

# **SZAKDOLGOZAT**

**Tóth Mihály Zoltán**

**Sopron**

**2021**

Soproni Egyetem  
**Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar**  
Faanyagtudományi Intézet



## **Irodai szék tervezése rostirányban tömörített, hajlítható faanyag felhasználásával**

Témavezetők:

Báder Mátyás  
Tudományos segédmunkatárs

Dr. Horváth Péter György  
Egyetemi docens

Hidas Mátyás  
Stulwerk Kft. Ügyvezető

Szakdolgozat készítője:

Tóth Mihály Zoltán  
IV. évf. Faipari mérnök Bsc hallgató

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar  
Faanyagtudományi Intézet  
9400 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4.

### SZAKDOLGOZAT FELADAT

Szakedolgozatot készítő neve:	<b>Tóth Mihály Zoltán</b> faipari mérnök BSc hallgató
A szakedolgozatot készítő Neptun kódja:	HYX0FX
Szakedolgozat címe:	<b>Irodai szék tervezése rostirányban tömörített, hajlítható faanyag felhasználásával</b>
Intézeti konzulens(ek):	<b>Báder Mátyás</b> tudományos segédmunkatárs <b>Dr. Horváth Péter György</b> egyetemi docens <b>Hidas Mátyás</b> ügyvezető, Stulwerk Kft
A dolgozat kódja	SKK-FATI-5-2021-SZ

### Elvégzendő feladatok

1. Jelölt ismertesse a faanyagok rostirányú tömörítésének technológiáját, a tömörített faanyagok legfontosabb tulajdonságait.
2. Tekintse át a tömörített faanyagból készített termékeket, különös tekintettel az ülőbútorokra, elsősorban ergonómiai és technológiai szempontok szerint.
3. Tervezzen székét tömörített faanyagot is felhasználó tömörfa vázszerkezettel, rétegelt lemez ülőlappal és háttámlával, fém csatlakozó elemekkel (3 dimenziós modellezés).
4. Méretezze a tervezett szerkezet kritikus pontjait, figyelembe véve a tömörített faanyag mechanikai tulajdonságait, majd értékelje az eredményeket.

Beadási határidő: 2021.05.07. 12:00. További információ: <http://skk.uni-sopron.hu/szakedolgozat-es-diplomamunka>.

Sopron, 2021.03.03.

  
**Prof. Dr. Magoss Endre**  
dékán



  
**Prof. Dr. Németh Róbert**  
intézetigazgató

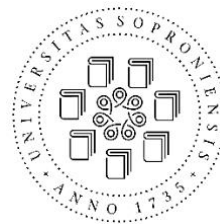


SOPRONI EGYETEM

Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és  
Művészeti Kar

H-9401 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4. Pf.: 132.

Tel: +36 (99) 518-101 Fax: +36 (99) 518-259



## NYILATKOZAT

Alulírott **..Tóth Mihály Zoltán..** (neptun kód: **..HYX0FX..**) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a **.. Irodai szék tervezése rostirányban tömörített, hajlítható faanyag felhasználásával..** című (megfelelő rész aláhúzandó)

**házi dolgozat;**

**diplomadolgozat;**

**szakdolgozat/diplomamunka**

(a továbbiakban: dolgozat) **önálló munkám**, a dolgozat készítése során betartottam *a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait*, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.

*Hivatkozások és idézések szabályai:*

*Az 1999. évi LXXVI. tv. a szerzői jogról 34. § (1) és 36. § (1) első két mondata.)*

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg.**

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat.**

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Sopron, 2021.05.12.

*Tóth Mihály*  
.....

hallgató

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS</b> .....	<b>2</b>
<b>AZ ÜLŐBÚTOROK TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE</b> .....	<b>3</b>
<b>TÖMÖRFA HAJLÍTÁSÁNAK ELŐZMÉNYEI</b> .....	<b>4</b>
<b>A TÖMÖRÍTÉS TECHNOLÓGIAI FELTÉTELEI ÉS PARAMÉTEREI</b> .....	<b>6</b>
A TÖMÖRÍTÉSRE ALKALMAS FAANYAGOK JELLEMZÉSE .....	6
TÖMÖRÍTŐ BERENDEZÉS ÉS TÖMÖRÍTÉS FOLYAMATA .....	8
<b>TÖMÖRÍTETT FAANYAG FELHASZNÁLÁSÁVAL KÉSZÜLT SZÉKEK</b>	
<b>ÁTTEKINTÉSE</b> .....	<b>11</b>
ERI TATAMI SZÉK (1993).....	12
SPIRÁL SZÉK (2008).....	13
CHERNER SZÉK .....	14
HUMMING ÉTKEZŐSZÉK (2011) .....	15
I-FLEX 450 .....	16
TÖMÖRFA ÁGYRUGÓ.....	16
<b>A SZÉKEKKEL KAPCSOLATOS ERGONÓMIAI ELVÁRÁSOK</b> .....	<b>17</b>
<b>TERVEZÉSI FOLYAMAT</b> .....	<b>19</b>
SZEMÉLYES CÉLOK ÉS TERVEZÉSI SZEMPONTOK .....	19
FORMA ÉS FUNKCIÓ TERVEZÉS .....	20
ANYAGVÁLASZTÁSOK .....	23
TECHNOLÓGIAI MEGOLDÁSOK .....	24
SZERKEZETI KÖTÉSEK, VASALATOK.....	26
KRITIKUS PONTOK ÉS STATIKAI SZÁMÍTÁSOK .....	30
ÖSSZESZERELÉS.....	32
GYÁRTHATÓSÁG.....	33
CSOMAGOLÁS, SZÁLLÍTÁS .....	33
VARIÁLHATÓSÁG ÉS TERMÉKCSALÁD.....	34
ÁRKALKULÁCIÓ.....	36
ÖSSZEGZÉS .....	37
<b>IRODALOMJEGYZÉK</b> .....	<b>38</b>
<b>INTERNETES FORRÁS HIVATKOZÁSOK</b> .....	<b>38</b>
<b>MELLÉKLET: MŰSZAKI RAJZOK</b> .....	<b>39</b>

## BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A szék olyan termék, ami mindannyiunk életében ott van, ülünk az iskolában, ülünk a vonaton, a családi ebédnél, a munkahelyünkön és a moziban. Ha elképzeljük ezeket az ülő alkalmatosságokat, szerkezetileg, formailag és kialakításilag mindegyik különböző és más-más elvárásoknak kell megfelelniük annak ellenére, hogy mindegyiknek az a feladata, hogy kényelmesen tudjunk benne ülni. Néha észre sem vesszük, hogy milyen sok időt töltünk rajtuk és hogy mennyire befolyásolja a figyelmünket, koncentrációs képességünket és hosszútávon az egészségünket is egy jól vagy egy rosszul megtervezett szék. Egy széknél nagyon fontos a kényelem; nem mindegy, hogy mennyit ülünk benne vagy mit csinálunk benne és milyen jellemző testtartással tesszük mindezt. Így egy szék tervezésénél nagyon sok paraméterre kell tekintettel lenni akár a kialakítás, az anyaghasználat vagy a funkcionális kiegészítők terén.

A történelem során a bútorokon – ahogy a székeken is – jól megfigyelhető volt a korra jellemző számos technológiai újítás, mint a Thonet-székek szerkezete, vagy a különböző párnázatok fejlődése.

Céлом egy olyan szék tervezése, ami irodai és otthoni munkához egyaránt alkalmas. Sokan dolgoznak „home office”-ban, otthonról végzik a munkájukat, sok esetben az étkezőből befogott szék áll rendelkezésre a mindennapi munkához. Ez azért probléma, mert ezek a székek nem erre a célra vannak kitalálva és kényelmetlenné válhatnak a megváltozott felhasználási pozíció közben. A tervezendő szék kialakításában meg kell, hogy feleljen az egészséges munkavégzéshez szükséges testtartáshoz és kinézetében, kinézeti variációiban illeszkednie kell egy irodai, vagy otthoni környezetbe. Az általam tervezett szék az ergonómiai szempontok mellett a rostirányban tömörített faanyagot, a modern faanyagtudomány termékét használja vázszerkezetként és kihasználja a kedvező mechanikai tulajdonságait a kényelem fokozásához. Egy remek és kreatív kihívásnak és fejlődési lehetőségnek gondolom a rostirányban tömörített faanyaggal való munkát és a szerkezetének, csomópontjainak megtervezését, különös tekintettel a hajló, forgó elemek kapcsolataira, illetve a 3 dimenziós tervező programban való kidolgozását.

## AZ ÜLŐBÚTOROK TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE

Az ülőbútor az egyik legősibb használati bútorunk. A kezdetektől fogva a kényelem biztosítását szolgálta. Az ókori Mezopotámia területéről is maradtak fenn leletek, melyeken valamilyen ülő alkalmaság ismerhető fel. A szintén ókori Egyiptomi kultúrából már sokkal több lelet és ábrázolás maradt fenn, amin már a szerkezeti kialakítás is sejthető, illetve a sírkamrákból feltártak jó állapotú székeket is (1. ábra). Az ókori görög és római birodalomban a technológiák fejlődésével már összetettebb szerkezeteket tudtak kialakítani, jó példák erre az esztergált szerkezeti elemek. Emellett hangsúlyosabb szerepet kapott az ergonómia és a kényelem. A román kor az egyszerűsége törekedett a szerkezeti kialakításoknál. A gótika stílusában készült székek robusztusak és kevésbé volt szempont a kényelem, részben a kereszténység erős befolyása miatt. Időben tovább haladva a reneszánsz székek sokat karcsúsodtak, de kényelmesnek még mindig nem nagyon mondhatóak. A változás a barokk ülőbútorokkal jelenik meg. Az ívelt lábkialakításon kívül megjelentek a komfortot növelő párnázatok. A rokokó stílusában készült székeknel az erős díszítettség mellett egyre több szerepet kap a párnázat és annak szövetborítása. A klasszicizmus székeiben az ipari forradalomnak köszönhetően megjelent a tölcserrugó, ami nagyban javította az ülő- és fekvőbútorok kényelmét. A XIX. században egymást váltják a stílusirányzatok. A Thonet-székek is ebben az időben jelennek meg a gőzölés után kalodában hajlított tömörfa szerkezetükkel (1. ábra). A XX. század elején szakítottak a korábbi bútorstílusok másolgatásával és megszületett a szecesszió stílusa, ami a rohamosan fejlődő bútorigipari technológiákat kihasználva, nagy mértékben párnázott, kényelmes és esztétikus székeket és foteleket eredményezett. A Bauhaus stílussal bejöttek a hajlított csőbútorok, amik a mai napig készülnek a legkülönbözőbb kialakításokban. Napjainkban a rohamosan fejlődő technológiák szinte egyáltalán nem szabnak határt a művészi szabadságnak és a legelképezhetőbb formájú és kialakítású székek születnek az emberi antropometria figyelembevételével (1. ábra), vagy anélkül.



1. ábra Ülóbútorok történeti fejlődése (forrás: Egyiptomi szék [web1], Barokk karosszék[web2], Thonet szék[web3], high-tech rocking szék [web4], Velo szék [web5])

## TÖMÖRFA HAJLÍTÁSÁNAK ELŐZMÉNYEI

A tömörfa hajlításának egyik alapfeltétele, hogy a fának kellően magas legyen a nedvességtartalma és magas hőmérsékletűnek kell lennie. Ez a két paraméter lehetővé teszi, hogy a fát alkotó lignin mátrix kilágyuljon, majd plasztifikálódjon. A kilágyult faanyag így nagyságrendileg kisebb erővel hajlítható roncsolódásmentesen. A fa lehülése és megszáradása után az alakváltozás maradandó lesz. Erre a tényre empirikus úton már az ókori, vagy még régebben élt emberek is rájöttek, hogy a még élőnedves fát, ha tűz mellé vagy bele tartják és közben vizezik az könnyen hajlíthatóvá válik. Ezeket főleg szántalpaknál és csónak alkatrészekhez használták (3. ábra). A XVI. századi Kínából hajlított fa alkatrészekből készülő szék is maradt fent (2. ábra). A hordógyártás során a mai napig égetéssel és



2. ábra Kínai karosszék [forrás 1.]



vizezéssel lágyítják a hordódongákat mielőtt az abroncsokkal összehuzatják a végleges formájukra. A XVII. században terjedt el szélesebb körben a hajlított fa használata a bútorigarban. Az első ilyen székek a Windsor székek voltak, amik a fát forróvízben főzve-gőzölve, vagy tűz mellett melegítették. Ezekhez a székekhez technológiai korlátok miatt keskeny, kis keresztmetszetű, inkább hosszú alkatrészeket használtak és egyedi bútorok készültek asztalos műhelyekben. 1842-ben Micheal Thonet újítása a gőzöléssel vagy főzéssel kilágyított faanyag hajlítási technológiája volt az első ami az ipari termelés szintjére tudott lépni és a tömeggyártásra is alkalmas volt. A fa főzés, vagy gőzölés után való hajlítása esetén a tömör faanyagot, ha vékony a hajlítási keresztmetszet egyből formára lehet hajlítani mivel a húzott és nyomott oldal közel van a középső semleges szálhoz, ahogy a Kínai karosszék (2.ábra) deréktámaszán is látható. Ha vastagabb keresztmetszetet kell hajlítani, ott a húzott oldalnál felmerül a szálszakadás veszélye, mivel a fa nyomás hatására összebb tömörödik, viszont húzásra elszakadnak a rostok és a fa eltörik. Ezért egy acélszalagot rögzítenek a húzott oldalra, ami eltolja a semleges szálát a külső oldal felé. Az alkatrészek végeit is ezzel az acél szalaggal rögzítették a fellépő nyíró igénybevétel miatt, hogy a végeken ne csússzanak el a szálak. Ezek az acélszalagok alkatrészek lehüléseiig és megszáradásáig végig rajta voltak. Sok esetben ez viszont nem volt elég, ez a probléma ösztönözhette az iparágat olyan technológia fejlesztésében ami megoldást nyújt a húzott oldali szálak elszakadására és így még kisebb sugarat, vagy nagyobb keresztmetszetet lehet hajtani. „1917-ben jelent meg az első szabadalom a fa rostirányú tömörítésére vonatkozóan (3. ábra). A későbbiekben a döntő át-törést egy tömörítő gép hozta meg, amely megfelelő minőségben volt képes tömöríteni a természetes faanyagot, és így lehetővé vált az egyszerű és jó minőségű hajlítás” [Forrás3]. Ezek után számos kutatást és fejlesztést végeztek napjainkig a technológián, hogy a legjobb kihozattal hibamentes alkatrészeket lehessen a lehető leggyorsabban és legkedvezőbb mechanikai tulajdonsággal gyártani. A tömörített faanyagot nem feltétlen egy adott termékhez kell gyártani, ez egy univerzális alapanyag. Könnyen feldolgozható és megmunkálható a szokványos faipari gépekkel.

HAJLÍTÁSI ELJÁRÁS	TERMÉK	ALKALMAZÁS KEZDETE	GYÁRTÁSI TÍPUS (IPAR)
Tűz felett, mellett, ví-zezéssel	Síléc Szántalp Csónak alkatrész	„Őskor”	Kézművesség
Forró vízben gőzben I.		Ókor	
Rétegeléses ragasztás I.	Hordó Ülőbútor, hintó alkatrészek	19. század	Gyáripár
Forró vízben gőzben II.			
Rétegeléses ragasztás I.	Ülőbútor alkatrészek belsőépítészet	20. század	Gyáripár Komputertechnika
Műanyaggal rétegelés			
Tömörítés		21. század	

3. ábra Fa hajlítás időrendi áttekintés [forrás 1.]

## A TÖMÖRÍTÉS TECHNOLÓGIAI FELTÉTELEI ÉS PARAMÉTEREI

A rostirányba tömörített faanyag előállítása ugyan már közel 100 éve lehetséges technológiailag, viszont az ilyen faanyagból készült bútorok nem törtek be a tömeggyártás piacára. Ennek oka az lehet, hogy a fa ezen modifikációja meglehetősen költséges és időigényes folyamat és a felhasznált fa alapanyagának is első osztályúnak, anatómiaiailag hibátlannak kell lennie, ami jelentősen növeli az előállítási költségeket. A tömörített faanyag felhasználásával készült termékek mind kinézetileg, mind tulajdonságaikban prémium kategóriás terméknek minősülnek és sokszor az ár másodlagos szempont az egyedi gyártásban készült termékek esetében.

### A TÖMÖRÍTÉSRE ALKALMAS FAANYAGOK JELLEMZÉSE

A felhasznált faanyagok minősége nagyban befolyásolja a késztermékek tulajdonságait és az eljárás termelékenységét. Báder (2015) összegző publikációsorozatában lényegre törően összeszedte azon fafajokat és anyagszerkezeti követelményeket, amik szükségesek a sikeres tömörítéshez. A tömörítésre alkalmas fának egyenes növéssűnek, göcsmentesnek kell lennie, lehetőleg minél keskenyebb évgyűrűkkel. A következő fafajok bizonyultak tömöríthetőnek: bükk, kőris, szil, tölgy, akác, nyír, juhar, cseresznye, dió. „A fa az évgyűrűre merőleges irányban, tehát a bélsugár irányában ideálisan hajlítható. Az év-

gyűrűk kismértékű dőlése megengedett ( $\alpha=0-10^\circ$ ), mert ekkora eltérés még nem befolyásolja a hajlítás minőségét. A száliránynak a munkadarab élével párhuzamosnak kell lennie, mivel a hajlításnál fellépő feszültségek hatására a túlzott rosteltérés (szálkifutás) töréshez vezet. Párhuzamos szálirány mellett maximálisan  $\beta=7^\circ$ -os rostelhajlás engedhető meg” (Báder 2015). Az anyagszerkezetben és esztétikai szempontokból kizáró tényezők bükk és kőris esetén az álgesztesség, szilnél és akácnál a szijácstartalom. Ezek oka, hogy a felsoroltak nem a tömörítés vagy a hajlítás során jelentenek problémát, hanem az elkészült termék magas hozzáadott értéke miatt az esztétikai megjelenésének is prémium hatást kell keltenie. Az elsődleges faipar szempontjából a jó minőségű rönkök felfűrészelése egyaránt lehet éles vágás, negyedelő vágás, vagy ezek közti átmenet. Egy másik fontos szempont és feltétel a faanyag nedvességtartalma. A fa vizet többféleképpen tartalmazhat: folyékony szabad víz formájában sejttüregekben, vagy vízgőz formájában kötött vízként, ami sejtfalban található, vagy kristályvízként a fa kémiai alkotóelemeihez kapcsolódva. A tömörítés és a megelőző rostlágyítás szempontjából a kötöttvíznek van fontos szerepe, mivel a kémiailag kapcsolódó víznek a gerjesztése és a lignin-hemicellulóz kötések felszabadulása teszi plasztikussá a fa szövetszerkezetét, illetve ez határozza meg a rosttelítettség állapotát, ami különböző fafajoknál eltérő, körülbelül 24-30%-ra tehető. A szabadvíz jelenléte segíti a hő beáramlását a fatestbe melegítéskor, viszont, ha gőzzé alakul, a gőznyomás kárt tehet a szövetszerkezetben. Az ideális alapanyag a friss, élőnedves faanyag tekinthető. Keresztmetszettől függően 40perc - 6óra gőzölést igényel, míg plasztifikálódik, a lignin és a hemicellulózok meglágyulnak. Hosszú idejű gőzölés hatására a nedvességtartalma beáll a rosttelítettségi határ közelébe. Az élőnedves fában a kötött víz eredeti formájában található meg. Ha a faanyag korábban le volt szárítva, ami önmagában egy energiaigényes folyamat, utána sokkal nehezebben és nem is biztos, hogy akkora mennyiségben tud a kötött víz visszaépülni a faanyagba, mint élőnedvesen volt. Ennek csökkenése a fent említett okok miatt csökkenti a fa plasztifikálódását, azaz rontja a tömöríthetőséget. A tömörítésre megmunkált keresztmetszet általában négyzetes vagy téglalap alakú, de a longitudinális tömörítés szempontjából lehetne három- vagy hatszögletű, illetve kerek, ovális vagy más lekerekített forma, amennyiben van hozzá illeszkedő tömörítő forma és nyomófej. A négyzetes és téglalap azért jellemzőbb, mert a gép jobban állítható különböző méretek közt, továbbá mint korábban részleteztem az utólagos megmunkálása semmilyen nehézségbe nem ütközik [Forrás2].

## TÖMÖRÍTŐ BERENDEZÉS ÉS TÖMÖRÍTÉS FOLYAMATA

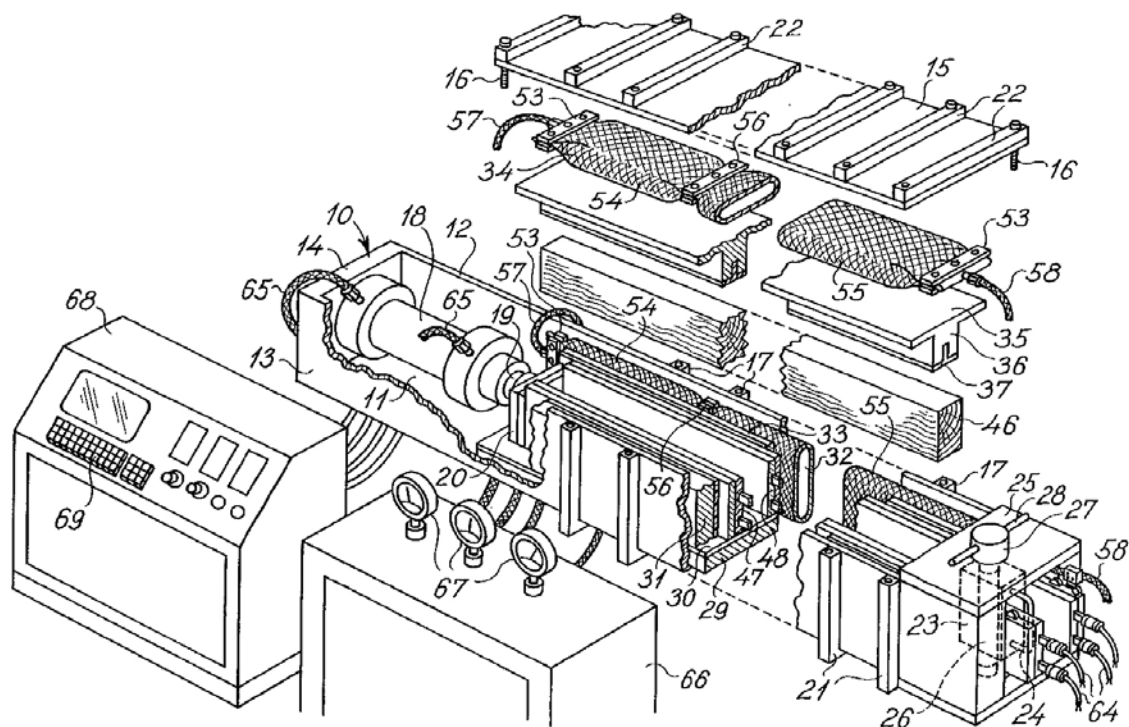
A továbbiakban a tömörítő berendezést és a tömörítéshez való előkészületeket, a ma is használt technológián mutatom be, nem kitérve a technológia fejlődési lépéseire. A faanyag tömörítése előtt elhagyhatatlan lépés a faanyag lágyítása. Ezen folyamat lehet a Thonet által is használt módon főzés vagy gőzölés. Ennek háttérében a fát felépítő három fő alkotóelem áll (lignin, cellulóz, hemicellulóz). A fát tekinthetjük egy cellulózsál erősítésű kompozitnak, ahol a mátrix szerepét a lignin tölti be, a két komponens közti kapcsolatot pedig a hemicellulózok biztosítják. Nedves környezetben a termikus kezelésnek kitett alkotóelemek közül a cellulóz a legstabilabb, míg a lignin és a hemicellulózok kötései részlegesen felbomlanak és ezáltal plasztikussá válik a faanyag, ez lehetővé teszi a cellulózsálak egymáshoz képest való roncsolódásmentes elmozdulását hajlításkor, valamint harmonikaszerű gyűrődését tömörítéskor. Ez a plasztikus állapot addig áll fenn, míg a fában kellően magas a nedvességtartalom és melegítve van. A faanyag a megszáradását és kihülését követően részben visszanyeri szilárdságát. A gőzölést ipari körülmények közt autoklávban végzik (4. ábra), ahol a fa nem érintkezik a forrásban lévő vízzel, hanem egy rácson vagy görgősoron csak a gőzben van tartva.



4. ábra Autoklávban gőzölés a Compwood technológiánál [web6]

Ha a munkadarab teljes keresztmetszetében felmelegedett és átnedvesedett, az autokláv-ból közvetlenül a tömörítő gépbe kell áthelyezni [Forrás3].

A tömörítő berendezés ma is használt verzióját Thomassen és társai 1990-ben alkották meg, azóta csak kisebb módosítások voltak, amik inkább a tömörítési folyamat olyan paramétereivel kísérleteztek, mint tömörítési sebesség, fixálási idő vagy elő- és kétszeres tömörítés, de ezekről majd a későbbiekben esik szó. A tömörítő gép szerkezete az 5. ábrán jól látható módon van szemléltetve. A képen jobb oldalt 18-as számmal látható a hidraulikus dugattyú, ami a tömörítéshez szükséges présnyomást adja, valamint a tömörítés után a fixálási szakaszban is pozícióban tartja a munkadarabot. A hidraulikus dugattyú azért előnyös a menetes mechanikus rendszerekkel szemben, mert a nyomóerőt precízen be lehet állítani és a folyamat közben követni az értékét, amiből következtethetünk, hogy a tömörítés minden probléma nélkül történik, illetve a fixálási időszakban a fában miként csökkennek a feszültségek. A munkadarab, ami a rajzon 46-os számmal van jelölve 4 oldalról megtámasztva helyezkedik el az oldallapokkal párhuzamosan elhelyezett támasztófalak között (5. ábra). Erre azért van szükség, mert a végeken betáplált nyomóerő hatására a karcsú munkadarabok kihajlanának, ezt megakadályozva közvetlenül a faanyag felületénél, azonban azt nem szorítva megtámasztja a tömörítés közben.



5. ábra Tömörítő gép elvi összeállítása [forrás 3.]

A faanyag tömörítése közben ahogy egyre csökken a hossza, a faanyag oldala végigcsúszna a támasztó falon, ez a csúszó súrlódás elveszi a tömörítő erőt és sok esetben a fa hossza mentén egyenlőtlen tömörödéshez vezet. Ezt a problémát orvosolva a támasztó fala képes elmozdulni és követni a munkadarab rövidülését. Ez a csúszó elem nem minden berendezésben található meg, egyes helyeken ezt a problémát teflon bevonattal igyekeznek csökkenteni. A gép és a technológia szempontjából fontos paraméter a munkadarab melegen tartása. Az autoklávból kikerülő faanyag hőmérséklete 90-110 °C-os, ami szabad levegőn gyorsan hűl. A tömörítő berendezésbe kerülve is meg kell tartani a hőmérsékletét, hogy a fa szerkezete plasztikus maradjon az eljárás végéig. Egyes berendezések ezt úgy oldják meg hogy a támasztó falakat egy elektromos ellenálláson alapuló fűtőszállal melegítik, azoknál a gépeknél, ahol erre nincs lehetőség ott az autoklávból kivett anyagot a lehető leggyorsabban a gépbe kell helyezni. A gépek és technológia fejlődésével elképzelhetőnek tartom, hogy olyan a támasztó falak hűtését lehetővé tevő egység is beépítésre kerülhet, ami elősegíti a faanyag lehűlését és ezzel együtt annak megszilárdulását. Ez csökkenthetné a fixálási időt és termelékenyebbé tenné a folyamatot [Forrás3].

A munkadarab tömörítése után több lehetőségünk is van a felhasználására technológiai szempontból. Az első esetben a tömörítést követően rögtön kivesszük a munkadarabot és még melegen egy előre legyártott sablonba szorítjuk. A munkadarabot ebben az esetben lehet a legkisebb ívre hajlítani a még plasztikus rostszerkezete miatt és a húzott oldalt felgyűrődött cellulózrostok kiegyenesedése miatt. A megszáradás és kihűlés után a szorítás levehető, ekkor az alkatrész minimálisan visszarugózik és közepesen rugalmas marad. A másik lehetőség, hogy a tömörítés befejeztével a munkadarab a berendezésben marad összenyomott állapotban és a berendezésben szárad meg és hűl le. Ennek előnye, hogy a tömörítés utáni visszarugózás mértéke sokkal kisebb lesz és a rostok sejtfalai nagyobb mértékben gyűrődnek. Ennek hatására szárazon is könnyebben hajlítható marad. A visszarugózással számolva pontosan be lehet állítani a munkadarab végleges hosszát. A két eljárás közötti megoldásokkal átmeneti tulajdonságú anyagot lehet előállítani. Ezek a technológiai lépések például a fixálási idő beállítása, mikor nem megszáradásig, hanem egy rövidebb ideig tartjuk összenyomva az alkatrészt, míg csökken a benne lévő feszültség. Egy másik ilyen lehetőség az elő- vagy kétszeri tömörítés, aminek során az alkatrészt

először kismértékben nyomjuk össze, majd második lépésben egy nagyobb összenyomást is elvisel. A legjobb rugalmassági változásokat kétszeri tömörítéssel és fixálási idők alkalmazásával lehet elérni [Forrás3]. A szakdolgozat keretén belül tervezett szék tartó-szerkezetének tömörített, majd melegen formára hajlított faanyagot választottam, mert a terhelés hatására kiváltott rugalmas tulajdonságait szeretném kihasználni, de a fő szerepe a szék stabil megtámasztása az esztétikus ívelt kinézetén felül.

## **TÖMÖRÍTETT FAANYAG FELHASZNÁLÁSÁVAL KÉSZÜLT SZÉKEK ÁT- TEKINTÉSE**

Ebben a fejezetben a tömörített faanyag felhasználásával készült székeket veszem számba. A bemutatott ülőbútorok technológiai és ergonómiai elemzése segíthet a szakdolgozat keretein belül tervezendő szék ergonómiai kialakításában és a felhasználható technológiák megismerésében. A kutatás közben nem csak a technológiát igyekeztem megismerni, hanem annak korlátait is feltárni, amit figyelembe kell vennem a tervezés során. Ezeknek a székeknek a felkutatása során nem csak tömörített fából készülő ülőbútorral találkoztam, viszont ezeknek a székeknek a felépítése, kialakítása is inspirálóan hatott a tervezési folyamatra. A kutatás eredményeként olyan székeket szeretnék itt bemutatni, amelyek valamilyen szempontból különlegesebbek a többinél és/vagy inspirálóan hatottak a tervezési folyamatra. Valamint olyan tömörített faanyag felhasználásával készült terméket is bemutatok, aminek a technológiához kötődő funkcionalitása ragadott meg. Az első szék, amivel találkoztam a hazánkban készült és Japánba exportált láb nélküli szék, amit a Compwood Products Kft nevű cég gyártott Újhartyánban [web7].

## **ERI TATAMI SZÉK (1993)**

Design: Hans Sandgren Jakobsen



6. ábra Eri tatami szék [web7]

Ezzel az európaiaknak szokatlan kialakítású láb nélküli székkal (6. ábra) a Faipar.hu-n olvasott cikkben találkoztam először, és megragadta a figyelmemet a háttámla kialakítása. Révén, hogy tudtam, hogy a tömörített faanyagot rendkívül jól lehet alakítani (hajlítani és csavarni), nem lepett meg a forma. Ami felkeltette az érdeklődésem, hogy a támla vékony, de széles alapanyagból készült, ami azt jelenti, hogy széles keresztmetszet tömörítésére is van technológia és lehetőség. Ami a hajlítást megkönnyíthette, a viszonylag vékony méret. A másik, ami megfigyelhető, hogy három dimenziósan van hajlítva, ami a sablon gyártásánál okozhat nehézségeket, de a faanyag gond nélkül viselte a deformációt.

Ergonómiai szempontból amire felhívta a figyelmemet, hogy egy széknél nem evidens, hogy van lába, és hogy a tervezésnél figyelemmel kell lenni a célcsoport igényeire, szokásaira, valamint a leendő felhasználási helyre.



## SPIRÁL SZÉK (2008)

Design: Fredrik Mattson



7. ábra Spirál szék [web8]

A Spirál szék már látványával is magával ragadó és vonzza az ember figyelmét (7. ábra). Nem véletlenül lett 2008-ban az év terméke a Koppenhágai SE kiállításon. A széket egy érdekes kísérletként alkották meg, tervezője Fredrik Mattson gyártója pedig a PP Möbler Dán cég. Anyaghasználatát tekintve tömörített faanyagot és rozsdamentes acélt használtak. Utóbbiak 6 helyen merevítik és támasztják meg a spirál alakban feltekert fa ülőfelületet. Érdekessége, hogy a hengeres keresztmetszet 8 méteres hosszúsága 4 daraból van összeragasztva, ami nagy kihívást jelenthetett a kötés kialakításánál és a hajlítás során egyaránt, mert a toldásoknál a ragasztás miatt csökkenhet a hajlékonysága, illetve nehogy szét feszüljön a kötés. A szék spirális formája miatt mindenhol egy adott ívet követ, így esztétikai szempontból sem lehet törés, vagy egyenes szakasz a toldásoknál.

Sajnos nem volt lehetőségem beleülni és kipróbálni, de a látottak alapján ergonómiai szempontokból két problémát vizsgálnék. Egyik az ülőfelület kényelmessége, mivel csak a keresztbe menő elemeken ül az ember, ami rövid távon is kényelmetlenné válhat. Párnázat lehetőségéről nem találtam információt. A másik az ülési pozíció kérdése. A termék leírásában megjegyezték, hogy a felső részt rugalmasan illeszkedik a benne ülő hátívéhez. Ezzel kapcsolatban ott látok problémát, hogy az alátámasztás előre dőlt pozícióban optimális, de ha az ember hátradől, a megváltozott testhelyzet miatt a szék súlypontja az alátámasztáson kívülre kerül és felborulhat. Így meglátásom szerint ezt a széket inkább a helyiség díszének szánják, mint használati cikknek.

## CHERNER SZÉK

1958-as Norman Cherner karosszék replikája, Gyártó: Pure Timber; Cherner



8. ábra Cherner karosszék [web9]

A nagy múltra visszatekintő Norman Cherner karosszék 1958-as tervrajzai alapján készült replika formájában hű az elődjéhez, viszont anyaghasználatban sokkal modernebb (8. ábra). Az ülőlap és a lábszerkezet idompréselt rétegelt furnérból készül, ami lehetővé teszi a székek széles színválasztékát a külső furnérréteg módosításával. Az önmagában esztétikus széket még futurisztikusabbá tevő ívelt tömörfa karfát a Pure Timber Llc cég gyártja rostirányban tömörített faanyagból. Sok tömörített fából készült termék főleg design termék, és általában pár darab készül belőlük, ennek ellenére ennek a székeknek a termékcsaládjában nagy választékban és mennyiségben rendelhető. A termékcsaládban több szempont szerint is variálhatjuk a széket, például szín (fedőfurnér fafaja); karfás vagy karfa nélküli kivitel; illetve választható hozzá párnázat különböző színekben. Ez a nagyfokú módosíthatóság előnyös, mert így könnyeb egy adott helyiséghez passzoló széktípust választani.

Ergonómiai szempontból egy jól megtervezett kényelmes szék, mint az elődje, aminek nem csak esztétikai értéke van, hanem funkciójának megfelelően használható is. Az anyaghasználat miatt nem az olcsó székek közé tartozik a mai árfolyamon közel 450.000 forintos árával, így a megrendelők körét továbbra is azok az emberek, cégek alkotják, akik esztétikai értéke miatt ruháznak be erre a termékre.

## HUMMING ÉTKEZŐSZÉK (2011)

Design: 阿久津 宏

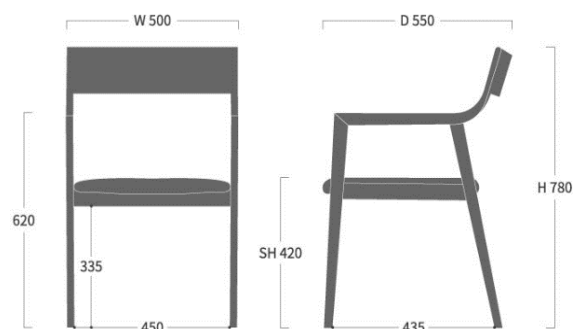


9.ábra Humming étkezőszék [web10]

A japán bútort és faipart mindig is a rájuk jellemző precíziségről és a faanyag iránt mutatott tiszteletükről ismertem. Mikor ezzel a széssel találkoztam a kutatás során, meg sem lepődtem a kivitelezés minőségén. A Hida tartományban hagyományos manufaktúrában készült székek ihlették a tervezőt. A bemutatott modellt az Ibata Furniture gyártja Japánban.

Technológiai szempontból úgy fogalmazták, hogy egy örökké ápolható széket készítenek [web10], amit a minőségi tömörfa és precízen elkészített szerkezeti kötések biztosítanak. A tömörített fából készülő karfa nagyon kecsesen fut át a támla szélébe, amit precízen hajlítanak formára és dolgozzák össze a támla összekötő részével (9. ábra). Egy széknél kopó, vagy koszoló résznek a kárpitozott párnázat minősül, amit alulról levehetően rögzítettek, ezzel megkönnyítve a tisztítását.

Az ergonómiáját tekintve ez nem egy design bútor, hanem egy mindennapi használatra készült magas minőségű étkezőszék. Ennek megfelelően van kialakítva, de az átlag japán emberek méreteihez (10.ábra). Egy európai embernek arányosan nagyobb székre lenne szüksége.



10.ábra Humming étkezőszék főbb méretei

[web10]

## I-FLEX 450

Design: Terrance Hunt

OMP csoport terméke

Ezt a széket azért veszem ebbe a felsorolásba, mert ugyan nem fából készült termék, de volt szerencsém ülni benne és felfigyeltem rá, hogy a támla és az ülőlap flexibilisen igazodik attól függően, ahogy változtatom a testtartásomat (11. ábra). Ennek köszönhetően több pozícióban is kényelmes a használata. A szék tömör vasrúd tartószerkezete a terhelés hatására rugalmasan elmozdul és dönti magával a támlát vagy engedi elmozdulni az ülőlapot három csuklópont segítségével. A szék egyszerű, de nagyszerű kialakítása fogott meg és inspirálóan hatott a terveimre.



11. ábra I-FELX 450  
tárgyalószék [web11]

## TÖMÖRFA ÁGYRUGÓ

Feltaláló/Gyártó: Eckardt László, Compwood Products Kft

A tömörített fából készülő ágyrugóra több szempont miatt is szerettem volna kitérni ebben a részben. Az egyik a tömörített faanyagban rejlő, még ki nem merített lehetőségek tárháza, ami olyan környezetbarát, új és innovatív termékekhez vezet, mint ez a magyar feltalálóhoz köthető farugó. Nem design termék, nincs szem előtt, többségük egy matrac belsejében tesz szolgálatot (12. ábra). A tömörített faanyagok egyik kedvező mechanikai tulajdonságát használja ki. A rostirányú tömörítés után megszáradt és kihűlt faanyag nemcsak hidegen hajlíthatóvá válik roncsolásmentesen, hanem megnő a rugalmasan elviselt alakváltozás mértéke, azaz a terhelés megszűnésével visszatér az eredeti alakjába. A tömörített faanyagnak ezen tulajdonságát szeretném hasznosítani a székem lábszerkezeténél.

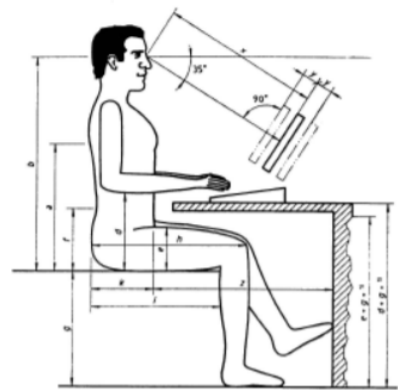


12. ábra Tömörített fa ágyrugó [forrás4]

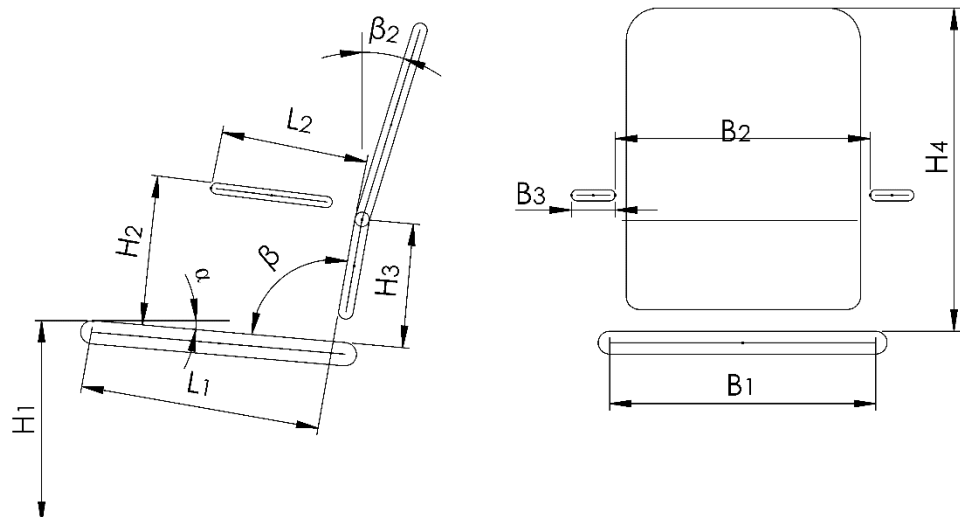
## A SZÉKEKKEL KAPCSOLATOS ERGONÓMIAI ELVÁRÁSOK

Egy szék tervezésénél a felhasznált anyagok és technológiák mellett nagyon fontos az ergonomikus kialakítás, azaz a vevő, a használó igényeinek figyelembevétele, illetve a funkció szem előtt tartása. Ezeket a felhasználó-szék-környezet kapcsolat határozza meg. A méretek és formai kialakítás az egyik ilyen fontos paraméter, amit régen a tervezők a saját tapasztalataik alapján alakítottak ki. Ennek alapja az empirikus úton való méretek levétele volt, majd a terméket kipróbálva eldöntötték, hogy kényelmes-e, vagy sem. Később és napjainkban a kialakult szakmai irányelveket konkretizálva szabványban vagy tervezési ajánlásokban rögzítették. Az antropometria, azaz emberméréstan tudománya

foglalkozik az emberek mérhető és leírható tulajdonságaik összegzésével, amiből kaphatunk egy átfogó képet és iránymutatást a tervezési méretekhez (13. ábra) és a komfortot biztosító fiziológiai paramétereikről. Fontos megjegyezni, hogy nem minden ember ugyanakkora, sokszor nagyon eltérő jellemzőkkel bírnak. Ezek függenek területtől, népcsoporttól, életkortól, valamint az évtizedek múlásával folyamatosan változnak. Az összegyűjtött méretek és képességek általában kívül fontos egy minimum és maximum érték meghatározása is. Az újabb szabványok már a frissebb antropometriai méretek és vizsgálatok alapján határoznak meg követelményeket. Az ülőbútorokkal szemben támasztott fiziológiai elvárások közül egy irodai széknek a jó légáteresztő szellőzési és vízgőz átteresztő képességének kell megfelelnie. A tervezés ezen fázisában végignéztem a korábban kiadott és új, a témával kapcsolatos magyar és európai szabványokat. A szakdolgozat keretében tervezett szék felhasználási kategóriája „irodai munkaszék”. A szabványok közül a témában relevánsnak tartott szabványok: MSZ 8352:1987 „Ülőbútorok”; MSZ EN 1335-1:2001 „Irodabútorok. Irodai munkaszék. 1. rész: méretek és méretek meghatározása”; MSZ EN 1335-1:2020(angol) „Irodabútorok. Irodai szék. 1. rész: Méretek. A méretek meghatározása”. A szabványokban látható, hogy a régebbiekben kisebb méretek szerepelnek; ezt figyelembe véve összegyűjtöttem az irodai munkaszék főbb méreteit és az irányelvként meghatározott méreteket (14. ábra és 1. táblázat).



13. ábra Statikus antropometriai adatok[forrás5]



14. ábra Irodai munkaszék főbb méretei MSZ EN 1335-1:2001 alapján

1. táblázat A szabványokban megadott méretezési irányelvek  
(MSZ EN 1335-1:2020(angol)”; MSZ 8352:1987 alapján)

Méret megnevezése (jelölés)	Méret (mm), vagy fok	Megjegyzés
Ülésmagasság (H <sub>1</sub> )	400-540	-
Ülésmélység (L <sub>1</sub> )	380	minimum, célszerűen növelhető
Ülésszélesség (B <sub>1</sub> )	400	minimum, célszerűen növelhető
Karmagasság (H <sub>2</sub> )	200-290	-
Karhossz (L <sub>2</sub> )	300	-
Karszélesség (B <sub>3</sub> )	50	-
Karok közti távolság (B <sub>2</sub> )	410	minimum, célszerűen növelhető
Deréktámasz magasságának támadási pontja (H <sub>3</sub> )	170-300	-
Támla magasság (H <sub>4</sub> )	360	minimum, célszerűen növelhető
Ülés lejtése (α)	0-5°	-
Ülés támlával bezárt szöge(β)	90°	minimum, de növelhető
Támla függőlegessel bezárt szög (β <sub>2</sub> )	15°	-

A szabványokban a méret megadása egy minimális érték mentén történik, ami többségében felfelé változtatható (1. táblázat). A tervezésnél nem a minimális értékeket fogom figyelembe venni, hanem egy azoktól optimálisan növelt méreteket, amik jobban megfelelnek egy átlagos ember jellemzőihez. Továbbá, ha az átlag számára ideális, akkor az átlagtól kissé eltérő embereknek is megfelelő lesz. Főleg, ha a szék igazodik a használója testtartásához.

Egy szék kényelmességét és annak megítélését sokszor a felhasználók szubjektív véleménye és elvárásai befolyásolják. Az ilyen igényeknek való megfelelés azért fontos, mert ezek az apró részletek határozzák meg a terméket. Tegyük fel, hogy van egy szék, aminek minden mérete megfelel a kényelmes ülési élményhez és jól is párnázott. Viszont a karfán van egy apró megmunkálási hiba, ami mindig az ember keze ügyébe kerül, amikor beleül és az érzet, amit kivált egy apró bosszúság minden alkalommal. Apróságnak tűnik, de sok ilyen kis apróság képes meghatározni egy embernek a hangulatát, koncentrációját és azt, hogy szívesen ajánlja-e másnak is a terméket. Ha az ember figyel az ilyen részletekre egy termék tervezésekor, hogy olyat alkosson, amit ha valaki használ megérint, beleül egy apró örömrzettel a használójában, akkor jó munkát végzett. Én is igyekszem tudatosan olyan termékekkel körbevenni magam, amik a legapróbb részletekig meg vannak tervezve és használatukkor jó érzéssel tudok dolgozni vagy a mindennapi tevékenységeimet végezni. A szék tervezésénél is ezt a szemléletemet szeretném alkalmazni mind a gyártási folyamat, mind a végfelhasználói élmény tekintetében.

## **TERVEZÉSI FOLYAMAT**

### **SZEMÉLYES CÉLOK ÉS TERVEZÉSI SZEMPONTOK**

A nyári szakmai gyakorlatomat a Budakeszin lévő Stulwerk Kft.-nél töltöttem, ahol megismerkedhettem az ülőbútorok gyártásával, az alkatrészek gyártástechnológiájával és belevágtam a tervezési folyamatba. Az ott töltött 6 hét alatt nagyon sokat tanultam és összefüggésben láttam a tervezés és a gyártás kapcsolatát. Emellett olyan tervezési szempontokat is megismertem, amik egy terméket jól és gazdaságosan gyárthatóvá tesznek. A szakdolgozat témája a Stulwerk-nél látott tapasztalatok és a Soproni Egyetemen tanult izgalmas modifikációs eljárás, a faanyag rostirányú tömörítésének összekapcsolásával született meg. A cél egy olyan irodai munkára ideális szék tervezése, ami kihasználja a tömörített faanyag egyedi mechanikai tulajdonságait és esztétikus megjelenést kölcsönöz

neki anélkül, hogy a funkcionalitás vesztené a szerepéből. A design egy olyan fogalom, ami bármilyen termék esetében megosztó lehet, mert minden ember saját szubjektív véleményén alapszik. Így a tervezett széknél a saját szubjektív véleményem komoly befolyásoló szerepet töltött be, viszont vannak olyan általános esztétikai szempontok, amit minden ember szépnek lát vagy hiányában nem tetszőnek. Ilyen szempontok a szimmetria, az egységes formák, a színharmónia, vagy az arányosság. Ezeket igyekeztem szem előtt tartani mind az egyes alkatrészek, mind a szék végleges formáját tekintve. Egy másik ilyen lényeges szempont az egyes elemek gyárthatósága, így az alkatrészekhez és formai kialakításukhoz már tervezéskor igyekeztem anyagot és technológiát kapcsolni. Ez némileg korlátozza a tervezői szabadságot, de úgy gondolom, hogy mindig jobb egy legyártható és jól működő szék, mint ha szép, de nem megvalósítható vagy kényelmetlen. A szék csomópontjainál és a mozgó szerkezeti elemek kialakításánál a biztonságos és sérülésmentes működés elsődleges szempont. A legyártott alkatrészek után a szék összeszerelhetősége jön, aminél több szempont is előkerül, mint a szerelés egyszerűsége, az alkatrészcsoportok rész-szerelése, vagy a szerelés közben elvégzendő műveletek. Ezekkel azért érdemes tervezéskor számolni, mert sok szerelési és szállítási időt lehet spórolni, ami a végén egy gazdaságosabb termék-előállítását jelent. Az alkatrészcsoportok kialakítása és rész-szerelésének inkább ott van szerepe, amikor szállítás miatt nem teljesen összeszerelt állapotában kell csomagolni, amit így gazdaságosabban lehet megtenni. Viszont félkész állapotból már különösen egyszerű legyen összeállítani. Még egy szempont, ami befolyásolja az eladhatóságot a variálhatóság kérdése mind felszereltségében, mind kinézetében. Ezzel több és változatosabb környezetben is elhelyezhető és harmonizálható, ami növeli a vevők körét. Illetve figyelembe kell venni minden olyan ergonómiához tartozó méretet és fiziológiai szempontot, ami meghatározó és fontos egy irodai munkaszék használatánál, melyet az előző részben tárgyaltam.

#### **FORMA ÉS FUNKCIÓ TERVEZÉS**

A szék tervezésének egyik első lépésében meg kellett határozni, hogy milyen széket szeretnék tervezni, kinek és hova. Teljesen másnak kell megfelelni egy moziban lévő széknek, mint egy alsósoknak szánt iskolai széknek. A választás egy irodai munkaszékre esett, de úgy szerettem volna kialakítani, hogy kinézetében és használhatóságban azoknak is megfeleljen, akik otthonról dolgoznak. Méretekben és más fizikai jellemzőkben ez nem jelet változást, mert a munkafolyamat, amit végeznek rajta ilyen tekintetben megegyezik. A



különbség inkább a felhasználási környezetben jelentkezik. Az irodai környezet sokszor egyszerű és nem a legfontosabb szempont a székek kinézete; ott a székek funkcionális minősége számít többet. Vannak olyan irodai ügyintézős terek, ahol fontos az egységes megjelenés és harmonizálni kell a vállalat színvilágával. A legváltozatosabb az otthoni felhasználási környezet, mert ahány otthon, annyi különböző design létezik. Hogy ezekhez tudjon alkalmazkodni, nagyfokú variálhatóságra van szükség, de erre majd a későbbiekben térek ki. Viszont a formáját tekintve mind a három helyre meg kell felelnie. A formai kialakításra a funkcionális méretek is némileg hatással vannak. A munkakörnyezethez hozzátartozik az asztal, a monitor, az írófelület és a billentyűzet elhelyezkedése és méretei. Mindent figyelembe véve a szabványok és a Hidas Mátyás külső konzulensztől kapott szakmai ajánlások alapján a 2. táblázatban foglaltam össze a tervezendő szék fontosabb méreteit.

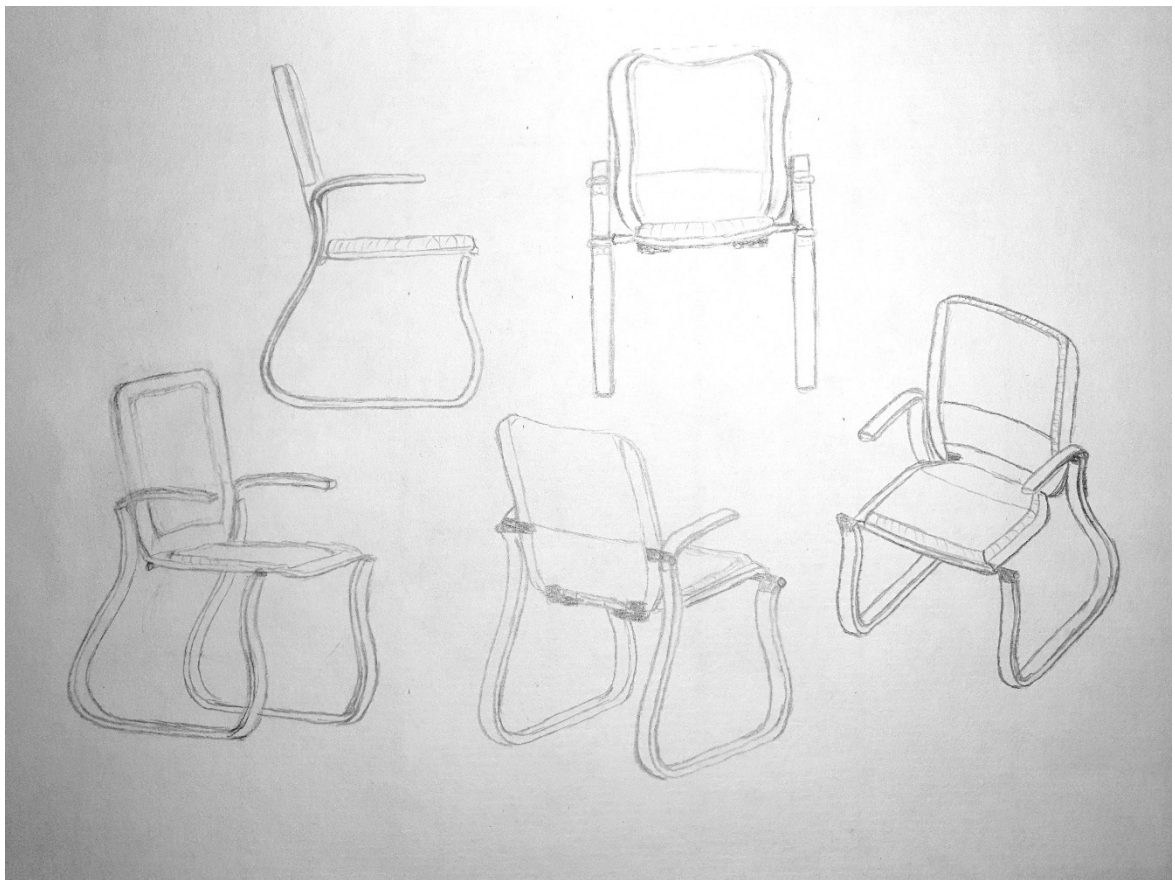
2. táblázat A szék fontosabb méretei

Méret megnevezése (jelölés)	Méret (mm), vagy fok
Ülésmagasság ( $H_1$ )	460
Ülésmélység ( $L_1$ )	410
Ülésszélesség ( $B_1$ )	500
Karmagasság ( $H_2$ )	210
Karhossz ( $L_2$ )	300
Karszélesség ( $B_3$ )	50
Karok közti távolság ( $B_2$ )	510
Deréktámasz magasságának támaszponti pontja ( $H_3$ )	200
Támla magasság ( $H_4$ )	500
Ülés lejtése ( $\alpha$ )	$5^\circ$
Ülés támlával bezárt szöge( $\beta$ )	$90-105^\circ$
Támla függőlegessel bezárt szög ( $\beta_2$ )	$15^\circ$

Megjegyzés: A méretek jelölése és magyarázata a 14. ábra alapján

A méretek meghatározása után elkezdődhetett a formának a kitalálása. A tömörített faanyagból készült székek kutatása közben sok inspiráló székkal találkoztam, de talán a legnagyobb hatással az I-FLEX 450 néven futó tárgyalószék volt (11. ábra), amit személyesen is kipróbáltam. A szék Z alakú tömör vasrúd lábazatára az ülőlap és háttámla 2 helyen van felfüggesztve. A támla közepén és az ülőlap elején. Ennek köszönhetően, ha

valaki beleül, a súlya hatására a támla kissé előre billen, viszont, ha hátradől, az ülőlap előre mozdul, ezzel egy kényelmesebb pozíciót biztosítva a megváltozott testtartáshoz. Ehhez a vas kis keresztmetszet melletti rugalmas tulajdonságait használták ki. A hosszirányban tömörített fa más geometria mellett képes hasonlóan rugalmas alakváltozásra, ahogy ezt a tömörített faanyagból készült matracrugóknál is láhattuk. A rostirányban tömörített faanyagot nagyon szép ívesen lehet hajlítani, ebből kiindulva egy hajlítottan lekerekített formát szeretnék adni a székeknek. Több formaterv is készült, mire kezdett körvonalazódni az a kinézet, ami a fent említett sok szempontnak megfelelhet (15.ábra).



15.ábra Formatervezési vázlatrajzok

A szék vonalvezetését a kétoldalt futó lábak adják, ami alul egy egyenes szakasszal érintkezik a talajjal. Kétoldalt egy-egy S kanyart formálva jönnek fel a lábak és csatlakoznak az ülőlaphoz és a támlához. Ennek az íveltségnek az esztétikán kívül funkcionális szerepe

is van, mivel ez hozzájárul a lábak elhajlásához terhelés hatására. A karfa a láb ívét folytatva jön előre, ezzel nem megtörve a szék íves kinézetét. A láb két végén egy-egy elfordulást lehetővé tevő vasalattal csatlakozik a támlához és az ülőlaphoz. Erre azért van szükség, hogy a lábak mozgása szabadabb legyen és a kötés ne merevítse a támlát és az ülőlapot az elfordulásában. Az ülőlap kialakítása elől egyenes, de a homorú ülőfelület kényelmesebb ülést biztosít. Az ülőlap hátulja lekerekített, ami illeszkedik a szék íves formavilágához és a támlával egy zsanérszerű vasalati részen kapcsolódik. A támla az ülőlaphoz hasonlóan az alján egy ív mentén keskenyedik el, a tetején is lekerekített formák dominálnak. A támla felülete is ívelt, ez a kissé kagylós kialakítás hozzájárul a kényelmes üléshez hátradőlt pozícióban. Munkavégző testtartásban a támla alsó két ötödénél lévő törés megtámasztja a gerincoszlopot, ezzel elősegítve a helyes testtartást. A karfák a kényelmes fogásért nagyobb rádiusszal vannak lekerekítve, mint a láb profilja.

#### **ANYAGVÁLASZTÁSOK**

A felhasznált anyagok és azok minősége éppúgy meghatározó része a terméknek, mint a formai kialakítás. A jó minőségű anyagokból készült termék tartós, masszív, kopásálló és az esztétikai megjelenése is jobb. Így az anyagválasztás terén is több szempontot kellett figyelembe venni.

A lábak és karfák anyaga a rostirányban tömörített faanyag, ami több szempontból is jó választás. A gyártása környezetbarát, nem igényel vegyszereket. A tömörítéssel eljárás miatt kisebb íven lehet hajlítani, mint egy ugyanolyan keresztmetszetű, de Thonet eljárással készülő alkatrészt. A faanyag emellett visszahúlt állapotában is rugalmasabb marad, ami nélkülözhetetlen a szék támlájának és ülőlapjának elmozdulásához. Mivel tömör faanyagról van szó, az esztétikai megjelenése is szebb, mint egy rétegekből idompréselt lábszerkezeté. Két hátrányát lehet megemlíteni, egyik a kissé inhomogén anyagszerkezet, ami nehezíti a statikai méretezést és hibaforrást rejthet magában, de nem gondolom számottevő problémának. A másik a magas előállítási költség a köbméterenként megközelítőleg 6 millió forintos árával. Mivel a szék lábának és karfájának térfogata nem túl sok, így ez nem jelent nagy hátrányt, viszont az előnyei miatt magasabb áron teszi értékesíthetővé a széket. A fa anyagát illetően több fafaj is szóba jöhet, ami alkalmas a tömörítésre. Azok közül a bükköt részesítettem előnyben, mert a gyűrűslikacsú fafajokhoz viszonyítva homogén a szerkezete és tömörítés után nagyon jó rugalmas tulajdonságai maradnak. De kinézet és megjelenés tekintetében a dió, a tölgy és a juhar is szóba jöhet.

A háttámla és az ülőlap anyagát idompréselt rétegelt lemezből szeretném, mivel a gyártástechnológiája lehetővé teszi a 3 dimenziós hajlítást. Emellett jó szilárdsága, alaktartóssága és csavarállósága van, ami hozzájárul a szék stabilitásához és tartósságához. A felületi furnérretek anyagának cseréjével variálhatóbb megjelenést lehet biztosítani.

A vasalatok kialakításához acélrudat és 2-3mm-es acéllemezt szeretnék használni, mert jól megmunkálható és hegeszthető anyag. Mechanikai tulajdonságaik nagyon jók, még a 2 mm-es lemez esetén sem várható a csavarfej átszakadása. Az alkatrészeket jól lehet elektrosztatikus festékszórással felületkezeltetni az apróbb részleteiknél is.

Kárpit lemez anyagának is idompréselt rétegelt lemezt választanék a támlához hasonló kialakítási technológia miatt, emellett jól tűzhető és a felületéhez jól ragasztható a párnázat habanyaga.

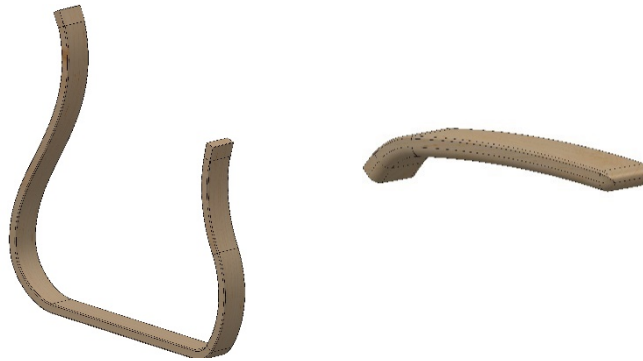
Az ülőlap és a támla párnázatához a közepes keménységű normál poliuretán habszivacsot látom megfelelőnek, a sűrűségétől függően használják ülésre, karfára, vagy támlához. Jó a lég- és vízgőz átteresztő képessége, emellett tartós a szerkezete.

A kárpit anyagához előre nem tudtam konkrét anyagot meghatározni, mert különböző kivitelekben és színekben készülhet, az anyag lehet szövetből, textilbőrből, vagy valamilyen műbőrből. Közös tulajdonságuknak kell lennie a jó légáteresztés és a kopásállóság. Egy olyan szempont, amivel nem tudtam olyan szintem foglalkozni, mint az elején szerettem volna az a környezet tudatos előállítás és anyaghasználat. Mivel egyre feltörekvőbb ez az irányzat és anyag használat terén a tömörített faanyag megfelelne ennek a szemléletnek, de a többi alapanyagnál nem minden esetben találtam alternatív környezetbarát megoldást és nem szerettem volna egy olyan terméket környezetbarátnak feltüntetni, ami nem az.

## **TECHNOLÓGIAI MEGOLDÁSOK**

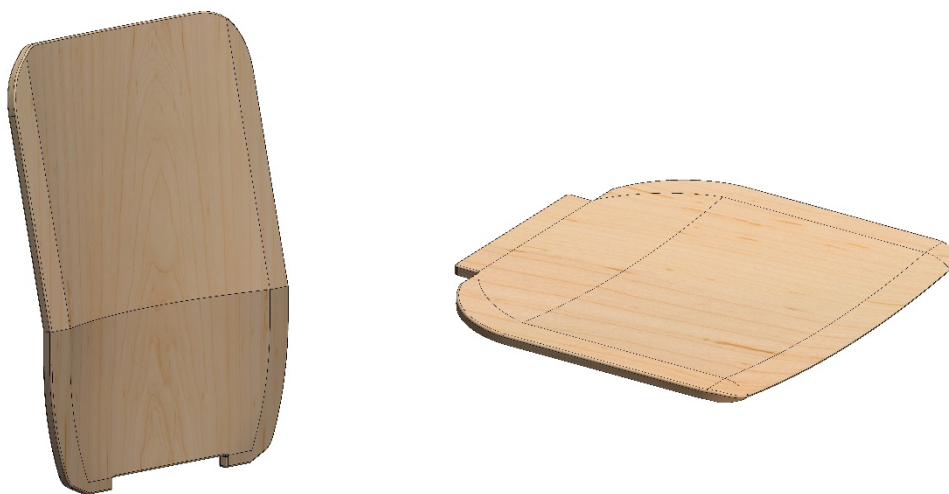
A tervezés során szinte minden szempontra párhuzamosan kellett figyelni, ezzel csökkenthető volt az utólagos kényszerű változtatások mennyisége. Az egyes elemek és formák kitalálásakor egy technológiát, vagy megmunkálást is kapcsolni kellett hozzá, ami sokszor lassította a tervezés dinamikáját.

A lábak és a karfa gyártástechnológiáját már részletesen jellemeztem a tömörített faanyagról szóló részben. Az alkatrészek további megmunkálása és felületkezelése nem jelent problémát, mivel a rostirányban tömörített faanyag hasonlóan viselkedik, mint egy általános gőzölésen átesett, vagy kezeletlen faanyag (16. ábra). Élei marással lekerekíthetők, csiszolható és ha szükséges pácolható. Lakkozás esetén rugalmas lakkot kell választani.



16. ábra A láb és a karfa formája hajlítás és megmunkálás után

A háttámla és az ülőlap idompréselt rétegelt lemezből készül (17. ábra). Az idompréselés során két présforma közé esetünkben 12 mm vastag beragasztózt furnérköteget teszünk, ami a két préslap között felveszi azok formáját. Ez lehetővé teszi a 3 dimenzióban hajlított formák kivitelezését. A ragasztó megkötése és pihentetés után pontos méretre lehet munkálni.



17. ábra Idompréselt háttámla és ülőlap

A kárpitlemez ugyanezen technológiával készül azzal a különbséggel, hogy két alkatrész készíthető a támlához felhasznált présformák között úgy, hogy a középső furnérrétegek közé nem kerül ragasztó. Ezzel 2db 6 mm vastagságú lemez készül. A közös présforma lehetővé teszi, hogy tökéletesen illeszkedjen a háttámla felületéhez.

A vasaltokhoz szükséges acélrúd kialakítását igyekeztem könnyen elvégezhető fémipari megmunkálásokhoz igazítani, mint a szalagfűrész darabolás és a pontos átmérők és profilok kialakításához esztergályos megmunkálások.

A vasalatok másik alapanyaga az acéllemez, aminek összetett profilját és a csavarok helyét sík terítékként nagy pontosságú lézeres vágóberendezések vágják ki. Majd ezeket lemez hajlítógépekkel a meghatározott geometriára hajlítják. A megmunkálásból származó sérülés okozására alkalmas élek egy köszörűvel könnyen elvehetőek és ezzel a lekerekítés is megoldható. A részek fogyó elektródás, vagy AWI hegesztő berendezéssel egyesíthetők. Utólagos megmunkálásként a csavarfejek helyének kialakítása és a belső menettel rendelkező furatok menetmetszése van hátra. A kész alkatrész tisztítás után elektrosztatikus festékszórással festhető a kívánt színre.

A vasalat végére kerülő takarókupak fröccsöntéssel készül, mivel egyedileg gyártott formája van, amihez a szükséges sablon gyártása költséges de nagy szériaszámnál rentábilis.

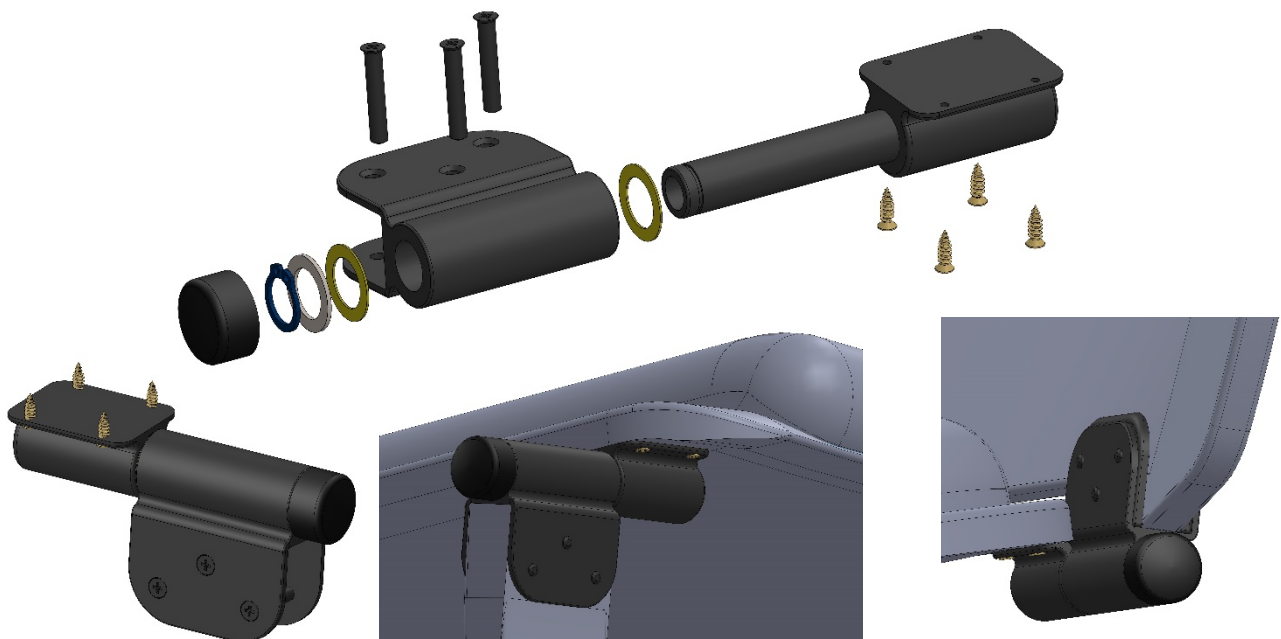
A támla és az ülőlap kárpitozása modernkárpitozás. Először a kárpit lemezbe kifúrjuk és belepréseljük a körmös anyákat, amik majd a támlához rögzítéshez kellenek ezután a formára vágott habzivacsot ráragasztjuk, hogy stabilan rögzüljön a pozíciójához, erre kerül egy vékony vatelin réteg, ami a borító szövettel/bőrrel való összetapadását gátolja. A borító anyagot – legyen az kárpit, műbőr, vagy egyéb anyag – kifeszítve eligazgatjuk, majd a másik oldalt hozzátűzzük a kárpitlemezhez.

### **SZERKEZETI KÖTÉSEK, VASALATOK**

A szék elemei között olyan kapcsolatnak kell lennie, amik a kellő stabilitás mellett biztosítják a korlátozott mozgáshoz szükséges szabadságot. Három ilyen helyen kell szerkezeti kötést kialakítani a láb-ülőlap, a láb-támla és a támla-ülőlap csatlakozásához. A terhelés átadásához és a forgómozgás biztosításához egy zsanér-szerű szerkezetet képzeltem el. Egy fontos tervezési szempont volt, hogy lehetőleg ugyanaz a vasalat legyen jó mind a 3 csomópontba, valamint ne kelljen jobbos és balos elemeket megkülönböztetni. Ez azért fontos mert könnyebb és olcsóbb egy fajta vasalatot gyártani és kevesebb típusú alkatészre van szükség szereléskor emellett egy egységesebb megjelenést is mutat.

A vasalatok fogadásához hasonlóan kell kialakítani az azonos elemekkel kapcsolódó felületeket és éleket. A vasalat zsanérszerű kialakítása miatt szükség van egy csapos és egy réses alkatrészre (18. ábra). A csapos alkatrész 4-4 facsavarral rögzíthető fel a támla hátsó oldalára és az ülőlap aljára. Ez a kialakítás azért kedvező, mert a csavarok csak a felülethez rögzítéshez kellenek, a terhelést vagy közvetlenül a csapos alkatrész viseli, vagy a csavarok nagyrészt nyírásra vannak terhelve és nincs meg a csavarok kiszakadásának veszélye. A réses elemnek a lábak végéhez és a támla alsó részéhez kell kapcsolódnia. Itt kihívás volt, hogy a láb és a támla eltérő vastagságú. A támla esetén kétoldalt egy-egy darab 3 mm-es acél lemez rátételével hoztam azonos vastagságra. A rögzítést 3 darab átmenő metrikus csavarral terveztem. A lemez egyik oldalán a csavar feje süllyesztve van, a másik oldalt menetesen összeszorítja a középső anyagot. Ez az átmenő szerkezet a támla aljára szerelt csomópontnál fontos, mivel ezen a ponton van felfüggesztve az ülőlap hátulja így nagyságrendileg a terhelés felét el kell bírnia. Az átmenő csavar nem tud kifordulni az anyagból, és a rétegelt lemez szerkezete miatt lefelé sem fog tudni kiszakadni.

A csapos elemmel oldalról összeillesztve az túllóg rajta, és a szétcsúszás elkerülésére egy alátét és egy Seeger gyűrű rögzíti a helyén. Az érintkező fém felületek közé a hangtalan és finom mozgás érdekében vékony teflon alátétet teszünk. Esztétikai és sérülés-megelőzési szempontok miatt egy műanyag takaró kupak rögzíthető a kilógó rész végére (18. ábra).



18. ábra A zsanérvasalat alkatrészeinek, összeállításának és rögzítésének bemutatása

A karfa egy opcionális kiegészítő, a széknek anélkül is működnie kell (19. ábra). Hogy a karfával rendelkező változathoz ne kelljen kicserélni vagy egy más fajta hátsó vasalatot használni egy olyan kialakításban gondolkodtam, ami utólag is felszerelhető az alapszékre. Ez egyszerűsíti a gyártást és könnyen lehet módosítani a szék felszereltségét. A karfa a lábakhoz hasonlóan van befogva a vasalatba, de az alsó oldalt hosszabban követi a karfa ívét ezzel alátámasztva azt. A vasalathoz 2 db átmenő csavarral és egy facsavarral van rögzítve a lehető legjobb stabilitás érdekében (19. ábra). A vasalat az alapszék hátsó csomópontjára oldalról rácsúsztatható, majd átmenő metrikus csavarokkal lehet rögzíteni a zsanérvasalat furatain keresztül. A bemutatott alkatrészekből összeállítható széket a 20. és 21. ábra mutatja.



19. ábra Karfa vasalat robbantott nézete



20. ábra Csomópontok elhelyezkedése és részegységekre bontott robbantott nézet

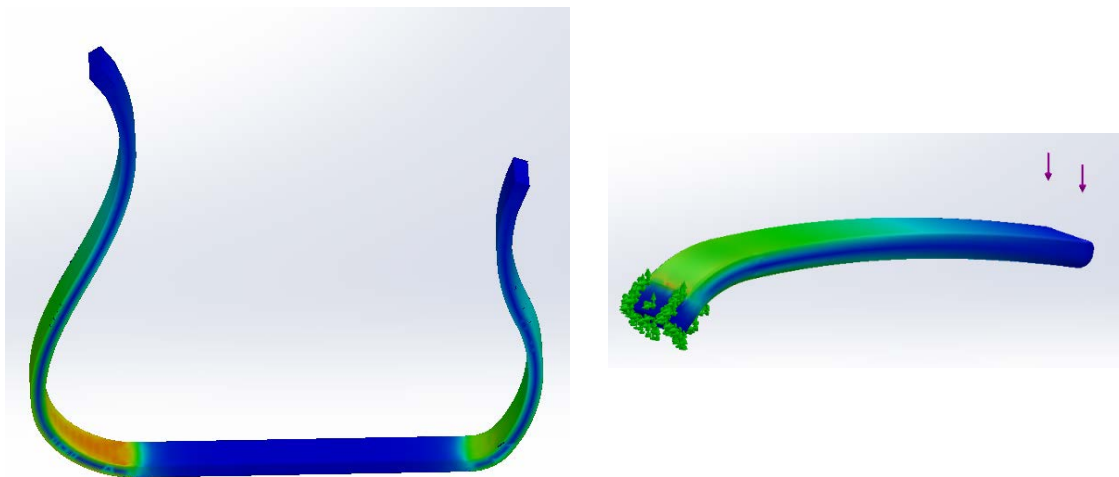




21. ábra A végleges formai és szerkezeti kialakítás

## KRITIKUS PONTOK ÉS STATIKAI SZÁMÍTÁSOK

A szék geometriája, a szerkezeti kötések elhelyezkedése és a tervezett funkciójához szükséges elmozdulás miatt kialakulnak olyan kritikus pontok, amiket célszerű még a tervezési fázisban ellenőrizni mind tönkremenetelre, mind lehajlásra (22. ábra). A terhelés hatására létrejövő elmozdulás szükséges a szék működéséhez és kényelmének biztosításához, de ezzel párhuzamosan fellépnek feszültségek az anyagban, amik ha meghaladja a szilárdságát, akkor bekövetkezik a tönkremenetel. A kritikus pontok meghatározásában segítség volt a SolidWorks tervező program, amiben a széket is terveztem. Sajnos a szék bonyolultsága miatt a teljes modell szimulációjára nem volt lehetőség, így egyszerűsített számolásokkal igyekeztem alátámasztani, hogy a tervezett geometria és az anyag megfelel a szék maximális terhelésének. Maximális terhelésnek egy 120 kg-os ember tömegét vettem.



22. ábra A láb és a karfa kritikus pontjainak meghatározása

A keresztmetszetet profilját négyzetesre vettem és csökkentettem a méretét, hogy jobban közelítse a valóságot. A számításokhoz a bükkfára (*Fagus sylvatica*) jellemző mechanikai tulajdonságokat több szakirodalomból vett értékek átlagolásával vettem figyelembe (Forrás6-7-8-9; Web12). A karfa és a lábak lehajlásánál a számoláshoz egy fixen befogott tartó végén egy egy pontban lévő terhelés modelljével számoltam. A feszültségi értékeket a befogási pontban a húzott oldalt szélső szálban ébredő húzó feszültségre határoztam meg. A rostirányban tömörített faanyag rugalmassági modulusa körül-

belül harmadára csökken, ezért a kezeletlen faanyag húzószilárdságának 33%-át használtam az összehasonlításhoz. Meghatározott hajlító-rugalmassági modulus: 4441 MPa; húzószilárdság: 79 MPa. Felhasznált képletek:

Befogási pontban ébredő maximális forgatónyomaték:  $M_{max} = F * l$

Másodrendű nyomaték (téglatest):  $I_x = \frac{a*b^3}{12}$

Keresztmetszeti tényező:  $K = \frac{I_x}{y_{max}}$

A külső szálaban ébredő maximális húzófeszültség:  $\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{K}$

Lehajlás:  $\frac{F*l^3}{3*I*E}$

Karfa vizsgálata maximális terhelésre: 300 mm-es erőkar (l) és 500 N terhelés (F) esetén az ébredő húzófeszültség 69 MPa, ami kevesebb, mint a faanyag 79 MPa-os értéke, tehát megfelel. A karfa lehajlása ekkor 52 mm, ami elég drasztikus, de várhatóan nem jelent maradandó alakváltozást. Azonban a karfa általában lényegesen kisebb terhelésnek van kitéve, amint a felhasználó a karját pihenteti rajta. Ennek megfelelően a következő számítást végeztem.

Karfa vizsgálata normál terhelésre: 200 mm-es erőkar (l) és 50 N terhelés (F) esetén az ébredő húzófeszültség 5 MPa; a lehajlás 2 mm lesz, ami megfelelően alacsony érték és egy kényelmes rugózást biztosít.

Első láb vizsgálata maximális terhelésre (hátradőlt testtartás): Erő távolsága 430 mm (l) és 200 N terhelés (F) esetén az ébredő húzófeszültség 32 MPa, ami megintcsak kevesebb, mint a faanyag 79 MPa-os értéke, tehát megfelel. A lehajlása 49 mm, ami a maximális terheléshez viszonyítva optimális, egyúttal szükséges a funkciójának betöltéséhez.

Hátsó láb vizsgálata maximális terhelésre (hátradőlt testtartás): az előző számításhoz hasonlóan az erőkar (l) 500 mm, a terhelés (F) 200 N. Ekkor az ébredő húzófeszültség 37 MPa, ami megint csak megfelelő. A hátsó láb lehajlása, azaz elmozdulása a terhelési pontban 77 mm, ami az első lábéhoz hasonlóan kedvező mértékű a szélsőséges terhelési esetet figyelembe véve.

## ÖSSZESZERELÉS

A szerelés gyors és időhatékony elvégzéséhez célszerű egy szerelési tervet készíteni, ahol részegységeket alakítunk ki. A részegységenkénti összeállításnál az egyes részek külön könnyebben szerelhetők, majd ezekből állítjuk össze a kész terméket. Már a tervezés során figyelni kell, hogy ne legyenek olyan részek, amik szerelésnél nem hozzáférhetőek, vagy kényelmetlenül szerelhetők, mert ezek lassítják a folyamatot, vagy hibákhoz vezethetnek. Célszerű minden alkatrészt csoportosítva előkészíteni. Ez hozzájárul a gyors szereléshez és csökkenti a hibalehetőségeket, például, hogy egy alkatrész kimaradjon. A kialakított szerelési részegységek: láb és kapcsolódó elemek; karfa és vasalat; ülőlap és kapcsolódó elemek; támla és kapcsolódó elemek. A legjobban felszerelt szék összeállítását részletezem.

Láb szerelése: A két végére a furattal ellátott zsanérelemet kell felhelyezni úgy, hogy a süllyesztés kifelé nézzen, majd 3-3 darab M4x23 csavarral rögzíteni. Alulra a két borulásgátló támasztékot egy-egy 2,5x16-os facsavarral kell rögzíteni.

Karfa: A karfa nem lekerekített részére kell felhelyezni a karfához tartozó vasalatot, majd 2 darab M4x23-as csavarral rögzíteni. Ezután a vasalatot az alsó részén még egy 2,5x16-os facsavarral fixáljuk.

Ülőlap: Első lépésként össze kell rakni 2db vasalatot egészben, ezeket az ülőlap aljára rácsavarozni négy-négy darab 2,5x16-os facsavarral úgy, hogy illeszkedjen az ülőlap hátsó éleihez. Az elejére 2 darab csapos elem kerül. Az ülőlap széléhez és az íves rész kezdetéhez igazítva kell felcsavarozni szintén négy-négy darab 2,5x16-os facsavarral. A párnázatot a helyére kell igazítani, majd hátulról 4 db M4x18-as csavarral rögzíteni.

Támla: A támlára az ülőlaphoz hasonlóan a párnázatot a helyére igazítjuk, majd hátulról 4 db M4x18-as csavarral rögzítjük.

Összeállítás: (20. ábra robbantott nézete) Első lépés a támla és az ülőlap egyesítése célszerűen fektetett állapotban. A támlát be kell illeszteni a helyére, majd kétoldalt becsúsztatni a zsanéros vasalatba a bővítő lemezeket, hogy tökéletesen illeszkedjen. Ezután mind a két oldalt rögzíteni kell 3-3 db M4x23-as csavarral. Második lépésben az egyik oldalon a két csapos elemre teflon alátét kerül, ezután rá lehet tenni az egyik lábat a zsanérelemek összecsisztásával. Ezt követően újabb 1-1 teflon alátét, majd 1-1 fém alátét következik, és a Seeger gyűrű ráhelyezésével fixáljuk a pozíciójában. Végezetül a takaró kupak kerül fel. A másik oldali lábat ezzel megegyezően kell szerelni.

Mivel a karfa opcionális kiegészítő, így utólag is szerelhető, ehhez a felső csomópont M4x23-as csavarjait ki kell hajtani, a karfát oldalról rá kell csúsztatni, majd a megnövekedett vastagság miatt M4x27-es csavarokkal rögzíteni.

### **GYÁRTHATÓSÁG**

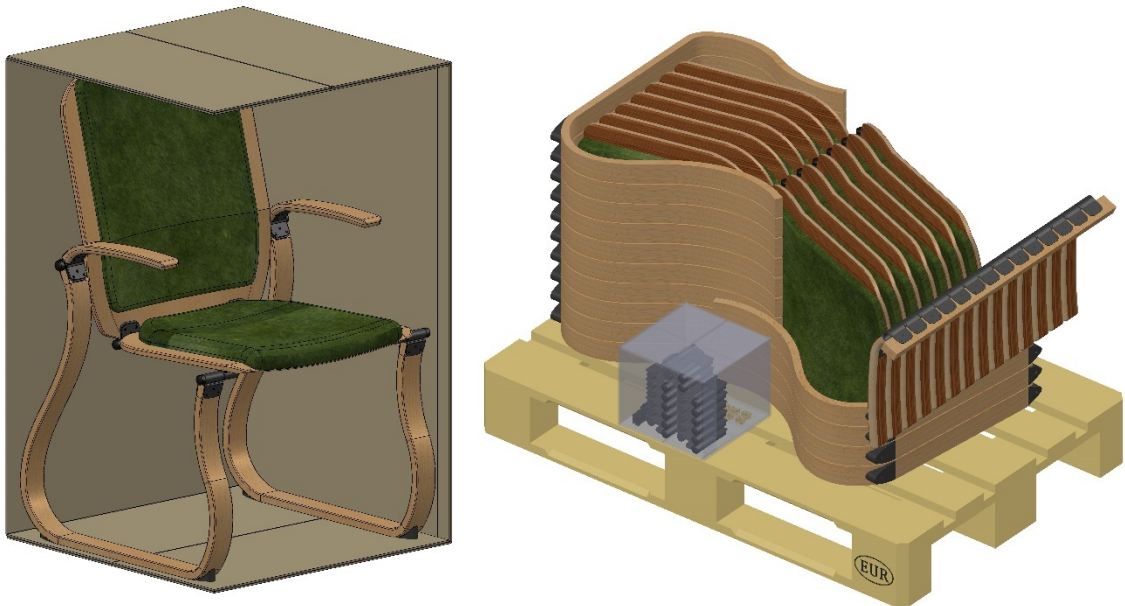
A gyárthatóság egy olyan szempont, ami objektíven vizsgálja a terméket. Attól, hogy egy termék legyártásához elméletben minden feltétel adott az nem jelenti, hogy bárhol és bárki letudja gyártani, illetve sok esetben eltérő költséggel. Fontos az alapanyagok beszerezhetősége és az alkatrészek gyártását és megmunkálását végző partnerek jelenléte, vagy viszonylagos közelsége. A széket általános magyarországi gyárthatóságra vizsgálom és a szükséges partnerek csak speciális igények esetén konkretizálom.

Kezdve a lábak és karfákhoz szükséges rostirányban tömörített faanyaggal, amit viszonylag kevés helyen állítanak elő. Magyarországon a Compwood Products Kft-nél a tömörítés mellett igény esetén a formára hajlítást is elvégeztük. Idompréselt rétegelt lemezt több helyen gyártanak megrendelésre. A vasalatok legyártásához szükséges olyan partner, aki lehetőleg a lemezalkatrészek vágását és hajtását egy helyen el tudja végezni, ezekből Budapest agglomerációjában és Nyugat-Magyarországon van több. A párnázatokhoz szükséges habzivacsot számos helyen meg lehet vásárolni, de többségük az Eurofoam Hungary Kft. által gyártott habokat forgalmazza. Minőségi kárpitokat Olaszországból lehet rendelni. A vasalatok végét takaró kupak és lábak alján található borulásgátló alkatrészek fröccsöntését műanyagból a lemezek megmunkálásához hasonlóan elsősorban Budapest agglomerációjában tudjuk megcsináltatni, de országsszerte elszórva több helyen lehetséges. Ezeken felül szükséges hegesztéssel és fémforgácsolással foglalkozó üzemmel, valamint asztalos műhellyel is kapcsolatban állni, amennyiben csak a szerelést tudjuk elvégezni. Ha a fentiek közül valamelyik alkatrész előállítás vagy megmunkálása cégen belül megoldható, azzal csökkenthetők a költségek.

### **CSOMAGOLÁS, SZÁLLÍTÁS**

A szék gyártásának utolsó lépése a csomagolás és szállítás. A csomagolás terén két változatot különböztetnék meg. Az első, ha 1 darab széket kell csomagolni összeszerelt állapotban; a második, ha több darabot kell szállítani és a részalkatrészeket kell úgy csomagolni és rakásolni; hogy azok a leghelytakarékosabban legyenek elhelyezve. A csomagolás célja mindkét esetben, hogy megvédje a terméket szállítás közben a sérülésektől.

Egy darab csomagolása esetén a szállítás után egyből igénybe vehető, míg a másik esetben utólagos szerelést igényel.



23. ábra Csomagolás egy- és több szék esetén

A külön csomagolt szék egy 650x650x1000 mm-es dobozba fér bele (23. ábra). Egy EU szabványos 800x1200 mm-es raklapra 7 teljes szék fér szétszerelt állapotban, aminek a magassága 500 mm, ha az oldalról támasztó a rajzon nem jelölt eurokeretre egy forgácslapot rögzítünk még egy szint felpakolható ezzel megduplázva a mennyiséget (23. ábra). Ha még nagyobb tételben történik a szállítás az egyes elemek külön raklapra gyűjtésével és rakásolásával még jobb szék/raklap arányt lehet elérni. Az alkatrészek köré és közé kartonpapírt, buborékfóliát vagy szövetanyagot kell tenni, hogy megóvjuk a szállítás közbeni sérülésektől, illetve ha szükséges olyan támasztó és rögzítő elemek behelyezése, amik a rakat egységet fixálják.

#### VARIÁLHATÓSÁG ÉS TERMÉKCSALÁD

Minden embernek más tetszik, mások az igényei egy széket tekintve és megvásárlás után más környezetbe kerülnek. Tehát ha csak egy kinézete és egy típusa lenne a széknek, nagyon leszűkülne azon vevők köre, akinek megfelel. Ennek fényében több változtatható paramétert is meghatároztam (az aláhúzott az alap kivétel): karfás/karfa nélküli; alul-felül párnázott/csak alul párnázott/csak felül párnázott/párnázat nélküli; láb és karfa anyaga bükk/tölgy/dió/juhar; kárpit anyaga és színe; ülőlap és támla fedőfurnér nyár/juhar/dió/bükk. A paraméterek változtatása természetesen jelentősen befolyásolja a termék árát, így a termékcsaládot egy széles ártartományon belül lehet variálni.

Mivel minden variációt bemutatni nem lehetséges, így csak néhány alap- és exkluzív megjelenésű széket ábrázol a 24. ábra.



24. ábra A székek felszereltség és szín variációk az egyszerűtől az exkluzívig

## ÁRKALKULÁCIÓ

A szék árát a gyárthatóságnál említett okok miatt nem lehet pontosan meghatározni, ezért viszonyítási alapként egy bekerülési összeget számolok az egyes alkatrészek alapanyag- és megmunkálási költségéből. Az itt számolt összeg nem tartalmazza a nyereséget és egyéb járulékos összegeket, mivel az megintcsak attól függ, hogy milyen forráson keresztül és milyen haszonkulccsal lesz értékesítve. A táblázatban látható nettó összegek a különböző alkatrészeket gyártó cégektől telefonon, emailben, vagy egyéb forráson keresztül kapott árazási metódus, vagy konkrét összegek alapján állt össze. Természetesen a gyártók között lehet árbeli eltérés, ezért a 3. táblázat egy viszonyítási alapot képez.

3. táblázat: Az alkatrészek nettó bekerülési költsége

Alkatrész	db	Alapanyag ár (Ft)	Megmunkálás ára (Ft)	Összegzett ár (Ft)
Láb	2	15630	1500	34260
Karfa	2	1830	1500	4660
Zsanér vasalat	6	300+250	1200+800+400	17700
Karfa vasalat	2	1000	1200+1800+400	8800
Műanyag kupak	6	100	-	600
Támasztó ékek	4	700	-	2800
Támla	1	2000	1500	3500
Ülőlap	1	1500	1500	2500
Támla kárpit	1	1250+2000+3000	750+1500	8500
Ülőlap kárpit	1	750+2000+2500	750+1500	7500
Csavarok/alátétek		~500		500

A kalkulált bekerülési költség az alap szék esetén 62 000 forint, míg a teljes felszereltségű szék ára 92 000 forint, ami kissé soknak tűnik annak fényében, hogy ez nem tartalmaz még sem profitot, és szállítási-közvetítói jutalékot, sem adókat. Nyilván ez nem egy olcsó tömegszék, meg kell fizetni a különleges anyaghasználatot és a megjelenést. Úgy gondolom, hogy egy olyan szék tervei készültek el, aminél mindig a funkcionalitás és a mindennapi használhatóság áll a legfontosabb helyen. A minőségi anyagok és kivitelezés lehetővé teszi, hogy egy tartós termék legyen, amire az ember nem fél garanciát vállalni és hosszú időn keresztül fog jó szolgálatot tenni. Az ára más tömörített faanyagból készülő székhez viszonyítva nem minősül kimondottan magasnak.



## ÖSSZEGZÉS

A szakdolgozatban bemutatott szék tervezésénél jól sikerült integrálnom a faanyagtudományi és modifikációs ismereteimet, a Solidworks tervezőprogrammal szerzett tapasztalataimat és a gyártástechnológiai jártasságomat. Mind a 3 terület kezdettől fogva érdekelt és örültem, hogy tudtam olyan témát választani, ahol ezeket együttesen alkalmazhatom. A szék tervezése folyamán, vagy a kapcsolódó kutatások közben mind a 3 területen bővültek az ismereteim és javultak a képességeim. Ezek mellett ergonómiai, bútor- és technológiatörténeti ismereteket is szereztem. Végül sikerült egy olyan irodai munkára alkalmas ülőbútort tervezni, ami minden, a tervezés elején megfogalmazott elvárásnak megfelel.

A tervezett szék esztétikai megjelenésében illeszkedik mind az otthoni, mind egy irodai környezetbe. Emellett nagymértékben variálható felszereltségében és színvilágában. Tervezett cél volt, hogy lehessen belőle egyszerű- és exkluzív megjelenésűt is készíteni amit a felhasznált anyagok variálásával könnyen meglehet valósítani. A vasalatok szemszögéből fontos volt, hogy univerzális legyen és a karfa utólag is felszerelhető legyen. Ezekre szerintem jó megoldás született mivel ugyanaz a vasalat alkalmazható mindhárom csomópontban és nem különbözik a jobb és bal oldalon. A szék funkciójában kihasználja a rostirányban tömörített faanyagban rejlő mechanikai, továbbá a hajlításából származó esztétikai előnyeit. A kezeletlen faanyaghoz képest megnövekedett rugalmasan elviselt alakváltozás lehetővé tette, hogy a munkavégzéshez szükséges optimális testtartás mellett egy hátradőlt, pihentetőbb pozíciót is fel tudunk a székben kényelmesen venni. Hasonló székeknél egy másik fontos szempont a rakásolhatóság. Sajnos a tervezett szék ilyen tekintetben nem rakásolható a formai kialakítása miatt. A szék magas bekerülési költségét főképp a rostirányban tömörített tömörfa alapanyag adja, amit a tömörítési technológia fejlesztésével és annak dinamikusabbá tételével lehetne csökkenteni.

Összességében úgy érzem, hogy a kitűzött célokat elértem a témával kapcsolatos területeket körbejártam és figyelembe vettem. A szék szerintem esztétikus és a funkciójának is megfelel. A tervezés közbeni legnagyobb szakmai kihívás az volt, hogy a tervezési folyamatot ne lépésről lépésre tegyem, hanem párhuzamosan figyeljek minden tervezési szempontra. Ennek köszönhetően a szék minden része összhangban van a többi részével. Illetve látom a még benne rejlő fejlesztési lehetőségeket a továbbiakra nézve.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Forrás1.: TÓTH S L (2009): *A fa hajlítási technikája - rövid történeti áttekintés. 2.oldal*
- Forrás2.: BÁDER M (2015): *Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése - 1. rész: az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. FAIPAR 63(1), 1-9. doi: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8*
- Forrás3.: BÁDER M (2015): *Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése III. rész: A tömörített fa mechanikai tulajdonságai, felhasználási lehetőségei. FAIPAR 63(2), 52-65. doi: 10.14602/WOODSCI.2015.2.53*
- Forrás4.: BÁDER M, NÉMETH R, ÁBRAHÁM J (2015): *Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése - 2. rész: történelem és szabadalmak, a tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. FAIPAR 63(1), 10-20. doi: WOODSCI.2015.1.13*
- Forrás5.: IVELIC Ž (2002) *Office furniture design according to a human antropometric data, International Design Conference, Dubrovnik, May 14 - 17, 2002*
- Forrás6.: WAGENFÜHR R (2007) *Holzatlas. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, Leipzig*
- Forrás7.: NIEMZ P (1993) *Physics of wood and wood-based materials. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen*
- Forrás8.: NIEMZ P, SONDEREGGER WU (2017) *Wood physics: physics of wood and wood-based materials. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München*
- Forrás9.: KRETSCHMANN D (2010) *Mechanical properties of wood* In: Ross RJ (ed) *Wood handbook – Wood as an engineering material. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wi, U.S.A.*

## INTERNETES FORRÁS HIVATKOZÁSOK

- [web1]: <https://lakberendezde.cafeblog.hu/2015/02/05/az-okori-koz-el-kelet/> Megtekintve: 2021. 05. 12.
- [web2]: <http://www.sothebys.com/en/auctions/ecatalogue/2015/dillee-dynastie-experts-collectionneurs-pf1541/lot.72.html> Megtekintve: 2021. 05.12
- [web3]: <https://thonet.com.au/products/no-14-vienna/> Megtekintve: 2021. 05.12
- [web4]: <https://www.thestar.com/news/queenspark/2015/11/18/high-tech-and-prehistoric-tenant-bringing-life-to-mars.html> Megtekintve: 2021. 03. 05.
- [web5]: <https://www.janwaterston.co.uk/velo-chair-gallery> Megtekintve: 2021. 03. 05.
- [web6]: <http://compwood.com> Megtekintve: 2021. 04.07.
- [web7]: <https://faipar.hu/cikkek/portre/8791/a-nehezen-megertett-feltalalo> Megtekintve: 2021. 04.10.

[web8]: <http://www.fredrikmattson.se/projects/spiral/> Megtekintve: 2021. 04.10.

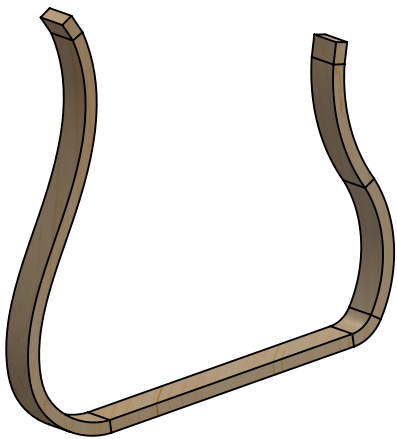
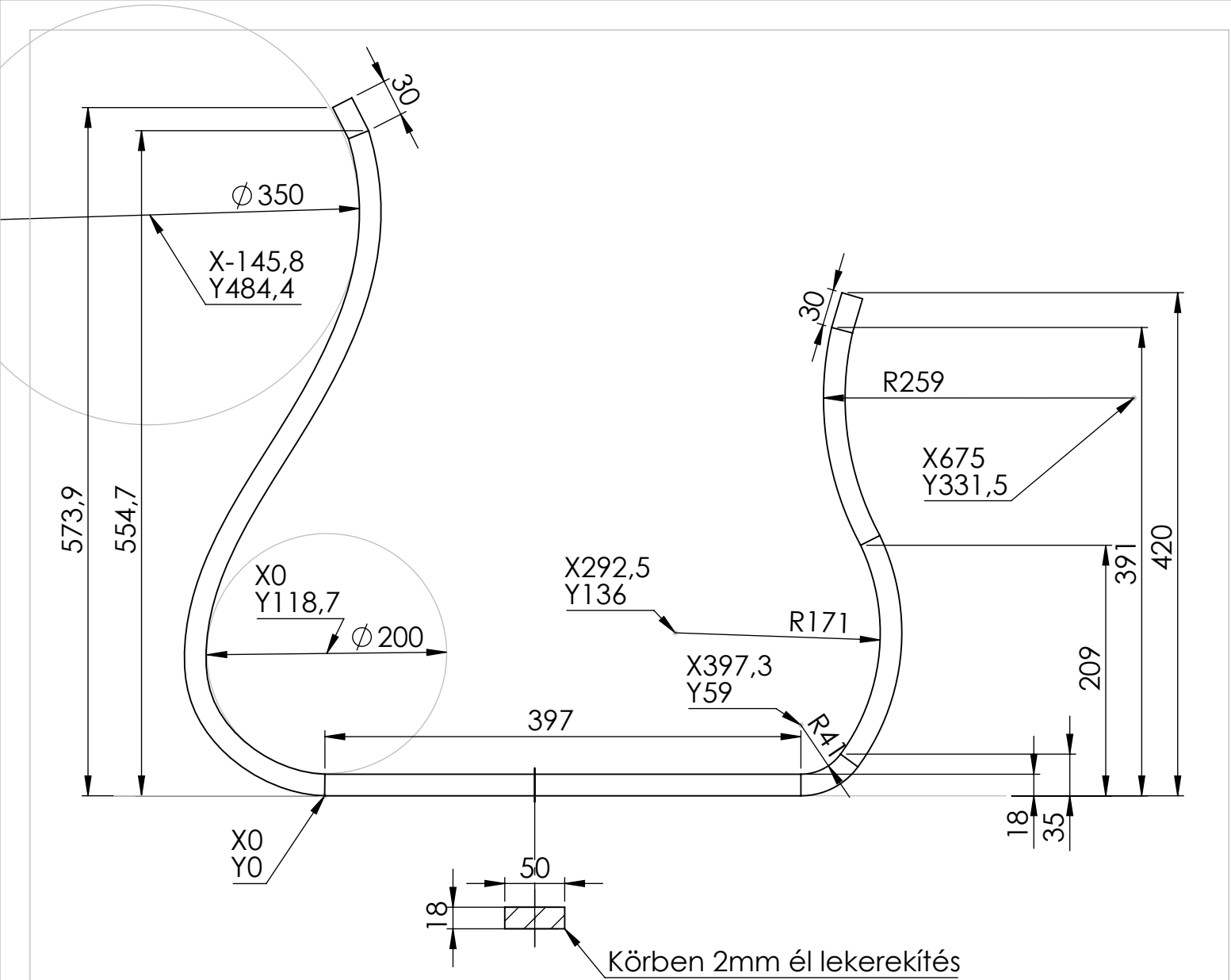
[web9]: <http://www.puretimber.com/studio/> Megtekintve: 2021. 04.12.


[web10]: [https://muku-store.com/en/products\\_detail.php?product\\_id=10547](https://muku-store.com/en/products_detail.php?product_id=10547) Megtekintve: 2021. 04.13.

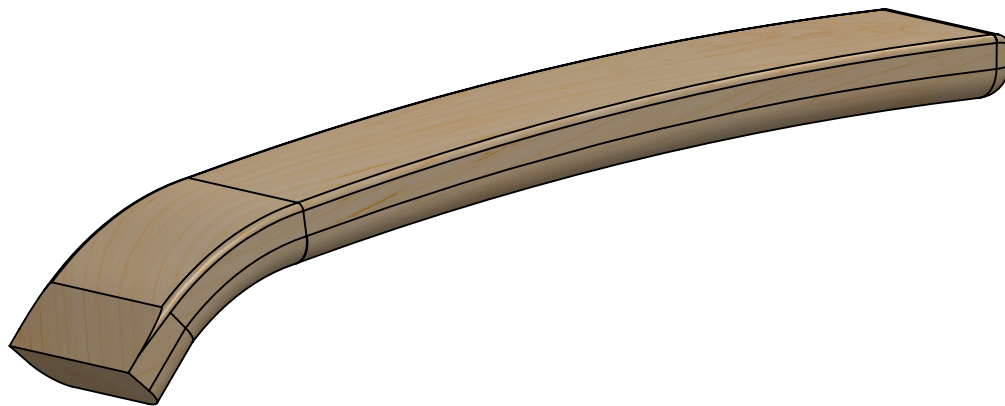
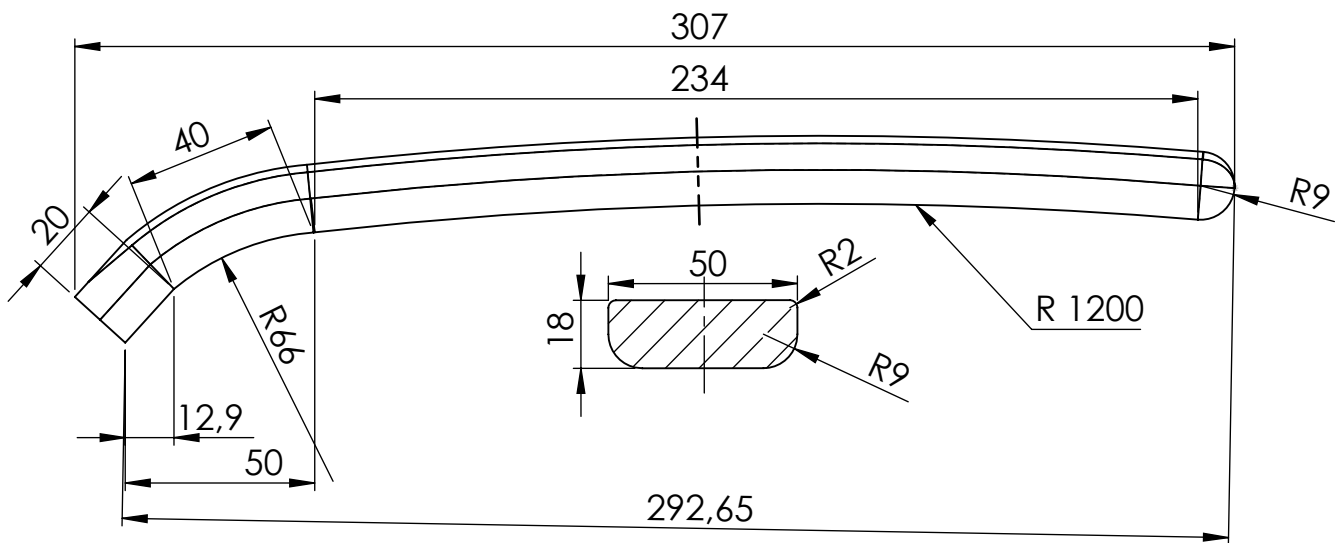
[web11]: <https://altaqualita.eu/MONACO-Flex-targyaloszek> Megtekintve: 2021. 04.14.

[web12]: <https://www.wood-database.com/european-beech/> Megtekintve: 2021. 05.03

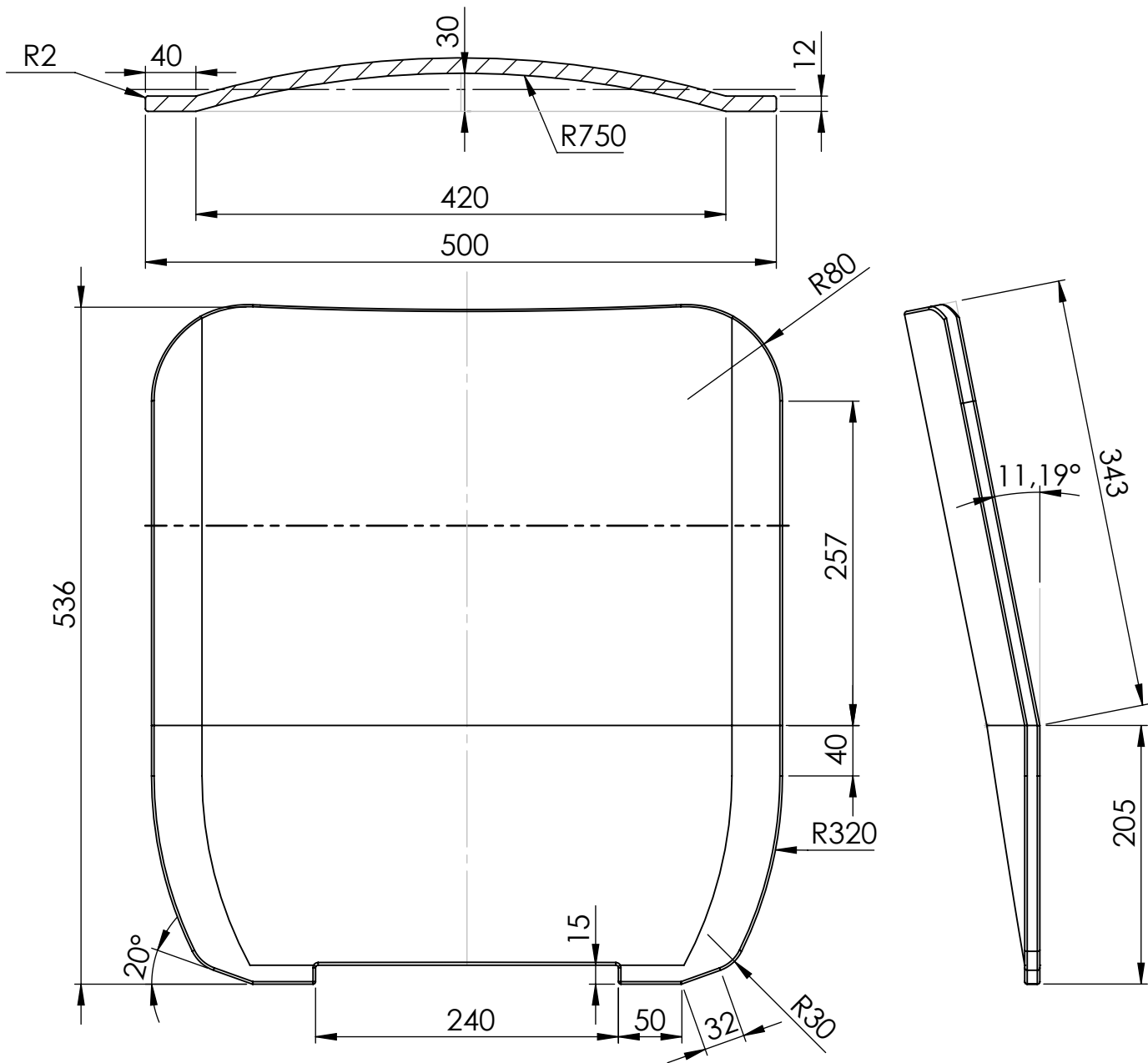
## **MELLÉKLET: MŰSZAKI RAJZOK**



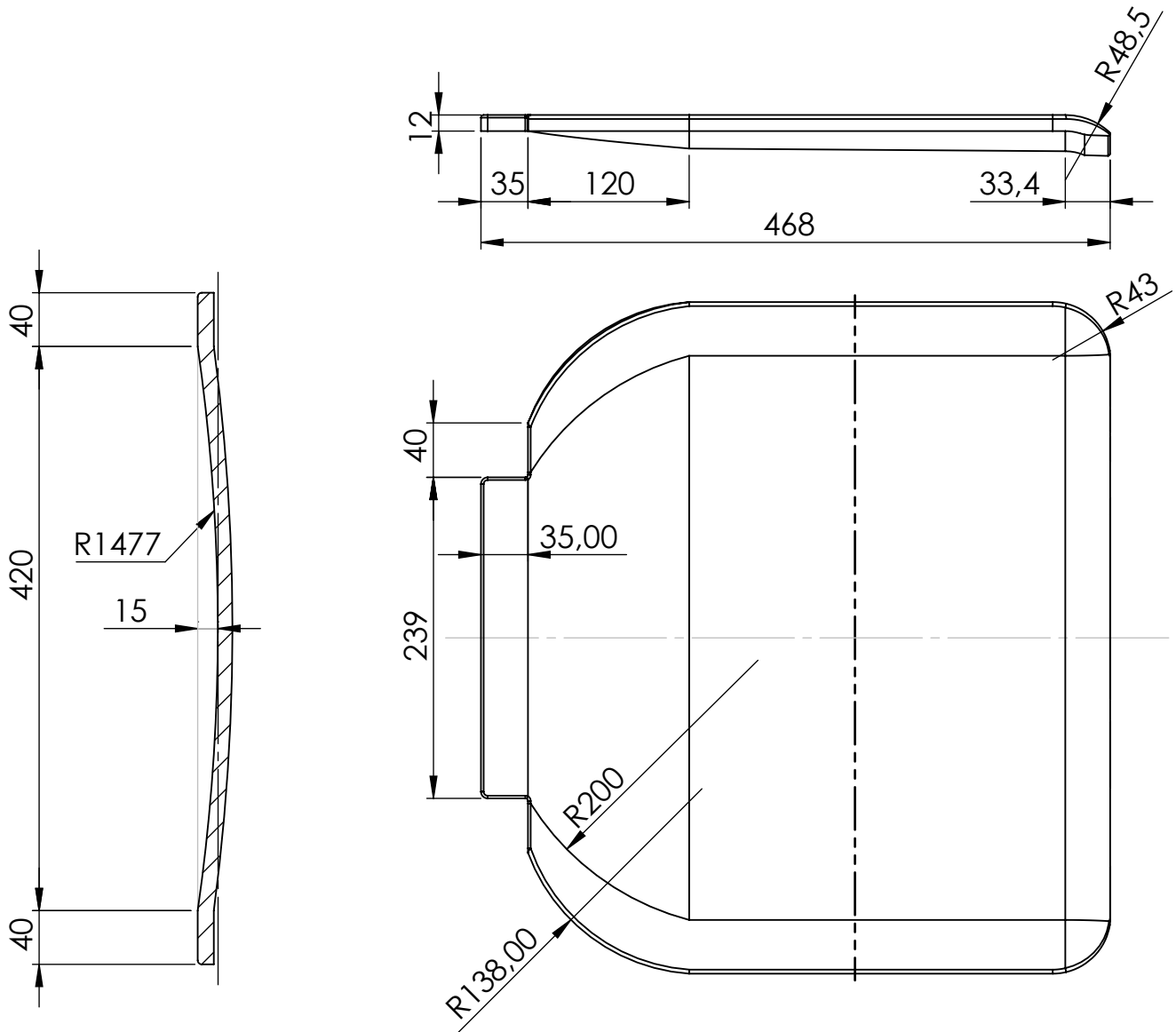
Tétel szám	Db	Megnevezés	Méret	Szabvány	Anyagminőség	Megjegy.
Tervező: Tóth Mihály Zoltán		Gyártmány: Irodai munkaszék		Méret arány M=1:5	Vállalat: SOE SKK	
Dátum: 2021.05.06		Megnevezés: Láb hosszirányban tömörített faanyagból		Vet. Mód	Rajzszám: No1	
Ellenőrizte:		Anyag:				



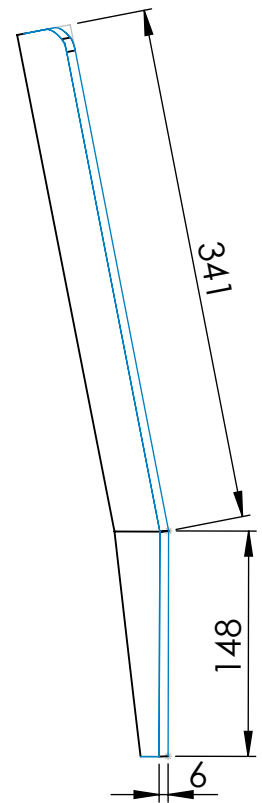
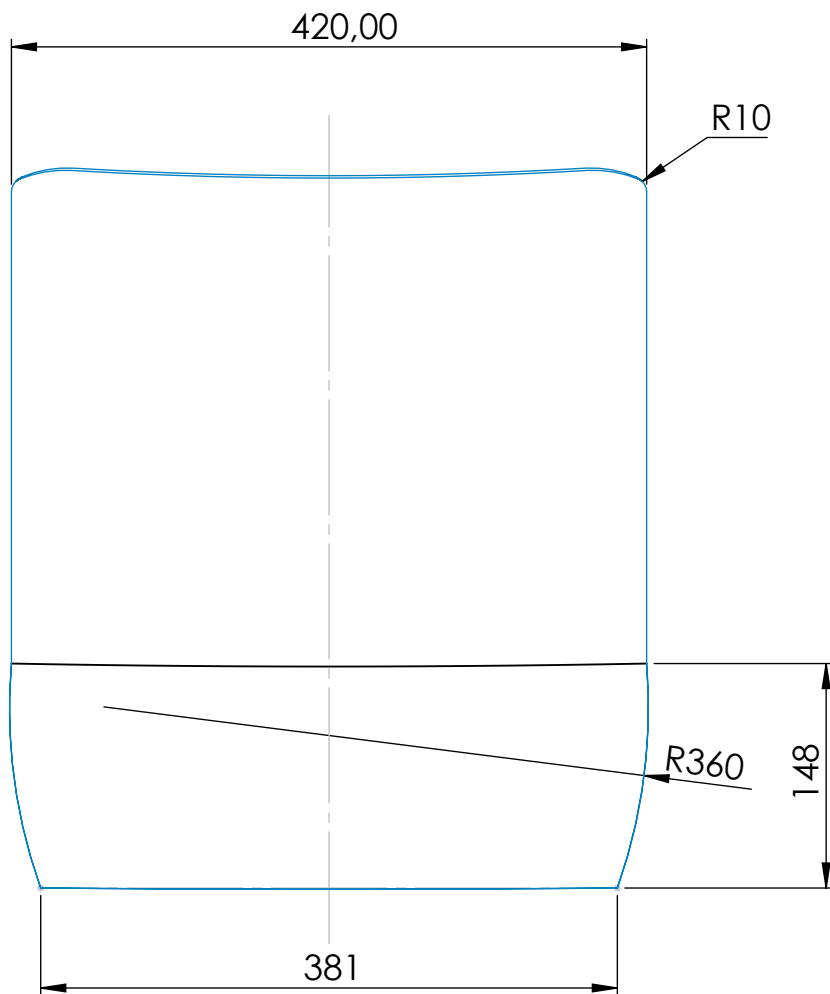
Tétel szám	Db	Megnevezés	Méret	Szabvány	Anyagminőség	Megjegy.
Tervező: Tóth Mihály Zoltán		Gyártmány: Irodai munkaszék		Méret arány M=1:2	Vállalat: SOE SKK	
Dátum: 2021.05.06		Megnevezés: Karfa hosszirányban tömörített faanyagból			Rajzszám: No2	
Ellenőrizte:		Anyag:				



Tétel szám	Db	Megnevezés	Méret	Szabvány	Anyagminőség	Megjegy.
Tervező: Tóth Mihály Zoltán		Gyártmány: Irodai munkaszék		Méret arány M=1:5	Vállalat: SOE SKK	
Dátum: 2021.05.06		Megnevezés: Háttámla idompréselt rétegelt lemezből		Vet. Mód	Rajzszám: No3	
Ellenőrizte:		Anyag: furnér(Bükk/Tölgy/juhar/cseresznye/Dió) vastagság:1,2mm ; minőség: A-A				

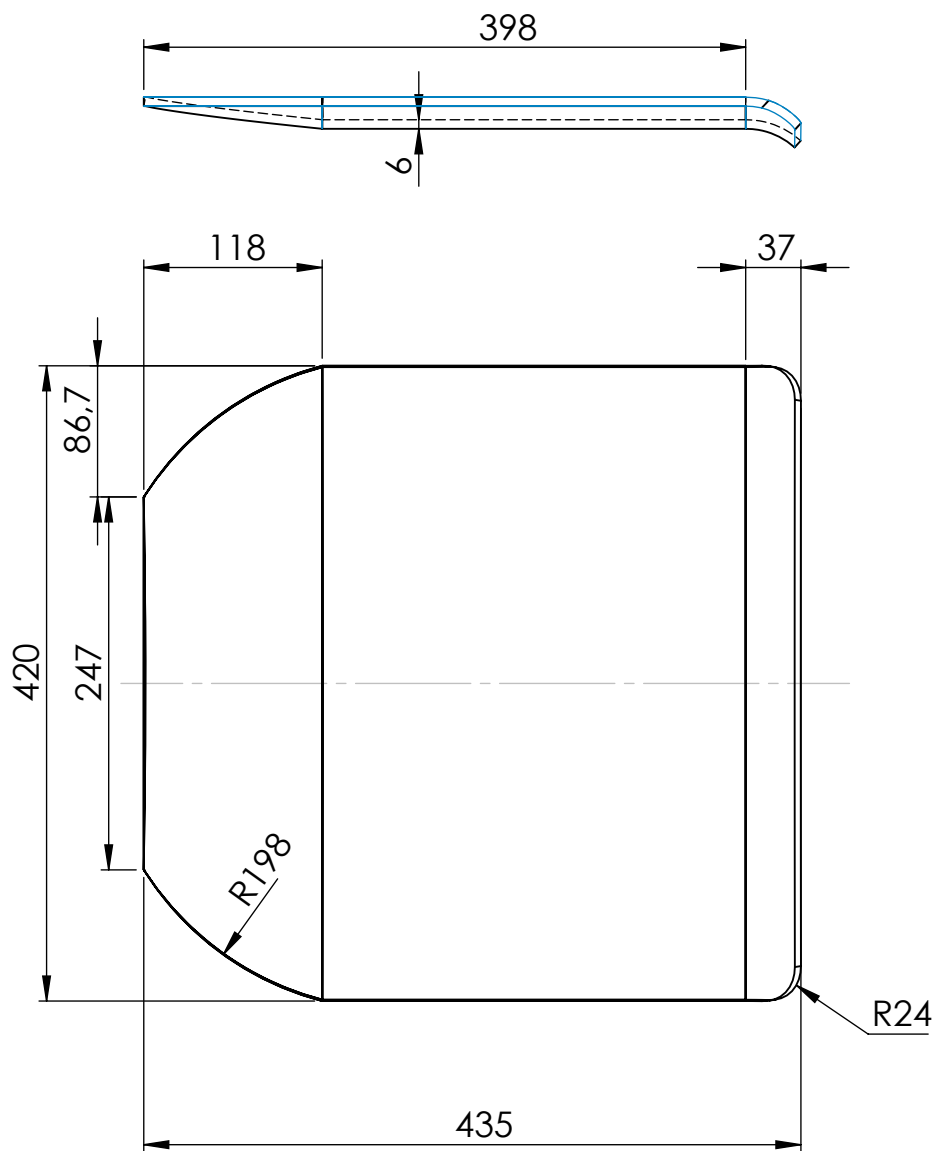


Tétel szám	Db	Megnevezés	Méret	Szabvány	Anyagminőség	Megjegy.
Tervező: Tóth Mihály Zoltán		Gyártmány: Irodai munkaszék		Méret arány M=1:5	Vállalat: SOE SKK	
Dátum: 2021.05.06		Megnevezés: Ülőlap idompréselt rétegelt lemez			Vet. Mód	Rajzszám: No4
Ellenőrizte:		Anyag: furnér(Bükk/Tölgy/juhar/cseresznye/Dió) vastagság:1,2mm ; minőség: A-A				



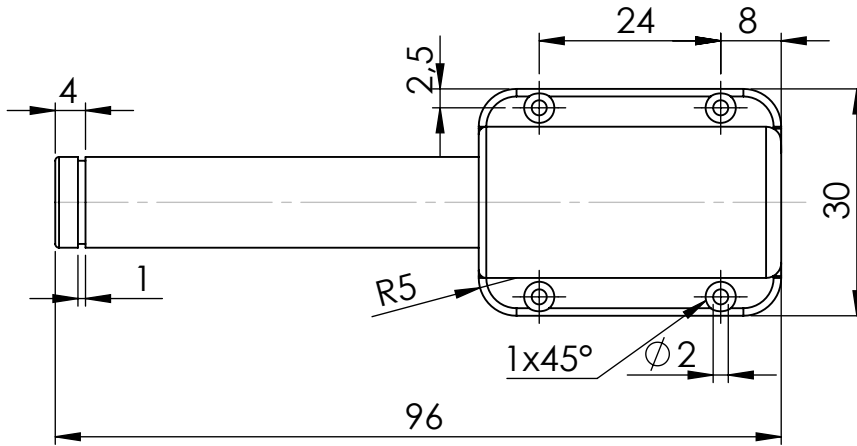
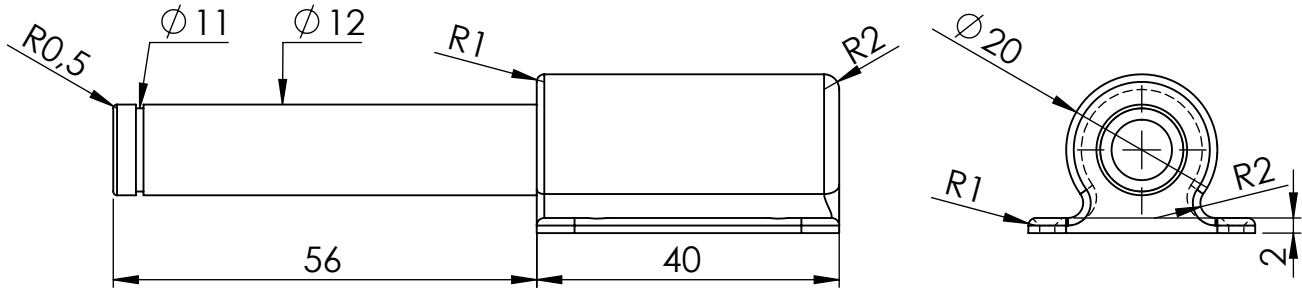
Tétel szám	Db	Megnevezés	Méret	Szabvány	Anyagminőség	Megjegy.
Tervező: Tóth Mihály Zoltán		Gyártmány: Irodai munkaszék		Méret arány M=1:5	Vállalat: SOE SKK	
Dátum: 2021.05.06		Megnevezés: Támla kárpitlemez		Vet. Mód	Rajzszám: No1	
Ellenőrizte:		Anyag: furnér(Bükk/Tölgy/juhar/cseresznye/Dió) vastagság:1,2mm ; minőség: C-C				



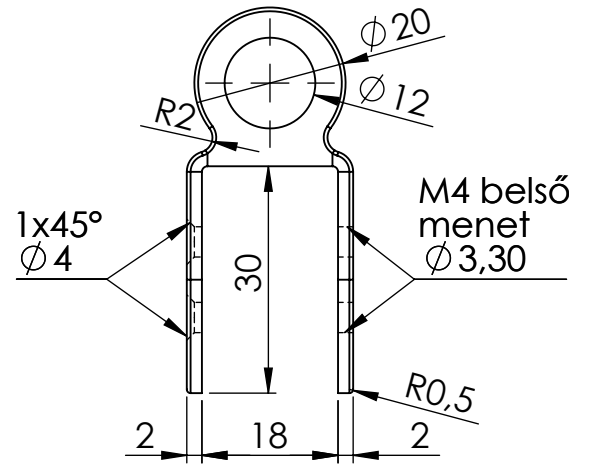
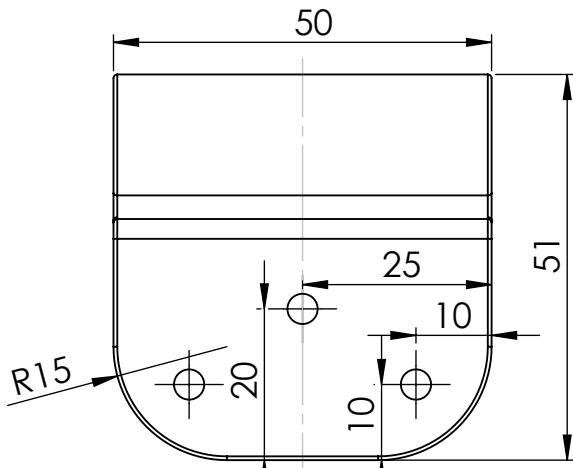


Tétel szám	Db	Megnevezés	Méret	Szabvány	Anyagminőség	Megjegy.
Tervező: Tóth Mihály Zoltán		Gyártmány: Irodai munkaszék		Méret arány M=1:5	Vállalat: SOE SKK	
Dátum: 2021.05.06		Megnevezés: Ülőlap kárpit lamez			Vet. Mód	Rajzszám: No5
Ellenőrizte:		Anyag: furnér(Bükk/Tölgy/juhar/cseresznye/Dió) vastagság:1,2mm ; minőség: C-C				

### Zsanér elem csapos



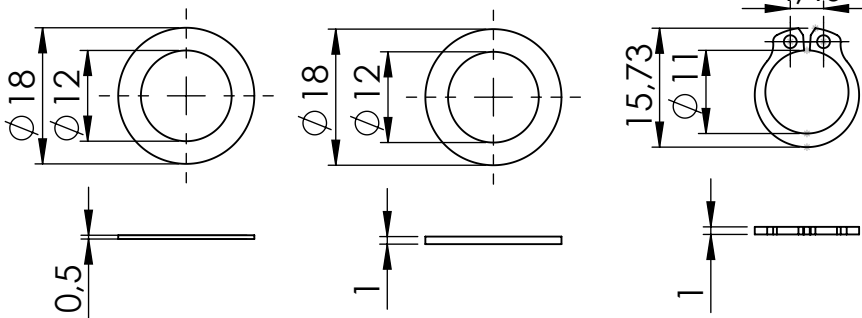
### Zsanér elem réses



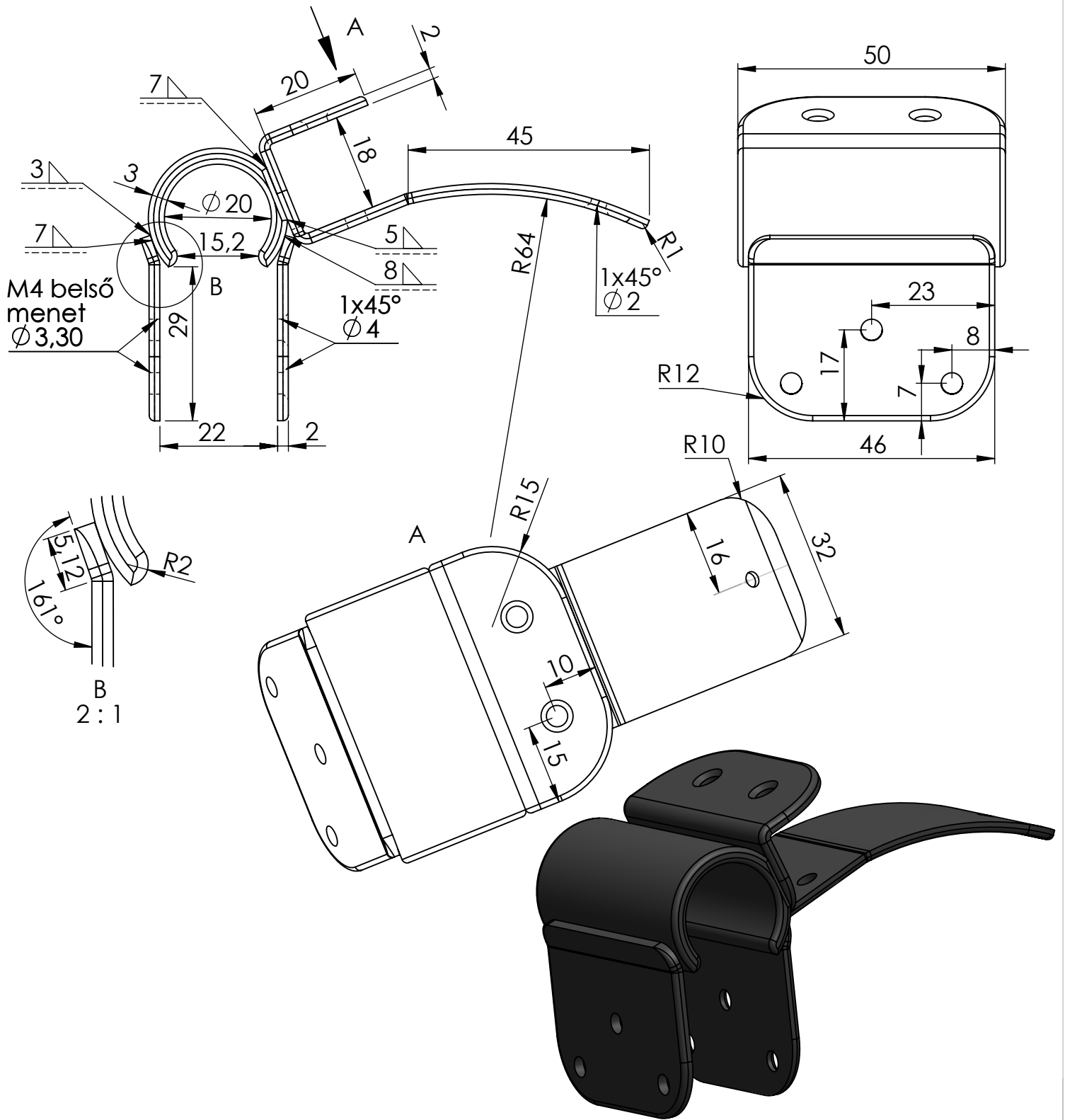
Teflon alátét

Fém alátét

Seeger gyűrű



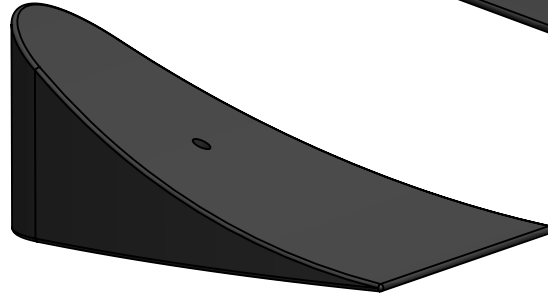
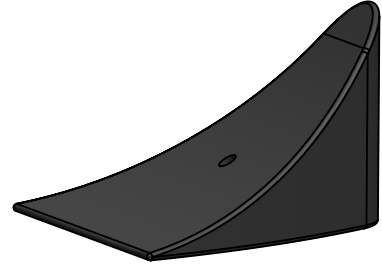
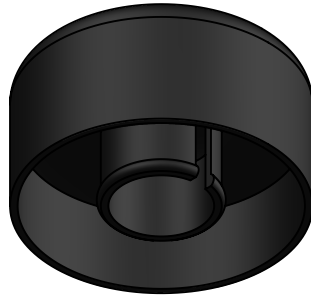
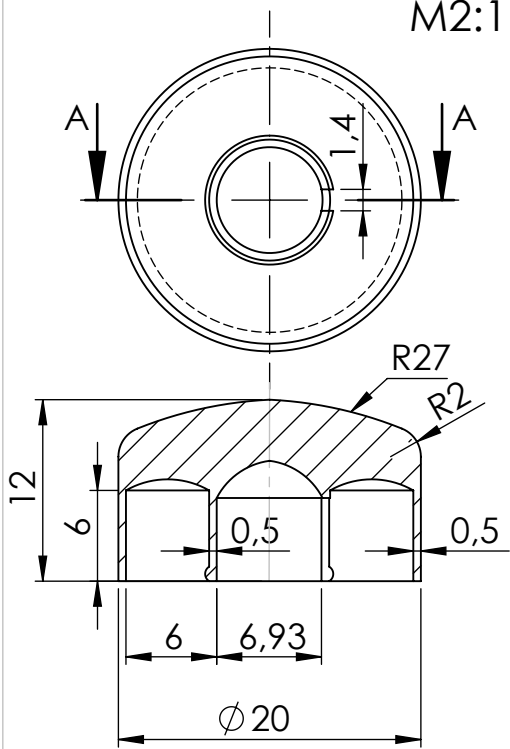
Tétel szám	Db	Megnevezés	Méret	Szabvány	Anyagminőség	Megjegy.
Tervező:		Gyártmány:		Méret arány M=1:5	Vállalat: SOE SKK	
Tóth Mihály Zoltán		Irodai munkaszék				
Dátum:		Megnevezés:		Vet. Mód	Rajzszám: No7	
2021.05.06		Zsanér vasalat és részei				
Ellenőrizte:		Anyag:				



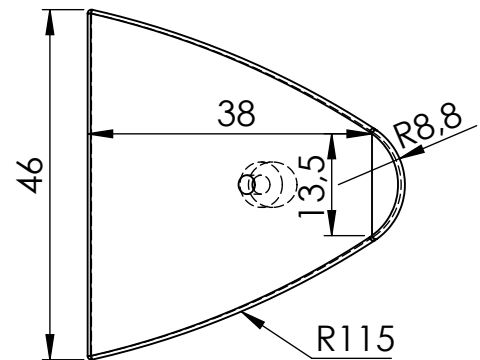
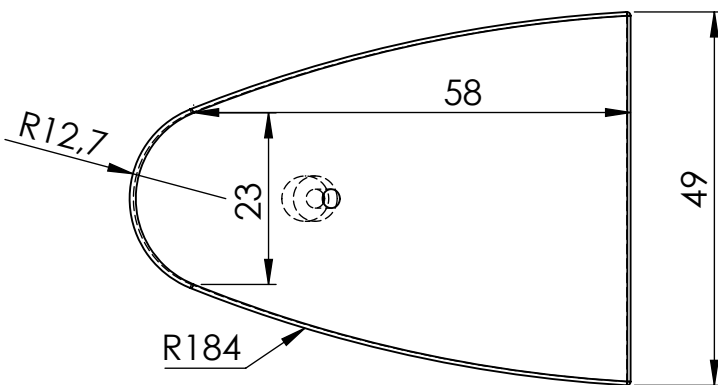
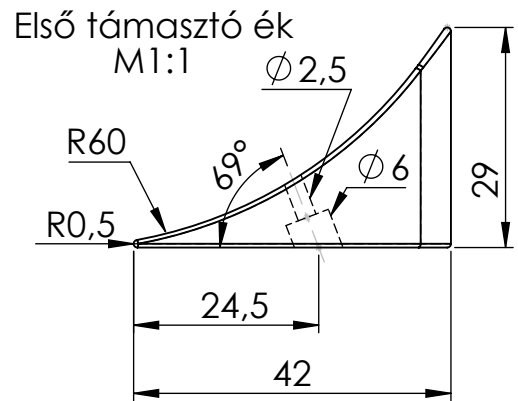
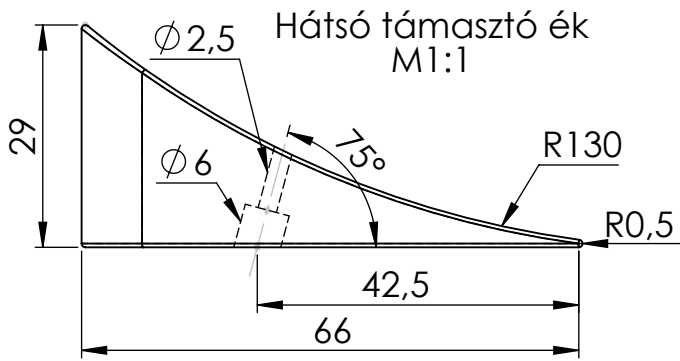
Tétel szám	Db	Megnevezés	Méret	Szabvány	Anyagminőség	Megjegy.
Tervező: Tóth Mihály Zoltán		Gyártmány: Irodai munkaszék		Méret arány M=1:1	Vállalat: SOE SKK	
Dátum: 2021.05.06		Megnevezés: Karfa vasalat			Vet. Mód	Rajzszám: No8
Ellenőrizte:		Anyag:				

# Takaró kupak

M2:1



Metszet A-A



Tétel szám	Db	Megnevezés	Méret	Szabvány	Anyagminőség	Megjegy.
Tervező: Tóth Mihály Zoltán			Gyártmány: Irodai munkaszék		Méret arány M=	Vállalat: SOE SKK
Dátum: 2021.05.06			Megnevezés: Műanyag alkatrészek			Rajzszám: No9
Ellenőrizte:			Anyag:			

