



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Diplomová práce

Porovnání přenosu vertikálního zatížení od kolových
a pásových traktorů

Autor práce: Bc. Miroslav Šálený

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Olšan Ph.D.

Konzultant práce: Mgr. Tomáš Zoubek

České Budějovice
2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Práce se zabývá porovnáním přenosu vertikálního zatížení od kolových a pásových traktorů na půdu. Uvažuje se zatížení pouze samotného traktoru bez přípojného nářadí. Cílem práce je vytvořit databázi přenosu vertikálního zatížení pod jednotlivými nápravami kolových a pásových zemědělských traktorů a shromáždění dalších parametrů měřené techniky. Data se budou moci dále použít pro počítačovou simulaci utužení půdy po přejezdu zemědělské techniky.

Klíčová slova: pásová jednotka, pásový podvozek, kolový podvozek, pneumatika

Abstract

The work deals with the comparison of the transfer of vertical load from wheeled and crawler tractors to the ground. Only the tractor itself without the implement is considered. The aim of the work is to create a database of vertical load transfer under the individual axles of wheeled and crawler agricultural tractors and to collect other parameters of the measured equipment. The data will be able to be further used for computer simulation of soil compaction after the crossing of agricultural machinery.

Keywords: belt unit, crawler chassis, wheel chassis, tire

Poděkování

Rád bych poděkoval Mgr. Tomáši Zoubkovi za odborné vedení diplomové práce. Mé poděkování patří též společnostem STROM PRAHA a.s., Agrall a.s., Pivkovice a.s. a AGRICS a.s., které mi umožnili uskutečnit měření traktorů a poskytli řadu užitečných informací.

Obsah

Úvod.....	7
1 Historie.....	8
2 Podvozky.....	13
2.1 Kolový podvozek	13
2.1.1 Bezrámová konstrukce	13
2.1.2 Polorámová konstrukce.....	13
2.1.3 Rámová konstrukce.....	14
2.2 Pásový podvozek.....	15
3 Konstrukce pásové jednotky	16
3.1 Konvenční systém	16
3.2 Tažný kolejový systém.....	16
3.2.1 Dvoupásové traktory	17
3.2.2 Čtyřpásové traktory.....	18
3.2.3 Pásové jednotky	19
4 Porovnání pásového a kolového podvozku.....	21
5 Case IH Magnum 340 AFS Connect.....	25
6 Magnum 340 AFS Connect Rowtrac	28
7 Claas Axion 900.....	30
7.1 Systém CEMOS	30
8 Claas Axion 960 TerraTrac.....	33
9 John Deere 8R.....	35
10 John Deere 8RX	36
10.1 Charakteristika měřících přístrojů	37
11 Cíl.....	39
12 Metodika	40

13	Výsledky a diskuse.....	43
13.1	Case IH Magnum 340 AFS Connect	43
13.2	Case IH Magnum 340 Rowtrac	45
13.3	Claas Axion 930.....	47
13.4	Claas Axion 960 TerraTrac.....	50
13.5	John Deere 8R 410.....	52
13.6	John Deere 8RX 410.....	54
13.7	Porovnání zjištěných hodnot u traktoru Magnum 340 AFS Connect a Magnum 340 Rowtrack od výrobce Case IH.....	56
13.8	Porovnání zjištěných hodnot u traktoru Axion 930 a Axion 960 TerraTrac od výrobce Claas	57
13.9	Porovnání zjištěných hodnot u traktoru 8R a 8RX od výrobce John Deere 58	
13.10	Porovnání hodnot traktorů s polopásovým a pásovým podvozkem	59
13.11	Optimalizace přenesení výkonu traktoru na podložku	62
	Závěr	64
	Seznam použité literatury.....	65
	Seznam obrázků	67
	Seznam tabulek	69
	Seznam grafů.....	70
	Přílohy	71

Úvod

V zemědělství je přetrvávajícím problémem zatížení zemědělské půdy, neboť dnešní trend zvyšování výkonu se týká i traktorů. S nárůstem výkonu roste i hmotnost a velikost stroje, aby bylo docíleno neoptimálnějších tahových vlastností zemědělské techniky. Vyšší hmotnost přímo úměrně zvyšuje tlak na půdu, který negativně ovlivňuje výnosy pěstovaných plodin. Nadměrné utužení půdy je následkem snížení výnosů sklizených rostlin a dále půda ztrácí schopnost absorbovat srážkovou vodu.

Výrobci zemědělských značek v posledních několika letech více věnují pozornost pásovým podvozkům u konvenčních traktorů. Zadní případně i přední náprava je vybavena pásovými jednotkami pro lepší trakci a snížení tlaku na půdu. Jsou i výrobci, kteří se zabývají pouze výrobou pásových jednotek jak pro traktory, tak i pro samojízdné postřikovače či dokonce překládací vozy.

1 Historie

Podvozek je nedílnou součástí traktoru od samotného vzniku stroje ve 30. letech 20. století v Čechách. Vývoj podvozků je příkladná u výrobce traktorů značky Zetor, který v roce 1946 přichází na trh s novým strojem označený Z 25. Zetor Z 25 byl představen jako kolový traktor bez spodních táhel a startéru. V následujících letech přicházejí modely Zetor 15, 25 A (agregační), 25 K (kultivační). Zetor s označením 25 Z76 (viz obrázek č. 1) je vybaven redukční převodovkou a pásy na zadní nápravě, jenž byly za příplatek. Traktor s pásy byl určen do hůře přístupných míst. Dalším novým modelem byl v roce 1956 Zetor 35 Super P, ale vybaven už ocelovými pásy, které byly už součástí rozvodovky (zetor.cz, 2021).



Obrázek č. 1: Zetor 25 A, (JEDLIČKA, 2020)

U Zetoru 35 Super P je skříň rozvodovky sloučená společně se skříní převodovky. Je v ní zamontován kuželový převod s diferenciálem se zubovou spojkou uzávěrky diferenciálu a čelní soukolí koncových převodů. Uzávěrka diferenciálu se ovládá mechanicky pomocí páky. Ke skříní rozvodovky jsou přišroubována pouzdra zadní nápravy (zetor.cz, 2021).

Skříň rozvodovky u pásového traktoru (viz obrázek č. 2) je konstrukčně řešena stejně jako u kolového podvozku, společně se skříní převodovky, ve které je zamontován kuželový převod se dvěma směrovými spojkami a čelním soukolím koncových převodů (zetor.cz, 2021).



Obrázek č. 2: Zetor 35 Super P, (album-mmt.it, 2005)

Přední náprava je sestavena ze dvou litinových polonáprav uložených na čepu v konzole přední nápravy, který umožňuje kývavý pohyb nápravy. V té době bylo odpružení řešeno listovým perem, které je ve středu připevněno objímkou k čepu konzoly a v ramenech polonáprav. Nástavce nápravy, na kterých jsou namontována přední kola, jsou v otvorech polonáprav posuvně nastavitelné do čtyř poloh, ve kterých jsou zajištěny pérem proti otáčení a stažením otvoru polonápravy šrouby proti jejich posuvu. Ve svislé válcové části nástavce je uložen, dole na kuželovém ložisku a nahoře v jehlovém ložisku, otočný čep s nábojem kola (zetor.cz, 2021).

Podvozek pásového traktoru tvoří rám, který tvoří dva válcované profilové úhelníky, které jsou svařeny a spojeny torzní tyčí uloženou pod spojkovou skříní. Při spojení uložení a podvozku torzní tyčí je umožněn výkyv pásu. Při najetí jednoho pásu na vyvýšeninu se tento pás zvedne, zatímco druhý pás zůstane v původní poloze. Na horní straně podvozku je můstek, na kterém je uložena podpěrná kladka pásu, a na dolní straně jsou uloženy čtyři pojezdová kola. Přední kolo je výkyvné a napínací vzpruhou, umístěnou na rámu podvozku, je možno regulovat napnutí pásu (mechanizaceweb.cz, 2001).

Pozadu nezůstal ani tehdejší Sovětský svaz, který v roce 1949 zkonstruoval pásový traktor DT-54. DT-54 se stal prvním traktorem vyráběným velkosériově a vybaven dieslovým motorem místo kerasinového. Naftový motor měl větší výkon, menší spotřebu a daleko menší opotřebení, tudíž celkové náklady na provoz stroje. Uvádí se, že jeden traktor za rok ušetřil až 10 000 litrů nafty (Jedlička, 2018).



Obrázek č. 3: DT-54, (JEDLIČKA, 2018)

Podvozek sovětského traktoru byl vybaven kovovým samoupínacím těsněním. Veškeré části a ložiska byly utěsněny proti vniknutí nečistot a vlhkosti. Podvozek se skládal z hnacích a vodících kol a pásů. Traktor měl samostatný hydraulický systém, který usnadňoval užívání přípojných strojů (Jedlička, 2018).

Ocelové pásy při pohybu po silnici ničí povrch vozovky a vytvářejí značný hluk. Proto se ve 30. letech 20. století začali konstruktéři z Velké Británie zabývat vývojem gumových pásů. Výsledkem jejich vývoje bylo vytvoření tzv. gumových vložek. Zmíněné gumové vložky umožnily pohyb pásového stroje po silnici bez poškození a hluku. Vložky byly poprvé namontovány na britském traktoru Bristol roku 1933. Nevýhodou celého konstrukčního řešení byla po namontování jeho zvýšená hmotnost (Jedlička, 2018).

S úplně novou myšlenkou přišel francouzský Adolphe Kégresse už v roce 1913. Spojovací články nahradil elastickým gumovým pásem. Docílilo se tak mizivého množství hluku a silnice zůstaly bez poškození, avšak tyto pásy měly značnou nevýhodu. Byly velmi náchylné na poškození, což zapříčinilo pozastavení jejich vývoje (Jedlička, 2018).

K vývoji se vrátili až na počátku 50. let němečtí konstruktéři, kteří vytvořili dvouvrstvou pásovou jednotku, která byla složena z gumového pásu a kovu. Roku 1955 byly vyrobeny pásy zcela z gumy s dezénem vhodným pro zemědělský provoz. Následně přišla změna v konstrukci kol, kdy opěrná, hnací a vodící kola byla nahrazena koly s pevnými gumovými pneumatikami a větším průměrem. Nicméně tento

koncept měl určité nedostatky, a tak vývoj následoval, ale neměl dlouhé trvání a v 60. letech se vývoj utlumil (Hubálek, 2020).

Vývoj byl opět obnoven v 70. letech, kdy struktura pásu byla vytvořena z několika vrstev textilie vyrobené z vysokopevnostních polyamidových vláken. Tyto pásy byly určeny pro traktor Fortschritt ZT-300 (viz obrázek č. 4). Byla vymyšlena dvě konstrukční řešení. První varianta využívala velká kola traktoru spolu menšími vodícími koly. Celá konstrukce se podobá podlouhlému polopásovému systému. Druhá koncepce měla menší kola a sadu vodících koleček. Tři identická kola byla pogumovaná a přenášela váhu traktoru na pás a zem. Směr jízdy traktoru se měnil pomocí volantu.



Obrázek č. 4: Pásový traktor Fortschritt ZT-300, (agroportal24h.cz, 2020)

Na výrobu pásových traktorů se později specializovala americká firma Caterpillar začátkem 90. let, která na trh přišla s prvním sériově vyráběným modelem Caterpillar 65 (viz obrázek č. 5) s gumovými pásy. Výrobce prodával svoje traktory i v zelenobílých barvách pod značkou Claas. Ve své době byl Challenger jediný pásový traktor, který měl disponovat odpruženým podvozkem, kdy veškeré rázy byly tlumeny a šetřila tak vodící kola a jejich ložiska. Podvozek je odpružený jak příčně, tak i podélně. Vodící kladky jsou výkyvně uloženy, což zajišťuje dostatečný komfort pro obsluhu. Základem podvozku traktorů Challenger bylo velké hnací kolo a menší přední vodící kolo, jejímž kolem bylo snížit valivý odpor. Důvodem, proč se v průběhu vývoje konstrukce pásových podvozků zvětšil průměr zadního hnaného kola, byl velmi dobrý přenos síly mezi hnacím kolem a pásem, která i prodlužovala životnost pásu. Aby docházelo k minimálnímu tření mezi koly a pásem, jsou kola potažena pryží. Hnací kolo má široké drážky ve tvaru V, čímž se na povrchu kola odvádějí nečistoty. Výsledkem je lepší přenos síly a zamezení prokluzu. Každý pás

je napnut pomocí napínacího válce silou 222,42 kN, což je v přepočtu 14 tun. Mechanismus napínání je mechanický a zajištěný pomocí hydraulického okruhu a hadice. Životnost pásu se uvádí 6 000 až 7 000 motohodin. Po dobu životnosti se pásy napínají jednou, případně dvakrát (Hubálek, 2020).



Obrázek č. 5: Caterpillar 65, první sériově vyráběný traktor s gumovými pásy, (agroportal24h.cz, 2020)

Řízení pásových traktorů se provádí při pohybu volantem, kdy jeden či druhý pás dle směru zatočení volantu změni rychlost hnaného kola. Diferencované řízení umožňuje i traktor otočit na místě, kdy se u jednoho pásu zařadí zpětný chod. Tento systém omezuje pásy proti oděrům, které se dějí při častém brzdění (Hubálek, 2020).

2 Podvozky

2.1 Kolový podvozek

Podvozek tvoří všechny části, které uvádějí stroj do pohybu a umožňují jeho řízení. Konkrétně traktorový podvozek musí nést pracovní nářadí, umožnit změnu rozchodu kol, případně i změnu světlé výšky (Bauer et al., 2013).

2.1.1 Bezrámová konstrukce

Jednotlivé části, jako jsou motor, převodovka, skříň koncových převodů, jsou sešroubovány v jeden celek a představují tak nosnou konstrukci. Z důvodu velkého namáhání jednotlivých částí při provozu traktoru v nerovnostech s nesenou technikou, musí být navrženy s dostatečnou pevností. Nevýhodou je robustnost spojených částí a tím i jejich vyšší hmotnost tak, aby obstála při namáhání v provozu. Aby se zmíněné namáhání podvozku při práci s čelním nakladačem eliminovala, montuje se ve spodní části podvozku tzv. podvázání, které zabraňuje případnému roztržení traktoru (Bauer et al., 2013).



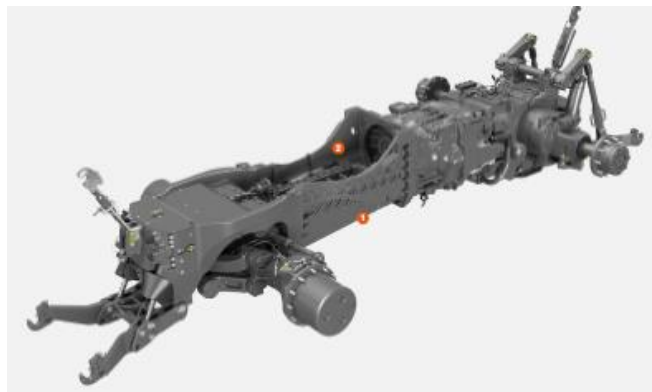
Obrázek č. 6: Bezrámová konstrukce podvozku výrobce Zetor, (agroportal24h.cz, 2019)

2.1.2 Polorámová konstrukce

Některé strojní jednotky jsou vloženy do rámu, který zajišťuje vyšší pevnost. Nejčastěji se do rámu vkládá motor s převodovkou a samotný rám je spojen k zadní nápravě s rozvodovkou. Výhodou tedy je, že motor s převodovkou nemusí plnit nosnou část traktoru. Další výhodou rámu je volba vhodného umístění motoru v konstrukci, která může zajistit požadované rozložení hmotnosti a tím ovlivnit trakční vlastnosti traktoru. Díky polorámu může přední tříbodový závěs mít vyšší nosnost (Bauer et al., 2013).

Firma Claas vyvinula ze svých získaných zkušeností z oblasti standardních traktorů a velkých traktorů o výkonu přesahující 370 kW nové řešení pro traktory řady

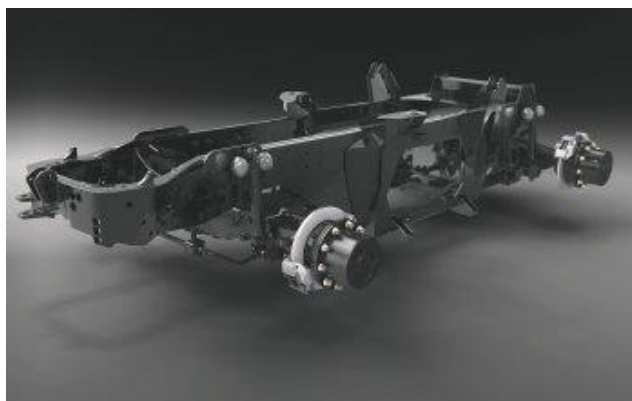
AXION 900 určené pro dlouhodobá využití v těžkých podmínkách. Motor je uložen v robustní rámové konstrukci s integrovanou olejovou vanou, což dokonale absorbuje veškerou sílu čelního zvedacího závěsu a rámu přední nápravy. Při polních pracích rám zajišťuje vysokou stabilitu také při využití těžkých čelně připojených nářadí, velký rejď předních kol pro maximální obratnost, optimální přístupnost k celému prostoru motoru a veškerým bodům údržby a bezpečné uložení všech potrubí v konstrukci rámu (Claas.cz, 2020).



Obrázek č. 7: Polorámová konstrukce modelové řady Axion 900 od výrobce Claas, (Claas.cz, 2020)

2.1.3 Rámová konstrukce

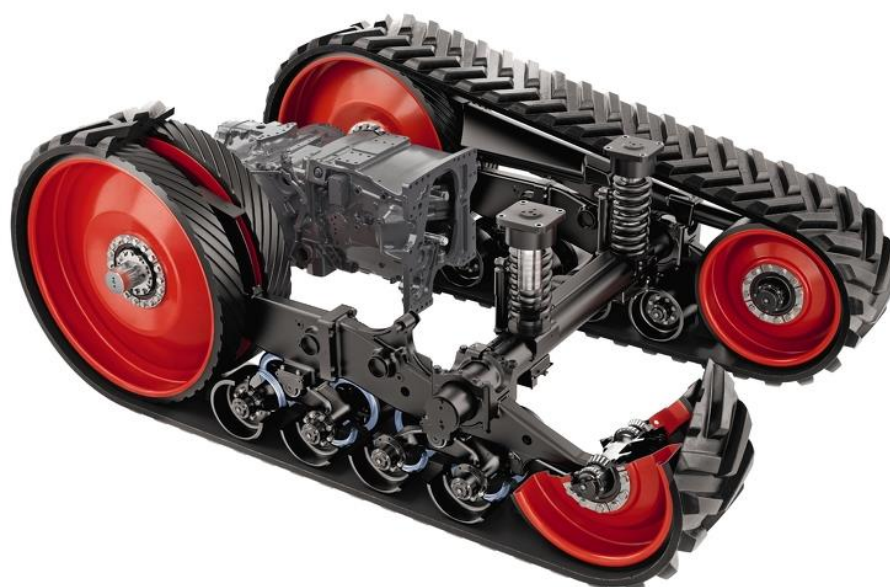
Dnešní zemědělství zvyšuje náročnost na výkonnost zemědělské techniky. Díky tomu se zvětšuje jejich konstrukce na úkor jejich pracovního záběru a spolu s tím roste i hmotnost pracovního stroje. Proto další možností je celorámová (viz obrázek č. 8) konstrukce, která plní nosnou funkci. Tudiž motor spolu s dalšími strojními jednotkami mohou mít nižší hmotnost. Jejich umístění v konstrukci zlepšují rozložení hmotnosti, čímž mohou ovlivňovat trakční vlastnosti stroje. Celorámovou konstrukci například využívá výrobce John Deere u svých modelů, konkrétně u modelů řady 6R. Motor a převodovka jsou umístěny na rámu pomocí gumových silentbloků. Díky tomu jsou chráněny před namáháním a je eliminován přenos hluku do prostoru řidiče. Další výhodou celorámové konstrukce je pro montáž čelního nakladače, kdy při práci se čelním nakladačem není namáhán motor s převodovkou (Bauer et al., 2013).



Obrázek č. 8: Rámová konstrukce traktoru JCB Fastrack modelové řady 4000, (agrojournal.cz, 2015)

2.2 Pásový podvozek

Se zvyšováním výkonu traktorů a jejich hmotnosti přišly na trh pásové podvozky (viz obrázek č. 9). Pásový podvozek přináší řešení, jak skombinovat hmotnost traktoru a jeho vliv tíhy na půdu pomocí velké styčné ploše oproti kolovému podvozku. Dalším aspektem je účinnější přenos výkonu motoru na podložku, kdy díky větší styčné plochy dochází k menšímu prokluzu (Bauer et al., 2013).



Obrázek č. 9: Pásový podvozek od výrobce Fendt, (fendt.com, 2021)

Dnes trh nabízí rámový a polorámový typ podvozku s robustní skříní převodovky a zadního tzv. mostu. Pásové podvozky jsou buď se dvěma nebo čtyřma pásy. Podle počtu pásů je jinak tvořeno uspořádání pásových jednotek (Bauer et al., 2013).

3 Konstrukce pásové jednotky

3.1 Konvenční systém

Konstrukce pásové jednotky (viz obrázek č. 10) zahrnuje integrovanou rozvodovkou od výrobce Camso, která zajišťuje maximální pojezdovou rychlost až $37 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, což není tak veliký rozdíl s porovnáním kolového podvozku. Každá pásová jednotka musí obsahovat napínací zařízení pro napnutí pásu. Většinou je napínání řešeno hydraulickým systémem s akumulátorem naplněným dusíkem, který maximalizuje trakční vlastnosti a udržuje vodící a hnací kola v optimálním kontaktu s pásem. Jednotka je vybavena vodícími koly, které zlepšují kontakt s terénem na nerovném povrchu, což pomáhá uvádět sílu na podložku. Náboje hlavních dvou kol jsou umístěny v olejové lázni, tudíž odpadá každodenní údržba. Poslední konstrukční částí je zavěšený rám, který zaručuje pohodlnější jízdu a menší opotřebení (camso.co, 2021).



Obrázek č. 10: Pásová jednotka od výrobce Camso pro traktory, (camso.co, 2021)

3.2 Tažený kolejový systém

Tažený pásový systém zvyšuje výkon vysokokapacitního aplikačního zařízení (viz obrázek č. 11). Jeho styčná plocha rozděluje váhu velkou hmotnost velkoobjemové přepravní techniky a snižuje tlak na půdu o 30 až 80 % v porovnání s pneumatikami. Tento systém eliminuje kontaktní body pro více nápravové vozy na pouhé dva kontaktní body. Podvozek s dvojitým oscilačním podvozkem udržuje maximální kontakt se zemí snížením podmínek bodového zatížení na strukturu půdy. Tato velká řada ráků je navržena pro větší stopy, což umožňuje vyšší hmotností kapacitu a nízký tlak na půdu. Poskytuje nízký valivý a zatačivý odpor pro snadné tažení.



Obrázek č. 11: Konstrukce pásové jednotky pro velkoobjemové vozy, (camso.co, 2021)

Tažený kolejový systém od kanadského výrobce Camso využívá od léta 2018 německý výrobce dopravní techniky Hawe u svých velkoobjemových vozů, konkrétně u svého překládacího vozu ULW–A 5000 (viz obrázek č. 12). Model ULW-A 5000, jehož objem je 50 m³, dokáže za hodinu přeložit 1 200 tun materiálu. To znamená, že za dvě minuty naloží celý kamion či vagon (hawe-wasterd.de, 2021).



Obrázek č. 12: Překládací vůz ULW-A 5000 od výrobce HAWE, (hawe-wester.de, 2021)

3.2.1 Dvoupásové traktory

Traktory s dvoupásovými podvozky (viz obrázek č. 13) zatáčejí pouze na jedné nápravě, proto přenášejí více výkonu na podložku a tím mají lepší tahové vlastnosti v přímém směru. Šířku pásů nabízená výrobcem se pohybuje mezi 762 až 914 mm. Úhel opásání u tohoto konstrukčního opásání bývá větší než 180°, což zajišťuje minimalizaci prokluzu mezi hnacím kolem a pásem. Úhel opásání určuje, na jak velké části obvodu hnacího kola se pás této plochy dotýká. Napínání pásu je zajištěno hydraulickým válcem, který tlakem přibližně 142 kN tlačí na přední napínací kolo.

Odpružení dvoupásového podvozku je řešeno pomocí dvou vzduchových pružin a robustním tlumičem odpružení umístěné na příčném nosníku. Odpružení izoluje celé přední šasi od nárazů a umožňuje nezávislý běh obou pásů pro maximální kontakt s podložkou.



Obrázek č. 13: Podvozek traktoru 8RT od výrobce John Deere, (strompraha.cz, 2021)

3.2.2 Čtyřpásové traktory

Čtyřpásové traktory mají oproti dvoupásovým traktorům ještě lepší trakci (viz obrázek č. 14) a jsou zkonstruovány pro přenos výkonu na podložku s ohledem na maximální přenos tahového výkonu na podložku při těžkých polních pracích a podmínkách s minimálním vlivem na poškození půdy. Pro docílení maximální tahové síly mají tyto traktory poměr rozložení hmotnosti 50/50 mezi přední a zadní nápravou. Řízení čtyřpásových traktorů je řešeno kloubovým řízením, který disponuje výkyvem ve všech směrech. Čtyřpásové traktory mají delší rozvor pásů, tudíž nedochází k nadlehčování přední části traktoru, jak k tomu dochází u dvoupásových traktorů. U dvoupásových traktorů při tahu dochází k přemístění těžiště na zadní část traktorů. Musí být tedy zatížen dostatečným závažím na přední části konstrukce traktoru. Výhodou čtyřpásových traktorů je také šetnější zatáčení díky kloubovému řízení. Konstrukce celého pásového podvozku je v bezúdržbovém provedení bez nutnosti mazání a napínání pásu je automatické. Výrobce Case IH u svého modelu Quadtrac uvádí měrný tlak na půdu 43 kPa, což je méně než tlak stojícího muže na jedné noze (agrics.cz, 2021).



Obrázek č. 14: Rozložení tíhy traktoru u dvoupásového a čtyřpásového podvozku traktoru, (agrics.cz, 2021)

3.2.3 Pásové jednotky

U dnešních traktorů je možné vyměnit kola za pásové jednotky. Takovými jednotky se od roku 2005 zabývá americká společnost Soucy Group, která se specializuje také na výrobu samotných pásů. Pásové jednotky se vyrábí jak pro traktory, tak i pro postřikovače, návěsy, secí stroje i užitková vozidla. Jednou z velkých výhod těchto jednotek je snadná montáž. Kolo se z traktoru demontuje a nahradí se zmíněnou pásovou konstrukcí, která se nasadí na stejnou rozteč šroubů. Výrobce uvádí, že model všech čtyř pásových jednotek S-TECH 600GX dohromady poskytuje 3,29 m² kontaktní plochy se zemí. Pomocí zmíněných pásů se zvýší nosnost traktoru na poli na 15 500 kg a 13 200 kg v dopravě se ohledem na možnosti zvedací síly zadního tříbodového závěsu traktoru. Nevýhodou zmíněné jednotky je její snížená maximální rychlost traktoru na 22 km·h⁻¹. Další nevýhodou je vyšší celková hmotnost traktoru při montáži pásů, neboť celková hmotnost všech čtyř jednotek u modelu S-TECH 600GX činí 4 760 kg. Zmíněný model pásů je určený pro traktory od 75 kW do 167 kW. Výrobce také uvádí minimální údržbu pásové konstrukce, kde díky nové konstrukci náprav s náboji v olejové lázni, se již nemusí mazat nápravy denně nebo týdně. Stačí vyměnit olej jednou za rok nebo po 500 hodinách používání. Výrobce také doporučuje často čistit kolejový systém, aby nedošlo k výraznému nahromadění nečistot v podvozku. Opatření pásu je ovlivněno zatížením a časem stráveným na silnici. Je-li zapotřebí maximalizovat výkon S-TECH 600GX a minimalizovat opotřebení stopy, je nutné upravit systém zátěže traktoru tak, aby bylo

zajištěno rozložení hmotnosti přibližně 40 % na přední nápravu a 60 % na zadní nápravu (soucy-track.com, 2021).

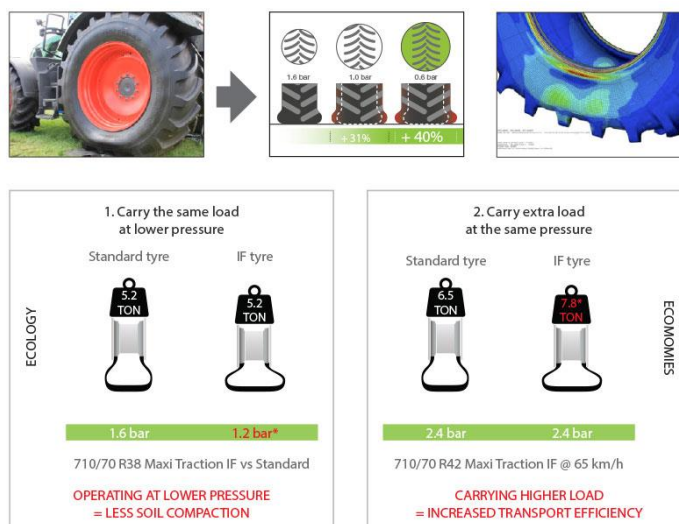


Obrázek č. 15: Pásové jednotky od výrobce Zuidberg, (agroportal24h.cz, 2018)

4 Porovnání pásového a kolového podvozku

Každý z pásových systémů a pneumatik nabízí své vlastní výhody podle toho, jaký druh práce a do jakých podmínek je daný stroj vhodný a použitelný. Pro zpracování půdy jsou vhodnější traktory vybaveny pásovým systémem, kdy je možné vjet do polí při vyšší vlhkosti půdy, kde by kolový podvozek svým pohybem mohl způsobit nadměrné utužení půdy. Pásky především minimalizují utužení půdy. Okamžité výhody se promítají do znatelně méně stráveného času na poli přípravou půdy vlivem menšího prokluzu, stejně tak vyšší výnosy díky lepšímu provzdušnění a infiltraci vody. Kolejové systémy nabízejí menší prokluz a zvětšená kontaktní plocha se zemí. To znamená, že traktor může táhnout pracovní nářadí s větším pracovním záběrem a zvládnout tak více práce za stejný čas (soucy-track.com, 2021).

Jedna z možností, jak snížit tlak pneumatik u kolového podvozku na půdu, je regulace správného tlaku vzduchu v pneumatice (viz obrázek č. 16). Velikost kontaktní plochy pneumatik je určena na šířce a průměru pláště, na typu směsi, ze které je pneumatika vyrobena, na konstrukci kostry pneumatiky a jejího tlaku vzduchu. Při jízdě po silnici se doporučuje tlak vzduchu přibližně 1,4 baru. Zatímco při jízdě po poli se doporučuje tlak vzduchu nižší a to 0,8 baru. Snížením tlaku se docílí zvýšení kontaktní plochy vlivem propružení bočnic pláště, čímž se sníží měrný tlak na půdu a utužování půdy zasahuje do menší hloubky. Dnešní výkonné traktory mohou být vybaveny systémem centrální regulace tlaku vzduchu v pneumatikách. Velkou výhodou zmíněného systému je regulace tlaku bez nutnosti opuštění kabiny traktoru. Díky jednoduché regulaci je možné snadno měnit tlak jak pro jízdu po silnici, tak pro jízdu na poli (Beneš, 2016).



Obrázek č. 16: Pneumatika IF od výrobce Firestone a znázornění změny kontaktní plochy při různém tlaku vzduchu, (agri.firestone.eu, 2021)

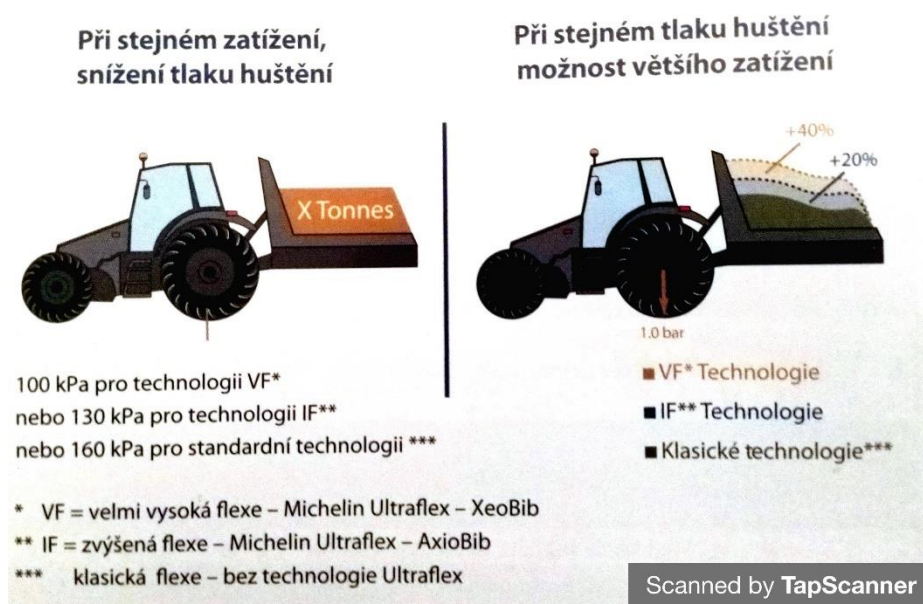
Centrální regulaci tlaku vzduchu (viz obrázek č. 17) tvoří modifikovaný trojcestný kuželovitý ventil, jehož regulaci provádí motor na stejnosměrný proud. Ventil má tři základní polohy, kterými jsou plnění, snižování tlaku a uzavření. Ventil dostává signál od řídicí jednotky, zda-li má doplnit vzduch či setrvat v nulové poloze nebo tlak vzduchu snížit. Každý ráfek je osazen uzavíracím kohoutem, který může obsluha manuálně uzavřít. Dvouokruhový systém má ještě jednu ovládací jednotku, která otevírá a uzavírá ventilek pneumatiky v ráfku. Otevírání se provádí pouze při provádění změny tlaku v pneumatice. To znamená, že dvouokruhové vedení je po většinu času v tlaku oproti jednookruhovému vedení (Beneš, 2018).



Obrázek č. 17: Systém centrální regulace tlaku v pneumatice použit na traktoru od výrobce zemědělské techniky Claas, (mechanizaceweb.cz, 2018)

Důležité jsou také označení a zkratky IF a VF, které jsou uvedené na bočnici pneumatiky. Označení IF vyjadřuje robustní kostru s bočnicemi umožňující vyšší míru flexe bočnic, díky kterému je možné nastavit pro stejné zatížení nižší tlak v pneumatice v porovnání s pneumatikou bez označení IF. Vlivem nižšího tlaku se zvětší styčná plocha a sníží tlak na půdu (Bauer et al., 2013).

Dalším označením je VF (very high flexion), což jsou pneumatiky určeny pro vysoce výkonné traktory s velmi velkou flexí. Mají speciální konstrukci kostry, která pneumatice zabezpečuje větší odolnost než odpovídající běžná pneumatika. Oproti pneumatice s označením IF dokáže ještě pracovat s o něco menším tlakem (viz obrázek č. 18) (Bauer et al., 2013).



Obrázek č. 18: Rozdíl pneumatik s označením IF a VF při zatížení, (Bauer et al., 2013)

Výrobce Vredestein zkonstruoval pneumatiku VF s názvem Traxion Optimal. Podle německé zkušebny DLG má pneumatika VF Traxion Optimal o 5,5 % menší prokluz v porovnání s pneumatikou IF. Vlivem snížení prokluzu kol se snížila i spotřeba paliva o 7 %. Pneumatiky se testovali na stejně výkonných traktorech o výkonu 400 koní. Pneumatika Traxion Optimal od výrobce Vredestein dokáže pracovat až o tlaku 0,6 baru. Zatím co běžná VF pneumatika pracuje s tlakem 0,8 baru a pneumatika IF pracuje s tlakem 1,0 baru (Jedlička, 2018).

Pro snížení měrného tlaku na půdu či prokluzu u kolového podvozku je možnost použití širších pneumatik či přídatných kol, což s sebou nese určité komplikace

při jízdě po komunikaci kvůli širším rozměrům traktoru. Společnost Agrotans Otice s.r.o. provedla test traktorů s kolovým podvozkem a s traktoem vybavený pásovými jednotkami od výrobce Zuidberg. Kolový traktor byl vybaven předními pneumatikami o rozměrech 540/65R 30 a zadními pneumatikami 650/65R 42 s tlakem 1,2 baru. Zatímco šířka pásů na přední nápravě byla 610 mm, na zadní nápravě byly pásy o šířce 760 mm. Oba traktory disponovaly přibližně stejným výkonem a zatížením, kdy test provedl při podrývání. Traktor s pásovým podvozkem vykazoval 2,45násobně větší styčnou plochu, což mělo vliv na téměř nulový prokluz, na sníženou spotřebu paliva o cca 35 % a v neposlední řadě na pohodlnější jízdu v terénu (Jedlička, 2019).

Tabulka č. 1: Srovnání pásů a kol traktorů, (soucy-track.com, 2021)

	pásy	kola
Snížené zhutnění	•	
Flotace	•	
Trakce	•	
Manévrovatelnost		•
Jízda na silnici		•
Jízda po poli	•	
Kupní náklady	•	
Účinnost paliva v suché půdě		•
Účinnost paliva v mokré půdě	•	
Stabilita	•	
Prokluz	2 % – 5 %	10 % – 15 %
Maximální pojízdná rychlost	28–37 km·h ⁻¹ (dle výrobce)	40 km·h ⁻¹
Snížené zpracování půdy	•	
Snížený tlak na půdu	408 g·cm ⁻²	1 757 g·cm ⁻²
Provozní univerzálnost	•	
Životnost na poli	•	
Životnost na silnici		•

5 Case IH Magnum 340 AFS Connect

V 90. letech se traktory od výrobce Case IH začaly dovážet i do České republiky. Úplné počátky modelu Magnum sahají až do roku 1987, kdy z podniku vyjel první zmíněný model Magnum série 7100. Výkon této série se pohyboval od 97 do 145 kW. V roce 1993 přišla firma Case IH (International Harvest) na trh s novou sérií 7200 a roku 1997 byla vyvinuta řada 8900 s výkonem až 167 kW. Jelikož se nároky zákazníků na výkonnost a komfort stále stupňovali, v roce 2006 výrobce Case IH vyjel z výrobní linky Magnum třetí generace, a to řada MX. Řada MX už disponovala motory vybavený vstřikovacím mechanismem Common Rail, díky kterému splňovaly emisní normu Tier 3. Traktory řady MX byly vybaveny převodovkou PowerShift s 19 rychlostmi vpřed a 4 rychlosti vzad. Na 19. Tzv. silničním rychlostním stupni byla schopná rychlosti $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, přičemž byly otáčky motoru elektronicky sníženy, čímž se docílilo snížení spotřeby paliva. Vrcholovým modelem třetí generace byl Magnum 335 s výkonem 250 kW. Po několika letech následují modely Magnum 340, 370, 380 s maximálním výkonem 309 kW. Pro tento model bylo možné volit mezi dvěma převodovkami, kterými byly převodovky PowerDrive či CVXDrive (Lee Klancher, 2017).

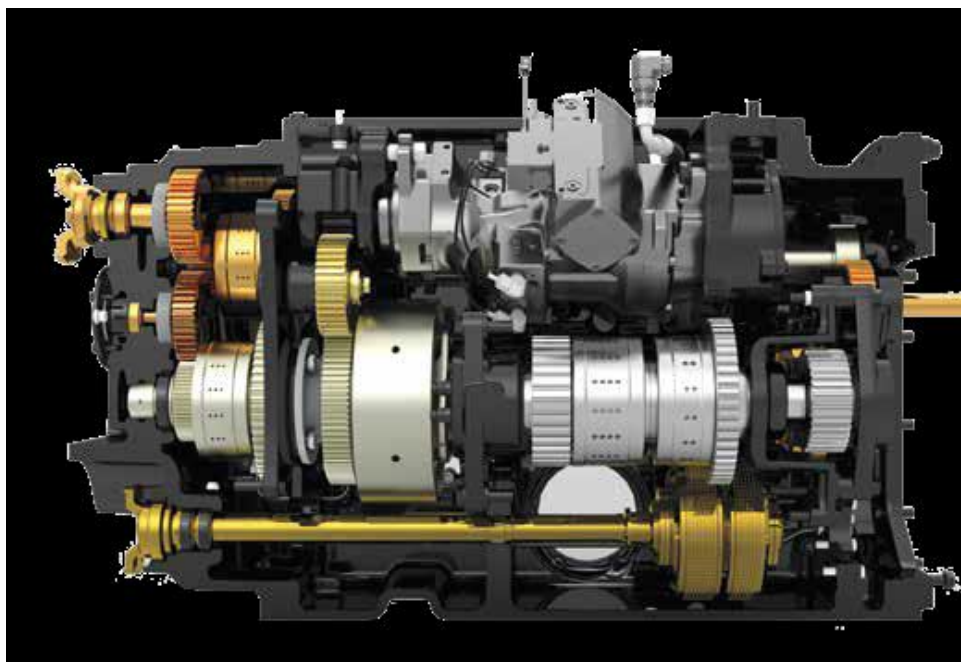
Pro rok 2020 vyjel nový Magnum zcela novou maskou a názvem AFS Connect, který vyznačuje vzdálený přístup agronomických, technických a provozních dat přes telematiku. Magnum 340 AFS Connect disponuje jmenovitým výkonem 275 kW a se systémem navýšení výkonu motoru Power Management dosahuje až 301 kW, který se ukrývá v šestiválcových motorech od firmy FPT, která se zabývá vývoje a výrobou motorů nejen pro traktory. Přepínávané motory o objemu 8,7 l jsou vybaveny moderním čtyřventilovým systémem Common Rail a turbodmychadlem s funkcí variabilní geometrie eVGT. Motory disponují Power Managementem, který v případě potřeby navýší výkon motoru přibližně o 10 %. Splňují také náročnou emisní normu Stage V pomocí systému Hi-eSCR2, který se skládá z oxidačního katalyzátoru DOC a katalyzátoru SCR. Tím odpadá potřeba EGR ventilu a filtru pevných částic DPF (agrics.cz, 2021).

Pro modelovou řadu Magnum AFS Connect byly vyvinuty čtyři převodovky. U modelů Magnum 280 až 340 AFS Connect je možnost volby mezi řadu let prověřenou převodovkou PowerDrive 19x4 nebo plynulou převodovkou CVXDrive. U modelu Magnum 340 AFS Connect je možnost volby převodovka mezi CVXDrive

a PowerDrive 19x4. Pro nejvyšší model Magnum 400 AFS Connect je stvořena zcela nová převodovka PowerDrive 21x5 (agrics.cz, 2021).

Spolehlivá převodovka PowerDrive s 19 a 21 rychlostmi zabezpečuje plynulé řazení a přenos výkonu na poli či na silnici, čímž umožňuje maximální dosažení efektivity. Powershiftové převodovky PowerDrive jsou konstruovány tak, aby dokázaly přenášet vysoký výkon motoru, pro dosažení maximální spolehlivosti a odolnosti při těžkých polních pracích. Automatické řízení produktivity (APM) umožňuje dosažení maximální účinnosti paliva sladěním otáček motoru a převodového stupně. Obsluha si nastaví rychlost, otáčky a frekvenci řazení a převodovka podle zadaných hodnot volí neoptimálnější stupně (agrics.cz, 2021).

Další možností je plynulá převodovka CVXDrive (viz obrázek č. 19), která zabezpečuje neustálý přenos výkonu. Tři rozsahy převodovky umožňují zvýšit účinnost a výkon traktoru i při těžké práci. Funkce ActiveStop navíc umožňuje motoru udržovat traktor na místě a usnadňuje rozjezd a zastavení na svazích bez použití spojky nebo brzdy. Pojezdovou rychlost lze plynule měnit od nuly do 40 nebo 50 km·h⁻¹ pouhým posunutím páky. Převodovka CVXDrive automaticky nastaví nejlepší rozsah pro požadovanou rychlost nebo zatížení, čímž eliminuje použití spojky a řazení. Převodovka CVXDrive automaticky nastaví nejlepší převodový poměr, čímž šetří palivo a snižuje náklady (agrics.cz, 2021).



Obrázek č. 19: Převodovka CVXDrive od výrobce Case IH, (agrics.cz, 2021)

Vylepšením prošla i přední náprava kategorie pět. Především se to týká její vyšší robustnosti, zvýšením kapacity pružení a nosnost. Dle výrobce je přední náprava unést 7 760 kg na silnici a 10 000 kg na poli. Podle přání zákazníka je možné pro systém řízeného pohybu strojů po pozemku CTF traktor vybavit rozšířenou přední nápravou na tři metry. Odpružení přední nápravy je tvořeno tzv. sedlem (agrics.cz, 2021).

Zesílení proběhlo i u diferenciálu a uzávěrky, koncových převodů zadní nápravy Heavy Duty kategorie pět a spojky vývodové hřídele. Zesílená je i hnací hřídel, která má průměr 127 mm, což je o 7 mm více než konkurenční model 8R od výrobce John Deere (agrics.cz, 2021).

6 Magnum 340 AFS Connect Rowtrac

V roce 2020 přijel na trh nový už zmíněný Magnum AFS Connect. Modely Magnum jsou robustní traktory s velkým výkonem určeny pro těžké práce na polích. AFS Connect je portál, který umožňuje pracovat s daty, který traktor zaznamenává jako aktuální operace na poli, informace o flotile, agronomické informace a další, z počítače či tabletu odkudkoliv. Umožňuje také vzdálené prohlížení displeje servisu, kdy vidí to samé co obsluha na monitoru AFS Pro 1200 v kabině. Dále servis může pomocí připojení na dálku identifikovat stav údržby či může také řešit chybové kódy (agrics.cz, 2021).

Jak předchozí Magnum, a tak i Magnum AFS Connect nabízí zákazníkovi volbu mezi dvěma podvozky. Jedním z nich je konvenční kolový podvozek a druhý nabízený je polopásový podvozek Rowtrac (viz obrázek č. 20), kdy na zadní nápravě se nacházejí pásové jednotky snižující tlak na půdu. AFS Connect Magnum Rowtrac, jehož významnou výhodou jsou trakční a agronomické vlastnosti, přičemž poloměr otáčení a trakci má stejný jako kolový podvozek. Konstruktoři firmy Case IH se zabývají vývojem pásových jednotek už od 90. let, kdy jeden z prvních sériově vyráběných traktorů s pásovými jednotkami byl Case IH 9380 Steiger (Lee Klancher, 2017).



Obrázek č. 20: Case IH Magnum AFS Connect Rowtrac, (agrics.cz, 2021)

Case IH Magnum AFS Connect Rowtrac disponuje třemi hlavními výhodami, které se týkají i dalších pásových podvozků, jako je šetrnost k půdě, lepší tahové vlastnosti a menší prokluz. Výrobce udává, že celková styčná plocha pásů je 3,50 m², což je údajně o 80 % více oproti kolovému traktoru. Pásky jsou vždy zajištěny napínací silou, která zajišťuje požadované pnutí a minimální vniknutí nečistot mezi plochu vodících kol a pásů, tudíž jsou pásové jednotky určeny i do mokrých nebo blátivých podmínek. Velké hnací kolo zabírá s články na gumové dráze a transformuje vysoký točivý moment na pohyb vpřed. Ztráty prokluzu jsou minimální. Aby byla zajištěna konstantní mechanická síla, trojúhelníková dráha je vybavena automatickým hydraulickým napínacím systémem, podobný systému používá i model Quadtrac (agrics.cz, 2021).

Pásové jednotky modelu Magnum Rowtrac se vyznačují dlouhou životností a jednoduchou údržbou. Aby byla zajištěna co nejdelší životnost pásové jednotky, je Magnum Rowtrac na pohonu standardně vybaven stěračem, který odstraňuje nečistoty před poškozením pohonné jednotky. Navíc kontrola hladiny oleje se zkontroluje pouhým pohledem na skleněnou měрку umístěnou v náboji vodícího kola (viz obrázek č. 21).



Obrázek č. 21: Okénka olejoměrek v nábojích kol, (agrics.cz, 2020)

Pásová jednotka může být vybavena pásky o šířce 610 nebo 762 mm. Volba pásů místo kol znamená především snížení prokluzu, což směřuje k lepšímu využití výkonu motoru. Přičemž je nutné přes nápravu přenášet vyšší točivý moment, tím dochází k jejímu většímu namáhání, a proto má model Magnum Rowtrac zesílenou zadní nápravou (Beneš, 2015).

7 Claas Axion 900

Traktor Axion 900 (viz obrázek č. 22) je určen pro těžké polní práce s výkonem od 235 kW do 327 kW. Modelová řada je vybavena plynulou převodovkou CMATIC s rozsahem rychlostí od 0,05 km·h⁻¹ až 50 km·h⁻¹ a systémem CEMOS, který obsluhuje poskytuje nejideálnější nastavení hodnot polním podmínkám. Systém odstraní potíže s nastavením a rychle pomůže řidiči optimalizovat výkon stroje, čímž se docílí zvýšení pracovní rychlost o 11 %, snižuje spotřebu paliva o 12 %, snižuje opotřebení pneumatik a celkově snižuje provozní náklady zvyšováním pracovních rychlostí. Model je spojen se šestiválcovým motorem o zdvihovém objemu 8,7 l od výrobce FPT vybavený systémem CPS, což je koncepce nízkých otáček, kdy konstantní rozsah výkonu se pohybuje mezi 1 700 až 1 900 ot.min⁻¹ a konstantní rozsah kroutícího momentu od 1 300 do 1 500 ot.min⁻¹. Další systém, kterým je motor vybaven je Visctronic, který udává při změně zatížení optimální otáčky ventilátoru pro ideální pracovní teplotu motoru (claas.cz, 2021).



Obrázek č. 22: Kolový traktor Claas Axion řada 900, (claas.cz, 2021)

7.1 Systém CEMOS

Systém CEMOS začíná uplatňovat svoji funkci už na farmě, kdy dle připojeného nářadí CEMOS radí obsluhuje tíhu přídavné závaží a optimální tlak v pneumatikách pro práci na poli. Systém v pracovním procesu na poli shromažďuje další získané hodnoty a přizpůsobuje svoje návrhy dalšímu použití. Další nastavení probíhá na poli, kde CEMOS postupně obsluhuje vysvětluje nastavení s ilustrovanými pokyny. Poslední fází optimalizace je během provádění pracovní operace. Řidič spouští dia-

log optimalizace a systém CEMOS sleduje základní nastavení a překládá návrhy optimalizace, které obsluha může přijmout či odmítnout. Po každé změně nastavení CEMOS zobrazuje změnu plošného výkonu a spotřeby paliva (claas.cz, 2021).

Technologie CEMOS byla komplexně testována německým zemědělským podnikem DLG. Bylo pozváno deset profesionálních traktoristů z celého světa, kteří měli využít své zkušenosti a nastavit traktor pro danou práci dle svých znalostí, tudíž měli zvolit vhodné závaží, nastavení motoru či tlak v pneumatikách. Následně se hodnoty porovnávali se systémem CEMOS, kdy obsluha aktivovala systém a na základě jeho doporučení provedla optimalizaci traktoru. To znamená výměnu závaží či změna tlaku v pneumatikách (Jedlička, 2021).

Pomocí systému CEMOS a správně nastavenému tlaku v pneumatikách se docílilo snížení spotřeby paliva o 16,8 % při současném zvýšení plošné výkonnosti o 16,3 %. Traktor při odpracování 3 000 motohodin se systémem CEMOS by mohl ušetřit až 25 200 l nafty a snížit celkový čas strávený na poli o desítky hodin. Ve srovnání spotřeba paliva bez systému 50 l/ha a se systémem 41,6 l/ha (Jedlička, 2021).

Výrobce přidělil modelu Axion 900 bezstupňovou konstrukci převodovky CMATIC (viz obrázek č. 23), která využívá čtyři mechanické rozsahy řazené automaticky pomocí lamelových spojek. Mechanický přenos sil zajišťuje ideální účinnost spolu s nízkou spotřebou pohonné hmoty, což zajišťuje i v pohybu vzad. Převodovka spolu s motorem nabízí plné využití výkonu motoru při rychlosti od 0,05 km·h⁻¹ až do 50 km·h⁻¹, které se výborně hodí pro práci s půdní frézou, kde je zapotřebí vysokého výkonu a nízké pojezdové rychlosti. Další výhodou, kterou se převodovka CMATIC vyznačuje, je možnost použití každého převodu při různých otáčkách motoru, čímž se zvyšuje celoroční využití potenciálu traktoru. Zmíněná převodovka je vhodná i do dopravy, kdy při jízdě 50 km·h⁻¹ motor pracuje při 1 600 ot.min⁻¹ (claas.cz, 2021).

Modelová řada Axion 900 stojí na polorámovém podvozku, který zajišťuje stabilitu traktoru i při těžkých pracích s čelně nesenou technikou. Výrobce zde zúročil zkušenosti s modelem Xerion, který je vybaven rámem. Rám je tvořen od přední tříbodového zavěšení přes rám přední nápravy až do spojení s převodovkou. Rám je vyroben s integrovanou olejovou vanou, což absorbuje veškerou sílu čelního závěsu. Konstrukteři zde vsadili na rozložení hmotnosti traktoru 50/50, čímž docílí kratšího rozvoru náprav, který je 3,15 m. Tím se zlepšuje obratnost stroje (claas.cz, 2021).



Obrázek č. 23: Plynulá převodovka CMatic, (claas-group.com, 2021)

8 Claas Axion 960 TerraTrac

Claas Axion 960 TerraTrac (viz obrázek č. 24) nabízí jako první polopásový traktor plné odpružení. To znamená, že je odpružená přední náprava, kabina a i zadní pásová náprava. Výrobce Claas se zabývá vývojem pásových podvozků už několik desetiletí, takže vývoj podvozku TerraTrac převzal od svých sklízecích mlátiček a upravil jej, aby vyhovoval specifickým podmínkám. Koncept polopásového traktoru TerraTrac nabízí velkou flexibilitu. Poskytuje vysokou tažnou sílu bez ohledu na půdní podmínky nebo terén a současně umožňuje použití taženého nebo připojeného nářadí při velmi nízkých provozních rychlostech. S odpruženou pásovou jednotkou a odpruženou přední nápravou kombinuje model Axion 900 TerraTrac výhody polopásového traktoru z hlediska trakce a ochrany půdy s komfortem běžného standardního traktoru. Díky individuálně zavěšeným válečkům zaručuje pásový systém TerraTrac vždy optimální kontakt se zemí a maximální kontaktní plochu. Díky tomu je Axion 900 TerraTrac pohodlnou a efektivní jízdou na silnici i v terénu, i když jedete vysokou rychlostí až $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (claas.cz, 2021).



Obrázek č. 24: Polopásový traktor Claas Axion TerraTrac, (agroportal24h.cz, 2019)

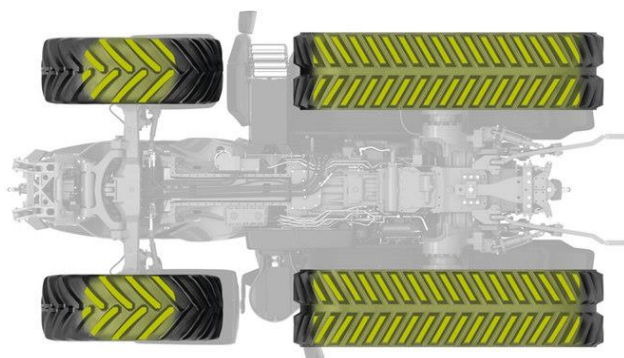
Zadní náprava modelu Axion byla podstatně upravena tak, aby vyhovovala pásovým jednotkám TerraTrac. Namísto nápravy podporující zadní kola byly instalovány speciálně navržené podpěry pro TerraTrac, které překlenují výškový rozdíl, umožňují

celkový rozsah kyvadla 23° a chrání hnací hřídel. Aby byla pásová konstrukce TerraTrac vhodná pro traktory, byla také speciálně přizpůsobena požadavkům těžkých trakčních prací. Převodovka uvnitř pásových jednotek byla posílena, aby dokázala přenášet vyšší krouticí momenty, a tím byla i zvětšena velikost hnacího kola. Na hnacím kole byly speciálně navrženy třecí plochy, aby spolehlivě přenášely hnací síly na pás a současně zajišťovaly důkladné samočištění kontaktních ploch. Díky inteligentnímu systému řízení pohonu jsou pásové jednotky schopné provádět úzké zatáčecí manévry. Řidič může aktivovat asistenci řízení v systému Cebis a upravit stupeň asistence (claas.cz, 2021).

Podvozek Terra Trac nabízí rozchod 457 mm, 635 mm, 735 mm a 890 mm. U všech čtyř rozchodů zůstává vnější šířka traktoru v rámci limitu přepravní šířky tři metry. Model Axion TerraTrac má provozní hmotnost 16,5 t. Při zohlednění povolené celkové hmotnosti vozidla 22 t to znamená nosnost 5,5 t (claas.cz, 2021).

U pásových pásů TerraTrac je možné upravit světlou výšku traktoru. V systému Cebis lze velmi snadno nastavit různé výšky v rozmezí 120 mm. To umožňuje například nastavit trakční bod připojeného stroje v optimální poloze nad výškou bodu zavěšení. Se styčnou plochou až 3,87 m² (viz obrázek č. 25) má AXION 900 TERRA TRAC cca o 35% větší styčnou plochu než kolový traktor a šetří povrch půdy díky menšímu tlaku (claas.cz, 2021).

Kromě integrace pásových pásů TerraTrac upravila společnost Claas také konstrukci a polohu palivové nádrže. Nyní má kapacitu 860 litrů, což je ideální pro dlouhé pracovní dny (claas.cz, 2021).



Obrázek č. 25: Styčná plocha traktoru Axion TerraTrac, (umtrebon.cz, 2021)

9 John Deere 8R

Dle statistik jsou v České republice v několika posledních letech nejprodávanější traktory od amerického výrobce John Deere. Jeden z oblíbených modelových řad u zákazníků je model 8R (viz obrázek č. 26), který disponuje výkonem od 206 kW do 302 kW. Řada 8R je charakteristická dlouhým rozvorem a motorem umístěným nad přední nápravou, čímž zaručuje lepší trakci a vyznačuje se univerzálností a efektivností i při těch nejtěžších polních pracích. U modelové řady 8R si zákazník může vybrat ze tří edic výbavy Select, Premium či Ultimate.



Obrázek č. 26: Kolový traktor John Deere 8R, (strompraha.cz, 2021)

Traktory 8R mají odpružení přední nápravy řešeno nezávislým pružením (ILS), čímž se docílí maximálního kontaktu kol s půdou i při nerovnostech. Další výhodou ILS odpružení je docílení maximálního přenosu výkonu, a především komfortu jak při jízdě po silnici, tak především na poli (strompraha.cz, 2021).

Traktory řady 8R jsou vybaveny systémem řízení ActiveCommand, což je variabilní posilovač řízení, které mění tuhost řízení v závislosti rychlosti jízdy. Systém také automaticky redukuje počet otáček volantu na 3,5 při otáčení na souvratí či rychlém manévru. Dále je vybaven gyroskopem, který snímá boční náklon traktoru a automaticky drží traktor ve stopě (strompraha.cz, 2021).

10 John Deere 8RX

První sériově vyráběný konvenční traktor se čtyřmi pásovými jednotkami je model 8RX od výrobce John Deere (viz obrázek č. 27). Čtyři pásy zajišťují celkovou styčnou plochu 4,57 m², čímž zvyšuje ochranu půdy před utužením a snižuje prokluz. Systém odpružení pásového podvozku je tvořeno odpružením středových kol a naklápění podvozku tvoří komfort řidiče a při jízdě po poli jsou znát v kabině minimální otřesy. Využití pásových podvozků zvyšuje výnos až o 6,8 %. Při statickém zatížení výrobce udává tlak na půdu jenom 36 kPa a poloměr otáčení menší než u kolového modelu 8R (strompraha.cz, 2021).



Obrázek č. 27: Pásový traktor John Deere 8RX, (strompraha.cz, 2021)

John Deere nabízí k modelové řadě 8R až tři převodovky. Jedním z nich je převodovka PowerShift vyráběna už od roku 1994 se 16 stupni pro jízdu v před a 5 stupňů pro jízdu vzad. Veškeré těžké polní práce se provádějí do rychlosti 12 km·h⁻¹, na což je tato převodovka zaměřená, neboť v rozmezí od 4 km·h⁻¹ do 12 km·h⁻¹ nabízí převodovka šest rychlostních stupňů tak, aby motor měl správné otáčky při dané rychlosti. Převodovka je doplněna funkcí automatického řazení APS, čímž je zajištěna automatická reakce na změnu jako polních podmínek, tak i změně v dopravě (strompraha.cz, 2021).

Druhou volbou je plně mechanická převodovka e23 spojená s funkcí Efficiency Manager, jejímž úkolem je nastavit minimální otáčky motoru pro požadovanou rychlost za účelem snížení spotřeby paliva. Přebodovka může volit mezi deseti stupni řazení při rychlosti od 5 km·h⁻¹ až do 16 km·h⁻¹, díky velkému rozhraní stupňů se docílí k přenesení maximálního výkonu traktoru na podložku. Přebodovka e23 dokáže vyvinout maximální rychlost 50 km·h⁻¹ při otáčkách motoru 1 670 ot.min⁻¹ (strompraha.cz, 2021).

Poslední množností volby přebodovky je plynulá přebodovka AutoPowr, která umožňuje změnu rychlosti bez použití spojky a nabízí využití čtyř režimů automatický, uživatelský, manuální a režim pedálu. Přebodovka AutoPowr je tvořena hydrogenerátorem, který předává kapalině tlakovou energii, která je následně přeměňována na výstupní točivý moment a otáčky. Pomocí čtyř mechanickým stupňům je vždy alespoň 50 % výkonu přenášeno mechanicky (strompraha.cz, 2021).

10.1 Charakteristika měřících přístrojů

Při měření zatížení jednotlivých náprav traktorů byla použita přenosná nájezdová váha DINI ARGEO DFWKR. Primárně jsou tyto váhy používány pro zjištění zatížení jednotlivých náprav nákladních vozidel. K dispozici byla sestava skládající se ze dvou kusů vážících platform, přičemž maximální váživost jedné platformy je 20 t. Poslední součástí celé soustavy je indikátor se zabudovanou tiskárnou. Indikátor je s platformami spojen pomocí kabeláže, přičemž k indikátoru lze připojit až čtyři platformy.

Váha slouží zejména pro zjišťování nápravových, podvozkových a kolových zatížení techniky. Váhu lze využít i pro stanovení celkové hmotnosti vozidla či soupravy. Ovšem v případě použití dvou platform je potřeba uvažovat o určité nepřesnosti. Jestliže je možnost použít platformy pro každé kolo, je výsledek měření srovnatelný s mostovou váhou.

Nápravové váhy DINI ARGEO jsou vyrobeny ze slitiny hliníku, což snižuje jejich hmotnost. Hmotnost jedné platformy o rozměrech 900 x 500 mm je 41,5 kg. Uvnitř zabudované snímače zatížení jsou chráněny proti prachu a vlhkosti. Povrch platform je opatřen protiskluzovým povrchem.

Indikátor DFWKR se zabudovanou tiskárnou je umístěn v plastovém kufříku. K indikátoru je možné připojit až čtyři vážících platform. Indikátor je také vybaven displejem, který zobrazuje naměřené hodnoty. Napájení indikátoru je buď ze sítě

230 V, nebo pomocí 6 V interní baterie, která dle výrobce DINI ARGEO vydrží až deset hodin v provozu.

Další používanou váhou pro měření byla využita zapuštěná mostová váha, v nejbližším podniku v okolí podniku, kde se měřený traktor nacházel. Využití mostové váhy bylo vhodnější obzvláště pro měření traktorů s pásovým podvozkem. Při měření hmotnosti při pásového traktoru na nápravové váze DINI ARGEO by došlo pásy k překrytí váhy a dotýkaly by se povrchu okolo platformy, tudíž by výsledky byly velmi zkresleny.

Mostové váhy byly využity od výrobce Tenzo, který dodává mostové váhy pro zemědělské, potravinářské a zpracovatelské podniky. U váhy tvoří základ ocelový nebo železobetonový vážní most o maximální šířce tři metry. Železobetonové mosty jsou vyrobeny z vysokopevnostního betonu, který má zajistit dlouho životnost vah. Mostní dílce leží na tenzometrických snímačích, které jsou schopny zvážit náklad o maximální hmotnosti 60 tun a s přesností kategorie tři.

11 Cíl

Cílem diplomové práce bylo vytvoření databáze přenosu vertikálního zatížení pod jednotlivými nápravami kolových a pásových traktorů, které se mohou následně využít jako vstupní data při počítačových simulacích zaměřených na utužení půdy po přejezdu zemědělské techniky. V rámci tohoto cíle bylo provedeno měření vertikálního zatížení pod jednotlivými nápravami traktorů a podle získaných hodnot vypočítat zatížení nápravy na jeden centimetr čtvereční. Naměřené a vypočtené hodnoty se vzájemně mezi traktory porovnaly.

12 Metodika

Měření zatížení jednotlivých náprav vybrané zemědělské techniky probíhalo pomocí přenosné váhy (DINI ARGEO DFWKR) nebo pomocí mostové váhy (Tenzona TREFA rok výroby 2019, Precia Molen ROC rok výroby 2008, DINI ARGEO LESAK MAV, Scalex 1900E).

Přenosnými váhami byla měřena tato technika:

- Case IH Magnum 340 AFS Connect (rok výroby 2020)

Vážení pomocí přenosných vah probíhalo následujícím způsobem. Před měřením se vybralo místo se zpevněným povrchem, kde byly platformy stabilně uloženy. Všechna měření probíhala s řidičem uvnitř kabiny a spuštěným motorem. Po rozložení platform se nejprve najelo přední nápravou traktoru. Traktor zastavil na platformách a následně se do protokolu zaznamenala zjištěná hodnota. Poté se sjelo z platform a následně se najelo zadní nápravou. Při najetí se traktor na platformách zastavil. Zjištěná hodnota na zadní nápravě se opět zaznamenala do protokolu.

Mostovými váhami byly měřeny tyto stroje:

- Claas Axion 960 TerraTrac (typ mostové váhy: Tenzona TREFA + váhový terminál: Mettler Toledo IND246)
- Claas Axion 930 (typ mostové váhy: Scalex 1900E)
- John Deere 8R 410 (typ mostové váhy: Precia Molen ROC + váhový terminál: Precia Molen X 201 B)
- John Deere 8RX 410 (typ mostové váhy: Precia Molen ROC + váhový terminál: Precia Molen X 201 B)
- Case IH Magnum 340 Rowtrack (typ mostové váhy: DINI ARGEO LESAK MAV)

Vážení pomocí mostových vah probíhalo následovně. Při měření zatížení náprav traktorů byla změřena polovina celkové rozvoru traktoru, při kterém se stroj snažil přibližně zastavit na počátku mostové váhy. Nejprve se zaměřilo zatížení na přední nápravě, poté se zjistila hmotnost celého traktoru, a nakonec proběhlo vážení hmotnosti na zadní nápravě. Při každé měřené pozici se zjištěná hodnota zapsala do protokolu.

Před každým měřením se zjistilo, jaké je množství paliva v nádrži traktoru. Množství ADblue se při měření zanedbalo. Dále se stanovilo, zda traktor disponuje přídatným závažím ať už v kolech, či v přední části traktoru.

Na závěr měření byl proveden otisk pneumatik, který se získával pomocí dvou závitových tyčí o průměru 5 mm umístěné co nejtěsněji před a za kolo traktoru a změřila se jejich vzdálenost, jak je ilustrováno na obrázku č. 28. Šířka otisku se získala změřením šířky pneumatiky v části dotýkající se podložky, která se ověřila s hodnotou uvedenou na bočnici pneumatiky. Stejný postup se provedl i u pásových podvozků.



Obrázek č. 28: Měření délky otisku pneumatiky

Ze získaných hodnot se vypočetl poměr rozložení hmotnosti každého traktoru, kdy se vypočetlo zatížení na zadní nápravě dle následujícího vzorce:

$$x = 100 \cdot \frac{m_z}{m_c} \quad [\%] \quad (1)$$

x – zatížení na zadní nápravě [%]

m_z – hmotnost na zadní nápravě [kg]

m_c – celková hmotnost traktoru [kg]

Poté se vypočetlo zatížení na přední nápravě dle vzorce:

$$y = 100 \cdot \frac{m_p}{m_c} \quad [\%] \quad (2)$$

y – zatížení na přední nápravě [%]

m_p – hmotnost na přední nápravě [kg]

m_c – celková hmotnost traktoru [kg]

Vypočtené výsledky se zaokrouhlily na nejbližší celé číslo. Následně se vypočetla styčná plocha pneumatiky s podložkou ze získaných hodnot dle následujícího vzorce:

$$S = n \cdot a \cdot b \quad [\text{cm}^2] \quad (3)$$

S – styčná plocha [cm^2]

n – počet kol na nápravě [-]

a – šířka otisku [cm]

b – délka otisku [cm]

Výsledky styčné plochy se dále použily k výpočtu zatížení jednoho kilogramu na jeden centimetr čtvereční. Zatížení na přední nápravě se vypočetl dle vzorce:

$$z_p = \frac{m_p}{S_{pn}} \quad [\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}] \quad (4)$$

z_p – zatížení na přední nápravě [$\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$]

m_p – hmotnost na přední nápravě [kg]

S_{pn} – styčná plocha na přední nápravě [cm^2]

Následoval výpočet zatížení na zadní nápravě dle vzorce:

$$z_z = \frac{m_z}{S_z} \quad [\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}] \quad (5)$$

z_z – zatížení na zadní nápravě [$\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$]

m_z – hmotnost na zadní nápravě [kg]

S_z – styčná plocha na zadní nápravě [cm^2]

13 Výsledky a diskuse

13.1 Case IH Magnum 340 AFS Connect

První měření proběhlo 7. prosince 2020 u kolového traktoru Magnum 340 AFS Connect (viz obrázek č. 29) od výrobce Case IH v obci Tišice, kde se nachází středisko hlavního dealera pro Českou republiku, jímž je společnost AGRI CS a.s. Měření proběhlo pomocí přenosné váhy DINI ARGEO DFWKR. Traktor je vybaven pneumatikami o rozměru zadních plášťů IF 710/75 R42 a rozměry předních plášťů je IF 650/60 R34. Traktor byl opatřen přední odpruženou nápravou a převodovkou PowerDrive. V přední části traktoru byl traktor vybaven třibodovým závěsem bez připojeného přídatného závaží či pracovního nářadí. Přídatné závaží bylo pouze namontováno v zadních kolech o celkové hmotnosti 2 498 kg. Palivová nádrž byla při měření skoro prázdná. V tabulce č. 2 jsou uvedené naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtené hodnoty rozložení traktoru, které zde vychází 41 % zatížení na přední nápravu a 59 % zatížení na zadní nápravu. Následně v tabulce č. 3 jsou uvedené hodnoty rozměrů otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení traktoru Case IH Magnum 340 AFS Connect. Na obrázku č. 30 jsou znázorněny otisky získané pomocí rozměrů z měření traktorů.



Obrázek č. 29: Měření traktoru Case IH Magnum 340

Tabulka č. 2: Naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru Case IH Magnum 340 AFS Connect

	Hmotnost	Hmotnost udávaná výrobcem
Přední náprava [kg]	5 765	7 760
Zadní náprava [kg]	8 415	11 500
Celková [kg]	14 180	12 190
Rozložení hmotnosti [%]	41/59	-

Tabulka č. 3: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru Case IH Magnum 340 AFS Connect

	Přední náprava	Zadní náprava
Šířka [cm]	65	71
Délka [cm]	58	68
Styčná plocha [cm ²]	7 540	9 656
Zatížení [kg·cm ⁻²]	0,764	0,871



Obrázek č. 30: Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru Case IH Magnum 340 AFS Connect

13.2 Case IH Magnum 340 Rowtrac

Měření traktoru Case IH Magnum Rowtrac (viz obrázek č. 31) proběhlo 9. března 2021 v podniku AGD Senice a.s. ležící v obci Senice u Poděbrat. Vážení jednotlivých náprav a celého traktoru proběhlo na mostové váze DINI ARCEO LESAK MAV. Traktor je vybaven zadní pásovou nápravou, která byla osazena pásy o šířce 760 mm a přední kolovým podvozkem, kde byly pneumatiky o rozměru 650/60 R34. V přední části traktoru byly umístěny díly závaží o hmotnost 55 kg po osmnácti kusech. Mimo jiné traktor byl vybaven také převodovkou PowerDrive. V palivové nádrži bylo při měření 366 litrů nafty. Tlak v pneumatikách při měření byl 1,8 baru. Závěrem se změřili rozměry otisků. V tabulce č. 4 jsou uvedeny zvážené hodnoty traktoru, ze kterých vyšlo zatížení na přední nápravě 40 % a na zadní nápravě 60 %. V tabulce č. 5 jsou uvedeny rozměry otisků, ze kterých se následně vypočetla styčná plocha (viz obrázek č. 32) a zatížení jednotlivých náprav.



Obrázek č. 31: Měřený traktor Case IH Magnum 340 Rowtrac

Tabulka č. 4: Naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru Case IH Magnum 340 Rowtrac

	Hmotnost	Hmotnost udávaná výrobcem (přibližná)
Přední náprava [kg]	7 200	4 523
Zadní náprava [kg]	11 420	11 210
Celková hmotnost [kg]	18 620	15 733
Rozložení hmotnost [%]	39/61	29/71

Tabulka č. 5: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru Case IH Magnum 340 Rowtrac

	Přední náprava	Zadní náprava
Šířka [cm]	65	76
Délka [cm]	60	168
Tlak [bar]	1,8	-
Styčná plocha [cm ²]	7 800	25 536
Zatížení [kg·cm ⁻²]	0,923	0,447



Obrázek č. 32: Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru Case IH Magnum 340 Rowtrac

13.3 Claas Axion 930

Dne 23. března 2021 proběhlo měření traktoru Claas Axion 930 (viz obrázek č. 33) ve společnosti Pivkovice a.s. Vážení traktoru a jeho náprav proběhlo na zapuštěné mostové váze Scalex 1900E od dodavatele Váhy Švec^{.cz}. Váha byla nastavena na maximální váživost 30 000 kg. Traktor je vybaven kolovým podvozkem s obutými a předními pneumatikami o rozměrech IF 650/65 R34 od švédského výrobce Trelleborg a zadními pneumatikami IF 710/75 R42 AGRIMAX FORTIS od indického výrobce BKT. Dále měl pracovní stroj v předním třibodovém zavěšení připojeno závaží o hmotnosti 750 kg. Na zadní nápravě v kolech nebylo žádné přídatné závaží. Traktor disponuje palivovou nádrží o objemu 640 litrů, která byla v době měření plně načerpaná. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 6, kde je i poměr rozložení hmotnosti traktoru je jednotlivé nápravy, kde v tomto případě vychází rozložení přibližně 52 % na přední nápravě a 48 % na zadní nápravě. V tabulce č. 7 jsou uvedeny rozměry otisků pneumatik a dále je v tabulce uvedena styčná (viz obrázek č. 34) plocha pneumatik s podložkou.



Obrázek č. 33: Traktor od německého výrobce Claas modelové řady Axion 930

Tabulka č. 6: Naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru Claas Axion 930

	Hmotnost	Hmotnost udávaná výrobcem
Přední náprava [kg]	7 400	-
Zadní náprava [kg]	6 720	-
Celková hmotnost [kg]	14 120	12 500 – 13 500
Rozložení hmotnost [%]	52/48	



Obrázek č. 34: Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru Claas Axion 930

Traktor byl vybaven příslušenství pro úpravu pneumatik Airbooster PLUS (viz obrázek č. 35), tudíž bylo možné v krátkém čase změnit tlak v pneumatikách a tím zjistit rozdíly změny styčné plochy pro různé tlaky. Nejprve se změřily rozměry otisku při tlaku v přední pneumatice 2 bary a v zadní pneumatice ukazoval barometr 1,8 baru. Rozměry otisků a následně jejich vypočtená styčná plocha je uvedena v tabulce č. 6. Následně se pomocí Airboosteru Plus snížil tlak v přední pneumatice na 1,1 baru a v zadní pneumatice 0,6 baru. Délka styčné plochy zadního kola se prodloužila o 22 cm. Dle výrobce pneumatik BKT je pneumatika AGRIMAX FORTIS IF 710/75 R42 při tlaku 0,6 baru pracovat do rychlosti 10 km.h⁻¹ a s maximálním zatížením pneumatiky 4 440 kg, což dle naměřené hmotnosti na zadní nápravě 6 720

kg mají pneumatiky zadních kol ještě malou rezervu. Záleží však na hmotnosti připojené závěsné techniky. U přední pneumatiky výrobce Trelleborg udává zatížení pneumatiky pro polní práce 3 590 kg při tlaku 1,2 baru. Konkrétní pracovní rychlost výrobce neudává. Na obrázcích č. 36 a č. 37 je vidět změna tvaru bočnic pneumatiky při změně tlaku.



Obrázek č. 35: Sada Airbooster PLUS pro snadnou změnu tlaku v pneumatice



Obrázek č. 36: Změna tvaru bočnice přední pneumatiky při různém tlaku



Obrázek č. 37: Změna tvaru bočnice zadní pneumatiky při různém tlaku

Tabulka č. 7: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru Claas Axion 930

	Přední náprava	Zadní náprava
Šířka [cm]	65	71
Délka [cm]	73	86
Tlak [bar]	1,1	0,6
Styčná plocha [cm²]	9 490	12 212
Zatížení [kg·cm⁻²]	0,780	0,550

Tabulka č. 8: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru Claas Axion 930 při změně tlaku v pneumatikách

	Přední náprava	Zadní náprava
Šířka [cm]	65	71
Délka [cm]	61	64
Tlak [bar]	2	1,8
Styčná plocha [cm²]	7 930	9 088
Zatížení [kg·cm⁻²]	0,933	0,739

13.4 Claas Axion 960 TerraTrac

Měření traktoru Claas Axion 960 TerraTrac (viz obrázek č. 38) proběhlo dne 7. prosince 2020 v zemědělském podniku v obci Vrbčany, kde byl traktor zapůjčen. V podniku byla i k dispozici mostová váha Tenzona TREFA s váhovým terminálem Mettler Toledo IND246, na které se uskutečnilo měření. Traktor byl vybaven závažím o hmotnosti 500 kg v předním třibodovém závěsu. Traktor disponuje palivovou nádrží o objemu 860 litrů a v okamžiku měření byla nádrž z poloviny plná, tudíž v nádrži bylo přibližně 430 litrů. Zadní podvozek traktoru je vybaven pásovou jednotkou TerraTrac, která byla osazena pásy o šířce 735 mm a předním kolovým podvozkem, kde byly pneumatiky o rozměru 710/60 R34. Tlak v předních pneumatikách 1,4 baru. Zjištěné hodnoty jsou uvedené v tabulce č. 8, kde je také uveden poměr rozložení traktoru, které vychází 36 % zatížení na přední nápravě a 64 % zatížení na zadní nápravě. V tabulce č. 9 jsou uvedeny zjištěné rozměry otisků a vypočtená styčná plocha kol a pásů s podložkou. Na obrázku č. 39 lze vidět přibližnou styčnou plochu traktoru Claas Axion 960 TerraTrac.



Obrázek č. 38: Měření traktoru Claas Axion 960 TerraTrac

Tabulka č. 9: Naměřené hodnoty hmotností a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru Claas Axion 960 TerraTrac

	Hmotnost	Hmotnost udávaná výrobcem
Přední náprava [kg]	6 780	-
Zadní náprava [kg]	12 200	-
Celková hmotnost [kg]	18 980	16 200
Rozložení hmotnosti [%]	36/64	

Tabulka č. 10: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru Claas Axion 960 TerraTrac

	Přední náprava	Zadní náprava
Šířka [cm]	71	73,5
Délka [cm]	64	210
Tlak [bar]	1,4	-
Otisk [cm ²]	9 088	30 870
Zatížení [kg·cm ⁻²]	0,746	0,395



Obrázek č. 39: Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru Claas Axion 960 TerraTrac

13.5 John Deere 8R 410

Měření John Deere 8R 410 (viz obrázek č. 40) umožnila dne 24. února 2021 společnost STROM PRAHA a.s. ve středisku Smiřice nedaleko od Hradce Králové. I u toho traktoru proběhlo měření na mostové váze Precia Molen ROC s váhovým terminálem Precia Molen X 201 B v podniku AGRO CS a.s. Traktor je vybaven předním třibodovým závěsem, ale bez přípojného přídavné závaží. Závaží o hmotnosti jednoho kusu 625 kg bylo pouze v každém zadním kole z vnitřní strany disku po jednom kusu. Při měření byla palivová nádrž téměř prázdná. Traktor je vybaven pneumatikami o rozměrech IF 900/60 R42 a IF 650/60 R34 od výrobce Trelleborg. Získané hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 11, kde je uvedeno i rozložení hmotnosti traktoru na jednotlivé nápravy, které u traktoru John Deere 8R vychází 48/52 %. V tabulce č. 12 jsou uvedeny rozměry otisků a vypočteny styčné plochy, které jsou vyobrazeny na obrázku č. 41. a zatížení jednotlivých náprav.



Obrázek č. 40: Měření traktoru John Deere 8R 410

Tabulka č. 11: Naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru John Deere 8R 410

	Hmotnost	Hmotnost udávaná výrobcem (průměrná/maximální)
Přední náprava [kg]	7 030	-
Zadní náprava [kg]	7 550	-
Celková hmotnost [kg]	14 580	14 000 / 18 000
Rozložení hmotnosti [%]	48/52	

Tabulka č. 12: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru John Deere 8R

	Přední náprava	Zadní náprava
Šířka [cm]	65	90
Délka [cm]	72	81
Tlak [bar]	1,1	
Styčná plocha [cm²]	9 360	14 580
Zatížení [kg·cm⁻²]	0,752	0,518



Obrázek č. 41: Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru John Deere 8R 410

13.6 John Deere 8RX 410

Měření John Deere 8RX 410 (viz obrázek č. 42) umožnila také společnost STROM PRAHA a.s. ve středisku Smiřice nedaleko od Hradce Králové. Vážení zmíněného traktoru proběhlo na mostové váze Precia Molen ROC s váhovým terminálem Precia Molen X 201 B v podniku AGRO CS a.s. Tento traktor disponuje palivovou nádrží o objemu 890 litrů, která byla při měření plně natankovaná. Traktor nelze dotížit pomocí přídavného závaží kromě v přední části traktoru, kde je litinová konstrukce pro její umístění. Při měření však traktor vybaven přídavným závažím nebyl. Poměr rozložení hmotnosti u toho to traktoru vyšel 44 % hmotnosti na přední nápravě a zadní nápravě je 56 %. V tabulce č. 13 jsou uvedeny hodnoty hmotnosti traktoru a v tabulce s číslem 14 jsou uvedeny rozměry styčných ploch a jejich zatížení na půdu. Dále na obrázku číslo 43 jsou znázorněny zmíněné styčné plochy traktoru John Deere 8RX.



Obrázek č. 42: Měření traktoru John Deere 8RX 410

Tabulka č. 13: Naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru John Deere 8RX 410

	Hmotnost	Hmotnost udávaná výrobcem (průměrná/maximální)
Přední náprava [kg]	8 780	-
Zadní náprava [kg]	11 300	-
Celková hmotnost [kg]	20 080	18 700 / 24 000
Rozložení hmotnosti [%]	44/56	

Tabulka č. 14: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru John Deere 8RX

	Přední náprava	Zadní náprava
Šířka [cm]	61 cm	61 cm
Délka [cm]	159 cm	189 cm
Styčná plocha [cm ²]	19 398	23 058
Zatížení [kg·cm ⁻²]	0,453	0,490



Obrázek č. 43: Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru John Deere 8RX 410

13.7 Porovnání zjištěných hodnot u traktoru Magnum 340 AFS Connect a Magnum 340 Rowtrac od výrobce Case IH

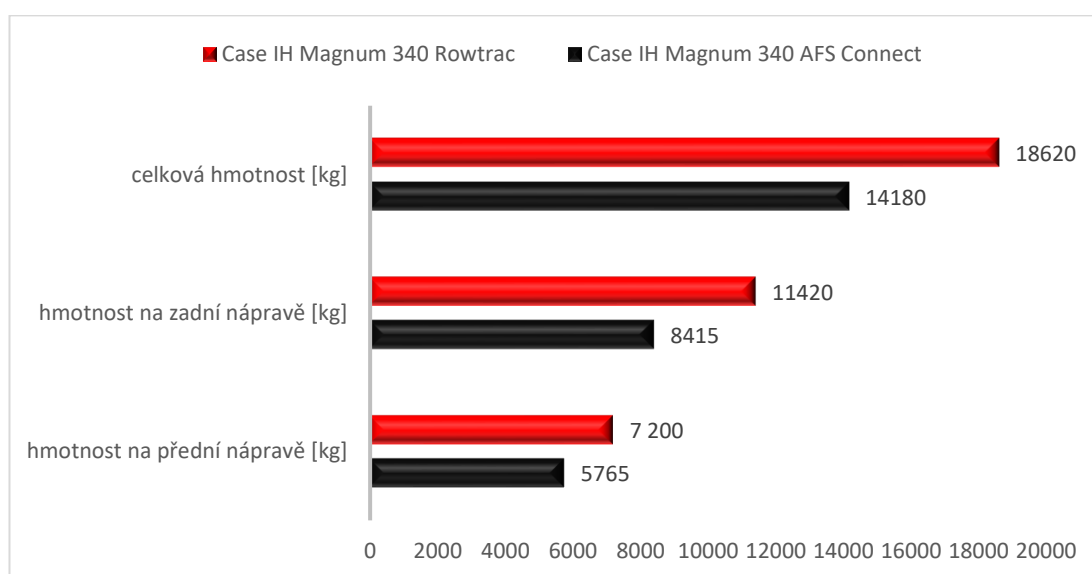
Magnum 340 Rowtrac je dle naměřených hodnot v celkové hmotnosti těžší o 24 % ve srovnání s konvenčním traktorem Magnum 340 AFS Connect (viz graf č.1). Malou roli mohlo hrát množství nafty v palivové nádrži, kdy polopásový Magnum Rowtrac měl při měření 366 litrů. Zatímco kolovému traktoru Magnum 340 AFS Connect svítila kontrolka rezervy palivové nádrže. Rozdíl hmotnosti na přední nápravě činí 20 %, které způsobilo závaží o celkové hmotnosti 990 kg umístěné v přední části traktoru Magnum 340 Rowtrac. Kolový Magnum 340 AFS Connect je vybaven předním třibodovým závěsem bez připojeného závaží a v zadních kolech bylo závaží o celkové hmotnosti 2 500 kg. Ohledně hmotnosti na zadní nápravě byl Magnum 340 Rowtrac těžší o 26 %. Dle návodu pro obsluhu týkající se modelu Magnum AFS Connect, by rozložení hmotnosti s převodovkou PowerDrive mělo být 45/55 % bez jakéhokoliv závaží.

V případě styčné plochy přední nápravy velký rozdíl není. Kolový Magnum 340 AFS Connect má styčnou plochu větší o 3 %. Co se týče zadní nápravy je model Magnum 340 Rowtrac daleko lépe. Jeho styčná plocha je větší o 62 %. Při součtu

naměřených hmotností na přední a zadní nápravě jednotlivých modelů má Magnum 340 Rowtrac větší styčnou plochu o 52 %.

Ohledně zatížení přední nápravy má traktor s polopásovým podvozkem $0,923 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$, což je o 24 % více. Rozdíl je způsoben vyšší hmotností na přední nápravě zmíněného traktoru, neboť rozměry předních pneumatik je u traktorů totožná. Za to zatížení na zadní nápravě je u traktoru polopásovém provedení nižší o 51 %. Na rozdíl se také podílelo závaží kolového traktoru v zadních kolech.

Graf č. 1: Zjištěné hmotnosti traktorů Magnum 340 Rowtrac a Magnum 340 AFS Connect od výrobce Case IH



13.8 Porovnání zjištěných hodnot u traktoru Axion 930 a Axion 960 TerraTrac od výrobce Claas

Dle zjištěných hodnot má polopásový traktor Axion 960 TerraTrac o 25 % větší hmotnost než kolový traktor Axion 930 (viz graf č. 2). Dle naměřených hodnot, vychází rozložení hmotnosti traktoru Axion 960 TerraTrac v poměru 36/64 %. Podle Petr Beneš (2021) je rozložení hmotnosti zmíněného traktoru v poměru 30/70, což se trochu liší. Rozdíl poměru hmotnosti traktoru mohlo způsobit v předním tříbodovém závěsu přídavné závaží o hmotnosti 500 kg. Zatímco u kolového traktoru je poměr rozložení traktoru 52/48.

Graf č. 2: Zjištěné hmotnosti traktorů Axion 960 TerraTrac a Axion 930 od výrobce Claas



Hodnota styčné plochy traktoru Axion 930 je na přední nápravě o 4 % vyšší. Zatímco styčná plocha traktoru Axion 960 TerraTrac je oproti kolovému traktoru vyšší o 60 %. Při součtu styčných ploch přední a zadní nápravy jednotlivých traktorů je vyšší styčná plocha stroje Axion 960 TerraTrac o 46 %.

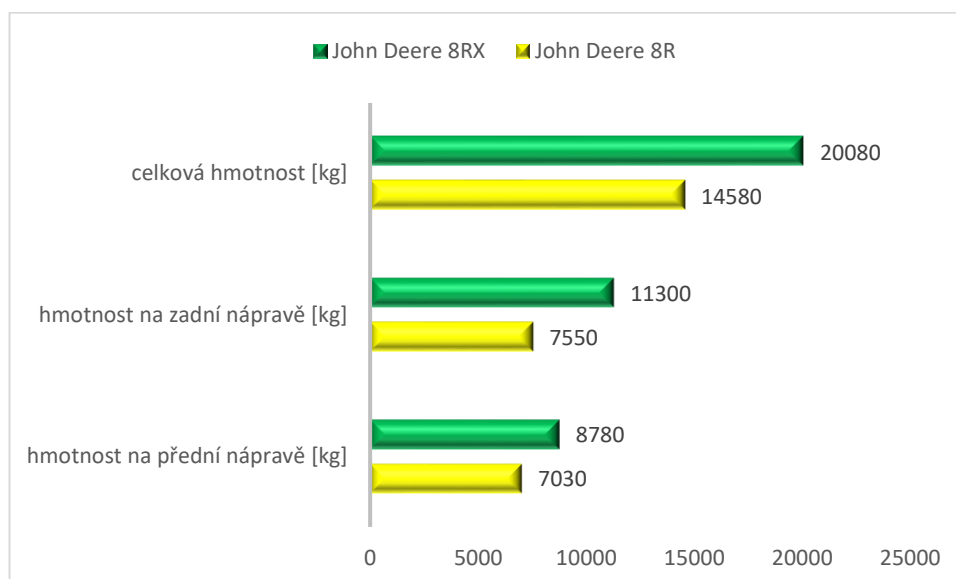
Co se týče zatížení na přední nápravě v porovnání zmíněných traktorů od výrobce Claas je rozdíl pouhé 1 %. Malou diferencí mohlo způsobit odlišné hmotnosti závaží připojených na obou traktorech v třibodovém závěsu. Rozdíl tíhy na zadní nápravě je už daleko výraznější a to o 59 %, kdy kolový traktor nebyl vybaven závažím v zadních kolech.

13.9 Porovnání zjištěných hodnot u traktoru 8R a 8RX od výrobce John Deere

Z měření týkající se traktorů značky John Deere vychází rozdíl v celkové hmotnosti jednotlivých traktorů 30 % (viz graf č. 3). Podle slov prodejce zemědělské techniky podniku Strom Praha pana Volrába by poměr rozložení hmotnosti obou traktorů měl být přibližně 50/50, což u obou modelu vychází. U modelu 8RX podle naměřených hodnot vyšel poměr rozložení hmotnosti 44/56. U traktorů jsou i rozdíly ohledně délky celého stroje, kde difference vychází 130 mm a u délky rozvorů se liší o 185 mm. Důležité je zmínit, že traktor 8R měl při měření palivovou nádrž téměř prázdnou, zatímco pásový model 8RX měl palivovou nádrž plně načerpanou, kde objem palivové nádrže činí 890 litrů, což tvoří poměrně znatelný hmotnostní rozdíl. Dále měl model 8R v zadních kolech přídatné závaží o celkové hmotnosti 1 250 kg. U pásové verze traktoru nebylo použito žádné přídatné závaží. V případě hmotností

je model 8RX ve všech případech těžší. Na přední nápravě tvoří vyšší hmotnost o 20 % a na zadní nápravě má vyšší hmotnost o 33 %.

Graf č. 3: Zjištěné hmotnosti traktorů 8R 410 a 8RX 410 od výrobce John Deere



Vzhledem k styčným plochám je na tom model 8RX díky čtyřem pásovým jednotkám znatelně lépe. Při součtu styčných ploch přední a zadní nápravy obou traktorů má pásový traktor větší o 56 %. Styčná plocha přední nápravy tvoří u modelu 8RX větší o 52 % a styčná plocha zadní nápravy je o 27 % větší. Rozdíl styčných ploch snižují široké pneumatiky modelu 8R, jejichž šířka je 900 mm. Při tlaku 1,1 baru v pneumatikách byla změřena délka styčné plochy 81 cm. Dle výrobce Trelleborg, lze jejich pneumatiku o rozměrech IF 900/60R42 používat při nejnižším tlaku 0,8 baru při velikosti hmotnosti 5 120 kg na jednu pneumatiku. To znamená, že při tlaku 0,8 baru by délka styčné plochy byla ještě delší.

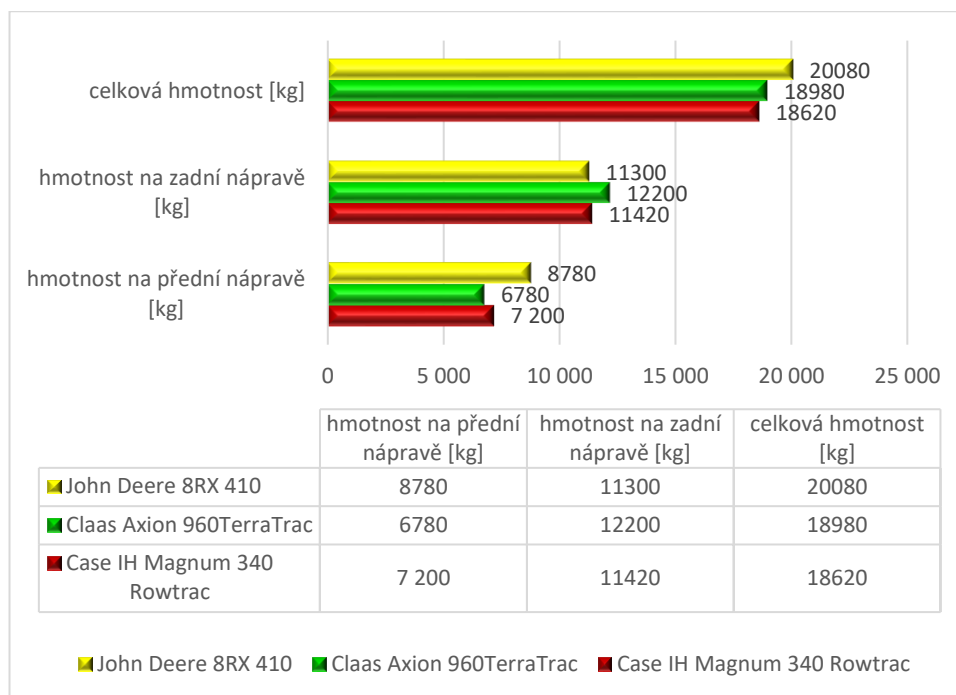
Co se týče zatížení má model 8RX o 40 % nižší zatížení na přední nápravě a na zadní nápravě je rozdíl 5 %, což ve srovnání zadní kolové a pásové nápravy není mnoho. Ovšem u pásového modelu lze na zadní nápravě zvolit širší pásy o rozměru 760 mm. Při této volbě šířce pásu a stejné délky styčné plochy by se celková styčná plocha zadní nápravy zvýšila o 20 % a zatížení na půdu by se snížilo až o 20 % ve srovnání s pásy o šířce 610 mm.

13.10 Porovnání hodnot traktorů s polopásovým a pásovým podvozkem

Na základě zjištěných dat se provedlo porovnání pouze traktorů s pásovými nebo polopásovými podvozky (viz graf č. 4). Za všech traktorů měl nejvyšší celkovou hmotnost John Deere 8RX. Je to dáno větší robustností celého podvozku uzpů-

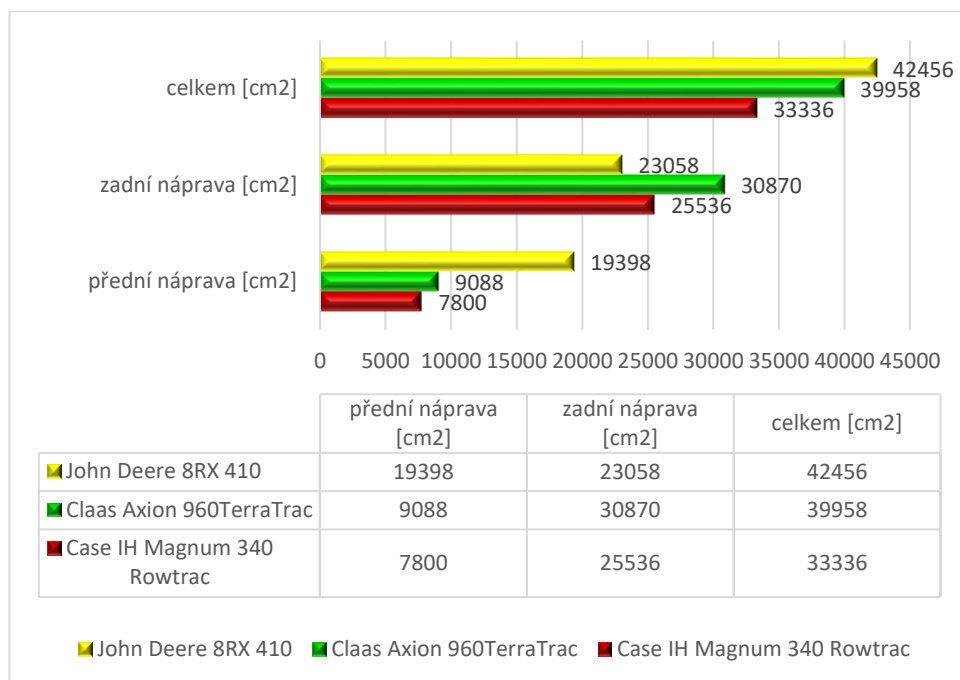
sobené vzhledem k pásovým jednotkám. Samotné pásové jednotky tvoří znatelnou část hmotnosti traktoru. Dalším aspektem je plná palivová nádrž při měření. Mezi celkovými hmotnostmi traktorů Claas Axion TerraTrac a Case IH Magnum Rowtrac je rozdíl 360 kg. Oba traktory měli i přibližně stejné množství paliva. Case IH Magnum Rowtrac měl akorát o 490 kg těžší přední závaží.

Graf č. 4: Porovnání hodnot hmotností pouze traktorů s pásovými či polopásovými podvozky



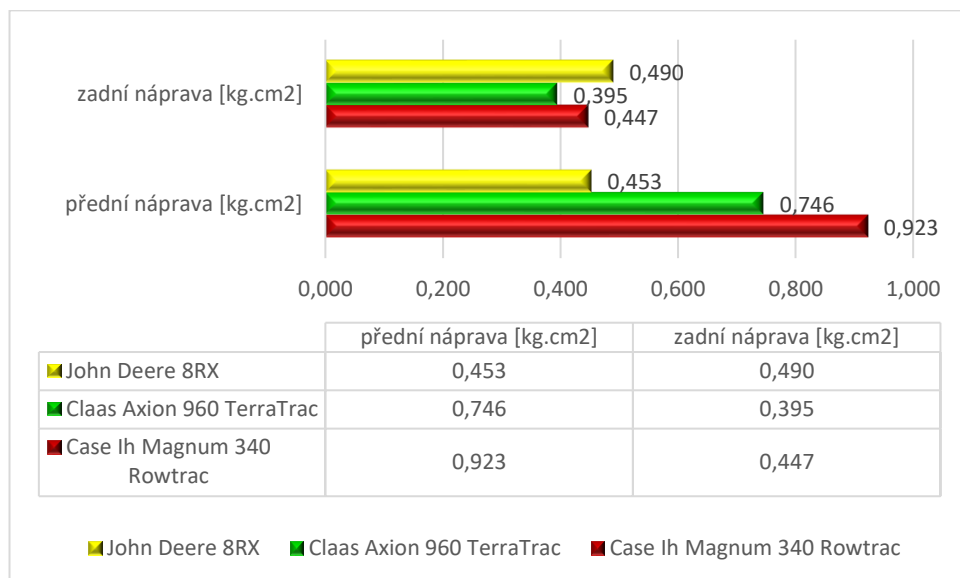
Dalším porovnáním pásových či polopásových podvozků traktorů bylo mezi styčnými plochami (viz graf č. 5). Díky čtyřem pásovým jednotkám má největší styčnou plochu traktor John Deere 8RX, následně je traktor Claas Axion TerraTrac a poté se řadí Case IH Magnum Rowtrac. Co se týče styčné plochy zadní pásové nápravy má největší styčnou plochu Claas Axion TerraTrac, vlivem délky styčné plochy, která činí až 210 cm a šířkou pásu 735 mm. Poté je v pořadí Case IH Magnum Rowtrac, jehož délka styčné plochy pásové jednotky 168 cm a šířka 760 mm. Následně se řadí John Deere 8RX s délkou styčné plochy 189 cm, ale nejmenší šířkou pásu 610 mm. Velkou styčnou plochou přední nápravy disponuje s velkým rozdílem John Deere 8RX díky pásovým jednotkám. Následně s řadí Claas Axion TerraTrac a Case IH Magnum Rowtrac, které mají přední kolovou nápravu s tím rozdílem, že traktor od výrobce Claas má přední pneumatiky o šířce 710 mm. Zatímco model Magnum Rowtrac má šířku předních pneumatik 650 mm.

Graf č. 5: Porovnání hodnot styčných ploch pouze traktorů s pásovými či polopásovými podvozky



Posledním srovnáním je zatížení náprav jednotlivých traktorů opět s pásovým nebo polopásovým podvozkem (viz graf č. 6). Nejnižší zatížení na zadní nápravě má Claas Axion TerraTrac, jehož důvodem je styčná plocha delší víc jak 2 metry. Dále v pořadí je Case IH Rowtrac a za ním následuje traktor John Deere 8RX. Zatímco zatížení na přední nápravě má nejvyšší právě John Deere 8RX, opět díky pásovým jednotkám na přední nápravě. Za zmíněným modelem následuje Claas Axion TerraTrac a Case IH Magnum Rowtrac vlivem kolových podvozků.

Graf č. 6: Porovnání zatížení pásových podvozků



13.11 Optimalizace přenesení výkonu traktoru na podložku

Výrobce Case IH v příručce pro obsluhu popisuje, jak dosáhnout maximálního přenesení výkonu traktoru na podložku. Jedním z aspektů je volba správného množství závaží a nastavení tlaku v pneumatikách. Po nastavení optimalizace traktoru se docílí maximální produktivity traktoru. Každý prodejce značky Case IH má CD pro výpočet zátěže při jakémkoliv zvoleném vybavení a různé velikosti pneumatik.

Pro správnou volbu zátěže je zapotřebí znát model traktoru, typ převodovky, typ přední nápravy, průměr zadní nápravy, šířku zadní nápravy, rozměry pneumatik na přední a zadní nápravě, počet pneumatik vzadu a vpředu, zadli jsou použity distanční vložky. Pro model Rowtrac je potřeba znát šířku pásu a jejich rozchod, typ pracovního nářadí a pracovní rychlost na poli.

Při výpočtu zátěže se nejprve uvede model traktoru, pro který se bude výpočet aplikovat. Dále se uvede rychlost při polní práci a druh pracovního nářadí. Vyplní se hmotnost traktoru bez závaží, výkon na vývodovém hřídeli. Následně se vyplní poměr hmotnosti a koňské síly a cílový poměr rozdělení hmotnosti traktoru pro daný druh pracovního nářadí z tabulky. Poté následuje vzorec pro výpočet celkové cílové hmotnosti traktoru:

$$m_{ccm} = k_1 \cdot P_{vh} \quad [\text{kg}] \quad (6)$$

$$k_1 = \frac{m_t}{P_{jvh}} \quad [\text{kg} \cdot \text{HP}^{-1}] \quad (7)$$

m_{ccm} – celková cílová hmotnost traktoru [kg]

k_1 – poměr jmenovitého výkonu vývodové hřídele s celkovou hmotností traktoru

P_{vh} – výkon vývodové hřídele [HP]

P_{jvh} – jmenovitý výkon vývodové hřídele [HP]

m_t – hmotnost traktoru bez zátěže [kg]

Posléze se vypočte cílová hmotnost na přední nápravě:

$$m_{cpn} = m_{ccm} \cdot m_{pn} \quad [\text{kg}] \quad (8)$$

m_{cpn} – cílová hmotnost na přední nápravě [kg]

m_{ccm} – celková cílová hmotnost traktoru [kg]

m_{pn} – hmotnost na přední nápravě [%] (dle tabulky)

Následuje výpočet cílové hmotnosti na zadní nápravě:

$$m_{czn} = m_{ccm} \cdot m_{zn} \quad [\text{kg}] \quad (9)$$

m_{czn} – cílová hmotnost na zadní nápravě [kg]

m_{ccm} – celková cílová hmotnost traktoru [kg]

m_{pn} – hmotnost na zadní nápravě [%] (dle tabulky)

Po vypočtených hodnotách cílových hmotností na přední a zadní nápravě se zapíšou hmotnosti součástí zátěže, které se následně přičte k hmotnosti traktoru.

Dále následuje výpočet poměru hmotnosti a výkonu dle následujícího vzorce:

$$k_2 = \frac{m_{cz}}{P_{vh}} \quad [\text{kg}\cdot\text{HP}^{-1}] \quad (10)$$

k_2 – poměr celkové hmotnosti a výkonu se zátěží [kg·HP⁻¹]

m_{cz} – celková hmotnost traktoru se zátěží [kg]

P_{vh} – výkon vývodové hřídele traktoru [HP]

Následně se vypočítají procentuální zatížení na přední nápravě podle hmotností se zátěží, kdy se vydělí hmotnost se zátěží na zadní nápravě celkovou hmotností se zátěží a vynásobí se výsledek číslem 100, čímž se získá procentuální hodnota pro zadní nápravu. To samé se vypočte i pro zadní nápravu. Poté se dle potřeby přidá závaží. Předchozí kroky s výpočtem hodnoty k_2 a procentuální zatížení na přední a zadní nápravě se opakují, dokud hodnota k_2 se nebude blížit k cílovým hodnotám. Pomocí tabulek zatížení a nahuštění pneumatik, který udává každý výrobce svých pneumatik, se určí správný tlak předních a zadních pneumatik. Následně se vyplní hmotnost pracovního nářadí, která se připočte k hmotnosti traktoru se zátěží. V konečném důsledku se pomocí tabulek zatížení a nahuštění pneumatik a tabulek maximální provozní hmotnosti určí maximální hmotnosti břemen a zajistí se, aby provozní hmotnost traktoru byla v rámci limitů.

Závěr

Z výsledků je patrné, že menší vliv na utužení půdy mají traktory s pásovými jednotkami. Ovšem záleží na zvoleném rozměru pneumatik a pásů. Neboť v porovnání mezi traktory John Deere vyšlo menší zatížení na zadní nápravě u traktoru s kolovým podvozkem. Model 8R od výrobce John Deere totiž disponuje šířkou zadních pneumatik až 900 mm. Ovšem tyto pneumatiky nejsou úplně vhodné pro orbu. Dalším aspektem jsou pořizovací náklady a náklady na údržbu. Pneumatiky jsou téměř bezúdržbové, jen je potřeba občas zkontrolovat tlak a případně ho upravit dle potřeb provozu. Pásové jednotky také nevyžadují velkou údržbu. Jen je zapotřebí občas namazat mazací místa. Životnost pásů u modelu 8RX dle prodejce zemědělské techniky značky John Deere pana Volrába je 4 500 až 5 000 motohodin, záleží také však na provozních podmínkách. Hodnota vychází z předběžných testů. Neopomínanou výhodou pásových jednotek je však jejich velmi dobrá trakce díky větší styčné ploše. Aby při jízdě po silnici nedocházelo k přílišnému opotřebení pásů, jsou vodící kladky uloženy o několik centimetrů výše nad rolnami. Tím se docílí menší styčné ploše pásu na silnici a tím dochází k menšímu opotřebení pásu. Ovšem po přejetí na pole se vlivem vmáčknutí pásů do půdy styčná plocha zvětší a dochází tak k lepší zmíněné trakci a zmírnění tlaku na půdu.

To znamená, že vypočtené hodnoty styčné plochy pásů a pneumatik se vztahují na tvrdou podložku. Dále je důležité zmínit, že styčné plochy u měřených kolových podvozků jsou počítány podle vzorce pro obsah čtverce či obdélníka. V reálném prostředí je tvar otisku pneumatiky podobný spíše tvaru obdélníku nebo čtverce se zaoblenými rohy.

Co se týče nákladů ohledně údržby a pořizovacích cen kolových či pásových podvozků je určitý rozdíl. Cena pásu na model Axion TerraTrac je dle společnosti Agrall přibližně 194 000 Kč bez DPH. Ve srovnání s pneumatikou o rozměrech 900/60R42 se cena pohybuje od 73 000 Kč do 195 000 Kč bez DPH. Cena se odlišuje dle druhu konstrukce a výrobce pneumatiky. U pásových podvozků to však výměnou pásu nekončí. Dochází k výměně i pogumovaných vodících kol a výměna se týká i pogumovaných rolen, které tvoří další náklady.

Seznam použité literatury

Agrics.cz, (2021). *Výhody pásových podvozků*, [online] [cit. 19. 11. 2020]. Dostupné z: <https://www.agrics.cz/getattachment/34a0a560-b7f8-4b05-ad59-c8b6ba9ab8d1/Vyhody-pasovych-podvozku.aspx>

Agrics.cz (2021). *Magnum AFS Connect*. [online] [cit. 5. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.agrics.cz/produkty/traktory-case-ih/magnum-afs-connect>

BAUER, F. et al. (2013). *Traktory a jejich využití*. 2. vyd. Praha: Profi Press, ISBN 978-80-86726-52-6

Beneš, P. (2018). *Jak funguje regulace tlaku vzduchu v pneumatikách*. [online] mechanizaceweb.cz [cit. 22. 02. 2021]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/jak-funguje-regulace-tlaku-vzduchu-v-pneumatikach/>

Beneš, P. (2015). *Unikátní konstrukce podvozku výkonného traktoru*. [online] mechanizaceweb.cz [cit. 7. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/unikatni-konstrukce-podvozku-vykonneho-traktoru/>

Camso.co, (2021). *Conversion track systems*. [online] [cit. 17. 11. 2020]. Dostupné z: <https://camso.co/en/agriculture/conversion-tracks-systems?productType=12371>

Camso.co, (2021). *Trailed track systems*. [online] [cit. 17. 11. 2020]. Dostupné z: <https://camso.co/en/agriculture/trailed-tracks-systems?productType=992>

Claas.cz (2020). *Axion 960-920*. [online] [cit. 15. 11. 2020]. Dostupné z: <https://www.claas.cz/cl-pw-en/products/tractors/axion960-920-2020>

Claas.cz (2020). *Axion 900 Terra Trac available in two models*. [online] [cit. 24. 11. 2020]. Dostupné z: <https://www.claas.cz/cl-pw-en/news-testimonials/current/claas-news/axion-900-terra-trac-available-in-two-models-/2110754>

Hubálek, V. (2020). *Dějiny vzniku gumových pásů pro zemědělské traktory. Po stopách Fortschrittu ZT-300 GB/320 GB*. [online] Agroportal24h.cz [cit. 12. 11. 2020].

Dostupné z: <https://agroportal24h.cz/clanky/dejiny-vzniku-gumovych-pasu-pro-zemedelske-traktory-po-stopach-fortschrittu-zt-300-gb-320-gb>

Jedlička, M. (2018). *Uctíváná legenda s označením DT-54*. [online] Agrojournal.cz [cit. 10. 11. 2020]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/uctivana-legenda-s-oznaceni-dt-54>

Jedlička, M. (2018). *Vredestein představil pneumatiku, která může pracovat při tlaku pouze 0,6 baru*. [online] agroportal24h.cz [cit. 11. 03. 2021]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/vredestein-predstavil-pneumatiku-ktera-muze-pracovat-pri-tlaku-pouze-0-6-baru>

Jedlička, M. (2019). *Šetrnější než kola, pásové jednotky Zuidberg s promyšlenými detaily*. [online] agroportal24h.cz [cit. 13. 03. 2021]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/setrnejsi-nez-kola-pasove-jednotky-zuidberg-s-promyslenymi-detaily>

Jedlička, M. (2021). *Technika překonala člověka, na úroveň systému Claas CEMOS nedosáhli ani ti nejlepší traktoristé z různých států*. [online] agroportal24h.cz [cit. 23. 03. 2021]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/technika-prekonala-cloveka-na-uroven-systemu-claas-cemos-nedosahli-ani-ti-nejlepsi-traktoriste-z-ruznych-statu>

Soucy-track.com, (2021). *S-Tech 600GX*, [online] [cit. 19. 11. 2020]. Dostupné z: <https://www.soucy-track.com/en/agricultural/our-systems/S-TECH-600GX/>

Strompraha.cz, (2021). *Traktory řady 8R, 8RT a 8RX*, [online] [cit. 15. 01. 2021]. Dostupné z: <https://www.strompraha.cz/rada8r-2020>

Zetor75.cz (2021). *Historie*. [online] [cit. 7. 11. 2020]. Dostupné z: <https://zetor75.cz/>

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Zetor 25 A, (JEDLIČKA, 2020).....	8
Obrázek č. 2: Zetor 35 Super P, (album-mmt.it, 2005).....	9
Obrázek č. 3: DT-54, (JEDLIČKA, 2018).....	10
Obrázek č. 4: Pásový traktor Fortschritt ZT-300, (agroportal24h.cz, 2020).....	11
Obrázek č. 5: Caterpillar 65, první sériově vyráběný traktor s gumovými pásy, (agroportal24h.cz, 2020).....	12
Obrázek č. 6: Bezrámová konstrukce podvozku výrobce Zetor, (agroportal24h.cz, 2019).....	13
Obrázek č. 7: Polorámová konstrukce modelové řady Axion 900 od výrobce Claas, (Claas.cz, 2020).....	14
Obrázek č. 8: Rámová konstrukce traktoru JCB Fastrack modelové řady 4000, (agrojournal.cz, 2015).....	15
Obrázek č. 9: Pásový podvozek od výrobce Fendt, (fendt.com, 2021).....	15
Obrázek č. 10: Pásová jednotka od výrobce Camso pro traktory, (camso.co, 2021).	16
Obrázek č. 11: Konstrukce pásové jednotky pro velkoobjemové vozy, (camso.co, 2021).....	17
Obrázek č. 12: Překládací vůz ULW-A 5000 od výrobce HAWE, (hawe-wester.de, 2021).....	17
Obrázek č. 13: Podvozek traktoru 8RT od výrobce John Deere, (strompraha.cz, 2021).....	18
Obrázek č. 14: Rozložení tíhy traktoru u dvoupásového a čtyřpásového podvozku traktoru, (agrics.cz, 2021).....	19
Obrázek č. 15: Pásové jednotky od výrobce Zuidberg, (agroportal24h.cz, 2018).....	20
Obrázek č. 16: Pneumatika IF od výrobce Firestone a znázornění změny kontaktní plochy při různém tlaku vzduchu, (agri.firestone.eu, 2021).....	22
Obrázek č. 17: Systém centrální regulace tlaku v pneumatice použit na traktoru od výrobce zemědělské techniky Claas, (mechanizaceweb.cz, 2018).....	22
Obrázek č. 18: Rozdíl pneumatik s označením IF a VF při zatížení, (Bauer et al., 2013).....	23
Obrázek č. 19: Převodovka CVXDrive od výrobce Case IH, (agrics.cz, 2021).....	26
Obrázek č. 20: Case IH Magnum AFS Connect Rowtrac, (agrics.cz, 2021).....	28
Obrázek č. 21: Okénka olejoměrek v nábojích kol, (agrics.cz, 2020).....	29

Obrázek č. 22: Kolový traktor Claas Axion řada 900, (claas.cz, 2021).....	30
Obrázek č. 23: Plynulá převodovka CMatic, (claas-group.com, 2021).....	32
Obrázek č. 24: Polopásvý traktor Claas Axion TerraTrac, (agroportal24h.cz, 2019)	33
Obrázek č. 25: Styčná plocha traktoru Axion TerraTrac, (umtrebon.cz, 2021).....	34
Obrázek č. 26: Kolový traktor John Deere 8R, (strompraha.cz, 2021).....	35
Obrázek č. 27: Pásový traktor John Deere 8RX, (strompraha.cz, 2021)	36
Obrázek č. 28: Měření délky otisku pneumatiky	41
Obrázek č. 29: Měření traktoru Case IH Magnum 340.....	43
Obrázek č. 30: Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru Case IH Magnum 340 AFS Connect.....	44
Obrázek č. 31: Měřený traktor Case IH Magnum 340 Rowtrac	45
Obrázek č. 32:Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru Case IH Magnum 340 Rowtrac	46
Obrázek č. 33: Traktor od německého výrobce Claas modelové řady Axion 930	47
Obrázek č. 34: Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru Claas Axion 930	48
Obrázek č. 35: Sada Airbooster PLUS pro snadnou změnu tlaku v pneumatice.....	49
Obrázek č. 36: Změna tvaru bočnice přední pneumatiky při různém tlaku	49
Obrázek č. 37: Změna tvaru bočnice zadní pneumatiky při různém tlaku.....	49
Obrázek č. 38: Měření traktoru Claas Axion 960 TerraTrac	51
Obrázek č. 39: Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru Claas Axion 960 TerraTrac	52
Obrázek č. 40: Měření traktoru John Deere 8R 410	53
Obrázek č. 41: Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru John Deere 8R 410	54
Obrázek č. 42: Měření traktoru John Deere 8RX 410	55
Obrázek č. 43: Vyobrazeny styčné plochy dle zjištěných naměřených hodnot u traktoru John Deere 8RX 410	56

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Srovnání pásů a kol traktorů, (soucy-track.com, 2021)	24
Tabulka č. 2: Naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru Case IH Magnum 340 AFS Connect	44
Tabulka č. 3: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru Case IH Magnum 340 AFS Connect	44
Tabulka č. 4: Naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru Case IH Magnum 340 Rowtrac	46
Tabulka č. 5: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru Case IH Magnum 340 Rowtrac	46
Tabulka č. 6: Naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru Claas Axion 930	48
Tabulka č. 7: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru Claas Axion 930	50
Tabulka č. 8: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru Claas Axion 930 při změně tlaku v pneumatikách.....	50
Tabulka č. 9: Naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru Claas Axion 960 TerraTrac	51
Tabulka č. 10: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru Claas Axion 960 TerraTrac	51
Tabulka č. 11: Naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru John Deere 8R 410	53
Tabulka č. 12: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru John Deere 8R	53
Tabulka č. 13: Naměřené hodnoty hmotnosti a vypočtená hodnota rozložení hmotnosti traktoru John Deere 8RX 410	55
Tabulka č. 14: Rozměry otisků a vypočtené hodnoty styčné plochy a zatížení u traktoru John Deere 8RX	55

Seznam grafů

Graf č. 1: Zjištěné hmotnosti traktorů Magnum 340 Rowtrac a Magnum 340 AFS Connect od výrobce Case IH.....	57
Graf č. 2: Zjištěné hmotnosti traktorů Axion 960 TerraTrac a Axion 930 od výrobce Claas.....	58
Graf č. 3: Zjištěné hmotnosti traktorů 8R 410 a 8RX 410 od výrobce John Deere ...	59
Graf č. 4: Porovnání hodnot hmotností pouze traktorů s pásovými či polopásovými podvozky.....	60
Graf č. 5: Porovnání hodnot styčných ploch pouze traktorů s pásovými či polopásovými podvozky	61
Graf č. 6: Porovnání zatížení pásových podvozků.....	61

Přílohy

Vzorový příklad

Zadání:

Traktor: Magnum	340 AFS Connect
Převodovka:	PowerDrive
Zavěšená zadní náprava kat. 5.0	
Hmotnosti:	
Na přední nápravě m_{pn} :	4 489 kg
Na zadní nápravě m_{zn} :	5 390 kg
Celková:	8 878 kg
Jmenovitý výkon vývodové hřídele P_{jvh} :	290 HP
Pracovní nářadí:	tažené
Cílové rozložení hmotnosti:	35/65
Pracovní rychlost:	10 km·h ⁻¹
Požadovaný poměr výkonu a hmotnosti k_1 :	45 kg·HP ⁻¹

Cílová celková hmotnost traktoru:

$$m_{ccm} = k_1 \cdot P_{jvh} = 290 \cdot 45 = 13\,050 \text{ [kg]}$$

k_1 – hodnota uvedená dle výrobce

P_{jvh} – jmenovitý výkon vývodové hřídele

Cílová hmotnost na přední nápravě:

$$m_{cpn} = m_{ccm} \cdot m_{pn} = 13\,050 \cdot 0,35 = 4\,568 \text{ [kg]}$$

m_{pn} – hmotnost na přední nápravě [%] (dle tabulky)

Cílová hmotnost na zadní nápravě:

$$m_{czn} = m_{ccm} \cdot m_{zn} = 13\,050 \cdot 0,65 = 8\,483 \text{ [kg]}$$

m_{zn} – hmotnost na zadní nápravě [%] (dle tabulky)

Tabulka č. 15: Hmotnosti zátěže dle tabulky od výrobce Case IH

	vpředu	vzadu	celkem
Přední náprava: kat. 5.0, přední blatník	88 kg	-	88 kg
Zadní náprava: 127 mm x 2 489 mm	88 kg	846 kg	932 kg
Přední pneu: 710/55 R34	755 kg	0	755 kg
Zadní pneu: 900/60 R42	0	1 280 kg	1 280 kg
Přední rám: tříbodový závěs	808 kg	-215 kg	593 kg
Zadní závaží: 2x 796 kg 2x 454 kg	-	1 590 kg 908 kg	1 590 kg 908 kg
Součet zátěže	1 737 kg	4 409 kg	6 946 kg
Základní hmotnosti traktoru	4 489 kg	5 390 kg	8 878 kg
Součet zátěže a základní hmotnosti traktoru	6 226 kg	9 799 kg	15 824 kg

Poměr výkonu a hmotnosti se zátěží:

$$k_2 = \frac{m_{cz}}{P_{vh}} = \frac{15\,824}{290} = 55 \text{ [kg} \cdot \text{HP}^{-1}]$$

P_{jvh} – jmenovitý výkon vývodové hřídele

m_{cz} – celková hmotnost traktoru se zátěží

Hmotnost na přední nápravě v procentech:

$$m_{pn} = \frac{m_{spn}}{m_{cz}} = \frac{6\,226}{15\,824} \cdot 100 = 39 \text{ [%]}$$

m_{spn} – hmotnost na přední nápravě se zátěží

m_{cz} – celková hmotnost traktoru se zátěží

Hmotnost na zadní nápravě v procentech:

$$m_{zn} = \frac{m_{szn}}{m_{cz}} = \frac{9\,799}{15\,824} \cdot 100 = 61 \text{ [%]}$$

m_{szn} – hmotnost na zadní nápravě se zátěží

m_{cz} – celková hmotnost traktoru se zátěží

Závěr příkladu:

Výsledný poměr rozložení 39/61 se blíží k požadovanému rozložení 35/65. V případě, že by došlo k velkému rozdílu, muselo by se následně ubrat či přidat závaží dle potřeby. Výsledný poměr výkonu a hmotnosti vyšel $55 \text{ kg} \cdot \text{HP}^{-1}$, zatímco požadovaný poměr výkonu a hmotnosti je $45 \text{ kg} \cdot \text{HP}^{-1}$. V tomto případě by se ubralo závaží v zadních kolech na úkor změny poměru rozložení přední a zadní nápravy. To znamená, že vlivem demontáže závaží o celkové hmotnosti 908 kg, by se docílilo poměru rozložení hmotnosti 41/59 a poměr rozložení výkonu a hmotnosti $51 \text{ kg} \cdot \text{HP}^{-1}$. Podle zjištěných hmotností se následně upraví tlak v pneumatice dle tabulky uváděnou výrobcem pneumatiky.

Tabulka č. 16: Databáze naměřených hodnot vybraných traktorů

	Přední náprava					Zadní náprava					Celková hmotnost [kg]	Množství nafty [l]
	Hmotnost [kg]	Otisk pneumatiky/pásu		Tlak v pneumatice [bar]	Přídavné závaží [kg]	Hmotnost [kg]	Otisk pneumatiky/pásu		Tlak v pneumatice [bar]	Přídavné závaží [kg]		
		Šířka [cm]	Délka [cm]				Šířka [cm]	Délka [cm]				
Case IH Magnum AFS Connect	5 765	65	58	1,5	-	8 415	71	68	1,8	2 498 kg	14 180	rezerva
Case IH Magnum Rowtrac	7 200	65	60	1,8	990	11 420	76	168	-	-	18 620	366
Claas Axion 930	7 400	65	61	2	750	6 720	71	64	1,8	-	14 120	640
		65	73	1,1			71	86	0,6			
Claas Axion 960 TerraTrac	6 780	71	64	1,4	500	12 200	73,5	210	-	-	18 980	430
John Deere 8R 410	7 030	65	72	1,1	-	7 550	90	81	1,1	1 250	14 580	rezerva
John Deere 8RX 410	8 780	61	159	-	-	11 300	61	189	-	-	20 080	890