

CAD model modulárneho poľnohospodárskeho systému



Autor: Adam Süttő IV.S, SPŠ Technická Trnava

Úvod:

Cieľom tohto projektu bolo vymyslieť modulárny poľnohospodársky systém a zhotoviť 3D model jeho teoretickej podoby. Model a jednotlivé parametre sú založené na matematických porovnaníach s konkurenčnými strojmi v podobnej výkonnej kategórii. Na základe zamerania na menšie farmy a faktu, že dnešná poľnohospodárska technika je najdrahšia v histórii, sú v mojom návrhu uprednostňované tzv. „Off-the-Shelf“ komponenty, t.j. komponenty ktoré sú sériovo vyrábané a široko dostupné. Kvôli redukcii prevádzkovej a obstarávacej ceny bol použitý koncept nosiča nadstavieb, ktorý eliminuje potrebu zdvojených komponentov ako sú motory, prevodovky či samotné podvozky.

Vznik projektu:

Projekt, respektíve myšlienka na podobný systém vznikla približne pred rokom spoznaním konceptu NEXAT ale aj reálnych cien poľnohospodárskej techniky. O túto oblasť sa zaujíam dlhšie, nakoľko som fanúšik hernej série Farming Simulator. Práve cez túto videohru som sa dozvedel o netradičnom, no veľmi zaujímavom koncepte NEXAT. Jedná sa stroj slúžiaci ako nosič náradia/modulov, schopný kompletne obrobiť pole od kultivácie, respektíve orby až po žatvu úrody.



Systém NEXAT

Tento systém ma zaujal a povedal som si či by nebolo možné spraviť podobný systém, no podstatne kompaktnejší ako tento NEXAT, keďže nosič má na dĺžku 20m v prepravnom móde a nekĺbové telo. Výsledok je že celý stroj má problémy na menších a kľukatejších cestách aj napriek riadeniu všetkých kolies/pásov. Nehovoriac o cene tohto systému-niekoľko miliónov kvôli vysokému počtu riešení na zakázku a atypickosti. Existuje však niekoľko alternatív ako napríklad Lindner Unitrac alebo Holmer Terra Variant, ktoré sú podstatne lacnejšie ale aj obmedzenejšie v ich použití.

Preto som sa rozhodol že si vytvorím 3D model vlastného systému, ktorý hneď od začiatku bude optimalizovaný na celoročné a ekonomické používanie. Ako základnú predlohu pre celý koncept som vybral práve Holmer Terra Variant vďaka jeho rozumným rozmerom a jednoduchšej výmene nadstavieb. To však znamená nutnosť vymyslenia kombajnového a sejačkového modulu, nakoľko neexistujú ich kompaktnejšie verzie NEXAT systému.

Holmer Terra Variant



Realizácia návrhu:

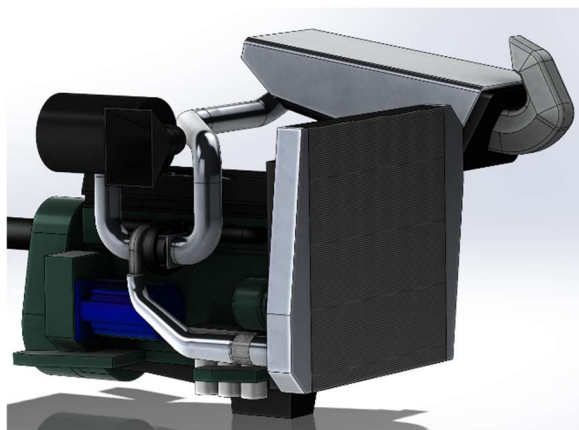
Nosič

Začal som určením maximálnych rozmerov nosiča kvôli požiadavke pohybovať sa po menších miestnych komunikáciach. Tie som odvodil od Terra Variantu 650, nakoľko jeho konštrukcia zabezpečuje vysokú manévrovateľnosť a veľký priestor pre výmenný modul. Výsledný nosič bude mať rozmery v obálke 10m x 3,5m x 4,3m. Ako priestor pre modul som vyhradil 6m x 3,5m x 2,3m, čo poskytuje rozumný kompromis medzi priestorom pre kabínu s pohonným ústrojenstvom a priestorom pre modul.

Po základných rozmeroch som mohol prejsť na rozloženie jednotlivých komponentov nosiča. Motor bude uložený pred prednou nápravou, zatiaľ čo prevodovka bude medzi nápravami, bližšie k zadnej. Toto rozhodnutie bolo založené na fakte, že odvod slamy a odpadu z kombajnového modulu musí byť v strede z predného, resp. zadného pohľadu, zároveň však čo najbližšie k prednej náprave aby nebolo minimalizované miesto pre oddelovanie zrna. Kabína bude sa nachádzať nad rozhraním prednej nápravy a motora, vďaka čomu sa zjednoduší prístup k motoru a zároveň zväčší priestor pre chladenie.

Kedže môj systém má byť čo najlacnejší, bude uprednostňované použitie široko dostupných komponentov. Avšak nie všade sa dá použiť tento prístup a tak som zhodnotil ktoré komponenty bude potrebné vyrobiť ako zakázkový diel. Potom som zvyšné spísal a postupne porovnal kandidátov pre každú položku zoznamu.

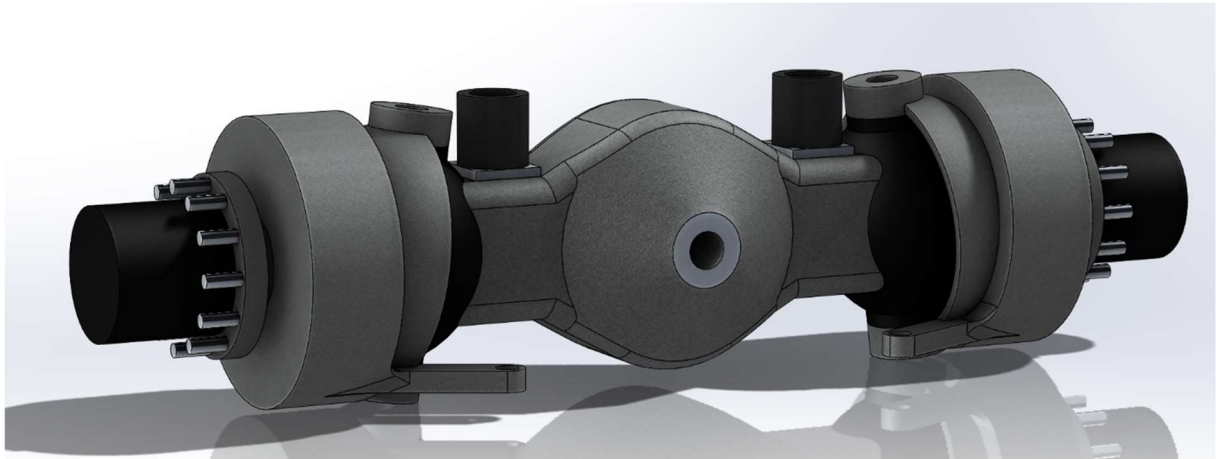
Motor s prevodovkou boli najdrahšie položky a tým pádom logické miesto kde použiť sériovo vyrábanú verziu namiesto verzie na zakázku. Medzi motormi sa do finálneho výberu dostali Tatra T3D-928 V8, Scania DC11 Super a Volvo Penta D13. Na základe parametrov a cien som vybral motor Volvo Penta D13 TAD1383VE s výkonom 345kW a krútiacim momentom 2300Nm. Pri prevodovke bolo menej kandidátov vzhľadom na špecifické použitie. Pôvodne som vybral ZF Traxxon 2 TC, no táto prevodovka nie je úplne vhodná do prostredia s konštantne vysokou záťažou a zároveň potrebou radiť v ťahu. Neskôr som zmenil výber na prevodovku ZF Eccom 5.5, ktorý je priamo navrhnutá pre ťažké traktory.



Model motoru Volvo Penta D13

Kvôli výmennej povahe modulov nebudú môcť byť zariadenia modulov ktoré potrebujú pohon poháňané priamo PTO vývodom, nakoľko pripájanie hriadeľa by bolo takmer nemožné. Preto tieto zariadenia budú poháňané pomocou hydromotorov. Zvolil som rozličné verzie na základe výkonovej požiadavky danej funkcie modulu hydromotory od firmy Bosch Rexroth. Ako hydrogenerátor som zvolil axiálny piestikový hydrogenerátor Bosch Rexroth A15VLO 210 s maximálnym hydraulickým výkonom 288kW.

Ďalšia dôležitá položka zoznamu boli pneumatiky. Tento výber bol najzložitejší a niekoľko krát zmenený na základe novej maximálnej hmotnosti (pôvodný odhad bol približne o 7-9 ton menej s najťažším modulom). Nakoniec boli zvolené pneumatiky BKT Agrimax RT600 o rozmere 800-65 R32. Tieto pneumatiky majú dostatočnú nosnosť pri nízkom tlaku a zároveň dostatočne vysokú minimálnu rýchlosť. Pôvodne nápravy mali byť tiež sériový produkt, no ukázalo sa že žiadna priemyselná náprava nie je tak úzka ako bolo potrebné.



Náprava

Po dokončení výberu komponentov som začal modelovať zjednodušený model nosiča, nakoľko celý tento projekt je iba voľnočasová aktivita. Ale aj napriek tomuto sa podarilo spraviť relatívne detailný model s funkčným riadením všetkých kolies, podrobným motorovým priestorom a detailnou kabínou. Do kabíny sa nastupuje netradične zprava po schodíčkoch vedúcich na prístupovú plošinu. Z nej sa dá dostať aj na niektoré moduly. Kabína má hlavnú vzduchovo odpruženú sedačku, sedačku spolujazdca a chladničku nezávisle od seba. Najvýznamnejší prvok sú však kamerové zrkadlá integrované do strechy kabíny. Kapota motorového priestoru je taktiež otvárateľná.



Skúška riadenia (vývojový náter kapoty a blatníkov)

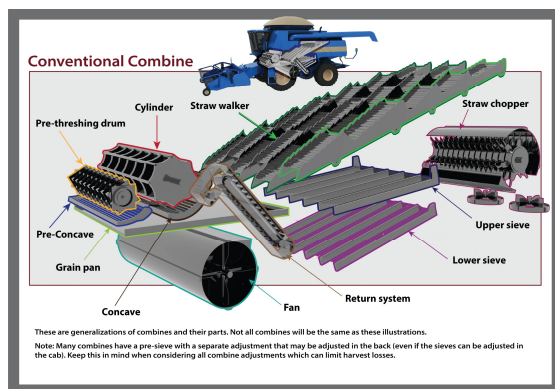


Hotový nosič modulov (vývojový náter)

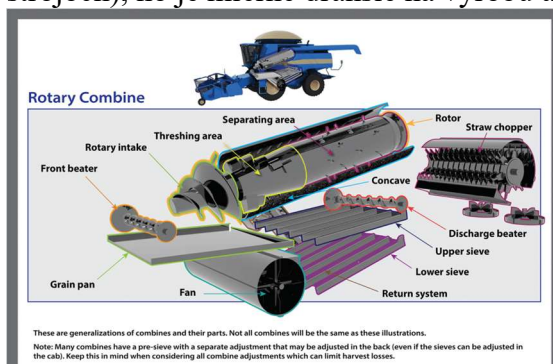
Kombajn

Zaujímavejšia a hlavne náročnejšia časť projektu však ešte len stála predomnou a to kombajnový modul. Najväčší problém bol zvoliť typ mlátiaceho mechanizmu a jeho následné uloženie do modulu. Poznáme dva typy:

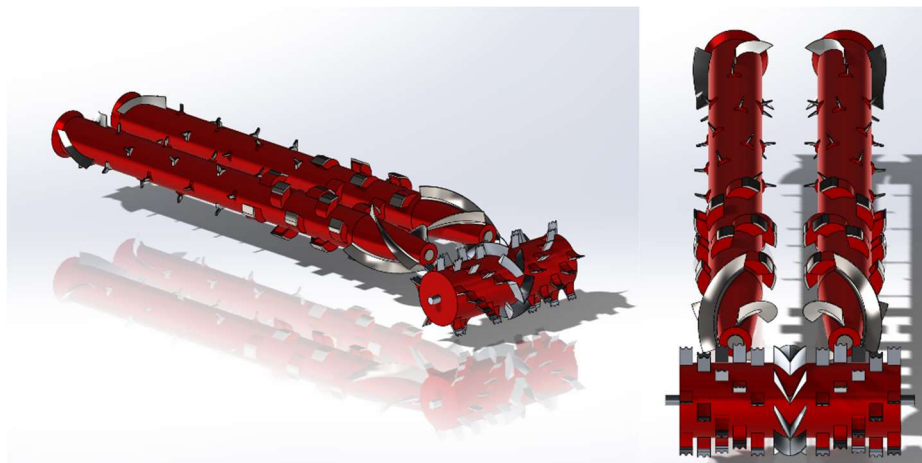
-Walker: mlátenie a hrubé oddelovanie zabezpečujú vytriasdla, ktoré vykonávajú pohyb podobný chôdzi, toto riešenie je jednoduchšie, výkonovo menej náročné no na efektívne oddelovanie treba veľkú dĺžku vytriasadiel-zvyčajne okolo 4,5m až 5m



-Rotorový: mlátenie a hrubé oddelovanie zabezpečuje rotor, respektíve dva proti sebe rotojúce rotory, toto riešenie ponúka vyššiu rýchlosť spracovania, vyššiu kvalitu zrna a na dĺžku zaberá podstatne menej miesta (3,5m až 4m pri najväčších strojoch), no je mierne drahšie na výrobu a údržbu a potrebuje viac príkonu

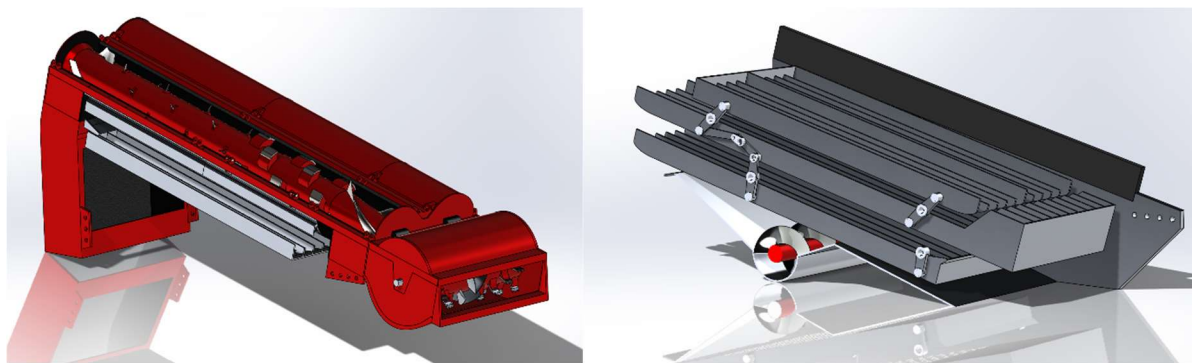


Po dlhšom uvažovaní som zvolil rotorový typ kvôli kompaktnjším rozmerom pri rovnakej priepustnosti systému. Taktiež tento typ má skrytú výhodu-ak je menej vyťažovaný ako na čo je navrhnutý, tak zrno oddeľuje jemnejšie a tým pádom výsledná kvalita je vyššia. Pôvodne som chcel použiť atypické priečne uloženie s jedným rotorom, no ukázalo sa ako príliš komplikované a hlavne nie je otestované. Preto som prešiel na zlatý štandard v podobe dvoch axiálnych rotorov. Každý rotor je 2,8m dlhý a priemer je 525mm. Takýto priemer zvyčajne sa používa na najväčších kombajnoch, no mne poskytol možnosť skrátiť rotor o 0,5m. Mlátiaca plocha má 3m², oddeľovacia plocha 6m², čo efektívne stačí aj na priepustnosť 50t/h. Plocha čistiacich sít je 5m², čo obmedzuje priepustnosť len minimálne.



Model mlátiacich rotorov

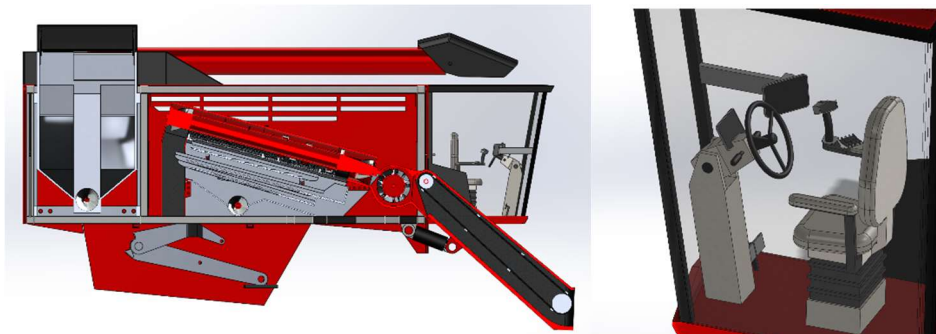
Pôvodne najväčšie obmedzenie priepustnosti vytváral podávač na ktorý sa pripája žacia lišta. Originálne som mal navrhnuť podávač so šírkou 1000mm, ktorý obmedzil priepustnosť na 17t/h. Aj napriek tomu, že tento údaj dosahuje konkurencia v sektore pre malé farmy som rozšíril podávač na 1420mm, pretože žacie lišty pre 1000mm podávače sú robené len pre jediný typ kombajnu a to Sampo Comia, čo značne limituje výber lišt. Rozšírenie podávača rozšírilo kompatibilitu na niekoľko rôznych výrobcov žacích lišt, pričom zvyčajne záber lišt na takto široký podávač sa pohybuje medzi 7 až 9m. Zároveň rozšírením som presunul obmedzenie priepustnosti do inej oblasti kombajnu a to mlátiacich rotorov. Avšak aj napriek tomu že majú najmenšiu priepustnosť v systéme, stále umožňujú v špičke priepustnosť 45 až 50t/h, čím značne prekonáva môj návrh konkurenciu.



Horná a spodná časť spracovacieho ústroja (rotory a sítá)

Zásobník je netradične uložený za spracovacím ústrojom, nie nad ním ako to je bežné u obyčajných kombajnov. Jeho kapacita je približne 6000l, čo je polovica objemu zásobníkov

konkurencie v strednej triede. Kvôli netradičnému umiestneniu zásobníka sa vykladacia rúra vyklápa tiež netradične a to smerom dozadu. Zároveň modul má vlastnú kabínu, ktorá je nutnosť pretože v kombajnovom móde sa mení smer jazdy kvôli usporiadaniu spracovacieho ústrojia. V kabíne sa nachádza vzduchovo odpružená otočná sedačka. Do kabíny sa vstupuje cez kombajnový modul z chodby.



Prierez kombajnovým modulom a detail kabíny

Sejačka

Taktiež sejačka sa stala zaujímavou a problematickou súčasťou projektu, nakoľko predpisy neumožnili niekoľko variantov. Pôvodne na modulovom ráme mal byť zásobník na osivo a secia lišta mala byť pripáateľná cez trojbodový záves a teda meniteľná. Koncept bol podobný sejačkám ktoré nemajú integrovaný zásobník ale na traktor sa pripojí na predný záves špeciálny zásobník a ten sa hadicou prepojí s sejačkou vzadu.



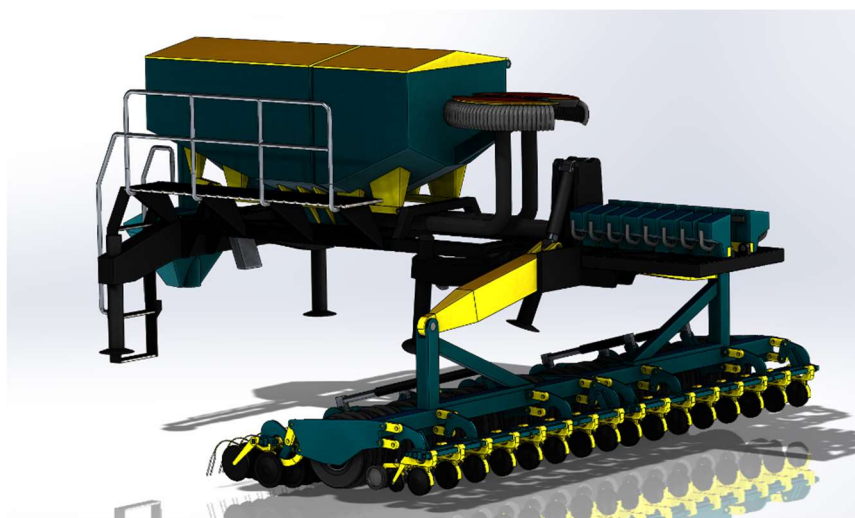
Príklad sejačky s oddeleným zásobníkom, KUHN BTF

Niektorí výrobcovia dokonca ponúkajú pre toto vyhotovenie secie lišty pre klasické obilniny ale aj precízne secie lišty. Očividný rozdiel medzi klasickými a precíznymi sejačkami/seciami lištami je rozstup riadkov, kde precízne sa pohybujú okolo dvoj až trojnásobku klasických, teda 440-560mm. Ďalší rozdiel je aj v technike - zatiaľ čo klasická sejačka má jeden vymeriavač semien, tak precízna má pre každú seciu jednotku vymeriavač nezávislý. Takto dosahujú vyššiu presnosť, na ktorú sú plodiny ako kukurica a slnečnica odkázané.

Avšak zdvíhanie lišty ukázalo niekoľko problémov. Ten väčší bol poloha otočného bodu okolo ktorého by sa preklápala lišta dopredu k zásobníku. Ukázalo sa, že tento bod leží presne v zadnej náprave. Riešenie by bolo použiť zložitý pákový mechanizmus, no chcel som za vyhnúť

komplikovaniu sejačky. A aj keby sa tento problém podarilo vyriešiť, tak stále je tu problém s predpismi-a to maximálna výška. Výška s preklopenou lištou by bola okolo 4,6m, čo je o 0,3m viac ako predpisy povoľujú. Tento predpis sa mení štát od štátu, no v EÚ je 4,3m kvôli výške trolejového vedenia nad traťami v prípade železničných priecestí.

Preto bol koncept sejačkového modulu pozmenený a lišta bola umiestnená medzi nápravy nosiča. Zároveň lištu nie je potreba meniť pre rôzne plodiny, pretože je vybavená ako secími jednotkami pre klasické siatie, tak aj precíznymi. Záber je 6m, kapacita zásobníku pre klasické siatie je 4000l, pre precízne siatie 2000l, ale je možnosť prepojiť zásobník na zvýšenie kapacity.



Hotový modul sejačky

Môj návrh systému nie je limitovaný iba na tieto dva moduly, no vzhľadom na ich unikátnosť som ich namodeloval, pretože veľká väčšina ostatných modulov má svoje rozšírenejšie ekvivalenty. Medzi tieto moduly patria sklápače, prepravné cisterny, rozhadzovadlá hnoju, cisterny na močovinu, dokonca aj zberače sena. Cena nosiča odhadovaná na základe ceny jednotlivých komponentov a porovnateľných strojov je okolo 320 tisíc EUR, cena kombajnového modulu odhadovaná na podobnom princípe je 150 tisíc EUR a cena sejačkového modulu je 190 tisíc EUR. Pre porovnanie traktory s podobným výkonom začínajú na cene 300 tisíc EUR, kombajny s podobnou priepustnosťou okolo 350 až 400 tisíc EUR. V prípade traktor+kombajn proti môjmu riešeniu je rozdiel okolo 200 tisíc a viac EUR. Sejačky podobných parametrov sa vyrovnávajú cene môjho modulu.

Výsledok projektu:

Výsledkom projektu je 3D model modulárneho systému, ktorý dokáže kompletne obrobiť pole od úpravy pred siatím až po žatvu. Zároveň výsledný návrh je porovnávaný na základe navrhnutých parametrov s reálnou konkurenciou ako parametrami tak cenami.

Zároveň týmto projektom som si zlepšil schopnosti v programe Solidworks, pretože niektoré komponenty požadovali na zhotovenie netradičné postupy.



Zdroje:

<https://www.kuhn.com/en/crop/seed-drills/integrated-seed-drills/integrated-air-seed-drills/btf-btfr>

<https://www.volvopenta.com/industrial/industrial-engines/off-road-engine-range/d13-eu-stage-v/>

<https://www.nexat.de/en/>

<https://www.holmer-maschinenbau.com/>