



FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE

Ústav konstruování a částí strojů

Konstrukce montovaného
příjmového koše posklizňové linky

Design of Grain Dump Pit

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018

Bc. Jan Svoboda

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301T047 Dopravní, letadlová a transportní technika

Vedoucí práce: Ing. Roman Uhlíř, Ph.D.

ZADÁNÍ

Souhrn

V úvodu diplomové práce jsou popsány požadavky na přijímání obilnin a olejnin za účelem jejich uskladnění. Vytkneme si požadavky, které vycházejí jak z vlastností navážených materiálů, tak z norem statických, požadavků investora i uživatelské přívětivosti a potřebné odolnosti. Dále bude popsán stávající stav na trhu. Hlavní částí práce bude návrh konstrukce příjmového koše tak, aby jeho následná montáž byla co nejjednodušší a aby se konstrukce dala použít modulárně. Tj. pro více standardních rozměrů příjmových košů.

Summary

At the beginning of this thesis are describes the requirements for the reception of grain and oilseeds for their storage. We will demand requirements based from the properties of weighed materials and the static standards, investor requirements, user friendliness and mechanical resistance. The following will be describe the current state of the market. The main part of this work will be aboat the design of the grain dump pit so that its subsequent assembly is as simple as possible and the design can be used modularly. Thus, for more standard dimensions of the revenue grain dump pits.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Konstrukce montovaného příjmového koše posklizňové linky“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Uhlíře, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 14. 6. 2018

Bc. Jan Svoboda

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Romanu Uhlířovi, Ph.D. za jeho podporu, ochotu a za mnoho cenných rad, které mi pomohly při řešení celé problematiky. Také děkuji svému oponentovi Ing. Miroslavu Salajovi a konzultantům Ing. Janu Zámečnickovi a Ing. Miloši Naušovi. Dále děkuji své rodině a blízkým, kteří mi byli velkou oporou nejen při psaní této práce, ale i během celého studia.

Anotační list

Jméno autora:	Jan Svoboda
Název BP:	Konstrukce montovaného příjmového koše posklizňové linky
Anglický název:	Design of Grain Dump Pit
Rok:	2018
Studijní program:	N2301 Strojní inženýrství
Obor studia:	2301T047 Dopravní, letadlová a transportní technika
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP:	Ing. Roman Uhlíř, Ph.D.
Konzultant:	Ing. Jan Zámečník, Ing. Miloš Nauš
Bibliografické údaje:	počet stran 66 počet obrázků 32 počet tabulek 3 počet příloh 3
Klíčová slova:	příjmový koš, posklizňová linka, ocelová konstrukce, montovaný
Keywords:	Grain Dump Pit, grain line, steal structures, prefabricated,
Anotace:	V úvodu diplomové práce jsou popsány požadavky na přijímání obilnin a olejnin za účelem jejich uskladnění. Vytkneme si požadavky, které vycházejí jak z vlastností navážených materiálů, tak z norem statických, požadavků investora i uživatelské přívětivosti a potřebné odolnosti. Dále bude popsán stávající stav na trhu. Hlavní částí práce bude návrh konstrukce příjmového koše tak, aby jeho následná montáž byla co nejjednodušší a aby se konstrukce dala použít modulárně. Tj. pro více standardních rozměrů příjmových košů.
Abstract:	At the beginning of this thesis are describes the requirements for the reception of grain and oilseeds for their storage. We will demand requirements based from the properties of weighed materials and the static standards, investor requirements, user friendliness and mechanical resistance. The following will be describe the current state of the market. The main part of this work will be about the design of the grain dump pit so that its subsequent assembly is as simple as possible and the design can be used modularly. Thus, for more standard dimensions of the revenue grain dump pits.

Obsah

Souhrn	III
Prohlášení.....	IV
Poděkování.....	V
Obsah.....	VII
Soupis použitého značení	IX
1 Úvod	1
2 Názvosloví konstrukce koše, definice řešeného	2
2. 1 Dělení příjmových košů	3
2. 2 Názvosloví příjmových košů	5
2. 3 Definice řešeného typu příjmového koše	8
3 Stávající situace na trhu s montovanými koši.....	9
3. 1 Přehled výrobců splachových částí příjmových košů	9
3. 1. 1 Tuzemská výroba	9
3. 1. 2 Zahraniční výroba	11
3. 2 Přehled výrobců pojezdových roštů	12
4 Navrhované konstrukční řešení.....	13
4.1 Pojezdová část.....	15
4. 1. 1 Nosné I profily	16
4. 1. 2 Pojezdové rošty	17
4.2 Splachová část.....	18
4. 2. 1 Kotvící nohy	19
4. 2. 2 Kotvící prvky do stěn	20
4. 2. 3 Uložení příjmového dopravníku.....	21
4. 2. 4 Splachový díl.....	22
4. 2. 5 Čelo koše – díl navazující na dopravník.....	24
4. 2. 6 Čelo koše – ostatní díly čela koše.....	24
4. 2. 7 Lemovací plech splachové části.....	25
5 Návrh a výpočty základních nosných prvků.....	27
5. 1 Pojezdová část.....	27

5. 1. 1 Výpočet pojezdových roštů	30
5. 1. 1 Zatížení hlavních I nosníků pojezdového roštu	33
5. 2 Zatížení splachové části – výpočet hlavního nosného prvku splachového dílu	38
5.3 Zatížení splachové části – numerický výpočet	45
5.3.1 interpretace výsledků pevnostní analýzy:.....	46
6 Závěr	47
Přílohy:.....	49
Příloha č. 1: Feron online - Profil I válcovaný za tepla, DIN 1025-1,_I_300.....	49
Příloha č. 2: MOP_prehled_vlastnosti_S235JR	51
Příloha č. 3: MOP_prehled_vlastnosti_S355J2	52
Seznam literatury a použitých pramenů	53
Seznam obrázků.....	54
Seznam tabulek.....	55
Seznam příloh.....	55
15. 1 Seznam příloh v textové části.....	55
15. 2 Seznam výkresové dokumentace.....	55
15. 3 Seznam příloh na CD	55

Soupis použitého značení

Veličina	Jednotka	Popis
F_{kol}	[N]	výsledná síla na jednu zátěžovou plochu kola
$F_{nápr}$	[N]	nejvyšší častá hodnota nápravové síly dle Tab. 2 a 3
$F_{pás}$	[N]	výsledná síla na jeden nosný prvek roštu (pásovina)
b	[mm]	šířka obdélníkového profilu
h	[mm]	výška obdélníkového profilu
w	[mm ³]	průřezový modul prvku
σ_{omax}	[MPa]	výsledné maximální napětí
M_{omax}	[N·mm]	maximální ohybový moment v prvku
R_{eH}	[MPa]	mez kluzu použité oceli
k	[-]	bezpečnost
τ_e	[MPa]	mez kluzu ve smyku
τ	[MPa]	napětí ve smyku zatěžovaného nosníku
T_{max}	[N]	maximální smyková síla
A_l	[mm ²]	plocha průřezu
$q_{g1,2}$	[N/m]	svislé spojité zatížení v místě dané podpory (1, 2)
$h_{1,2}$	[m]	výška zátěže v místě dané podpory (1, 2)
\check{s}	[m]	výpočtová šířka zatěžovacího objemu (zde 0,5m)
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení
ρ_{mat}	[kg/m ³]	objemová hmotnost zatěžujícího materiálu
$q_{y1,2}$	[N/m]	Zatížení působící kolmo na splachový plech

1 Úvod

V České Republice, stejně jako v ostatních západních zemích je v posledních letech stále náročnější potkat a udržet si kvalitní řemeslníky. Nejinak je tomu bohužel i v oblasti stavebnictví a montáží technologií týkajících se skladového hospodářství našich zemědělců. Tím pádem považuji za důležité jejich práci co nejefektivněji využít tam, kde je nenahraditelná a v místech, kde se dá alespoň částečně nahradit prefabrikovanými výrobky jím pomoci k rychlejší montáži pomocí předpřipravených prvků. Takovéto prvky se mohou vytvářet u svařečských firem na sklad v obdobích, kdy firmy nejsou plně vytížené jinou výrobou.

Jednou z možností urychlení práce je na stavbu dovést prefabrikované součásti, které by se na místě montovali. Tato myšlenka není nová, ale doposud se jí v návaznosti na příjmový koš nikdo více nevěnoval.

Ve firmě, kde pracuji, jsme se dohodli, že by mohlo být přínosné zpracovat návrh montovaného příjmového koše v rámci mé diplomové práce.

V současnosti jsou standardně příjmové koše vyráběny na místě svařováním z běžných profilů a plechů. Na každý koš musí být samostatná výrobní dokumentace se statickou částí. Výhodou tohoto řešení je samozřejmě prakticky neomezená možnost přizpůsobení konstrukce požadavkům investora. Je zde také velká možnost přizpůsobit se případné nepřesné stavební přípravě. Hlavní nevýhodou je ale časová a pracovní náročnost, náročnost koordinace dodávání materiálu i velké zbytky materiálů. Náročná je i samotná montáž, která probíhá ve stavební jámě. Podmínky pro svařování zde nejsou ideální. Z toho plyne nebezpečí nekvalitních svarů a nestability nebo netěsnosti konstrukce. Samozřejmě vše také hodně záleží na šikovnosti konkrétní montážní skupiny.

Hlavním cílem mé práce by mělo být vytvoření konceptu modulového montovaného příjmového koše posklizňové linky, který by co nejvíce eliminoval výše uvedené nevýhody stávajícího řešení. Koš by měl pokrývat nejpoužívanější rozměry dodávané naší firmou. Princip konstrukce by měl být

co nejjednodušší a měl by obsahovat co největší počet stejných dílů. Mělo by jít o díly složené z běžně dostupných profilů. Spodní část koše by měla být také přizpůsobena pro napojení příjmového dopravníku (nejčastěji redleru) od různých dodavatelů. Cílem práce je i navržení modulového prefabrikovaného pojezdového roštu nad košem. Jelikož jde o zadání firemní, dalším krokem by bylo, v případě kladného ohlasu, dokončení do prováděcího stupně s některým z našich dodavatelů. S nimi by se provedli přesné výpočty únosností jednotlivých prvků dle jejich zvyklostí a optimalizace konstrukce jednotlivých dílů dle jejich výrobních možností. Finální fází by mělo být uvedení konstrukce do praxe. To bohužel z časových důvodů nebude zhodnoceno v této práci. Jde, v případě úspěchu návrhu, o výhled na přibližně dva až tři roky.

2 Názvosloví konstrukce koše, definice řešeného

Nyní se dostaneme k podstatě této práce. Zde si definujeme, jaká oblast příjmových košů nás vlastně zajímá, neboť na trhu je jich mnoho. Často mají ale specifické využití, nebo vyžadují další návaznosti v podobě upravených nákladních aut, zvýšených nájezdů atp.

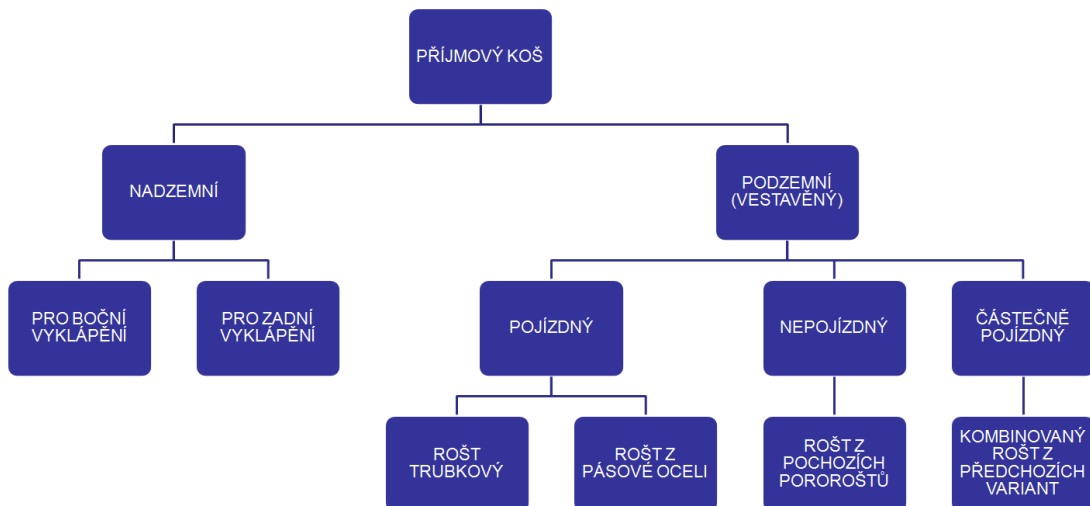
Příjmový koš je první částí technologického celku posklizňové linky, se kterou přijde dovezená surovina do styku. Materiál v tu chvíli obsahuje i nečistoty. Často částičky písku, hlíny, prachu atp. Tyto nečistoty, stejně jako chtěná surovina, působí na všechny části, se kterými přijdou do styku jako abrazivo. Koš musí být tudíž velice odolný. Jeho opravy jsou většinou drahé a složité. V této části si popíšeme mj., jak probíhá výstavba koše v dnešní době a co bych chtěl vylepšit. Polohu příjmového koše v celku posklizňové linky ukazuje *Obr. 1*.



Obr. 1: Příjmový koš bývá proti povětrnostním vlivům chráněn halou, zde je příjmová část s košem v levé části fotografie

2. 1 Dělení příjmových košů

Pro celkový přehled si ukážeme, jaké jsou možnosti příjmu materiálu do technologického celku posklizňové linky. Rozdělíme si základní druhy příjmových košů viz *Obr. 2*: *Základní rozdělení typů příjmového koše.*



Obr. 2: Základní rozdělení typů příjmového koše

Košé se mohou dělit dle výškového umístění vzhledem k pojízdným plochám okolí na nadzemní a podzemní (vestavěné). Nadzemní bývají pojízdné zřídka kvůli dlouhým nájezdným rampám. Jedná se zpravidla o malé koše

vyžadující konkrétní vyklápečí techniku, nebo obsluhu s nakladačem. Používají se převážně pro menší linky s menším výkonem dopravních cest a menší uskladněnou kapacitou. Podzemní (vestavěné) koše se dále dělí dle pojízdnosti roštu nad košem. Opět je zde možno říci, že u menších linek často investoři stačí nepojízdný koš a s přibývajícím výkoností navazujících technologií a uskladněných kapacit narůstá počet pojízdných roštů.

Existují i speciální typy příjmových stanovišť, kde například vozidlo, které nemá sklápečí mechanismus, najede na rampu a ta se s ním pomocí hydraulického pohonu celá naklopí. To jsou ale typy u nás neobvyklé, proto je zde nebudu více rozvádět.

Existují i koše s přímo váženým roštem. To je ale také ojedinělá konstrukce a nebudu se jí zde věnovat.

Pro zajímavost zde uvedu, jak probíhá příjem kukuřice v USA. Zde mají pro přepravu speciálně upravené kamiony s výsypkami a kapacitou i 80m^3 . Ty umožňují používat, v porovnání s Českou republikou a velikostí transportovaného objemu v jedné várce, malé příjmové koše a ještě díky tomu může být kamion zároveň na váze. Tuto situaci zobrazuje *Obr. 3*.



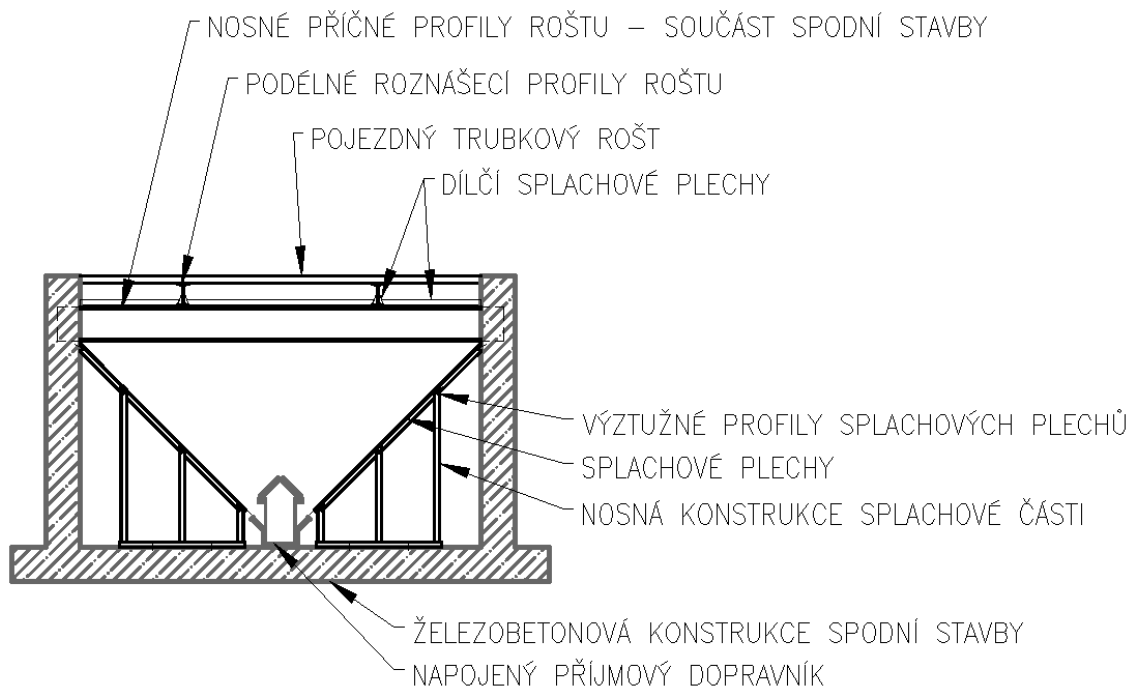
Obr. 3: Vyskladnění kukuřice z kamionu o objemu 80m^3 do malého příjmového koše, současně při vyprazdňování je kamion vážen

Pro mou práci se budeme dále zabývat na první pohled relativně úzkým spektrem příjmových košů. A to koši podzemními (vestavěnými) s pojízdným roštem. Tyto koše jsou v České republice nejrozšířenější. Jejich hlavní výhoda

je v uživatelské přívětivosti. Pokud řidič správně sklopí náklad materiálu, nemusí obsluha, při dostatečně velkém koši, uklízet žádný materiál napadlý okolo při vykládce, nahrnovat ho do koše atp. Z tohoto předpokladu vychází i první parametr konstrukčního zadání této práce. Požadované rozměry koše jsou šířka od 2m do 4m po modulu 0,5m a délka 6-12m po 1m modulu.

2. 2 Názvosloví příjmových košů

Zde si popíšeme základní používané výrazy. Pro začátek bude nejnázornější obrázek *Obr. 4*.



Obr. 4: Popis prvků příjmového koše (příčný řez)

Začneme popisem nedílné součásti koše a to popisem spodní stavby, do které je příjmový koš vestavěn. Ta musí být ze stavebního hlediska, dle hloubky podzemní vody, vodotěsná proti zemní vlhkosti, popř. i tlakové vodě. Příjmový koš a dopravník nesmí být v souvislé vrstvě vody. Z toho také vyplývá, že je dno jímky vyspádováno směrem k výpadu z příjmového dopravníku.

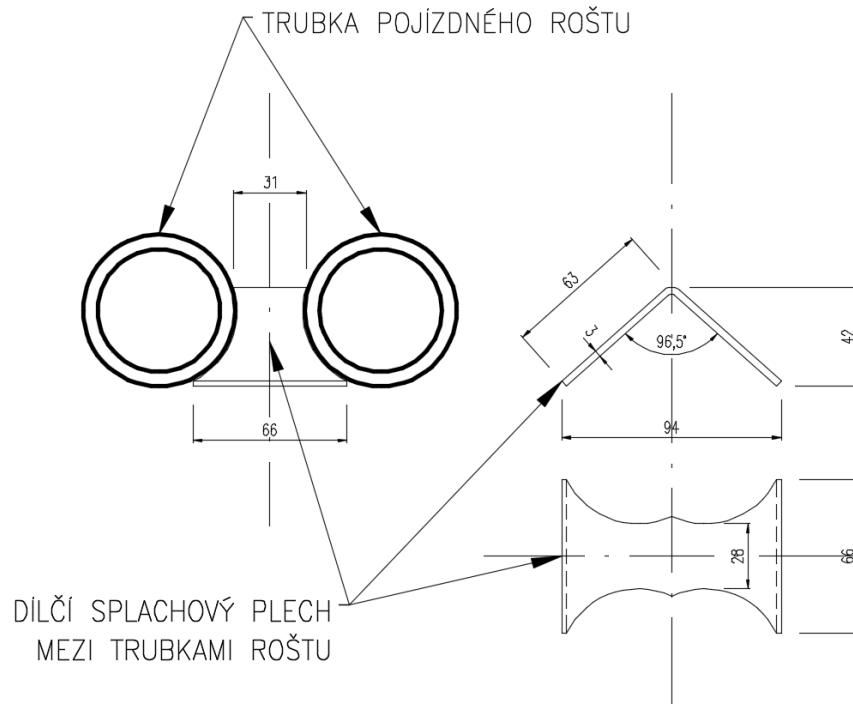
Většinou v rozmezí spádu 1-2%. Náš koš bude konstruován pro spád 2%. V rámci konstrukce spodní stavby jsou instalovány hlavní nosné profily pojezdového roštu. Ty jsou napevno zabetonovány do konstrukce. Budoucí půdorysný rozměr koše je pak dán zabetonovaným olemováním otvoru pro vestavbu.

To bývá provedeno většinou rovnoramenným L profilem. Na tento profil se při svařování pojezdného roštu navařují pojezdné trubky. V případě navrhovaného řešení bude tento lem sloužit jako ohraničení pro zamezení pohybu volně položených pojezdových roštů.

Na zabetonovaných nosných profilech roštu jsou podél osy koše položeny (dle šířky roštu) 2-3 podélné roznášecí profily. Ty slouží ke zmenšení světlé šířky zatěžované pojezdné trubky a k roznesení váhy vozidla mezi více zabetonovaných nosných profilů. Tyto nosníky jsou v navrhovaném řešení zbytečné, tudíž nebudou použity.

Pojezdným prvkem jsou v dnešní době trubky o průřezu okolo 60mm a tloušťce stěny 5mm. Ty jsou navařovány k zabetonovaným lemům koše a mezi sebou propojeny výpalky, které tvoří stříšky nad podélnými roznášecími profily.

Díličí splachové plechy musí konstrukce obsahovat. Jde o nenosné prvky sloužící k odvedení dovezeného materiálu z vodorovných částí profilu. Např. horní a dolní pás I profilu atp. V cestě materiálu nesmí být plocha s menším spádem, než je nejnepříznivější sesypný úhel předpokládané přijímané plodiny. Obecně se za bezpečný úhel spádu při použití oceli bez povrchové úpravy považuje úhel 45°. Příkladem složitosti montáže těchto plechů může být výpalek vařený na místě mezi jednotlivé trubky pojezdného roštu. Tento výpalek má bránit usazení zrna na horním pásu podélných roznášecích profilů. Těchto prvků se na běžném koši musí navařit kolem 200 – 300ks. Což je vzhledem ke tvaru celkem časově náročné. Podoba výpalku mezi trubky viz *Obr. 5*.



Obr. 5: Podoba výpalku mezi trubkami pojezdového roštu

Dalším prvkem je nosná konstrukce splachových plechů. Ta je dnes na základě statických výpočtů pro každý koš svařována na místě. Většinou ze standardních, běžně dostupných profilů. Zde zůstává stejný problém jako s roštem svařovaným na místě – časová náročnost. Montéři si musí vše odměřovat a dovařovat na míru. Stejně tak i s prvky příčného vyztužení splachových plechů.

Splachové plechy jsou používány většinou tloušťky 4mm. Montážníci si je objednávají a dodávají sami. Musí je opět na místě nařezat a navařit na připravenou nosnou konstrukci.

Spojení s vpádem příjmového redleru je řešeno rovněž dovařením pruhu plechu mezi splachovou část koše a vpádovou část příjmového dopravníku.

Spojení mezi horní hranou splachové části koše a spodní stavbou je řešeno nejčastěji pomocí navaření ohnutého pruhu plechu na horní část splachové části a ukotvení tohoto lemu pomocí chemických kotev do železobetonové konstrukce stavebního objektu.

2. 3 Definice řešeného typu příjmového koše

Výběr řešeného typu koše vyplývá z našich zkušeností a potřeb pro většinu zemědělců v České Republice. Budu zde řešit nejpoužívanější typ koše v nejpoužívanějších rozměrových mezích. Koše níže uvedených rozměrů tvoří více než 95% košů, které naše firma běžně postaví. Proto se na ně zaměřím.

Jde o podzemní (vestavěné) příjmové koše s plně pojízdným roštem šířek 2-4m, délek 6-12m a napojeným příjmovým dopravníkem typu řetězového dopravníku s redlerovými (vidlicovými) unášeči. Ostatní typy dopravníků jako příjmové napojujeme vyjímečně. V dnešní době se většina redlerů dá opatřit vyplastováním nejenom dna, ale i celkovým, nebo plastovými unášeči. To způsobí mnohem menší poškození materiálu a delší životnost redleru. Do příjmového koše je dovážen znečištěný materiál, který musí před uskladněním projít minimálně jedním procesem čištění, nebo alespoň aspirace. Zde tedy nemá velký význam, až na specifické případy, hledat co nejšetrnější způsob dopravy z příjmového koše. Proto se zde vyplastování používá především z důvodu prodloužení životnosti redleru.

Co se týká modulů, rád bych dodržel možnost variability šířky po 0,5m a délky po 1m.

Dále bude potřeba vyřešit variabilní napojení splachové části koše na železobetonovou spodní stavbu a vyřešit pojezdovou vrstvu roštu.

Jedním z důležitých a ještě nezmíněných parametrů příjmového koše je jeho těsnost. Neboť řepka má tak drobná zrna, že se dokáží dostat do sebemenší neutěsněné mezery. Zrno řepky je kulaté o průměru cca 2mm. Vyklízení prostorů pod košem je velice nepříjemné a tak ho obsluha v případě netěsnosti koše většinou provede až při havarijním stavu. To už ale může být pozdě, protože noha ocelové konstrukce stojící ve vodě, nebo ve hnilé hromadě obilí koroduje poměrně rychle. Tyto obrázky jsou už dnes k vidění zřídka a na netěsnosti se většinou přijde už při průběhu zkušebního provozu. Nehledě na to, že spodní stavba bývá vyspárována směrem ke sběrné jínce s čerpadlem.

3 Stávající situace na trhu s montovanými koši

V dnešní době není známo, že by některý výrobce standardně nabízel podobný produkt. Proto doufám, že by navržená konstrukce mohla poskytnout jistou konkurenční výhodu. Jsou známy první pokusy o podobnou konstrukci koše v potřebných rozměrech. Vždy se ale jedná o jeden konkrétní rozměr s napojením příjmového redleru přizpůsobeným konkrétnímu výrobcí. Pokusím se přiblížit, v čem jsou podle mého názoru výhody a nevýhody jednotlivých nabízených řešení. Do dnešního dne se mi podařilo nalézt jen dva výrobce nabízející příjmový koš o rozměrech, kterých bych rád dosáhl u navrhovaného řešení. Jde o jednoho výrobce z České republiky a jednoho ze Skandinávie.

Samostatnou kapitolou jsou pak pojezdové rošty. S pomocí správně provedené stavební přípravy jsou použitelné i pojezdové rošty vyráběné sériově. Zatím jsem našel pouze jediného výrobce, který by byl schopen dodat pojezdové rošty s požadovanou únosností v rámci své standardní nabídky.

3. 1 Přehled výrobců splachových částí příjmových košů

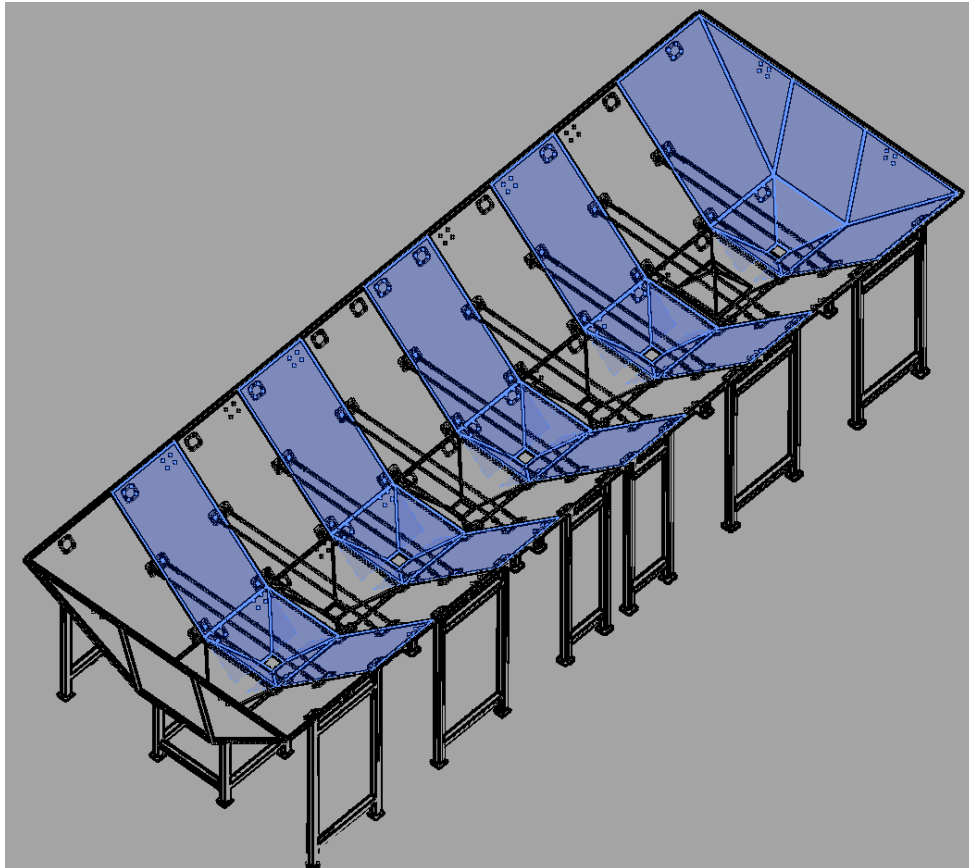
3. 1. 1 Tuzemská výroba

Jako prvního bych uvedl českého výrobce. Jeho montovaný koš jsme již byl na jedné posklizňové lince využit. Jednalo se, dle výrobce, o první vyrobený kus. Prakticky šlo o prototyp. Koncept tohoto koše je založen na principu výsypek poskládaných vedle sebe. To umožňuje modulové uspořádání v podélné ose koše. Pro příčný směr je ale určena jedna šířka. V tomto případě jde o šířku 3250mm a modul v podélném směru 845mm. Princip možností tohoto modulového uspořádání znázorňuje *Obr. 6*.

Výhodou tohoto řešení je možnost pod výsypky připevnit hradítka s krokovými motory a pomocí nich, nebo jiného způsobu regulace, bez omezování rychlosti a typu dopravníku příjmového koše pod hradítka odvádět plynule a v požadovaném množství přijatý materiál. Tento systém je sice univerzální, ale také relativně nákladný na elektrické vybavení jako jsou

pohony hradítek a nutnost úpravy řídicího systému. Případné řešení manuálně ovládanými hradítky je možné, ale je relativně nekomfortní pro obsluhu linky v případě potřeby ho uzavřít a opět otevřít. Koš bývá ve vlhkém a zaprášeném prostředí v šachtě pod úrovní terénu.

Příjmová část tohoto výrobce také nemá zatím řešeno napojení na spodní stavbu v horní části splachové části koše.



Obr. 6: Princip možnosti délkového modulového uspořádání od českého výrobce

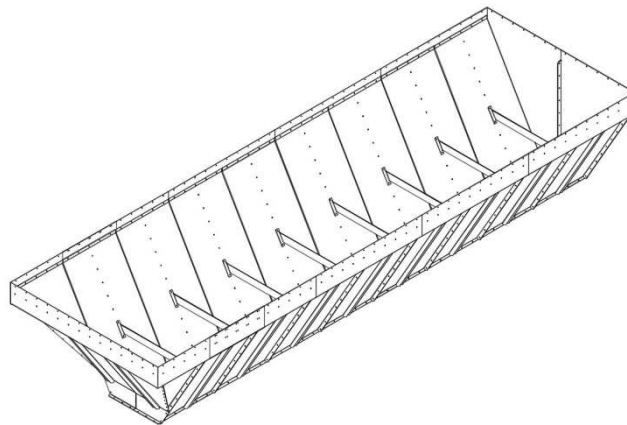
Tento typ vyžaduje ovládání průtoku mezi splachovou částí koše a dopravníkem ideálně z každé výsypky zvlášť. To kvůli rovnoměrnému zaplnění příjmového dopravníku. Kdyby se všechna šoupata otevřela najednou, na unašeče a řetěz dopravníku by působila většina zatížení od materiálu v násypu, to by způsobovalo větší tření a tím opotřebení kluzných částí dopravníku, tím pádem i větší zatížení pohonu. Tento způsob vyprazdňování koše má hlavní výhodu v tom, že jej lze využít pro libovolný typ běžně

používaného příjmového dopravníku včetně např. pásového, který se občas používá pro šetrnější přesun materiálu.

3. 1. 2 Zahraniční výroba

Druhým typem koše, od zahraničního výrobce, je typ umožňující vestavbu prakticky bez podpor. Jde o koš skandinávské firmy SKIOLD. Výhodou tohoto řešení je jednodušší konstrukce z jednoho typu materiálu, z toho vyplývají menší výrobní náklady a cena. Dalším kladem je zde vyřešení napojení na spodní stavbu. To je provedeno pomocí širokého svislého pásu okolo celého koše v horní části splachové části. Toto řešení ale vyžaduje poměrně přesnou stavební připravenost. Díky dostatečné výšce lemovacího plechu je sice možné tvar koše přizpůsobit betonové jímce, ale jen v omezené míře přibližně do odchyly 10-20mm v šířce i délce.

Vestavba bez podpor je zde možná díky většímu spádu splachové části a tím zmenšení sil působících kolmo na splachové plechy. To klade nároky na hlubší jámu vzhledem k finální šířce koše. Může to být problém v místech s vyšší hladinou spodní vody. Podoba tohoto koše je vidět na *Obr. 7*.



Obr. 7: Princip možností délkového modulového uspořádání od zahraničního výrobce SKIOLD

3. 2 Přehled výrobců pojízdných roštů

Pro možnost naskladnění materiálu je potřeba aby, v našem případě, bylo přes koš možno přejíždět, a to často velmi těžkou technikou. Nyní naše firma vyrábí pojízdné rošty na místě. A to pomocí svařování trubek a dodaných splachových výpalků mezi jednotlivé trubky. To je sice co do ceny materiálu relativně levné, ale na druhou stranu je to proces celkem zdlouhavý na montáž. Jak taková montáž nyní probíhá ukazuje *Obr. 8* a hotový koš *Obr. 9*.



Obr. 8: Stávající způsob montáže pojízdného roštu příjmového koše



Obr. 9: Hotový stávající typ pojízdného roštu příjmového koše

Proto jsem hledal firmu, která by měla ve standardní nabídce pojízdné rošty, které by se na místo pouze dovezli a umístili na nosné profily připravené v rámci spodní stavby. Takového výrobce se mi v České republice nalézt nepodařilo. Většinou ani nebyli ochotní jednat o konstrukci na míru.

V zahraničí už je situace lepší. Jak je vidět z tabulky *Tab. 1.*, existují firmy, které se touto problematikou zabývají.





Tab. 1.: Přehled možných zatížení na prefabrikované rošty [1]

Legenda:

Fp – soustředěné zatížení v kN

Světlost* =

Světlá rosteč mezi podporami

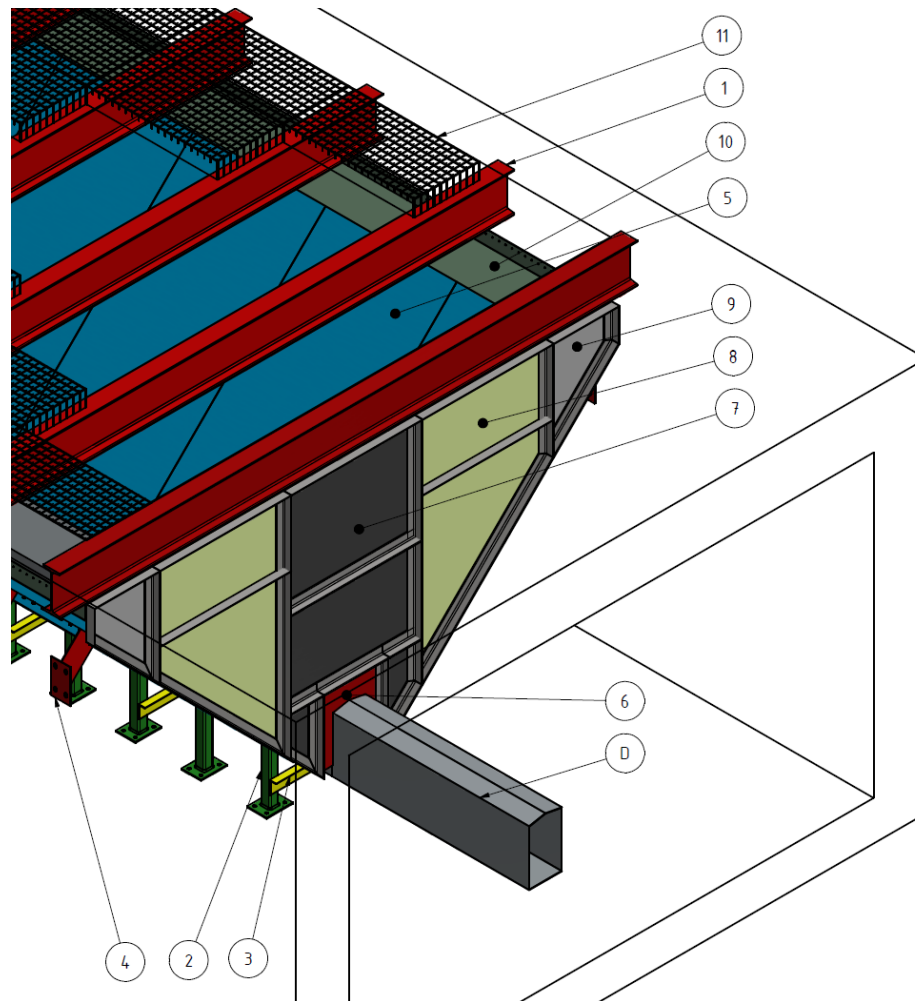
-  Oblast pojezdu nákl. autem do celkové hmotnosti 3t
-  Oblast pojezdu nákl. autem do celkové hmotnosti 9t
-  Oblast pojezdu nákl. autem do celkové hmotnosti 30t
-  Oblast pojezdu nákl. autem do celkové hmotnosti 60t

Nosný pásek (mm)											
Světlost [mm]	80 x 8	90 x 8	100 x 8	110 x 8	120 x 8	130 x 8	140 x 8	150 x 8	80 x 10	90 x 10	100 x 10
	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp	Fp
300	163,84	207,36	256,00	309,76	368,64	432,64	501,76	576,00	204,80	259,20	320,00
400	122,88	155,52	192,00	232,32	276,48	324,48	376,32	432,00	153,60	194,40	240,00
500	81,92	124,42	153,60	185,86	221,18	259,58	301,06	345,60	122,88	155,52	192,00
600	61,44	103,68	128,00	154,88	184,32	216,32	250,88	288,00	102,40	129,60	160,00
700	43,12	62,21	76,80	116,16	138,24	162,24	188,16	216,00	61,44	77,76	120,00
800	36,68	51,84	64,00	77,44	110,59	129,79	150,53	172,80	51,20	64,80	80,00
900	31,92	40,39	54,86	66,38	78,99	108,16	125,44	144,00	39,90	55,54	68,57
1000	27,31	35,75	44,14	58,08	69,12	81,12	107,52	123,43	35,31	44,69	60,00
1100	24,58	32,07	39,59	51,63	61,44	72,11	83,63	108,00	31,67	40,08	53,33
1200	22,34	28,28	25,89	43,42	55,30	64,90	75,26	86,40	27,93	36,34	44,86
1300	20,48	25,92	32,82	39,71	50,27	59,00	68,42	78,55	25,60	33,23	41,03

Z *Tab.1* je zřejmé, že nalezená firma nabízí rošty v poměrně širokém rozpětí rozměrů. Z toho vyplývají dobré možnosti pro volbu modulů. Jaké rozměry budeme využívat si povíme v následujících částech práce.

4 Navrhované konstrukční řešení

V této kapitole si probereme princip konceptu navrhovaného konstrukčního řešení. Začneme od pojezdové části a poté si probereme konstrukci splachové části postupně tak, jak by se měla montovat. Na úvod této kapitoly si ukážeme náhled celku s jednotlivými vyznačenými prvky viz *Obr. 10*.



Obr. 10: Náhled na uspořádání jednotlivých dílů

Legenda vyznačených dílů:

- 1 - nosný profil pojezdové části - profil I 300
- 2 - kotvící dvounoha
- 3 - distanční prvek dvounoh a kotvící prvek pro dopravník
- 4 - kotvící prvek do stěny
- 5 - splachový díl
- 6 - čelo koše - díl propojení příjmového dopravníku a čela koše
- 7 - čelo koše - středový díl
- 8 - čelo koše - boční díl
- 9 - čelo koše - doplňující díl
- 10 - lemovací plech splachové části
- 11 - pojezdový rošt
- D - příjmový dopravník (redler)

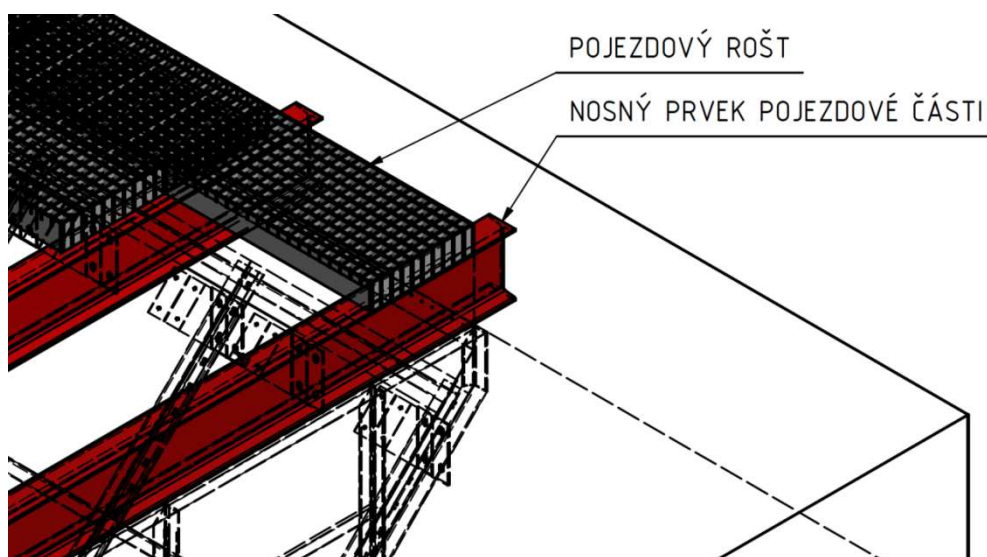
4.1 Pojezdová část

Pojezdový rošt je složen z nosných prvků - nosníků typu I, uložených v betonové konstrukci vany koše již při provádění stavebních prací a z pojezdových roštů uložených na zmíněných I nosnících. Volné uložení roštů umožní snadný přístup do splachového prostoru koše. To především za účelem případného čištění koše a nastavení vsypové mezery na příjmovém dopravníku.

V dnešní době je přístup do koše možný pouze z bočních stran splachové části, a to připravenými otvory. Na těchto otvorech je kvůli těsnosti namísto dvířek přimontován kryt, který navíc bývá dotěsněn tmelem. Tento kryt se v případě nutnosti vstupu do koše musí odmontovat a posléze opět přimontovat a dotěsnit. Takovýto postup ale nezřídka bývá problém, neboť ve vlhkém prostředí často dochází k rychlé korozi a povolování kotvicích šroubů krytu průlezu bývá náročné, ne-li nemožné. Shora není možný přístup, protože trubkový rošt je konstruován jako nerozebíratelný svařenec, jak je vidět na *Obr. 8* a *Obr. 9*.

Jeden navrhovaný prvek roštu o rozměrech 500x1000mm bude vážit přibližně 55kg, takže ho bude možno odejmout celkem bez problémů ve dvou lidech.

Podobu a skladbu pojezdových roštů na nosných profilech ukazuje *Obr. 11*.



Obr. 11: Prvky pojezdové části

4. 1. 1 Nosné I profily

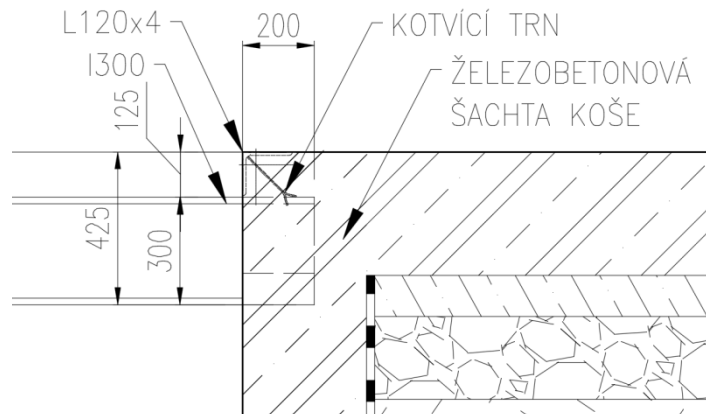
Zmiňuji zde I profil kvůli jeho běžné dostupnosti. Teoreticky může být ale použit jakýkoliv profil umožňující uložení pojezdových roštů na své horní hraně. Dále by měl být profil symetrický podél svislé osy. Z výpočtových a fyzikálních parametrů by měl mít stejné, nebo lepší hodnoty průřezových charakteristik a měl by být zhotoven ze stejného materiálu.

U našeho modelu bude počítáno s I profilem I300 celkové délky 4400mm. Viz příloha č.1. [2]. Profil bude uložen do betonu délkou 200mm na každé straně. Uložení bude provedeno tak, aby horní hrana těchto profilů byla 125mm od horní hrany plánované čisté podlahy příjmového prostoru. Profily budou do betonu usazovány s osovou roztečí 1000mm.

Materiálem těchto profilů bude ocel S235JR. Dle ČSN EN 10025-2: 2005 je minimální mez kluzu R_{eH} [MPa] pro výrobky jmenovité tloušťky do 16mm pro tuto ocel 235MPa. Viz příloha č.2 [2]

Hrana příjmové jámy bude po celém obvodu olemována profilem L120x120x6 zabetonovaným přes navařené trny.

Detail uložení a lemovacího profilu je vidět na *Obr. 12*.



Obr. 12: Detail uložení nosného prvku koše a lemovacího L profilu

Modulové možnosti délky koše jsou zde definovány umístěním prvků po 1000mm. Délka prvků I profilů je prakticky libovolná. Pokud budeme používat rošty řešené níže, bude modul délky nosníku 500mm kvůli šířce roštu, která je 500mm.

4. 1. 2 Pojezdové rošty

Pojezdové rošty byly navrženy přímo výrobcem. Pro ověření je v kapitole č. 5 rošt i tak přepočítán, aby bylo dokázáno, že navržený nosný profil roštu vyhoví normě ČSN EN 1991-2 [3]. Celkové půdorysné rozměry roštů jsou navrženy 500x1000mm, jejich výška je 120mm.

Rošty budou obsahovat nosné profily o délce 1000mm a průřezu 120x5mm umístěné s roztečí 50mm.

Klopení budou bránit na ně kolmé nenosné profily o průřezu 20x3mm. Roštové pole bude olemováno profilem 120x5mm.

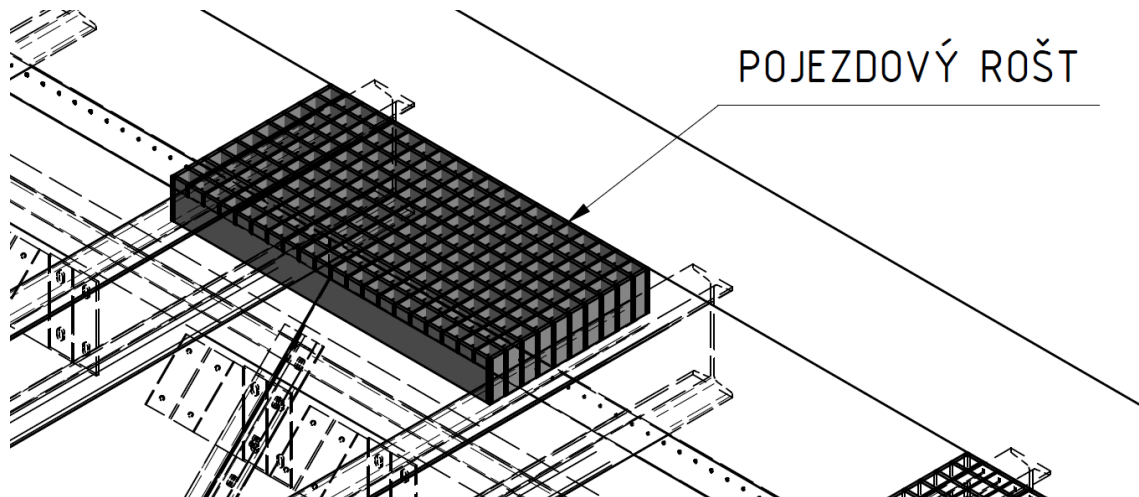
Rošt bude celý vyroben z oceli S355J2. Dle ČSN EN 10025-2: 2005 je minimální mez kluzu R_{eH} MPa pro výrobky jmenovité tloušťky do 16mm 355MPa. Viz příloha č.3 [2]. Tento materiál byl zvolen kvůli možnosti zvětšit rozteče mezi nosnými profily. To je zapotřebí kvůli lepší propustnosti materiálu skrze rošty.

Každý otvor v roštu by měl, při použití zmíněných profilů, mít světlé rozměry 45x47mm, což je vyhovující rozměr.

Kdyby bylo použito např. levnější oceli S235JR jako na I profily, musely by být nosné profily v průřezu větší (120x8mm) a navíc by musely být v rozteči 33,3mm. Takže světlost otvorů by byla 25,3x47mm. To by mohlo způsobovat špatný propad znečištěného materiálu, Zasekávání nevytříděných klasů a podobných větších nečistot dovezených z pole.

Rozměry roštů udávají i modulové možnosti koše. V délce koše je modul 1000mm a v jeho šíři 500mm. Relativně nízká hmotnost roštů pohybující se okolo 55kg dovoluje jejich snadné odejmutí ve dvou lidech a tím umožnění přístupu do splachového prostoru koše.

Rošty budou položeny až na úplný závěr po instalaci splachové části koše. Podobu koše ukazuje *Obr. 13*



Obr. 13: Pojezdový rošt

4.2 Splachová část

Jedním z hlavních bodů zadání bylo vytvořit co nejjednodušší konstrukční řešení této části. Řešení by mělo umožňovat snadnou montáž konstrukce a její stabilitu v jámě, vč. připojení k příjmovému dopravníku linky. Celkový náhled na řešení poskytuje *Obr. 10*.

Koš je složen celkem z devíti různých dílů (podsestav) tvořených z běžně dostupných ocelových profilů a plechů.

V následujících podkapitolách si popíšeme jednotlivé prvky včetně postupu montáže. Postupovat budeme stejně, jak by se postupovalo při realizaci.

Materiálem prvků splachové části bude ocel S235JR bez povrchové úpravy. Dle ČSN EN 10025-2: 2005 je minimální mez kluzu R_{eH} [MPa] pro výrobky jmenovité tloušťky do 16mm pro tuto ocel 235 MPa. Viz příloha č.2. [2] Žádný použitý prvek nemá větší tloušťku než 16mm, budeme tedy k výpočtům používat zmíněnou hodnotu $R_{eH} = 235$ MPa

4. 2. 1 Kotvící nohy

Kotvící nohy budou prvním instalovaným prvkem splachové části. Nohy jsou konstruovány jako svařenec z běžně dostupných ocelových profilů a plechů.

Konkrétně půjde o dvojnožku spojenou v horní části L profilem položeným nárožní hranou vzhůru jako střecha. Každá noha bude mít patku čtvercového tvaru s připravenými otvory pro kotvení do železobetonové podlahy. Stojina bude tvořena čtvercovým jeklem. Stojiny budou od sebe osově vzdáleny 500mm.

Dvojnohy budou dodávány po dvojicích. Každá další dvojice bude mít stojiny o 20mm delší než předešlá. To kvůli vyrovnání spádování podlahy koše, které bude vždy 2%. Ke každé dvojici nohou bude dodána dvojice plechů tl. 10mm jako podložka pod stojinu dále od začátku koše. Podložka bude mít půdorysný tvar jako kotvící patka.

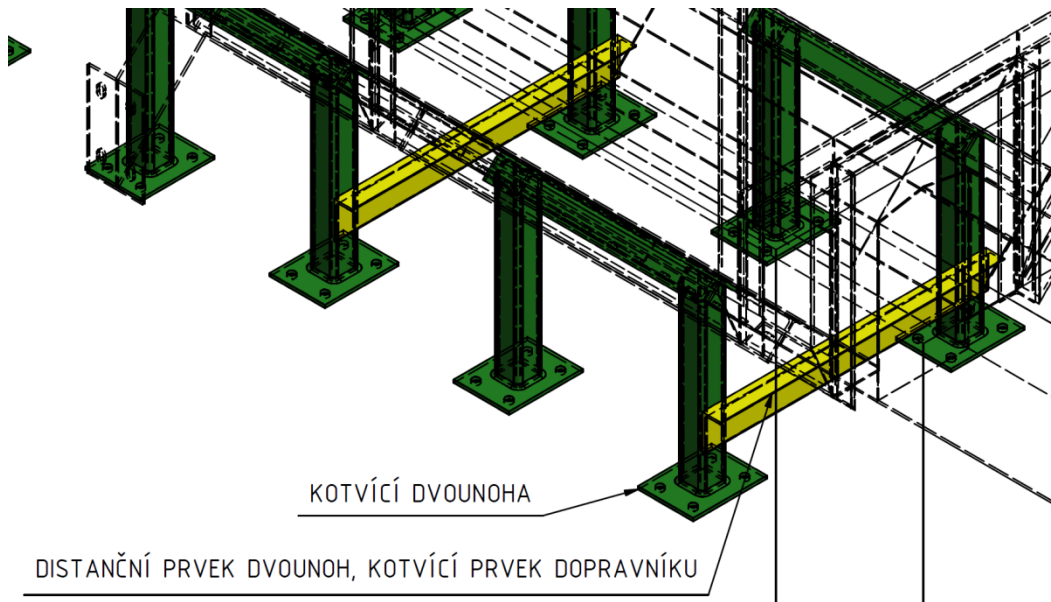
Dvojnoha bude k podlaze kotvena pomocí chemických kotev do betonu. Z nich bude, přes vloženou šroubovici, přišroubována.

Osová rozteč mezi dvounožkami ve směru šířky koše bude 730mm. Tento rozměr je dostačující pro všechny běžně používané výkonnostní řady řetězových dopravníků (redlerů).

Každá dvojice dvounožek bude opatřena přišroubovaným distančním prvkem, který zajistí požadovanou vzdálenost mezi dvojnožkami. Takto sešroubovaný celek bude uložen na osu jámy. Distanční bude v horní části ohnut a bude tak zároveň tvořit kotvící prvek později instalovaného redleru.

Tento postup bude opakován v závislosti na požadované délce koše. Celky dvou dvounožek spojených distančním prvkem budou instalovány po 1000mm ve směru osy koše. Všechny celky dvojic dvojnožek včetně distančního prvku budou srovnány do vodorovné hladiny podle hrany spojovacího L profilu v horní části dvounohy. Hrany spojovacích L profilů všech jednotlivých celků by měly po celé délce plánovaného koše ležet na vodorovné přímce souosé s osou koše. Tato fáze bude z hlediska urovnání prvků relativně náročná, ale usnadní podstatně další montáž.

Navrhovanou podobu zmiňovaných prvků ukazuje *Obr. 14*.



Obr. 14: Kotvící dvounoha, díštanční prvek

4. 2. 2 Kotvící prvky do stěn

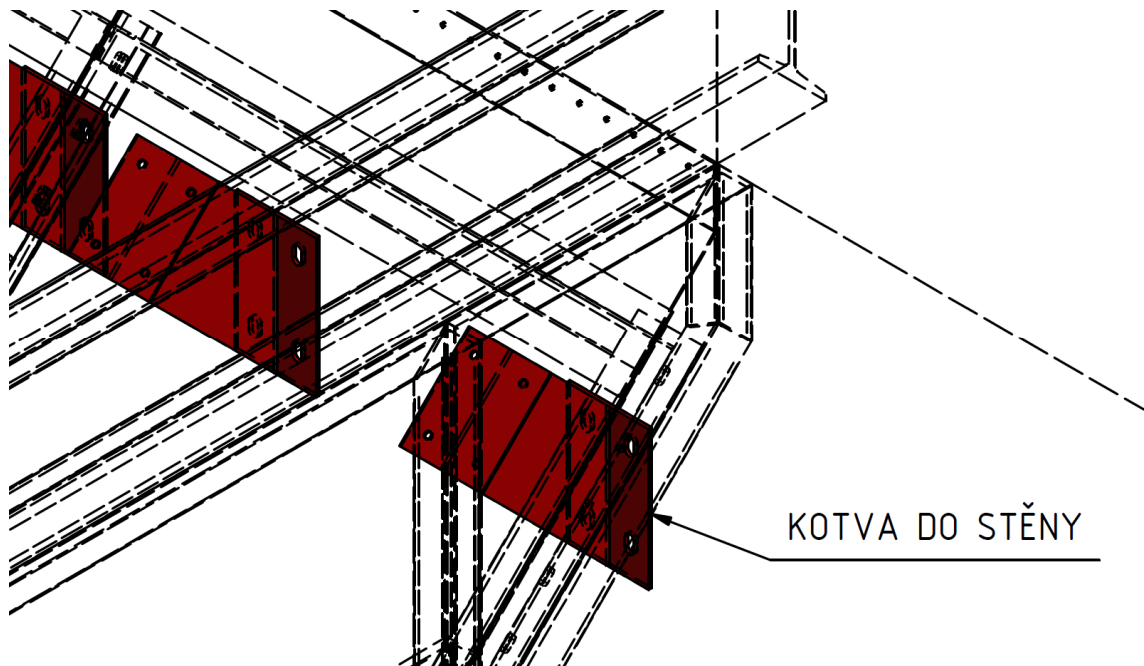
Dalším prvkem spojujícím prvky koše s betonovou jímkou budou kotvy do stěn. Ty budou instalovány ve výšce dané spádem koše 45° měřeným od hrany již instalovaných dvounoh.

Prvky budou instalovány po dvojicích pro každý spádový díl. dvojice bude mít navzájem osový rozstup 700mm. Každá dvojice bude instalována souose s osou již usazené kotvící dvounožky. Takže dvojice budou od sebe osově vzdáleny po 1000mm. Všechny kotvící prvky budou zarovnány do vodorovné roviny.

Uchycení do železobetonové konstrukce bude pomocí chemické kotvy.

Kotvící prvky do stěny jsou uvažovány jako svařenec z běžně dostupných plechů.

Navrhovanou podobu zmiňovaných prvků ukazuje *Obr. 15*.



Obr. 15: Kotva do stěny

4. 2. 3 Uložení příjmového dopravníku

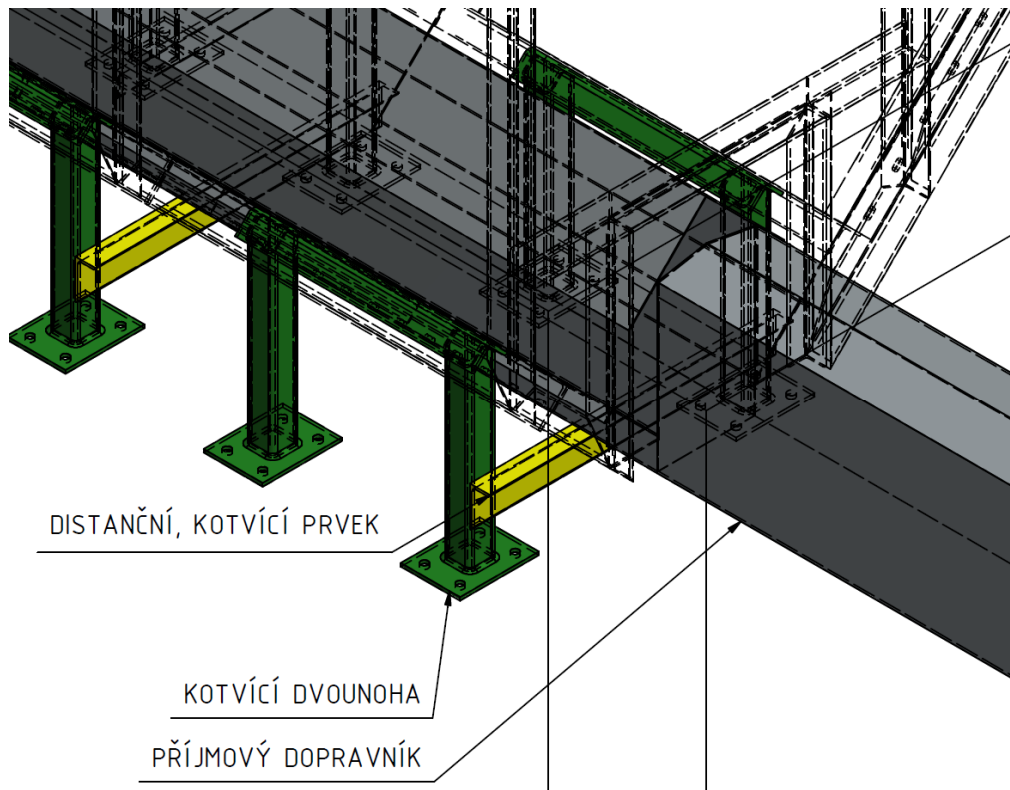
Příjmový dopravník je uvažován jako řetězový redler. Bude uložen na distanční prvky zmíněné v kapitole 4. 2. 1. Tyto prvky budou na stojinách dvounožek přišroubovány na místě stavby dle potřeby daného dopravníku.

Příjmový dopravník by měl disponovat šikmými plechy pro napojení na spádový díl koše.

Dopravník bude kotven dle montážních zásad daného dodavatele. Podepření po 1000mm je dostačující pro všechny dopravníky zmíněného typu.

Dopravník bude uložen na osu koše. V této fázi bude instalovaná pouze příjmová část dopravníku v koši.

Navrhovanou podobu zmiňovaných prvků ukazuje *Obr. 16*.



Obr. 16: Uložení příjmového dopravníku

4. 2. 4 Splachový díl

Po instalaci všech kotvících prvků a dopravníku, budou na své místo usazeny spádové díly.

Ty jsou konstrukčně řešeny jako svařovaný rám z L profilů pokrytý z horní strany plechem. Díl má přesahy plechu ve směru spádu, aby mohl být jednodušeji propojen s navazujícími prvky příjmového dopravníku a navazujícího ukončovacího plechu. Šířka splachového dílu je 1000mm, jeho délka se odvíjí od požadované šířky koše.

Hlavní nosné L profily umístěné po delším okraji ve směru spádu jsou předvrtány pro spojení jednotlivých splachových dílů k sobě, popř. u krajních dílů pro připojení k čelním dílům koše.

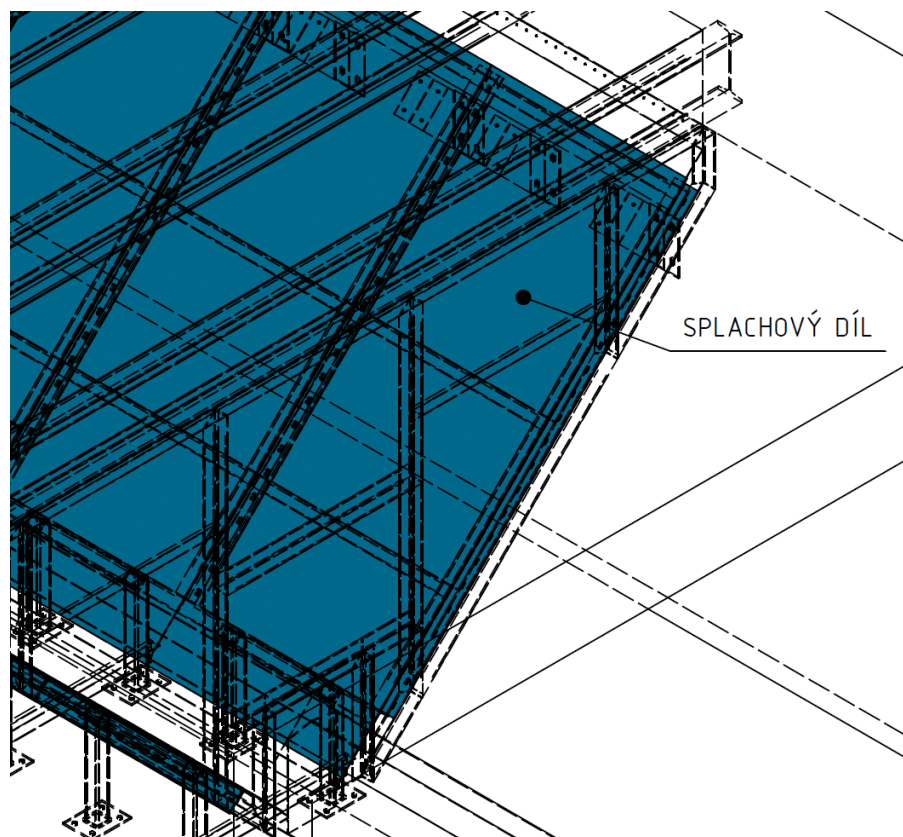
Podporu plechu v rámci dílu tvoří menší L profily navařené kolmo k hlavním. Rozestupy těchto podpůrných profilů se zvětšují směrem od napojení splachové části na redler.

Splachový díl bude ve své spodní části opatřen L profilem navařeným opačně než zbytek rámu. Tento profil bude usazen na spojovací L profil dvounožky. V horní části bude spádový díl ležet na připravených kotvách přímo splachovým plechem. Splachový díl tím pádem není nutno spojovat jakkoli s žádným kotvicím prvkem. To je výhodou při spojování spádových dílů vedle sebe. Mohou se na konstrukci v jisté mezi posunout, aby mohly být navzájem sešroubovány a slícovány.

Zároveň toto řešení umožňuje jistou nepřesnost ve stavební připravenosti. Resp. v přesnosti provedení jímky koše. Toto řešení umožňuje odchylku šířky koše $\pm 70\text{mm}$. V praxi jsme se u koše šířky 4m setkali s maximální odchylkou $\pm 20\text{mm}$.

Po usazení a sešroubování všech splachových dílů budou jejich přesahy ve spodní části spojeny nýty se splachovou částí instalovaného příjmového redleru.

Navrhovanou podobu zmiňovaných prvků ukazuje *Obr. 17*.

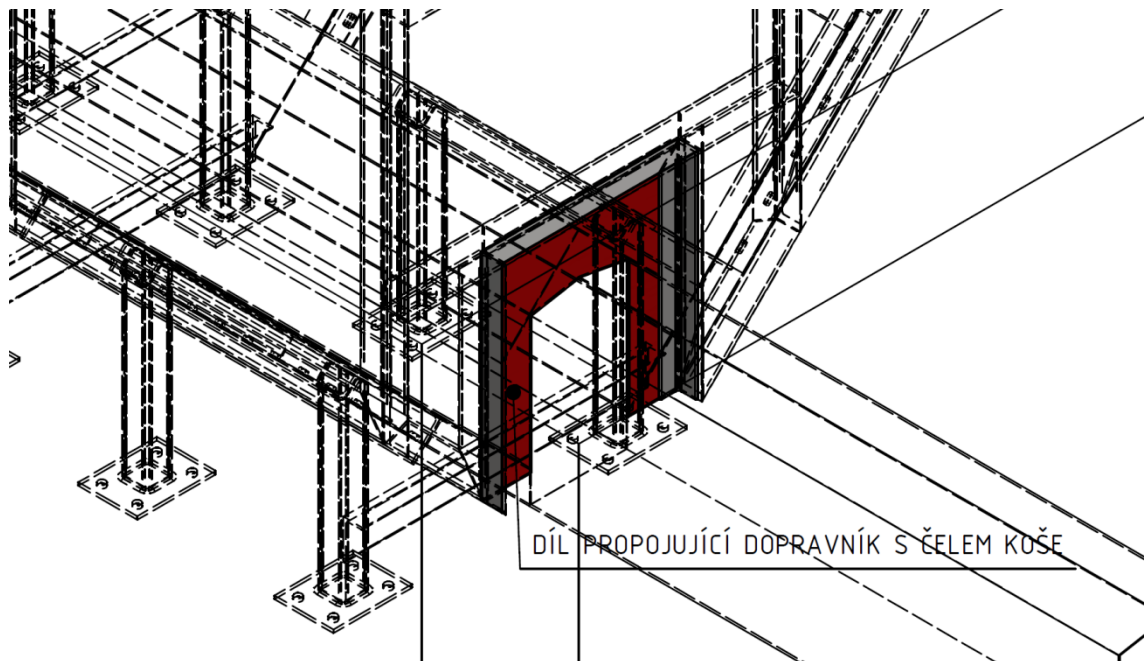


Obr. 17: Splachový díl

4. 2. 5 Čelo koše – díl navazující na dopravník

Po instalaci a prošroubování všech splachových dílů bude instalován díl, který bude propojem mezi dopravníkem a čelem koše. Tento díl bude dodáván jako rám z L profilů opatřený z jedné strany plechem. Do tohoto plechu bude na místě stavby montážníky vyříznut tvar tubusu konkrétního dopravníku. Tento díl bude poté přimontován mezi příruby příjmového a běžného dílu redleru a také k dalším navazujícím prvkům čela a splachového dílu.

Navrhovanou podobu zmiňovaných prvků ukazuje *Obr. 18*.



Obr. 18: Díl propojující dopravník s čelem koše

4. 2. 6 Čelo koše – ostatní díly čela koše

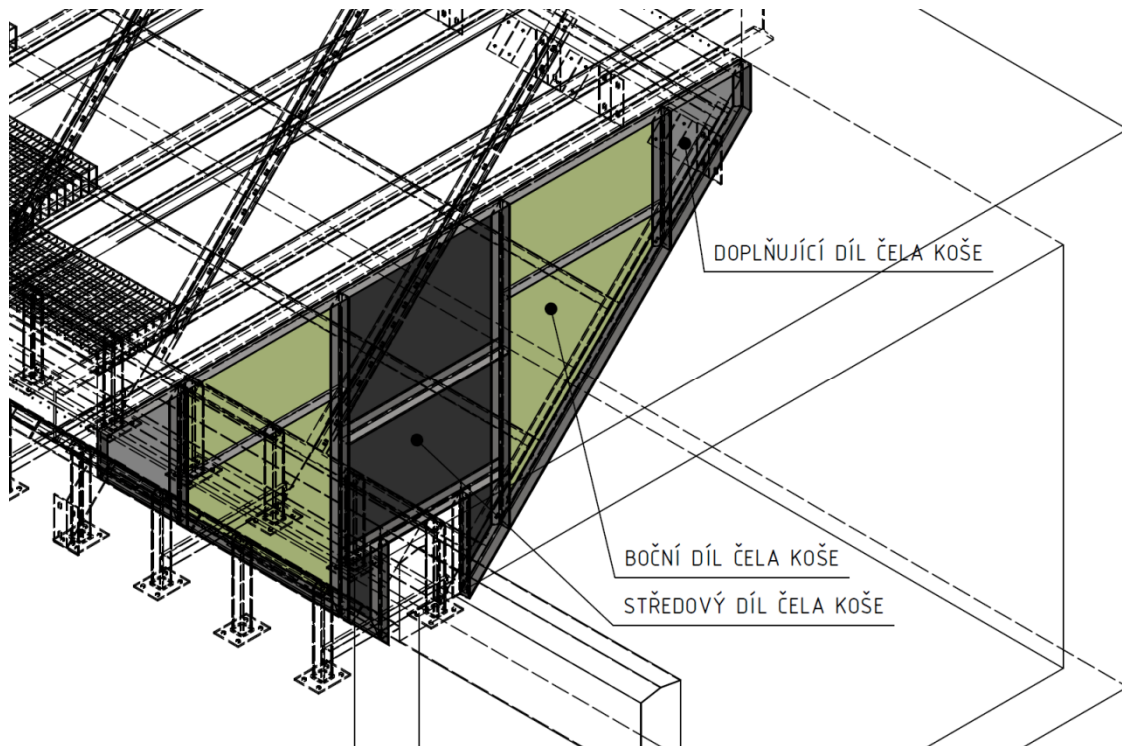
Po instalaci propojovacího dílu s dopravníkem budou doplněny ostatní díly čela koše.

Tyto díly jsou konstrukčně řešeny jako svařované rámy z L profilů zaklopené z jedné strany v celé ploše plechem.

Součásti budou instalovány, stejně jako ostatní díly stejné konstrukce, plechem do vnitřní části koše. Prvky budou sešroubovány navzájem přes

předem připravené otvory v obvodových profilech. Ke stropu koše budou díly kotveny pomocí chemických kotev. Případná mezera mezi montovaným prvkem a stropem jímky bude doplněna pásovinou potřebné tloušťky.

Navrhovanou podobu zmiňovaných prvků ukazuje *Obr. 19*.

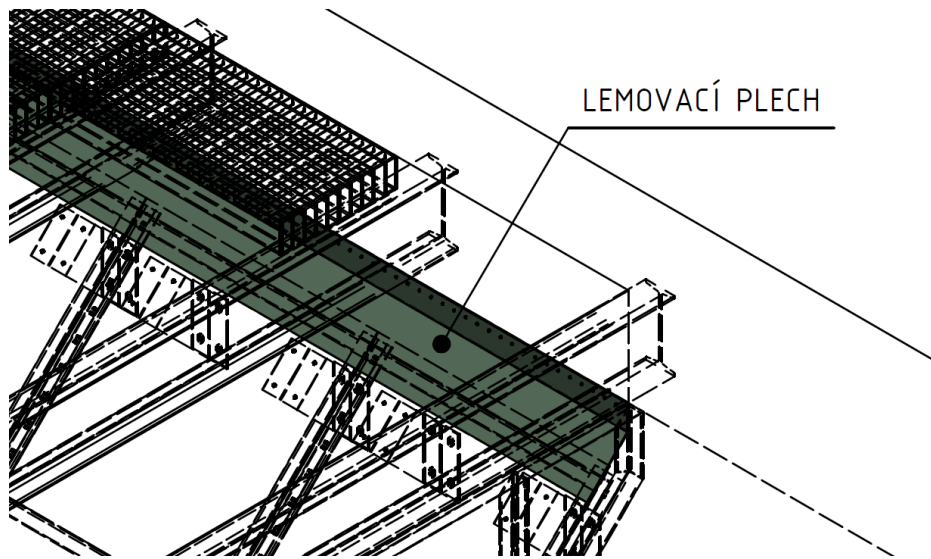


Obr. 19: Navazující díly čela koše

4. 2. 7 Lemovací plech splachové části

Jako poslední bude instalován ukončovací plech v horní části splachových dílů. Půjde o předpřipravený ohnutý plech, který bude přiložen na splachové díly, a poté přes předvrtané otvory v plechu kotven k betonové stěně nastřelovacími hřeby.

Poté bude ukončovací plech propojen nýty s přesahy plechů na instalovaných splachových dílech. Navrhovanou podobu zmiňovaných prvků ukazuje *Obr. 20*.



Obr. 20: Lemovací plech splachové části

5 Návrh a výpočty základních nosných prvků

Zde bych shrnul zatížení na jednotlivé konstrukce a provedl základní statické výpočty nejdůležitějších nosných prvků. Půjde o požadavky statické zátěže od materiálu na splachovou část a od nákladních automobilů na pojezdový rošt a nosné profily tohoto roštu. Části roštu a splachového prostoru jsou na sobě staticky nezávislé.

Vlastní hmotnost konstrukce je vzhledem k působícím zatížením minimální, takže v analytických výpočtech nebudou vlastní hmotnosti započítány. Ve výpočtovém modelu zpracovaném na PC budou tyto hmotnosti zahrnuty. Pro numerické výpočty bude použit modul Pevnostní analýza a analýza rámových konstrukcí, softwaru Autodesk Inventor Professional - Verze aplikace Autodesk Inventor: 2018 (Build 190159000, 159). Výstupy z numerických výpočtů budou ukázány na závěr kapitoly 5.3.

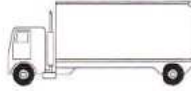




5.1 Pojezdová část

Pro pojezdovou část jsem zvolil k návrhu zatížení normu ČSN EN 1991-2 – Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou [3]. Tuto normu jsem zvolil, protože se pojezdový rošt dá za mostovou konstrukci považovat a norma pro takové konstrukce udává zatížení včetně jeho rozložení dle náprav atp.

Ze zmíněné normy [3] použiji tabulku 4.6 – Soubor „častých“ nákladních vozidel na straně 41 pro definici maximálního možného zatížení roštu. Tato tabulka udává maximální možné zatížení od jedné nápravy 190 kN. Níže je její náhled pod označením *Tab. 2*.

Výpočet bude opět rozdělen na pojezdové rošty a nosné I profily.

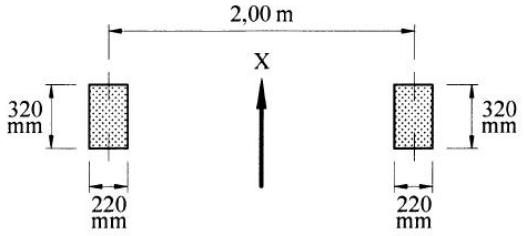
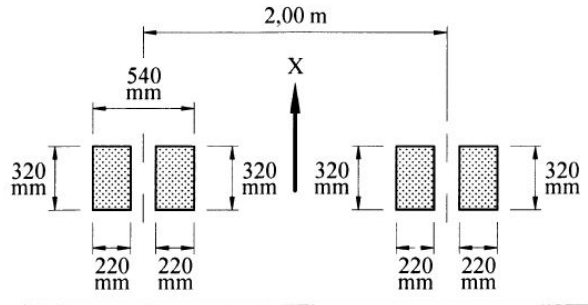
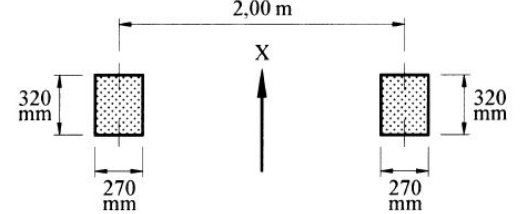
Tab. 2: Přehled možných zatížení na rošty dle ČSN EN 1991-2 [3]
Tabulka 4.6 – Soubor „častých“ nákladních vozidel

1	2	3	4
OBRYS VOZIDLA	vzdálenost náprav (m)	častá hodnota nápravové síly (kN)	typ kola (viz tabulka 4.8)
	4,5	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	90 180 120 120 120	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C

Tvar zátěžové plochy od kola pro toto zatížení (typ B) potom udává *Tab. 3* která je náhledem tabulky 4.8 – Definice kol a náprav z ČSN EN 1991-2 – Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou [3]. Pro náš případ vychází typ nápravy B. Jeho rozměry viz *Tab. 3*.

Tab. 3: Přehled možných zatížení na rošty dle ČSN EN 1991-2 tab. 4.8 [3]

Tabulka 4.8 – Definice kol a náprav

TYP KOLA / NÁPRAVY	DEFINICE GEOMETRIE NÁPRAVY
A	
B	
C	

Na každou zátěžovou plochu kola dvoumontáže působí síla dle vztahu:

$$F_{kol} = \frac{F_{nápr}}{4} \quad (1)$$

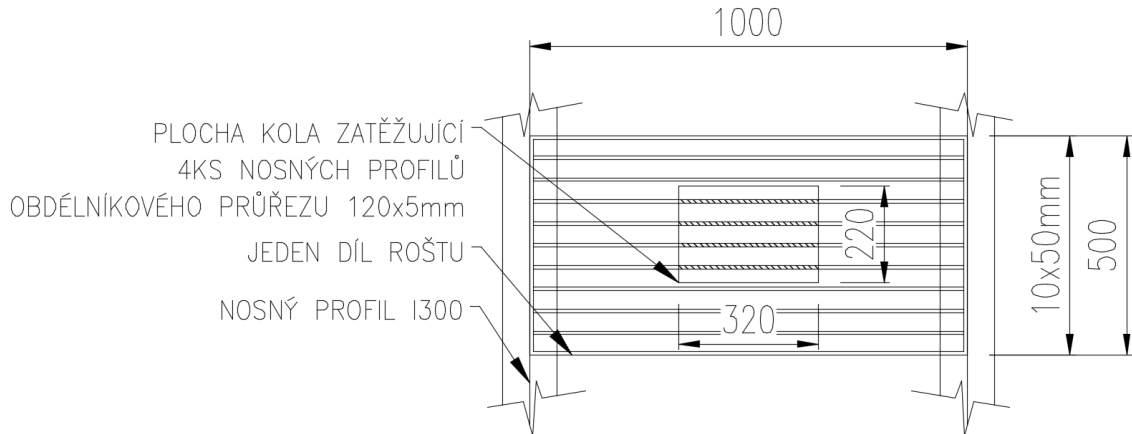
F_{kol} ... výsledná síla na jednu zátěžovou plochu kola [N],

$F_{nápr}$... nejvyšší částá hodnota nápravové síly dle Tab. 2 a 3 [N],

$$F_{kol} = \frac{190000}{4} = 47500N$$

5. 1. 1 Výpočet pojezdových roštů

Výše spočtená síla se v nejnepříznivější situaci rozloží na čtyři nosné prvky roštu jak ukazuje obrázek *Obr. 21*.



Obr. 21: Nejnepříznivější situace rozložení síly od kola

V našem případě si můžeme situaci zjednodušit tím, že tlak nahradíme jednou silou působící na daný prvek uprostřed. Tuto sílu získáme z následujícího výpočtu.

$$F_{pás} = \frac{F_{kol}}{4} \quad (2)$$

$F_{pás}$... výsledná síla na jeden nosný prvek roštu (pásovina) [N],

F_{kol} ... výsledná síla na jednu zátěžovou plochu kola [N],

$$F_{pás} = \frac{47500}{4} = \underline{\underline{11875N}}$$

Tato síla působí ve středu každého zatíženého nosného prvku roštu. Jde o prvky vysoké a štíhlé, proto jsou zajištěny kolmými prvky majícími za úkol zabránit klopení. Tyto prvky jsou za pásové oceli průřezu 20x3mm dle nabídky firmy dodávající tyto rošty.

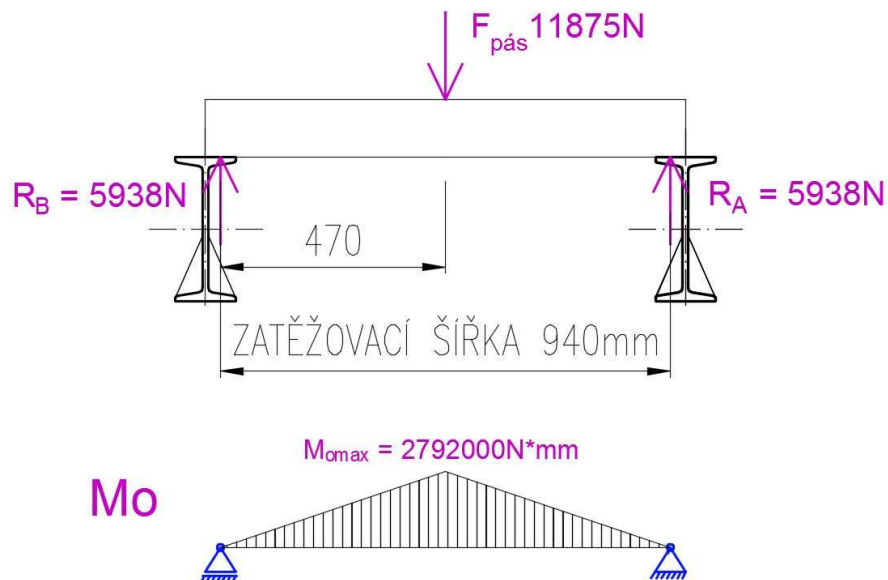
Jako nosný prvek byl vybrán profil o rozměrech 120x5mm. Rošt bude celý vyroben z oceli S355J2. Dle ČSN EN 10025-2: 2005 je minimální mez kluzu R_{eH} MPa pro výrobky jmenovité tloušťky do 10mm rovna 355MPa. Viz příloha č.3. Údaj bude důležitý při výpočtu bezpečnosti k.

Nyní si vypočteme napětí v ohybu a smyku u našeho prvku. Průběh ohybového momentu můžeme vidět na *Obr. 22*. Pro smyk bude síla $F_{pás}$ posunuta k jedné z podpor. Dále budeme potřebovat průřezový modul prvku, který se vypočítá dle:

$$w = \frac{1}{6} b \cdot h^2 \quad (3)$$

b	...	šířka obdélníkového profilu	[mm],
h	...	výška obdélníkového profilu	[mm],
w	...	průřezový modul prvku	[mm ³].

$$w = \frac{1}{6} 5 \cdot 120^2 = \underline{\underline{12000mm^3}}$$



Obr. 22: Schéma průběhu ohybového momentu

Napětí v ohybu se vypočte jako:

$$\sigma_{o\max} = \frac{M_{o\max}}{W} \quad (4)$$

$\sigma_{o\max}$... výsledné maximální napětí [MPa],
 $M_{o\max}$... maximální ohybový moment v prvku [N·mm],
 W ... průřezový modul prvku [N·mm].

$$\sigma_{o\max} = \frac{2792000}{12000} = \underline{\underline{232MPa}}$$

Bezpečnost potom jako:

$$k = \frac{R_{eH}}{\sigma_{o\max}} \quad (5)$$

$\sigma_{o\max}$... výsledné maximální napětí [MPa],
 R_{eH} ... mez kluzu použité oceli [MPa],
 k ... bezpečnost [-],

$$k = \frac{355}{232} = \underline{\underline{1,53}}$$

Pro tento prvek je vypočtená bezpečnost v ohybu dostačující.

Mez kluzu pro smyk bývá pro běžné oceli zjednodušeně počítána jako 0,6 násobek meze kluzu dané oceli. Tohoto vztahu využijí i zde.

Mez kluzu ve smyku bude tedy:

$$\tau_e = R_{eH} \cdot 0,6 \quad (6)$$

τ_e	...	mez kluzu ve smyku	[MPa],
R_{eH}	...	mez kluzu použité oceli	[MPa],

$$\tau_e = 355 \cdot 0,6 = \underline{\underline{213MPa}}$$

Prvek je při výpočtu ohybového momentu zatěžován silou uprostřed. Kritickou situací u smyku by byla poloha této síly u jedné z podpor. Maximální smykovou sílu budeme tedy počítat jako rovnou zatěžovací síle. $T_{max} = [N]$. Napětí ve smyku se vypočte jako poměr této síly a plochy prvku:

$$\tau = \frac{T_{max}}{b \cdot h} \quad (7)$$

τ	...	napětí ve smyku zatěžovaného nosníku	[MPa],
b	...	šířka profilu	[mm],
h	...	výška profilu	[mm].
T_{max}	...	maximální smyková síla	[N]

$$\tau = \frac{11875}{5 \cdot 120} = \underline{\underline{19,8MPa}}$$

Bezpečnost ve smyku zde vyjde více než desetinásobná.

Zatížení z roštů je přenášeno na zabetonované nosníky I300. Specifikace zatížení a výpočet pro tento prvek v následující části.

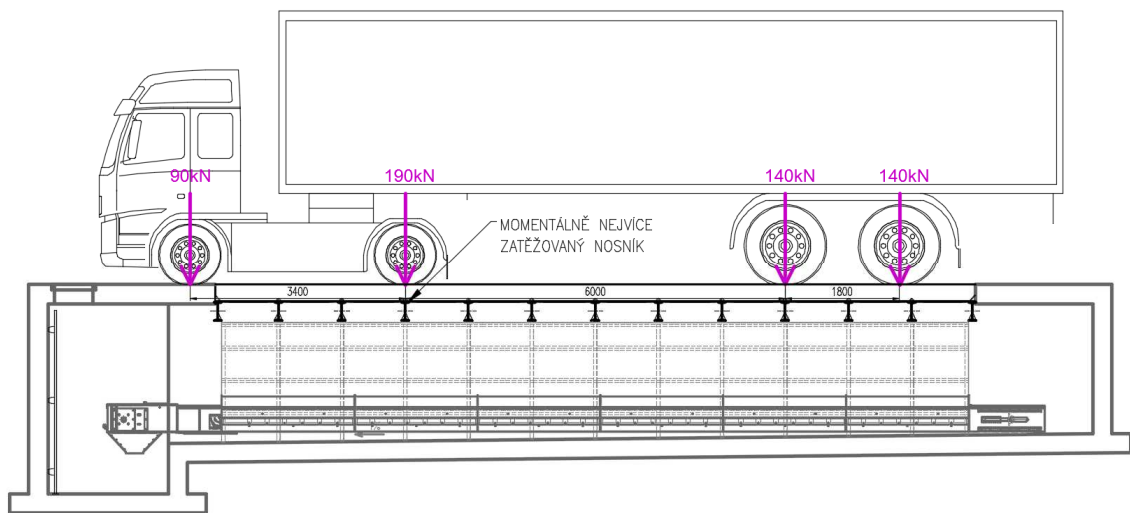
5. 1. 1 Zatížení hlavních I nosníků pojezdového roštu

U těchto nosníků bude počítáno s ohybem a smykem. Klopení vzhledem k relativně malé délce, vetknutému uložení a masivnosti nosníků nehrozí.

V našem případě bude počítáno s I profilem I300 celkové délky 4400mm. Viz příloha č.1. [2] Profil bude uložen do betonu délkou 200mm na každé straně.

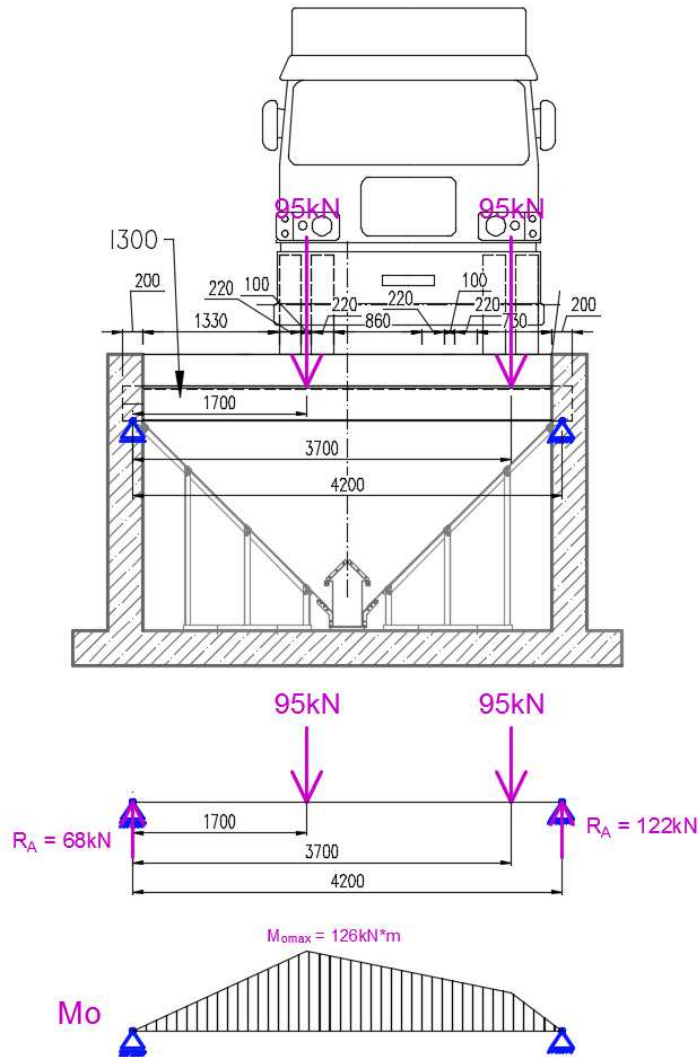
Materiálem těchto profilů bude ocel S235JR bez povrchové úpravy. Dle ČSN EN 10025-2: 2005 je minimální mez kluzu R_{eH} [MPa] pro výrobky jmenovité tloušťky do 16mm pro tuto ocel 235MPa. Viz příloha č.2 [2]

Nejprve si definujeme největší možné zatížení. Z *Obr. 23* je vidět, že dle *Tab. 2* nemůže nikdy na I nosník působit zatížení od více náprav najednou. Budeme tedy počítat s nejvíce zatěžující nápravou.



Obr. 23: Rozmístění zatížení od náprav

Nyní si vypočteme napětí v ohybu a smyku u našeho prvku. Maximální ohybové napětí na našem prvku vznikne při poloze zatěžovacího modelu vozu mírně mimo osu koše jak ukazuje *Obr. 24*.



Obr. 24: Nejnepříznivější varianta postavení zatížení od vozu, znázorněné schéma s hodnotou maximálního ohybového momentu

K výpočtu budeme potřebovat průřezový modul prvku, který zjistíme v rámci údajů k profilu, viz příloha 1 [2]. Průřezový modul v ohybu profilu I300 je $w = 653\text{cm}^3$.

Napětí v ohybu je vypočteno jako:

$$\sigma_{o\max} = \frac{M_{o\max}}{w} \quad (8)$$

$\sigma_{o\max}$... výsledné maximální napětí [MPa],
 $M_{o\max}$... maximální ohybový moment v prvku [N·mm],

w ... průřezový modul prvku [N·mm],

$$\sigma_{o\max} = \frac{126000000}{653000} = \underline{\underline{193\text{MPa}}}$$

Bezpečnost je vypočtena jako:

$$k = \frac{R_{eH}}{\sigma_{o\max}} \quad (9)$$

$\sigma_{o\max}$... výsledné maximální napětí [MPa],

R_{eH} ... mez kluzu použité oceli [MPa],

k ... bezpečnost [-],

$$k = \frac{235}{193} = \underline{\underline{1,22}}$$

Pro tento prvek je vypočtená bezpečnost v ohybu poměrně malá. Může být ale akceptována protože nosník se způsobem uložení blíží vetknutí. Momenty v uložení tedy v realitě nebudou nulové a zmenší se tím i maximální moment. Úkolem této práce je ale koncepční návrh, ne přesný výpočet prvků. Proto tuto bezpečnost můžeme pro tuto chvíli akceptovat.

Pro smyk budou síly zatížení posunuty tak, aby jedna byla těsně u jedné z podpor.

Mez kluzu pro smyk bývá pro běžné oceli zjednodušeně počítána jako 0,6 násobek meze kluzu dané oceli. Tohoto vztahu užijí i zde.

Mez kluzu ve smyku bude tedy:

$$\tau_e = R_{eH} \cdot 0,6 \quad (10)$$

τ_e ... mez kluzu ve smyku [MPa],

R_{eH} ... mez kluzu použité oceli [MPa],

$$\tau_e = 235 \cdot 0,6 = \underline{\underline{141\text{MPa}}}$$

Pro smyk budou síly zatížení posunuty tak, aby jedna byla těsně u jedné z podpor. Maximální smyková síla bude tedy $T_{\max} = 195\text{kN}$. Napětí ve smyku se vypočte jako poměr této síly a plochy prvku:

$$\tau = \frac{T_{\max}}{A_I} \quad (11)$$

τ	...	napětí ve smyku zatěžovaného nosníku	[MPa],
T_{\max}	...	maximální smyková síla	[N]
A_I	...	plocha průřezu	[mm ²]

$$\tau = \frac{195000}{6900} = \underline{\underline{28,3\text{MPa}}}$$

Bezpečnost se potom vypočte jako:

$$k = \frac{\tau_e}{\tau} \quad (12)$$

τ_e	...	mez kluzu ve smyku	[MPa],
τ	...	napětí ve smyku zatěžovaného nosníku	[MPa],
k	...	bezpečnost	[-],

$$k = \frac{141}{28,3} = \underline{\underline{5}}$$

Pro tento prvek je vypočtená bezpečnost ve smyku dostačující.

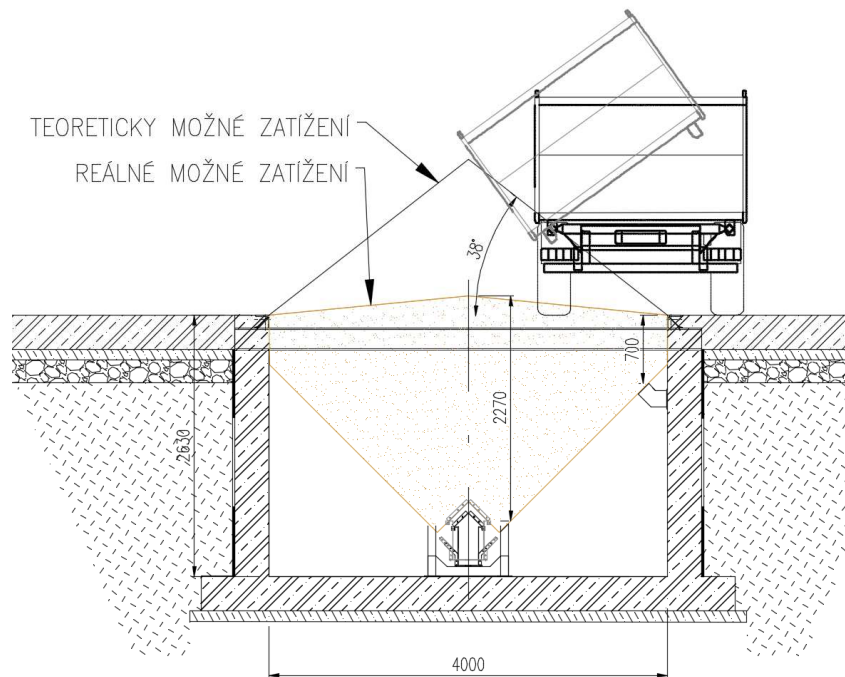
5. 2 Zatížení splachové části – výpočet hlavního nosného prvku splachového dílu

Zde budeme velikost zatížení vyvozovat z možných situací a fyzikálních vlastností dováženého materiálu.

Nejprve k vlastnostem materiálů. Nejdůležitějšími vlastnostmi pro nás bude objemová hmotnost a sesypaný úhel, někdy nazývaný úhel přirozeného sklonu. V Česku jsou nejběžnějšími plodinami zpracovávány v rámci technologií posklizňových linek následující: pšenice, řepka, kukuřice, ječmen, oves, slunečnice, atp. Nejméně příznivou kombinací velikosti sesypaného úhlu a objemové hmotnosti je pšenice, která může dle [4] dosahovat objemové hmotnosti $750-850\text{kg/m}^3$ a úhlu přirozeného sklonu $23-38^\circ$. Pro výpočet použijeme kvůli zvýšení bezpečnosti horní mezní hodnotu objemové hmotnosti. Tedy objemovou hmotnost 850kg/m^3 .

Úhel přirozeného sklonu 38° zde můžeme zanedbat z důvodu, že situace, kdy by nad splachovou částí námi používaných košů byl vysoký násyp materiálu, nemůže prakticky nastat. Zasykala by se tím kola auta a to by nemohlo odjet. Budu tedy počítat s maximální tloušťkou vrstvy materiálu nad pojízdnou hranou 100mm. Názorněji viz *Obr. 25*.

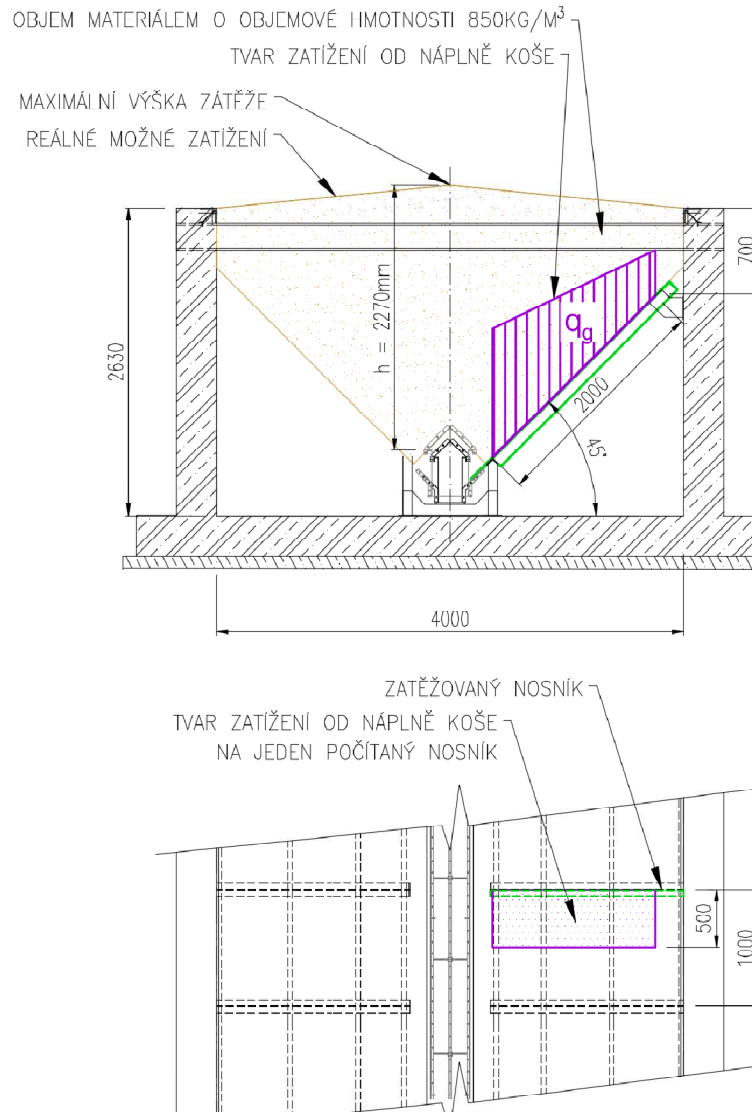
Zatížení bude vypočteno u největší požadované šířky koše 4m.



Obr. 25: Zatížení působící na splachové díly

Na *Obr. 26* můžeme vidět tvar zatížení působícího na splachové plechy. Pro zjednodušení analytického výpočtu si definujeme průběh zatížení na jeden hlavní nosný prvek splachového dílu. Zatížení bude definováno jako spojitě a nekonstantní po délce nosníku. Přesahy za podpěrnými body jsou minimální a budou tak zanedbány. Stejně tak bude v analytickém výpočtu zanedbána vlastní tíha konstrukce.

Z konstrukce splachového dílu vyplývá, že bude po obvodu lemován L profily. Jednotlivé díly o šířce 1000mm k sobě budou navzájem sešroubovány přes zmíněné profily na delších stranách dílu, takže zatěžovací šířka 1000mm ponesou dva profily. Dále budu počítat jen jeden, takže zatěžovací šířka bude 500mm.



Obr. 26: Tvar zatěžovacího obrazce působícího na splachové díly

Pro výpočet zatížení splachového dílu využijeme následující vztahy:

Vztah pro výpočet spojitěho zatížení v místě největší a nejmenší výšky zatěžovacího tvaru působícího na počítaný profil q_{g1}, q_{g2}

$$q_{g1,2} = h_{1,2} \cdot \check{s} \cdot \rho_{mat} \cdot g \quad (13)$$

$q_{g1,2}$	...	svislé spojitě zatížení v místě dané podpory	[N/m],
$h_{1,2}$	...	výška zátěže v místě dané podpory	[m],
\check{s}	...	výpočtová šířka zatěžovacího objemu (zde 0,5m)	[m],
g	...	gravitační zrychlení	[m/s ²],

ρ_{mat} ... objemová hmotnost zatěžujícího materiálu [kg/m³].

$$q_1 = 2,27 \cdot 0,5 \cdot 850 \cdot 9,81 = 9464 \text{ N / m}$$

$$q_2 = 0,7 \cdot 0,5 \cdot 850 \cdot 9,81 = 2920 \text{ N / m}$$

Vypočítané zatížení je ještě nutno rozdělit na zatížení kolmé a rovnoběžné se spádem. Rozložení vyplývá z geometrie splachové části. Úhel spádu splachové části je 45°.

Vztah pro výpočet zatížení kolmého na splachy q_y vychází z geometrie viz *Obr. 26*.

$$q_{y1,2} = \sqrt{\frac{q_{g1,2}^2}{2}} \quad (14)$$

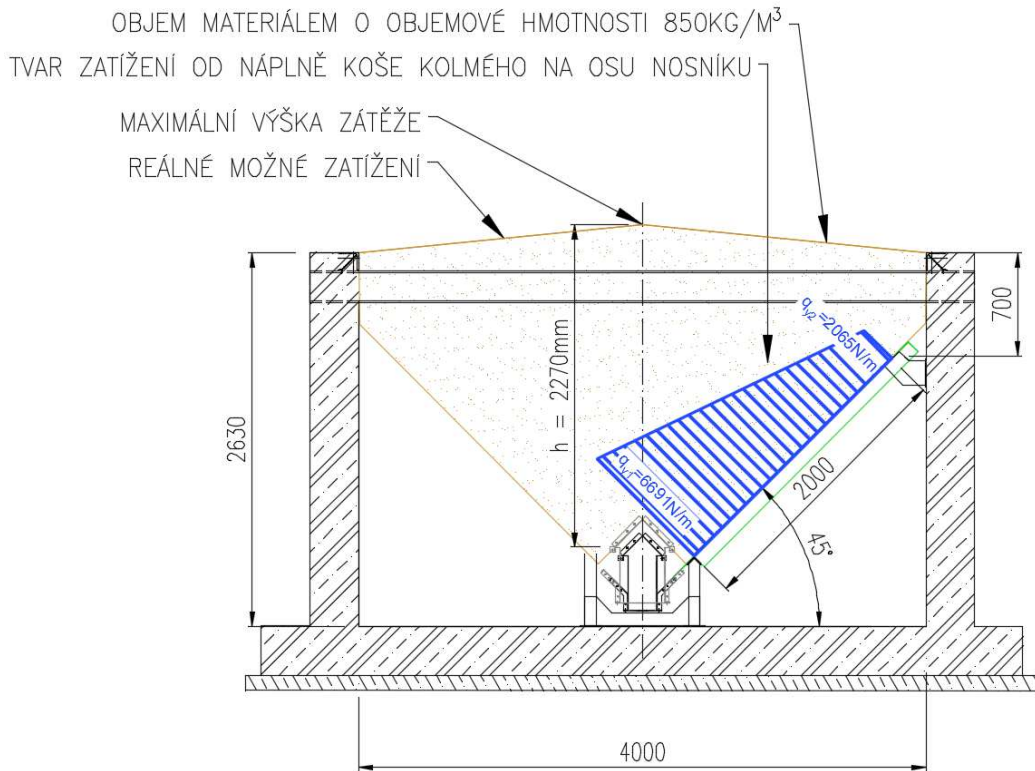
$q_{y1,2}$... Zatížení působící kolmo na splachový plech [N/m],

$q_{g1,2}$... Svislé zatížení [N/m],

$$q_{y1} = \sqrt{\frac{9464^2}{2}} = \underline{6692 \text{ N / m}}$$

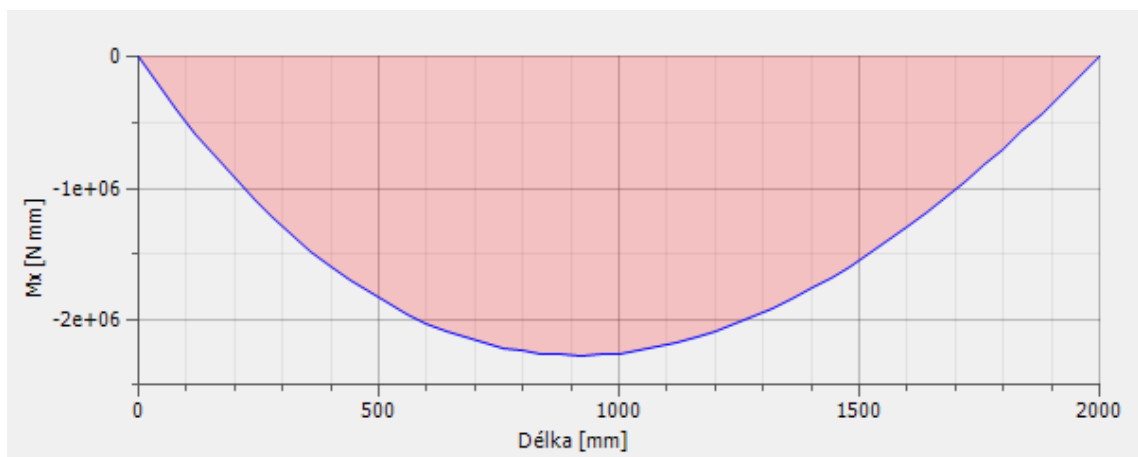
$$q_{y2} = \sqrt{\frac{2920^2}{2}} = \underline{2065 \text{ N / m}}$$

Konkrétní zatížení nosníku kolmo na jeho osu znázorňuje *Obr. 27*.



Obr. 27: Zatížení kolmé na osu počítaného nosníku

Průběh momentu zobrazuje *Obr. 28*. Výpočet byl proveden pomocí vnitřního modulu Autodesk Inventor - analýza rámových konstrukcí. Z výpočtu vyplývá, že maximální ohybový moment je $2,266\text{kN}\cdot\text{m}$.



Obr. 28: Průběh ohybového momentu na řešeném nosníku

Napětí v ohybu je vypočteno jako:

$$\sigma_{o\max} = \frac{M_{o\max}}{w} \quad (15)$$

$\sigma_{o\max}$	...	výsledné maximální napětí	[MPa],
$M_{o\max}$	...	maximální ohybový moment v prvku	[N·mm],
w	...	průřezový modul prvku	[N·mm],

Průřezový modul prvku je $w = 27600\text{mm}^3$

$$\sigma_{o\max} = \frac{2266000}{27600} = \underline{\underline{82\text{MPa}}}$$

Bezpečnost potom jako:

$$k = \frac{R_{eH}}{\sigma_{o\max}} \quad (16)$$

$\sigma_{o\max}$	...	výsledné maximální napětí	[MPa],
R_{eH}	...	mez kluzu použité oceli	[MPa],
k	...	bezpečnost	[-],

$$k = \frac{235}{82} = \underline{\underline{2,87}}$$

Vypočtená bezpečnost je pro tento prvek dostačující.

Mez kluzu pro smyk bývá pro běžné oceli zjednodušeně počítána jako 0,6 násobek meze kluzu dané oceli. Tohoto vztahu užijeme i zde.

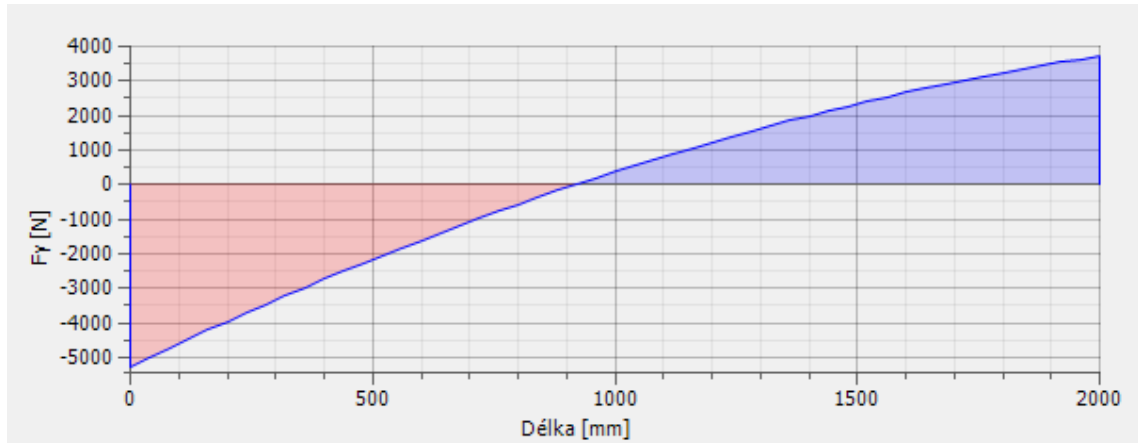
Mez kluzu ve smyku bude tedy:

$$\tau_e = R_{eH} \cdot 0,6 \quad (17)$$

τ_e	...	mez kluzu ve smyku	[MPa],
R_{eH}	...	mez kluzu použité oceli	[MPa],

$$\tau_e = 235 \cdot 0,6 = \underline{\underline{141MPa}}$$

Maximální smyková síla bude dle hodnot vypočtených na PC $T_{\max} = 5,272\text{kN}$. Průběh smykových sil zobrazuje *Obr. 29*.



Obr. 29: Průběh smykových sil

Napětí ve smyku se vypočte jako poměr této síly a plochy prvku:

$$\tau = \frac{T_{\max}}{A_I} \tag{18}$$

τ	...	napětí ve smyku zatěžovaného nosníku	[MPa],
T_{\max}	...	maximální smyková síla	[N]
A_I	...	plocha průřezu	[mm ²]

$$\tau = \frac{195000}{5272} = \underline{\underline{34,4MPa}}$$

Bezpečnost je potom vypočtena jako:

$$k = \frac{\tau_e}{\tau} \tag{19}$$

T_e	...	mez kluzu ve smyku	[MPa],
τ	...	napětí ve smyku zatěžovaného nosníku	[MPa],
k	...	bezpečnost	[-],

$$k = \frac{141}{34,4} = \underline{\underline{4,1}}$$

Pro tento prvek je vypočtená bezpečnost ve smyku dostačující.

5.3 Zatížení splachové části – numerický výpočet

Na závěr této kapitoly přikládám výstup numerického výpočtu pro splachovou část. Zde je v rámci nastavení modelu počítáno i s vlastní hmotností všech prvků. V hlavních nosných prvcích, které byly počítány výše je u této analýzy počítáno i s oslabením vzniklým potřebným počtem otvorů pro sešroubování jednotlivých splachových komponent k sobě.

Pevnostní analýza aplikace Autodesk Inventor Simulation je doplněk pracovního prostředí sestavy, součásti a plechu aplikace Autodesk Inventor.

Pevnostní analýza se provádí pomocí matematického modelu fyzikálního systému složeného z těchto částí:

- součásti nebo sestavy (modelu),
- vlastností materiálu,
- vhodných okrajových podmínek (zatížení, podpory), podmínek dotyku a sítě, nazývaných též předběžné zpracování,
- řešení takového matematického znázornění (vyřešení).

Statická analýza umožňuje simulaci tlaku, napětí a deformací.

K nalezení výsledku je součást rozložena na menší prvky. Řešení spočívá v určení individuálního chování každého prvku. Vyřešením množiny simultánních algebraických rovnic tak lze předpovědět chování celého

fyzikálního systému. Studie výsledků takového řešení, která se nazývá dodatečné zpracování.

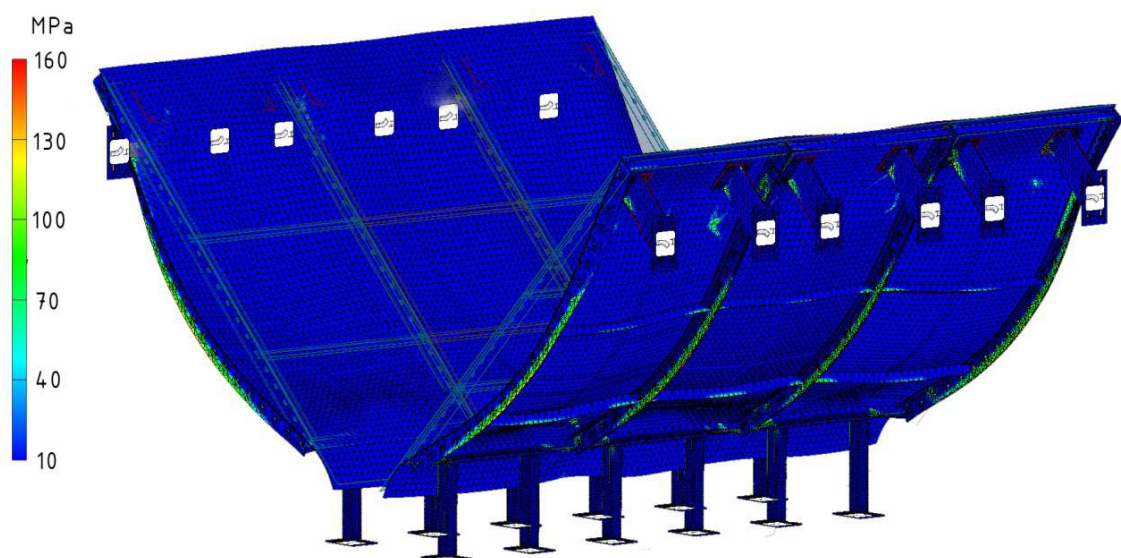
5.3.1 interpretace výsledků pevnostní analýzy:

Ekvivalentní napětí neboli napětí Von Mises:

"Trojrozměrná napětí vznikají v mnoha směrech. Tato napětí se většinou vyjadřují pomocí shrnutí do ekvivalentního napětí, známého také jako von Misesovo napětí. Třírozměrné těleso má šest složek napětí. Někdy se vlastnosti materiálu zjišťují pomocí jednoosého testu napětí. V tomto případě se k systému reálného napětí vztahuje kombinace šesti složek napětí do jediného ekvivalentního napětí." (Autodesk, 2018)

Jak ukazuje *Obr. 30*, napětí Von Mises vychází v hlavním nosníku splachových plechů přibližně na 130MPa V rámci analytického výpočtu jsem dostal hodnotu 82MPa.

Tento rozdíl bude způsoben tím, že do napětí Von Mises se přidávají i tlaky od klopení nosných prvků, v modelu nosníku jsou otvory pro sešroubování celků splachů, se kterými v analytické části není počítáno a také vliv vlastní tíhy.



Obr. 30: Numerické znázornění průběhu napětí Von Mises

6 Závěr

V této práci je navrhnout montovaný příjmový koš posklizňové linky pro sypké zemědělské komodity. Jedním z hlavních cílů práce bylo navrhnout snadno smontovatelnou konstrukci. Toho bylo, dle mého názoru docíleno, neboť celá konstrukce se skládá pouze z jedenácti různých dílů. Konkrétně z osmi podsestav, dvou dílů z ohýbaného plechu a jednoho dílu ze standardizovaného profilu. Podsestavy jsou konstruovány jako svařence z běžně dostupných profilů a plechů. Ohýbané plechy jsou jednoduché na výrobu. Mohou být v případě distančního prvku mezi dvounohami nahrazeny i běžnými L profily.

Použitý spojovací a propojovací materiál je také zamýšlen z běžně dostupných součástí.

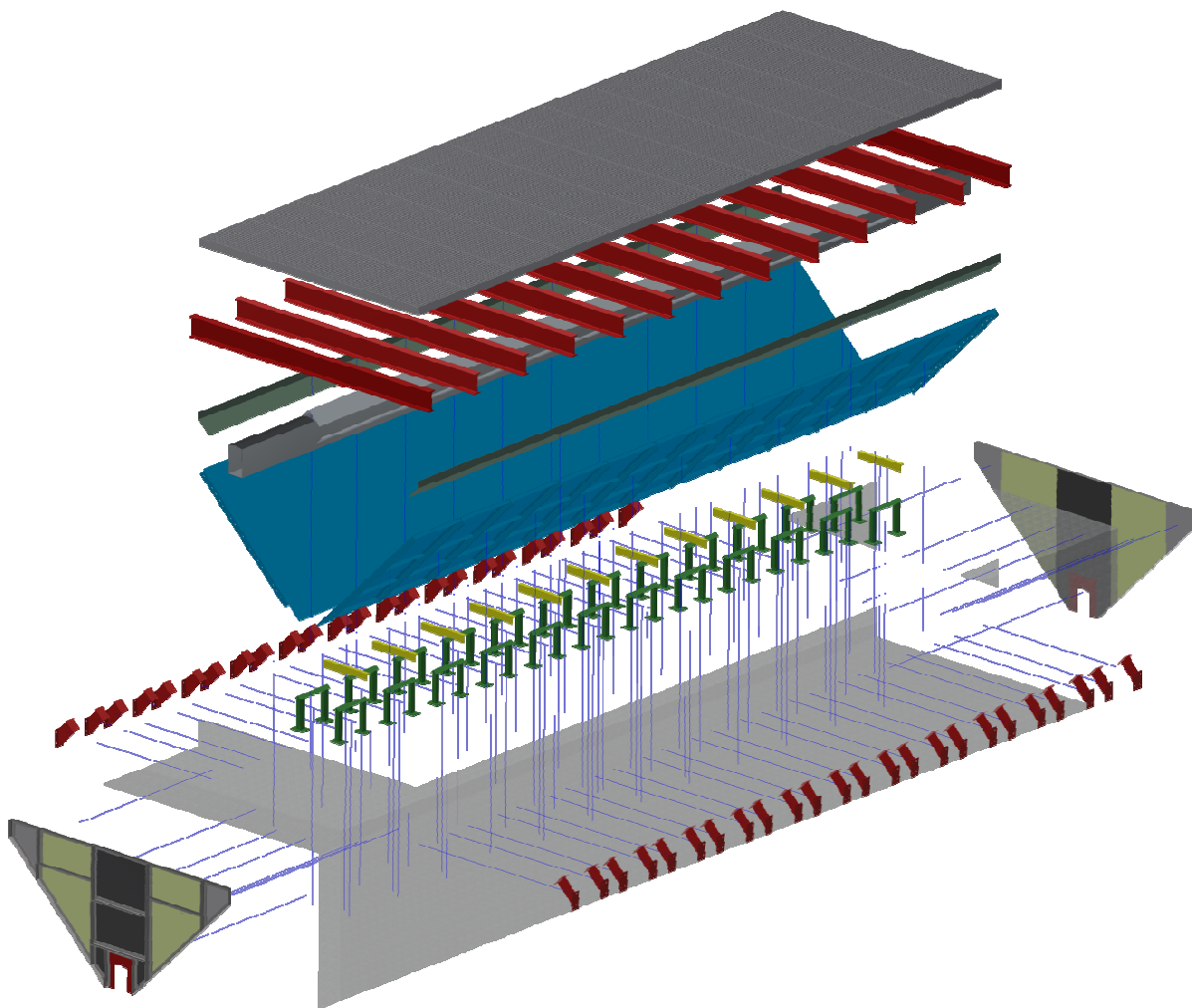
V konstrukci je uvažováno s délkovým modulem 1000mm a šířkovým 500mm.

Rozměry většiny prvků nezávisí na šířce ani délce koše, čímž se usnadní jejich výroba.

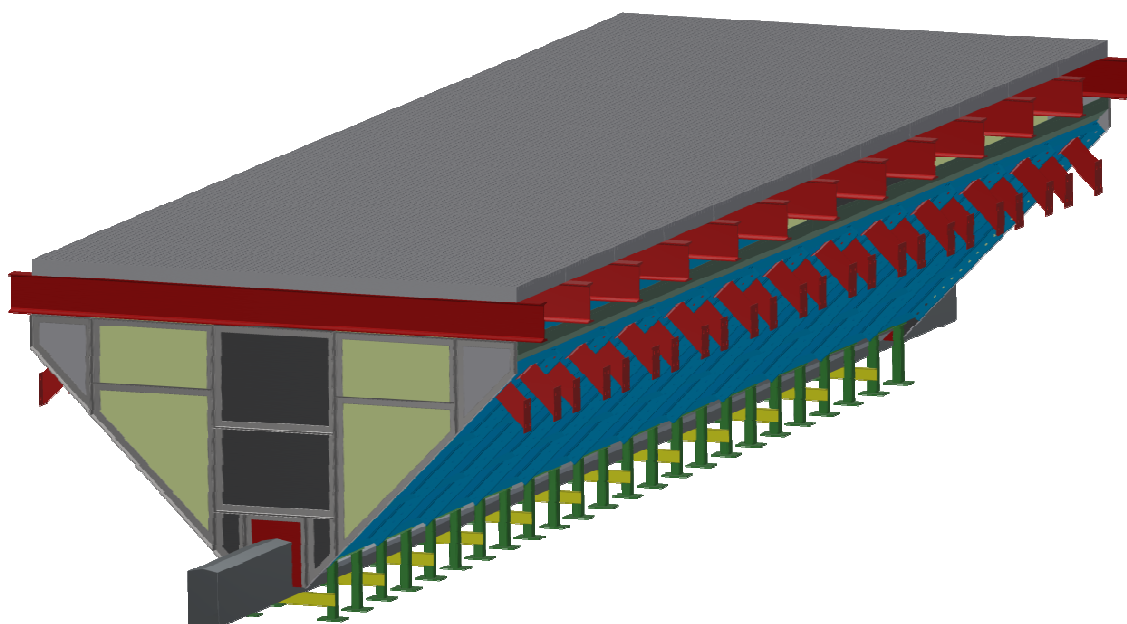
Postup montáže bude podobný jako u dnes konstruovaných košů. Měl by být ale podstatně rychlejší.

Jednotlivé prvky budou před výrobou optimalizovány s vybraným dodavatelem v závislosti na jeho výrobních možnostech. V případě ekonomické výhodnosti tohoto řešení by se mohl první koš realizovat do dvou až tří let.

Celá sestava koše v nesmontovaném a smontovaném stavu je vidět na *Obr. 31* a na *Obr. 32*.



Obr. 31: Kompletní sestava v nesmontovaném stavu s naznačením umístění do pozic

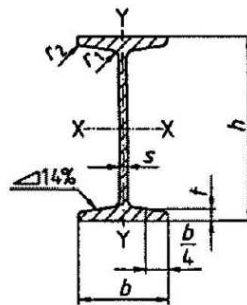


Obr. 32: Kompletní sestava ve smontovaném stavu

Přílohy:

Příloha č. 1: Feron online - Profil I válcovaný za tepla, DIN 1025-1, I_300

Profil I válcovaný za tepla, DIN 1025-1
// I 300



Norma:	DIN 1025-1	
Označení I		300
Šířka průřezu	b	125 mm
Výška průřezu	h	300 mm
Tloušťka příruby	t	16,2 mm
Tloušťka stojiny	s	10,8 mm
Plocha povrchu	U	1,03 m ² /m
Hmotnost		54,2 kg/m
Plocha průřezu		69 cm ²
Mezní úchylka b		±2,5 mm
Mezní úchylka t		+2,5 mm -1,5 mm
Mezní úchylka h		±3,0 mm
Mezní úchylka s		+1 mm -2 mm
Poloměr vnitřního zaoblení	r ₁	10,8 mm
Poloměr zaoblení příruby	r ₂	6,5 mm
Sklon		14 %
Rameno vnitřních sil	S _x	25,7 cm
Průřezový modul k ose ohybu x	W _x	653 cm ³
Poloměr setrvačnosti k ose ohybu x	i _x	11,9 cm

Poloměr setrvačnosti k ose ohybu y	i_y	2,56 cm
Průřezový modul k ose ohybu y	W_y	72,2 cm ³
Moment setrvačnosti k ose ohybu x	I_x	9800 cm ⁴
Moment setrvačnosti k ose ohybu y	I_y	451 cm ⁴
Statický moment poloviny průřezu	S_x	381 cm ³

Číslo položky	<u>1F0344V</u>
Značka oceli / materiál	S235JR (1.0038) dle EN 10025-2 Obdobná: 11 375
TDP	ČSN EN 10025-2
<u>Dotaz k produktu</u>	

COPYRIGHT © 2017 FERONA A.S.

[PŘEJÍT NA WEB SPOLEČNOSTI FERONA A.S.](#)

Ferona, a.s., Havlíčkova čp. 1043/11, Praha 1, PSČ 111 82, IČO: 26440181, DIČ: CZ26440181, Zapsána v obchodním rejstříku Městského soudu v Praze, oddíl B, vložka 7143

<https://online.ferona.cz/detail/24134/profil-i-valcovany-za-tepla-din-1025-1-i-300>

Příloha č. 2: MOP_prehled_vlastnosti_S235JR

Přehled vlastností oceli S235JR							1.0038		
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel								
TDP	ČSN EN 10025-2: 2005								
Řídicí označení	S235JRG2 podle EN 10025: 1990 + A1: 1993; RSt 37-2 podle DIN 17100; 11 375 podle ČSN								
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C max. pro tloušťku v mm			Mn max.	Si max.	P max.	S max.	N max.	
	≤16	>16≤40	>40 ¹⁾						
Složení hotového výrobku	0,17	0,17	0,20	1,40	-	0,035	0,035	0,012	
	0,19	0,19	0,23	1,50	-	0,045	0,045	0,014	
Mechanické vlastnosti pro zkoušky v podélném směru	Minimální mez kluzu R _m MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≤16	>16≤40	>40≤63	>63≤80	>80≤100	>100≤150	>150≤200	>200≤250	
	235	225	215	215	215	195	185	175	
	Pevnost v tahu R _m MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≥ 3≤ 100		> 100≤150			>150≤ 250			
	360-510		350-500			340-490			
	Minimální tažnost v % (L ₀ = 5.65√S ₀) pro výrobky jmenovité tloušťky v mm ²⁾ :								
	> 3 ≤ 40		> 40 ≤ 63		> 63 ≤ 100		> 100 ≤ 150		> 150 ≤ 250
	26		25		24		22		21
	Minimální nárazová práce KV (J) při 20° C pro výrobky jmenovité tloušťky v mm : ^{2), 5)}								
≤150				>150≤250					
27 ⁴⁾				27 ⁴⁾					
Maximální hodnota CEV ³⁾	Pro výrobky jmenovité tloušťky v mm:								
	≤ 30		> 30 ≤ 40		> 40 ≤ 150		> 150 ≤ 250		
	0,35		0,35		0,38		0,40		
Technologické vlastnosti									
Svařitelnost	Vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti sváru. Je účelné dbát doporučení stanovující podmínky pro svařování, jak je ku příkladu uvádí ECSC IC 2 (EN 1011).								
Tváření za tepla	Jsou-li dodávány výrobky dále tvářeny za tepla, splňují uvedené mechanické vlastnosti pouze po následném normalizačním žitání.								
Tvářitelnost za studena	Ocel určená pro tváření za studena musí být označena písmenem C (S235JRC). To se týká i tažení za studena.								
¹⁾ pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm se obsah C stanoví po dohodě. ²⁾ pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm je hodnoty nutno dohodnout ³⁾ hodnota uhlíkového ekvivalentu CEV se vypočte z rozboru tavby podle vzorce : CEV = C + Mn : 6 + (Cr+Mo+V) : 5 + (Ni+Cu) : 15 CEV je volitelný požadavek. ⁴⁾ průměrná hodnota vypočtená z výsledků tří stanovení musí splňovat předepsané požadavky. Jedna hodnota může být nižší, než předepsaná minimální průměrná hodnota za předpokladu, že nebude nižší než 70% této hodnoty. V opačném případě se odeberají ze zkušební vzorku další 3 zkušební tělesa. Průměrná hodnota ze 6 zkoušek pak nesmí být nižší než předepsaná minimální hodnota, přičemž 2 výsledky mohou být nižší, ale pouze jeden s hodnotou nižší, než 70% předepsané minimální hodnoty. ⁵⁾ pro podélný směr zkoušení.									

Příloha č. 3: MOP_prehled_vlastnosti_S355J2

Přehled vlastností oceli S355J2								1.0577	
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel								
TDP	ČSN EN 10025-2: 2005								
Dřívější označení	S355J2G4 podle EN 10025: 1990 +A1: 1993; St 52-3 N podle DIN 17100; 11 503 podle ČSN								
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C max. pro tloušťku v mm			Mn	Si	P	S	N	
	≤ 16	>16≤40	>40 ¹⁾	max.	max.	max.	max.	max.	
Složení hotového výrobku	0,20 ²⁾	0,20 ⁴⁾	0,22	1,60	0,55	0,025	0,025	-	
	0,23 ⁵⁾	0,23 ⁴⁾	0,24	1,70	0,60	0,035	0,035	-	
Mechanické vlastnosti pro zkoušky v podélném směru	Minimální mez kluzu R_{eH} MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≤16	>16≤40	>40≤63	>63≤80	>80≤100	>100≤150	>150≤200	>200≤250	
	355	345	335	325	315	295	285	275	
	Pevnost v tahu R_m MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≥3 ≤ 100			> 100 ≤ 150			> 150 ≤ 250		
	470-630			450-600			450-600		
	Minimální tažnost v % ($L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$) pro výrobky jmenovité tloušťky v mm v ⁶⁾ :								
	≥ 3 ≤ 40		> 40 ≤ 63		> 63 ≤ 100		> 100 ≤ 150		> 150 ≤ 250
	22		21		20		18		17
	Minimální nárazová práce KV (J) při -20°C pro výrobky jmenovité tloušťky v mm ^{4), 8)} :								
≤ 150				>150 ≤ 250					
27 ⁶⁾				27 ⁶⁾					
Maximální hodnota CEV ³⁾	Pro výrobky jmenovité tloušťky v mm:								
	≤ 30		> 30 ≤ 40		> 40 ≤ 150		> 150 ≤ 250		
0,45		0,47		0,47		0,49 ⁷⁾			
Technologické vlastnosti									
Svařitelnost	Vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti sváru. Je účelné dbát doporučení, stanovující podmínky pro svařování, jak je ku příkladu uvádí ECSC IC 2 (EN 1011).								
Tváření za tepla	Jsou-li dodané výrobky dále tvářené za tepla, splňují uvedené mechanické hodnoty pouze po následném normalizačním žhání.								
Tvářitelnost za studena	Ocel určená pro tváření za studena musí být označena písmenem C (S355JOC). To se týká i tažení za studena.								
¹⁾ pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm se obsah C stanoví po dohodě. ²⁾ pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm je hodnoty nutno dohodnout ³⁾ hodnota uhlíkového ekvivalentu CEV, stanovená z rozboru tavby se vypočte podle vzorce : $CEV = C + Mn : 6 + (Cr+Mo+V) : 5 + (Ni+Cu) : 15$ CEV je volitelný požadavek. ⁴⁾ pro jmenovitou tloušťku nad 30 mm a pro tváření za studena je obsah C max. 0,22 % resp. 0,24% v hotovém výrobku. ⁵⁾ je-li ocel určena k válcování za studena je obsah C max. 0,22% resp. 0,24% pro hotový výrobek. ⁶⁾ průměrná hodnota vypočtená výsledků tří stanovení musí splňovat předepsané požadavky. Jedna hodnota může být nižší, než předepsaná minimální hodnota za předpokladu, že nebude nižší než 70% této hodnoty. V opačném případě se odebírají ze zkušební vzorku další 3 zkušební tělesa. Průměrná hodnota ze 6 zkoušek pak nesmí být nižší než předepsaná minimální hodnota, přičemž 2 výsledky mohou být nižší, ale pouze jeden s hodnotou nižší, než 70% předepsané minimální hodnoty. ⁷⁾ pro dlouhé výrobkyne maximální hodnota CEV 0,54 ⁸⁾ pro podélný směr zkoušení									

Seznam literatury a použitých pramenů

1. MEISER – VYSOKOZÁTĚŽOVÉ ROŠTY [online]. Staženo 10.3.2018
Dostupné z:
<http://www.meiser.de/cs/produkty/products/vysokozatezove-rosty.html>
2. Feron.cz - velkoobchod s hutním materiálem [online] Staženo 8.5.2018,
dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/sortiment/sortiment.php>
3. ČSN EN 1991-2 ed. 2, 73 6203 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí –
Část 2: Zatížení mostů dopravou. Úřad pro technickou normalizaci,
metrologii a státní zkušebnictví, 2015
4. Bioinstitut - Skladování osiv [online]. Staženo 10.3.2018
Dostupné z: <http://bioinstitut.cz/documents/Skladovanosiv.pdf>
5. Pospíchal Jaroslav. Technické kreslení, Vydavatelství ČVUT 2005
6. Autodesk. (15.. červen 2018). help.Autodesk.com. Získáno 15.. červen
2018, z Autodesk nápověda:
[http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2014/CSY/?guid=GUID-
C787792D-BBB1-41A7-BBD7-CBCABCBE7C01](http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2014/CSY/?guid=GUID-C787792D-BBB1-41A7-BBD7-CBCABCBE7C01)

Použité normy

- ČSN EN 1991-2
- Zatížení konstrukcí
 - Část 2: Zatížení mostů dopravou [3]

Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Příjmový koš bývá proti povětrnostním vlivům chráněn halou, zde je příjmová část s košem v levé části fotografie</i>	3
<i>Obr. 2: Základní rozdělení typů příjmového koše</i>	3
<i>Obr. 3: Vyskladnění kukuřice z kamionu o objemu 80m³ do malého příjmového koše, současně při vyprazdňování je kamion vážen</i>	4
<i>Obr. 4: Popis prvků příjmového koše (příčný řez)</i>	5
<i>Obr. 5: Podoba výpalku mezi trubkami pojezdového roštu</i>	7
<i>Obr. 6: Princip možnosti délkového modulového uspořádání od českého výrobce</i>	10
<i>Obr. 7: Princip možnosti délkového modulového uspořádání od zahraničního výrobce SKIOLD</i>	11
<i>Obr. 8: Stávající způsob montáže pojízdného roštu příjmového koše</i>	12
<i>Obr. 9: Hotový stávající typ pojízdného roštu příjmového koše</i>	12
<i>Obr. 10: Náhled na uspořádání jednotlivých dílů</i>	14
<i>Obr. 11: Prvky pojezdové části</i>	15
<i>Obr. 12: Detail uložení nosného prvku koše a lemovacího L profilu</i>	16
<i>Obr. 13: Pojezdový rošt</i>	18
<i>Obr. 14: Kotvící dvounoha, distanční prvek</i>	20
<i>Obr. 15: Kotva do stěny</i>	21
<i>Obr. 16: Uložení příjmového dopravníku</i>	22
<i>Obr. 17: Splachový díl</i>	23
<i>Obr. 18: Díl propojující dopravník s čelem koše</i>	24
<i>Obr. 19: Navazující díly čela koše</i>	25
<i>Obr. 20: Lemovací plech splachové části</i>	26
<i>Obr. 21: Nejnepříznivější situace rozložení síly od kola</i>	30
<i>Obr. 22: Schéma průběhu ohybového momentu</i>	31
<i>Obr. 23: Rozmístění zatížení od náprav</i>	34
<i>Obr. 24: Nejnepříznivější varianta postavení zatížení od vozu, znázorněné schéma s hodnotou maximálního ohybového momentu</i>	35
<i>Obr. 25: Zatížení působící na splachové díly</i>	39
<i>Obr. 26: Tvar zatěžovacího obrazce působícího na splachové díly</i>	40
<i>Obr. 27: Zatížení kolmé na osu počítaného nosníku</i>	42
<i>Obr. 28: Průběh ohybového momentu na řešeném nosníku</i>	42
<i>Obr. 29: Průběh smykových sil</i>	44
<i>Obr. 30: Numerické znázornění průběhu napětí Von Mises</i>	46
<i>Obr. 31: Kompletní sestava v nesmontovaném stavu s naznačením umístění do pozic</i>	48
<i>Obr. 32: Kompletní sestava ve smontovaném stavu</i>	48

Seznam tabulek

<i>Tab. 1.: Přehled možných zatížení na prefabrikované rošty [1]</i>	13
<i>Tab. 2.: Přehled možných zatížení na rošty dle ČSN EN 1991-2 [3]</i>	28
<i>Tab. 3.: Přehled možných zatížení na rošty dle ČSN EN 1991-2 tab. 4.8 [3]</i>	29

Seznam příloh

15. 1 Seznam příloh v textové části

Příloha č. 1: Feron online - Profil I válcovaný za tepla, DIN 1025-1, I_300

Příloha č. 2: MOP_Prehled_vlastnosti_S235JR

Příloha č. 3: MOP_Prehled_vlastnosti_S355J2

15. 2 Seznam výkresové dokumentace

číslo výkresu	název výkresu
01	Koncepční návrh konstrukce příjmového koše
02	Výkres sestavy příjmového koše

15. 3 Seznam příloh na CD

- DP_Jan_Svoboda_textova_cast.pdf
- DP_Jan_Svoboda_01_Koncepční návrh konstrukce příjmového koše.pdf
- DP_Jan_Svoboda_02_Výkres sestavy příjmového koše.pdf