hmotnosti lepší statické hodnoty než válcované I profily, zejména větší poloměr štíhlosti v měkké ose a vysokou tuhost v krutu. Celá příčná vazba se rozloží do tyčových prvků a to je velikou výhodou pro přepravu. Pro eliminaci nestability tenkých stěn profilů mají TP HARD profily vyválcovanou podélnou výztuhu stěny.

Vaznice jsou tenkostěnné profily tvaru U, jenž jsou připojené k vazníku pomocí dvou šroubů. Pomocí vaznic je řešeno i ztužení střechy, kde se k vaznicím připojují ztužidla z úhelníků.

Vazba je sestavena ze dvou shodných trámů vazníků, z táhel s vložkami, závěsů táhel a spojovacího dílu táhel a závěsu. Vrcholový styk je kontaktní, zajištěný třemi šrouby, které zároveň připojují i střední závěs táhel. Každé táhlo je složeno ze dvou nerovnoramenných úhelníků upevněné na závěsech, jedním koncem k vazníku a druhým pomocí spojovací vložky s protějším táhlem.



Obr. 3 Střešní vazba tvořená dvěma vazníky, čtyřmi kusy táhel, dvěma závěsy, jedním středovým závěsem a středovou spojovací deskou táhel



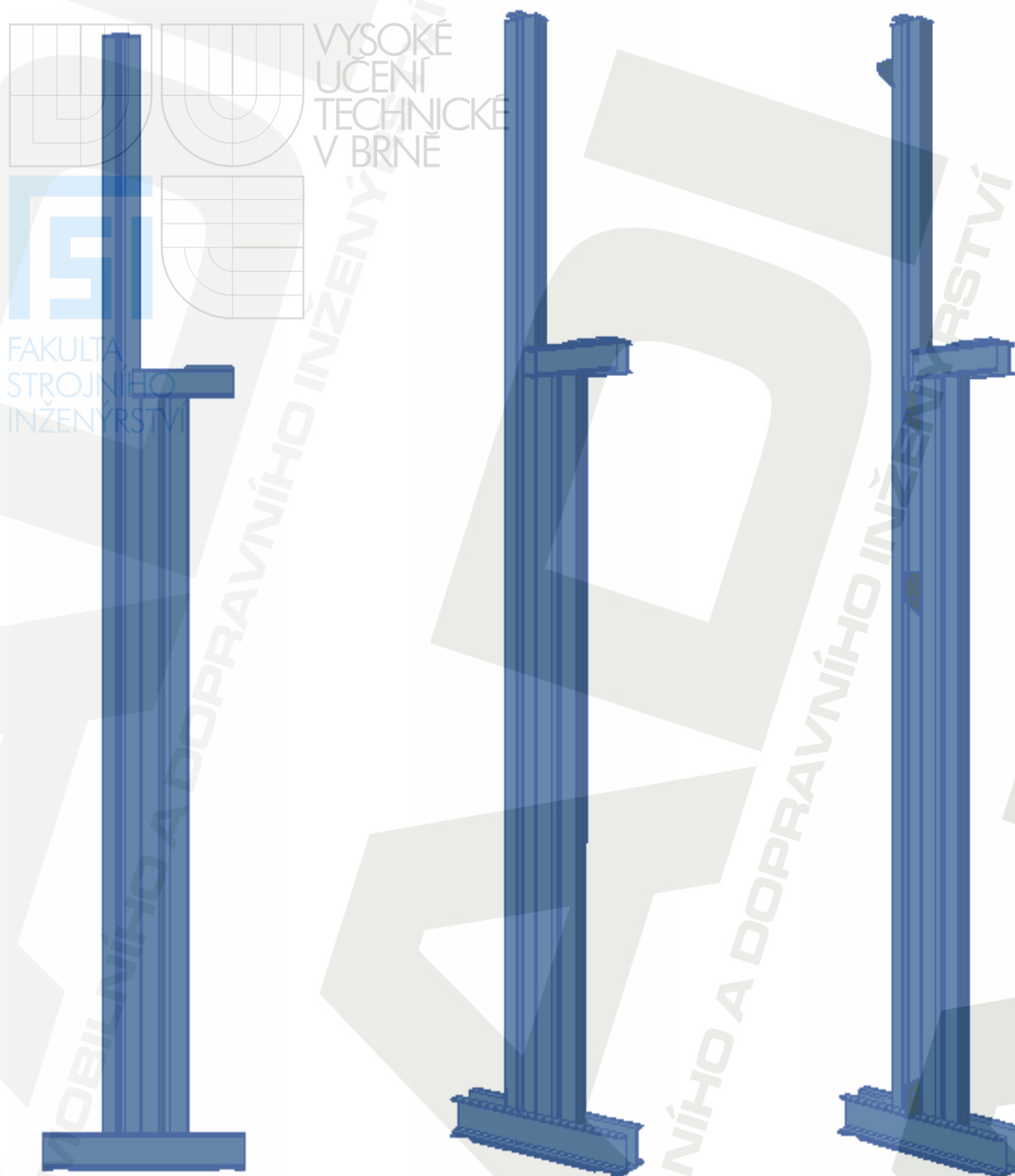
Obr. 4 Spojení jednotlivých dílů vazby je uskutečněno pomocí šroubů a matek s pružnou podložkou

Sloupy obvodové stěny, vetknuté do základů pomocí patek a kotevních zabetonovaných šroubů zajišťujících přenos síly, jsou složeny ze dvou TP profilů pro haly PJ tj. pro haly s mostovým jeřábem. Sloupy, mezi nimiž je ztužidlo odvodové stěny, se liší od ostatních navařenými styčnickovými plechy v levém a pravém provedení. K těmto plechům se připojují pomocí šroubů táhla ztužidel.

Sloupy jsou do základů kotveny pomocí předem zabetonovaných kotevních šroubů M30 nebo M42. Přenos síly z patky sloupu do šroubu zajišťuje příčník.

Ztužidla jsou příhradové, polopříčkové, s členěnými pruty, šroubované při montáži. Vzpěrky z patky vazníku pomáhají přenosu sil ze střechy do ztužidla. Ztužidla plní funkci zpevnění stavby v jejím podélném směru a tím i přenosu vnějších zátěžných sil a podélných sil z jeřábové dráhy.

Paždíky mezi sloupy a vaznice mezi vazníky jsou provedeny z tenkostěnných profilů U o velikostech U 210x50x4 a U 162x55x4.



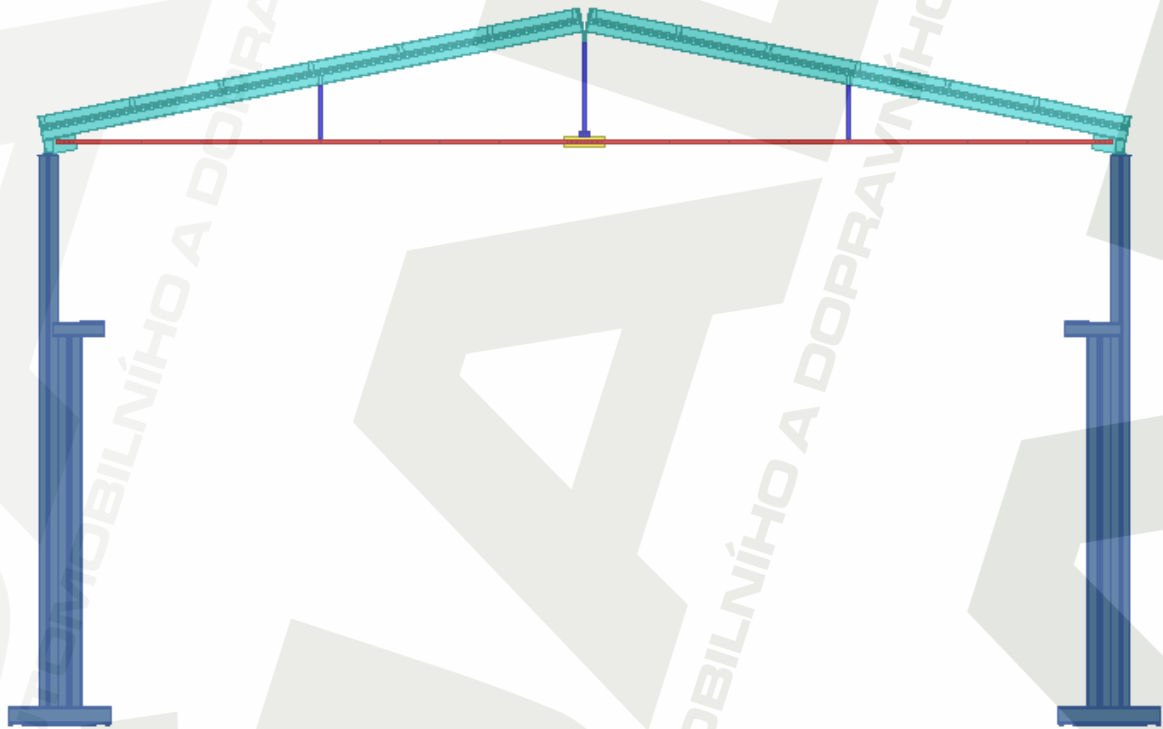
Obr. 5 Sloupy obvodové stěny a sloup se styčnickovými plechy pro upevnění ztužidel (levý)

Celý HARD systém používá na všechny konstrukční díly tenkostěnné profily, což je jeho největší předností. Konstantní šířka nosných profilů příčné vazby 160 mm plní jednak unifikaci spojů a dílů, které se na příčnou vazbu napojují jako paždíky a vaznice a usnadňuje skládání dvou TP profilů k sobě pro vytvoření dvoudíkových prvků, zejména sloupů pro haly s jeřábem.

2.2 Vlastní konstrukce haly

Hala HARD bude vytvořena skupinou prvků - sloupy, vazníky, táhla a ztužidla popsané v projektovém podkladu RD Jeseník pro halu HARD PJ 18. Tento projektový podklad obsahuje informace jak o jednotlivých konstrukčních dílech haly, tak i jejich samotné umístění a vzájemnou vazbu jednotlivých konstrukčních dílů nebo i celků vůči sobě.

Délka haly bude 48 metrů a bude tvořena skupinou devíti příčných vazeb (modulů) se vzájemnou roztečí 6 000 mm. Každá z příčných vazeb bude tvořena dvojicí sloupů a na nich kloubově uloženou trámovou vazbou s táhly. Jedna čelní strana haly bude otevřená, bez štítové stěny tak, aby jeřábová dráha umístěná v hale mohla pokračovat ven na venkovní část skladu. Na straně kde bude hala ukončená štítovou stěnou nebudou vazníky drženy táhlem, ale budou podepřeny sloupy tak, aby bylo možné na nich upevnit štítovou stěnu haly.

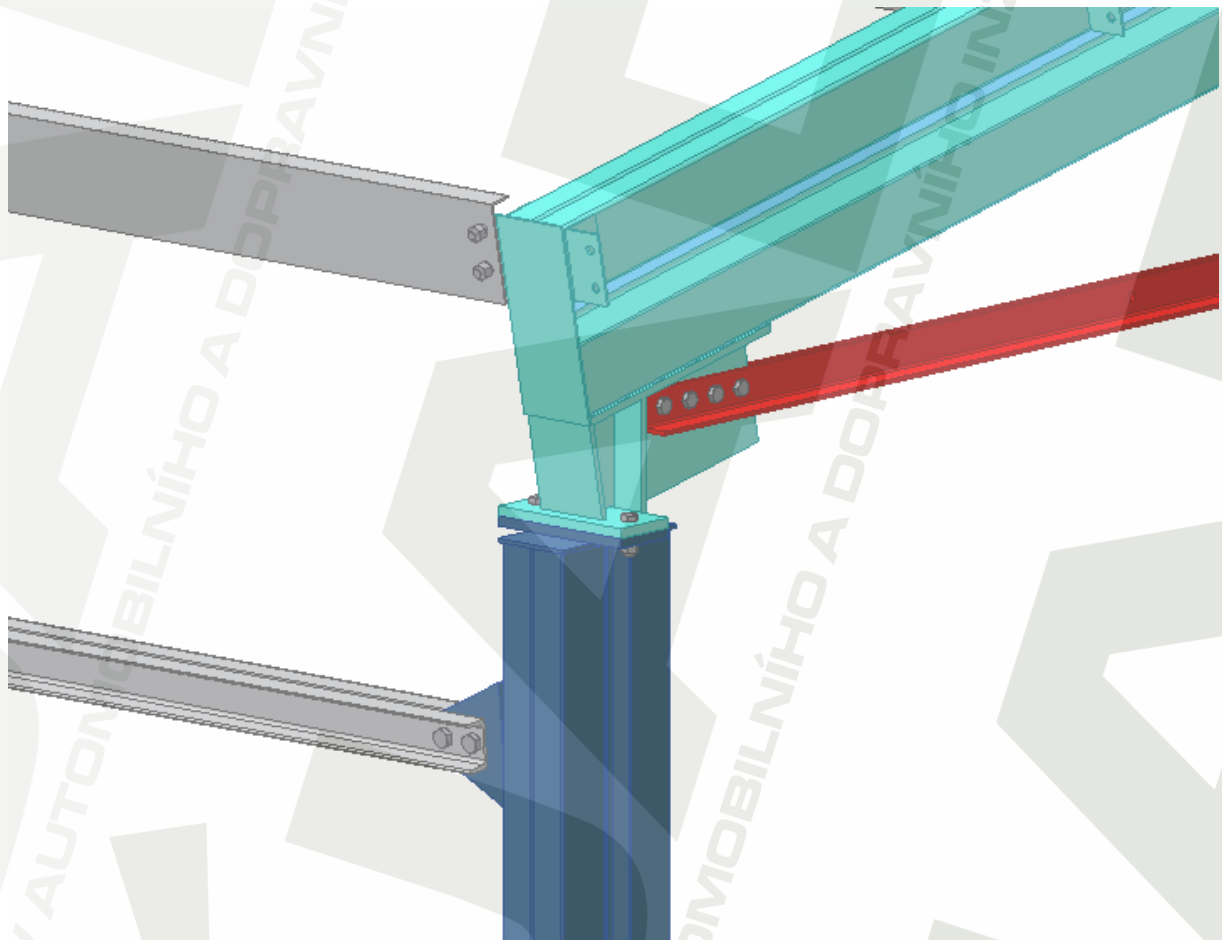


Obr. 6 Příčná vazba (modul)

Pro halu HARD PJ 18 jsou sloupy popsány výkresem č. 428-323-278. Základními sloupy budou sloupy s označením 513-115-096, jenž tvoří většinu sloupoví haly, její středovou část. Sloupy s označením 513-115-196 a 513-115-195 jsou sloupy s navařenými styčnickovými plechy k nimž přijdou přichytit ztužidla haly. Tyto sloupy jsou levé a pravé a společně tvoří dvojici ztužující části haly. Tyto sloupy budou umístěny na začátku a konci haly dle požadavku umístění ztužidel podle výkresu č. 420-315-720 z projektového podkladu. Počet bočních levých (513-115-196) a pravých sloupů (513-115-195) bude z každého po čtyřech kusech a počet sloupů bez styčnickových plechů (513-115-096) bude deset kusů.

Rozmístění sloupů a tím i rozmístění patek a jejich kotevních šroubů pro halu, je dle výkresu č. 412-315-715 projektového podkladu.

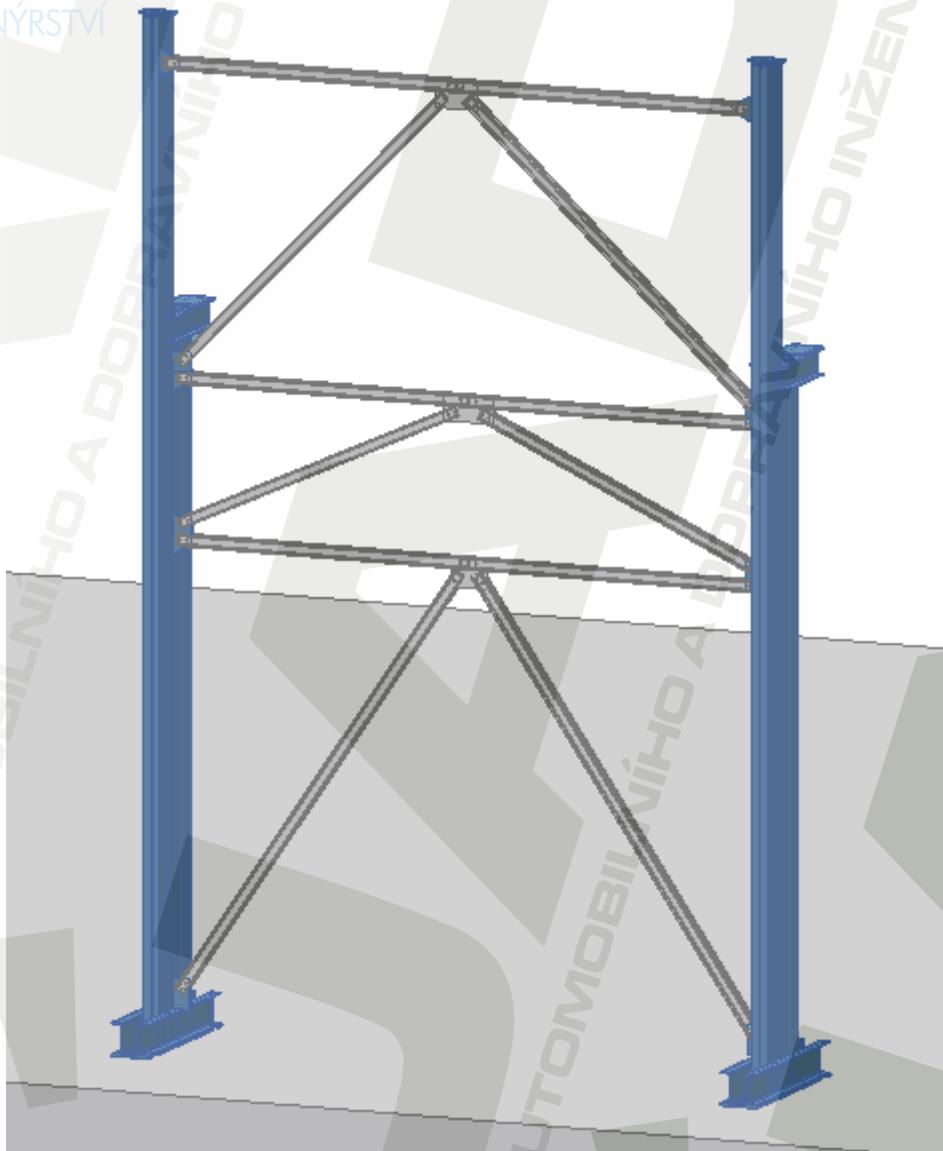
Vazba pro halu PJ HARD 18 je popsána výkresem č. 428-323-263 projektového podkladu. Označení použitého vazníku je 513-115-037, těchto vazníků bude 14 kusů a budou tvořit společně se systémem táhel a závěsů střešní konstrukci haly. Pro jeden modul střešní vazby jsou použity dva vazníky (513-115-037), čtyři táhla (557-315-004), dva závěsy (527-315-009), jeden středový závěs (527-315-010) a jeden kus středové spojovací desky táhel a závěsů (537-415-486). Tyto komponenty jsou složeny dle výkresu č. 321-315-740 projektového podkladu. Složení se uskuteční na zemi a poté je celá vazba umístěna na příslušné sloupy.



Obr. 7 Upevnění vazníku ke sloupy haly

Vazba koncové části haly, kde bude štítová stěna, bude tvořena dvojicí vazníků (513-115-038), jenž bude každý z nich podepřen sloupem (513-155-224). Konstruktivní složení vazby koncové části se štítovou stěnou je popsáno výkresem č. 331-321-391 projektového podkladu.

Ztužidla pro zpevnění haly v podélném směru jsou tvořeny dvěma tyčovými prvky 584-321-506 a 584-321-504 pro spodní část zpevnění, dvěma tyčovými prvky 584-321-505 a 584-321-504 pro horní část zpevnění a dvěma tyčovými prvky 557-415-075 pro zpevnění vazníků s vaznicemi. Pro středový spoj ztužidel jsou použity spojovací desky, deska 550-321-503 pro spodní část a deska 550-321-502 pro horní část ztužení. Kompletace zpevnění je popsána výkresem č. 425-321-101 projektového podkladu. Ztužidla budou umístěna v prvním a posledním poli haly, na sloupech s levým a pravým umístěním styčnickových plechů pro upevnění ztužidel.



Obr. 8 Upevnění ztužidel na sloupech s levým a pravým provedením styčnickových plechů

Střešní plášť bude zhotoven z pozinkovaných trapézových plechů s výškou vlny 30 mm a tloušťkou 0,8 mm. Střešní plášť je upevněn pomocí šroubů TEKS 3. Součástí střešního pláště jsou i lemovací plechy štítů, hřebenové plechy a spojovací materiál.

Podokapní žlaby a svody dodá firma INTEG-STŘECHY s.r.o., součástí haly jsou pouze úchyty žlabových háků pro upevnění žlabů, jenž jsou k nosným prvkům přivařeny při montáži.

Stěnový plášť je tvořen podezdívkou a plechovou krytinou. Podezdívka je z tepelně izolovaných panelů s nosným roštem ze svislých příčlím, jenž jsou připojeny k paždíkům. Podezdívka musí být provedena před montáží pláště, jelikož plní nosnou funkci pláště. Přenáší značnou část hmotnosti stěnového plechového pláště. Samotný plášť je zhotoven z pozinkovaných trapézových plechů, připevněných pomocí šroubů TEKS k příčlím, jenž se upevňují při montáži haly. Kompletace plechové stěny se provádí zdola nahoru, aby docházelo k překrývání jednotlivých dílů.

Z hlediska ochrany před bleskem jsou díly haly bezpečně a spolehlivě mechanicky i elektricky propojeny a nevyžadují samostatné jímací vedení a svody. Vlastní uzemnění ocelovodivé konstrukce haly se provádí pomocí pásku FeZn 120 mm², jenž je veden po obvodu objektu a na nějž jsou pomocí šroubů M8 a stejným páskem propojeny všechny obvodové sloupy haly.

3 Jeřábová dráha

Dle zadání diplomové práce je požadavek, aby jeřáb byl průjezdný z haly na venkovní skladovou plochu a aby zajišťoval efektivní nakládku a skládku z kolové dopravy i vlečkové koleje. Jeřábová dráha bude průchozí z haly ven. Hala bude z jedné strany otevřená tak, aby byl umožněn průjezd jeřábu. Velikost otevření haly musí splňovat podmínky bezpečné vzdálenosti dané normou ČSN 27 0140.

3.1 Technologické a konstrukční požadavky jeřábové dráhy

Požadavky jeřábové dráhy jsou popsány normou ČSN 73 5130, v této normě jsou zpracovány údaje z ISO 8306:1985 pro jeřáby, udává také tolerance pro jeřáby a jeřábové dráhy souhlasné s touto normou.

Tato norma určuje zásady pro prostorovou úpravu, konstrukční řešení, tolerance, měření úchylek a rektifikace jeřábových drah jeřábů.

V mém případě bude jeřábová dráha jako samotná konstrukce určená pro pojezd mostového jeřábu. Bude tvořena nosníkovou konstrukcí s kolejnicemi a vybavená nutným příslušenstvím, zejména narážkami, revizní plošinou a trolejí.

Při navrhování jeřábové dráhy musí být její prostorovou úpravou a konstrukčním řešením splněny zejména tyto požadavky:

- a) bezpečný provoz jeřábu pojezdějícím po jeřábové dráze, zejména z hlediska dodržení předepsaného průjezdního profilu jeřábu a dojezdu jeřábu na koncových polích
- b) bezpečnost práce při obsluze, kontrole a údržbě jeřábu a jeřábové dráhy
- c) bezpečného provozu pod jeřábovými drahami

Při navrhování jeřábové dráhy musí být také přihlédnuto:

- a) k technologii výroby a provozu v prostoru jeřábové dráhy
- b) k základním modulovým rozměrům stavby podle ČSN 73 0005
- c) k požadovaným parametrům provozovaných jeřábů
- d) k stanoveným tolerancím pro jeřábové dráhy podle normativní přílohy A.1 z ČSN 73 5130
- e) k požadavkům na rektifikaci jeřábové dráhy podle normativní přílohy A.2 z ČSN 73 5130

Prostorová úprava

Řešení prostorové úpravy dle bodu 4.1 normy ČSN 73 5130 se musí při navrhování jeřábové dráhy splňovat požadavky, aby žádná část konstrukce jeřábové dráhy, popřípadě jiné předměty a zařízení na jeřábové dráze, nezasahovaly do profilu, který je vymezen obrysem jeřábu zvětšeným o součet

- a) bezpečné vzdálenosti, což jsou svislé a boční vůle podle části 2 ČSN 27 0140
- b) hodnoty výrobně montážních úchylek jeřábové dráhy
- c) hodnoty požadované rektifikace jeřábové dráhy

Je-li pod jeřábovou dráhou jakákoli doprava, nesmí konstrukce jeřábové dráhy ani jeřáb svým obrysem zvětšeným o bezpečné vzdálenosti, jako jsou svislé a boční vůle podle části 2 ČSN 27 0140, zasahovat do průjezdného průřezu předpokládaného dopravního prostředku.

Průchozí a revizní lávka

Jelikož jeřáb bude ovládaný ze země a na samotném jeřábu nebude zavěšen koš ani kabina obsluhy, není nutná konstrukce průchozí lávky ani revizní lávky dle bodu 4.2.1 a 4.3.1 z ČSN 73 5130.

Revizní plošina

Revizní plošinou musí být opatřeny jeřábové dráhy pro mostové jeřáby bez lávky na jeřábu ovládaném ze země. Revizní plošina se obvykle umísťuje tak, aby její podlaha byla přibližně 1500 mm pod úrovní výšky jeřábové dráhy. Světlá šířka revizní plošiny se navrhuje s ohledem na podmínky kontroly, údržby a opravy jeřábu, nesmí však být menší než 500 mm. Šířka podlahy mezi ochrannými lištami smí být nejvýše o 50 mm menší než požadovaná světla šířka plošiny.

Revizní plošina může být také řešena pomocí pohyblivé pracovní plošiny podle ČSN EN 280 - (ČSN 27 5003). Přičemž požadavek na vybavení provozu potřebnou plošinou musí být uveden v dokumentaci.

Narážky

Konce jeřábových drah musí být opatřeny nárazkami podle části 6 z ČSN 27 0140. Nárazky musí být navrženy tak, aby bezpečně zadržely pohybovou energii jeřábu, uvažovanou jako podélnou sílu od nárazu jeřábu na nárazky.

Podlahy lávek a plošin, schodiště a žebříky, zábradlí a madla

Jeřábová dráha nebude vybavena žádným ze zmiňovaných prvků.

3.2 Návrh konstrukce jeřábové dráhy

Konstrukce jeřábové dráhy je počítána a navrhována tak, aby splňovala požadavky jeřábové dráhy pro jeřáb skupiny J4. Zařazení jeřábu do skupiny J4 je dle ČSN 27 0103 Navrhování ocelových konstrukcí jeřábů a zde článek o Začlenění do zdvihových tříd, druhu provozu a obvyklých provozních skupin jeřábů. Mostový jeřáb skladovací haly spadá dle normy ČSN 27 0103 do bodu 1.1.5 – 1 přílohy II. jako jeřáb všeobecného použití pro práci v dílnách a skladech průmyslových závodů viz. (Příloha 1).

3.2.1 Určení zatížení mostového jeřábu na jeřábovou dráhu a ostatních vlivů

Velikosti zatížení se určují stejně jako při navrhování ocelových konstrukcí jeřábů dle normy ČSN 27 0103. Jde zejména o zatížení od vlastní hmotnosti, zatížení od břemene a zatížení od svislých a vodorovných setrvačných sil, vzniklých uvedením břemene do pohybu.

Zatížení od vlastní hmotnosti

Je to zatížení od vlastní hmotnosti nosné konstrukce jak jeřábu tak i samotné jeřábové dráhy. Dále zatížení od vlastního břemene, mezi něž patří především zatížení hmotností pojezdového mechanismu a zatížení vlastní hmotností pohyblivých částí kde patří zatížení hmotností kočky, kladkostroje a jiných částí. Součet hmotností je násoben součinitelem zatížení γ_g , jenž je pro zatížení vyvozená vlastní hmotností roven $\gamma_g = 1,1$.

Zatížení od vlastní hmotnosti počítám jako zatížení 35% celkové hmotnosti mostového jeřábu na jedno pojezdové kolo mostu jeřábu za předpokladu, že mostový jeřáb má čtyři pojezdové kola mostu. Maximální možnou hmotnost mostového jeřábu m_J volím 6000 kg a z toho vyplývá, že zatížení od jednoho kola mostu jeřábu na kolejnici a tím na nosnou část jeřábové dráhy je 35% z 6000 kg a vynásobena koeficientem vlastní hmotnosti γ_g .

$$F_{VK} = m_J \cdot g \cdot 35\% \cdot \gamma_g \quad (3.1)$$

$$F_{VK} = 6000 \cdot 9,81 \cdot 0,35 \cdot 1,1 = 22661$$

$$F_{VK} = 22661 \text{ N}$$

Zatížení od břemene

Je to zatížení od jmenovitého břemene, je to maximální jmenovitá hmotnost se kterou může mostový jeřáb manipulovat. Tato hmotnost je zvětšena o násobek 1,15 v důsledku maximální hranice stanovené přetěžovacím zařízením jeřábu a o násobek γ_{10} , jenž vyjadřuje náhodné zvětšení jmenovitého břemene při provozu, a to zejména zachycením břemene při manipulaci. Součinitel zatížení od jmenovitého břemene γ_{10} se volí podle tabulky 1.

Tab. 1 Součinitel zatížení od břemene γ_{10}

DRUH PROVOZU JEŘÁBU		
Označení	Charakteristika provozu	γ_{10}
D1	Jeřáby které slouží k občasnému přemísťování stejných břemen známé hmotnosti. Jeřáby v provozech, kde se může vyskytnout břemeno vyšší hmotnosti, než je nosnost jeřábu. Jeřáby s ručním pohonem zdvihu.	1,2
D2	Jeřáby v provozech s malou pravděpodobností náhodného přetížení. Jeřáby v provozech, kde hmotnost břemen je rozdílná, ale snadno určitelná, a dopravují se jednotlivě.	1,3
D3	Jeřáby v provozech s větší pravděpodobností přetížení	1,4
D4	Jeřáby v provozech, kde je obtížné zjištění přesné hmotnosti břemene nebo může nastat nekontrolovatelné zvětšení zdvihací síly zachycením břemene.	1,5

Jelikož na mostovém jeřábu bude použito přetěžovací zařízení, je zvolen součinitel od zatížení jmenovitým břemenem $\gamma_{10} = 1,2$.

Velikost síly zatížení od břemene má být uvažována v nejnepříznivějším stavu. Tento stav nastane pro jeřábovou dráhu tehdy, když bude jeřábová kočka se zavěšeným břemenem nejbliže k jeřábové dráze, tedy když bude jeřábová kočka až u dorazů svého pojezdu. Zátěžná síla pro jedno pojezdové kolo je potom 50% z maximální možné jmenovité hmotnosti břemene a vynásobena koeficientem zatížení od břemene γ_{10} .

$$F_{BK} = m_B \cdot g \cdot 50\% \cdot \gamma_{10} \quad (3.2)$$

$$F_{BK} = 8000 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \cdot 1,2 = 32\,700$$

$$F_{BK} = 32\,700 \text{ N}$$

Zatížení od setrvačných sil svislých

Tyto setrvačné síly vznikají při zvedání a nebo spouštění břemene. Jejich dynamický účinek se zahrnuje společně se statickým účinkem do výpočtu tak, že zatížení od celkového břemene se násobí dynamickým zdvihovým součinitelem δ_h , jenž se určí pomocí vzorce pro mostové jeřáby.

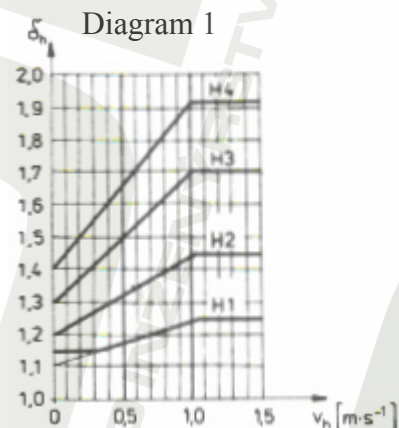
$$\delta_h = 1 + \text{Hi}(0,1 + 0,13 \cdot v_h) \quad (3.3)$$

v_h je zdvihová rychlost kočky mostového jeřábu. Jelikož je jeřábová dráha navrhována pro neurčitý, jen doporučený typ mostového jeřábu, budu volit hodnotu zdvihové rychlosti tak, aby tvořila maximální možnou hodnotu při určování typu mostového jeřábu, ale nijak značně nezúžovala výběr a rozmanitost volby typu mostového jeřábu.

 Tab. 2 Dynamický zdvihový součinitel δ_h

Zdvihová třída jeřábu	H_i	Dynamický součinitel zdvihový δ_h při rychlosti zdvihu v_h ($m \cdot s^{-1}$)
H1	1	$1,1 + 0,13 v_h$
H2	2	$1,2 + 0,26 v_h$
H3	3	$1,3 + 0,39 v_h$
H4	4	$1,4 + 0,52 v_h$

Ve výpočtech nesmí být použit δ_h menší než 1,15. Pro rychlosti přes $1 m \cdot s^{-1}$ se δ_h již nezvyšuje.



Pro mostový jeřáb se zdvihovou třídou H2 dle ČSN 27 0103 o zařazení jeřábu do zdvihových tříd, volím zdvihovou rychlost v_h vyšší než $1 m \cdot s^{-1}$ z důvodu, aby při volbě jeřábu nebyla rychlost zdvihu nijak omezena. Pro tyto parametry se dynamický zdvihový součinitel δ_h určí dle vzorce $\delta_h = 1,2 + 0,26 \cdot v_h$ (Tab. 2).

$$\delta_h = 1,2 + 0,26 \cdot 1 = 1,46$$

$$\delta_h = 1,46$$

Zatížení od setrvačných sil vznikajících při pojezdu

Při pojíždění jeřábu vznikají dynamické účinky od pojezdu. Do výpočtu se zahrnují tak, že zatížení vyvozené vlastní hmotností se násobí dynamickým pojezdovým součinitelem δ_t . Tento dynamický pojezdový součinitel se určí dle (Tab. 3).

 Tab. 3 Dynamický pojezdový součinitel δ_t

Dráha s kolejnicí		Dynamický součinitel pojezdový δ_t
se styky	bez styků nebo se styky svařovanými	
$v_t \leq 1 m \cdot s^{-1}$	$v_t \leq 1,5 m \cdot s^{-1}$	1,1
$1 m \cdot s^{-1} < v_t < 3,3 m \cdot s^{-1}$	$1,5 m \cdot s^{-1} < v_t < 5 m \cdot s^{-1}$	1,2
Otáčení		1,1
Dráha bezkolejová (plná kola, housenice)		1,1
Jeřáby na pneumatikách	při pojíždění s břemenem	1,05
	při pojíždění bez břemene	1,1
v_t rychlost pojezdu v $m \cdot s^{-1}$		

Pro jeřáb ovládaný dálkově ze země se používají jezdové rychlosti maximálně do $v_t = 1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ to znamená, že dynamický jezdový součinitel δ_t je dle (Tab.3):

$$\delta_t = 1,1$$

Zatížení od setrvačných sil vznikajících při rozjíždění a brzdění

Při zrychlování nebo zpomalování pohybů je nutnost zajistit největší přenos setrvačných sil na nosnou konstrukci jeřábové dráhy. Pokud jsou největší zrychlující nebo zpomalující síly omezeny třecí silou pojíždějících kol po kolejnici, stanoví se jako součin adhezní síly hnacích nebo brzděných kol a součinitele tření. Součinitel tření se uvažuje hodnotou $\mu = 0,12$. Dále se do adhezní síly hnacích nebo brzděných kol započítává účinek od hmotnosti konstrukce mostového jeřábu a hmotnosti kočky s jmenovitým břemenem v nejméně příznivé poloze.

Jelikož mostový jeřáb pojíždí po jeřábové dráze tvořené ocelovou jeřábovou kolejnici a jezdové kola mostového jeřábu jsou zhotovena také z oceli, uvažují jako součinitel tření ocel – ocel $f = 0,12$

Vodorovné boční síly od přičení jeřábu na jeřábové dráze

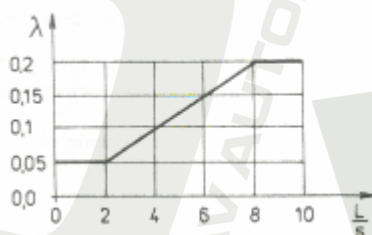
Při pojíždění dvou jezdových kol po kolejnici jeřábové dráhy dochází k přičení jeřábu. Toto přičení má za následek boční zatížení dvojicí sil působící kolmo na kolejnici v úrovni horní hrany kolejnice. Velikost této síly se určí dle vztahu (3.4).

$$H_{\text{tp}} = \lambda \cdot \sum F [\text{N}], \text{ kde} \quad (3.4)$$

$$\lambda = 0,025 \cdot \frac{L}{s_{\text{min}}}, \quad \text{nejméně však } \lambda = 0,05 \text{ a nejvíce } \lambda = 0,2 \quad (3.5)$$

hodnotu λ lze také odečíst z (Diagram 2)

Diagram 2 Hodnota λ



L rozpětí jeřábu v mém případě 16 500 mm je dáno rozměrem haly a normalizací rozpětí jeřábu

s_{\min} – rozvor jeřábu v mém případě volím 2 000 mm a stane se minimálním možným pro návrh mostového jeřábu

$\sum F [N]$ je zatížení od kol příčnicku mostového jeřábu na kolej jeřábové dráhy v nejučinnější poloze



FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ



Obr. 9 Dvojice příčících sil vzniklé pojezdem dvou kol po jedné kolejnici

Hodnota součinitele λ je podle rovnice (3.5) a rozpětí a rozvoru jeřábu dána jako

$$\lambda = 0,025 \cdot \frac{16\,500}{2000} = 0,2$$

$$\lambda = 0,2$$

Velikost zpřičující síly H_{tp} se určí podle rovnice (3.4), jako zatížení od kol příčnicku mostového jeřábu na kolejnici beru sumu zatížení od vlastní hmotnosti na jedno kolo F_{VK} a zatížení od břemene na jedno kolo F_{BK} vynásobenou dynamickým zdvihovým součinitelem δ_h .

$$H_{tp} = \lambda \cdot (F_{VK} + F_{BK}) \cdot \delta_h$$

$$H_{tp} = 0,2 \cdot (22661 + 32700) \cdot 1,46 = 16\,165$$

$$H_{tp} = 16\,165 \text{ N}$$

Zatížení větrem

Konstrukce jeřábové dráhy a také jeřáb samotný je zatížen také tlakem větru. Velikost síly působící na nosníky jeřábové dráhy, nebo na nosník mostového jeřábu se určí pomocí vzorce

$$F_{1w} = \omega_1 \cdot \xi_{\omega} \cdot A, \text{ kde} \quad (3.6)$$

ω_1 je tlak větru podle tabulky

ξ_{ω} je tvarový součinitel plochy dle tabulky $v_{\omega 1}$

A je průmět čisté plochy prvků jeřábové dráhy do roviny kolmé na směr větru v m² pro nosníky jeřábové dráhy na venkovním skladu je $A = l_2 \cdot h_2$

 Tab. 4 Tlak větru ω_1

Druh jeřábu	Tlak větru ω_1 [Pa]	
	pro výpočet ocelových konstrukcí, mechanismů a stability zatíženého jeřábu	pro výpočet hnacích motorů
Všechny typy jeřábů instalované na volném prostranství	250	150
Plovoucí jeřáby a jeřáby a zdvihadla na plavidlech	400	250
Jeřáby, které musí pokračovat v práci i za silného větru	500	300

Zatížena větrem bude pouze venkovní část jeřábové dráhy a mostový jeřáb pouze ve venkovním skladu a v místech pro nakládku na kolovou a kolejovou dopravu. Jako velikost tlaku větru je považována hodnota pro jeřáby umístěné na venkovním prostranství a pro výpočet ocelové konstrukce (Tab. 4) $\omega_1 = 250$ Pa. Tvarový součinitel ξ_ω je uvažován pro konstrukční prvky válcované profily, kde je poměr mezi délkou a výškou profilu $\frac{l_2}{h_2} = \frac{12000}{600} = 20$ jako $\xi_\omega = 1,6$ (Tab. 5). Po dosazení veličin do rovnice (3.6) je velikost zatěžující síly účinkem větru

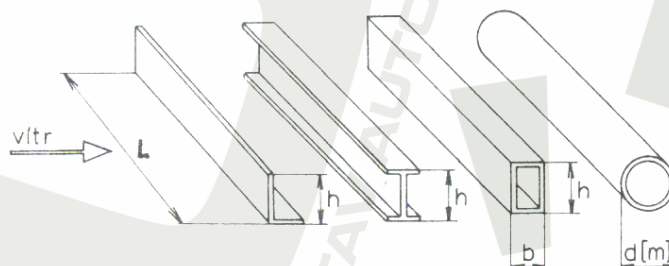
$$F_{1w} = \omega_1 \cdot \xi_\omega \cdot l_2 \cdot h_2$$

$$F_{1w} = 250 \cdot 1,6 \cdot 12 \cdot 0,6 = 2\,880$$

$$F_{1w} = 2\,880 \text{ N}$$

Tab. 5 Hodnota tvarového součinitele ξ_{ω}

Druh		Popis		Hodnota tvarového součinitele ξ_{ω}					
				L/h			L/d		
				5	10	20	30	40	50
				ξ_{ω}					
		Válcované profily, ploché tyče, hranaté trubky		1,3	1,35	1,6	1,65	1,7	1,9
Konstrukční prvky	Části s kruhovým průřezem		0,75	0,80	0,90	0,95	1,0	1,1	
	pro $\frac{d \cdot v_{\omega 1}}{d \cdot v_{\omega 1}} < \frac{6 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}}{6 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}}$		0,60	0,65	0,70	0,70	0,75	0,8	
Konstrukční prvky	Skříňové průřezy s rozměry nad 350 mm pro čtvercové a nad 250 krát 450 mm pro obdélníkové tvary	h/b							
		>2	1,55	1,75	1,95	2,1	2,2		
		1	1,40	1,55	1,75	1,85	1,9		
		0,5	1,0	1,2	1,3	1,35	1,4		
Jednotlivé příhradové rámy	z plochých průřezů		1,7						
	z částí s kruhovým průřezem		1,2						
Skříně, strojní zařízení	Obdélníkové ploché konstrukce na zemi, je-li zabráněno proudění vzduchu pod konstrukcí		1,1						
	Nezakryté mechanismy na stroji a jeřábové kočky		1,4						
	Kabiny a strojovny		1,2						
Lana			1,2						



Zatížení od nárazu na narážky

Konstrukce narážek jeřábové dráhy musí být konstruovány tak, aby odolaly silám vzniklým při najetí jeřábu na narážky rychlostí 50% jmenovité rychlosti, se zavěšeným břemenem o 80% jmenovité nosnosti, a to v nejnepríznivější poloze. Neuvažuje se účinek volně zavěšeného břemene.

Kombinace zatížení

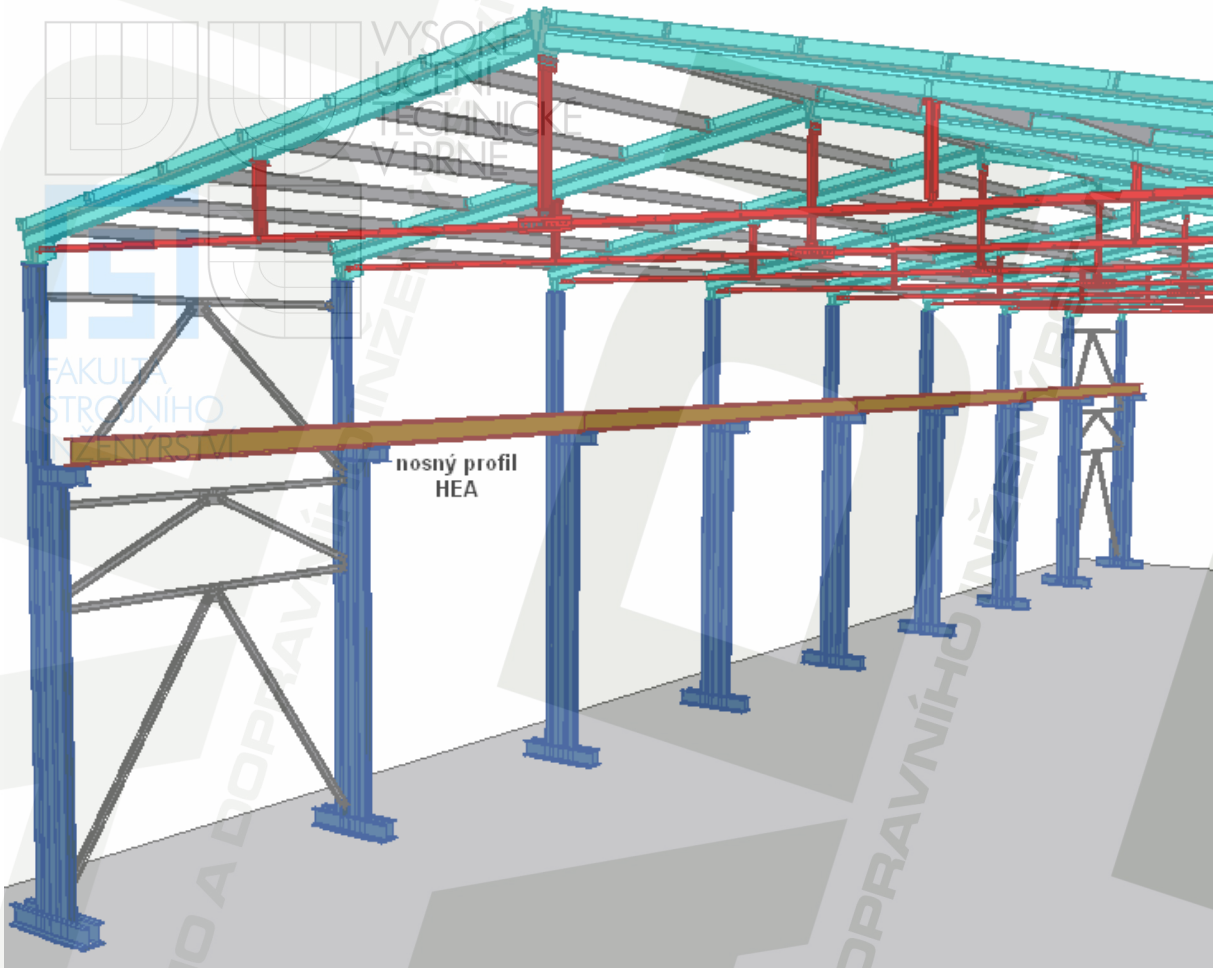
Výpočet ocelové konstrukce jeřábové dráhy se provádí s uvážením všech nepříznivých kombinací účinků zatížení jak stálých, tak i nahodilých či mimořádných. Kombinace se stanoví s ohledem na skutečnou možnost současného působení jednotlivých zatížení.

3.2.2 Jeřábová dráha v hale

Hala typu HARD PJ 18 – 8,7m je svou konstrukcí vytvořena tak, aby na sloupy bylo možné umístit jeřábovou dráhu. Sloupy jsou vybaveny patkami ve výši 6755 mm nad úrovní země. Tyto patky jsou opatřeny deskami o tloušťce 20 mm, které jsou určeny pro ustavení a upevnění nosných prvků jeřábové dráhy.

Nosným prvkem jeřábové dráhy volím profily typu HEA, jsou obdobou profilů I, ale rozměrově upravené tak, aby byly schopny přenášet daleko větší ohybové napětí než klasický I profil. S obrovskou výhodou se proto používají pro nosníky jeřábů či jeřábových drah.

Samotná jeřábová dráha bude tvořena profilem typu HEA o délce 12 000 mm, což je dvojnásobná vzdálenost rozpětí sloupů haly. To znamená, že nosný profil HEA bude uložen na třech nosných patkách jeřábové dráhy, a to na dvou ve svých koncích délky a jedním ve středu délky profilu. Upevnění nosného profilu HEA bude uskutečněno pomocí šroubů skrz profil HEA a nosnou desku patky jeřábové dráhy. V deskách patky jeřábové dráhy bude otvor pro šroub rozšířen z důvodu možnosti posuvu nosného profilu při rektifikaci jeřábové dráhy. Šroub i matka bude podložena velkými podložkami pro lepší rozložení silových účinků.



Obr. 10 umístění jeřábové dráhy na patkách jeřábové dráhy

3.2.2.1 Předběžný návrh velikosti profilu HEA

Pro předběžný návrh velikosti profilu HEA použijí zjednodušený výpočet, pouze s ohybovým zatížením vzniklým od kol mostového jeřábu jako dvě zatěžující síly na prostý nosník na dvou podporách. Tyto síly působí kolmo na nosník v místě s nejnepříznivějším účinkem. Velikost zatěžujících sil je dána hmotností jeřábu a jeho maximálně možnou nosností, jenž jsou vynásobeny zatěžujícími koeficienty statických a dynamických účinků od provozu mostového jeřábu.

Výpočtový vztah pro určení velikosti profilu HEA vychází z rovnice (3.7), jako koeficient bezpečnosti k_D volím $k_D = 2$.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \frac{\sigma_{dov}}{k_D} \quad (3.7)$$

$$W_o = \frac{M_o \cdot k_D}{\sigma_{dov}} \quad (3.8)$$

Velikost dovoleného napětí σ_{dov} je dáno materiálem profilu HEA. Profil HEA je z materiálu S235JRG1 (11 373) a dovolené napětí meze kluzu pro tento materiál je

$$\sigma_{dov} = 235 \text{ MPa.}$$

Velikost zatěžující síly F_k je jako suma zatížení od vlastní hmotnosti na jedno kolo F_{VK} a zatížení od břemene na jedno kolo F_{BK} vynásobenou dynamickým zdvihovým součinitelem δ_h dle rovnice (3.9). Tyto síly budou pro nejnepříznivější polohu symetricky umístěny na nosník o dvou podporách a vzdáleny od sebe 2000 mm. Tato vzdálenost se stane jako minimální možná vzdálenost pro rozchod kol příčnicku mostového jeřábu.

$$F_k = (F_{VK} \cdot F_{BK}) \cdot \delta_h \quad (3.9)$$

$$F_k = (22\,661 \cdot 32\,700) \cdot 1,46 = 80\,827$$

$$F_k = 80\,827 \text{ N}$$

Maximální ohybový moment je dán rovnicí (3.10)

$$M_o = F_k \cdot \frac{L - s_{\min}}{2} \quad (3.10)$$

Pro určení profilu HEA ve skladovací hale bude

$$M_{o1} = F_k \cdot \frac{L_1 - s_{\min}}{2}$$

$$M_{o1} = 80\,827 \cdot \frac{6 - 2}{2} = 161\,654$$

$$M_{o1} = 161\,654 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Potřebný modul průřezu profilu HEA v ose x je po dosazení do rovnice (3.8)

$$W_{o1} = \frac{161\,654 \cdot 2}{235 \cdot 10^6} = 1,3758 \cdot 10^{-3}$$

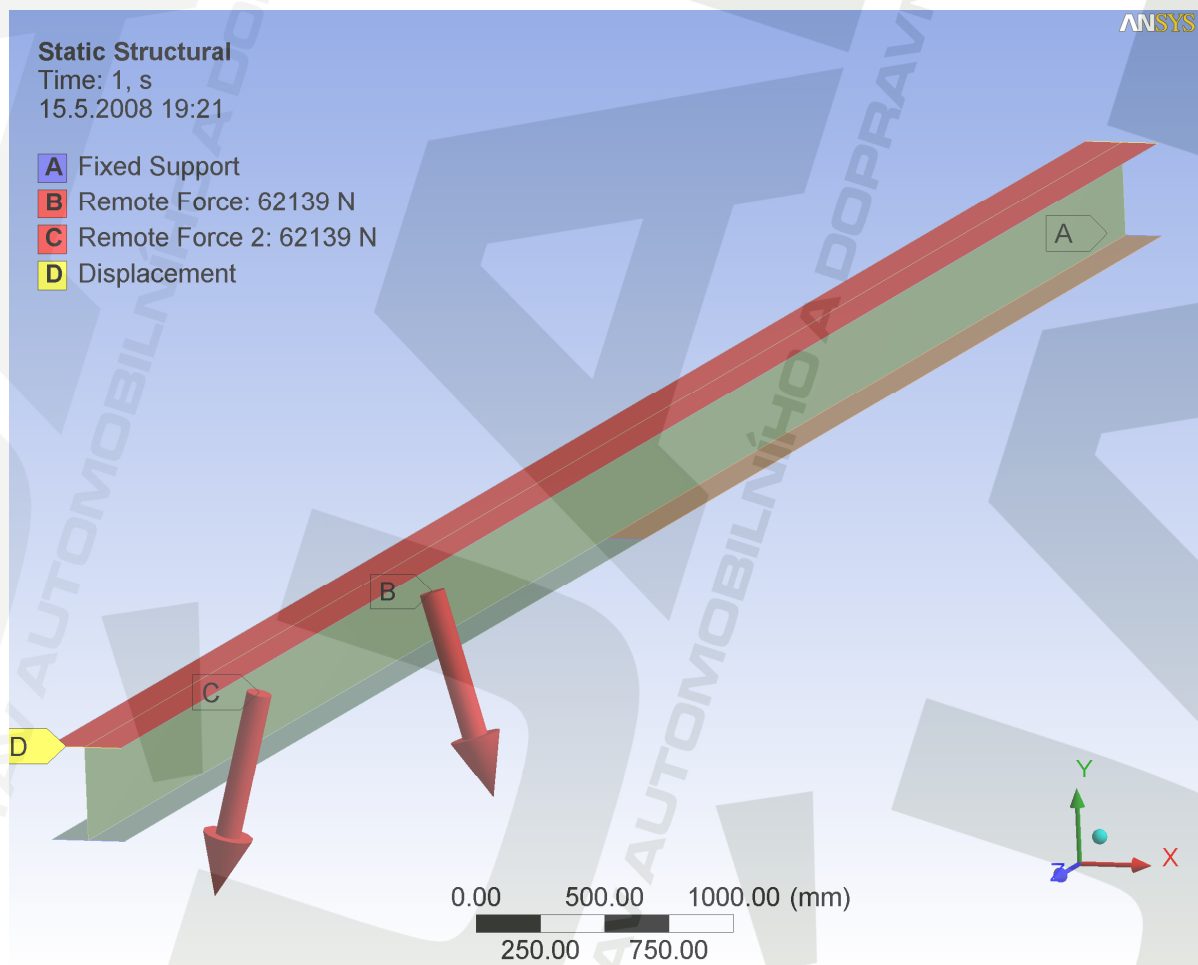
$$W_{o1} = 1,3758 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 1375,8 \text{ cm}^3$$

Pro tuto hodnotu volím profil HEA 400 (Příloha 2) s průřezovým ohybovým modulem $W_{o400x} = 2218,46 \text{ cm}^3$. Větší profil HEA 400 volím především z hlediska bezpečnosti a případné možnosti přidání na jeřábovou dráhu další mostový jeřáb.

3.2.2.2 Kontrola profilu HEA pomocí programu ANSYS

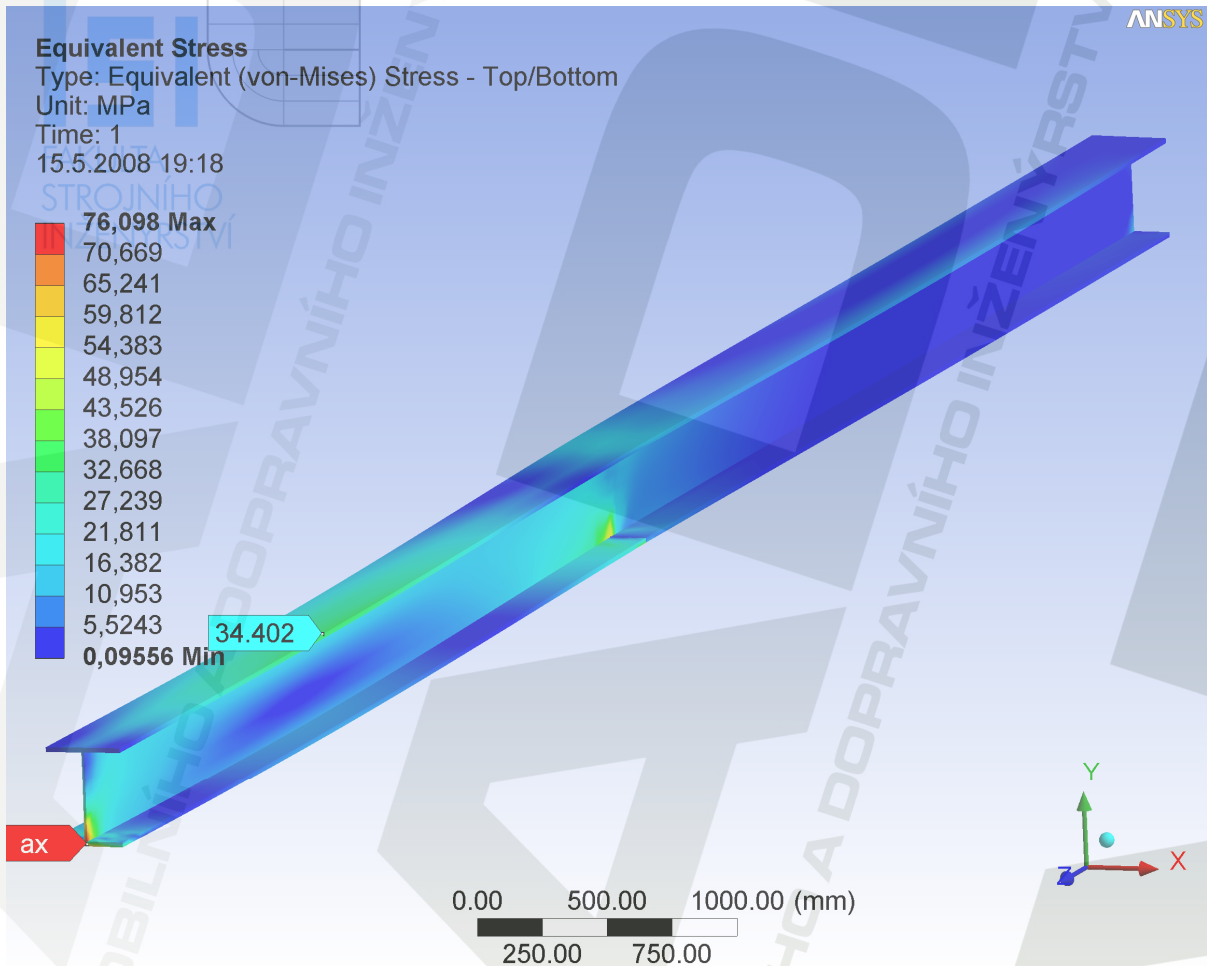
Jak jednotlivé prvky haly tak i jeřábové dráhy byly vytvořeny jako 3D model v programu Autodesk Inventor Professional 9. Z tohoto modelu pochází také značná část obrázků použitých v diplomové práci.

Pro výpočet pomocí MKP v programu ANSYS Workbench byly jednotlivé nosníky jeřábové dráhy převedeny do formátu STEP a následně importovány do programu. Velikost zatížení nosníků byla zvolena dle výpočtů zatížení podle kapitoly 3.2.1. Je to zatížení od kol mostového jeřábu, a to ve svislém směru zatížení, od vlastní hmotnosti mostového jeřábu, sečtené se zatížením od břemene, vynásobené příslušnými koeficienty. V příčném směru je to zatížení od příčnicí mostového jeřábu, kde na každé kolo příčnicku působí tato síla v opačném směru. Umístění sil bylo zvoleno v nejnejpříznivější poloze. Podpory byly zvoleny jako fixování spodních koncových hran nosníku a ve svém středu délky, tak jak je rozmístění ukotvení ke sloupům haly. Dále zamezení posuvu v ose x na horních hranách konců délky nosníku, jenž je způsobeno spojením s dalším nosníkem za pomoci kolejnice.

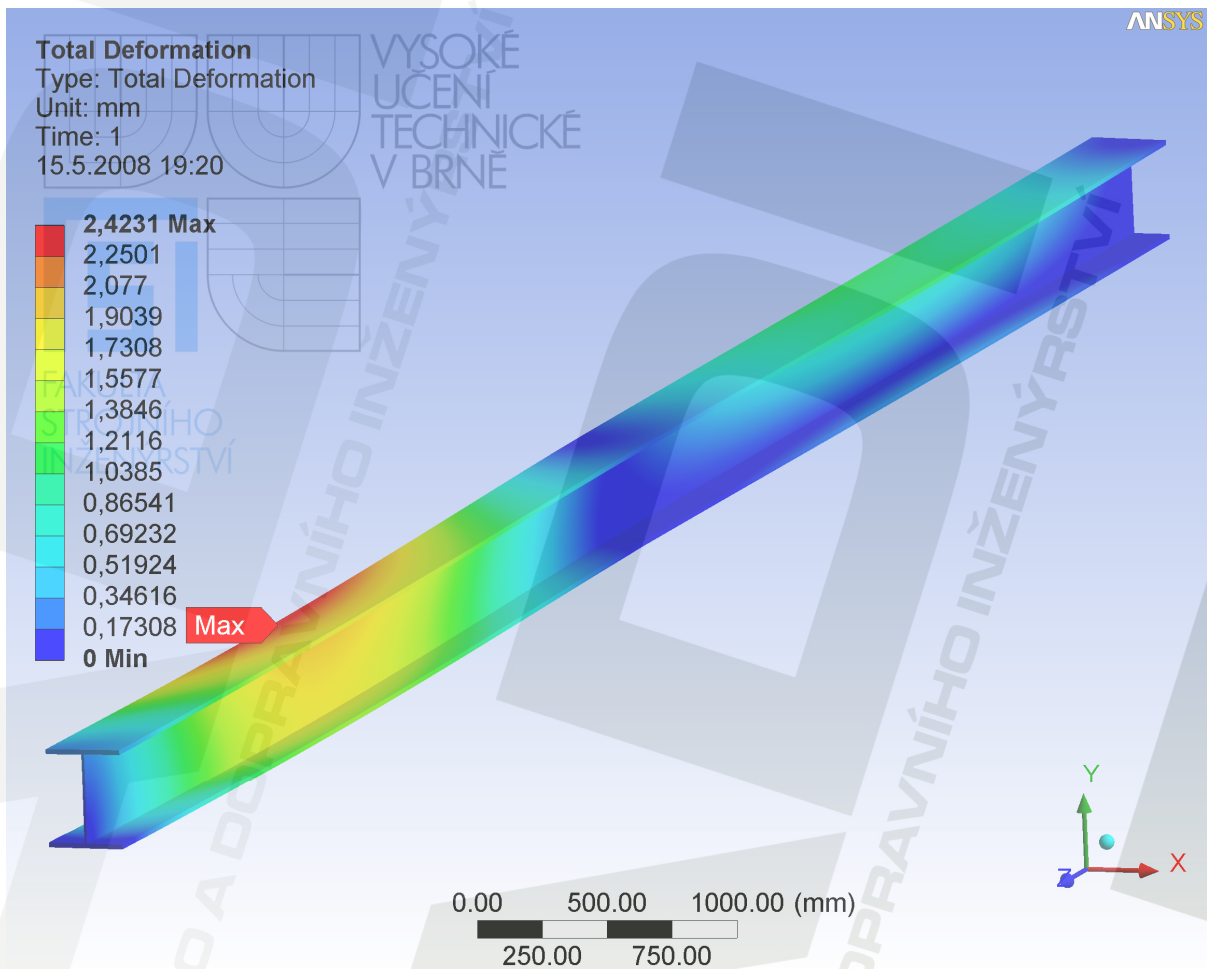


Obr. 11 Zatěžující síly a umístění podpor na nosníku HEA 400

Výsledné napětí v maximálním průhybu nosníku je 34,5 MPa a velikost průhybu je 2,4 mm. Velikost napětí je vyhovující z hlediska pevnosti materiálu nosníku. Nosník je takto dimenzován proto, aby bylo dosaženo potřebné tuhosti. Napětový extrém 76 MPa je způsoben podporou nutnou pro výpočet a v realitě nemůže nastat. Je tudíž zanedbatelný.



Obr. 12 Napětí v nosníku HEA 400, napětový extrém, jenž je způsoben podporou, reálně nenastane

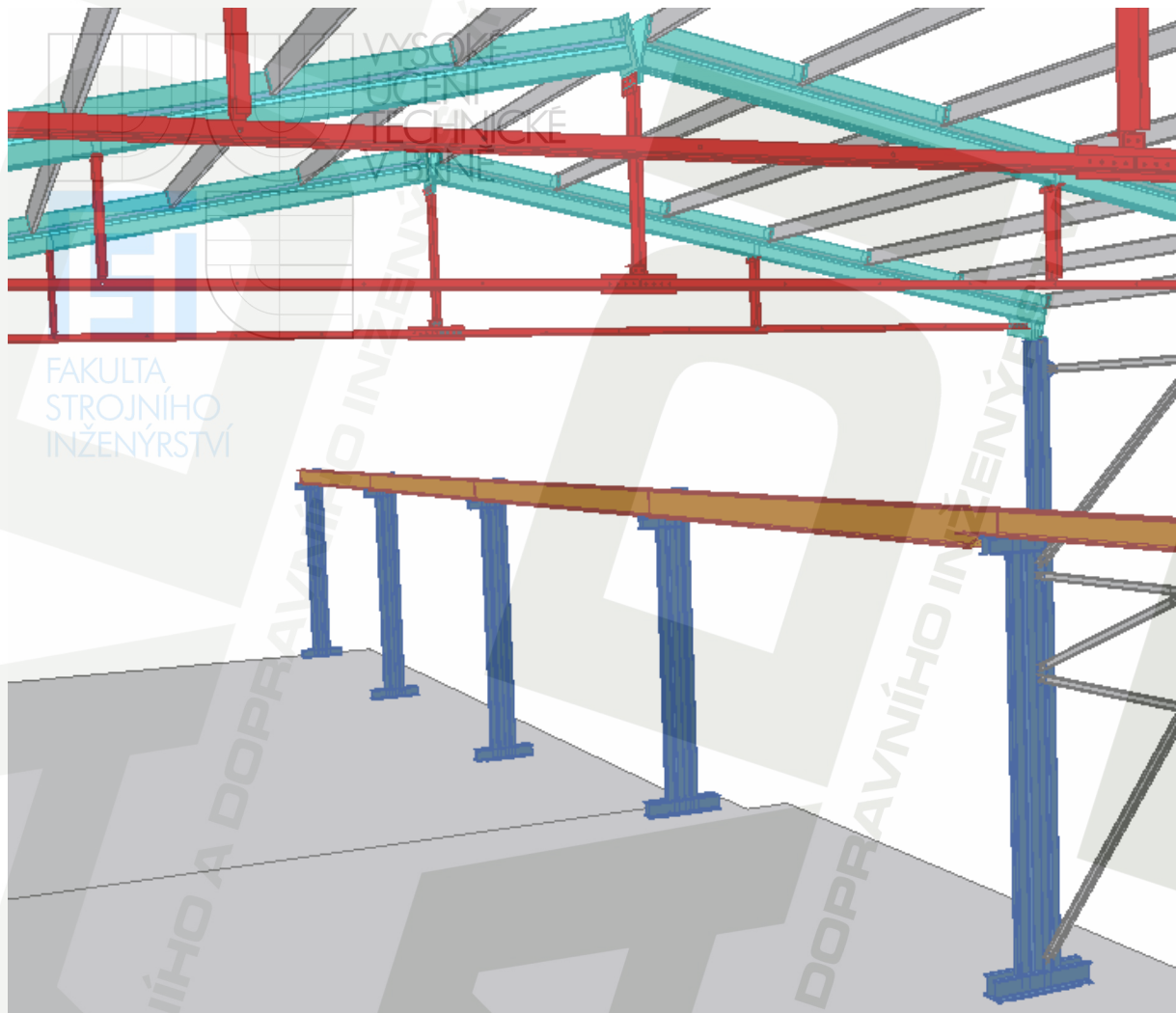


Obr. 13 Průhyb v nosníku HEA 400

3.2.3 Jeřábová dráha na venkovním prostoru skladu

Pro venkovní prostor skladu budou použity stejné typy sloupů jako pro skladovou halu (513-115-196). Tyto sloupy budou profilově shodné, ale lišit se budou v délkách napojovaných částí. Jde o část pro upevnění vazníků střechy, ta bude zkrácena a prodloužení o nosnou část mezi patkou sloupu a patkou jeřábové dráhy. Prodloužení je z důvodu terénního výškového rozdílu vzniklého zapaštěním kolejové části pod úroveň podlahy haly.

Samotná jeřábová dráha bude tvořena profilem typu HEA o délce 12 000 mm což je vzdálenost rozpětí sloupů venkovního skladu. Upevnění profilů bude stejné jako ve skladovací hale, tj. pomocí šroubu s maticí, podložené podložkami.



Obr. 14 Venkovní část jeřábové dráhy

3.2.3.1 Předběžný návrh velikosti profilu HEA

Předběžný výpočet je stejný jako při určování velikosti profilu ve skladovací hale, vychází z rovnic (3.8), (3.9) a (3.10).

Velikost dovoleného napětí σ_{dov} je dáno materiálem profilu HEA. Profil HEA je z materiálu S235JRG1 (11 373) a dovolené napětí meze kluzu pro tento materiál je

$$\sigma_{dov} = 235 \text{ MPa.}$$

Velikost zatěžující síly od jednoho kola příčnicku mostového jeřábu se nemění.

$$F_k = 80\,827 \text{ N}$$

Maximální ohybový moment dán rovnicí (3.10) bude

$$M_{o2} = F_K \cdot \frac{L_2 - s_{\min}}{2}$$

$$M_{o2} = 80\,827 \cdot \frac{12 - 2}{2} = 404\,135$$

$$M_{o2} = 404\,135 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Potřebný modul průřezu profilu HEA v ose x je po dosazení do rovnice (3.8)

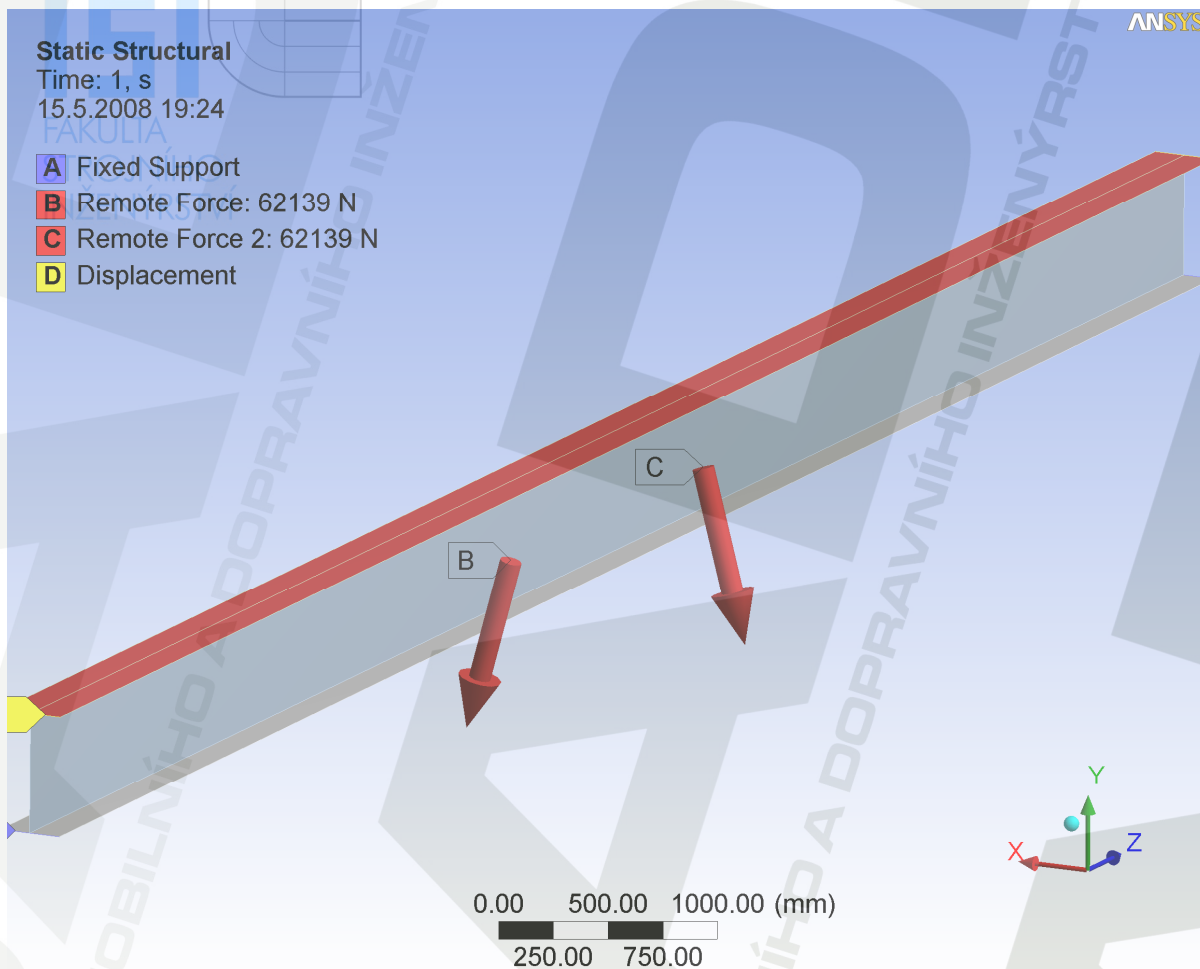
$$W_{o2} = \frac{404\,135 \cdot 2}{235 \cdot 10^6} = 3,4395 \cdot 10^{-3}$$

$$W_{o2} = 3,4395 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 3439,5 \text{ cm}^3$$

Pro tuto hodnotu volím profil HEA 600 (Příloha 2) s průřezovým ohybovým modulem $W_{o600x} = 4638,85 \text{ cm}^3$. Větší profil HEA 600 volím především z hlediska bezpečnosti a případné možnosti přidání na jeřábovou dráhu další mostový jeřáb.

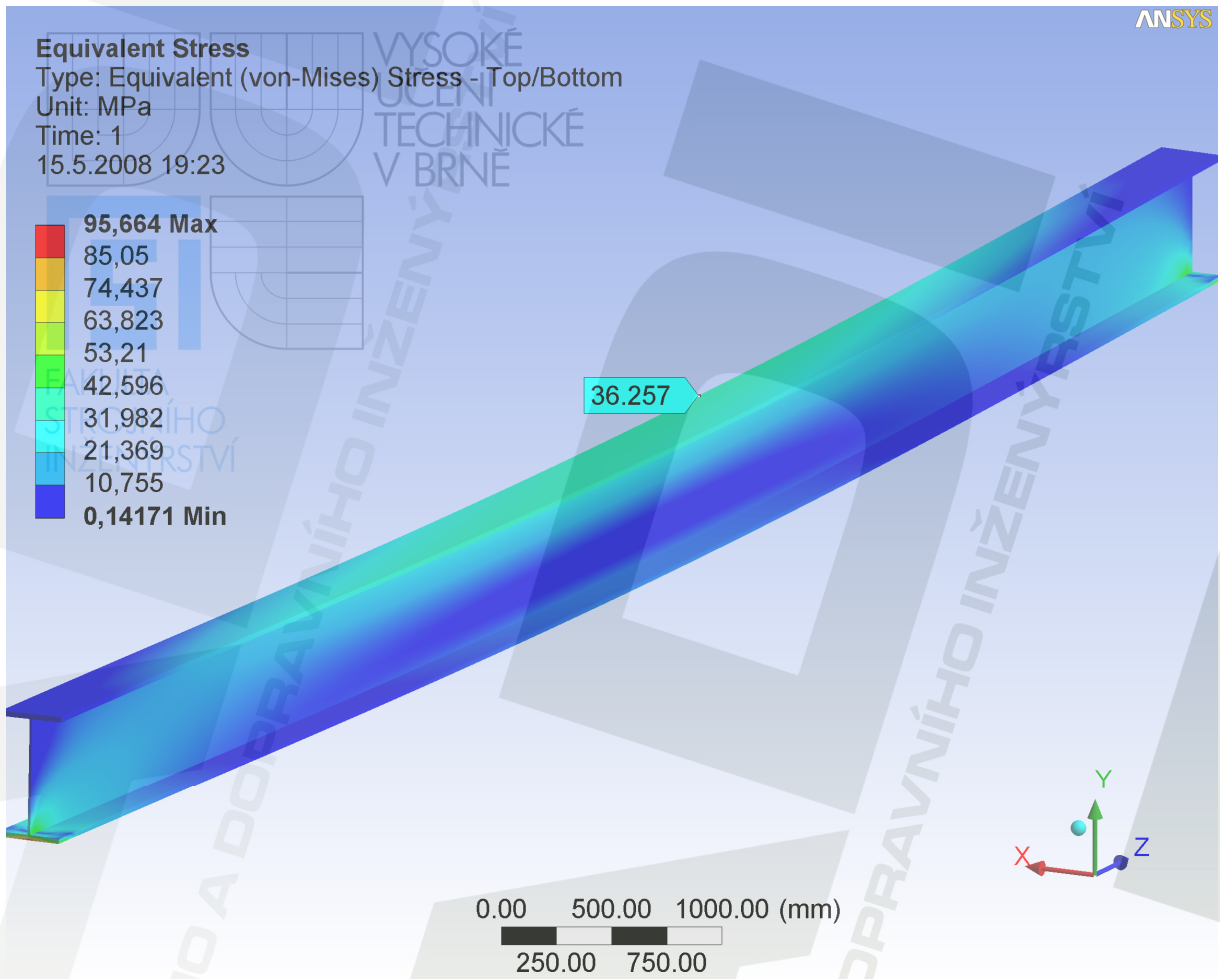
3.2.3.2 Kontrola profilu HEA pomocí programu ANSYS

Nosník HEA 600 byl získán stejným způsobem jak je popsáno v kapitole 3.2.2.2, zatížen je silovou dvojicí stejnou jako v oné kapitole. Podpory jsou fixační na spodních hranách konců délky nosníku a v horních hranách zamezení posuvu v ose x.

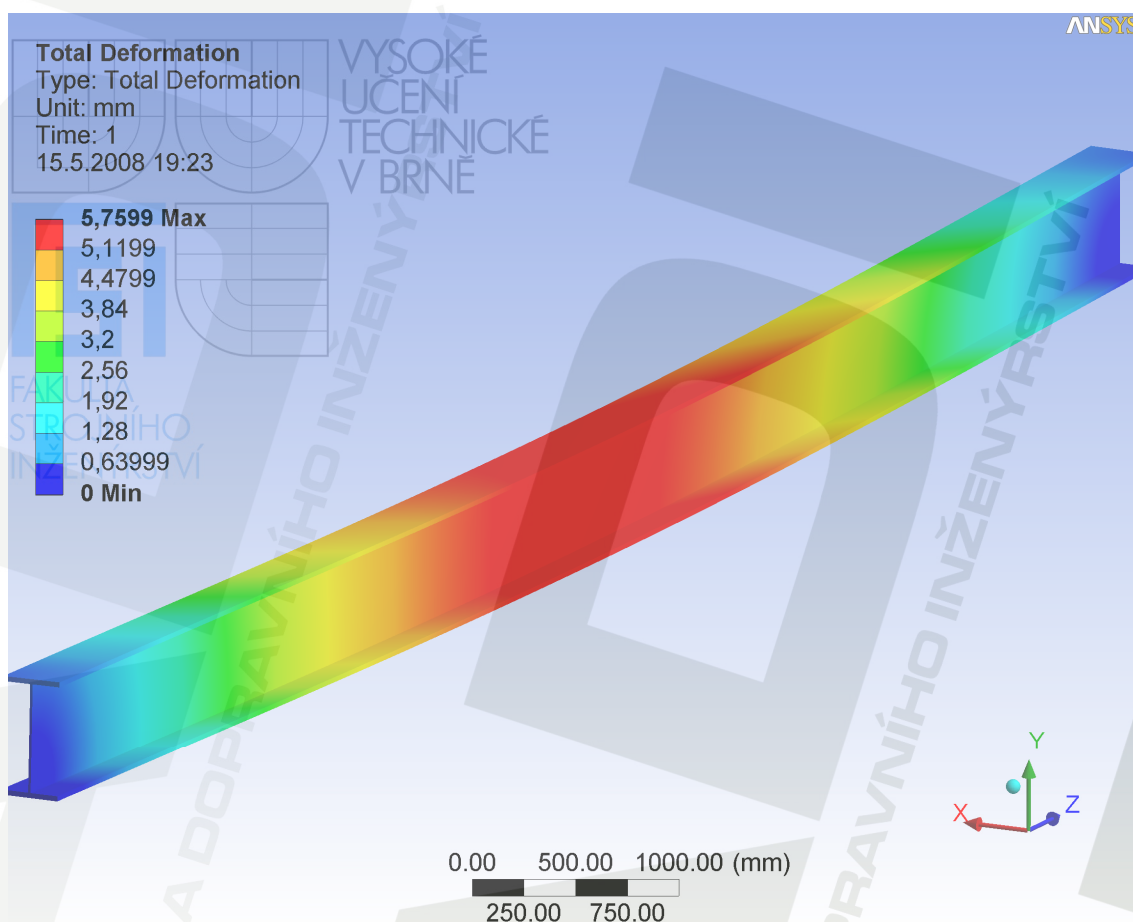


Obr. 15 Zatěžující síly a umístění podpor na nosníku HEA 600

Výsledné napětí v maximálním průhybu nosníku je 36,3 MPa a velikost průhybu je 5,8 mm. Velikost napětí je vyhovující z hlediska pevnosti materiálu nosníku. Nosník je takto dimenzován proto, aby bylo dosaženo potřebné tuhosti. Napěťový extrém 95 MPa je způsoben podporou nutnou pro výpočet a v realitě nemůže nastat. Je tudíž zanedbatelný.



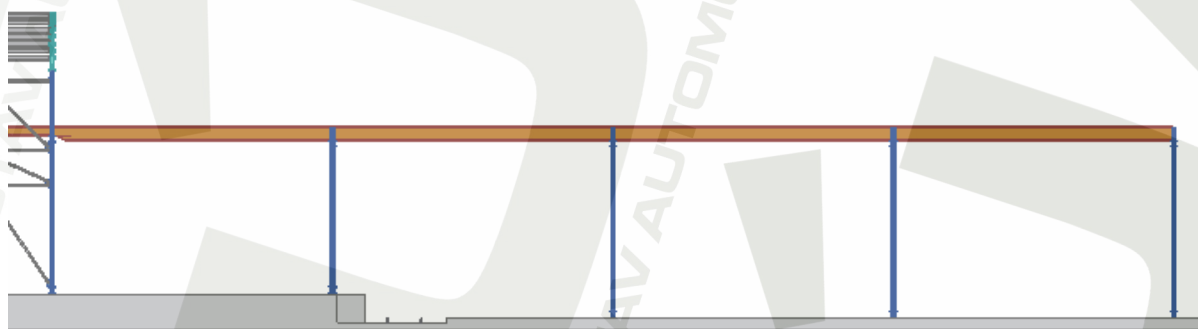
Obr. 16 Napětí v nosníku HEA 600, napěťový extrém, jenž je způsoben podporou, reálně nenastane



Obr. 17 Průhyb v nosníku HEA 600

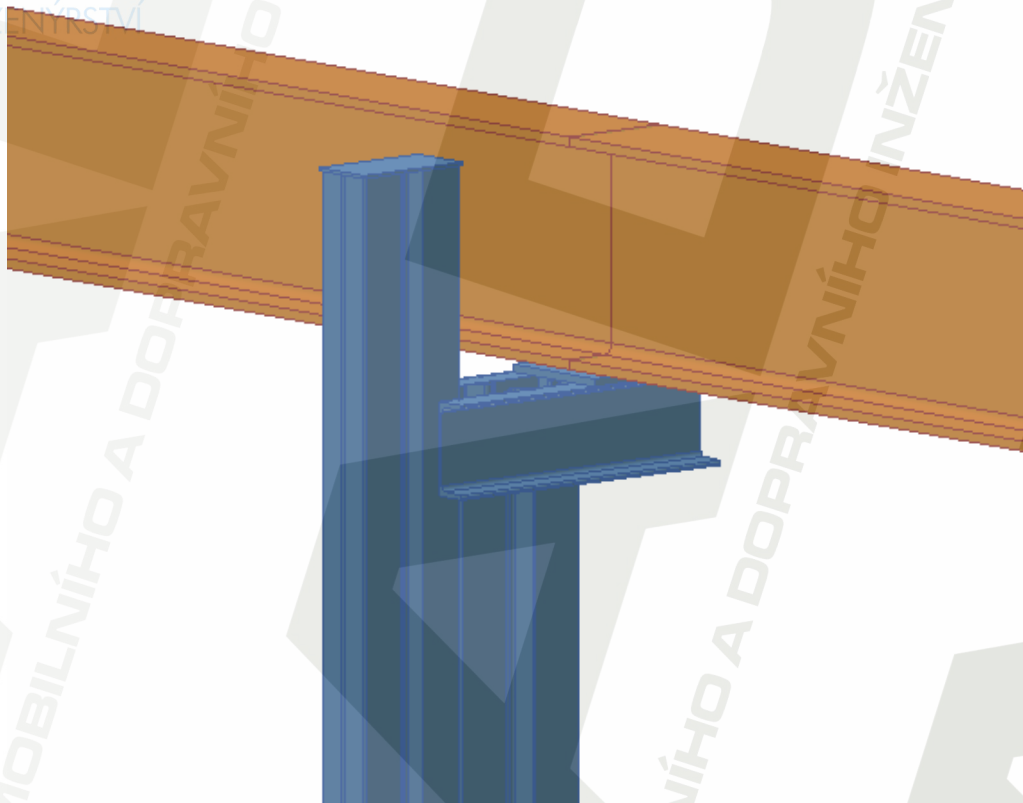
3.2.3.3 Úprava sloupů použitých pro venkovní sklad

Pro venkovní sklad budou použity shodné sloupy jako pro středovou část skladovací haly. Jsou to sloupy s označením 513-115-196. Tyto sloupy budou z důvodu terénního výškového rozdílu a z důvodu použití jiné výšky HEA profilu pro jeřábovou dráhu délkově odlišné v určitých částech.



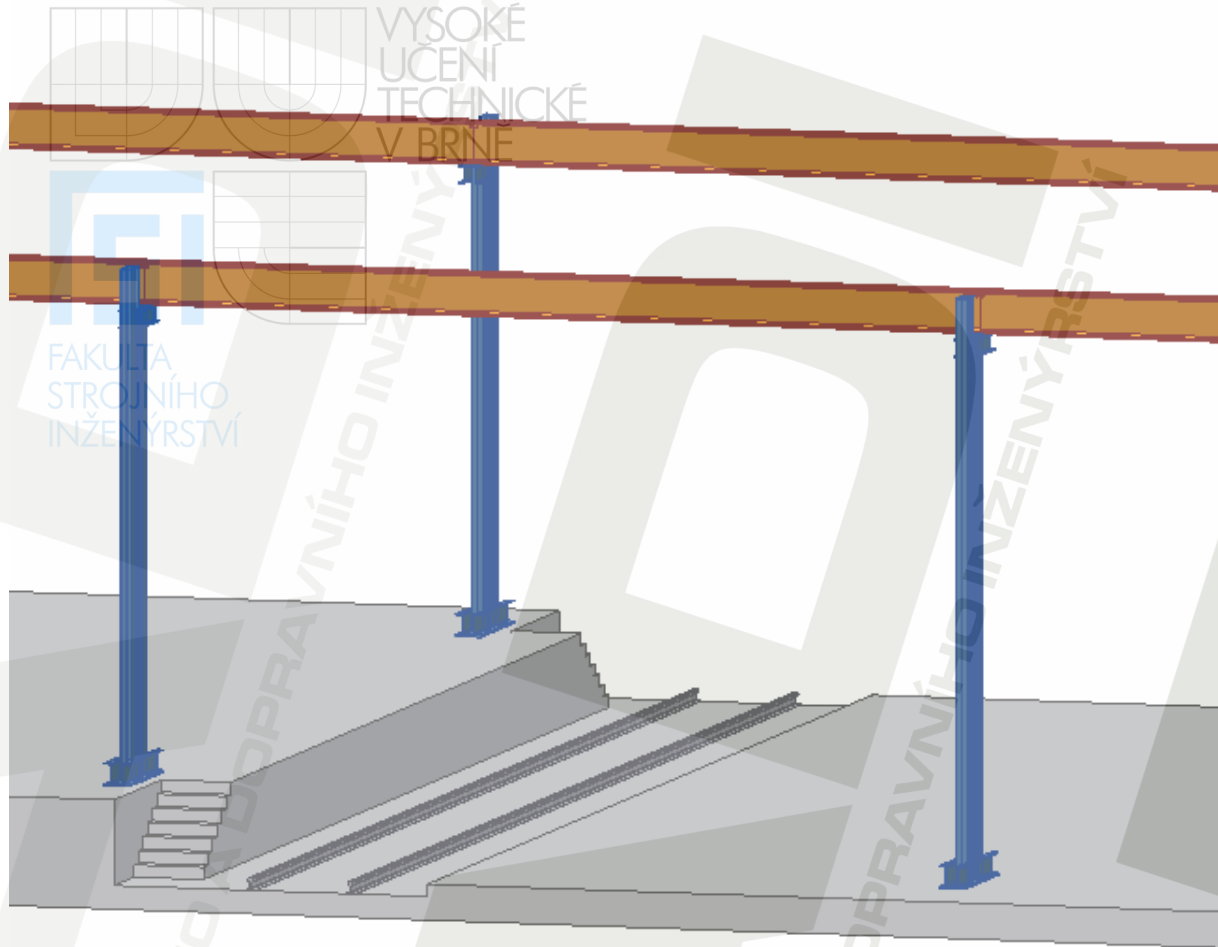
Obr. 18 Venkovní část jeřábové dráhy s terénním schodem

Délková odlišnost bude spočívat ve kratší části sloupu pro upevnění vazby modulu haly a to z důvodu, že ve venkovní části skladu by tato část sloupu byla zbytečná. Délka od patky jeřábové dráhy po konec sloupu bude shodná s výškou HEA profilu tj. 590 mm. Tato část sloupu bude sloužit k upevnění HEA profilu v příčném směru, tak aby uchycení přenášelo zatížení od příčeni mostového jeřábu a nemohlo vlivem těchto příčných sil dojít k vyvrácení HEA profilu.



Obr. 19 Kratší část sloupu v místě upevnění příčné vazby

Druhou odlišností bude jiná délka mezi patkou sloupu a patkou pro jeřábovou dráhu. Tato část bude u prvního sloupu venkovní části skladu kratší než u sloupů haly, to z důvodu použití jiného profilu HEA, rozdíl mezi nosným prvkem jeřábové dráhy haly, tj. HEA 400 a nosným prvkem jeřábové dráhy venkovního skladu, tj. HEA 600 je 200 mm. O tento rozměr bude část sloupu kratší. Zbývající tři sloupy venkovní části jeřábové dráhy budou v části mezi patkou sloupu a patkou pro jeřábovou dráhu prodlouženy. Toto prodloužení je z důvodu terénního rozdílu mezi podlahou skladu a podlahou venkovní části skladu za koleji. Výška hlavy koleje bude výškově umístěna pod úroveň podlahy skladu z důvodu, aby byla možná nakládka a vykládka vagónů i pomocí vysokozdvížných vozíků. Výškový rozdíl v terénu je 1120 mm.

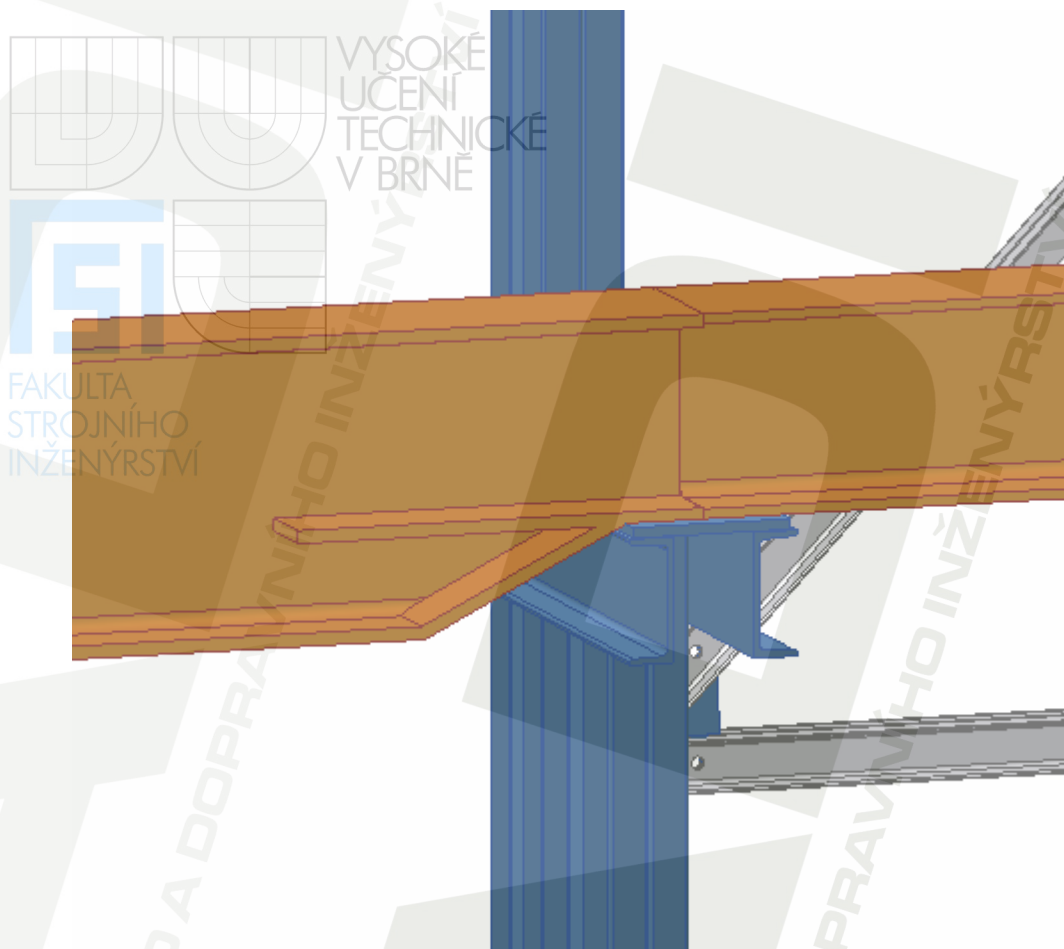


Obr. 20 Terénní výškový rozdíl činí 1200 mm

Jednotlivé sloupy venkovní části skladu budou uzemněny pomocí pásku FeZn 120 mm^2 , jenž bude pomocí šroubů M8 připevněn ke sloupu a druhý konec zapuštěn 500 mm do půdy.

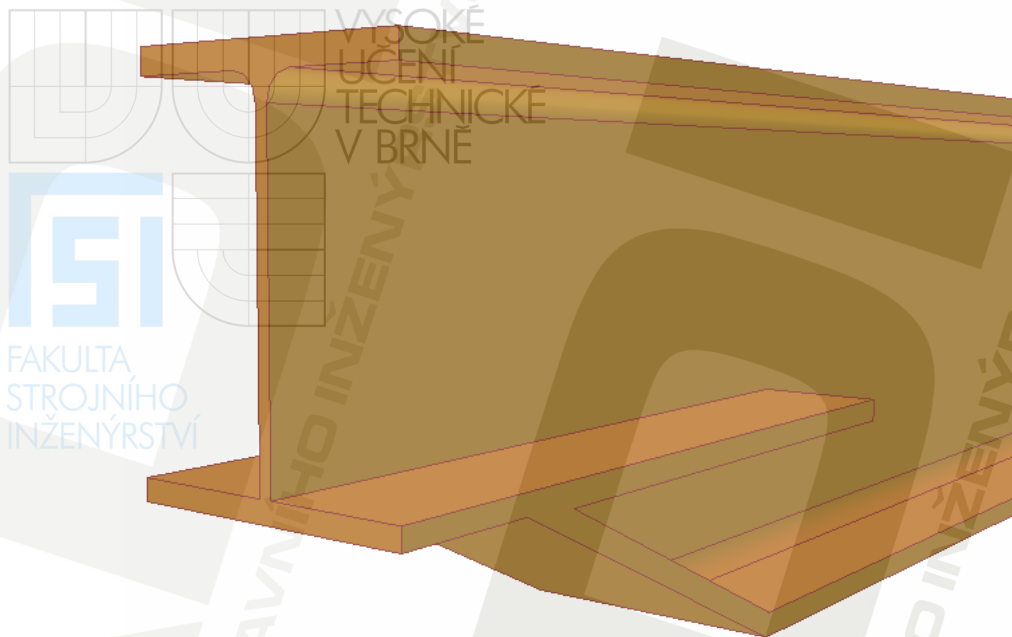
3.2.3.4 Úprava profilu HEA 600 pro vyrovnání výškového rozdílu jeřábové dráhy

Nosná část jeřábové dráhy je tvořena profily HEA 400 pro skladovou halu a HEA 600 pro venkovní část skladu. Pro vyrovnání výšky profilu je zapotřebí upravit profil HEA 600 v místě napojení na skladovou halu.



Obr. 21 Napojení profilu HEA 600 na skladovou halu

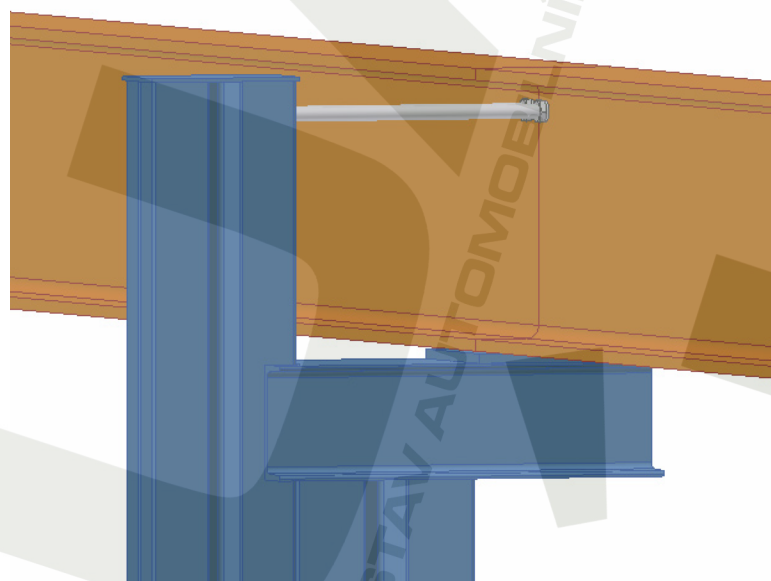
Profil HEA 600 bude upraven tak, aby po upevnění na patky pro jeřábovou dráhu byla společně s profilem HEA 400 jeho horní část určena pro upevnění kolejnice v jedné rovině. Úprava bude spočívat ve vyřezání části profilu v jeho spodní straně a následné navaření pásnic pro doplnění profilu. Pásnice ve výši 390 mm bude prodloužena, aby byl zajištěn lepší přenos silových účinků a nedocházelo k deformaci profilu vlivem zatížení.



Obr. 22 Vybrání v profilu HEA 600 a navaření doplňující pásnice

3.2.3.5 Upevnění profilu HEA 600 pro přenos příčných sil

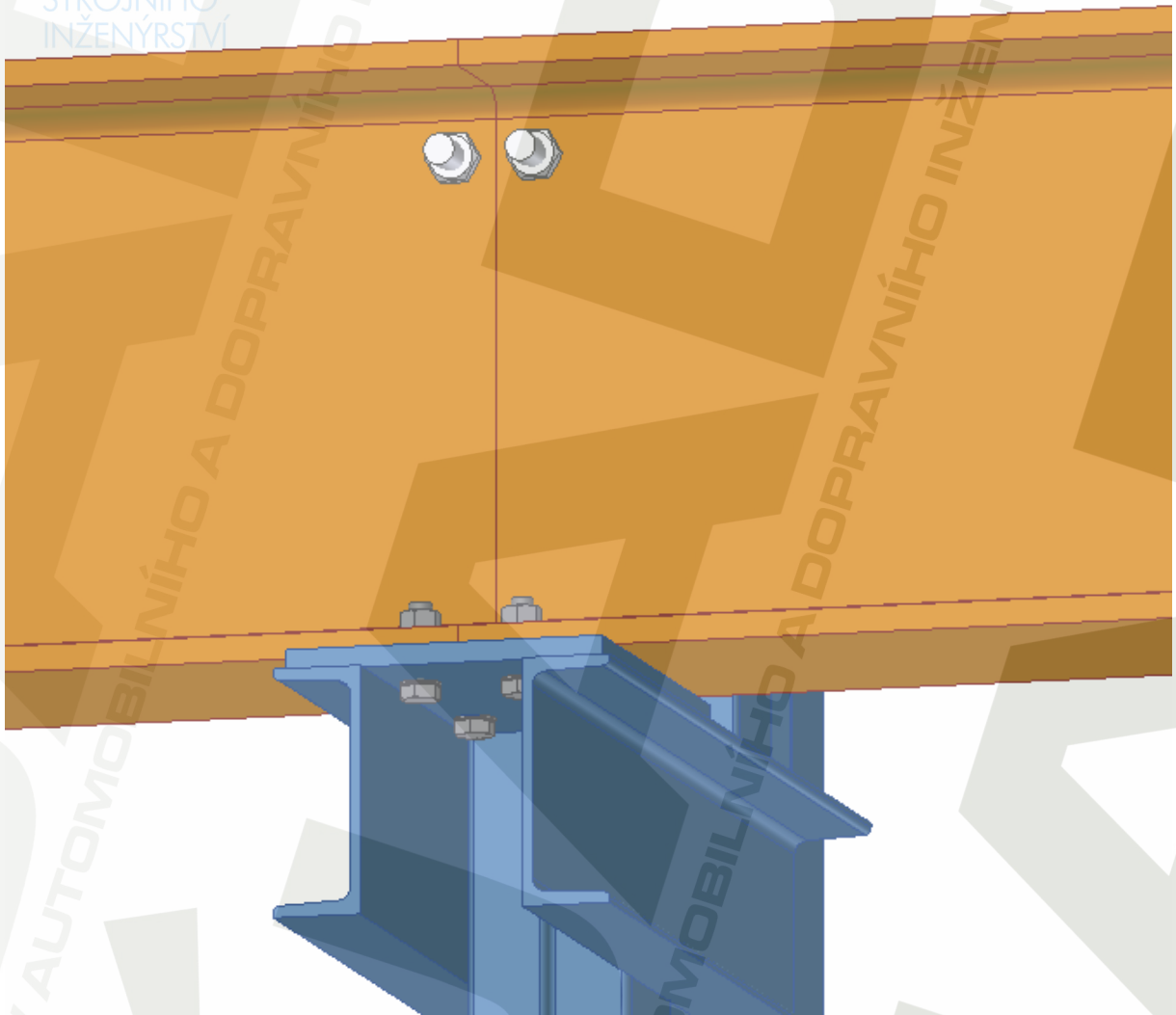
Upevnění bude provedeno pomocí šroubů. To proto, aby bylo možné provádět rektifikace jeřábové dráhy. Ke sloupům bude navařena šroubová tyč, jež bude procházet otvorem v profilu HEA a profil bude zajištěn z každé strany maticí s vějířovou podložkou. Velikost šroubu a matic bude M30 a vějířová podložka bude sloužit jako vodivé propojení nosníků a sloupů.



Obr. 23 Upevnění pro přenos příčných sil pomocí šroubů a matic M30

3.2.4 Upevnění profilů HEA k patkám pro jeřábovou dráhu

Profily budou upevněny k patkám pomocí šroubů. Šrouby budou procházet skrz profil HEA a skrz desku patky pro jeřábovou dráhu. V profilech HEA budou díry velikosti odpovídající velikosti šroubu a v patkách budou díry zvětšeny v příčném směru tak, aby bylo možné v příčném směru pohybovat s profilem z důvodu rektifikace jeřábové dráhy. Šroub bude podložen podložkou pro lepší rozložení sil. Matice bude umístěna na profilu HEA a zajištěna proti samovolnému povolení pružnou podložkou.

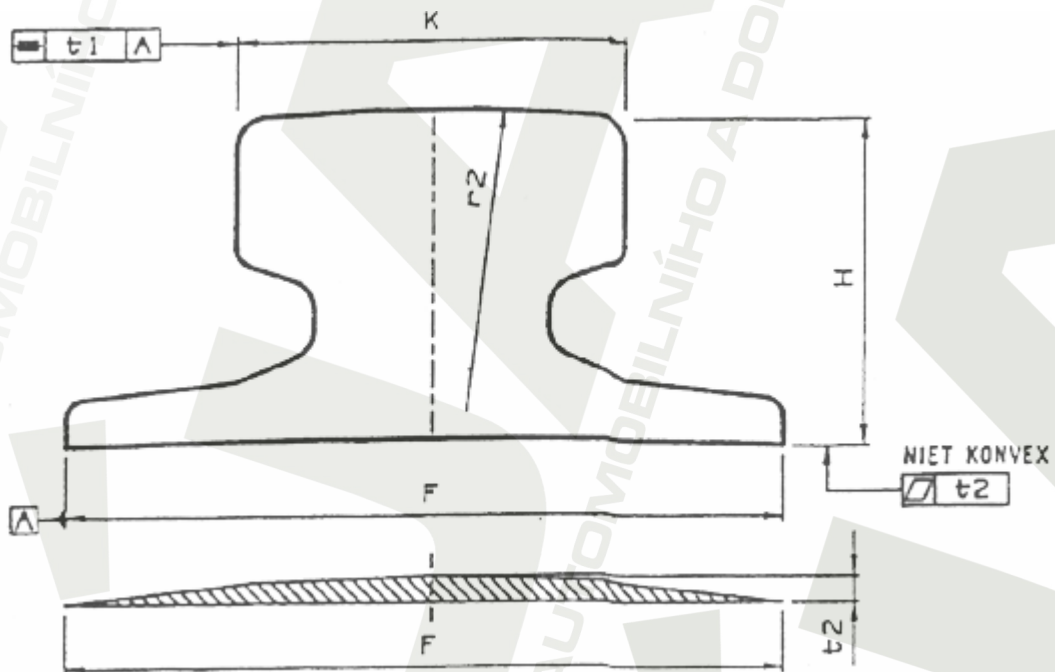


Obr. 24 Upevnění profilu HEA k patkám pro jeřábovou dráhu pomocí šroubů

3.2.5 Návrh jeřábové kolejnice a jejího upevnění

Jeřábová kolejnice je silový a vodící prvek, zajišťující vedení jeřábu při jeho pojezdu a přenos veškerých sil z jeřábu na nosníky jeřábové dráhy. Jeřábová kolejnice musí zajišťovat dobré vedení jeřábu, aby se zbytečně neopotřebovaly kola mostového jeřábu nebo kolejnice samotná, tudíž má velký požadavek přesného a přímého uložení na nosných prvcích jeřábové dráhy. Dále musí být její upevnění k nosným prvkům jeřábové dráhy natolik pevné, aby síly vstupující do kolejnice z pojezdových kol mostového jeřábu byly bezpečně přeneseny na nosné prvky jeřábové dráhy, ale zároveň aby nedocházelo k vymačkávání materiálu nosných prvků a nebo kolejnice v místě styku způsobené.

Jeřábová kolejnice pro pojezd mostového jeřábu bude typu DIN 536, tento typ kolejnice je v současné době nejpoužívanějším profilem pro pojezd mostových jeřábů. Její největší předností je nízká výška H , která zajišťuje dobrou tuhost při zatížení bočními silami způsobenými pojezdem kočky nebo přičlením jeřábu, jenž jsou dále přenášeny na samotný nosník jeřábové dráhy. Jeřábová kolejnice typu DIN 536 se vyrábí v různých velikostech měnících se především podle velikosti zatížení od pojezdových kol, vycházející z dovoleného tlaku v materiálu jeřábové kolejnice.



Obr. 25 Profil jeřábové kolejnice DIN 536

Odstupňovaná řada velikostí vyráběných jeřábových kolejnic typu DIN 536 (Tab. 6).

Tab. 6 – Řada velikostí kolejnic DIN 536

Kolejnice	F		K		H		r2	t1	t2	Váha kg/m
		tol.		tol.		tol.				
A 45	125	1,5 -3	45	± 0,6	55	± 1	400	2	0,6 0	22,1
A 55	150	1,5 -3	55	± 0,6	65	± 1	400	2	0,6 0	31,8
A65	175	1,5 -4	65	± 0,8	75	± 1	400	2	0,6 0	43,1
A 75	200	2 -5	75	± 0,8	85	± 1	500	2	0,8 0	56,2
A 100	200	2 -5	100	± 1	95	± 1,5	500	3	0,8 0	74,3
A 120	220	2 -5	120	± 1	105	± 1,5	600	3	1 0	100
A 150	220	2 -5	150	± 1	150	± 1,5	800	3	1 0	150,3

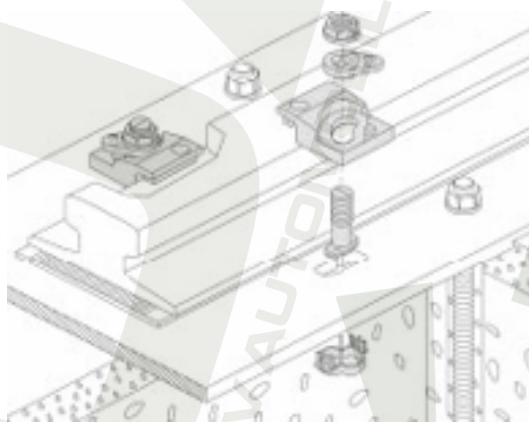
Po konzultaci s danou firmou mi byla doporučena pro zatížení od jeřábu o nosnosti 8 000 kg a maximální možné hmotnosti mostového jeřábu 6 000 kg velikost kolejnice A65, jež svými rozměry splňuje požadavky pro dovolené zatížení od pojezdových kol mostového jeřábu. Spoje kolejnice budou svařované a ve středu délky jeřábové dráhy bude dilatační spára kde, kolejnice budou na sebe navazovat pod úhlem 45°.

Jeřábová kolejnice mostového jeřábu typu DIN 536 bude připevněná pomocí patentovaných svěrek GANTREX série 41 firmy GANTRY CZ s.r.o..

Patentované svěrky GANTREX série 41 jsou vyvinuty pro elastické upevnění jeřábových kolejnic přišroubováním, a to s pružnou podložkou. Tyto svěrky jsou navrženy z hlediska současných požadavků na vhodný upevňovací systém umožňující stranovou stavitelnost a bezpečné zachycení vodorovných sil zaváděných do kolejnice pojezdovým kolem. Nízká konstrukční výška svěrek dovoluje jejich použití také v případech, kdy je zařízení vedeno pomocí vodících kladek. Svěrky jsou plynule bočně stavitelné a to dle typu od 10 do 15 mm, a to ne jenom během montáže, ale také po montáži. Patentový systém, působící jako klín v podélném směru v kombinaci s dvojitým sklonem obou částí svěrky, působí samosvorně. Hlavními výhodami těchto svěrek za použití pružné podložky pod kolejnicí jsou:



- zachycení velkých vodorovných sil
- zachycení válcovenských tolerancí jeřábové kolejnice
- zamezení prahovému namáhání upevňovacích šroubů
- zajištění potřebného předpětí
- zamezení možnosti rozjetí kolejnice při jejím rozlomení
- znemožnění uvolnění matek působícím protitlakem
- výrazné snížení hladiny hluku způsobeného vibracemi při pojezdu jeřábu



Obr. 26 Upevnění svěrek GANTREX

Svěrky se upevňují k nosné části pomocí šroubů kvality 8.8 dle normy DIN, svěrky se montují vždy v poloze proti sobě.

Podložka pod jeřábovou kolejnicí bude použita typu MK6 od stejné firmy GANTRY CZ s.r.o. která je speciálně vyvinuta pro pružné uložení jeřábových kolejnic pojezdu. Jejím hlavním úkolem je:

- rozložit zatížení na větší délku nosníku
- odstranit bodové zatížení a tím i z něho vycházející projevy únavy
- redukovat ohybové namáhání na horní pásnici nosníku
- zachytit nerovnosti kontaktních ploch mezi jeřábovou kolejnicí a nosníkem
- redukovat hladinu vibračí a tím i hladinu hluku
- zjemnit pojezd jeřábu

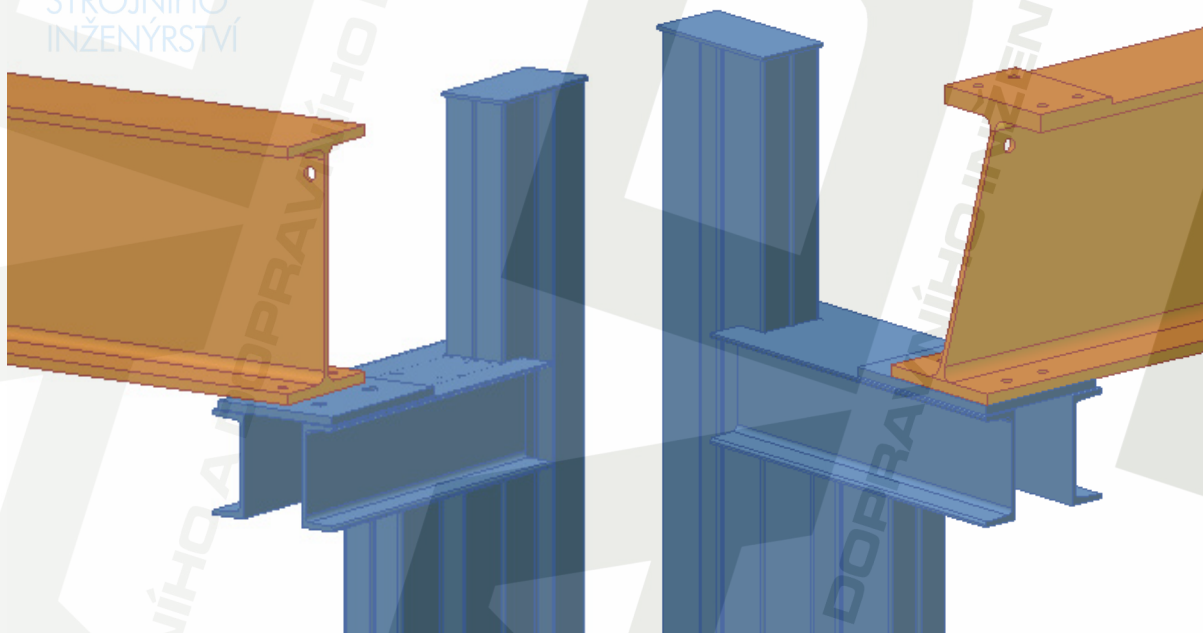
Podložka je zhotovena ze syntetického elastomeru, který je obzvlášť odolný proti opotřebení a necitlivý proti bodovému zatížení. Odolává olejům, kyselinám a UV záření.



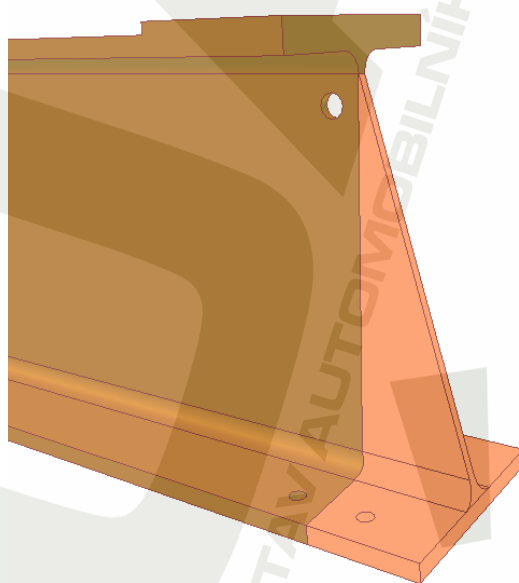
Obr. 27 Pružná podložka pod jeřábovou kolejnicí MK6

3.2.6 Úprava profilů HEA 400 a HEA 600 pro konce jeřábové dráhy

Profily HEA 400 a HEA 600 se dodávají pouze v maximálních délkách 12 000 mm. Z důvodu lepšího upevnění k patkám pro jeřábovou dráhu na koncích jeřábové dráhy budou profily HEA upraveny prodloužením jejich spodní části tak, že budou přivařeny plocháče doplňující profil nosníku. Díky této úpravě bude možné upevnit nosný profil čtyřmi šrouby a bude tím zajištěn lepší přenos silových účinků na patky pro jeřábovou dráhu.



Obr. 28 Profil HEA před a po úpravě pro konce jeřábové dráhy

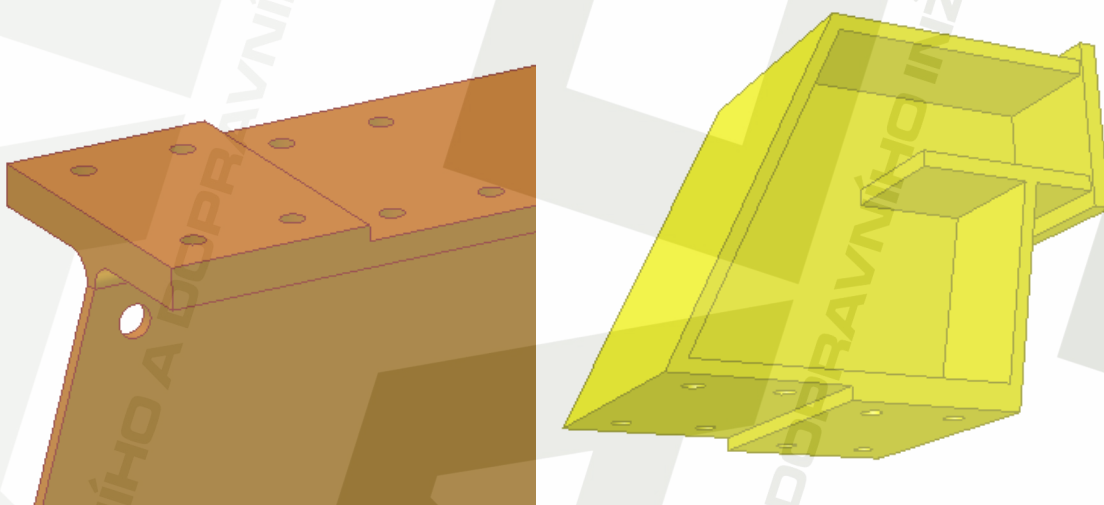


Obr. 29 Přivařená část k profilu HEA

3.2.7 Konstrukce a upevnění nárazek jeřábové dráhy

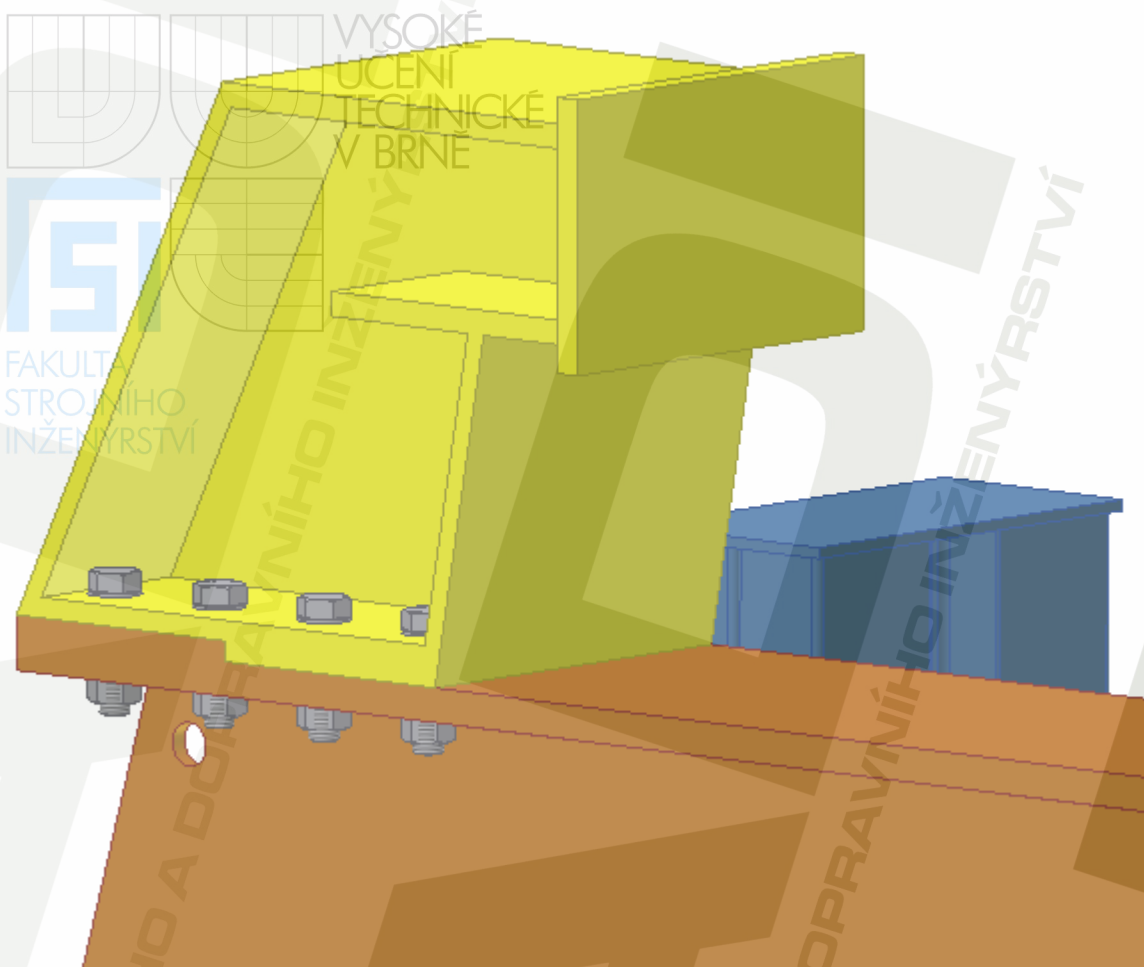
Narážky jeřábové dráhy slouží k zachycení pojíždějícího mostového jeřábu po jeřábové dráze, aby jeřáb nemohl z ní sjet a havarovat. Jsou řešeny jako konstrukční prvky upevněné k nosnému profilu pomocí šroubů, ovšem nárazová síla je přenášena na nosný profil tvarovým stykem.

Narážka bude zhotovena jako svařenec z tlustostěnných plechů, pro přenos nárazové síly bude sloužit tvarové vybrání mezi nárazkou a nosníkem jeřábové dráhy. Nárážka bude upevněna k nosníku pomocí osmi šroubů M22 s maticí pojištěnou pružnou podložkou.



Obr. 30 Tvarové vybrání v nosníku jeřábové dráhy a nárážky sloužící pro přenos sil

U jeřábů s motorickým pohonem o rychlostech větších jak $0,63 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ musí být jeřáb opatřen nárazníky pryžovými, pružinovými, nebo hydraulickými systémy apod.



Obr. 31 Narážka jeřábové dráhy upevněná šrouby k nosníku

3.3 Revizní plošina

Jelikož jeřáb bude ovládaný ze země pomocí dálkového rádiového ovladače a není nutnost, aby jeřábová dráha byla vybavena lávkou a tudíž ani revizní lávkou, ale dle ČSN 73 5130 bodu 4.3.5 je nutné vybavit jeřábovou dráhu revizní plošinou, která slouží ke kontrole, údržbě a opravám jeřábu dle bodu 4.4.1 normy ČSN 73 5130.

Revizní plošina se obvykle umísťuje tak, aby byla přibližně 1 500 mm pod úroveň výšky jeřábové dráhy, přičemž rozměry plošiny se určují s ohledem na podmínky kontroly, údržby a opravy jeřábu. Je možné, aby revizní plošina měla kromě své příčné části také podélnou část ve směru jeřábové dráhy. Světlá šířka revizní plošiny se navrhuje s ohledem na podmínky kontroly, údržby a oprav jeřábu, nesmí však být menší než 500 mm. Šířka podlahy mezi ochrannými lištami smí být nejvýše o 50 mm menší než požadovaná světlá šířka plošiny. Podchodná výška nad revizní plošinou musí být nejméně 2 100 mm, přičemž se však dovoluje její místní snížení až na výšku 1 800 mm. V místě snížení podchodné výšky musí být provedeno výstražné barevné značení pevné překážky podle ČSN ISO 17398. Výstup na

revizní plošinu může být zajištěn schodištěm, nebo přenosným i nepřenosným žebřem. Podlaha plošiny musí být provedena tak, aby se omezila možnost uklouznutí osob. Doporučuje se použít ocelové rošty, žebrované ocelové plechy nebo ocelový plech s oválnými výstupky. Podlaha plošiny určená pro odkládání demontovaných částí jeřábu musí být z ocelových plechů a navržena pro zvýšené zatížení. Podlaha plošiny umístěna výše než 1 500 mm nad zemí, musí být ohraničena ochrannou lištou vysokou nejméně 100 mm nad úrovní podlahy. Ochranná lišta se nepožaduje na stranách plošiny přilehlých ke stěně nebo s vůlí nejvýše 30 mm a také tam, kde funkci ochranné lišty plní kolejnice jeřábové dráhy. Kolejnice jeřábové dráhy může plnit funkci ochranné lišty jen u lávek umístěných v úrovni horního pásu nosníku jeřábové dráhy, pokud vzdálenost mezi okrajem podlahy a okrajem nosníku nepřesahuje 30 mm.

Řešení revizní plošiny

Revizní plošinu je také možné nahradit pohyblivou pracovní plošinou splňující ČSN EN 280. K tomuto řešení se přikláním z důvodu možného rozšíření skladové haly o větší počet mostových jeřábů na společné jeřábové dráze. Jelikož by pro umístění dalšího mostového jeřábu na společnou dráhu bylo zapotřebí vybudování nové revizní plošiny, navrhuji z důvodu finančního a také časově omezujícího při následném budování další revizní plošiny použít pohyblivou pracovní plošinu splňující podmínky dané ČSN EN 280.

3.4 Tolerance a úchytky pro konstrukci jeřábové dráhy

Geometrický útvar jeřábové dráhy pro bezpečný provoz jeřábů je vymezen tolerancemi pro výrobu, montáž a provoz jeřábových drah podle normy ČSN 73 2611

Stanovené tolerance platí pro nové jeřábové dráhy. Jsou stanoveny pro standardní teplotu 20°C. Jsou-li za provozu tyto tolerance překročeny o 20%, musí se jeřábová dráha vyrovnat. Po znatelném zhoršení jízdních vlastností jeřábu může být účelné jeřábovou dráhu vyrovnat i když překročení tolerancí ještě nedosáhlo 20%.

Největší tolerance Δl rozchodu jeřábové dráhy l v metrech je pro $L > 10$ m

$$\Delta l = \pm [3 + 0,25 \cdot (L - 10)] \text{ mm, avšak maximálně } \pm 15 \text{ mm}$$

$$\Delta l = \pm [3 + 0,25 \cdot (16,5 - 10)] = \pm 4,63$$

$$\Delta l = \pm 4,63 \text{ mm}$$

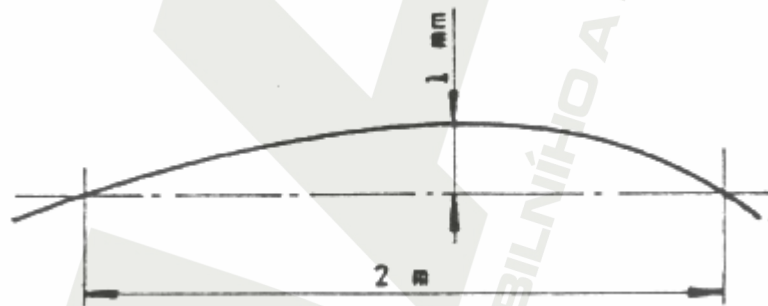


Obr. 32 Rozchod jeřábu a jeho úchylka

Při poloze jeřábové kočky ve středu jeřábu, z důvodu rovnoměrného rozložení její hmotnosti, se předpokládá stejný průhyb u obou kolejnic. Tím je taky určena určitá symetrie jeřábové dráhy v její podélné ose.

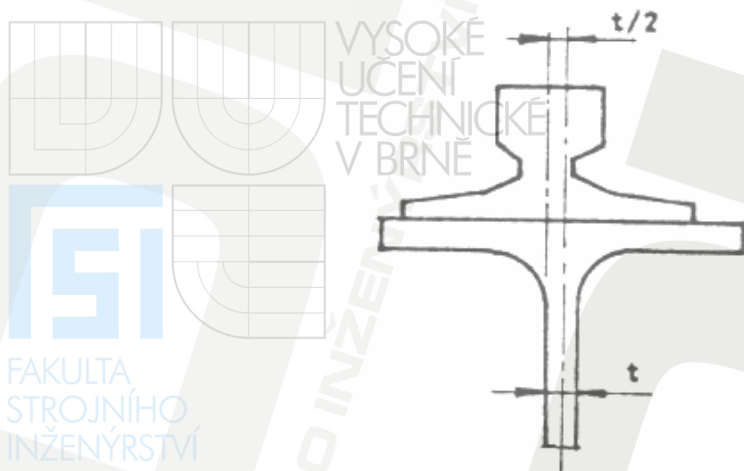
Největší dovolená tolerance výškové úrovně hlavy kolejnice od teoretické výšky jeřábové dráhy je ± 10 mm. Teoretická výška je dána buď vodorovnou rovinou nebo využitelnou teoretickou vyklenutou křivkou. Výškové úrovně obou kolejnic mohou v příčném směru vykazovat rozdíl 10 mm. Výšková úchylka v podélném směru kolejnice v každém bodě měřené délky 2 m nesmí překročit 2 mm.

Pro celkovou délku kolejnice je největší hodnota tolerance v bočním směru ± 10 mm. Podélná středová osa kolejnice ve vodorovné rovině nesmí překročit boční úchylku ± 1 mm na délce 2 m.



Obr. 33 Maximální boční úchylka

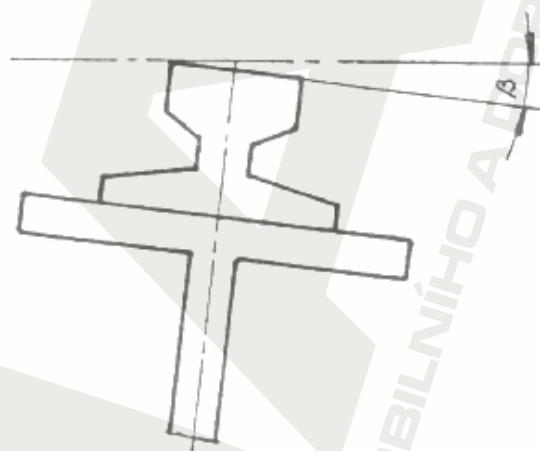
S přesazením v místech spojů kolejnice se neuvažuje, doporučuje se používat svarové spoje. Svislá osa stojiny kolejnice nesmí být posunuta vzhledem ke svislé ose nosníku více než o polovinu tloušťky stěny nosníku.



Obr. 34 Maximální úchylka posunutí osy kolejnice a osy nosníku

Sklon pojezdové plochy kolejnice při porovnání s teoretickou polohou plochy nesmí překročit hodnoty:

- podélně: $\tan \beta \leq 0,003$
- bočně: $\tan \beta \leq 0,005$



Obr. 35 Sklon pojezdové plochy

Příčné a výškové úchytky polohy kolejnice, úchytky rozchodu jeřábové dráhy a rozdíl výškových úrovní obou kolejnic se musí zjišťovat v místech podpor dráhy.

Jsou-li na jeřábové dráze v době měření jeřáby, musí být přemístěny do krajní polohy jeřábové dráhy a být mimo provoz.

Po montáži, generální opravě nebo rekonstrukci jeřábové dráhy se musí provést kontrola jejího geometrického tvaru. Současně je nutno ověřit přípoje nosníků dráhy

k podporám z hlediska využití jejich rektifikačních možností za provozu jeřábové dráhy. Výsledky měření jeřábové dráhy po její montáži, generální opravě nebo rekonstrukci a při kontrolní prohlídce se uvedou v protokolu, který obsahuje technickou zprávu a grafické znázornění výsledků měření. Tato technická zpráva musí obsahovat:

- a) popis a údaje o jeřábové dráze
- b) účel měření
- c) stručný popis měření, údaje o použitých přístrojích a pomůckách, klimatických podmínkách
- d) jména a kvalifikaci pracovníků, kteří měření provedli
- e) zhodnocení výsledků měření, údaje o výchozích bodech
- f) posudek o dodržení, případně o překročení úchylek podle normy ČSN 73 5130

V grafickém znázornění prostorových vztahů jeřábové dráhy se vyznačuje směrový a výškový průběh číselné hodnoty vodorovných a výškových úchylek kolejnic, maximální a minimální rozchod jeřábové dráhy, úchyly v poloze čel nárazníků, sklon a vodorovné vychýlení jednotlivých polí. Protokol o zaměření jeřábové dráhy musí být zhotoven před předáním jeřábové dráhy uživateli.

3.5 Rektifikace jeřábových drah

Konstrukční řešení jeřábových drah musí dovolovat co nejsnadnější rektifikaci za účelem dosažení dovolených montážních a provozních úchylek geometrického tvaru jeřábové dráhy.

Vyrovnání jeřábové dráhy do výchozího geometrického tvaru při montáži, po rekonstrukci a při rektifikaci překročených dovolených úchylek za provozu jeřábu se řeší příčnými a výškovými posuvy nosníků a jejich přípojkách k podporám.

Jeřábové dráhy se nesmí rektifikovat:

- a) naklápěním nosníků ze svislé polohy
- b) příčným posunem kolejnice na ocelovém nosníku jeřábové dráhy o větší vzdálenost než je polovina tloušťky stěny nosníku (Obr. 33).

Doporučené velikosti a vůle v přípojích nosníků jeřábových drah pro umožnění rektifikace výrobně montážních a provozních úchylek se volí v závislosti na zatřídění jeřábové dráhy do skupiny podle předpokládaných změn geometrického tvaru jeřábové dráhy v průběhu provozu.

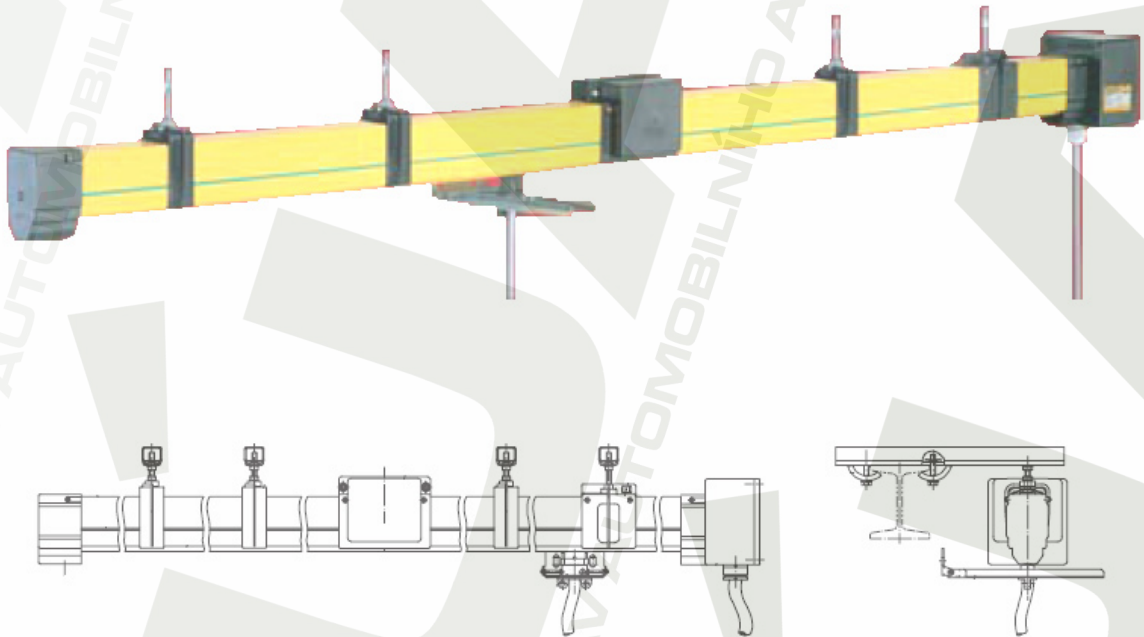
Pro skupinu J4 - předpokládají se střední změny geometrického tvaru jeřábové dráhy za provozu

příčně:	$\pm 15 \text{ mm}$
výškově:	$+ 30 \text{ mm}$ $- 10 \text{ mm}$
podélně:	$\pm 5 \text{ mm}$

3.6 Elektroinstalace pro jeřábovou dráhu

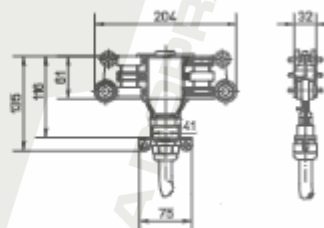
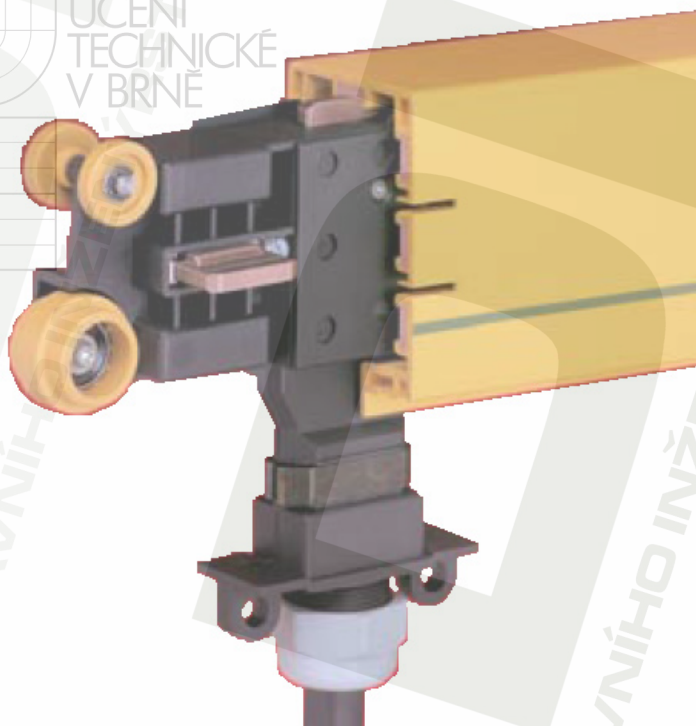
Jeřábová dráha musí být vybavena trolejí pro vedení třífázového proudu a zemněním. Pomocí této troleje je napájen mostový jeřáb.

Jako napájecí trolej bude použit zapouzdrěný napájecí profil Wampfler, jehož největší výhodou je bezpečnost před poraněním elektrickým proudem a ochrana živých částí troleje před deštěm. Elektrický proud je snímán stíracím vozíčkem, jenž je unášený mostovým jeřábem.



Obr. 36 Uzavřená trolej WAMPFLER


 VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

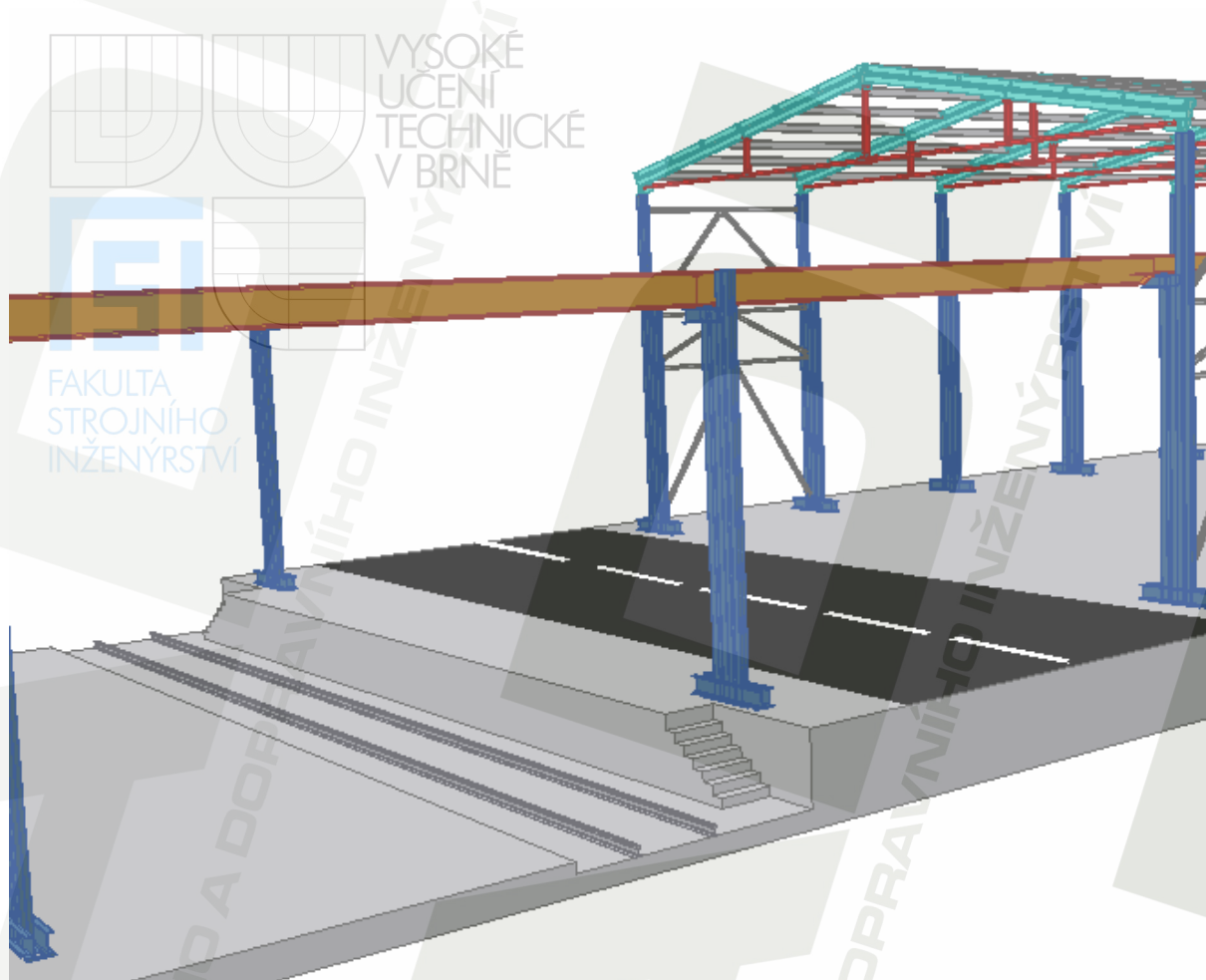
 FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ


Obr. 37 Stírací vozíček

Elektroinstalace troleje jeřábové dráhy bude provedena firmou SAR montáže s.r.o.

4 Vlečková kolej a silnice venkovního prostoru

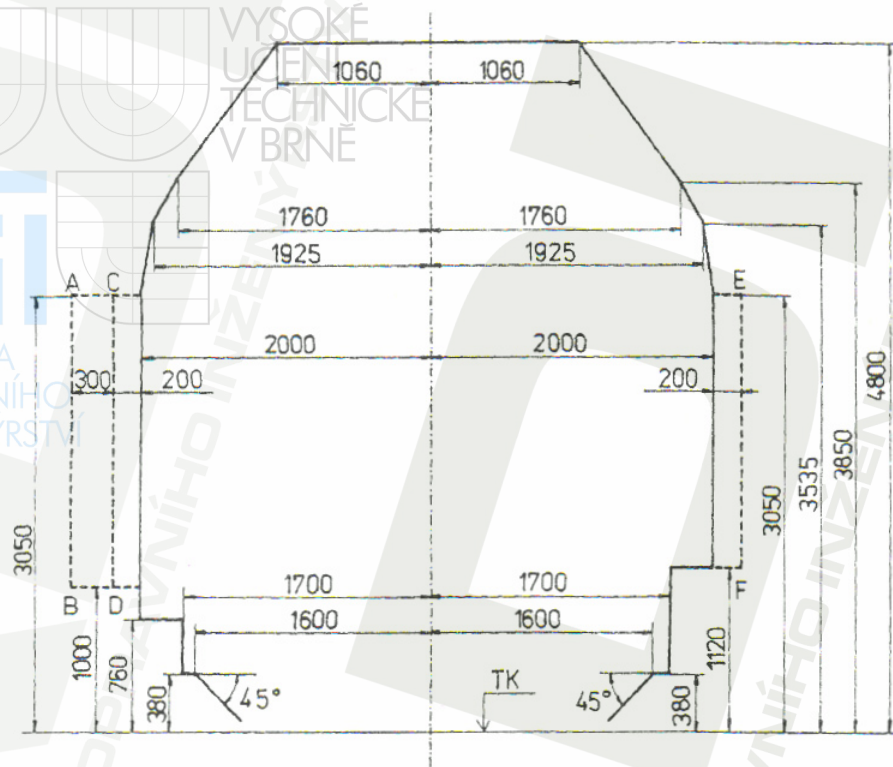
Venkovní prostor skladu bude vybaven silnicí, jež bude bezprostředně navazovat na otevřenou část skladovací haly. To z důvodu, aby materiál a výrobky nakládané či skládané z automobilové dopravy měly co nejkratší cestu ke svému uložení jak do skladové haly, tak i na venkovní část skladu. Vedle silnice bude umístěna vlečková kolej, jež bude výškově zapuštěna od úrovně silnice o 1120 mm po temeno kolejnice. Tím bude vytvořena nakládací rampa umožňující nakládku nebo skládku z nákladních vagonů pomocí vysokozdvizných vozíků nebo jiných manipulačních prostředků.



Obr. 38 Silnice navazující na halu a vlečková kolej

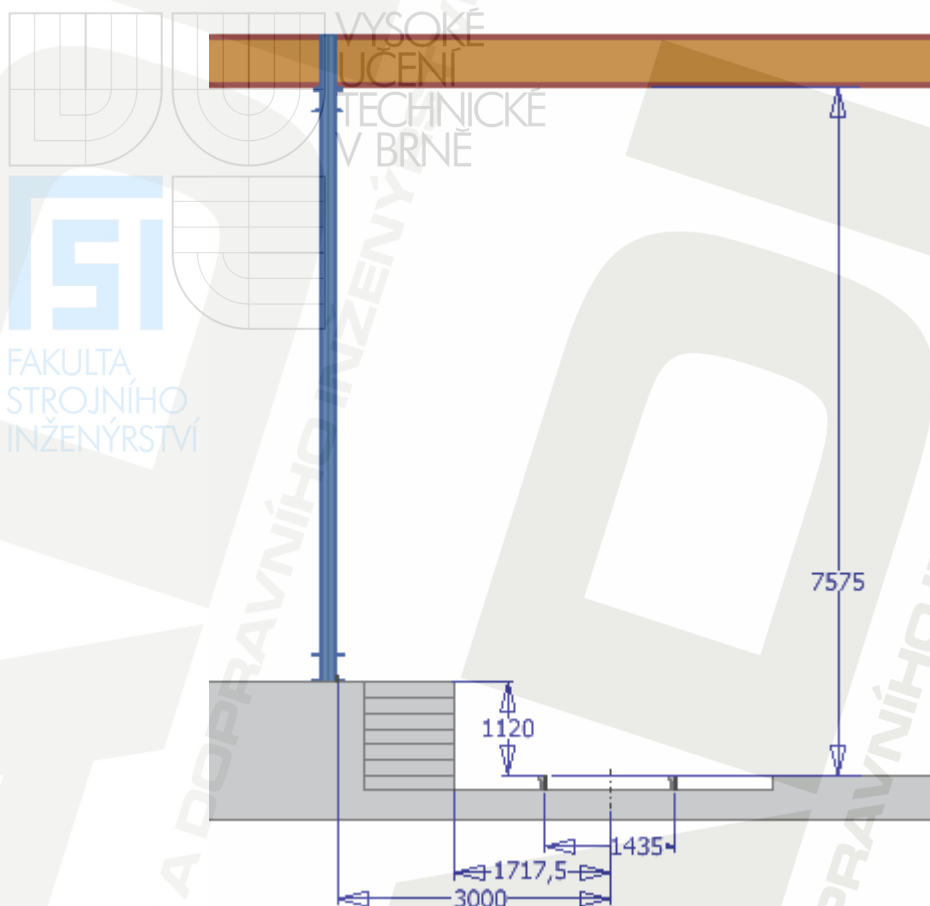
4.1 Průjezdné profily

Vlečková kolej a její bezprostřední okolí napojující se na železnice českých drah musí dle norem splňovat zachování průjezdného profilu. Ten je dán normou ČSN 73 6320. (Obr. 38). Levá strana platí pro traťové koleje, pro hlavní koleje ve stanicích a manipulačních kolejištích vleček a pro dopravní koleje. Pravá strana platí pro ostatní koleje ve stanicích a manipulačních kolejištích vleček. Body E – F platí pro všechny stavby a zařízení.



Obr. 39 Průjezdový průřez koleji ČD

Vzdálenost mezi temenem kolejnice a spodní hranou nosníků jeřábové dráhy je 7575 mm. Vzdálenost mezi osou kolejí a bokem nakládací rampy je 1717,5 mm a vzdálenost mezi temenem kolejnice a podlahou nakládací rampy je 1120 mm. Sloupy budou vzdáleny od osy kolejí 3000 mm a ve vzniklém prostoru budou vybudovány schody překonávající výškový rozdíl.



Obr. 40 Rozměry průjezdných vůlí

4.2 Bezpečnostní značení a šrafování

Z bezpečnostních důvodů musí být průjezdní profily silnice, vlečkové koleje a nakládací rampy opatřeny bezpečnostním šrafováním dle normy ČSN ISO 3864.

4.3 Bezpečnostní zábradlí nakládací rampy a schodiště

Nakládací rampu a schodiště je nutné vybavit zábradlím. Zábradlí musí splňovat podmínky dané normou ČSN 74 3305.

Navrhuji zábradlí nakládací rampy vytvořit jako sloupy zasunuté do otvorů v podlaze a propojené mezi sebou řetězem. Zábradlí schodiště ze strany kolejí pak jako sloupy pevně vetknuté do podloží a propojeny řetězem. Sloupy obarvit bezpečnostně výraznou barvou.

5. Další možná konstrukční řešení a návrhy

5.1 Návrh mostového jeřábu

Při dimenzování jeřábové dráhy byly vytvořeny určité omezující rozměry a hmotnosti, na které se při návrhu jeřábu musí brát ohled. Základní omezující hodnota je hmotnost mostového jeřábu, jenž je stanovena na maximální hodnotu $m_j = 6000$ kg. Jeřábová dráha má rozpětí $L = 16,5$ m vyplývající z rozměrů haly. Rozpětí kol příčnicku je dáno jako minimální možná vzdálenost výpočtem pro příčné zatížení jeřábové dráhy na $s_{\min} = 2000$ mm.

Nejvýhodnější je použití mostového jeřábu jednonosíkového s podvěsnou jeřábovou kočkou. Výhodou je nižší hmotnost a tím i pořizovací cena než u mostových jeřábů dvounosíkových.

Pro zvýšení přepravní kapacity pomocí mostového jeřábu je možnost instalace dalších mostových jeřábů. Při rozšíření počtu mostových jeřábů je nutno vybavit mostové jeřáby protikolizním zařízením dle nařízení vlády 378 / 2001 Sb. Příloha 2. článek 6.

5.2 Uzavírání haly

Hala má jedno své čelo otevřené, protože jím pokračuje jeřábová dráha ven. Pro zlepšení podmínek pracovníků manipulujících s mostovým jeřábem zejména v zimním období, navrhuji vytvořit uzavírání čela haly. Při uzavření haly je možnost halu vytápět a využívat ji ve větším rozsahu.

Uzavírací vrata bych navrhoval v provedení stejném jako vrata průmyslová, ovšem větších rozměrů a tvarově přizpůsobené tak, aby po otevření vrat byl dodržen bezpečný průjezdní profil mostového jeřábu dán normou ČSN 27 0140.



Obr. 41 Průmyslová vrata

6 Závěr

Diplomová práce se zabývá návrhem a koncepcí skladovací haly a venkovního skladovacího prostoru. Dále návrhem a koncepcí jeřábové dráhy, po níž bude pojíždět mostový jeřáb o nosnosti 8000 kg. Skladovací hala je hala typu HARD PJ 8,7 – 18m. Je to hala s šířkou 18 metrů a světlou výškou 8,7 metrů, délka haly je tvořena devíti příčnými moduly, jež jsou od sebe vzdáleny 6000 mm. Tato hala je opláštěná tvarovaným plechem a její střecha je zhotovena z trapézových plechů. Nosné prvky haly jsou vytvořeny z tenkostěnných profilů navržených již neexistujícím podnikem RD Jeseník tak, aby z profilů bylo možné poskládat haly různé rozmanitosti a potřeb. Sloupy jsou kotveny k podloží pomocí zabetonovaných šroubů. Vazníky jsou drženy táhly a závěsy a jako celek jsou upevněny šrouby ke sloupům. Hala bude nezateplená a jedna její čelní stěna bude otevřená. Jeřábová dráha v hale je tvořena profilem typu HEA 400 s výškou profilu 390 mm a prochází jednou čelní stěnou haly ven, kde navazuje na jeřábovou dráhu venkovního skladu. Velikost otevření splňuje požadavky bezpečných vůlí pro průjezd mostového jeřábu. Venkovní jeřábová dráha je tvořena sloupy stejného typu, jež jsou použity v hale, tyto sloupy jsou ovšem délkově upraveny z důvodu terénního výškového rozdílu. Jeřábová dráha venkovní části skladu je tvořena profilem HEA 600 s výškou profilu 590 mm. V místě styku jeřábové dráhy haly a jeřábové dráhy venkovního skladu je upraven nosník tak, aby návaznost jeřábové dráhy byla plynulá. Mostový jeřáb pojíždí po jeřábové kolejnici typu DIN 536 s šířkou hlavy kolejnice 65 mm. Styk jeřábových kolejnic je svařen a ve středu délky jeřábové dráhy je vytvořena dilatační spára. Upevnění jeřábové kolejnice je pomocí šroubů a pružných svěrek Gantrex série 41. Pod jeřábovou kolejnicí je použita pružná podložka, to z důvodu zlepšení styku mezi kolejnicí a nosníkem a pro snížení hluku vzniklého chvěním při pojezdu mostového jeřábu, který se přenáší do celé konstrukce. Venkovní prostor skladu je rozdělen na několik částí. Nejbližší ke skladovací hale je silnice, která bude zajišťovat nakládku a vykládku pro kolovou dopravu. Vedle silnice je umístěna vlečková kolej, jež je zapuštěna pod úroveň silnice a to z důvodu, aby byla umožněna nakládka nebo vykládka z kolejové dopravy i za pomoci vysokozdvížných vozíků či jiných manipulačních zařízení. Nakládací rampa je vybavena zábradlím, které bude pro případy potřeby odnímatelné. Zbývající část venkovního skladu je v úrovni temene kolejnic. Jeřábová dráha je dále vybavena narážkami a napájecí trolejí pro mostový jeřáb. Nosníky jsou zkontrolovány pomocí výpočtového programu ANSYS Workbench na maximální dovolené napětí. Dimenzování nosníků umožňuje použití více mostových jeřábů pro zvýšení přepravní kapacity. Po dalších úpravách je možné, aby otevřená hala byla uzavíratelná pomocí průmyslových vrat a při použití zateplení možnost vytápění objektu.

7 Seznam použitých zdrojů

- [1] RD Jeseník: HARD projektový podklad pro haly PJ 8,7 – 18m : RD Jeseník, 1986
- [2] VÁVRA, Pavel a kol.: Strojnické tabulky pro SPŠ strojnické : SNTL, 1984
- [3] ČSN 27 0103 : 1991. Navrhování ocelových konstrukcí jeřábů : Český normalizační institut, 1989. 68 s.
- [4] ČSN 27 0140-1 : 1997. Jeřáby a zdvihadla. Projektování a konstruování. Společná ustanovení : Český normalizační institut, 1996. 5 s.
- [5] ČSN 27 0140-2 : 1987. Jeřáby a zdvihadla. Projektování a konstruování. Bezpečné vzdálenosti : Český normalizační institut, 1986. 4 s.
- [6] ČSN 27 0140-6 : 1986. Jeřáby a zdvihadla, Projektování a konstruování, Bezpečnostní zařízení a vybavení : Český normalizační institut, 1986. 10 s.
- [7] ČSN 42 5678 : 1982. Kolejnice pro jeřábové dráhy z ocelí třídy 10, válcované za tepla. Rozměry : Český normalizační institut, 1981. 6 s.
- [8] ČSN 73 0005 : 1990. Modulová koordinace rozměrů ve výstavbě. Základní ustanovení : Český normalizační institut, 1989. 48 s.
- [9] ČSN 73 0035 : 1988. Zatížení stavebních konstrukcí : Český normalizační institut, 1986. 6 s.
- [10] ČSN 73 2611 : 1981. Úchyly rozměrů a tvarů ocelových konstrukcí : Český normalizační institut, 1978. 64 s.
- [11] ČSN 73 5130 : 1994. Jeřábové dráhy : Český normalizační institut, 1994. 15 s.
- [12] ČSN 73 6320 : 1997. Průjezdne průřezy na dráhách celostátních, dráhách regionálních a vlečkách normálního rozchodu : Český normalizační institut, 1997. 24 s.
- [13] ČSN 74 3305 : 2008. Ochranná zábradlí : Český normalizační institut, 2008. 14 s.
- [14] ČSN EN 280 : 2002. Pojízdne zdvihací pracovní plošiny - Konstrukční výpočty - Kritéria stability - Konstrukce - Přezkoušení a zkoušky : Český normalizační institut, 2002. 71 s.
- [15] ČSN ISO 3864 : 1995. Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky : Český normalizační institut, 1995. 55 s.

- [16] ČSN ISO 3864-1 : 2003. Grafické značky - Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky - Část 1: Zásady navrhování bezpečnostních značek na pracovištích a ve veřejných prostorech : Český normalizační institut, 2003. 24 s.
- [17] ČSN ISO 17398 : 2005. Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značení - Klasifikace, provedení a trvanlivost bezpečnostních značení : Český normalizační institut, 2005. s 25.
- [18] N.V. 378 / 2001 : ze dne 12. září 2001, kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí Vláda nařizuje podle § 134a odst. 2 zákona č. 65/1965 Sb., zákoník práce, ve znění zákona č. 155/2000 Sb.: 2001. 8 s.
- [19] Oficiální stránky firmy INTEG střechy s.r.o. Prostějov : dostupné z <http://www.integ.cz/>
- [20] Oficiální stránky firmy GANTRY CZ s.r.o. Praha : dostupné z <http://www.gantry.cz/>
- [21] Oficiální stránky firmy SAR montáže s.r.o. Ostrava : dostupné z <http://www.sarcz.cz/>

8 Seznam použitých symbolů a zkratek

A	- průmět čisté plochy prvků	[mm ²]
D1 – D4	- druh provozu jeřábu	
DIN 536	- označení typu jeřábové kolejnice	
F _{1w}	- síla od zatížení větrem	[N]
F _{BK}	- síla od břemene na jedno kolo mostového jeřábu	[N]
F _{VK}	- síla od vlastní hmotnosti na jedno kolo mostového jeřábu	[N]
F _K	- celková síla v jednom kole mostového jeřábu	[N]
g	- gravitační zrychlení	[m*s ⁻²]
H	- výška jeřábové kolejnice	[mm]
H _i	- koeficient pro určení dynamického součinitele zdvihu	
H _{tp}	- síla přičení mostového jeřábu	[N]
HARD	- označení typu víceúčelové kovové haly	
HEA	- typ tyčového profilu	
h ₁	- výška profilu HEA 400	[mm]
h ₂	- výška profilu HEA 600	[mm]
J4	- jeřábová skupina	
K	- šířka hlavy jeřábové kolejnice	[mm]
L	- rozpětí mostového jeřábu	[mm]
l ₁	- délka profilu HEA 400	[mm]
l ₂	- délka profilu HEA 600	[mm]
Δl	- tolerance rozchodu jeřábové dráhy	[mm]
M8	- metrický modul velikosti závitu	
M _o	- ohybový moment	[N*m ⁻¹]
M _{o1}	- ohybový moment pro profil HEA 400	[N*m ⁻¹]
M _{o2}	- ohybový moment pro profil HEA 600	[N*m ⁻¹]
m _B	- jmenovitá hmotnost břemene mostového jeřábu	[kg]
m _J	- maximální hmotnost mostového jeřábu	[kg]
S _{min}	- rozvor mostového jeřábu	[mm]
t	- tloušťka svislé stěny nosníku jeřábové dráhy	[mm]
W _o	- modul průřezu v ohybu	[cm ³]
W _{o1}	- minimální modul průřezu v ohybu pro nosník haly	[cm ³]
W _{o2}	- minimální modul průřezu v ohybu pro venkovní sklad	[cm ³]
W _{o400x}	- modul průřezu v ohybu profilu HEA 400	[cm ³]
W _{o600x}	- modul průřezu v ohybu profilu HEA 600	[cm ³]
v _h	- maximální zdvihová rychlost mostového jeřábu	[m*s ⁻¹]
v _t	- maximální pojezdová rychlost mostového jeřábu	[m*s ⁻¹]
x	- x-ová osa průřezu profilu nosníku dle (příloha 2)	



β	- úhel odklonu roviny hlavy kolejnice od vodorovné roviny	[°]
γ_g	- součinitel zatížení vlastní hmotnosti mostového jeřábu	
γ_{lo}	- součinitel zatížení jmenovitého břemene mostového jeřábu	
δ_H	- dynamický zdvihový součinitel	
δ_t	- dynamický pojezdový součinitel	
λ	- součinitel pro výpočet příčné síly	
μ	- součinitel tření	
ξ_{ω}	- tvarový součinitel plochy pro výpočet zatížení tlakem větru	
σ_{DOV}	- dovolené napětí, mez kluzu v materiálu	[MPa]
σ_o	- ohybové napětí	[MPa]
ω_1	- tlak větru	[Pa]

9 Seznam příloh

Příloha 1: Zařazení typů jeřábů do skupin podle používání

Příloha 2: Velikosti a rozměry profilů HEA

Příloha 3: Neoplaštěná konstrukce skladu a jeřábová dráha

Příloha 4: Konstrukce opláštěného čela a upevnění sloupu k vazníku

Příloha 5: Boční pohled a pohled shora na sklad s jeřábovou dráhou

Výkresová dokumentace:	0-S32-00/00	- jeřábová dráha - sestava
	1-S32-00/00	- kotevní šrouby
	428-353-278	- sloup 513-115-096
	0-S32-01/00	- sloup expedice
	0-S32-02/00	- sloup venkovní
	0-S32-03/00	- HEA 400 - rovný
	0-S32-04/00	- HEA 600 - rovný
	0-S32-07/00	- HEA 600 - vyrovnání
	428-323-263	- vazník 513-115-037

Příloha 1

Zařazení typů jeřábů do skupin podle používání

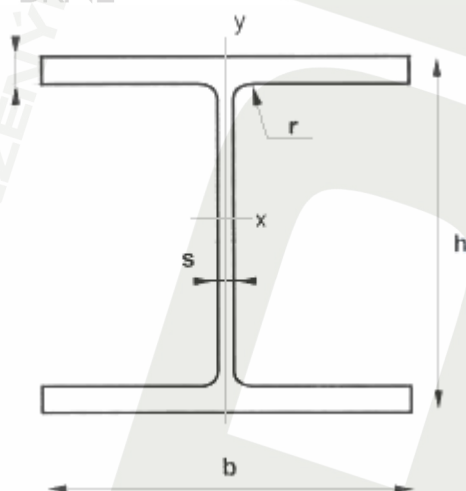
Druh jeřábu, jeho určení a popis provozu	Zdvihová třída	Druh provozu	Spektrum napětí	Provozní skupina
1 Jeřáby mostového typu				
1.1 Jeřáby s hákem				
1.1.1 Jeřáb s ručním pohonem	H1	D1	S0	J1,J2
1.1.2 Jeřáb podvěsný				
1 všeobecné použití	H2	D2	S1	J3
2 občasného využití	H2	D2	S0	J2
3 pro slévárny	H2	D3	S1,S2	J4
4 s drapákem nebo magnetem	H3	D3	S2	J4
1.1.3 Jeřáb jedno a dvou nosníkový s elektrickým kladkostrojem				
1 všeobecné použití	H2	D2	S1	J3
2 občasného využití	H2	D2	S0	J3
3 pro slévárny	H2	D3	S2	J4
4 s drapákem nebo magnetem	H3	D3	S2	J4
1.1.4 Jeřáb montážní				
1 pro montáž s obsluhou ve strojovnách	H1	D1	S0	J3
2 montáž stavební	H2	D2	S0, S1	J3
1.1.5 Jeřáb všeobecného použití				
1 pro práci v dílnách a skladech průmyslových závodů	H2	D2	S1	J4
2 totéž - občasné využití	H2	D2	S0	J3
3 pro slévárny	H3	D3	S2	J5
4 pro obsluhu technologického procesu - nepřetržitý provoz	H3	D2	S2	J5
5 s drapákem nebo magnetem	H4	D3	S2	J5
6 totéž - občasné využití	H3	D3	S1	J4
1.2 Jeřáb drapákový				
1 pro nepřetržitý provoz	H4	D4	S3	J6
2 pro provoz s přestávkami	H3	D4	S3	J5
3 v případě občasného využití	H3	D4	S1	J4
1.3 Jeřáb magnetový				
1 pro nepřetržitý provoz	H4	D4	S3	J6
2 pro občasné využití	H3	D4	S1	J4
1.4 Jeřáb magneto - drapákový				
1 pro nepřetržitý provoz	H4	D4	S3	J6

2	pro občasné využití	H3	D4	S2	J5
1.5	Jeřáb traverzový				
1	bez automatických prostředků pro uchopování břemen	H3	D4	S2	J5
2	s automatickými prostředky pro uchopování břemene	H4	D4	S3	J6
1.6	Jeřáb chapadlový	H4	D4	S3	J6
1.7	Jeřáb korýtko - magnetový	H4	D4	S3	J6
1.8	Jeřáb korýtko - drapákový	H4	D4	S3	J6
1.9	Jeřáb korýtkový zavážecí	H4	D4	S3	J6
1.10	Jeřáb sázecí	H4	D4	S3	J6
1.11	Jeřáb na oddělování ingotů	H4	D1	S3	J6
1.12	Jeřáb hlubinný	H4	D4	S3	J6
1.13	Jeřáb vsázkový pro kuplovny	H4	D4		J6
1.14	Jeřáb trnový	H4	D4	S3	J6
1.15	Jeřáb beranidlový	H4	D2		J6
1.16	Jeřáb kalicí	H3	D3		J5
1.17	Jeřáb licí	H2, H3	D1	S3	J5
1.18	Jeřáb kovací	H4	D4	S3	J5
1.19	Jeřáb stohovací				
1	pro nepřetržitý provoz, ovládání z kabiny nebo poloautomatické	H3	D2	S2	J5
2	řízený ze země	H3	D2	S3	J4
1.20	Jeřáb kontejnerový				
1	v centrálních překladištích	H2	D1	S3	J5
2	v případě občasného využití	H2	D1	S3	J4
1.21	Jeřáb portálový a poloportálový				
1	s hákem, pro montážní práce	H2	D2	S2	J3
2	s hákem, pro překládací práce	H2	D3	S3	J5
3	drapákový pro trvalý provoz	H3	D4	S3	J6
4	drapákový, přerušovaný provoz	H3	D4	S2	J5
5	speciální na pneumatikovém podvozku	H2			J2
2	Jeřáby výložníkového typu				
2.1	Jeřáb výložníkový				
2.1.1	samohybný				
1	s hákem všeobecného požití o nosnosti do 16 t	H2	D3	S2	J4
2	totéž o nosnosti nad 16 t	H2	D3	S1	J3
3	pro práci s drapákem	H2	D4	S3	J5
4	pro překládání kontejnerů	H2	D1	S3	J5

2.2	Jeřáb věžový				
1	pro stavební a montážní práce	H1	D1	S1	J3
2	pro dopravu cementu při hydrotechnických stavbách	H2	D1	S2	J4
2.3	Jeřáb portálový a poloportálový				
1	montážní s hákem	H2	D2	S1	J4
2	překládací s hákem	H2	D3	S1	J5
3	drapákový pro stálou práci	H3	D4	S3	J6
4	drapákový pro práce s přestávkami	H3	D4	S2	J5
2.4	Jeřáb stožárový				
1	derikový	H1	D2	S1	J2
2	s pevnou nohou	H2	D3	S1	J3
2.5	Jeřáb plovoucí				
1	s otočným výložníkem	H2	D1	S0	J4
2	s otočným výložníkem s hákem	H2	D2	S1	J4
3	s otočným výložníkem a drapákem	H3	D4	S3	J5
3	Jeřáby konzolové				
3.1	Jeřáb konzolový sloupový				
1	všeobecné použití	H2	D2	S1	J4
2	občasného využití	H2	D2	S1	J3
3.2	Jeřáb konzolový nástěnný				
1	všeobecné použití	H3	D2	S1	J3
2	občasného využití	H3	D2	S1	J2
3.3	Jeřáb konzolový				
1	všeobecné použití	H3	D2	S1	J4
2	pro slévárny	H3	D3	S2	J5
4	Jeřáb s nosnými lany				
1	s hákem pro montážní práce	H1	D3	S2	J3
2	s hákem pro překládací práce	H2	D2	S3	J4
3	drapákový	H3	D4	S3	J5

Příloha 2

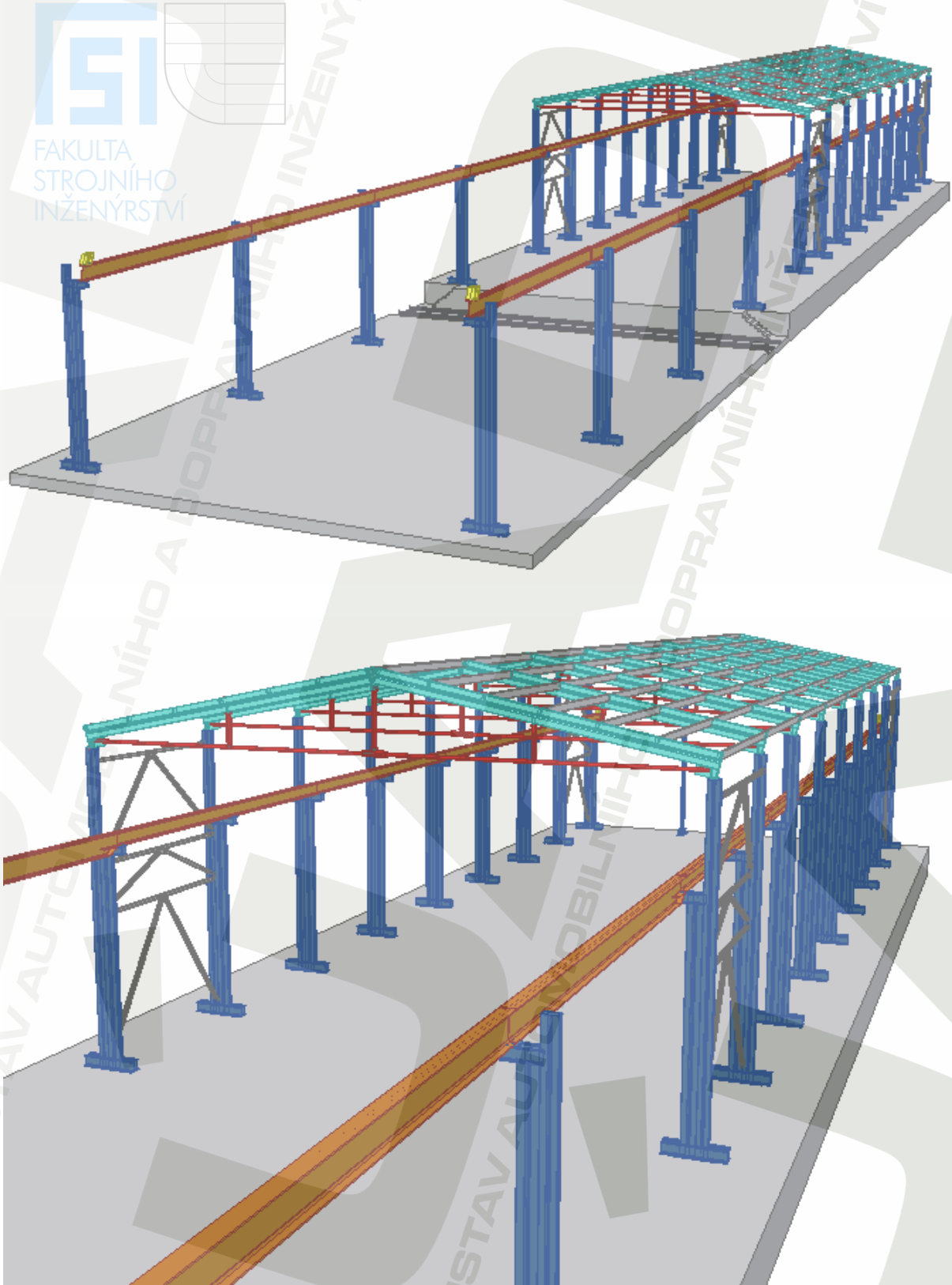
Velikosti a rozměry profilů HEA



PROFIL HEA						
	h	b	s	t	průřez (cm ²)	hmotnost 1m (kg)
HEA 100	96	100	5	8	21,2	16,7
HEA 120	114	120	5	8	25,3	19,9
HEA 140	133	140	5,5	8,5	31,4	24,7
HEA 160	152	160	6	9	38,8	30,4
HEA 180	171	180	6	9,5	45,3	35,5
HEA 200	190	200	6,5	10	53,8	42,3
HEA 220	210	220	7	11	64,3	50,5
HEA 240	230	240	7,5	12	76,8	60,3
HEA 260	250	260	7,5	12,5	86,8	68,2
HEA 280	270	280	8	13	97,3	76,4
HEA 300	290	300	8,5	14	112	88,3
HEA 320	310	300	9	15,5	124	97,6
HEA 340	330	300	9,5	16,5	133	105
HEA 360	350	300	10	17,5	143	112
HEA 400	390	300	11	19	159	125
HEA 450	440	300	11,5	21	178	140
HEA 500	490	300	12	23	198	155
HEA 550	540	300	12,5	24	212	166
HEA 600	490	300	13	25	226	178
HEA 650	640	300	13,5	26	242	190
HEA 700	690	300	14,5	27	260	204
HEA 800	790	300	15	28	286	224
HEA 900	890	300	16	30	320	252
HEA1000	990	300	16,5	31	347	272

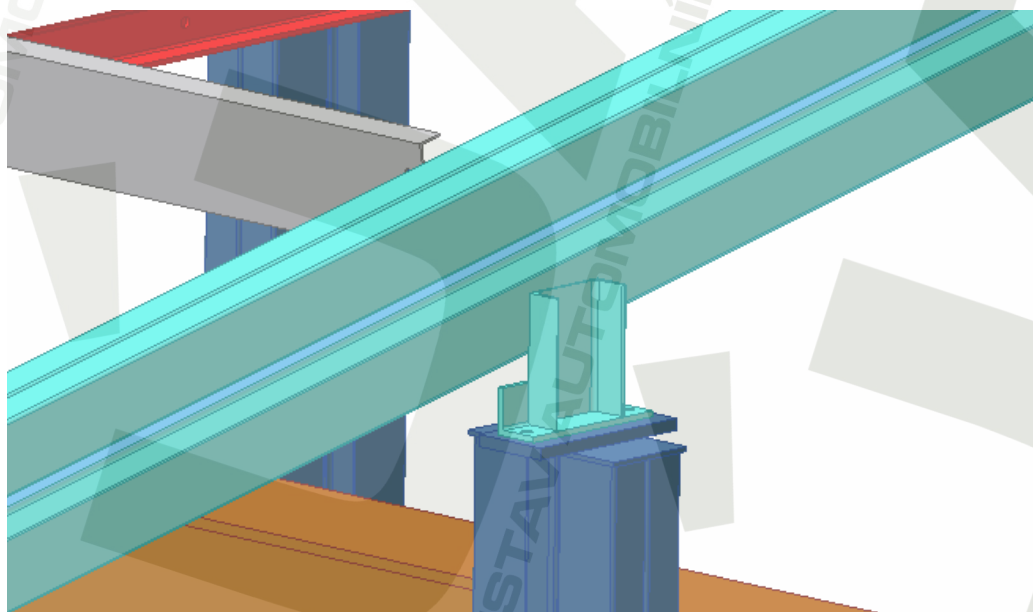
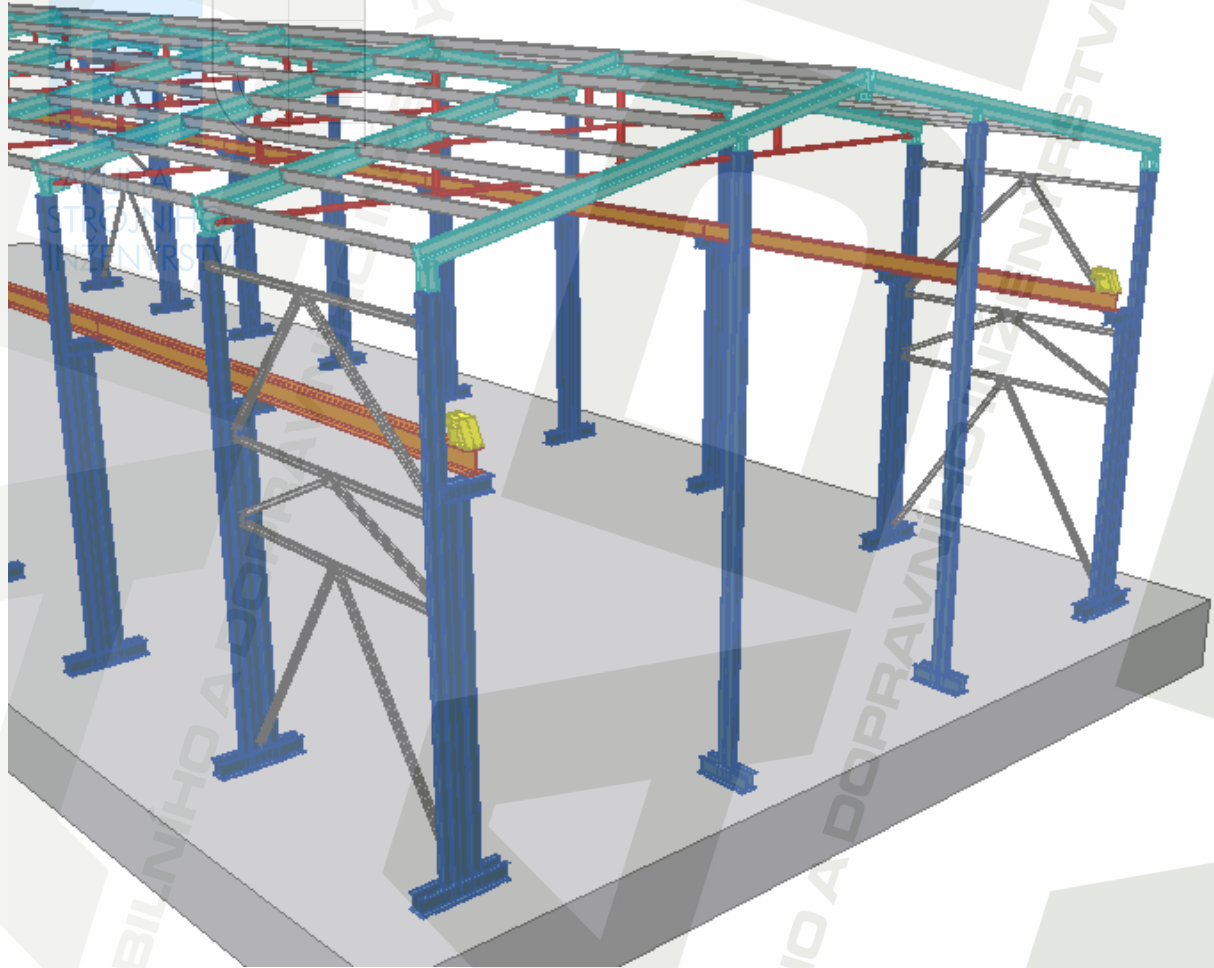
Příloha 3

Neopláštěná konstrukce skladu a jeřábová dráha



Příloha 4

Konstrukce opláštěného čela a upevnění sloupu k vazníku



Příloha 5

Boční pohled a pohled shora na sklad s jeřábovou dráhou

