

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Kovács Ádám**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Műszaki Intézet**

**Gépészmérnök mesterképzési szak**

**TÖBBCÉLÚ SIMÍTÓ ÉS TÖMÖRÍTŐ TALAJMŰVELŐ ESZKÖZ  
FEJLESZTÉSE**

**Belső konzulens:** Dr. Gárdonyi Péter  
egyetemi adjunktus

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** Műszaki Intézet  
Gépszerkezettani Tanszék

**Készítette:** **Kovács Ádám**  
U43TTO

**Gödöllő**

**2025**

# Tartalomjegyzék

1. Bevezetés, célkitűzés .....	5
2. Tömörítő hengerek talajra gyakorolt hatásával, történelmével, a gyűrűs hengerek általános felépítésével kapcsolatos irodalmi források feldolgozása .....	6
2.1. Talajtömörítő hengerek szükségessége .....	6
2.2. A gyűrűs hengerek történelmi áttekintője .....	6
2.3. A tömörítés helye a művelési rendszerekben .....	7
2.4. Hengertípusok csoportosítása .....	8
2.4.1. Tömegük alapján .....	8
2.4.2. Feladatok és felhasználási területek .....	8
2.4.3. Függesztési mód szerint.....	11
2.5. Hengerek felépítése.....	12
2.6. Hengerek munkája .....	14
2.7. A felszínalakítás a művelési rendszerekben.....	15
2.8. CrossBoard simítók .....	16
2.8.1. CrossBoard Heavy.....	16
2.8.2. Törökés.....	17
2.8.3. Aprómagvető.....	17
2.9. Konkurencia analízis.....	17
2.9.1. Väderstad .....	18
2.9.2. Quivogne .....	19
2.9.3. HE-VA.....	20
2.9.4. NorAn .....	21
2.9.5. Konkurencia analízis konklúziók .....	22
3. Többcélú simító és tömörítő talajművelő eszköz fejlesztése .....	23
3.1. Tervezési paraméterek és a meghatározott célok.....	23
3.2. Konceptiók keresése.....	25
3.2.1. Vázszerkezet .....	25
3.2.2. Vontató szerkezet .....	28
3.2.3. Elmunkáló berendezés.....	30
3.2.4. Simító állíthatósága .....	31
3.3. Megfelelő konstrukció választása .....	32
3.3.1. Váz felépítésének tervei .....	32
3.3.2. Vontatási mód.....	32
3.3.3. Simító berendezés.....	32
4. A Cambridge henger tervezése .....	34

4.1.	A konstrukció vázlata.....	34
4.2.	Simító berendezés tervezése.....	35
4.2.1.	Simító berendezés szerkezeti elemei, terhelései.....	35
4.2.2.	Kereszttartó méretezése.....	37
4.2.3.	Tartó konzolok méretezése.....	37
4.2.4.	Szabványos munkahenger választása.....	38
4.3.	Hengesor tartó méretezése.....	39
4.3.1.	Munkavégzés közben keletkező feszültségek.....	39
4.3.2.	Szállítási helyzetben keletkező feszültségek.....	40
4.4.	Hengesor felzáró méretezése.....	41
4.4.1.	Munkavégzés közben keletkező feszültségek.....	42
4.4.2.	Felemelt (vízszintes) helyzetben keletkező feszültségek:.....	43
4.4.3.	Szabványos munkahenger választása.....	44
4.5.	Emelőszerkezet méretezése.....	44
4.5.1.	Szabványos munkahenger választása.....	46
4.6.	Fő vázszerkezet méretezése.....	46
4.6.1.	Munkavégzés közben.....	47
4.6.2.	Emelési helyzetben.....	48
4.7.	Vonószerkezet méretezése.....	49
4.8.	A henger főbb paraméterei.....	50
4.9.	Hidraulika rendszer tervezése.....	51
5.	Az elméleti koncepció megvalósítása.....	52
5.1.	Anyagbeszerzés.....	52
5.2.	Vázszerkezet gyártása.....	53
6.	Karbantartási utasítás.....	55
7.	Összefoglalás.....	56
8.	Summary.....	57
9.	Irodalomjegyzék.....	58
10.	Ábrajegyzék.....	60
11.	Nyilatkozatok.....	62
12.	Köszönetnyilvánítás.....	65
13.	Melléletek.....	66

## 1. Bevezetés, célkitűzés

A földművelés elmélete egyidős az emberiséggel, az utóbbi 100 évben foglalkoztak vele a mérnökök tudományos szinten és még jelenleg is kutatott terület. A mezőgazdaságban a globális felmelegedés okozta éghajlatváltozás következtében kialakult szárazság miatt kimondottan fontos téma a talajok helyes művelése és a műveletet utáni megfelelő talaj tömörítés a párolgás elkerülése és talajélet fenntartásának érdekében. A technika folyamatos fejlődésével mindig újabb és modernebb eszközök állnak rendelkezésre ezeknek feladatoknak az elvégzésére. Korábbi tanulmányaim és munkám során is konstrukciók tervezésével foglalkoztam, továbbá a saját gazdaságomba is terveztem és gyártottam mezőgazdasági munkaeszközökhöz kiegészítőket modernizálás céljából, hobbi szinten terveztem maketteket egy Rába Steiger 250-et fémből, illetve egy MTZ 550 traktort műanyagból 3D nyomtatással.

**A munkám célja,** hogy kifejlesszek, egy egyedi igényeknek megfelelően kialakított Cambridge-gyűrűshenger vázszerkezetét és adott körülmények között teszteljem. Célom továbbá nemcsak a szükséges mérnöki számítások elvégzése és a szerkezet koncepcionális megtervezése, hanem egy prototípus gyártása is. Munkám során kitérek a mechanikai méretezésre az ANSYS végelem módszerrel, emellett a vontatási ellenállásokat is vizsgálom, hogy megfelelő szilárdságú gépelemeket tervezhessek. Fontos, hogy a munkaeszköznek eleget kell tennie az egyedi igényeknek, amelyeket a dolgozatom során részletezni fogok. Végül pedig a következtetések levonása után javaslatot teszek a gép továbbfejlesztésére. A megtervezett szerkezet gyártását elkezdtem, az egyedi bonyolultabb alkatrészeket lézervágással és hegesztéssel, a tengelyeket és nagy szilárdságú alkatrészeket pedig gépi forgácsolással készítem el. Jelenleg a fejlesztés készültségi foka TRL-4 technológiai érettségi szinten van, tehát a prototípus alkotórészeinek validálása folyamatban van, a prototípus működőképessége igazolható.

## 2. Tömörítő hengerek talajra gyakorolt hatásával, történelmével, a gyűrűs hengerek általános felépítésével kapcsolatos irodalmi források feldolgozása

### 2.1. Talajtömörítő hengerek szükségessége

A talaj tömörítése a lazán összefüggő részecskék egymáshoz való nyomása. Művelési, talajvédelmi és termesztési célból szükséges. A talaj tömörítésekor csökken a hézagterfoglata, ezen belül a levegőfázis és a gravitációs pórustér aránya pedig nő a talaj térfogattömeg-értékkel kifejezhető tömörsége. A művelet során csökken a talaj felülete, tehát ezzel a nedvességforgalom befolyásolható, vagyis a kisebb és kevésbé laza talajfelület kevesebb vizet veszít. Ezzel szemben a talaj túltömörítése kedvezőtlen és kerülendő a víz-, levegő és hőforgalom gátlása miatt.

Fontos, hogy a talaj tömörítése és tömörödése között különbséget szükséges tenni. Ahogyan azt fentebb is említettem a tömörítés tudatosan, talajvédelmi és termesztési cél érdekében történik. Ezzel ellentétben a talaj tömörödés a kedvezőtlen művelési hatások egyike, nemkívánatos változás a talaj fizikai és agronómiai állapotában.

Különböző tényezők befolyásolhatják a tömöríthetőséget, ezek a következők:

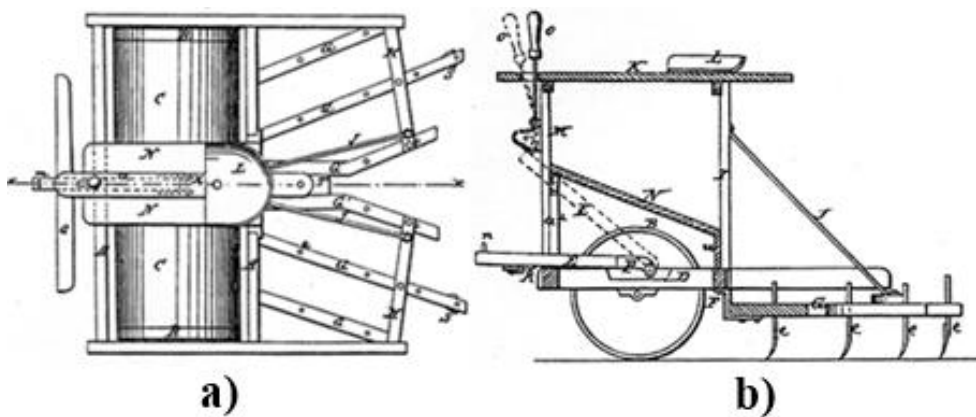
- a talaj állapota, legfőképpen a nedvességtartalma és lazultsága,
- a tömörítőeszköz felépítése/kiképzése és tömege,
- a talaj tulajdonságai (mechanikai összetétel, szervesanyag-tartalom).

A talaj tulajdonságai adott nedvességnél segítik vagy gátolják a tömöríthetőséget. Az adott célnak megfelelő tömörítést csak szűk nedvességtartalomnál lehet a víz hatására elfolyósodó szikes talajoknál, mert ezeknek az ülepedése és tömörödő képessége nagy. Az erősebb szerkezettel rendelkező talajok nyirkos állapotukban, körülbelül a szántóföldi vízkapacitás 50-60%-os telítettségénél jól tömöríthetőek.

### 2.2. A gyűrűs hengerek történelmi áttekintője

A talaj simítására és tömörítésére szolgáló hengerek már évszázadokkal korábban is használatban voltak – kezdetben egyszerű fa rönkök vagy kőhengerek formájában. Ezek az eszközök célja a talajegyengetés és a mag-föld kontaktus elősegítése volt. A gépesítés előtti korszakban lóval vagy ökörrrel húzott hengereket alkalmaztak, amelyek képesek voltak széttörni a földdarabokat és tömöríteni a talajt, különösen szántás után. A Cambridge-henger, ismert más

néven *gyűrűs henger*, vasgyűrűkből álló eszköz, amely apró barázdákat hagy maga után, amikor a finoman előkészített talajon átgördítik. Különösen alkalmas fűmag vetéséhez vagy takarmánynövényekhez, mivel a gyűrűs szerkezet segít a talajfelület egyengetésében és a mag megfelelő beágyazásában. 1866-ban George Woodruff Illinoisból szabadalmaztatott egy kombinált hengergép és boronakonstrukciót (*Combined Roller and Harrow*). Ez jelentős előrelépést jelentett a korabeli mezőgazdasági gépészetben. A 1920-as évektől kezdődően a *cultipacker* (magágyhoz használatos hengerek, köztük Cambridge típusok is) széles körben elterjedt az USA-ban. Ezek a gyűrűs hengerek kíméletes nyomást gyakorolnak a talaj magasabb pontjaira (pl. barázdákra), céljuk a talajlégbuborékok eltávolítása és a megfelelő magágy kialakítása. A modern korszakban – például a Väderstad cég 1980-as évekbeli fejlesztései – a gyűrűs hengerek konstrukciója gazdaságosabbá és hatékonyabbá vált.



2.1. ábra - Kombinált hengergép (a – felülnézet, b – oldalnézet)

### 2.3. A tömörítés helye a művelési rendszerekben

A tömörítés során a talaj porhanyóvá válik, felszíne átalakul, és a felület nagysága csökken. A művelési folyamatban a lazító és porhanyító műveleteket gyakran követi a tömörítés, illetve a felszín formálása. Nyári művelésnél a fellazított talaj felszínének tömörítésével és a rögök aprításával mérsékelhető a párologtató felület kiterjedése, valamint a mélyebb rétegek túlzott felmelegedése. Az alpművelést követően a tömörítés segítségével megszüntethető a talaj üregessége, és helyreállítható az alsóbb és felső rétegek közötti hő- és légáramlás kapcsolata. A magágy előkészítésének záró lépéseként több esetben a már ülepedett talaj enyhe lazítása, majd a vetés mélységének megfelelő tömörítése történik.

Hengerezés a következő esetekben kell alkalmazni:

- vetés után a felület kialakítására,
- porhanyításra, rögök megtörésére,
- talajvédő felszín kialakítására,
- talaj felfagyásának és ürességének megszüntetésére,
- hóforgalom, levegő és nedvesség szabályozására,
- ápolási munkákra és kéregtörésre.

A száraz évjáratokban és a védendő területeken a hengerezés jelentősége a szokásosnál is nagyobb. (Birkás, 2006)

#### 2.4. Hengertípusok csoportosítása

A mezőgazdasági hengerek olyan talajművelő eszközök, amelyek elsődleges feladata a talajfelszín egyengetése, tömörítése, valamint a magágy minőségének javítása. Számos kialakításuk ismert, a megfelelő henger kiválasztása mindig a talajtípus, a művelési cél és a termesztett növény igényeinek figyelembevételével történik. A különböző kialakítások kombinációja gyakran a legjobb munkaminőséget biztosítja.

##### 2.4.1. Tömegük alapján

A talaj tömörítése különféle kialakítású hengerekkel végezhető. A hengereket nehéz, középnehéz és könnyű típusokra osztják az alapján, hogy 1 cm<sup>2</sup> talajfelületre mekkora tömeg jut. A henger tömörítő hatását a talajba történő süllyedés mértéke fejezi ki, amely a henger tömegétől, átmérőjétől, a haladási sebességtől, valamint a talaj nedvességi állapotától és lazultságától függ. A haladási sebesség növelése csökkenti a hengerek munkamélyességét.

##### 2.4.2. Feladatok és felhasználási területek

A hengerek alkalmazása összefügg a tömegükkel és a felületük kiképzésével:

A legkisebb talajfelületet a **sima hengerekkel** lehet kialakítani. Munkavégzés közben a rögök az előtte megművelt talajrétegbe nyomódnak, miközben porhanyító hatása is van a tömörítésnek. Ilyen sima felszínre általában a kertészeti növények vetésekor, betakarításakor és ápolásakor lehet szükség főként. Beállított mélységben való tömörítésre és a felszíni rétegek porhanyítására leginkább a hengerboronák használatosak.

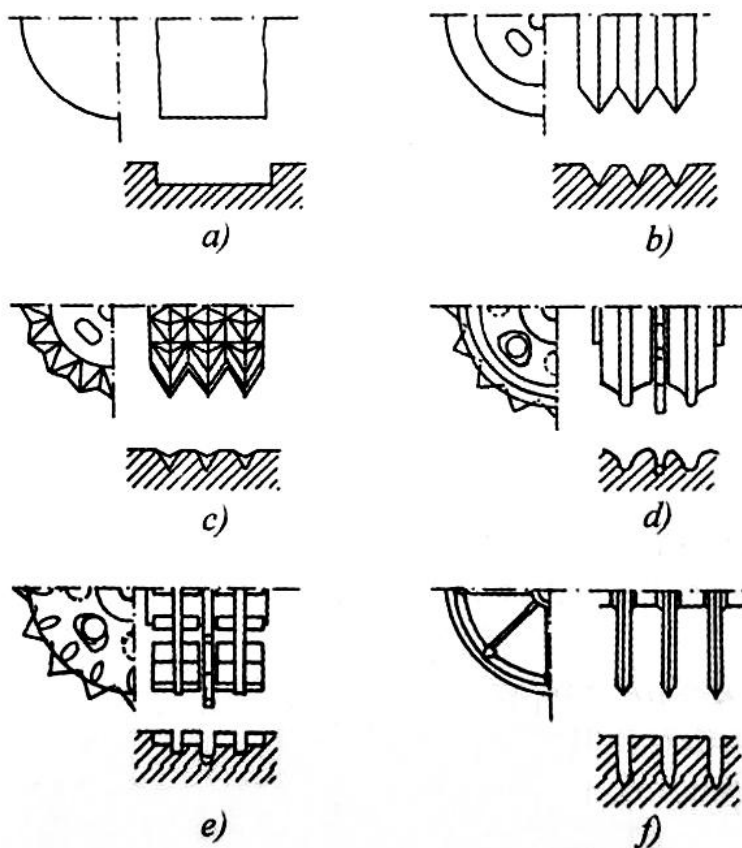
A profilos hengerek kialakítása és felületi nyomásuk révén a tömörítő hatásuk mélyebbre terjed. Ilyen a csillagos és gyűrűs elemekből összeállított **Cambridge henger**, amelynek kiváló a rögtörő és tömörítő hatása, ezért alkalmas a rögös szántások, lazítások, tárcsás művelések elmunkálásához az átlagos csapadékú és száraz idényekben. Ha megítélésünk szerint vetés után a mag fölötti réteg lazább a megkívántnál, akkor ez a hengertípus alkalmas vetés utáni hengerezésre is.

A **Crosskill-henger** rögtörő munkája száraz, illetve öntisztító hatása folytán a nedvesebb talajon is kihasználható alapművelések elmunkálására. Jobban átáznak és a fagyok hatására jobban porhanyulnak azok a rögök, amelyek megvannak repesztve és a művelt rétegbe vannak nyomva. Ezzel a Crosskill gyűrűkből épített hengerrel a felfagyott talajt is vissza lehet tömöríteni.

Mélytömörítő hengernek nevezik a **Campbell-hengert**, mivel keskeny gyűrűsora a művelt rétegbe süllyedve csökkenti a talaj ürességét, miközben a barázdaszeleteket is átporhanyítja. Száraz talajviszonyok között végzett szántások elmunkálásakor használhatóak ki ezek az előnyök.

Homokos, lazább talajokon alkalmaznak **gumiborítású hengereket** is, amelyek kímélik a felszínt és nem tömörítik vissza olyan mértékben, mint az előbb felsorolt változatok. Ezt a henger típust gyepék és sportpályák karbantartására is használják. Emellett egyre elterjedtebben alkalmazzák vetőgépeknél, tárcsáknál szállító kerék és tömörítő kerék funkcióhoz egyaránt.

A hengerkombinációk összetett talajművelési feladatokra alkalmasak, mivel többségük egyetlen menetben képes a mélyebb és a felszíni rétegek porhanyítására. Egyre elterjedtebbek a rugós simítóelemekkel (CrossBoard) vagy törökésszel kombinált rögtörő hengerek, amelyeket a késő ősszel hantosan felszántott talaj tavaszi elmunkálására éppúgy használnak, mint a nyári művelések során a rögösség és a felszín egyenetlenségeinek mérséklésére. (Maknics et al., 2010).



2.2. ábra – Hengertípusok (Birkás, 2006)

(a – sima, b – gyűrűs, c – csillagos, d – Cambridge, e – Crosskill, f – Campbell)

1. táblázat: Hengertípusok csoportosítása

Henger típusa	Fő feladata	Előnyök	Ajánlott felhasználás
<b>Simahenger</b>	Talajfelszín lezárása, egyengetés	Egyszerű felépítés, gyors munkavégzés, nedvességmegőrzés	Vetés előtt és után, könnyű és középkötött talajokon
<b>Cambridge-henger</b>	Tömörítés, porhanyítás, magágy javítása	Jó víz- és levegőbejutás, javítja a mag-talaj kontaktust	Univerzális henger, középkötött és kötött talaj
<b>Crosskill-henger</b>	Rögaprítás, talajmorzsásítás	Hatékony rögzűzás, egyenletes felszín	Kötött talajokon, magágy-előkészítés
<b>Campbell-henger</b>	Mélyebb rétegek tömörítése	Csökkenti a talaj ürességét	Száraz szántások elmunkálására, lazítás után
<b>Gumiborítású henger</b>	Kíméletes tömörítés	Talaj- és növénykímélő, gyepkezekhez ideális	Gyepkezek, sportpályák karbantartása

### 2.4.3. Függesztési mód szerint

A mezőgazdasági hengereket nemcsak szerkezeti kialakításuk és funkciójuk, hanem a vontatógéphez való csatlakoztatási módjuk alapján is csoportosíthatjuk. A függesztési rendszer jelentősen befolyásolja a gép kezelhetőségét, fordulékonyságát és szállíthatóságát. Az alábbi fő kategóriák különíthetők el:

#### Függesztett hengerek

Ezek a hengerek a traktor hárompont-függesztő szerkezetére kapcsolódnak. Előnyük a jó manőverezhetőség és a könnyű szállítás, hátrányuk viszont a munkaszélesség korlátozottsága és a traktorra jutó nagyobb terhelés. Leginkább kisebb munkaszélességű, könnyebb hengereknél alkalmazzák.

#### Félig függesztett hengerek

E típusnál a henger részben a traktor függesztő karjára, részben saját futóművére támaszkodik. Ez lehetővé teszi nagyobb munkaszélesség használatát anélkül, hogy a teljes tömeg a traktorra nehezedne. Előnye a jobb terheléelosztás és a könnyebb közúti szállítás.

#### Vontatott hengerek

Saját vonórúddal és futóművel rendelkeznek, így a teljes tömeg önállóan viselhető. Elsősorban nagy munkaszélességű és nehéz hengerek esetén használatosak. A közúti közlekedés általában egyszerűbb, mivel a henger felcsukható vagy szállítási helyzetbe állítható.

#### Önhordó, önjáró hengerek

Speciális esetekben, például sportpálya-karbantartásnál vagy kisebb területek intenzív művelésénél alkalmaznak olyan hengereket, amelyek saját hajtással rendelkeznek, és nem igényelnek vontatógépet. (Sipos, 1966).



2.3. ábra - Vontatott henger (NorAn)

## 2.5. Hengerek felépítése

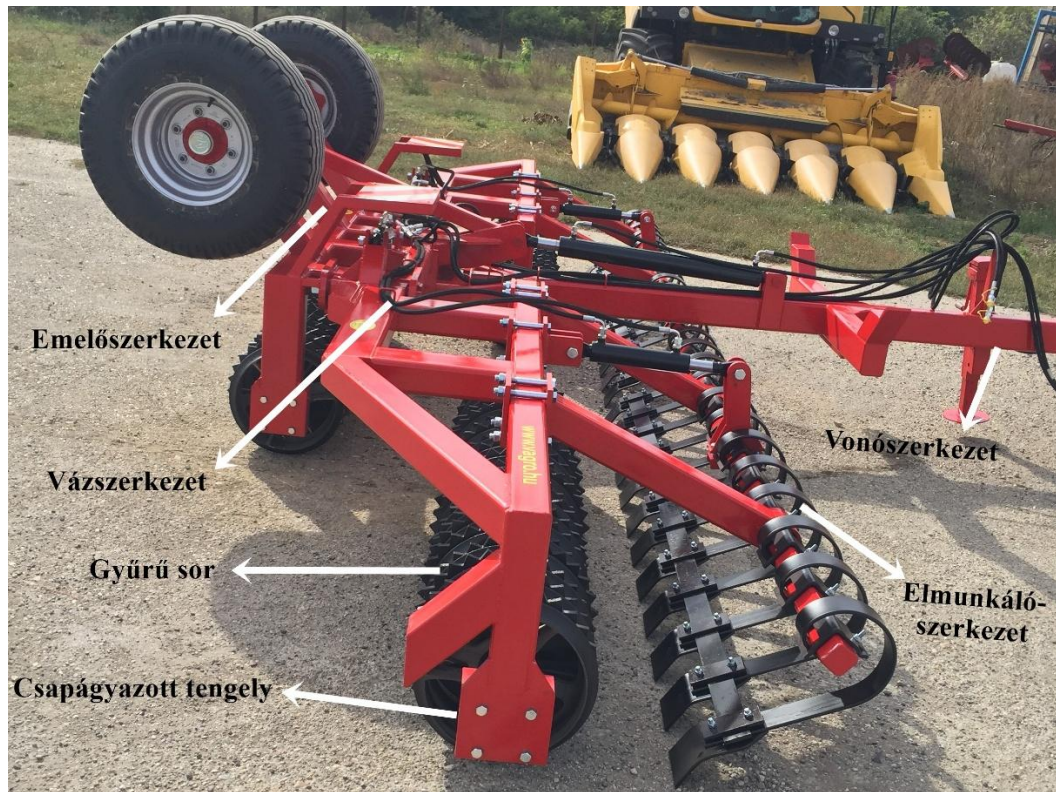
A mezőgazdasági hengerek felépítése több alapvető szerkezeti elemre épül, amelyek együtt hatékony működést tesznek lehetővé:

1. Vázszerkezet, a henger egész szerkezetének stabilitását szolgáló váz gyakran nagy szakítószilárdságú acélból készül, amely biztosítja a tartósságot és a terepviszonyoknak való ellenállást.

2. Gyűrűk, a talaj közvetlen érintkezését biztosító fő elem. Lehet sima, bordás vagy szegmentált felületű, attól függően, hogy milyen tömörítésre vagy talajelőkészítésre használják. Egymástól független, forgó gyűrűkből áll, amelyek segítenek a talaj finom barázdálásában, javítva ezzel a víz- és levegő bejutását, valamint a magok talajba ágyazódását.

3. Tengely és csapágyak: A hengert és gyűrűket hordozó tengely egységhez csapágyak biztosítják a megfelelő gördülést. A minőségi csapágy csökkenti a kopást és a gördülési ellenállást.

4. Vonószerkezet: A henger és a vontató (pl. traktor) közötti csatlakozás erőátvitelt biztosít, ami megbízhatóságot követel meg, különösen egyenetlen terepen.



2.4. ábra - Cambridge henger felépítése (VAgro)

5. Emelőszerkezet: A vontatott munkaeszközök több fajtája rendszerint saját emelőszerkezettel van ellátva, hogy könnyen lehessen változtatni a munkamélységet, illetve a szállítási helyzetet.

6. Elmunkáló szerkezet: A hengerre szerelhetőek különböző talaj egyengető, szántás elmunkáló szerkezetek is a kombinált munkavégzés érdekében.

7. Súlyozás: A henger tömege gyakran állítható (pl. vízzel töltött henger esetén), ami lehetővé teszi a tömörítettségi szint finomhangolását a talajviszonyoknak megfelelően.

A kövesebb, sziklásabb területeken gyakran szerelik fel őket kőgyűjtő tálcával, amely egyszerűen lehetővé teszi a munka közbeni nagyobb kövek összegyűjtését. Ezzel együtt plusz súlyozást is lehetővé tesz, így növelhető a talajra kifejtett tömörítő hatás. (Väderstad)

## 2.6. Hengerek munkája

A henger munkáját szematikusan a 2.5. ábra szemlélteti. Látható, hogy a  $G$  súlyú henger a puha talajon  $z$  mélységben besüllyed, s ezáltal az alatt lévő réteget tömöríti. Az érintkezési felület mentén a felületi nyomás nem egyenletes, és a maximális nyomás helye függ a besüllyedés relatív értékétől ( $z/R$ ), de egyéb jellemzők is befolyásolhatják, mint például a vontatási sebesség.

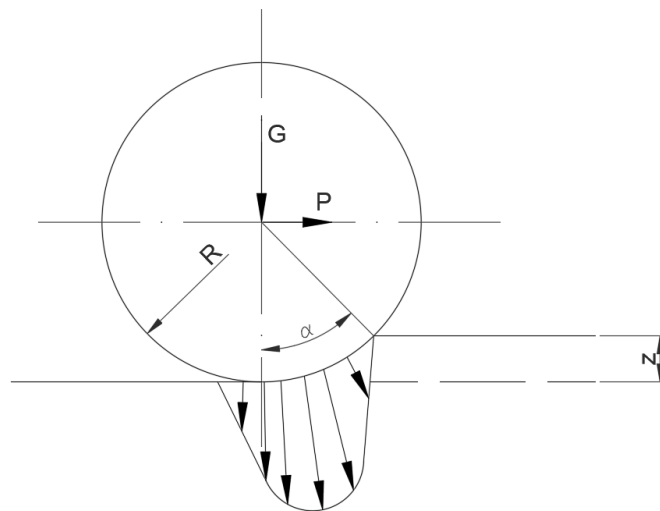
Az érintkezési szög értéke:

$$\cos \alpha = 1 - \frac{z}{R} \quad (2.1.)$$

A közepes felületi nyomás értéke:

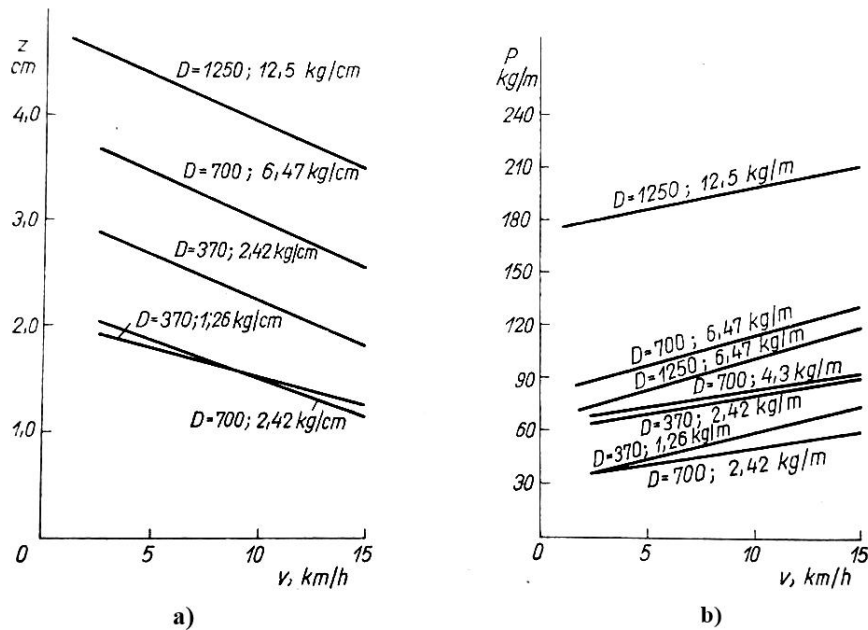
$$q = \frac{G}{\left(\frac{\alpha}{180}\right) \cdot \pi \cdot R \cdot b} \quad (2.2.)$$

ahol  $b$  – a henger szélessége.



2.5. ábra – A henger talajra gyakorolt munkája

A hengerek besüllyedése a vontatási sebesség függvényében nagy mértékben csökken, ezáltal arányosan csökken a tömörített zóna vastagsága is, ezt a 2.6. ábra mutatja be. Ez a tendencia teljesen független a henger átmérőjétől és az egységnyi hosszra eső hengersúlytól. A hengereknek a vontatási ellenállása a sebesség, valamint az egységnyi hosszra eső súly növekedésekor növekszik, amelyet a 2.6. ábra szemléltet. Viszont a hengerátmérő növelése csökkenti a vontatási ellenállást, különösen a 370-700 mm átmérő intervallumban.



2.6. ábra - Hengerek besülyedése (a) és vontatási ellenállása (b) ( $1\text{kg} = 1\text{daN}$ ) (Sitkei, 1967)

A hengereknek túrásmentesen kell dolgoznia, mert ha így történik, akkor a vontatási ellenállás ugrásszerűen megnő és a tömörítési hatás pedig drasztikusan csökken. A  $D = 500$  mm hengerátmérő látszik optimálisnak, a túl kis átmérőjű hengerek érzékenyek a túrásra, ezért mind a munka minősége, mind pedig a vontatási ellenállása nagyobb lesz. A henger szlipje növekszik a haladási sebesség növelésével, ezt a henger átmérőjének növelésével lehet kiküszöbölni. A hengereknél jelentkező szlip kötött talajokon technológiai szempontból nem jelent semmilyen problémát.

## 2.7. A felszínalakítás a művelési rendszerekben

A növénytermesztési és növényvédelmi és művelési elvárások alapján kell alakítani a talaj felszínét. Különböző talajfelszíneket lehet képezni ennek megfelelően, ezek lehetnek egyenletes, sík vagy attól különböző mértékben eltérő. A talajfelszín egyengetésének legelterjedtebb eljárása a simítózás. A művelet során kissé porhanyulhat és lazulhat is a talaj.

A talajfelszín egyengetését hagyományosan különböző anyagokból készült, házilag vagy gyárilag előállított simítókkal végzik. A korszerű, talajszerkezetet kímélő simító-egyengetők rugós elemekből épülnek fel. Ezek a simítóelemek gyakran eszközkombinációk részei, például gyűrűs hengerrel társítva, így egyetlen menetben megvalósítható a felszín kiegyenlítése és tömörítése is. Tavasszal a simítózást főként a nedvességvesztés mérséklésére, a legfelső réteg nedvességeloszlásának javítására és a talaj felmelegedésének szabályozására alkalmazzák. Az alpművelés irányához képest célszerű  $30\text{--}60^\circ$ -os szögben végezni a munkát.

A kenődés elkerülése érdekében figyelni kell a talaj nedvességtartalmára, különösen kötött talajoknál, mivel a felszín szikkadtságát gyakran túlbecsülik. Nyáron vagy ősszel a simítózás nemcsak az egyengetést, hanem a talaj porhanyítását is szolgálja. Szárazon szántott kötött és közép-kötött talajokon a rögök aprítása hatékonyabb nehéz, illetve porhanyító elemekkel kiegészített simítókkal. A simítózás a kelő gyomok, főleg csíranövények gyérítésére is alkalmas. Az egyenletes felszín előnyös a legtöbb növény vetése előtt, öntözött területeken, valamint a talaj hőmérsékletének és nedvességveszteségének szabályozásakor. A legjobb eredmény érdekében a felszín legyen sík, de enyhén érdes, nem teljesen sima. (Birkás, 2006)

## 2.8. CrossBoard simítók

A CrossBoard simító számos talajművelő gépnek a kiegészítő eleme. A keresztirányban elhelyezett zártszelvényre állítható szögben rögzített simítólapok kapcsolódnak. Ezek a többnyire edzett acélból készülnek és általában, ujjas vagy enyhén hajlított profilúak a különböző talaj típusok függvényében. Ezen felül a fő alkatrészek közé tartozik az állítómechanizmus (mechanikus csavarorsós vagy hidraulikus). Kialakításuk szerint megkülönböztetünk fix és rugózott kivitelű változatot: a fix típus egyszerűbb és olcsóbb, de kevésbé alkalmazkodik a talajegyenletlenségekhez, míg a rugózott verzió jobban követi a talajfelszínt és hatékonyabban dolgozik. A CrossBoard simítók legszélesebb körben tömörítő henger vagy magágykészítő kombinátor elé szerelhetők, így a talajművelés hatékonyságát jelentősen javítják.



2.7. ábra - CrossBoard simító (NorAn)

### 2.8.1. CrossBoard Heavy

Edzett rugós szárai hajlított kopólapjai agresszív talajművelést végeznek. A rögök összetörés mellett hatékonyan alakítják a felszínt is. Köves talajokon is jól alkalmazható, mivel úgy van kialakítva, hogy a köveket lefele nyomja és ne a felszínre hozza azokat. Egy stabilizátor rúddal is összeköthetőek a különálló tagok, így hatékonysága még tovább növelhető.

### 2.8.2. Törökés

A Väderstad CrossBoard simítója felszerelhető SingleKnife és DoubleKnife törökésekkel. A szimpla törökés csökkenti a talajfelszínen található rögök méretét, mivel felszeleteli ezeket a rögöket. A dupla késes megoldással pedig sekélyebben kell dolgozni, ez a cserepesedett talaj megtörésére szolgál, hogy a növények utána intenzívebben tudjanak kelni.



2.8. ábra - DoubleKnife törökés (Väderstad)

### 2.8.3. Aprómagvető

Talajművelő gépeket, hengereket gyakran szerelik fel aprómagvető berendezéssel, amivel a gép alkalmassá válik aprómagvú növények, mint például repce, takarónövények talajműveléssel egyidőben történő precíz vetésére. Ezzel jelentősen csökkentve a művelési költséget, valamint a felhasznált idő mennyiségét. A simító egység megfelelően meglazítja a felső réteget, ez mögé történik a magvak kijuttatása csöveken keresztül. A magszóró lemezek egyenesen juttatják ki a vetőmagot a hengersor elé, míg a sekély bedolgozást az egyes gyűrűtagok végzik, ezzel biztosítva az optimális csírázási feltételek megteremtését.

## 2.9. Konkurencia analízis

Jelenleg több nemzetközi és hazai mezőgép gyártónak található Cambridge gyűrűs henger a termékpaletájában. Mindegyik gyártónak megvannak a saját fejlesztései, saját ötletei, amelyek szerintük hasznosak a gépekbe, ezeket az előnyöket szeretném bemutatni, kiválasztani a közülük legjobbakat és egyesíteni egy munkaeszközbe, miközben figyelembe veszem a költséghatékonyságot és előtérbe helyezem az egyszerű, könnyen szerelhető és gyártható konstrukciót.

### 2.9.1. Väderstad

A Väderstad kínálatában szerepel Rollex és Rexius típus is. Ezek közül az utóbbi, Rexius hengerek más vázszerkezettel és 10-12 méteres munkaszélességgel rendelkeznek, tehát ez alapján a Rollex henger áll a legközelebb az én elvárásaimhoz. A típus 4.5, 5.1 és 6.2 méter munkaszélességben rendelhető. Fontos megjegyezni, hogy a 4.5 méteres henger vontatási teljesítményigénye legalább 60 kW, ha viszont CrossBoard simítóval van szerelve, akkor 82 kW szükséges lehet hozzá a talaj szerkezet és a munkamélység függvényében.

Egyedi csapágyazást alkalmaznak a maximális élettartam érdekében. A 2.9. ábra látható gumituskóba van ágyazva a golyócsapágy, ez elnyeli a talaj okozta rezgéseket és rázkódásokat, így az élettartama a csapágnak és a vázszerkezetnek nagymértékben növekszik. Ezen felül a csapágyak dupla tömítéssel vannak ellátva, hogy a kimondottan poros környezetbe sem jusson be a kosz, szennyeződés.



2.9. ábra - Gumituskós csapágyazás (Väderstad)

Terepegyenetlenségek legyőzése érdekében több csuklós vázszerkezet biztosítja a megfelelő tömörítést a henger teljes munkaszélességében. A gyűrűs tagok minden szakasz végén csuklópontra fordulnak el, amely biztosítja a tökéletes talajkövetést.



2.10. ábra - Cambridge henger talajkövetés (Väderstad)

Erős, egyszerű vázszerkezete van, a csuklópontok, pedig gondozásmentesek, edzett perselyezése van. Hátránya, hogy kényszernyitású, tehát menet közben, ha homokos talajon dolgozik, akkor a puha homokban a henger könnyen belenyomódik és megnő a vonóerőigény, illetve a tömörítés sem lesz megfelelő.

A Rollex rendelhető CrossBoard simítószerkezettel a megfelelő talajegyengetés elérése érdekében. A tagokat összelehet kapcsolni egységessé, így még simább felszín érhető el. Továbbá külön rendelhető rá egy és két ujjas simító berendezés, amelyet fentebb említettem már.

### 2.9.2. Quivogne

A Quivogne kínálatában 4 féle hengertípus található meg, ezek közül a legrelevánsabb a RollMot termékcsalád, amely 4.3-10.2 méter munkaszélességgel rendelhető, 520mm-es gyűrűátmérővel a megfelelő súly és tömörítés érdekében. Mint a legtöbb hengerénél, itt is harmonikusan 3 vázrészre van elosztva a munkagép súlya. Vázszerkezete egyszerű. A főgerendák viselik el a terhelést, továbbá kenhető csuklópontokkal van ellátva szintén a jobb talajkövetőség érdekében. A munkagép szétnyitása jelen esetben nem kényszermozgással történik, hanem két darab munkahengerrel és menetközben egy munkahenger felel a váz emeléséért.

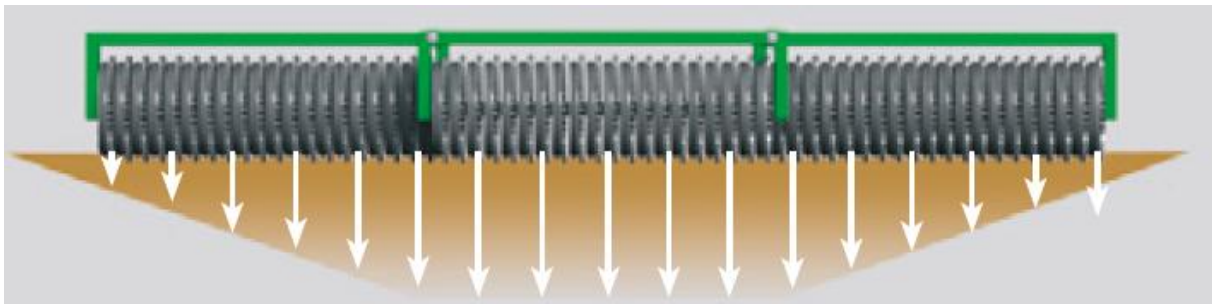
Opcióként rendelhető normál CrossBoard simító tagonként egy vagy két munkahengeres konstrukcióval. Összehasonlításképpen a legkisebb 4.3 méteres hengernek 2.750kg az össztömege.



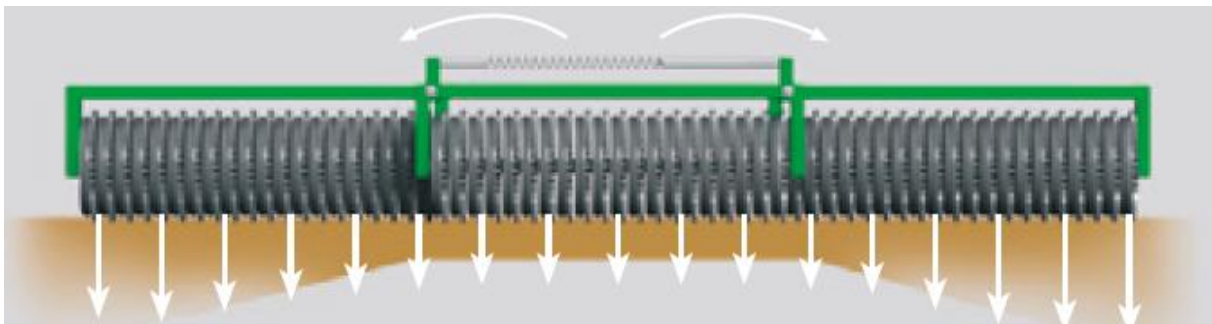
2.11. ábra - Quivogne által gyártott henger (Quivogne)

### 2.9.3. HE-VA

A HE-VA mezőgazdasági gépgyártó termékpalettájában egy fajta henger váz típus található meg, amelyet különböző hengertípusokkal szerelnek fel. A többi gyártóhoz hasonlóan, itt is a legkisebb méret 4.5 méter és a legnagyobb pedig 10.2 méter, minden esetben 3 részes szerkezettel. A cégnek egyedülálló SAT (Spring Active Transfer) rendszerrel van szerelve. Amely egy rugófeszítésű súlykiegyenlítő rendszert jelent. Úgy van kialakítva váznak a szerkezete, hogy a gép méretétől, gyűrűtípustól és a gyűrűmérettől függetlenül a súlyátadás a középső szekcióról a két oldalsó tagok központi részére bármikor áttevődik. Erre azért van szükség, mert a középső rész mindig jobban terheli a talajt, mert ott helyezkedik el a váz szerkezet, a kerekek és az összecsukási rendszer, ezért szükséges elosztani a henger teljes szélességében. A gép munkaszélességétől függően állítják be a megfelelő rugóerőt és a rugók mennyiségét. Ezen felül a csuklópontokon keresztül a henger letudja követni a talajfelszín egyenetlenségeit.



2.12. ábra - Általános felépítésű henger (HE-VA)



2.13. ábra - HE-VA egyedülálló SAT felépítésű hengere (HE-VA)

A HE-VA gépgyártó is hasonló elmunkáló technológiát kínál, mint a fentebb felsoroltak. A hengereket kétféle simítóval gyártják: Normál 150mm-es simítótalp és lazító késes simítótalp. Az utóbbi inkább kötött, cserepedésre hajlamos talajokra van ajánlásban, mivel ez kevesebb vonóerőt igényel, így javítják a kötött talajon a felszín megtörését és a porhanyítást.

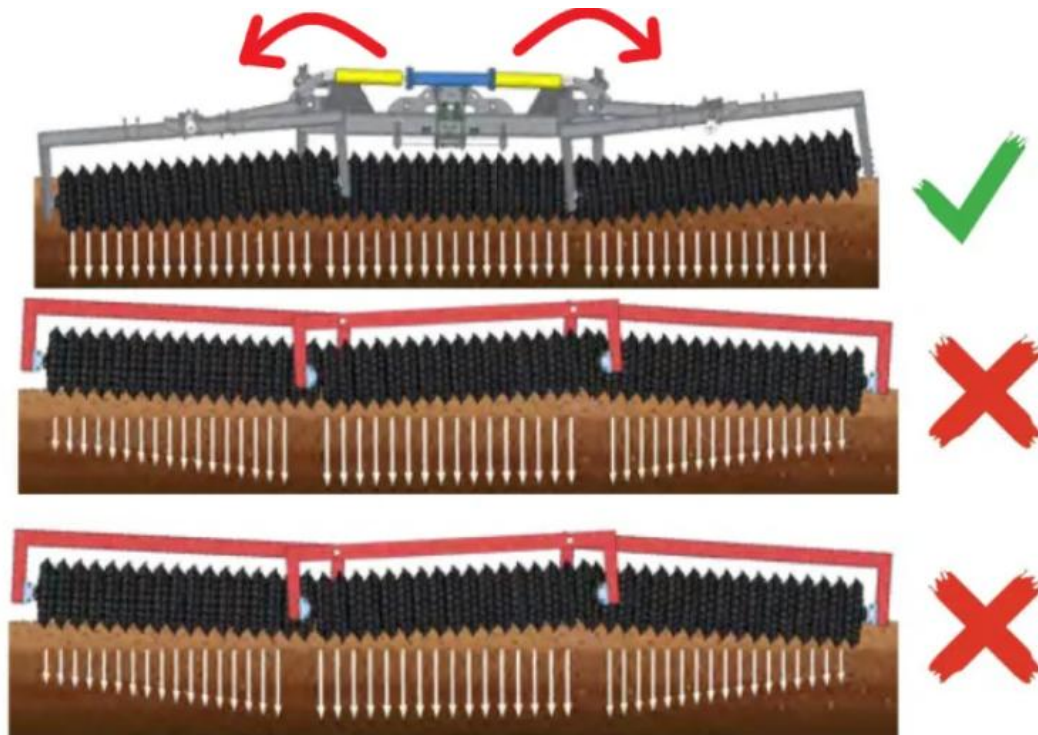
Az eddigi gyártókhoz eltérően itt a szélső simítótalpakra terelőlapot szerelnek, amellyel elkerülhető a barázda/bakhát kialakulása a gép szélei mentén. A legkisebb 4.5 méteres 450mm átmérőjű Cambridge gyűrűkkel szerelt henger tömege 2010 kg, szállítási szélessége pedig 2.22 méter.

#### 2.9.4. NorAn

A magyarországi NorAn mezőgazdasági munkagépgyártó termékpalettájában megtalálhatóak hengerek 4.5 méter és 8 méter között. A HE-VA gyártóhoz hasonlóan, ők is alkalmaztak saját fejlesztésű rugós súlykiegyenlítő rendszert. Az X-Press rendszert úgy tervezték meg, hogy a középső vázon egy tokban rugóhoz kapcsolódnak a szétnyitásért felelős munkahenger talpak. Munkahelyzetben ezen rugók segítségével a középső nehezebb tagról súlyt terhelnek át a szélső hengertagokra, szintén az egyenletes súlyelosztás miatt. Az alap koncepció hasonló mindkét esetben, csak a konstrukciós megoldás különbözik. Véleményem szerint a NorAn jobb megoldással rendelkezik, mint a HE-VA.

Nagy hangsúlyt fektettek ennél a cégnél is arra, hogy úgy tervezzék meg az X-Press vázszerkezetét, hogy a talajkövetése a lehető legtökéletesebb legyen. Ezt a kedvező hatást a két oldali zárható tagok középső csuklópontban történő felfüggesztésével sikerült elérni, amit tovább erősített az a megoldás, hogy a munkahengerek nem fixen a középső vázhoz csatlakoznak, hanem ehhez a rendszerhez. Ennek köszönhetően a tagok mozgástartománya jelentősen növekedett. A 2.14. ábra jól látható extrém helyzetét a talajnak is könnyedén kezeli az X-Press CT vázszerkezete. Jól megfigyelhető, hogy az általános munkahenger nélküli hengervázaknál a középső tag jobban terheli a talajt, mint a szélső tagon elhelyezkedő hengerek. Azoknál a típusoknál pedig, ahol a szétnyitást egy munkahenger biztosítja, és annak végpontjai a szárnytagon vannak rögzítve, a talajkövetés valamelyest javul. Ugyanakkor a szárnyak szélén kialakított csuklópontok miatt a talajkövetés továbbra is korlátozott. Ezen okokból fontos, hogy a henger vázszerkezetét körültekintően válasszuk meg.

A többi gyártóhoz hasonlóan ez a hengertípus is szerelhető a bevált, jól megszokott CrossBoard simítóval, amely nemcsak a felszíni egyenetlenségek simításában hatékonyak, hanem a rögök aprításában is kiemelkedő teljesítményt nyújtanak. Ezáltal kiválóan alkalmasak magágy előkészítésére, illetve a vetést követő talajtömörítésre. A legkisebb hengertípus 4.5 méter és 505-530 mm átmérőjű Cambridge gyűrűkkel vannak szerelve, a hengernek a tömege 2740 kg.



2.14. ábra - X-Press CT vázszerkezete (NorAn)

#### 2.9.5. Konkurencia analízis konklúziók

Jelenleg mind Magyarországon, mind pedig nemzetközi viszonylatban többféle mezőgazdasági gépgyártó található, akik rendelkeznek Cambridge és egyéb gyűrűs henger termékekkel. Ezek a hengerek rendre hasonlóak, mind vázszerkezet és szélesség szempontjából. Ezek közül kiválasztottam azokat, akik véleményem szerint kimagasló konstrukciós megoldásokkal rendelkeznek. Mindegyik gyártó által kínált hengertípus 3 körös hidraulika rendszerrel van szerelve, hogy munkavégzés közben a kezelőfülkéből gyorsan lehessen változtatni a rugós simító szerkezet agresszivitását.

Ahogy az a konkurencia elemzésből kiderül, egyik gépgyártónak sincsen 4.5 méternél kisebb munkaszélességű hengere, ez nagy hátrányt jelent a kis teljesítményű erőgéppel rendelkező gazdaságok számára. 60 kW teljesítmény körüli traktoroknak megfelelő lehet a 4.5 méteres legkisebb henger, viszont csak simító szerkezet nélkül képes munkát végezni vele. Ezen felül ebben a teljesítménykategóriában a tárcsák, kombinátorok és egyéb talajművelő gépek is keskenyebb 3-3.5 méter szélességben állnak rendelkezésre. Ezekhez a kis munkaszélességű gépekhez is szükség van egy kompatibilis gyűrűs hengerre, hogy összekapcsolva egy menetben lehessen elvégezni a talajművelést és tömörítést.

### 3. Többcélú simító és tömörítő talajművelő eszköz fejlesztése

#### 3.1. Tervezési paraméterek és a meghatározott célok

A családi gazdaságunkban megtalálható egy 2.7 méter széles függesztett vonószerkezetű Cambridge gyűrűs henger, ami többféle szempontból sem felelt meg az elvárásaimnak:

- Keskeny munkaszélesség miatt nem túl hatékony a munkavégzés.
- A henger elrendezése nem megfelelő, mivel túl nagy átfedés van a tagok között.
- A szerkezet tömege túl nagy, a függesztőszerkezet nagy igénybevételnek van kitéve.
- Nincs simító berendezés szerelve rá, tehát a hasznosítása is korlátozott.
- A függesztett vonószerkezete révén nem lehetséges más talajművelő eszközökkel (pl. tárcsa) összekapcsolva egy menetben elvégezni a munkát vele.



*3.1. ábra – Gazdaságomban megtalálható Cambridge henger*

Feladatom, hogy megtervezek egy olyan Cambridge gyűrűs hengert, amely kielégíti a meghatározott céljaimat. Az első és legfontosabb célom az volt, hogy úgy tervezem meg a munkaeszközt, hogy vontatható legyen. Ennek több előnye is van: Nem a mezőgazdasági vontató viseli a henger teljes súlyát, hanem saját emelőszerkezete van. Ezáltal szélesebb, erősebb vázszerkezet is kialakítható, amelyből következik, hogy simító / elmunkáló szerkezettel is felszerelhető.

A henger szélességét is megnőveltem 3.4 méterre. A 60-80 kW teljesítmény kategóriájú mezőgazdasági vontatók általában 3-3.5 méter széles tárcsát, kombinátort képesek vontatni, ehhez állítottam be a szélességet, hogy egy menetben lehessen végezni a két munkagép összekapcsolásával a tárcsázást és a tömörítést. Ezen felül a jelenleg rendelkezésre álló gyűrűk megfelelő elrendezésével a 2.7 méteres hengert majdnem 1 méterrel szélesebbre lehet bővíteni. Továbbá a saját gazdaságomban is egy 3 méteres tárcsával rendelkezem, amihez tökéletes a henger.

A nagyobb munkaszélességből származnak hátrányok is, mint például a közúti közlekedés is nehezebbé válik, ezért szükséges úgy megtervezni, hogy összezárható legyen szállítási pozícióba. Ez nagy mértékben bonyolítja a henger vázszerkezetét és a bekerülési értékét is a hidraulikus munkahengerek miatt. Ahogyan azt a szakirodalmi áttekintésben is említettem, léteznek kényszer zárású gyűrűs hengerek is, amelyeknek a munkamélységét nem lehet változtatni munkavégzés közben. Tervezés során az is kritérium volt, hogy úgy tervezzem meg az emelőszerkezetet, hogy menet közben is egy külön hidraulika körrel megtudjam emelni a hengert, ezzel elkerülhető, hogy homokos, puha földben betúrjon a homokba, ezzel növelve a menetellenállást és rontva a munkaminőséget.

A vontatott függesztés lehetővé teszi, hogy távolabb kerüljön a hengersor a traktortól, ezért adódik elegendő hely, hogy egy simító szerkezettel is ellássam a Cambridge hengert. Így több célra is felhasználható a munkaeszköz. Fontos szempont továbbá, hogy a hengertagok rögzítését a vázra úgy kell megtervezni, hogy az könnyen leszerelhető legyen és lehetőség adódjon ezáltal egy késes aprító hengersor felszerelésére, amivel a mulcsolás, száraprítás feladatot is képes ellátni ugyanaz a vázszerkezet, amely az egyengetést és tömörítést.

2. táblázat: Célok összegzése

<i>Cél</i>	<i>Részletek</i>	<i>Előny / Hátrány</i>
<b>Vontathatóság biztosítása</b>	Saját emelőszerkezet, ne a traktor viselje a teljes súlyt.	Előny: szélesebb, erősebb vázszerkezet, simító felszerelhető.
<b>Munkaszélesség növelése</b>	A 2,7 méteres hengerből készíthető a 3,4 méteres kialakítás	Előny: egy menetben kombinált munkavégzés (tárcsázás + tömörítés). Hátrány: szállítás bonyolultabb.
<b>Szállíthatóság biztosítása</b>	Összezárható a közúti közlekedéshez.	Hátrány: bonyolultabb vázszerkezet, drágább a hidraulikus munkahengerek miatt.
<b>Állítható munkamélység</b>	Emelőszerkezet külön hidraulika kör → külön menet közbeni állítás	Előny: puha, homokos talajon elkerülhető a betúrás, javul a munkaminőség.
<b>Simító szerkezet felszerelhetősége</b>	A vontatott függesztés miatt biztosított a hely a henger előtti simító elhelyezésére.	Előny: több célú felhasználás (elmunkálás + tömörítés).
<b>Cserélhető hengertag</b>	Könnyen leszerelhetők legyenek a hengertagok.	Előny: más funkciókhoz (pl. késes aprító hengertag) mulcsoláshoz is használható a vázszerkezet.

### 3.2. Konceptiók keresése

A henger tervezése során többféle koncepció felmerült, amelyekből legjelentősebbeket fogom bemutatni és elemezni részegységekre lebontva, majd ezek után választom ki a számomra megfelelő konstrukciót.

#### 3.2.1. Vázszerkezet

##### 3.2.1.1. Fix szerkezetű váz

Háromféle konstrukciós megoldás merült fel a váz szerkezetére. Az első megoldás egy masszív fix váz, összecukási lehetőség nélkül. Nagy előny származhat az egyszerűségéből, költséghatékonyságából, mivel nem kell plusz tengelyeket, munkahengereket alkalmazni ahhoz, hogy zárható legyen szállítási pozícióba, így egy masszívabb szerkezet állítható elő kevesebb meghibásodási lehetőséggel. Legnagyobb hátránya viszont a gép szélességéből adódik, amely a vázzal együtt 3.65 méter, így a közúti közlekedés megnehezedik vele és a kritériumok közé tartozik, a gép könnyű közúti manőverezhetősége a sok közlekedés miatt. Továbbá a 2.6 méter felett túlméretes szerelvénynek számít a 36/2017. (IX. 18.) NFM rendelet szerint. A fix váz szerkezete 3.2. ábra látható.



3.2. ábra - Fix vázszerkezetű henger (VAgro)

#### 3.2.1.2. Függőleges szállítási helyzetű váz

A következő konstrukció a mezőgazdasági munkagépek körében legelterjedtebb megoldás. Szinte minden tárcsa, kultivátor és vetőgép ilyen szállítási módú vázszerkezettel van ellátva. Kedvező kialakítást lehet elérni mind a munkavégzéshez, mind pedig a szállításhoz. Könnyen beállítható a talajkövetése a hengernek, kisebb teljesítményű munkahenger szükséges a szerkezet emeléséhez is és a szállítási pozícióba való mozgatáshoz is. A következő ábrán látható ennek a váznak a részei. A munkaeszköz felépítése egy központi masszív létravázból áll, amelyre egy nagy teherbírású csappal van rögzítve a felzárható hengerversor. A járókerék is hasonló módon van csatlakoztatva a vázhoz, megfelelő kialakítással elérhető, hogy kisebb hosszúságú és teherbírású hidraulikus munkahengerrel is tökéletesen üzemelni tudjon a szerkezet.



3.3. ábra - Függőleges szállítási helyzetű váz (Satex)

#### 3.2.1.3. Fő tartószerkezetű váz

Az alábbi koncepció teljesen ugyanazon az alapon nyugszik, amelyet a szakirodalmi feldolgozásomban is bemutattem és a legtöbb nagy szélességű gyűrűs henger, aprító henger ezzel a megoldással van megtervezve. Ennek a koncepciónak az elterjedésének több oka is lehet véleményem szerint: Az 5-6 méter feletti hengereknek a függőleges összezásából adódóan túl magas szállítási mérete lenne a munkaeszköznek, ezáltal nagy mértékű instabilitás is felléphet. Ezen felül a hengerosor tartókat merevebbre kellene megtervezni, mert az adott hengerosor tag teljes súlya csak az egyik tartóra nehezedik.

Előnyei közé tartozik, hogy szintén masszívabb fővázzal rendelkezik. Maga a fő vázszerkezet egyszerűnek tekinthető, mivel „csak” egy hosszanti irányban elhelyezett nagy méretű zártszelvényből áll. A hengerosorok felépítése, zárása és a munkahelyzetbe való változtatás véleményem szerint bonyolultabb, erősebb és hosszabb hidraulikus munkahengereket szükséges hozzá használni, amely egy másik szemszögből bonyolultabbá és drágábbá teszi a szerkezet gyártását.



3.4. ábra - Fő tartószerkezetes váz (NorAn)

### 3.2.2. Vontató szerkezet

#### 3.2.2.1. Vontatás függesztőkarral

Elterjedt félig függesztett vonószerkezetek közé tartozik a függesztőkarokkal való vontatás, amelyet a 3.5. ábra szemléltet. Kialakításából adódóan a munkaeszköz könnyen tud idomulni mind a terepviszonyokhoz, mind pedig a traktor pozíciójához a hengerhez képest, mivel két féle csuklópont is van a vonószerkezetben. Ezen felül a függesztőkarok magasságának állításával szintezhető a munkaeszköz helyzete.



3.5. ábra - Félig függesztett vonószerkezet (Satex)

#### 3.2.2.2. Vontatás vonószemmel

Egy- és kéttengelyes pótkocsik, vontatott munkaeszközök vontatására rendszerint vonószemeket alkalmaznak, ennek előnye, hogy a vontatmányt biztonságosan lehet csatlakoztatni a traktorhoz és a támasztó terheléseket is jobban viseli ebben a pontban a traktor. Hátránya, hogy néhány vontatónál nem lehet változtatni a vontatási pont magasságát

### 3.2.2.3. Hagyományos vonószerkezet.

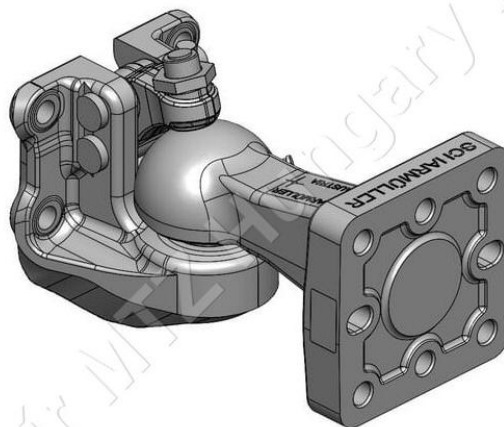
Ebben a kategóriában a legelterjedtebb vontatási kapcsolat a hagyományos 40 mm vagy 50 mm átmérőjű vonószem. A modernebb, újabb traktorokon megtalálható vonófejlift is, amely azt a célt szolgálja, hogy a vonófejet a vontatmányhoz képest megfelelő pozícióban tartsa és a terhelést elviselje. De ezt a pozíció állítást csak álló helyzetben, tehermentesen lehet változtatni.



3.6. ábra - Hagyományos csapos vonófej (KITE Zrt.)

### 3.2.2.4. Golyós (K80) vonószerkezet

Legalkalmasabb megoldás a nagy teljesítményű traktorok és nagy teherbírású vontatmányaik közötti kapcsolat létesítésére. Előnyei közé tartozik a hagyományos vontatószerkezettel szemben, hogy a vonófejen található golyóra hézagmentesen ráillik a vonópofa, tehát rángatás mentes vontatást tesz lehetővé, így kisebb a kopás mértéke, kisebb a szervíz igény. A masszív felépítmény miatt nagyobb terhelést bír el, mint a hagyományos. Ezen felül a fel és lekapcsolás is gyorsabb folyamat. Ez a konstrukciós megoldás viszont nagyon költséges és rendszerint csak nagy teherbírásoknál alkalmazzák.



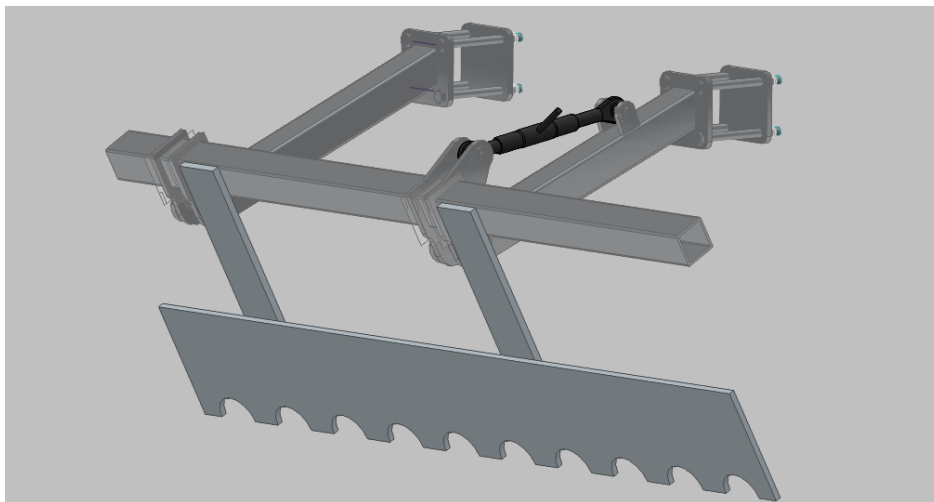
3.7. ábra – Golyós K80 vonószerkezet (NyírMTZ)

### 3.2.3. Elmunkáló berendezés

Az elmunkáló szerkezet két darabra van felosztva a szerkezet összecukhatósága érdekében. Maga a simítóberendezésre is többféle megoldás alkalmazható.

#### 3.2.3.1. Simító gerenda

Régebbi konstrukciós megoldások közé tartoznak a két darabból álló fix gerenda a talaj egyengetésére. Ezek ugyanúgy eleget tesznek az alap követelményeknek és céloknak, de nem olyan hatékonyak, mint a modernebb megoldások és nem végeznek olyan munkát. Ez a simító gerenda készülhet fából is és fémből is, a következő ábra egy fémből készült elmunkáló szemléletet. Hátrányt jelent az alábbi konstrukcióban, hogy a talaj egyenetlenségeit nem tudja megfelelő módon lekövetni, ezen felül nincsen a szerkezetnek semmilyen rugózása, ezáltal nagyobb erők hatnak a rögzítési pontokra és a földet is könnyebben feltolja, ami miatt megnövekedhet a vonóerőigény.



3.8. ábra – Simító gerenda koncepció

#### 3.2.3.2. Rugós simító

A szakirodalmi áttekintésemben is részletesen bemutattam a Cross-Borad típusú simítóberendezéseket. Napjainkban ez a legelterjedtebb szántás elmunkáló típus, amelyet hengerekre, kultivátorokra szerelnek. Éppen ezért többféle gyártótól is beszerezhetőek az alkatrészek hozzá. Nincs szükség egyedi gyártásra, amely drágítaná a henger előállításának költségét. A simítóalapot rugóacélból készítik (51CrV4), ezzel elérhető, hogy a konstrukció jobban idomuljon a talaj egyenetlenségeihez. Ha növelni szeretnénk az elmunkálás agresszivitását, akkor ezek az egyenként elhelyezett tagokat össze is lehet kapcsolni oldalanként, így hasonlóan, mint az előző konstrukcióhoz ez is két darab egész tagból állna, annyi ellentéttel, hogy a rugózás jelen van ebben az esetben.

### 3.2.4. Simító állíthatósága

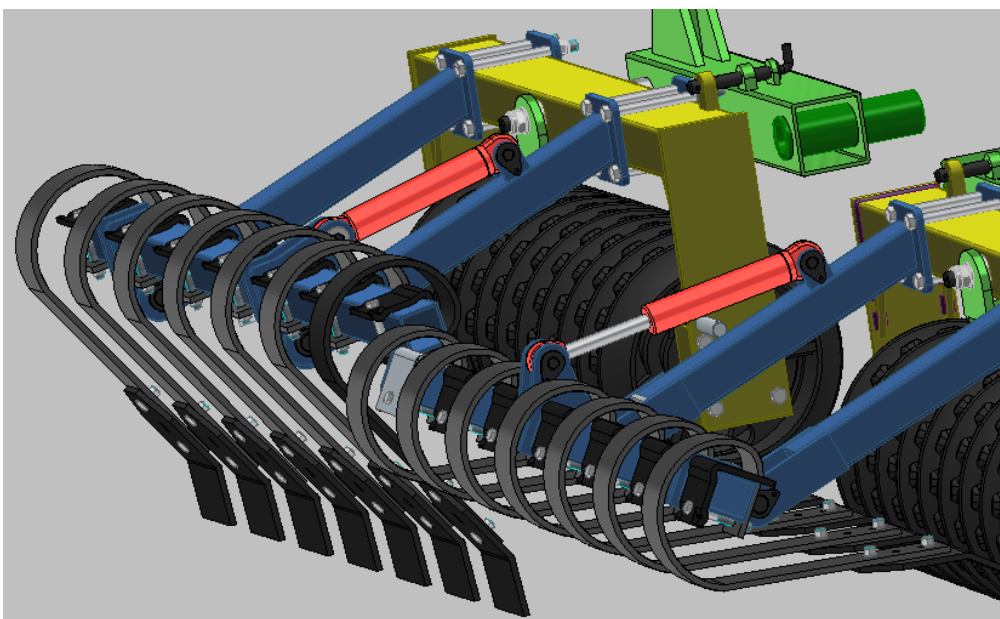
Tervezés során mindig törekedni kell arra, hogy a szerkezet minél egyszerűbb és költséghatékonyabb legyen. Ezért szükséges többféle megoldást is kipróbálni, tesztelni. Az elmunkáló részhez mindenkéfelett szükség volt olyan mértékű állíthatóságra, amely lehetővé teszi annak kiemelését a talajból, ha nincs rá szükség. Ezen felül nem hátrány, ha az adott talajviszonyokhoz pontosabban belehet állítani a berendezést.

#### 3.2.4.1. Csavarorsós állíthatóság

A következő egyszerű esetben az elmunkáló sor váza egy állítható hosszúságú csavarorsóval van rögzítve a fővázhoz (3.8. ábra). Ez lehetővé teszi, hogy álló helyzetben állítani lehessen a simító agresszivitását, de munkavégzés közben nincs lehetőség utólagos korrigálásra, ha például „betúr” a földbe a szerkezet. Ebből nagy hátrány származik a vonóerőigény, illetve a hátrahagyott talaj minősége szempontjából is, főleg akkor, ha nem homogén a talajnak a szerkezete egy adott táblán belül.

#### 3.2.4.2. Hidraulikus állíthatóság

Ezen felsorolt hátrányok és problémák kiküszöbölése érdekében egy bonyolultabb, költségesebb megoldás is alkalmazható a szerkezet állíthatóságára. Ezt hidraulikus munkahengerekkel lehet megvalósítani, amit a 3.9. ábra mutatok be. Előnye, hogy munkavégzés közben egyszerűen változtatható a simító szerkezet agresszivitása. Hátránya, hogy költségesebb megoldás a manuális kézi állítással szemben, illetve a vontató traktorra is egy plusz hidraulika kör szükséges.



3.9. ábra - Hidraulikus simító állítás

### 3.3. Megfelelő konstrukció választása

#### 3.3.1. Váz felépítésének tervei

A váz szerkezetének a kettős számú koncepciót választottam, mivel ez jobban megfelel az igényeimnek. Ebben a kisebb (3.5 méter) méretben egyszerű zárási módja van, kisebb teljesítményű hidraulikus munkahengerek szükségesek hozzá. A létraváz szerkezetből adódóan könnyebben szerelhető rá aprómag vető berendezés is vagy akár egy műtrágyaszóró.

#### 3.3.2. Vontatási mód

Az előző fejezetben említett kritériumok között szerepel, hogy a Cambridge hengert összekell kapcsolni más vontatott talajművelő gépekkel is, tehát a függesztőkaros megoldás nem bizonyul megfelelőnek ennek a szempontnak a kielégítéséhez. A tömörítő henger inkább kisebb teljesítményű gépekre van tervezve, mint például Belarus traktorok, amelyek rendelkeznek függesztőkarokra szerelhető vonópaddal is. Tehát a vonószemmel való vontatásnál is változtatható a vontatási pozíció helyzete. Jelenleg a hagyományos hegeszthető vonószem 18.000 HUF összegért beszerezhető, ezzel ellentétben a K80 nagy teherbírású vonószem majdnem ennek a tízszerese, ez pedig 150.000 HUF összegért kapható (NyírMTZ). Ezen okokból kifolyólag a hagyományos vonószemmel való vontatási módot választom a Cambridge hengernek, mivel ez elégíti ki legjobban a felállított kritériumokat.

#### 3.3.3. Simító berendezés

A felsorolt két megoldásnak eltérő költségei vannak, de más munkát is végeznek. Időnként megkönnyítik a gép beállítását, a gépkezelő feladatát és megfelelő körülmények közötti használat, megfelelő karbantartással a javítás költsége is csökkenthető. Az állítható csavarorsó költsége 14.000 HUF/db (Axiál Kft.). A hidraulikus munkahengerek költsége pedig 30.000 HUF/db és ezen felül a hidraulikus szerelvények ára megközelítőleg további 12.000 HUF (RosiTeh). A simítógerendás koncepciónál szükség van a fentebb említett gerendára, amely készülhet acélból és fából is. Az utóbbihoz szükség van egy 50x200 mm széles fagerendára, amely hozzávetőlegesen 15.000 HUF/db. Ha acélból készítjük, akkor pedig egy 100x200x1700 mm befoglaló méretű acéllemezre van szükség, amelynek ára körülbelül 90.000 HUF/db (Tímár vasker.). Fontos megjegyezni, hogy az acéllemez célszerű, ha kopásálló vagy kopóbetéttel van ellátva, ellentétben a fagerenda jobban ellenáll a kopásnak. A CrossBoard rendszerű simítóhoz szükség van 7-7 db simító tagra, amely az 1700mm széles tartókra van felcsavarozva. Egy darab komplett CrossBoard tagnak az ára 15.000 HUF.

3. táblázat: Simító rendszer költségelemzése

Rendszer	Megoldás	Szükséges elemek	Egységár (HUF)	Mennyiség	Összköltség (HUF)
<b>Simító – állíthatóság</b>	Csavarorsós állítás	Csavarorsó	14 000	2 db	28 000
	Hidraulikus állítás	Hidraulikus munkahenger	30 000	2 db	60 000
		Hidraulikus szerelvények	12 000	1 készlet	12 000
<b>Simító – gerenda</b>	Fagerenda	50×200 mm fagerenda	15 000	2 db	30 000
	Acélgerenda	100×200×1700 mm acéllemez	90 000	2 db	180 000
<b>Simító – CrossBoard</b>	CrossBoard tagok	Komplett simító tag	15 000	14 db (2×7 db)	210 000

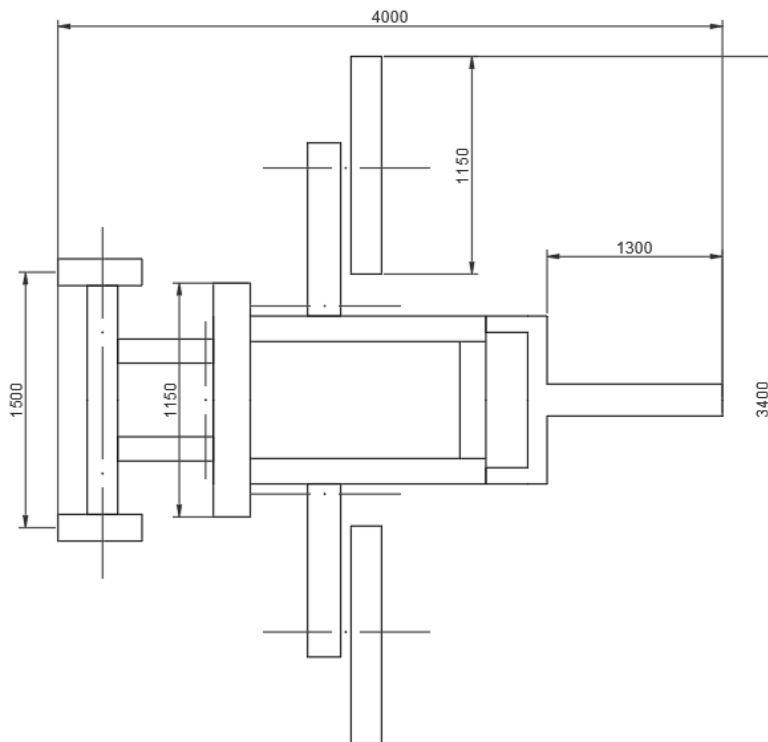
A felállított kritériumok figyelembevételével és az előnyök-hátrányok kontra költségek szembeállítása után a simítóberendezésnek a CrossBoard-féle megoldást választom hidraulikus állíthatósággal. A precíz munkavégzés érdekében és az eltérő talajszerkezet miatt szükség van egy hatékonyabb konstrukcióra.

## 4. A Cambridge henger tervezése

A henger tervezése során külön szerkezeti egységként alkottam meg a teljes gépet. Ezeket a külön szerkezeti egységeket végeelem számításokkal támasztottam alá, hogy megfeleljen-e a lehetséges terhelésnek. Tervező programnak Solid Edge 2025-öt használtam, a végeelem ellenőrzést, pedig ANSYS programban végeztem el. A kezdeti anyagvastagságokat és zártszelvények méreteit a konkurens gyártók gépei alapján határoztam meg és az ellenőrzés után korrigáltam ezeket, hogy optimálisak legyenek erre a munkaeszközre.

### 4.1. A konstrukció vázlata

A fentebb meghatározott kiindulási célok alapján, továbbá az ismert gépelemek méretei (csapágyazás, Cambridge henger tagok) és a traktor fordulókör, vontatási magasság adatainak ismeretében felvázoltam a konstrukció előzetes vázlatát a befoglaló méretekkel. A rendelkezésre álló hengertagok alapján három arányos részre osztottam el a hengersorok szélességét. Az ábrán pontvonallal jelöltem a tervezendő forgáspontokat. A vontató traktor nyomtávjának ismeretében és a megfelelő stabilitás érdekében 1500 mm széles nyomtávot tervezek a munkaeszköznek. A legkisebb fordulókör elérése érdekében a váznak legalább 1300 mm távol kell lennie a vontatási ponttól, így elérhető, hogy kis ívben kanyarodva sem érintkezik a munkaeszköz a traktor kerekeivel.

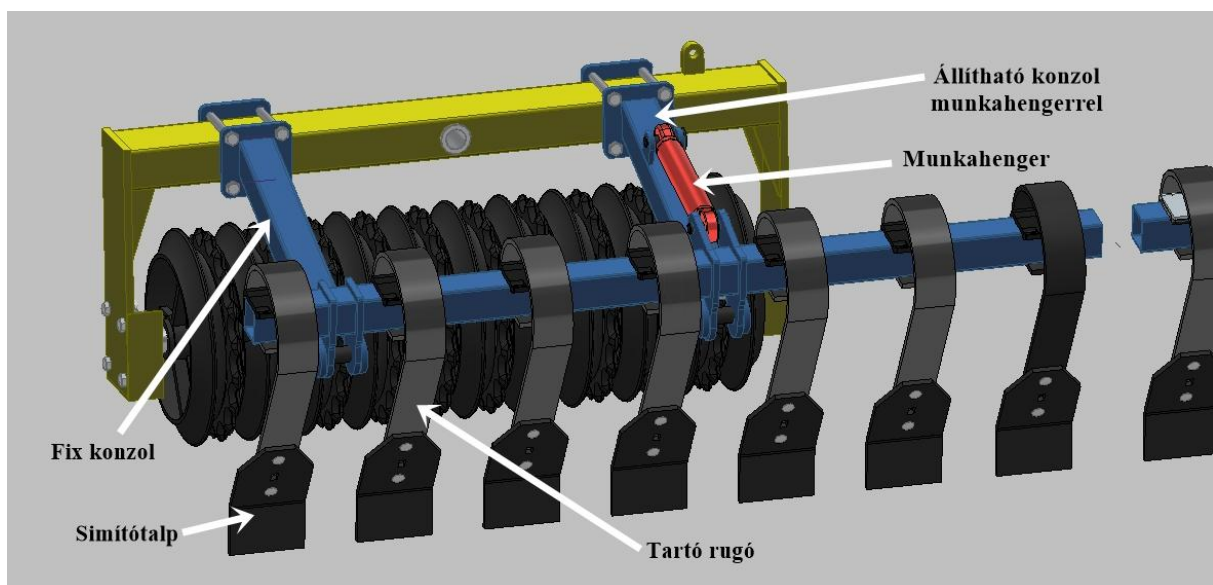


4.1. ábra - Cambridge henger vázszerkezet vázlat

## 4.2. Simító berendezés tervezése

### 4.2.1. Simító berendezés szerkezeti elemei, terhelései

Szakirodalmi kitékintésem során nem találtam pontos adatot, ami alapján megtudom határozni, hogy erre a fajta rugós simítóalpakra mekkora terhelés hat munkaközben. Jövőbeli terveim közé tartozik megfelelő nyúlásmérő bélyegekkel felszerelni az munkaeszközt és meghatározni ennek a pontos értékét. A jelen szántás elmunkáló szerkezet maximum 5-6 cm mélységben tud munkát végezni, hiszen itt a lényeg a felszínalakítás, nem pedig a talaj keverése vagy forgatása. Egy darab simítólap 150 mm szélességgel rendelkezik munkamélységtől függetlenül egy adott szögben érintkezik a talajjal (semmi esetben sem merőlegesen). A tapasztalatok alapján rugós Cross-Board simító kisebb vontatási ellenállással rendelkezik, mint egy merev bekötésű.



4.2. ábra - Simító berendezés bemutatása

A következők alapján határoztam meg a simítószervezetet érő terhelést:

Fajlagos talaj ellenállási tényező (szántásra vonatkoztatva):

- Laza  $K < 30 \text{ kN/m}^2$
- Középkötött  $K = 31 - 45 \text{ kN/m}^2$
- Kötött  $K = 46 - 60 \text{ kN/m}^2$
- Nagyon kötött  $K > 60 \text{ kN/m}^2$

Mivel csak a felső 5 cm réteget műveljük meg a talajnak jelen esetben, ezért a középkötött talajra vonatkozó középértékkel fogok tovább számolni.

Fajlagos talaj ellenállási tényező:  $K = 40 \text{ kN/m}^2$

Munkamélység:  $h = 50 \text{ mm} \rightarrow 0.05 \text{ m}$

Munkaszélesség (1db simítótalp):  $b = 150 \text{ mm} \rightarrow 0.15 \text{ m}$

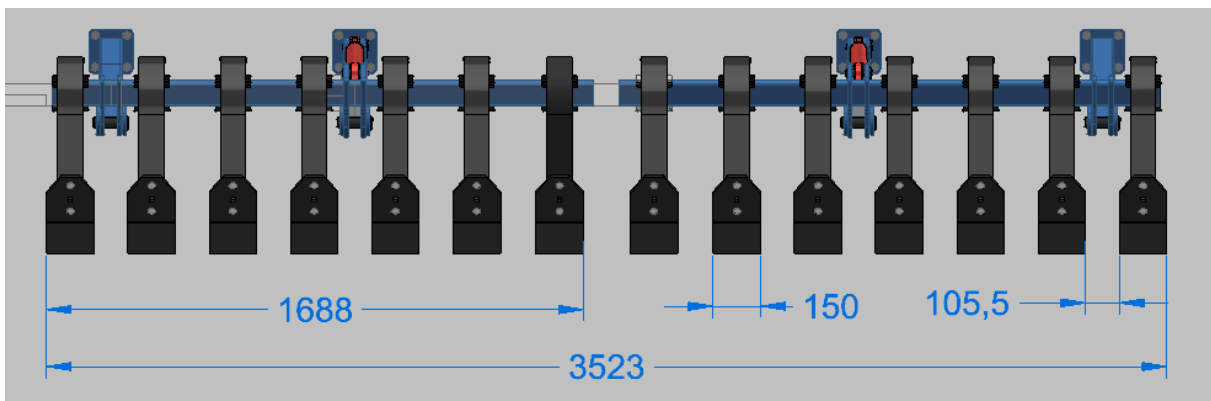
Munkafelület:

$$A = b \cdot h = 0.2 \cdot 0.05 = 0.0075 \text{ m}^2 \quad (4.1.)$$

Ellenállás számítása:

$$F = K \cdot A = 40000 \cdot 0.0075 = 300 \text{ N} \quad (4.2.)$$

Tehát egy 150 mm széles CrossBoard simítótalp 5 cm mélyen kb. 300 N ellenállást fejt ki, a talaj kötöttségétől függően.

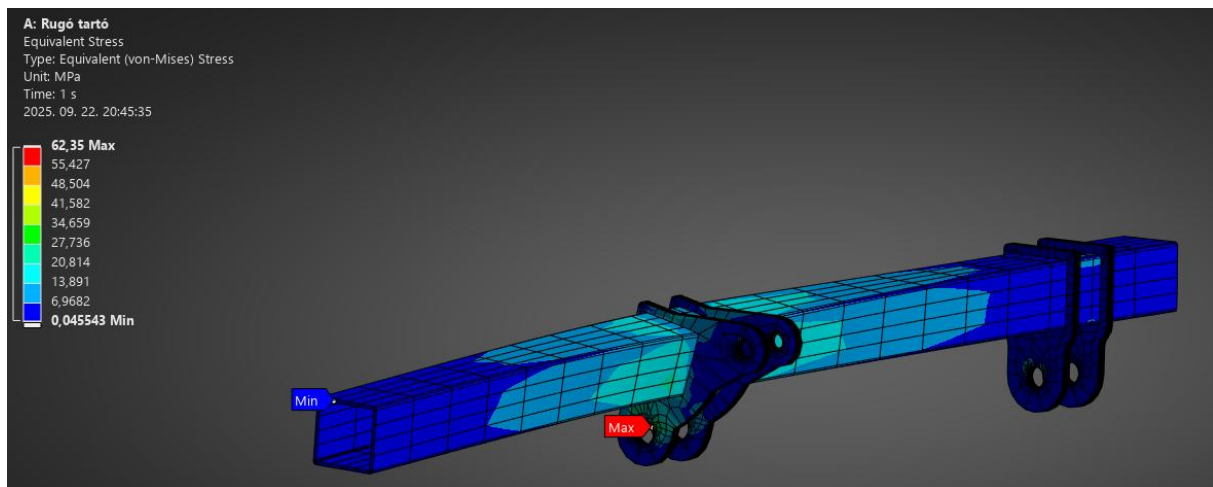


4.3. ábra - CrossBoard elmunkáló méretei

A 4.3. ábraán is látható, hogy a Cambridge henger 3.5 méter szélességében összesen 14db CrossBoard taggal van felszerelve és a simító része szimmetrikusan két külön tartóra van felosztva, amelyen 7-7 db komplett tag helyezkedik el, a számítások alapján ezeknek a tartóknak a terhelése 2100-2100 N. Az egységes, szimmetrikus felépítés érdekében a simítótalpak szélei közötti távolság 105.5 mm. A rugótartó zártszelvény tagonként két darab konzollal van rögzítve a hengerson tartó vázhoz. A fix konzol csak a csavarodás mentes elfordulást biztosítja, a munkahengerrel szerelt konzol pedig a rugók agresszivitásának állításáért és a talajból érkező hajlító – csavaró hatás ellentartásáért felel.

#### 4.2.2. Kereszttartó méretezése

A meghatározott 2100 N terhelés a tartó zártszelvény teljes hosszán oszlik meg és a simítótalpak végén van a hatáspontja. A megfelelő térhálók beállítása, illetve támaszok és terhelések felvétele után az ANSYS programban arra az eredményre jutottam, hogy a maximális feszültség a munkahengerrel szerelt konzol csatlakozási pontjában keletkezik és ennek értéke maximálisan 62 MPa. A számolt feszültség érték kétszeres biztonsági tényező figyelembevételével is megfelel, mivel az acéllemezek és a 70x70x5 zártszelvény anyaga is S235, melynek a folyáshatára 235 MPa (Fenyvessy: Műszaki táblázatok).

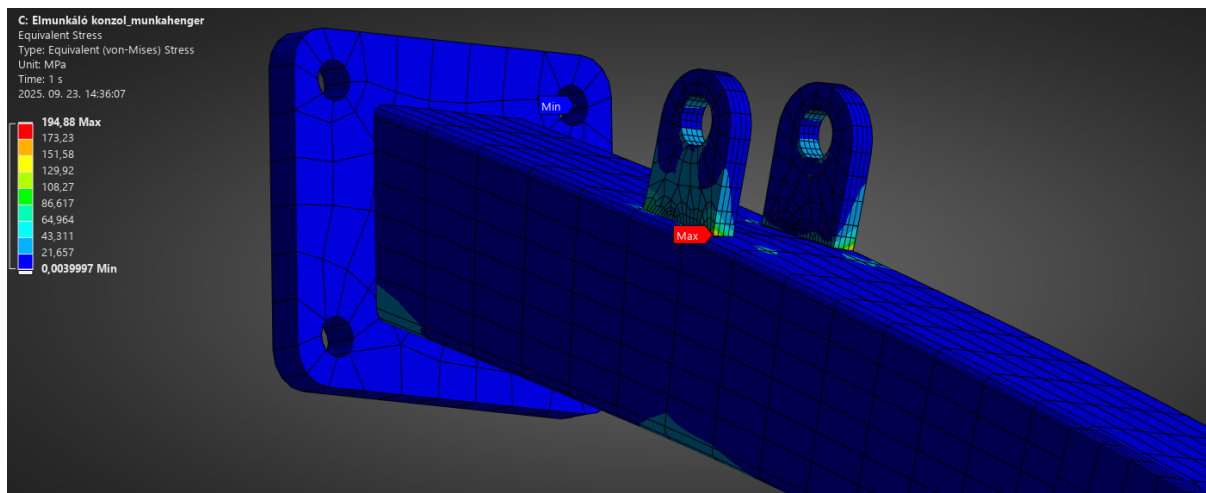


4.4. ábra - Kereszttartóban számított feszültségek

A 4. táblázat tartalmazza a kereszttartón ébredő reakció erőket. Látható, hogy a munkahengerrel szerelt konzolon 10x nagyobb terhelés hat, mint a fix támasztó konzolon. Ezen felül a munkahengert is egy jelentős erő terheli, amely az utolsó sorban látható. Ezek alapján választható megfelelő teljesítményű hidraulikus munkahenger.

#### 4.2.3. Tartó konzolok méretezése

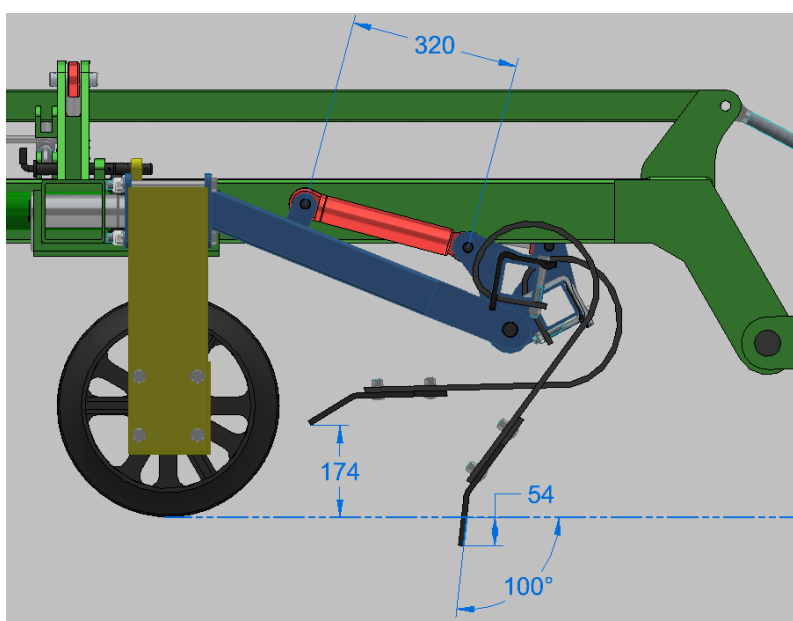
Ezen reakció erők ismeretében ellenőriztem a tartó konzolokat is. Először 80x80x4 zártszelvény választottam erre a célra, de a számított feszültségek alapján nincs szükség ekkora méretű gépelemre, ezért ezt is 70x70x5 méretűnek terveztem, így az anyag beszerzése is költséghatékonyabb lesz. A munkahengerrel szerelt tartó konzol érdekesebb jelen esetben, mivel itt hatnak nagyobb reakcióerők. A 4.5. ábra láthatóak a számítási eredmények, melyen egyértelműen látszik, hogy a munkahenger tartó laposacélon ébred a legnagyobb feszültség. Az eredmények alapján a maximális feszültség (194 MPa), tehát megfelel a zártszelvény a feladatra, továbbá ez egy pontszerű terhelés, nem pedig vonal mentél eloszló, ezért lehetséges, hogy a hegesztéssel és annak lemunkálásával ez a feszültség csökkenthető.



4.5. ábra - Elmunkáló tartó konzolban ébredő feszültségek

#### 4.2.4. Szabványos munkahenger választása

Fontos lépés volt a simítórendszer tervezése során, hogy a simítótalp megfelelő szögben és megfelelő mélységben érintkezzen a talajjal. Munkám során felvettem a kapcsolatot néhány mezőgazdasági gépgyártó céggel, illetve a szakirodalmi kutatásom alapján is arra a következtetésre jutottam, hogy a rugózás figyelembevételével maximum 5-6 cm munkamélység elegendő a simítózáshoz. A CrossBoard elemek elhelyezkedését úgy kellett meghatározni, hogy kiemelt pozícióban se érintkezzenek a talajjal, tehát lehetőleg a hengerátmérő feléig kilehessen emelni őket. A 4.6. ábra szemléleti, a két szélső pozícióját a szerkezetnek. Ezek alapján választottam ki a megfelelő munkaúttal rendelkező munkahengert, amely 150 mm.



4.6. ábra - Crossboard simító szélső helyzetei

Jelen esetben a munkahengert a 4. táblázat szerint körülbelül 5400 N erő terheli, amely körülbelül 540 kg tömegnek felel meg. Ez a terhelés nem nevezhető jelentősnek a hidraulikus munkahengerek szempontjából, ezért a legkisebb teljesítménnyel rendelkezőt választottam első körben. 25 mm átmérőjű dugattyúróddal rendelkezik és 40 mm belső átmérővel. A Belarus traktorok hidraulikaszivattyúja körülbelül 18 MPa hidraulikus nyomást képes előállítani. A kopásból, elhasználódásból adódóan egy biztonsági tartalék figyelembevételével 15 MPa nyomással számolok. Ezen adatok ismeretében a Trelleborg hidraulikus munkahenger tervező szoftverével kiszámoltam, hogy mekkora teljesítménnyel rendelkezik. A 13.1. ábrán látható, hogy maximálisan 18850 N erőre képes dugattyú oldalról és 11500 N erőre a rúd oldaláról. Működés szempontjából jelen esetben a kisebb terhelés a fontos, de az is megfelelő dupla biztonsági tényezővel számolva. A választott szabványos munkahenger: 40/25 – 150.

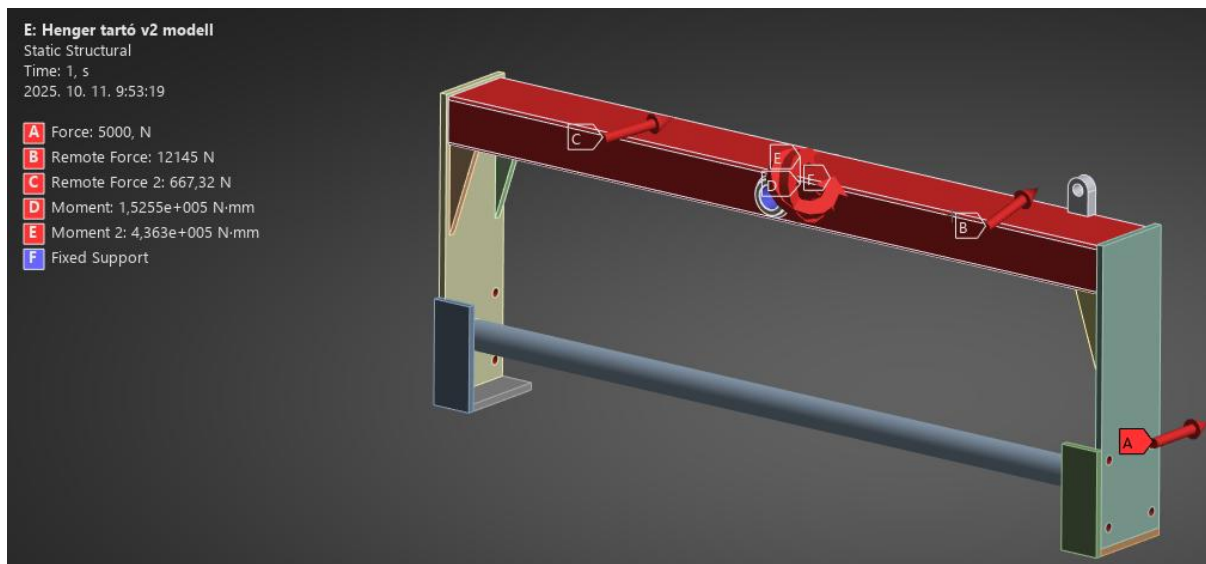
### 4.3. Hengersor tartó méretezése

Ennél a szerkezeti elemnél 3 esetet ellenőriztem: munkavégzés közben, felemelt állapotban, összezárt állapotban. Minden esetben más irányú terhelések hatnak közvetlenül a hengersor tartó és a felzáró zártszelvényre. Felemelt állapotban ébrednek a legkisebb feszültségek, ezért annak a bemutatásától eltekintek.

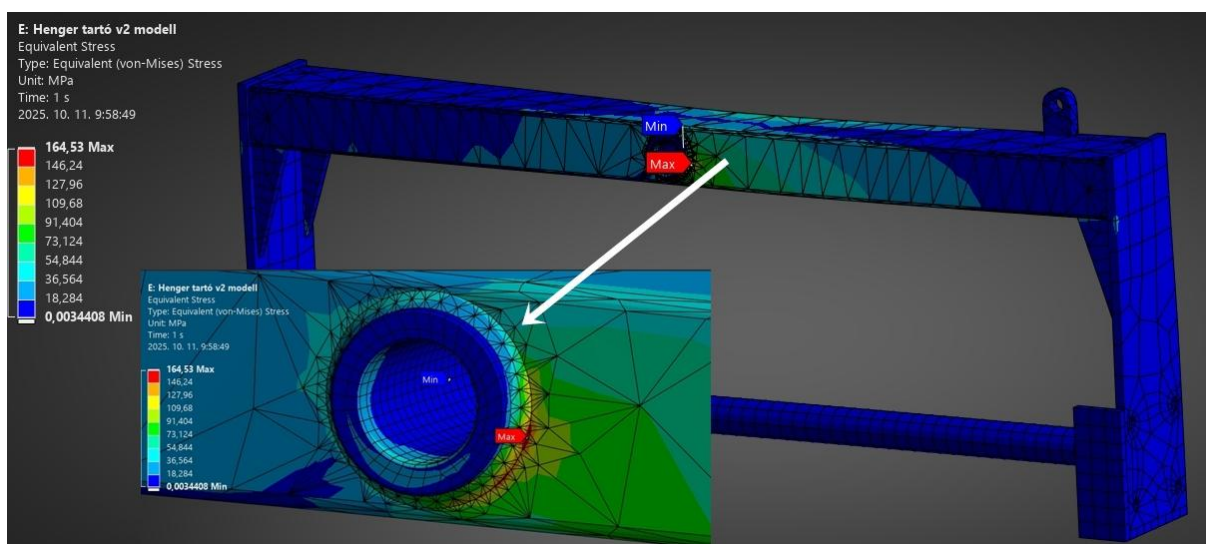
#### 4.3.1. Munkavégzés közben keletkező feszültségek

Először meghatároztam a Cambridge-henger talajjellenállásából származó erőt táblázatból, amit a szakirodalmi áttekintésemben már ismertettem (Sitkei, 1967). Egy tag 1100 mm széles 420 mm átmérőjű hengerosorra biztonsági tényező figyelembevételével körülbelül 5000 N erő van hatással munkavégzés közben. A tengely átmérője (50 mm) ebben az esetben adott volt, mert a gyűrűk furat átmérője 54 mm. A mezőgazdasági munkagépek esetében rendszerint Y csapágyat szoktak alkalmazni. Jelen esetben is a nagy távolságok és az esetleges gyártási pontatlanságból adódó szerelési problémák elkerülése érdekében Y csapágyat alkalmaztam és a nagyobb befogási merevség érdekében négyzetperemes csapágyházat választottam: UCF 210.

A hengersor tartót 140x80x5 téglalap alakú zártszelvényvel terveztem meg, mivel menetirányba nagyobb terhelést kell elviselnie. A fentebb említett 5000 N erő mellett terheli a zártszelvényt az előző pontban kiszámolt simítórendszerből adódó reakcióerő és nyomaték, ez látható a 4.7. ábra.



4.7. ábra - Hengersor tartóra ható terhelések

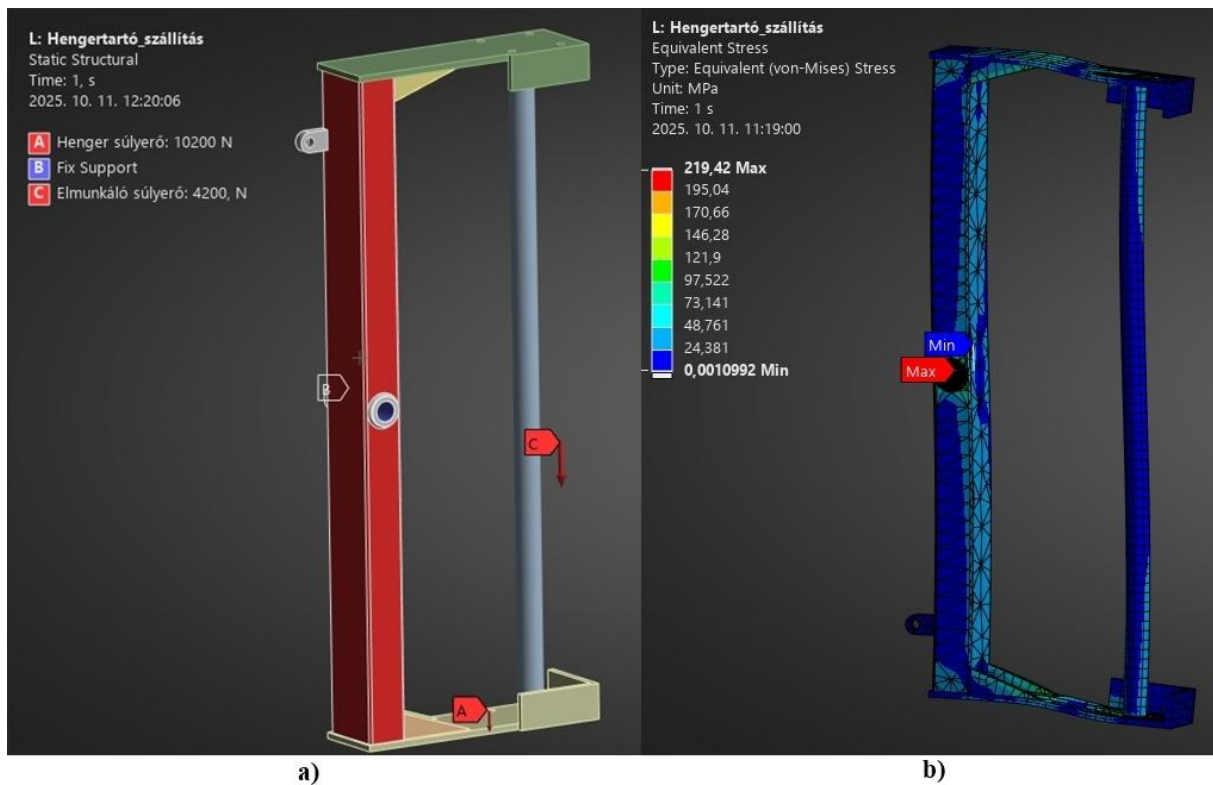


4.8. ábra - Hengersor tartóban számított redukált feszültségek

Az ábrán látható, hogy a perselyezés körül ébred a legnagyobb 164,53 MPa nagyságú feszültség, itt a testhálónak a finomságát megnöveltem, hogy pontosabb eredményeket kapjak.

#### 4.3.2. Szállítási helyzetben keletkező feszültségek

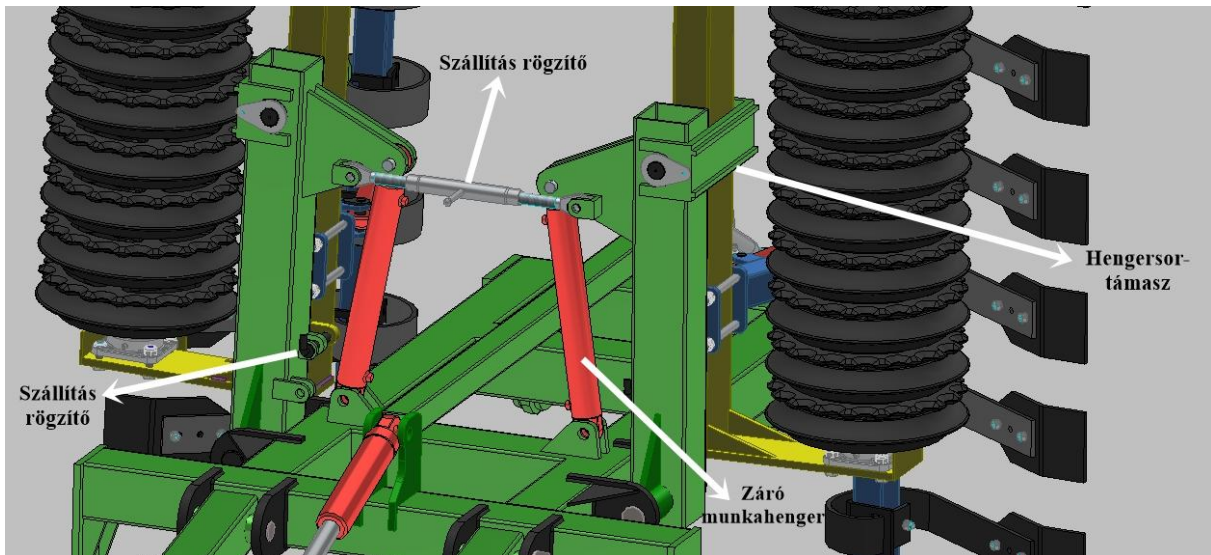
Szállítási helyzetben a tartó konzolt a hengerek és az elmunkáló szerkezet súlya terheli. A dinamikus hatásokat oly módon vettem figyelembe, hogy a tömegből származó erőt megnöveltem háromszorosára. Először a kritikus alkatrész a csapágytartó laposacél volt, amit kezdetben 12 mm vastagra terveztem, de a szállítási pozícióban számított feszültségek hatására deformálódott, ezért szükség volt megnövelni 15 mm vastagságra. Az ellenőrzésből következik, hogy a maximális redukált feszültség (200 MPa) a perselyezésnél ébred a zártszelvényben, anyaga pedig S355, tehát megfelel az igénybevételnek.



4.9. ábra - Hengertartó szállítási helyzeti terhelése (a) és számított feszültsége (b)

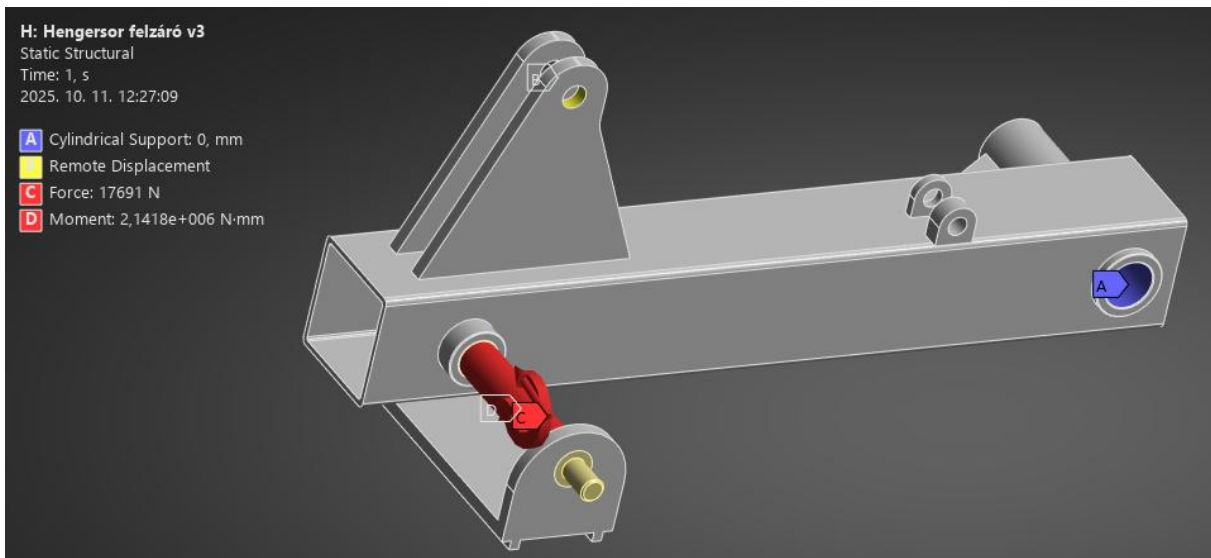
#### 4.4. Hengertartó felzáró méretezése

A hengertartóban keletkező reakcióerők ismeretében következhetett a felzáró zártszelvények méretezése. Az előző esethez hasonlóan itt is háromféle esetet kellett ellenőrizni, amelyből a munka pozíció és a felemelt pozíció a kritikus. A 4.10. ábra szemléltet a hengertartó szerkezet részeit. Ezen a gépelemen helyezkedik el a szállítási helyzetbe záró munkahenger is, amelyet körültekintően kellett választani, hogy megfeleljen a terhelésnek. Kétféle szállítás rögzítővel van ellátva a gép, az egyik azért felel, hogy ne billenjen el a hengertartó a tartó tengelyén szállítás közben. A rögzítés pedig a munkahengereket rögzíti egymáshoz teljesen felzáró pozícióban biztonsági célból, ha a hidraulika rendszerben nem várt meghibásodás lépne fel.



4.10. ábra - Hengersor felzáró bemutatása

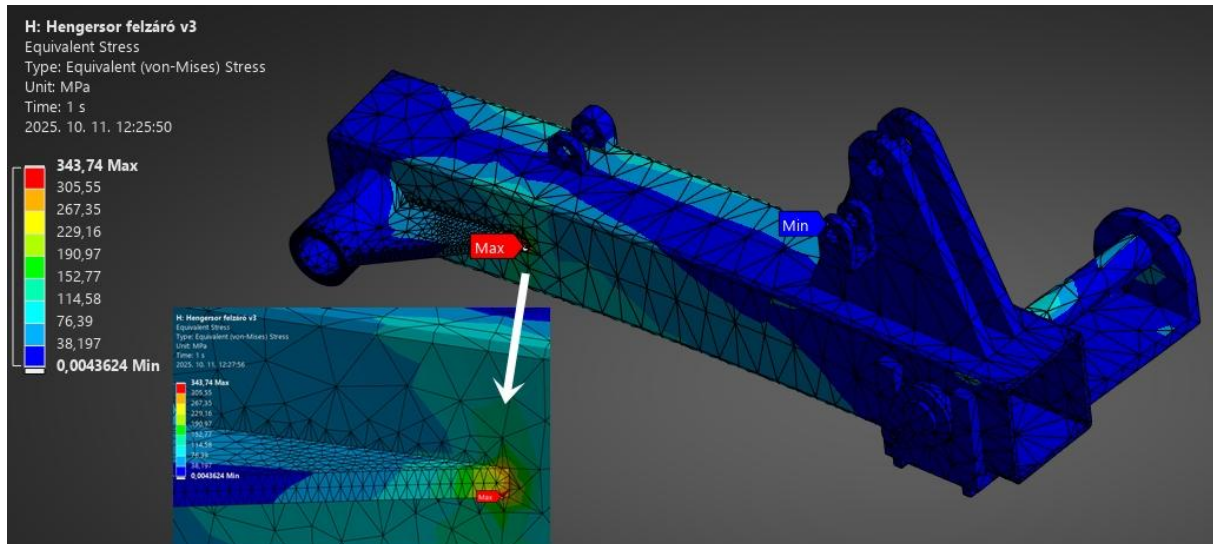
#### 4.4.1. Munkavégzés közben keletkező feszültségek



4.11. ábra - Hengersor felzárót terhelő erők, nyomatékok

A nagy igénybevételek miatt több változtatást is kellett végezni ezen a szerkezeti elemen. A 4.11. ábra szemléltet a terheléseket. A hengerek oldaláról 40 mm átmérőjű tengely viseli el a terhelést, a váz oldaláról pedig  $d = 50$  mm-re volt szükség megnövelni ezt. Ahogy az látható a 13.4. ábra, a perselyezésnél 350+ MPa a redukált feszültség, ami nem felel meg, tehát a váz oldaláról meg kellett hosszabbítani a perselyezést és kitámasztani a menetirányban fellépő hajlítások ellen. Jelen esetben a maximális redukált feszültség 340 MPa, de ez a feszültség pontszerű, mivel nem modelleztem a hegesztési varratokat. Várhatóan a varrat lecsökkenti ezeket a pontszerű feszültségeket, tehát ettől ellehet tekinteni. A kritikus feszültségű helyeken az elemméretet 2mm-re finomítottam.

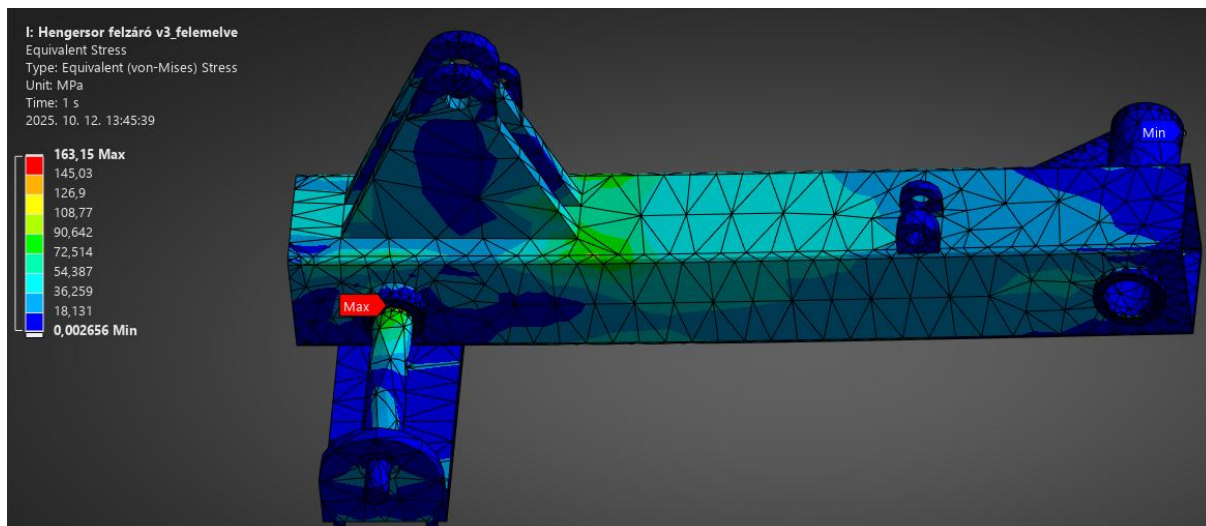
A reakcióerők ismeretében a perselybe való 50 mm átmérőjű C45 anyagból készült tengelyt is ellenőriztem, amely 310 MPa maximális redukált feszültséggel szintén megfelel a követelményeknek. A 13.8. ábra hasonlóan minden tengelybe zsírzófuratot terveztem a kenőanyag megfelelő helyre juttatása érdekében, továbbá a hengerpalástra is spirálhornyot gyártok a kenőanyag teljes felületen való eljuttatása érdekében.



4.12. ábra - Hengersor felzáró végső állapotban munkavégzés közben

#### 4.4.2. Felemelt (vízszintes) helyzetben keletkező feszültségek:

A felzáró zártszelvény kialakításából adódóan a kritikusabb pozíció a földtől felemelt vízszintes pozíció, amikor a munkahenger megemeli az egész szerkezetet. Ebben az esetben a tartónak kell viselnie a hengerek és az elmunkáló tömegét. Kéttámaszú tartóként funkcionáló megoldással van megtervezve a hengersor tartó oldala, különben túl nagy nyírófeszültség keletkezik a tengelyben. Ezen a csapon a tartó elforog a talajkopírozás érdekében. Ezt a kezdetleges 10 mm vastagságról 15 mm-re kellett növelni, hogy kisebb legyen a lehajlása. A munkahengerhez csatlakozó füleket is olyan geometriára kellett megtervezni, hogy megfelelő helyzetbe lehessen összezárni a szerkezetet és munka közben is még tudjon alkalmazkodni a talajhoz. A súlyerőkből adódó terhelések felvétele és a végeselemes analízis elvégzése után a 4.13. ábra láthatóak az eredmények. A szerkezeti egység megfelel az igénybevételeknek!



4.13. ábra - Hengesor felzáró felemelt helyzetben

#### 4.4.3. Szabványos munkahenger választása

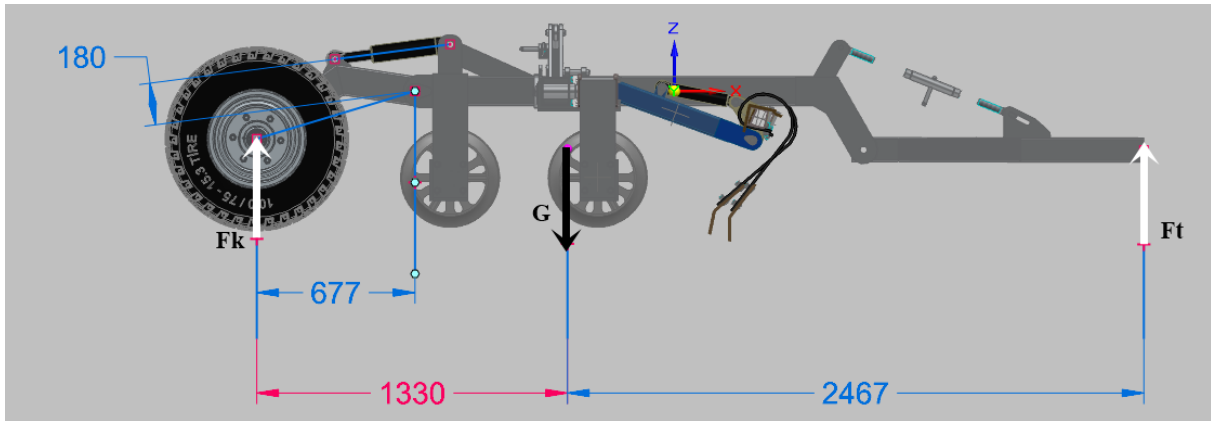
A számítások eredményeképpen a munkahengerhez kapcsolódó felzáró fül csapján  $F_H = 24800 \text{ N}$  reakcióerő ébred, tehát legalább  $25000 \text{ N}$  szükséges. Az előző esethez hasonlóan ezt is a Trelleborg által készített hidraulika munkahenger méretező programmal számítottam ki, 13.2. ábra alapján a RosiTeh forgalmazótól választott szabványos munkahenger teljesítménye megfelel a minimum követelményeknek, ennek mérete: 50/30-300.

#### 4.5. Emelőszerkezet méretezése

A váz méretezése előtt szükséges még meghatározni a hátsó emelőszerkezetből következő reakcióerőket. A SolidEdge tervezőprogram alapján meghatároztam a súlypontot, 4.14. ábra szerinti módon oszlik el a Cambridge henger komplett súlya ( $G = 20000 \text{ N}$ ) a traktor ( $F_t$ ) és a hátsó kerék ( $F_k$ ) között. A számítás a következők alapján ment végbe :

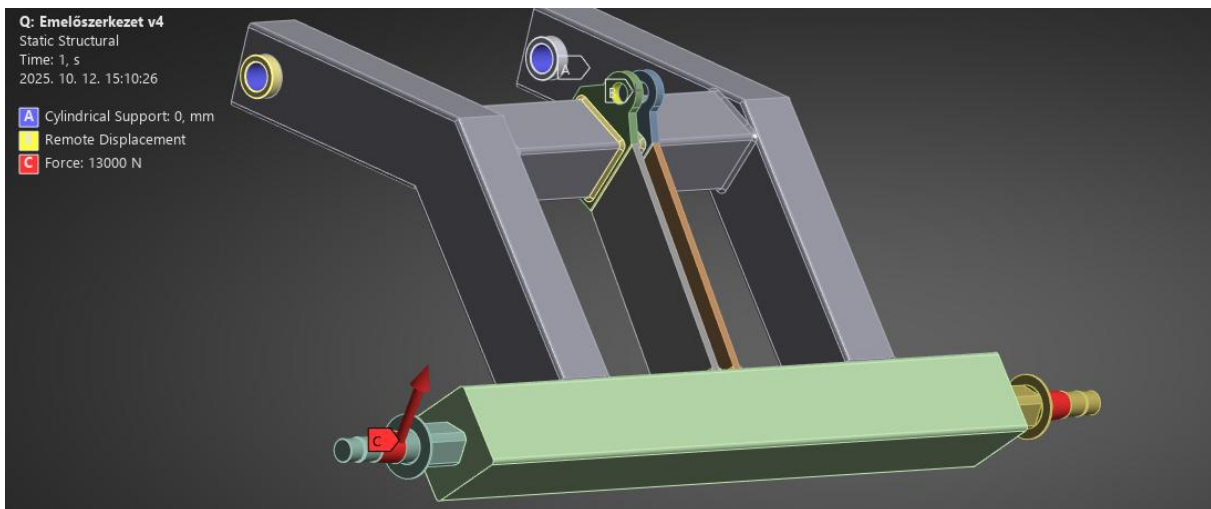
$$\sum M_{traktor} = 0 = 2467 \cdot G - 3797 \cdot F_k \quad (4.3.)$$

$$F_k = \frac{2467 \cdot G}{3797} = 13000 \text{ N} \quad (4.4.)$$



4.14. ábra – Cambridge henger vázszerkezet súlyának eloszlása

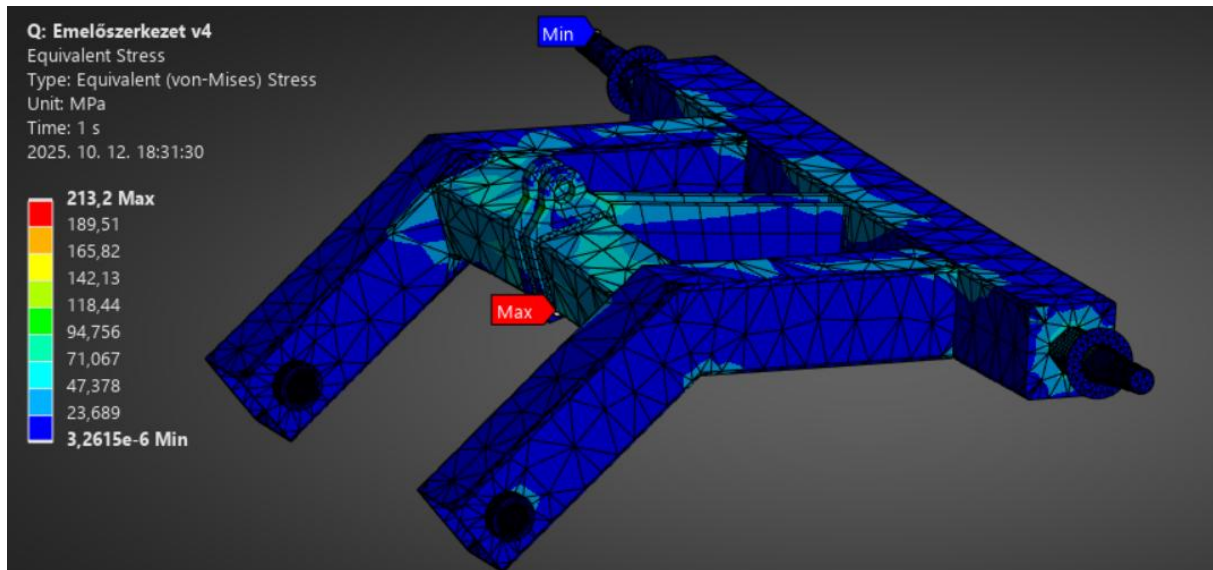
Munkavégzés közben a kerék teljesen felvan emelve a földtől, ez a kedvezőbb eset terhelés szempontjából, mivel csak a kerék és az acélszerkezet súlyát kell tartania, a kritikusabb pozíció szállítási módban van, ahol az emelőszerkezetnek 13000 N terhelést kell elviselnie. Ezek alapján a terhelő erőket és a befogási pontokat a 4.15. ábra szemlélteti, „A” pontban perselyezés, „B” pontban pedig a munkahenger bekötési pontja található.



4.15. ábra - Emelőszerkezet terhelései

Az első verzióban 120x100x5 zártszelvény volt alkalmazva mindenhol, de a számítások alapján ezeket anyagtakarékosság céljából 100x100x5 méretűre csökkentettem, mert csak a keresztben elhelyezkedő zártszelvény a kritikusak igénybevétel szempontjából, mivel ezt próbálja elcsavarni a munkahenger a szerkezet emelése közben. Kezdetben a 13.6. ábraán láthatóan nem volt kitámasztva az alsó zártszelvényhez ez a gépelem és túl nagy (480 MPa) feszültségek keletkeztek a hegesztéseknél. Ennek javítása érdekében a sarkokat egy-egy háromszöggel megerősítettem, de ez sem bizonyult a legjobb megoldásnak a végelem módszer szerint.

A keresztzártszelvényen található munkahenger csatlakozó acéllemez két darab laposacéllal megtámasztottam az alsó összekötő keréktartó konzollal, ahogy azt a 4.16. ábraán is látszik, így elkerülhető volt a túl nagy feszültség. Ezen felül a kerékagyaknak 50x50 mm méretű négyzetacél konzoljuk van, amit oldalanként 2-2 db 100x100x5-ös zártszelvénybe illő lézervágott acéllemezrel ültettem be a zártszelvénybe, így kiküszöbölhető a hajlító igénybevételből származó káros feszültség. Tehát maximálisan 213 MPa a számított redukált feszültség az ábrán látható helyen az S355 anyagminőségű szerkezetben, ami megfelelő!



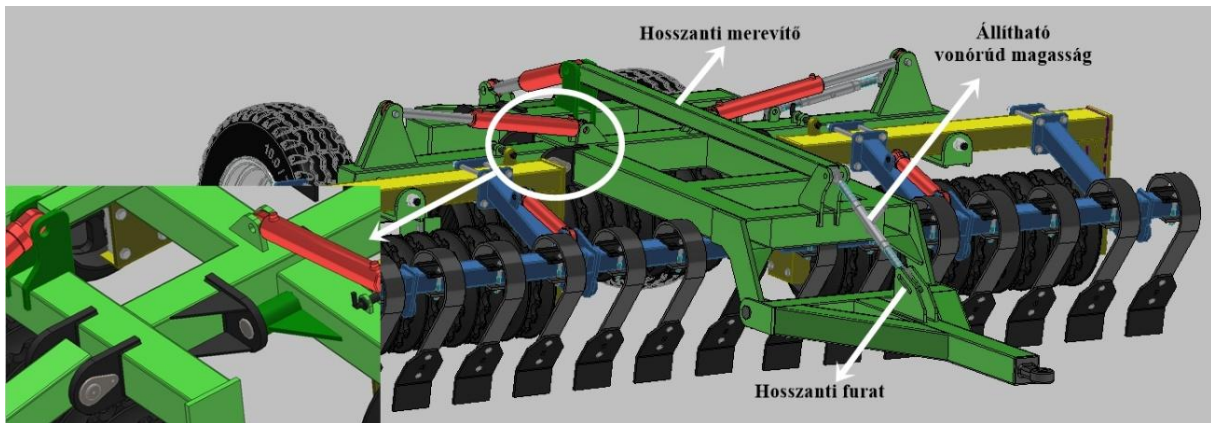
4.16. ábra - Emelőszerkezet végső konstrukciójában ébredő redukált feszültség

#### 4.5.1. Szabványos munkahenger választása

A számítások eredményeképpen a munkahengerhez kapcsolódó konzol csapján  $F_H = 40000\text{ N}$  reakcióerő ébred, tehát legalább ekkora erő szükség a szerkezet zavartalan működtetéséhez. Ezt manuális számítással három erő egyensúlyával ellenőriztem. A 13.3. ábra alapján a RosiTeh forgalmazótól választott szabványos munkahenger teljesítménye megfelel a minimum követelményeknek, ennek mérete: 60/40-150.

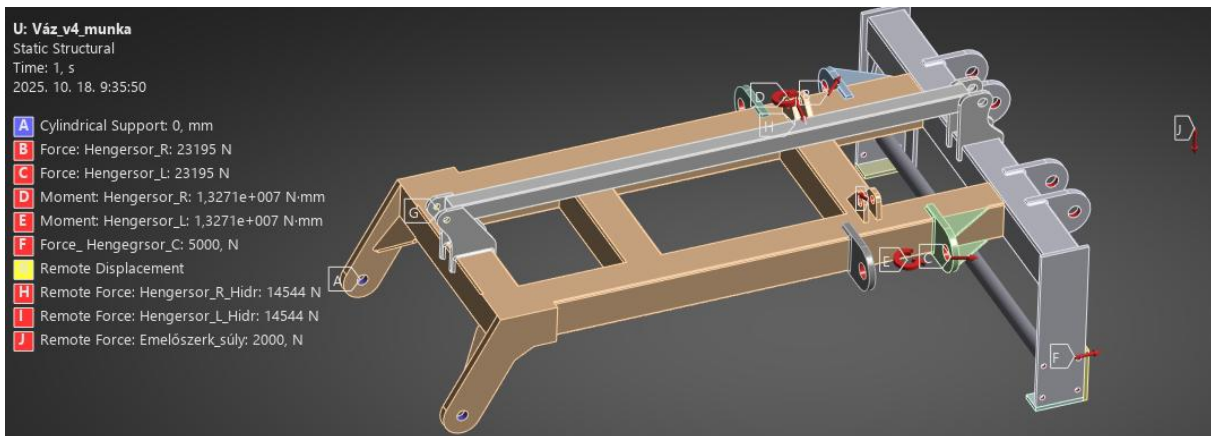
#### 4.6. Fő vázszerkezet méretezése

Tervezésem során eddig kiszámolt reakcióerők alapján elegendő információval rendelkezem, hogy a fő vázszerkezetet méretezni tudjam. Ebben az esetben is szükséges három pozícióban ellenőrizni a szerkezetet, ahogy az előző esetekben. Itt a szállítási helyzet bemutatásától eltekintek, mivel munkahelyzetben és vízszintesen felemelt helyzetben számottevőbb feszültségek keletkeznek a szerkezetben. A 4.17. ábra mutatom be a végső állapotú vázszerkezet főbb részeit.



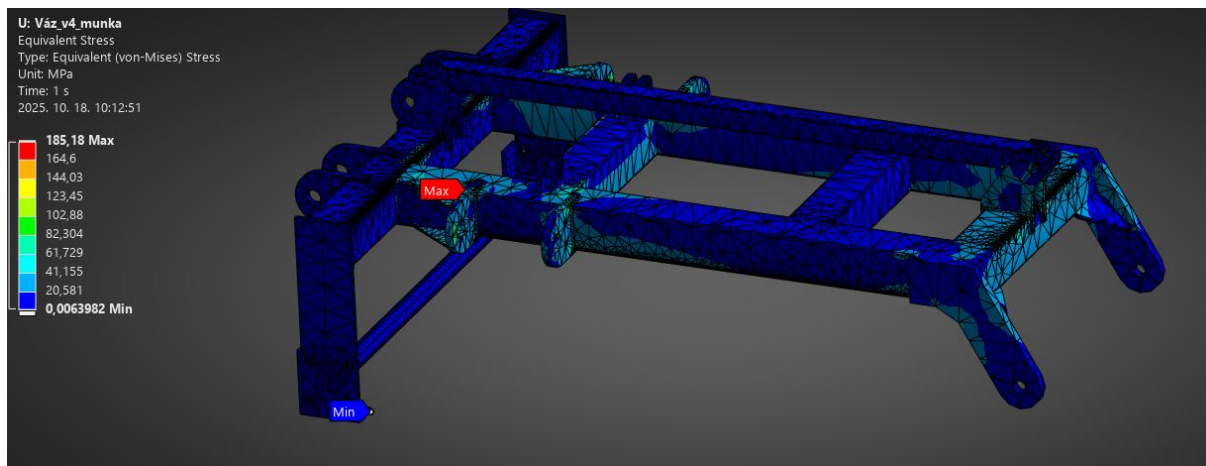
4.17. ábra - Vázszerkezet bemutatása

#### 4.6.1. Munkavégzés közben



4.18. ábra - Vázszerkezet terhelései

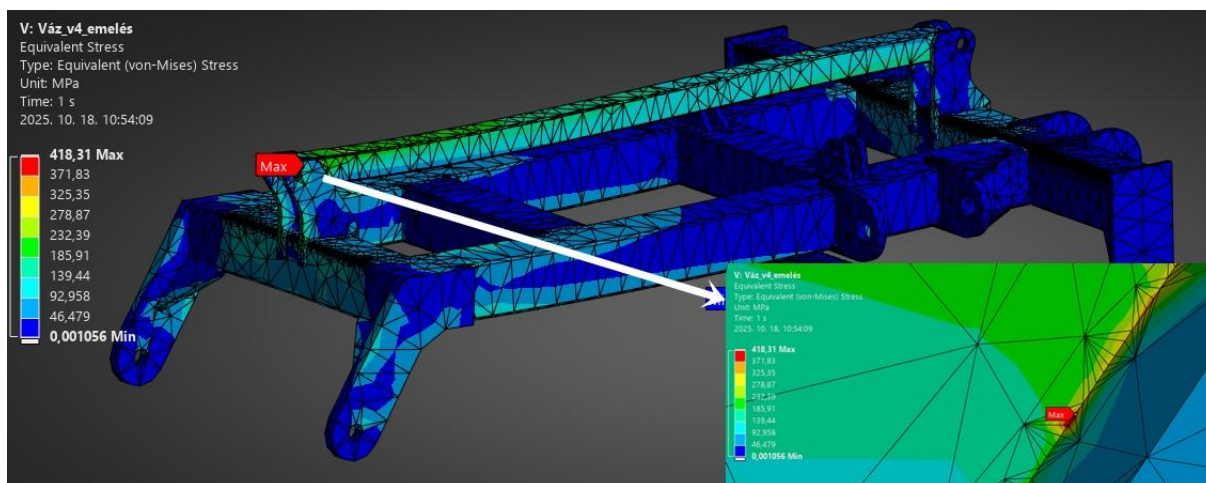
A vázszerkezetre a 4.18. ábraán látható terhelések hatnak munkavégzés közben. Többféle szerkezeti módosítás, merevítés után jutottam el a végső állapothoz, amely a végeleemes számítások szerint megfelelőnek bizonyult. A 13.7. ábra szemléltetem a kezdetleges vázat. Itt látható, hogy 500 MPa feletti redukált feszültség lépett fel a váz több pontjában is, ezért a hengesor tartó füleket is szükséges volt merevíteni, mert a munkavégzés közbeni terhelések túlzott deformációt okoznak. Végül pedig a 4.19. ábra mutatom be a szimuláció eredményét, amelyből látszik, hogy 185 MPa maximális redukált feszültség ébred a hengertartó fül egy pontjában, ez majdnem kétszer kevesebb, mint az az anyag folyáshatára.



4.19. ábra – Munkavégzés közben a vázszerkezetre végzett szimuláció eredménye

#### 4.6.2. Emelési helyzetben

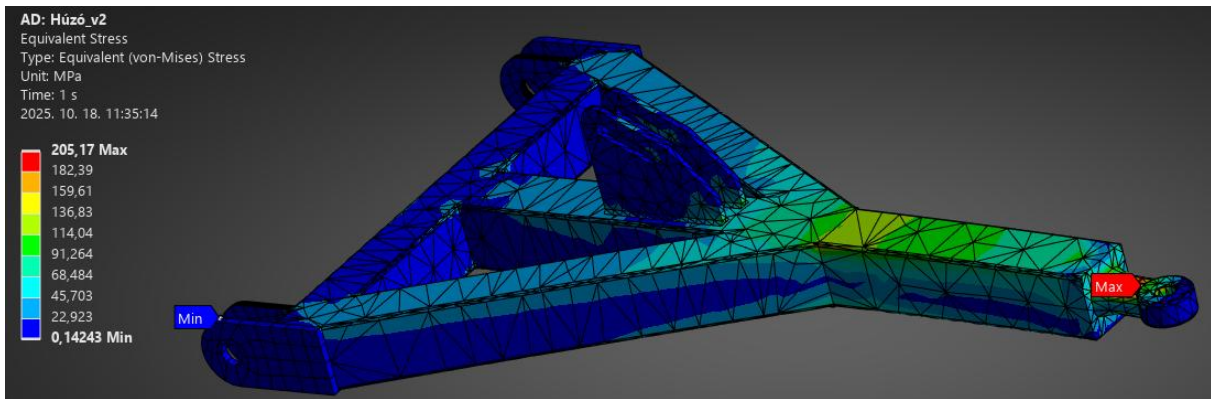
Kimondottan kritikus helyzet, amikor a munkaeszközt a hátsó emelőszerkezettel elemeljük a talajtól. Ekkor a vázszerkezet kéttámaszú tartóként modellezhető, mivel hátul a kerekeknél támaszkodik fel egy ponton, illetve a traktor vonószerkezetén. Ebből az okból kifolyólag kellett ezt a két pontot a váz felett összekötni egy zártszelvényvel, a 13.7. ábra is ez következik, ahol a merevítés még nem volt megtervezve. Jelen esetben a maximális redukált feszültség 420 MPa, viszont ahogy az a 4.20. ábra is látható, ez pontszerű terhelés, mivel nem modelleztem a hegesztési varratokat. Tehát ettől jelen esetben eltekintek, mivel a váz többi keresztmetszetén megfelelnek a redukált feszültségek és várhatóan a hegesztési varrat lecsökkenti ezeket a pontszerű feszültségeket.



4.20. ábra - Emelési helyzetben a vázszerkezetre végzett szimuláció eredménye

#### 4.7. Vonószerkezet méretezése

A Cambridge-henger tervezésének utolsó lépése a vonószerkezet szimulációja volt. A 4.6.1. fejezetben bemutatott munkavégzés közben keletkező reakcióerők ismeretében el tudtam végezni ezt a feladatot. Ebben az esetben vannak a legnagyobb terhelések a vonószerkezetre, ezért ezt mutatom be. A 4.21. ábra látható, hogy a vázszerkezethez egy állítható támasztóorsóval van csatlakoztatva a vonószerkezet, amely egy hosszanti furatban van bekötve. Az állíthatóságra azért volt szükség, hogy a különböző vontatási magasságú erőgépekhez, munkagépekhez könnyen beállítható legyen a munkaeszköz. A hosszanti furat pedig azt a célt szolgálja, hogy a talajegyenetlenségeket könnyebben letudja győzni a henger anélkül, hogy az a munkaminőség rovására menne. A maximális redukált feszültség 205 MPa, ami a vonószemben ébred, ez szabványos alkatrész és nagyobb terhelések elviselésére is alkalmas.



4.21. ábra - Vonószerkezeten végzett végeelem szimuláció eredménye

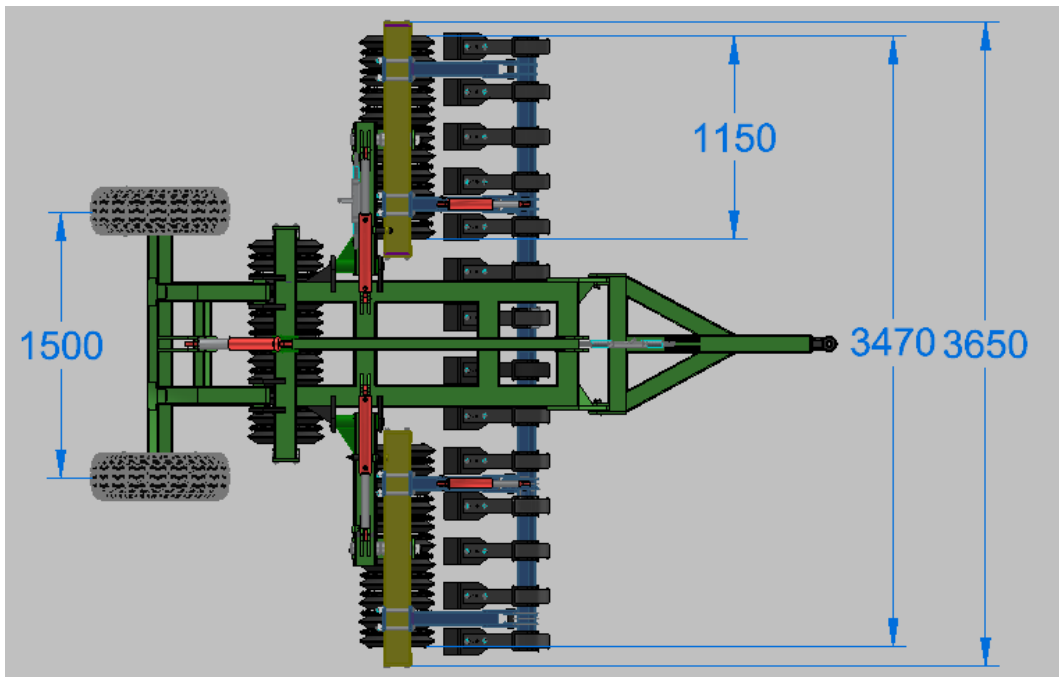
Végül a szimuláció eredménye azt mutatja, hogy a vonószem persely részén  $F = 30 \text{ kN}$  erő ébred, tehát legalább ekkora vontatási erőre van szükség a Cambridge hengerhez 5-6 cm mélységben dolgozó Cross-Board simítóval munkavégzés közben. Ezt vontatási teljesítményre átszámolva a következő értéket kapjuk körülbelül  $v = 2,77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  ( $= 10 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ) sebességgel számolva:

$$P_v = F \cdot v = 30000 \cdot 2,77 = 83100 \text{ W} = 83,1 \text{ kW} \approx 110 \text{ LE} \quad (4.5.)$$

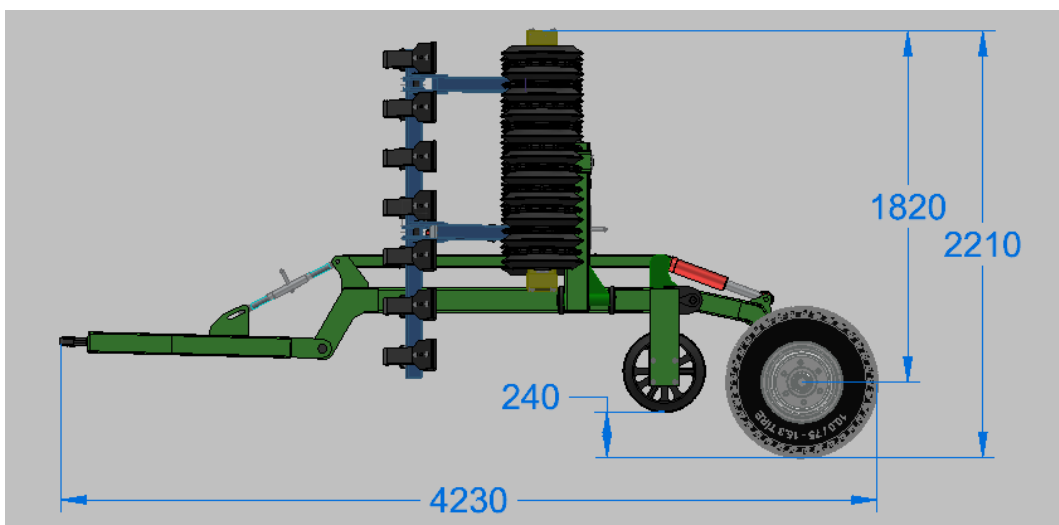
Az fejlesztés kezdetén a Cambridge henger vázszerkezetére ható terheléseket egy biztonsági tényezővel növeltem meg, amelyből következik, hogy véleményem szerint egy kisebb teljesítményű 75 kW (100 LE) traktor is képes munkát végezni ezzel a munkaeszközzel, de egy 82 kW (110 LE) teljesítménnyel rendelkező traktor nagy biztonsággal képes vontatni a meghatározott mélységben.

#### 4.8. A henger főbb paramétereit

A 4.22. ábrán látható a henger felülnézeti képe, jelölve a teljes szélesség, hasznos munka szélesség, egy hengertagnak a szélessége, illetve a nyomtávolság. A 4.23. ábrán pedig a hengert szállítási pozícióban mutatom be, maximális magassága kiemelt állapotban 2200 mm, teljes hossza pedig 4230 mm. A munkaeszköz becsült tömege körülbelül 2000 kg lesz a Solid Edge tervezőprogram számítása alapján. Ezek alapján választottam ki a 10/75-15.3 10PR járókerekeket, melyek egyenként 1500 kg teherbírással rendelkeznek, a kompatibilis kerékagy szintén szabványos gépelem, amely hasonló paraméterekkel rendelkezik.



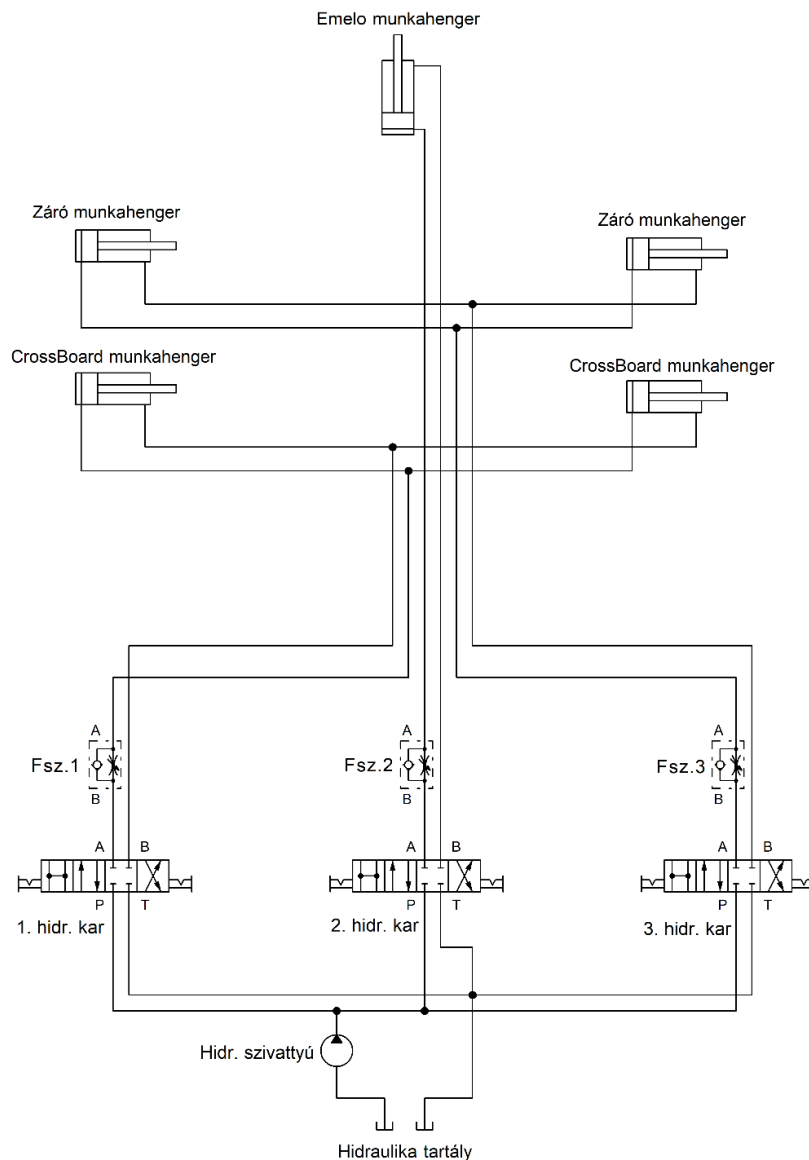
4.22. ábra - Tervezett Cambridge henger felülnézete



4.23. ábra - Tervezett Cambridge henger oldalnézete

#### 4.9. Hidraulika rendszer tervezése

A hidraulikus munkahengerek kiválasztása során említettem, hogy a Belarus traktor hidraulika szivattyúja körülbelül 18 MPa üzemi hidraulikus nyomást képes létrehozni. A kopásból, elhasználódásból adódóan egy biztonsági tényező figyelembevételével csak 15 MPa nyomással számolok a továbbiakban. A kiválasztott munkahengerek ismeretében el a 4.24. ábra látható kapcsolási rajzot. A traktor 3db 4/4-es kézi működtetésű útváltószelepekkel van szerelve, 4 féle pozíciója van a hidraulika kar állásának: emelés, áramlás zárás(alapállás), süllyesztés, úszó. Korábbi tervezési tapasztalatam alapján a munkahengerek sebességének lassabb, precízebb működtetéséhez minden kapcsolási körben a pozitív működtetés irányába szükség van beszerezni egy-egy fojtószelepet és körülbelül felére csökkenteni az áramlás sebességét.



4.24. ábra - Hidraulikus kapcsolási rajz

## 5. Az elméleti koncepció megvalósítása

A tervezésem során folyamatosan ügyeltem arra, hogy egyszerűen gyártható legyen a szerkezet és ne tartalmazzon bonyolult alkatrészeket, amelynek a megmunkálása, hegesztése és beszerzése idő- és költségigényes. Ahogy azt a bevezető részben is említettem, a Cambridge henger vázszerkezetének a gyártását is én magam végzem el az otthoni műhelyemben. A gyártásnak és az anyagbeszerzésnek csak azután volt értelme nekiállni, miután a végeelem szimulációval végeztem és a teljes szerkezet megfelel az igénybevételnek, nincs szükség sehol módosításra.

### 5.1. Anyagbeszerzés

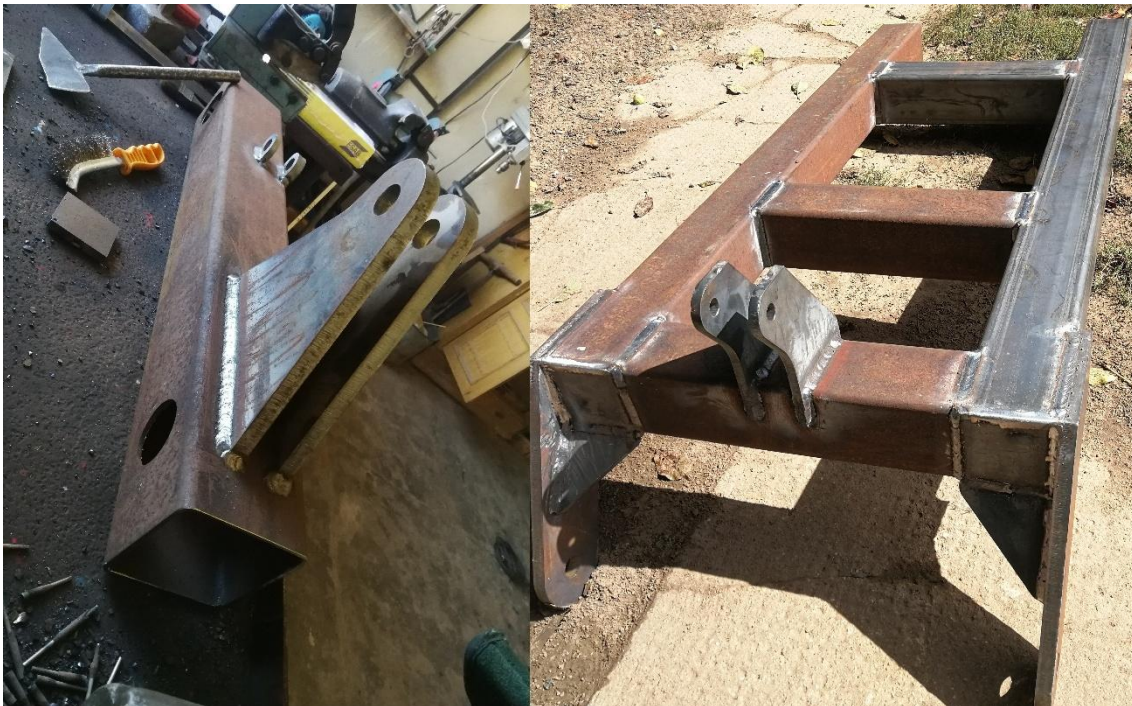
A teljes szerkezet anyagigényének ismeretében beszereztem a szükséges vasanyagot és szerkezeti kötőelemeket, munkahengereket. A zártszelvények anyagminősége S355, mennyiségük a 7. táblázat láthatóak részletesen. A vázszerkezethez szükség van perselyekre és rúdanyagokra is, melyek anyagminősége C45, ezeknek a mennyisége a 8. táblázat szerint alakult. A hengerek tartó perselyek és az ezzel kompatibilis tengelyek nemesítő hőkezelés alá vannak vetve a nagyobb szívósság érdekében. Lemezalkatrészek lézervágással készültek, amelyet a MAGIC F+C Kft. gyártott le nekem, ezért erről pontos táblamérettel nem rendelkezem.

A Cambridge gyűrűket nem kellett beszerezni, mert rendelkezésre álltak a saját gazdaságomban. Fontos megemlíteni, hogy a CrossBoard elemekből csak egy komplett szettet (Tartó rugó + simítótalp + kengyel) vásároltam, ezen felül pedig 13 darab rugós tagot. Erre azért volt szükség, mert a kengyel és a simítótalp esetében az egyedi gyártás mellett döntöttem. Az előbbire költséghatékonyság miatt volt szükség, az utóbbi esetben pedig tesztelésem során többféle változatot szeretnék összehasonlítani. Ez alá tartozik, hogy vizsgálom az élettartamot az eredeti simítótalphez képest hány üzemórát képes üzemelni az élkefémmel felhegesztett, nemesített, S355 szerkezeti acél és a hardox acél változat.

## 5.2. Vázszerkezet gyártása

A hegesztést egy Centroweld bevont elektródás (MMA) hegesztőinverterrel végeztem. A rutilos bevonatú elektróda típusa, pedig ESAB OK 46.16. Az 5mm-nél nagyobb vastagságú anyagoknál és főként a sarokvarratoknál 3.25 mm átmérőjű elektródát alkalmaztam a megfelelő áramerősség (tapasztalati értékek alapján  $I = 130 \text{ A}$ ) beállítása mellett, az ettől vékonyabb lemezeknél, pedig 2.5 mm átmérőjű elektródát ( $I = 85 \text{ A}$ ).

A szerkezet összeállításának menetét a tervezés és végeelem szimulációhoz hasonló sorrendben végeztem el. Először összeállítottam az elmunkáló részt tartó konzolokat, majd folytattam a hengersor tartókkal és a vázszerkezettel, az utóbbi két szerkezeti elemet az 5.1. ábra szemlélteti.



a)

b)

5.1. ábra - a) Hengersor felzáró, b) Hegesztett fő vázszerkezet

Kimondottan kritikus szerkezeti egység az 5.2. ábra bemutatott hengersor tartó fülek hegesztése. Ügyelni kell rá, hogy a hegesztés során ne deformálódjanak az alkatrészek egymáshoz képest, mivel akkor nem fog megfelelően illeszkedni bele a tenger és a perselyezett zártszelvény sem áll a megfelelő pozícióban, tehát káros feszültségek is keletkezhetnek munkavégzés során. De a hegesztés szilárdságának, a varrat beégésnek megfelelőnek kell lennie, mivel ez az egyik kulcsponthoz a hibamentes üzemeléshez.



*5.2. ábra - Hengersor tartó fül hegesztése*

A tengelyek és perselyek esztergálását szintén én végeztem el egyetemes esztergagépen. Az illesztések rendszerint lazára voltak méretezve ennél a szerkezetnél, mivel az esetleges hegesztési pontatlanságot így tudtam kiküszöbölni és a lényeg, hogy könnyen mozogjon a tengely-persely kapcsolat és ne feszüljön be a mozgások során. De ahogy azt a tervezés fejezetben is említettem, minden tengelyen zsírzófurat van kialakítva a kenőanyag biztosítása érdekében. Fontos megjegyezni, hogy a henger vázszerkezete a diplomamunka készítés során még a gyártás és a funkciótesztelés érettségi szintjén van, várakozásaim szerint a tél folyamán elkészül és a tavaszi munkálatok során használható állapotban lesz.

## 6. Karbantartási utasítás

Ahhoz, hogy a Cambridge henger hibamentesen több évig értékes segítséget nyújtson a földeken, a következő karbantartási és ápolási munkákat szükséges elvégezni rajta:



6.1. ábra - Karbantartási útmutató (Vogel&Noot, Axiál Kft.)

- I. A kötőelemeket az első használat után ellenőrizni és mindenképpen után húzni. Ezután minden 10 üzemóra után felülvizsgálni és szükség esetén után húzni.
- II. A minél hosszabb élettartam elérése érdekében a kenési helyeket 20 üzemóránként rendszeresen ellenőrizni és után kenni.
- III. Az elkopott simítótalpakat időben kicserélni, hogy a rugós szárakban ne okozzon kárt. Ugyanez az eljárás érvényes a többi kiegészítőre, mint például a hengertartó perselyezések is.
- IV. Folyamatosan kell ellenőrizni a hidraulikus nagynyomású vezetékeket. A csatlakozókat minden esetben tisztán kell csatlakoztatni, használat után a védőkupakokat felkell helyezni. Meghibásodott, megtört vezetékeket azonnal cserélni kell a helytelen működés és baleset elkerülése érdekében.
- V. Használat után ügyelni kell rá, hogy a fényes felületeket korrózió ellen védeni kell. Továbbá a hidraulikus vezetékeket és a gumikat védeni kell a napsugárzástól.

## 7. Összefoglalás

A mezőgazdaság megállíthatatlan fejlődésével folyamatosan szükség van újabb innovációkra és fejlesztésekre. Ezen felül napjainkban nagy figyelem fordítódik az éghajlatváltozás okozta szárazságra, ezért minden földműves arra törekszik, hogy a párolgást és a vízvesztést minél jobban minimalizálja. A mezőgazdasági gépgyártók pedig próbálják kielégíteni a gazdák igényeit. Jelen esetben én is hasonló problémákkal állok szemben a saját gazdaságomban, ez vezérelt arra, hogy egyedi igények alapján Cambridge henger vázszerkezet tervezésébe kezdjek, a másik oka pedig, hogy korábban is terveztem és gyártottam makett mezőgazdasági traktorokat és nagy érdeklődéssel tekintek a téma iránt. Ebből kifolyólag a szerkezet gyártása is az én feladatkörömbe tartozik, amely egy jó kihívást jelent a makett gyártások után.

Szakirodalmi kitekintésemben bemutattam, hogy miért fontos a talaj tömörítése, már az 1800-as években is foglalkoztak ezzel a problémával. Elemeztem a különböző hengertípusokat, hogy melyik milyen hatással van a talajra és ezek alapján választottam ki legmegfelelőbbet a feladat elvégzésére, ezen felül áttekintettem a jelenleg leghatékonyabb simító, szántáselmunkáló rendszereket. Végül pedig konkurencia analízist végeztem a mezőgazdasági gépgyártók által forgalmazott elmunkáló-tömörítő hengerekkel kapcsolatban.

Tervezésem során először meghatároztam az egyedi céljaimat és igényeimet a hengerrel kapcsolatban. Ezek alapján többféle lehetséges koncepciót is felvázoltam és ismertettem ezeknek az előnyeit, hátrányait. A kiválasztott pontos tervek alapján megterveztem a Cambridge gyűrűs henger vázszerkezetét, amelyet végeelem módszerrel is ellenőriztem, hogy megfelelő szilárdságú munkagépet tudjak gyártani, amely eleget tesz az igénybevételeknek. A szerkezet tervezése során nehéz feladatot jelentett, a legegyszerűbb, leghatékonyabb konstrukció kialakítása, több koncepció is elvetésre, átervezésre került, amelyekről nem tekintek el 100%-ban. Jelenleg a munkaeszköz részegységeinek funkcionális tesztelése megtörtént. Az összeszerelés és a komplett gép végső funkcióvizsgálata után terveim közé tartozik, hogy a hengert tartós üzemi teszteknek vessek alá adott körülmények között és összehasonlításokat végezzek a különböző alkatrészek, gépelemek között. Tanulmányaim során és annak befejeztével is mezőgazdasági gépek tervezésével szeretnék foglalkozni.

## 8. Summary

With the unstoppable development of agriculture, there is a constant need for new innovations and developments. In addition, nowadays, great attention is paid to drought caused by climate change, so every farmer strives to minimize evaporation and water loss as much as possible. Agricultural machinery manufacturers are trying to meet the needs of farmers. In this case, I am also facing similar problems on my own farm, which led me to start designing a Cambridge cylinder frame structure based on individual needs, and the other reason is that I have previously designed and manufactured model agricultural tractors and I am very interested in the topic. Therefore, the manufacture of the structure is also part of my responsibilities, which is a good challenge after the model production.

In my literature review, I presented why soil compaction is important, this problem was already addressed in the 1800s. I analyzed the different types of rollers, what effect each has on the soil, and based on these, I selected the most suitable one for the task. In addition, I reviewed the currently most effective leveling and plowing systems. Finally, I conducted a competitive analysis of the tillage and compaction rollers sold by agricultural machinery manufacturers.

During my design, I first defined my individual goals and requirements for the roller. Based on these, I outlined several possible concepts and explained their advantages and disadvantages. Based on the selected precise designs, I designed the frame structure of the Cambridge ring roller, which I also checked with the finite element method in order to manufacture a machine with adequate strength that meets the demands. During the design of the structure, it was a difficult task to create the simplest, most efficient construction, several concepts were discarded and redesigned, which I do not disregard 100%. Currently, the functional testing of the components of the work tool has been completed. After the assembly and the final functional testing of the complete machine, my plans include subjecting the roller to long-term operational tests under given conditions and making comparisons between the various parts and machine elements. During my studies and after their completion, I would like to deal with the design of agricultural machines.

## 9. Irodalomjegyzék

- [1] Agroinform, Letöltve: <https://www.agroinform.hu/> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [2] AXIÁL WebShop, Letöltve: <https://webshop.axial.hu/> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [3] BG Invest Kft., Letöltve: <https://nyirtz.hu/> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [4] Birkás Márta, Földművelés és földhasználat, Budapest: Mezőgazda Kiadó, 2006.
- [5] Dr. Molnár Tamás Géza, (2016) Növényházak létesítése 9.Olvasólecke, Letöltve: <http://eta.bibl.u-szeged.hu/Növényházak-létesítése-9.Olvasólecke> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [6] Gurmai László, (2015) Vontatmányra ható, terepen és próbapályán létrejövő igénybevételek összehasonlító elemzése, Letöltve: [http://real-phd.mtak.hu/1179/1/Gurmai\\_Laszlo\\_PhD\\_DOI.pdf](http://real-phd.mtak.hu/1179/1/Gurmai_Laszlo_PhD_DOI.pdf) (Utolsó letöltés: 15/10/2025).
- [7] HE-VA Hengerek, (2017) Tip-Roller A hengerezés új szintje, Letöltve: [https://www.he-va.com/media/7545/hu-hu\\_bro\\_tip-roller.pdf](https://www.he-va.com/media/7545/hu-hu_bro_tip-roller.pdf) (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [8] KITE Zrt., (2025) Vonófejrendszerek, Letöltve: <https://www.kite.hu/alkatresz-szerviz/traktoralkatreszek/vonofejrendszerek/68/560> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [9] Laib L., Terepen mozgó járművek, Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Ház Rt., 2002.
- [10] Maknics Zoltán et al., Mezőgazdasági alapismeretek, Budapest: Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, 2010.
- [11] Museum State Illinois, (2008) Patent Models: Improvement on Combined Roller and Harrow, Letöltve: <https://www.museum.state.il.us/agriculture/models/roller.html> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [12] NorAnTech, (2024) Tömörítő hengerek, Letöltve: <https://norantech.hu/tomorito-hengerek/> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [13] Quivogne (2025) Rollmot henger simítóval, Letöltve: <https://quivogne.hu/termekek/rollmot-henger-simitoval/32> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [14] RosiTeh, Letöltve: <https://www.rositeh.hu/hidraulikus-henger-hole-40-25-200> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [15] SATEX, (2024) Cambridge, Topper, Letöltve: <https://www.satex-ada.com/index.html> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).

- [16] Sipos Gábor, Földműveléstan, Budapest: Mezőgazdasági Kvk., 1966.
- [17] Sitkei György, A mezőgazdasági gépek talajmechanikai problémái, Budapest: Akadémia Kiadó, 1967.
- [18] Szabó Bálint, Szántáselmunkáló tervezése gyűrűshengerhez szakdolgozat, MATE, 2025
- [19] Tímár Vaskereskedelmi Kft., Letöltve: <https://timarvasker.hu/> (Utolsó letöltés: 25/10/2025)
- [20] Trelleborg, Hydraulic System Calculator, Letöltve: <https://www.trelleborg.com/hu-hu/seals/resources/design-support-and-engineering-tools/hydraulic-system-calculator> (Utolsó letöltés: 25/10/2025)
- [21] Väderstad Group, (2024) Rollex 450-650, Letöltve: <https://www.vaderstad.com/hu/talajmveles/rollers/rollex> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [22] VAgro, (2025) Csillaggyűrűs-hengerek, Letöltve: <https://vagro.hu/csillaggyurus-hengerek/> (Utolsó letöltés: 25/10/2025).
- [23] Vogel & Noot, Farmer-L 3S Kezelési utasítás és alkatrészlista, Letöltve: [https://www.agroinform.hu/\\_eke\\_farmer\\_1.pdf](https://www.agroinform.hu/_eke_farmer_1.pdf) (Utolsó letöltés: 31/10/2025)
- [24] Zsáry Árpád, Gépelemek, Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, 1989.

## 10. Ábrajegyzék

2.1. ábra - Kombinált hengergép (a – felülnézet, b – oldalnézet).....	7
2.2. ábra – Hengertípusok (Birkás, 2006) (a – sima, b – gyűrűs, c – csillagos, d – Cambridge, e – Crosskill, f – Campbell).....	10
2.3. ábra - Vontatott henger (NorAn) .....	12
2.4. ábra - Cambridge henger felépítése (VAgro) .....	13
2.5. ábra – A henger talajra gyakorolt munkája.....	14
2.6. ábra - Hengerek besüllyedése (a) és vontatási ellenállása (b) (1kg = 1daN) (Sitkei, 1967) .....	15
2.7. ábra - CrossBoard simító (NorAn).....	16
2.8. ábra - DoubleKnife törökés (Väderstad) .....	17
2.9. ábra - Gumituskós csapágyazás (Väderstad).....	18
2.10. ábra - Cambridge henger talajkövetés (Väderstad).....	18
2.11. ábra - Quivogne által gyártott henger (Quivogne).....	19
2.12. ábra - Általános felépítésű henger (HE-VA) .....	20
2.13. ábra - HE-VA egyedülálló SAT felépítésű hengere (HE-VA).....	20
2.14. ábra - X-Press CT vázszerkezete (NorAn).....	22
3.1. ábra – Gazdaságomban megtalálható Cambridge henger .....	23
3.2. ábra - Fix vázszerkezetű henger (VAgro).....	26
3.3. ábra - Függőleges szállítási helyzetű váz (Satex) .....	27
3.4. ábra - Fő tartószerkezetes váz (NorAn) .....	28
3.5. ábra - Félig függesztett vonószerkezet (Satex).....	28
3.6. ábra - Hagyományos csapos vonófej (KITE Zrt.) .....	29
3.7. ábra – Golyós K80 vonószerkezet (NyírMTZ).....	29
3.8. ábra – Simító gerenda koncepció.....	30
3.9. ábra - Hidraulikus simító állítás .....	31
4.1. ábra - Cambridge henger vázszerkezet vázlat .....	34
4.2. ábra - Simító berendezés bemutatása.....	35
4.3. ábra - CrossBoard elmunkáló méretei .....	36
4.4. ábra - Kereszttartóban számított feszültségek .....	37
4.5. ábra - Elmunkáló tartó konzolban ébredő feszültségek.....	38
4.6. ábra - Crossboard simító szélső helyzetei.....	38
4.7. ábra - Hengesor tartóra ható terhelések .....	40
4.8. ábra - Hengesor tartóban számított redukált feszültségek .....	40
4.9. ábra - Hengesor tartó szállítási helyzeti terhelése (a) és számított feszültsége (b) .....	41
4.10. ábra - Hengesor felzáró bemutatása .....	42
4.11. ábra - Hengesor felzárót terhelő erők, nyomatékok.....	42
4.12. ábra - Hengesor felzáró végső állapotban munkavégzés közben .....	43
4.13. ábra - Hengesor felzáró felemelt helyzetben.....	44
4.14. ábra – Cambridge henger vázszerkezet súlyának eloszlása.....	45
4.15. ábra - Emelőszerkezet terhelései.....	45
4.16. ábra - Emelőszerkezet végső konstrukciójában ébredő redukált feszültség .....	46
4.17. ábra - Vázszerkezet bemutatása.....	47
4.18. ábra - Vázszerkezet terhelései .....	47
4.19. ábra – Munkavégzés közben a vázszerkezetre végzett szimuláció eredménye .....	48
4.20. ábra - Emelési helyzetben a vázszerkezetre végzett szimuláció eredménye.....	48
4.21. ábra - Vonószerkezeten végzett végeelem szimuláció eredménye .....	49

4.22. ábra - Tervezett Cambridge henger felülnézete .....	50
4.23. ábra - Tervezett Cambridge henger oldalnézete.....	50
4.24. ábra - Hidraulikus kapcsolási rajz .....	51
5.1. ábra - a) Hengesor felzáró, b) Hegesztett fő vázszerkezet.....	53
5.2. ábra - Hengesor tartó fül hegesztése .....	54
6.1. ábra - Karbantartási útmutató (Vogel&Noot, Axiál Kft.).....	55
13.1. ábra - Simító mélységállító munkahenger teljesítménye .....	66
13.2. ábra - Záró munkahenger teljesítménye .....	67
13.3. ábra - Kerék emelő munkahenger teljesítménye .....	67
13.4. ábra - Perselyezés körül keletkező káros feszültségek .....	68
13.5. ábra - Felzáró munkahenger teljesítménye .....	68
13.6. ábra - Emelőszerkezet nem megfelelő konstrukciója.....	68
13.7. ábra - Vázszerkezet első verziójában számított feszültségek .....	69
13.8. ábra - Hengesor felzáró tengely műhelyrajz .....	70

## 11.Nyilatkozatok

### NYILATKOZAT

#### a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kovács Ádám  
A Hallgató Neptun kódja: U43TTO  
A dolgozat címe: Többcélú simító és tömörítő talajművelő eszköz fejlesztése  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Gépszerkezettani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottnak tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

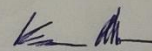
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Gödöllő, 2025 év 10. hó 27. nap



Hallgató aláírása

## Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

### 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Kovács Ádám
Neptun-kódja:	U43TTO
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input type="checkbox"/> BSc/BA <input checked="" type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	Diplomamunka készítés
A munka címe:	TÖBBCÉLÚ SIMÍTÓ ÉS TÖMÖRÍTŐ TALAJMŰVELŐ ESZKÖZ FEJLESZTÉSE

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

### 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

### 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

**I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)**

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Angol kifejezés pontos magyar fordítása	Scholar GPT 5	2.2 A gyűrűs hengerek történelmi áttekintője
Cambridge henger gyártással foglalkozó cégek keresése	Scholar GPT 5	2.9. Konkurencia analízis

**II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)**

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka **mellékletében való csatolása szükséges.**)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

### 3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: ..... Gödöllő ..... 2025. .... 10. .... hó 27. nap

.....

Hallgató aláírása

.....

Konzulens/Témavezető aláírása

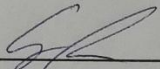
## NYILATKOZAT

Kovács Ádám (név) (hallgató Neptun azonosítója: U43TTO)  
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakedolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: Gödöllő, 2025. év 10. hó 27. nap

  
Dr. Gárdonyi Péter  
belső konzulens

## 12. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni belső konzulensemnek, Dr. Gárdonyi Péter egyetemi tanárnak, hogy munkájával segítette a diplomadolgozatom megalkotását.

Továbbá nagy köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Oldal István egyetemi docensnek, hogy kiváló szaktudásával és több évtizedes végeselem szimulációs tapasztalatával támogatta dolgozatom létrejöttét.

Ezen kívül köszönettel tartozok Szabó Bálintnak és Szabó Istvánnak a henger vázszerkezetéhez szükséges vasanyagban nyújtott nagy segítségükért.

Végezetül szeretném megköszönni az egyetem tanárainak, hogy kitartó munkájukkal hozzájárultak személyes tudásom gyarapításához és értékes, magas szintű ismereteket szerezhettem tanulmányaim során.

## 13.Mellékletek

4. táblázat: Kereszttartón ébredő reakcióerők

Reakció erők	Terhelés	Mértékegység
Fix konzol	667	N
Állító konzol	6827	N
Munkahenger	5392	N

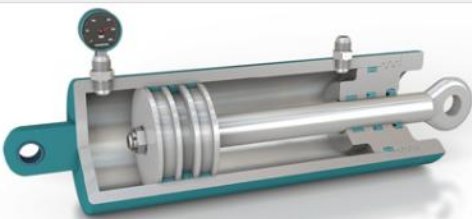
5. táblázat: Reakcióerők és nyomatékok a munkahengerrel szerelt konzolon

Reakciók	Terhelés	Mértékegység
Erő	12145	N
Nyomaték	436	Nm

6. táblázat: Reakcióerők és nyomatékok a fix konzolon

Reakciók	Terhelés	Mértékegység
Erő	667	N
Nyomaték	152	Nm

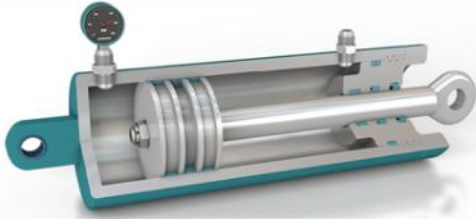
Σ Formula



Piston / Bore Diameter	40	mm	
Rod Diameter	25	mm	
Stroke	150	mm	
Pressure	15	MPa	
Oil Flow	65	lpm	
	Bore Side	Rod Side	
Area	12.5663	7.6576	cm <sup>2</sup>
Volume	0.18849555921	0.11486448139	l
Force	18849.5551	11486.4477	N

13.1. ábra - Simító mélységállító munkahenger teljesítménye

Σ Formula

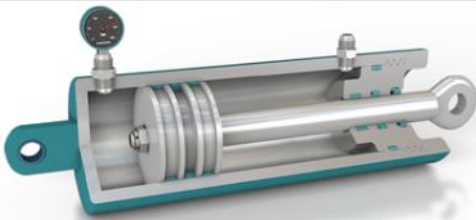


Piston / Bore Diameter	<input type="text" value="50"/>	mm	▼
Rod Diameter	<input type="text" value="30"/>	mm	▼
Stroke	<input type="text" value="300"/>	mm	▼
Pressure	<input type="text" value="15"/>	MPa	▼
Oil Flow	<input type="text" value="65"/>	lpm	▼

	Bore Side	Rod Side	
Area	<input type="text" value="19.6349"/>	<input type="text" value="12.5663"/>	cm <sup>2</sup> ▼
Volume	<input type="text" value="0.58904862254"/>	<input type="text" value="0.37699111843"/>	l ▼
Force	<input type="text" value="29452.4311"/>	<input type="text" value="18849.5559"/>	N ▼

13.2. ábra - Záró munkahenger teljesítménye

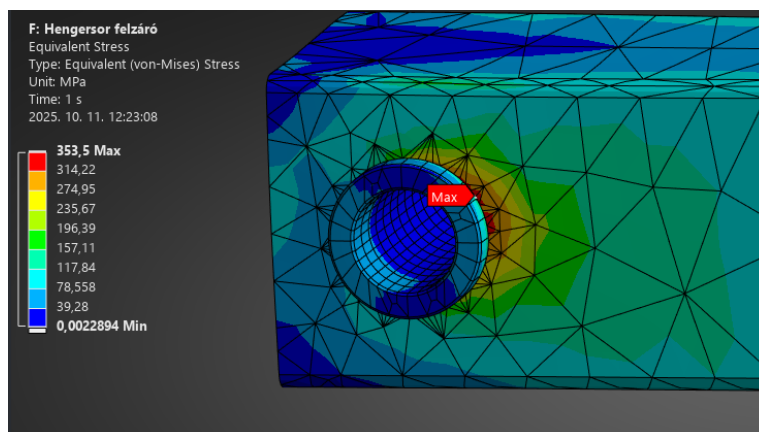
Σ Formula



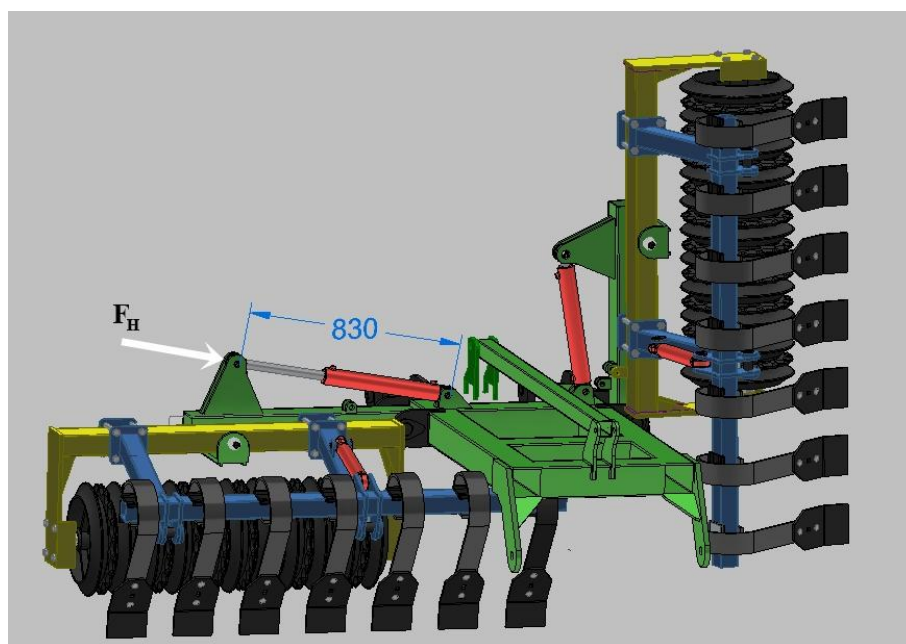
Piston / Bore Diameter	<input type="text" value="60"/>	mm	▼
Rod Diameter	<input type="text" value="40"/>	mm	▼
Stroke	<input type="text" value="200"/>	mm	▼
Pressure	<input type="text" value="15"/>	MPa	▼
Oil Flow	<input type="text" value="65"/>	lpm	▼

	Bore Side	Rod Side	
Area	<input type="text" value="28.2743"/>	<input type="text" value="15.7079"/>	cm <sup>2</sup> ▼
Volume	<input type="text" value="0.56548667764"/>	<input type="text" value="0.31415926535"/>	l ▼
Force	<input type="text" value="42411.5008"/>	<input type="text" value="23561.9449"/>	N ▼

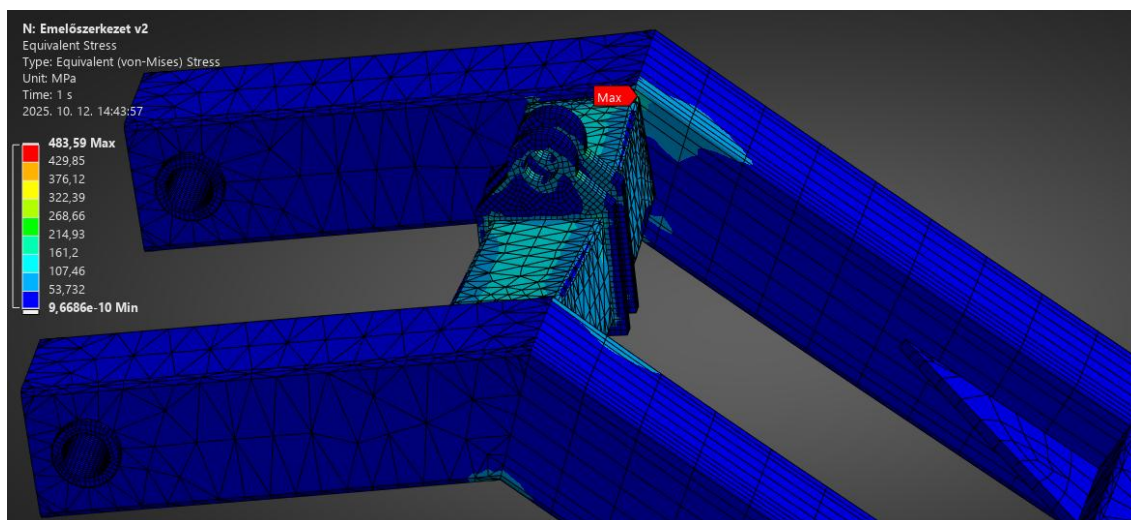
13.3. ábra - Kerék emelő munkahenger teljesítménye



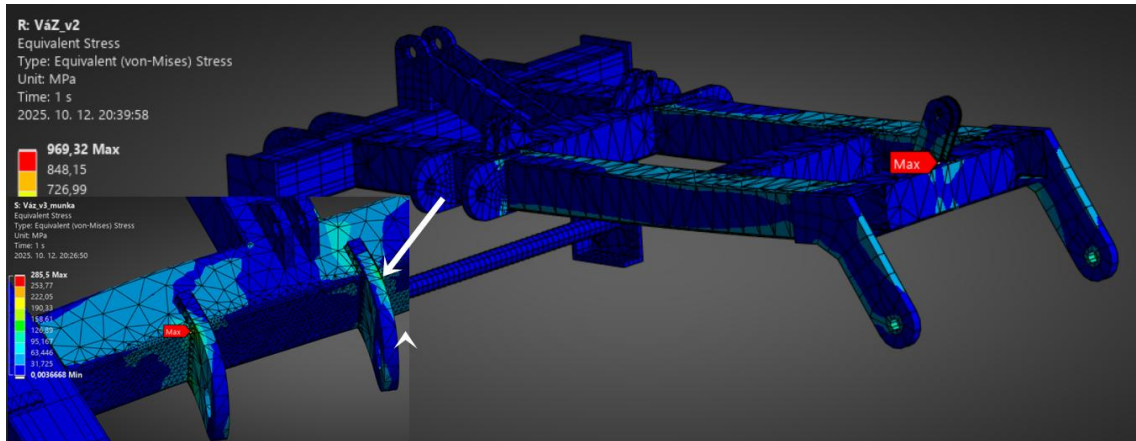
13.4. ábra - Perselyezés körül keletkező káros feszültségek



13.5. ábra - Felzáró munkahenger teljesítménye



13.6. ábra - Emelőszerkezet nem megfelelő konstrukciója



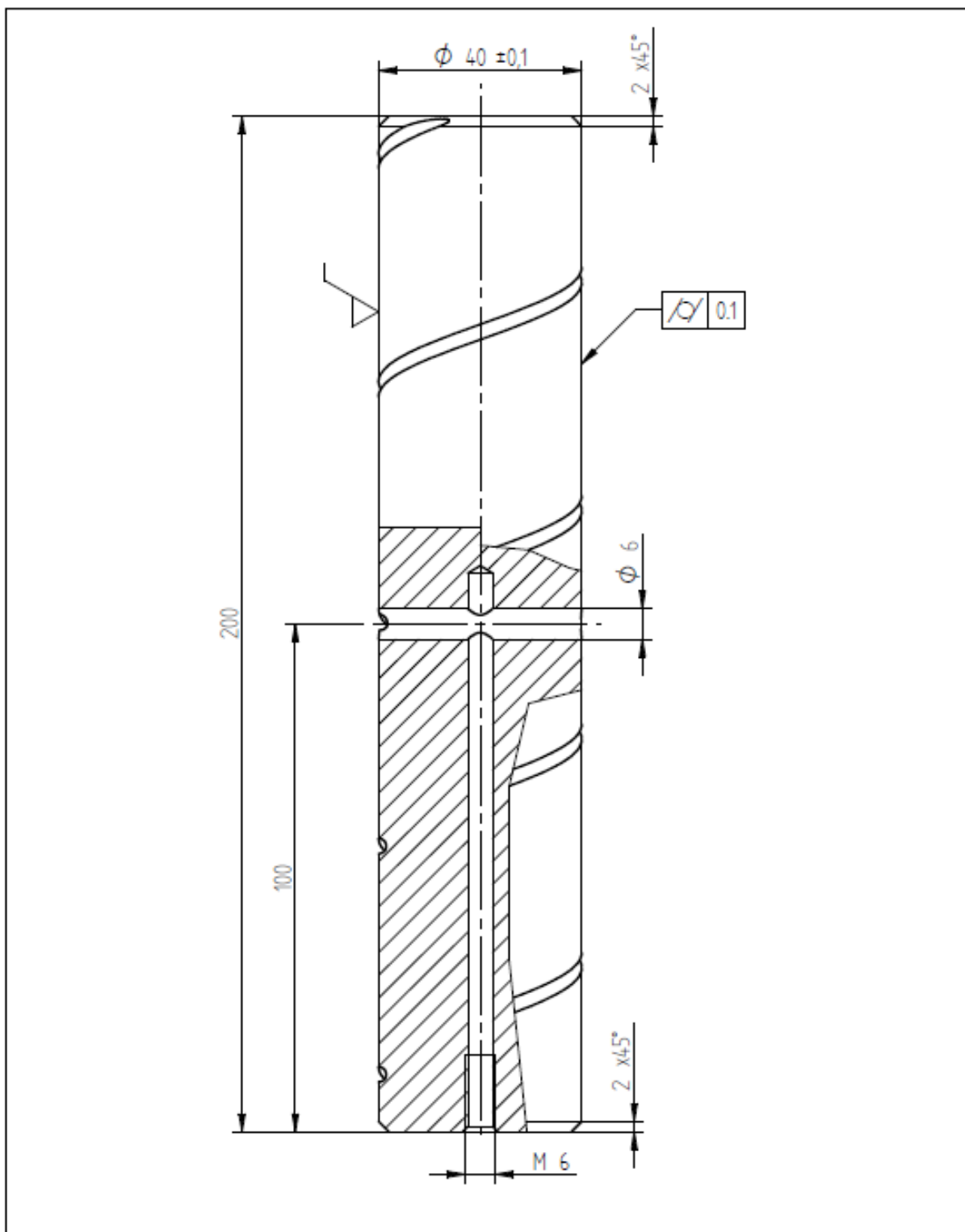
13.7. ábra - Vázszerkezet első verziójában számított feszültségek

7. táblázat: Zártszelvények mennyisége

Méret [mm]	120x120x5	100x100x4	140x80x5	70x70x5	60x60x4
Mennyiség [mm]	9000	5000	2600	2000	6000

8. táblázat: Rúdanyagok mennyisége

Méret [mm]	D60x40	D70x50	D25	D40	D50
Mennyiség [mm]	1000	500	600	1500	4500



Jelölletlen titresek: MSZ ISO 2768	Megnevezés/Title <b>Hengesor felzáró tengely</b>				
Méretarány: 1:1	Létesítéshely/Location MATE Műszaki Intézet	Rajzolta: Kovács Ádám	Rajzszám/Doc. No.	Lapok sz. No. of sh.	Lap sz. Sheet No.
				1	1

13.8. ábra - Hengesor felzáró tengely műhelyrajz